

虹橋

(社) 日本橋梁建設協会
図 書 資 料

NO.2 虹橋一 63

63号

平成12年
秋 季

社団法人 日本橋梁建設協会

CONTENTS

目次

虹橋



最近完成した橋 (1)

安芸灘大橋	1
第37回通常総会挨拶	社団法人日本橋梁建設協会会長 武井 俊文 ・ 2
巻頭言	名古屋大学大学院工学研究科教授 宇佐美 勉 ・ 4
特別寄稿	首都高速道路公団工務部長 恵谷 舜吾 ・ 6

橋めぐりにしひがし～橋ものがたり～

愛知県の橋	愛知県建設部 道路建設課長 藤井 則義 ・ 8
-------------	-------------------------

技術のページ 防錆・防食特集(その2)

製作研究委員会 ・ 20

(4) 塩分を受ける無塗装橋梁	21
(5) 防食から見た鋼橋のライフサイクルコスト	48
(6) 防錆・防食に関する新しい技術	57

太平洋新国土軸における豊予海峡大橋	大分県 土木建築部 高速道対策局 次長 佃 長次 ・ 70
鋼橋床版の疲労耐久性に関する取り組み	建設省 土木研究所 橋梁研究室 研究員 内田 賢一 ・ 78

ずいひつ パッティングブラウン

石沢 正俊 ・ 80

地区事務所だより(架設現場紹介シリーズ)	北陸事務所 ・ 82
	中国事務所 ・ 85

協会の組織

組織図・役員	87
協会の連絡先・会員	88
協会出版物ご案内	91

最近完成した橋 (2)

新三国橋	94
川岸大橋、鵬橋	95
利根かもめ大橋、尾坂1号橋	96
多摩都市モノレール(4-10)、秩父フルーツ橋	97
新三条大橋、西方大橋	98
犬山橋、伊予高架橋	99
開出今橋、山里大橋	100

●表紙 「山田橋から見た風景」大塚 勝氏(横河ブリッジ)作

BRIDGE

最近完成した橋



①安芸灘大橋

発注者：広島県道路公社

形式：3経間2ヒンジ補剛箱桁吊橋

橋長：1,175m

幅員：11.5m

鋼重：15,700t

所在地：広島県豊田郡川尻町小仁方

●安芸灘諸島連絡橋のうち、本州と下蒲刈（しもかまかり）島を結ぶ、中央支間長750mの吊橋です。

平成12年度、田中賞（作品部門）を受賞しました。

第37回通常総会挨拶



社団法人日本橋梁建設協会

会 長 武 井 俊 文

日本橋梁建設協会第37回通常総会を本日ここに開催しましたところ、皆様にはご多用中にも拘らず多数ご出席いただきまして、誠に有難うございます。当協会の活動が、順調に推移しておりますのも、建設省をはじめ関係ご当局の絶大なるご指導の賜物であると、ここに改めて感謝申し上げる次第でございます。

今後とも橋建協は公益法人として、なお一層社会に貢献する協会として歩んでまいりたいと思いますので、皆様には引き続きご支援ご協力を賜りますようお願い申し上げます。

さて平成11年度の鋼橋の発注量は、一昨年来の景気回復に向けた経済対策にも支えられて、道路橋で約80万トン、鉄道橋も含めると約85万トンとなり、前の年と同程度の規模となりました。これもひとえに関係各位のご尽力によるものと深く感謝申し上げます。

皆様もご高承のように日本経済は、積極財政やゼロ金利という超金融緩和によってようやく回復の緒についたところであろうと思われます。しかし実感としては、設備投資の兆しは見られるものの、まだ弱々しく、雇用・所得環境の厳しさから個人消費にもまだ力強さが見られる状況とは言えません。このような背景から、昨年度末に成立した12年度予算は、公共事業関係費を9兆4,000億円確保するなど景気対策を優先した内容で、政府は11年度第二次補正予算と合わせて本格的な景気回復につなげる考えであると見受けられます。

しかしながら、翻って我々の置かれている立場を考えると、財政赤字の拡大懸念や税収の落ち込みによる地方財政の逼迫、更に道路特定財源の環境保全への流用が取り沙汰されるなど、道路事業を取り巻く環境は依然として不透明であり、その行方を大変心配もし、関心を持っているところであります。

21世紀を目前にし、我が国の経済・社会は、あらゆる面で大きな見直しを迫られておりますが、このような変革は当然のことながら、物流の高度化をうながすものがあります。その中でも最も基礎的な社会資本である道路は、先進諸外国と比べていまだ十分な整備状況にあるとは言えず、最新の情報通信技術を駆使した高速道路システムも緒についたばかりであります。

そういう意味合いでも、当協会といたしましては今年で3年目を迎える「新道路整備五箇年計画」の計画的かつ着実な実行を切にお願いしてまいりたいと考えておりますし、我々の技術をもって、出来る限りのご支援をし、道路整備の推進に努力してまいりたいと考えておるところであります。

それにつけても、昨今の社会的ニーズである建設コストの縮減、安全施工、品質管理等への対応を早めて行政ご当局の事業の円滑化に資することはもちろんのこととし、より質の高い鋼橋を提供するためには、更なる事業の効率化、技術や生産性の向上を目指すことが必須であろうかと存じます。会員各社の皆様の一層のご理解とご協力をお願いすると同時に、我々の事業の持続的な成長を心から念ずるものであります。

以上

性能設計：四方山話



名古屋大学大学院工学研究科

教授 宇佐美 勉

「性能設計」は、最近の土木建築分野でのキーワードの一つである。性能設計は英語でPerformance Based Design であるが、設計のみならず施工、維持管理を含めて、性能を明示した統合的（integrated）設計技術として、Performance Based Engineering の方がより適切であるという主張もある。いずれにしても、性能設計は久しく、“Everybody talks about it, but nobody does anything about it（多くの人がそれについて話題にするが、誰も手を着けない）” 技術と言われてきた [Reitherman, 1999]。しかし、我が国では、建築基準法が改正され、本年6月から性能規定型の設計が正式にスタートした。さらに、道路橋示方書も現在の仕様設計から性能設計に移行すべく、本年末までに第1次改訂を行い、その後5～10年をかけて本格的な導入に向けて検討を行う予定と聞く。また、コンクリート標準示方書は2005年には性能設計に全面的に改訂される予定など、性能設計が急速に認知されるようになってきた。

性能設計は色々な受け止め方がされているようである。①性能を明示した設計②重要度（あるいは施主の希望）に応じて性能のレベルに差を設けることができる設計③設計者が既存の技術基準にとらわれず自由裁量に基づいて計算法を自由に選択することのできる設計等である [川島, 1996]。建築基準法は性能を明記しているが、依然ミニマム基準で、①のレベルにある。それゆえ、性能規定型設計法といわれる。ところが、米国では、性能設計は我が国とはまた違った受け止め方がされているようである。篠塚教授 [1999] によれば、米国における性能設計は、建設技術者のLiability（責任）を明確にするためのもので、免責条件の明示をした上で実行されるという。

性能設計の究極的な形態は①～③を包含した、性能照査型設計であろうが、そのような設計への全面的な移行のためには、乗り越えなければならないハードルは多い。まず、性能設計では設計者の技量・判断力に委ねられる部分が格段に多くなることである。従来は設計示方書に陽に規定されていた安全性等照査の方法の選択・実行が、性能設計では、設計者に委ねられることになる。例えば、新材料あるいは新形式の「桁」の採用に際し、その性能を実験的に調べるため、どのような実験を、どのような方法で、どの程度の本数実施し、設計用の性能をどのように統計的に定めるかを、安全係数の設定を含めて、設計者が判断しなければならない。波板腹板鋼桁のせん断座屈後強度は小さいようであるが、それでは、座屈強度に対してどの程度の安全率を持たせればよいかの判断、などである。このようなことは、従来、耐荷力関係の研究者が行ってきたことであり、設計者がそれを行うには適切なガイドラインなくしては難しい。次に、耐震性能のレベルに差を付ける、すなわち、構造物に許容される損傷度に差を付ける設計を採用するためには、構造物の損傷過程を追跡できる、精緻な、しかも多くの技術者にとって不慣れな非線形域での静的・動的解析が必要とされる。従って、性能照査型の耐震設計を十分機能させるためには、設計に用いられる解析手法ならびに解析ソフトの整備が必須である。一方、発注者側には、設計された構造物が果たして所要の性能（要求性能）を満たしているのかどうかを検証・認証する作業が新たに加わる。それを誰が（どのような機関が）実施するかは大きな問題であるが、それと同時に、どのような方法・判断基準によって実施するかをきちっと議論しておく必要がある。

性能設計の導入は何も建設分野に限ったことでなく、通産省が管轄する電気用品取締法、消費生活用製品安全法等に対しても、従来の仕様基準から性能基準の採用へ改正する動きがある。同時に、政府による認証業務を極力減らし、民間機関の参入を認める方向にもある。これらの動向には、規制緩和、国際整合性への対応が背景にあると考えるのが自然である。

土木分野における性能設計の導入に際しては、検討を要する技術的課題は多い。しかし、この設計が本格的に導入されれば、諸研究機関で開発された新設計法、新技術が実務で受け入れられやすくなることは確実であろう。これは我々大学人にとっては朗報であり、特に若い研究者にとっては研究に対する大きな励みともなろう。一方、企業および技術者にとっては、技術力による差別化が急速に進むことが考えられる。企業は技術開発に一層の力を注ぎ、技術者個人は新技術に対する情報の収集による自己研鑽により一層励まなければならない、競争の激しい時代になってこよう。これは、既に耐震設計の分野で顕在化しつつあることでもある。

特別寄稿

鋼橋の品質について



首都高速道路公団

工務部長 恵谷 舜吾

最近、社会環境の変化に伴い、社会システムのさまざまな分野で、従来の漠然とした安心から具体的に信頼を保証するものに基づく安心が求められるようになってきている。そのような社会の動きに対応し、鋼橋工事の分野においても多くの橋梁メーカーで品質管理に係わるISO9000sの取得が進められている。また、橋梁製作工場においては、コンピュータを利用したCAD技術の導入により、設計から製作まで一貫した製作管理システムが導入されるようになってきている。

このようなことから考えると、鋼橋工事の品質管理システムは従前に比較して格段に向上しているものと思われるが、現場では公団の監督職員や検査担当者による指示で、工事目的物を改善する事項が、他の工事に比べて多いと感じている。

改善事項は外観検査に端を発しているものが多く、内容を調べると原因が工場製作の段階まで溯るものもある。また、視点を変えて見ると、改善箇所は、架設現場で組み立てるブロックとブロックの接合部であったり、他構造との接点に係わる場合など構造や施工のインターフェースに関係するものがほとんどである。

工場製作時に問題がある場合などでは、工場関係者は、ISO9000sの取得工場で、しかも工場製作においてCAD等に代表される新しい技術を利用することで製造・管理のシステムが高度になったのだから製作されたものも高品質になったという錯覚におちいていないだろうか。鋼橋工事の現場で行う作業は、工場で作られたものを現地で組み立てる作業が大半を占めるということを考えれば、製作工場での品質管理・社内検査が非常に重要な役割を担っていることは明らかである。製作工場において、現場で行う作業

工程を架設完了時点から逆工程をたどり、現場でトラブルが生じないように個々の製作部材や部材間の要求性能のチェックリストを作成し、工場出荷前にチェックする過程で何か欠けているのではないだろうか。「従前であると、職人気質の技術者がいて、チェックシステムの役割を果たしていたが、最近はそういう技術者も少なくて」という話も聞く。もしそうならば、そのことを前提にし、品質管理・チェックシステムに工夫を凝らす必要があると思う。

つぎに、外観検査に端を発するものが多い点である。前述したように架設後の品質を確保するために工場での検査が十分に行われ、必要に応じて改善がなされていれば、現場の課題事項の多くはなくなるであろう。また、現場においても要求性能を確保するチェックリストによる確認等も大切な一つの手法であろう。しかし、現場架設を担当している技術者等の目に数度となく触れているにも係わらず、検査時に改善処置がなされるということはどういうことを意味しているのだろうか。以前読んだある本に「人は、同じ対象物を見ても同じ物を見ていない。人は自分の知識（経験）によって物を見ている。例えば、陰極線管の発光が曲がるのを見ると物理学者は光線の回りの磁界の状況を考える。しかし、一般の人は単に光線が曲がっているとしか見ない」という類のことが書いてあった。これは、より良い品質を確保するためには、問題を問題と見る目を養うことの重要性を示唆している。言葉を変えれば、現場を担当する技術者に必要な経験と知識を如何に習得させるかという研修・教育の問題である。

こう見てくると、ありふれた結論ではあるが、将来により良い社会資本を残すために、実際に鋼橋の建設に係わる者が、鋼橋の製作・架設に係わる品質確保のシステムと技術者の研修・教育のありかたを真剣に考え、構築することが大切であろう。

橋ものがたり

愛知県の橋

愛知県建設部
道路建設課長
藤井 則義



愛知県は、日本列島のほぼ中央に位置し、南は伊勢湾、太平洋に面し、西は三重県、北は岐阜県、長野県、東は静岡県に接しています。

東西106km、南北94km、面積5,152km²、海岸線延長は564kmを有し、88市町村からなり、人口約700万人となっています。

産業では、「モノづくり」を中心に発展をとげ、製造品出荷額は、昭和52年以来22年連続して全国1位で、自動車をはじめとし、陶磁器や毛織物といった地場産業も盛んで幅の広い集積が見られます。また、花卉は昭和37年以来全国1位、鶏卵が第3位、野菜が第4位の粗生産額をあげる全国でも有数の農業粗生産額を誇る農業県でもあります。

また、2005年には国際ハブ空港となる中部国際空港の開港や世界的な交流イベントである国際博覧会の開催等ビッグプロジェクトを推進しております。

さて、愛知県には4つの大きな河川が県土を北から南へ走っています。西から木曽川、庄内川、矢作川そして豊川です。

今回は、愛知県が管理する約4千橋のなかから4河川（支川も含む）に係わる橋について紹介していきたいと思っています。

位置図



木曽川：長野県鉢盛山に源を発し、愛知県の西端を通り伊勢湾に流れ込む延長215kmの一級河川

庄内川：岐阜県夕立山に源を発し、名古屋市街地を北方から西方に取り囲みながら伊勢湾に流れ込む延長96kmの一級河川

矢作川：長野県大川入山に源を発し、愛知県の中央を通り三河湾に流れ込む延長117kmの一級河川

豊川：愛知県段戸山に源を発し、東三河を通り三河湾に流れ込む延長77kmの一級河川

いぬやまばし

犬山橋 (愛称ツインブリッジ)

平成12年3月に完成した新しい犬山橋は、飛騨木曾川国定公園内に架かり、風光明媚な自然景観を損なわずに周辺環境や上流側に残る旧橋と調和するようにデザインされています。

その一例を紹介すると、高欄を鵜飼舟の舷側にみたとて鵜が頭を覗かせているイメージの歩道照明、「木組や鵜飼舟・渡し舟」のイメージを演出するために傾斜を付けた桁側面、旧橋の白色と対比調和し地域の特色・歴史を表す「墨色」(黒系)の塗装などがあります。

また、愛称は、全国から寄せられた2,630件の応募の中から命名され、「新旧二つの橋、愛知県と岐阜県、犬山市と各務原市、古き歴史と新しい未来の出会う橋」などの意味が込められています。

昔は東山道・中山道の木曾川渡河地点として渡船があり、旧犬山橋が造られた大正14年まで「内田の渡し」として続けました。

架橋計画は古く、明治27年に犬山町と鵜沼村の有志が申請した橋長140間(255m)、幅員2間(3.6m)の木造トラスの架橋願いが最初ですが、木橋のため洪水に耐えられないという理由で許可されませんでした。また、明治31年には犬山町長と鵜沼村長から愛知県知事あてに架橋願いが提出されましたが、日露戦争により進展せず、架橋工事が着手されたのは最初の計画から29年経った大正12年のことでした。

この時、愛知、岐阜両県とともに名古屋鉄道も犬山から鵜沼へ鉄道を延長するために架橋計画に参画し、大正14年に全国的にも珍しい車と電車が併走する犬山橋が完成しました。

この犬山橋は、約75年にわたり親しまれてきましたが、新橋の完成により今後は鉄道専用橋として利用されていきます。

犬山橋から下流に見える国宝犬山城と夕暮れ富士(伊木山)の風景は絶景といわれ、夏の夜、橋のほとりでは、浮かび上がるお城をバックに鵜飼いが繰り広げられます。



旧犬山橋



犬山橋と旧犬山橋



犬山橋

かのりばし
鹿乗橋

鹿乗橋は、明治43年に庄内川に架けられた鋼製アーチ橋で、当時は床が板張りで橋脚の周囲は石積がしてありました。

昭和22年に現在のコンクリート被覆のアーチ橋へ姿を変えましたが、その経緯については、「架設後40年以上にもなったこの橋は、鉄骨部材が腐食し、橋の強度が半分の55%に低下した。そのため新たに鋼材を入れ、コンクリートで被覆して補強した」と橋のふもとの銘板に記されています。

明治時代には全国で13橋の鋼製アーチが架

けられましたが、現在も残っているものは少なく、姿が変わったとはいえ貴重な橋の一つです。

橋の名前は、「昔、薬師如来が、諸方を巡るために庄内川を渡ろうとすると必ずそこへ白鹿が現れ、主を背に乗せて川を渡った」との言い伝えから命名されました。

大正から昭和の初期にかけて、この付近は「水清く眺望絶景」ゆえに、気軽にいける行楽地として多くの人々が訪れたようです。

現在は、幅員が4.5mと狭いため春日井市から瀬戸市方面への一方通行の橋として利用されています。



鹿乗橋（新橋）



鹿乗橋（旧橋）

すいほうばし
瑞鳳橋

瑞鳳橋は、大正時代に陸軍第三師団が矢田川を渡河するために作られました。矢田川は庄内川の支川として名古屋市街地の北方で合流します。

演習のための大砲や兵員、軍馬などが守山駐屯地から本地ヶ原演習場へ移動するためには必ず矢田川を渡らなければなりませんでした。

ところが、大正の始め頃までは住民が生活に利用する簡易な板橋があるのみで、大雨が降って増水しそうになるとあらかじめ板橋をはずして流失しないようにしていました。

したがって、このような橋では、重装備の軍隊が通ることはできず、水量の多い時などは砲車が水につかってしまい、随分と苦勞して川を渡っていたようです。

そこで、大正5年に郡の会議で橋を架けることが満場一致で決定され、費用には郡の補助金をあてましたが、細々したことは全て地元が負担しました。

また、工事には陸軍の工兵が毎日50人参加したのに加え、地元の住民も毎日60人参加し、木材を運んだり機械を使ったりして作業を進め、僅か十数日で幅十尺（約3m）、長さ五十九間（約106m）の木橋を完成させました。

橋の名前は、天武天皇時代の^{さいでん}斎田跡があったことから命名されましたが、地元の人々からは「^{ぐんきょう}軍橋」とも呼ばれました。

その後も大水により橋の一部が流出するたびに地元の人々は付近の松を切り出し、修理を繰り返しました。

戦後になってコンクリート製の永久橋に架け替えられ、上流側に木製の歩道橋も架けられましたが、歩道橋は昭和43年にコンクリート製に替わるまで何度か大水の被害を受けました。

その後、車道部が60年経過し老朽化が著しくなったため、平成8年に現在の橋に架け替えられました。



瑞鳳橋

なかばたばし
中畑橋

江戸時代の矢作川は舟運で栄え、流域には20余りの土場（船着場）があり、河口に近い中畑土場には矢作川の船頭の過半数が住む船頭集落が形成され、多くの川舟が干鰯^{ほしか}や塩などを上流の岡崎や豊田に運んでいましたが、明治になって中央線の開通に始まる陸運の発達と農業用水の取水やダムの建設により、航行に必要な水量が減少したため舟運は昭和初期に姿を消しました。

渡船が始まったのは延享3年（1746）といわれていますが、各地で見られた渡船の権利争いは、ここ中畑（西尾市）側と対岸の流作（碧南市）側でも発生し、天保2年（1831）に役

所の働きで一度は話し合いが付いたものの、その後、再発し、最終的に江戸評定所まで持ち込まれ安政6年（1859）に解決しました。

初代の橋は、明治35年に架けられた木橋の水潜り橋で、洪水のたびに流失と復旧を繰り返してきましたが、昭和初期には、有料の高欄付き木橋の時代もありました。

待望の永久橋としてワーレンポニートラス橋が架けられたのは昭和10年になりますが、その後、半世紀が経ち老朽化が目立ってきたため、平成5年に現在のワーレントラス橋に架け替えられました。



中畑橋（写真の上側の橋は旧橋で現在は撤去されています）

よねづばし
米津橋

米津橋は、矢作川に架かり明治9年に初代が誕生して以来、現在の橋で9代目となります。

約270年間続いた渡船の時代を経て、地元米津村の計画と拠金により初代の橋が架設され「米津橋」と命名されました。

その後、洪水、津波等で流失したり老朽化したりして5代に渡り木橋で架け替えられましたが、大正6年完成の6代目は、橋脚に鉄管を用い、上部工は木造トラスの近代的な橋となりました。

7代目は、昭和13年に着工され下部工は同16年に設計通り鉄筋コンクリートで造られましたが、上部工は戦争により資材調達が困難となったため、当初設計のゲルバー式コンクリート橋を変更して木製で暫定的に築造されました。

8代目は、7代目の下部工を利用し、昭和32年に上部工がゲルバー式鋼鈑桁橋に改築されました。

そして現在の9代目は、約10年の歳月をかけ昭和63年に4車線で完成しました。



米津橋

きゅうちようばし
久澄橋

架橋位置は、自動車のまち豊田の市街地東部に位置し、江戸時代には矢作川^{やはぎ}の拳母土場^{ころも}として多くの舟が往来し川湊として栄えました。

初代は、明治に入り拳母藩の政策を引き継いだ愛知県により明治15年に架けられた木造の橋でした。以来、度重なる洪水で幾度となく流失しましたが、その都度修復され大正元年には木造ながら本格的な橋が架けられました。

しかし、昭和34年9月の伊勢湾台風により西岸部分が流され復旧不能となり昭和37年に永久橋として架け替えられました。

橋の名前は、時の漢学者でもあった西加茂郡の郡長が明治15年の宮中恒例の御歌会始めの勅題が「河水久澄」であったことから久遠の清澄を矢作川に託して命名したと伝えられています。

いずれにしても、久澄橋付近の川岸は江戸時代から「衣里八景」の一つに数えられ牧歌的な風情に舟旅の疲れをいやす景勝の地として人々に親しまれました。現在もその名残として川岸に榎の大木と石積など当時の面影が残されています。

現在の久澄橋は、2連の単弦ローゼ桁を採用した美しい橋で平成5年に完成しました。



久澄橋

とよばし
豊橋

とよばし とよがわ
豊橋は、豊川に架かり、古くは渡船による不便を解消するために、元亀元年(1570)時の吉田城主、酒井忠次により関屋町に架けられた土橋が初めといわれています。しかし、たびたびの出水により流失したため、渡船も必要であったようです。

天正18年(1590)に城郭拡張の折り、池田輝政により下流の船町に移され板橋に架け替えられ、その後、江戸時代には、東海道の五大官橋(淀橋、京橋、瀬田ノ橋、^{やはぎばし}矢作橋、豊橋=旧吉田大橋)の一橋として幕府直轄により、30数回の修理・架替が行われました。広重の「東海道五十三次」の「吉田」に当時の板橋が描かれています。

また、「徳川十代将軍家治の時に幕府御用達の江戸の大工2人が橋の建設に着手したが、予想外の難工事で完成の目途が立たず、岩屋観世音に参詣したところ、観音の霊告を受け架橋計画を立て直し無事完成にこぎつけた」という言い伝えも残っています。

旧豊橋は、当時の技術の粋を結集し、大正2年に着工され、橋長147.35m、幅員7.4mの鋼製キャメルバック・ピンコネクテッド・トラスとして大正5年に完成しました。

しかし、50年余り経過した頃から交通量の増加などにより橋の老朽化が進み、荷重制限をしながら供用されてきましたが、昭和55年から河川改修計画に合わせて架け替えが始まり昭和61年に現在の4車線の豊橋が完成しました。



豊橋

牛湫橋

鳳来町は、愛知県の東部、豊川中流部に位置し鳳来寺山と仏法僧、そして戦国時代には、武田・今川・織田といった大名達の勢力下があり、天正3年(1575)には世に有名な「長篠の合戦」が繰り広げられた所で、多くの歴史に秘められた町として知られています。

牛湫橋は、長篠城跡の南側で豊川(寒狭川)と宇連川とが合流する美しい渓谷に架かる111.6mのアーチ橋で昭和5年に完成しましたが、当時のスパンドレル・ブレースト・アーチとしては大スパンの橋でした。

合流部の深い淵には、この淵から2頭の赤

牛が出てきて岩の上で昼寝をした「牛湫の伝説」や、夜釣りで捕った魚を天狗に取られてしまう「てんぐの伝説」が残っています。

また、この淵は、「鳥居勝商が、長篠の合戦の時に武田軍に取り囲まれた長篠城からこの淵に潜り、鳴子の網を破って脱出し、急を知らせて救った」と言われている有名な場所です。豊川の舟運が盛んであった頃は、ここから陸揚げされた荷も多かったようです。

先代の橋は、明治39年に架けられた吊橋で、橋銭を徴収していたため「一厘橋」あるいは「一銭橋」と呼ばれていました。



牛湫橋

つげばし
黄柳橋

黄柳橋は、宇連川^{うれがわ}の支川黄柳川に架かり、初代は、別所街道に架けられた橋長21間4尺8寸(39.6m)幅員2間(3.6m)の木橋でした。この橋は明治13年から始まった県道改修における「橋始め」として整備され、当時としては珍しい1径間の木組方杖橋で、技術力の高かったことが伺えます。

2代目は、当時の土木技術の限界であった30mのアーチを使って50mを越える橋を架けるため、アーチから路面を支える高い柱が必要となり、全国的にも例のない、デザイン面でも優れた橋となっています。大正7年に完成し、同型式の橋としては大正末期まで全国一の規模を誇っていましたが、昭和2年に東京の聖橋(スパン32m)の完成によりその座を譲りました。

その後、下流側に新橋の計画が持ち上がり、この2代目の黄柳橋は撤去される予定でしたが、折からの土木史研究、近代土木遺産に対する評価の高まりといった時代の流れのなかで、地元の熱意もあり歩道橋として存続することとなり、平成10年9月には、文化財価値

が認められ、土木施設としては愛知県下で初めて登録有形文化財として登録されました。

平成6年に完成した新橋と旧橋が並んだダブルアーチは、美しい溪谷に素晴らしい景観を作り出し、訪れる人の目を楽しませています。

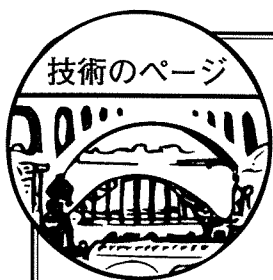
あとがき

今回紹介したように川を介した地域の交流手段は、古くは渡船に始まり、土橋や板橋の木橋の時代を経て近代の永久橋へと変わってきましたが、橋はそれぞれの時代を反映して形を変え歴史を残しながら地域の発展に役立ってきました。

これからも、地域の人々に長く親しまれ、新たな歴史が作られていくような橋梁の整備を進めていきたいと考えております。



黄柳橋



防錆・防食特集

—防錆・防食技術への取り組み—

その2

製作研究委員会

鋼橋の防錆、防食は、現在のところ、もっぱら塗装によっていますが、そのために使われる費用は、上部工建設費全体のおおよそ5~15%にあたります。また、その性能を維持するために塗り替え塗装をしますが、その1回の費用もおおよそ同程度を必要とします。したがって、防錆、防食工法の選択がLCC（ライフサイクルコスト）を大きく左右することになり、LCCが重要視される今日では、その技術が、注目を受けています。（社）日本橋梁建設協会では、この課題に対する調査研究を、鋭意行っており、その成果を、前回と今回の2回に渡る特集で御報告することとしました。

前回の62号では、

- (1) 全工場塗装工法の提案
- (2) 鋼橋における腐食の調査と補修
- (3) 無塗装橋梁の実績

について示しました。(1)では、塗膜品質の向上、施工性の改善、塗装費の縮減の観点から全工場塗装が有効であることを述べ

ています。(2)では、塗装の劣化部位と腐食部分の補修事例を紹介致しました。(3)では、耐候性無塗装橋梁の架橋実績を海岸からの距離別に分析しています。

今回の63号では、

- (4) 塩分を受ける無塗装橋梁の実態
- (5) 防食からみた鋼橋のLCC
- (6) 防錆・防食に関する新しい技術

について示します。(4)では、耐候性無塗装橋梁が、海からの塩分や凍結防止剤の塩分などの環境下でどのような状態になっているかを述べています。(5)では、塗装系、無塗装系の各仕様によるLCCの違いを、(6)では、アルミ亜鉛溶射、海浜海岸耐候性鋼材などの新しい技術について述べています。

（社）日本橋梁建設協会では、LCCの重要性に鑑み、防錆、防食に関する調査研究を今後とも実施してまいります。その成果が、鋼橋のLCC低減に、少しでもお役に立つことを願うものであります。

4 塩分を受ける無塗装橋梁

4-1 海岸からの飛来塩分

1. 耐候性鋼材の橋梁への適用に関する研究

1.1 背景と目的

1970年代の2度にわたるオイルショックは労務費や材料費を押し上げ、鋼橋の健全性を維持する上で最も重要と言える塗替え費用の負担増を招いた。このため塗装を必要としない耐候性鋼材を使用した無塗装橋梁を採用する機運が高まった。

このような社会状況を受けて、建設省土木研究所・(社)鋼材倶楽部・(社)日本橋梁建設協会の3者は学識経験者を含む研究会を組織し、耐候性鋼材の橋梁への適用要領を作成するために全国暴露試験を含む各種検討を1981年度より10カ年の予定で実施した。

主たる検討事項は下記の2項である。

①無塗装耐候性橋梁の適用可能な環境条件及び地域を明らかにする。

②設計・施工及び維持管理についての留意事項を明らかにする。

検討結果として1985年に「無塗装耐候性橋梁の設計・施工要領(案)」、1993年に同「改定案」、1991年に「無塗装耐候性橋梁の点検要領(案)」を公表した。

1.2 適用可能地域

適用可能な環境条件は、暴露試験片の板厚減少量と腐食影響因子との相関関係およびさびの状態を基本として定めた。

板厚減少量と腐食影響因子の関係は、飛来塩分量との相関が卓越し、都市部・工業地帯における亜硫酸ガスとの関係は認められなかった。図-1に暴露9年目の板厚減少量と飛来塩分量、図-2に50年後の推定板厚減少量と飛来塩分量、図-3に1,3,5,7,9年目の暴露試験片の板厚減少量と離岸距離との関係を示す。

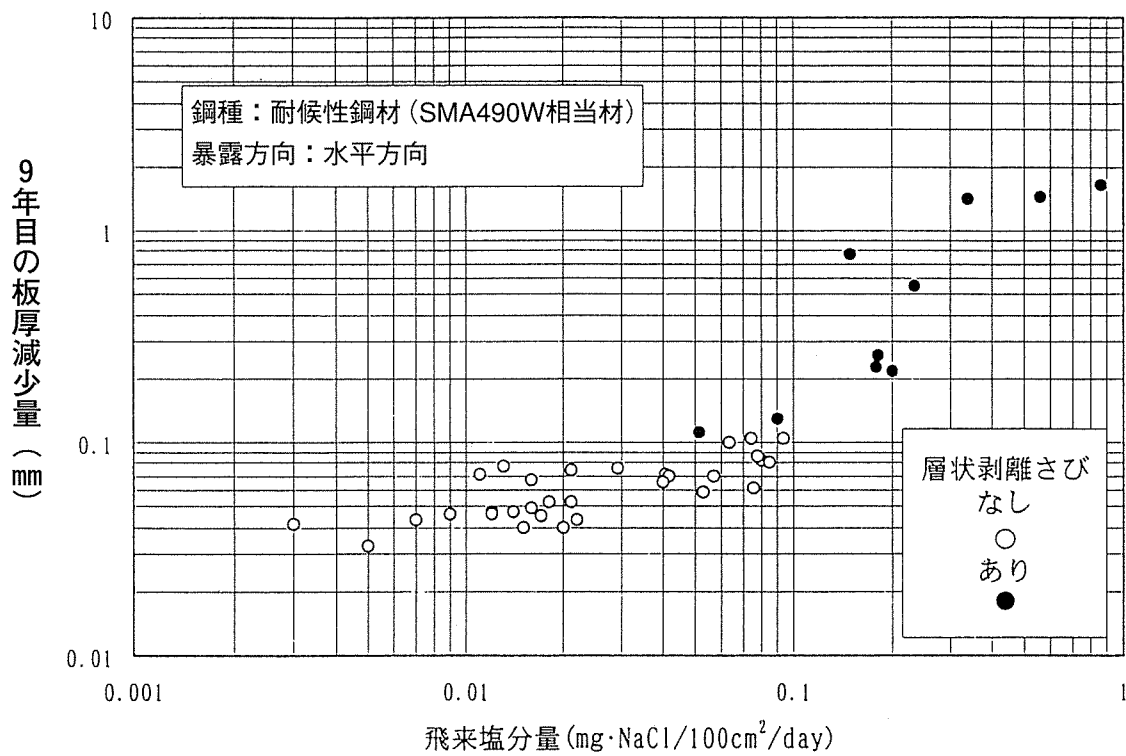
これらの調査結果より、適用可能地域を以下の様に定めた。

①所定の方法によって測定した飛来塩分量が0.05mdd以下の地域。

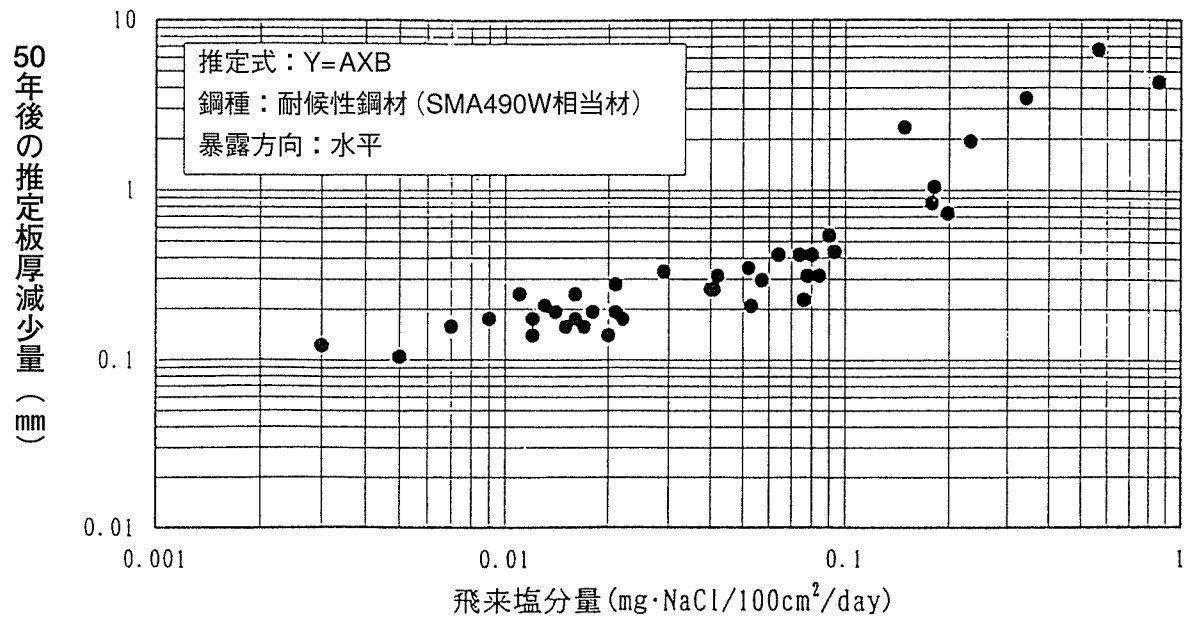
②飛来塩分の測定を省略して、耐候性鋼材を無塗装で使用して良い地域。(虹橋62号-3無塗装橋梁の実績-海岸線からの距離と実績参照)。

飛来塩分量の許容値0.05mddは層状剝離さびが見られず、50年後の推定板厚減少量が概ね0.3mmを越えない値となっている。

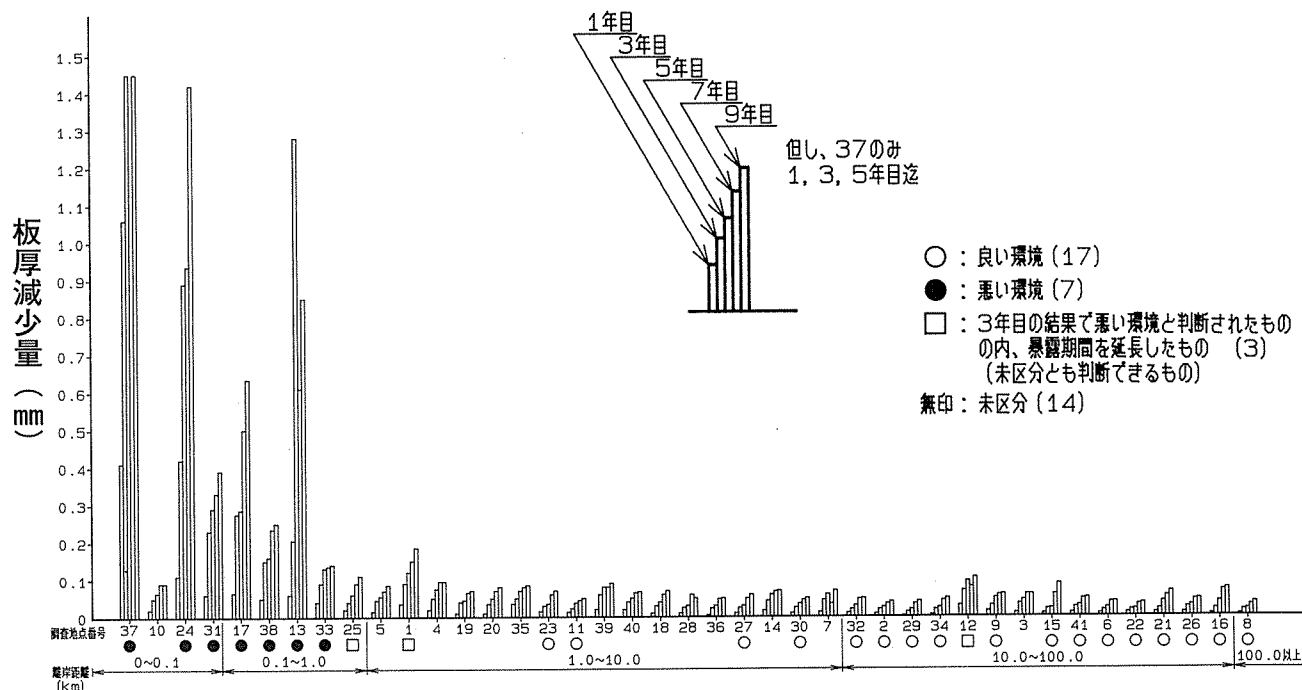
また、飛来塩分の測定を省略しても良い地域は海に向かって開けた平野部で測定された飛来塩分量を用いた結果である。従って、海岸線に近接する適用外の地域でも飛来塩分を遮る構造物や丘陵などがある地形の場合には無塗装使用に適することが十分考えられるため周囲の鋼構造物を調査の上判断することが必要である。



図一 1 全国41橋暴露試験9年目の板厚減少量と飛来塩分量



図一 2 50年後の推定板厚減少量と飛来塩分量



図一3 1,3,5,7,9年目の暴露試験片の板厚減少量と離岸距離

2. 実橋調査

2.1 調査目的

無塗装橋梁の適用に関する具体的な方法が示されて以来、無塗装橋梁は「虹橋62号－3 無塗装橋梁の実績」に示されたように急速に採用され始めた。

(社)日本橋梁建設協会 無塗装部会では発足当時から実橋調査を実施してきたが、1990年以降、飛来塩分量の調査を必要とする適用可能地域外に採用された無塗装橋梁を中心に架橋地点の環境がさびに与える影響についての調査を行い、新たな展開への一助となる資料を作成することとした。

調査内容を以下に示す。

- ① 地形環境とさびの評価
- ② 無塗装橋梁特有の細部構造の効果

2.2 調査対象橋梁

調査対象橋梁としては以下の条件を満たすものを基本とした。

- ① 架設後5年以上経過していること。
- ② 飛来塩分の測定を必要とする比較的離岸距離の短い地域に架橋された橋梁。
- ③ 裸使用

調査橋を表－1に示す。

表－1に示す化成処理橋は調査橋18の内、離岸距離の短い4橋と沖縄県の2橋の計6橋を示した。他の12橋は化成処理皮膜が健全であったため表示しなかった。

2.3 評価方法について

実橋のさびの評価方法には、従来から用いられているフェロキシル試験、セロテープ試験などによる方法がある。また、最近、新たに電氣的、あるいはさび分析による方法も提

地域区分	調 査 橋			
	離岸距離(km)	裸	化成処理	計
日本海沿岸部Ⅰ(20km)	1～17.5	11	1	12
日本海沿岸部Ⅱ(5km)	1～3	2	—	2
太平洋沿岸部(2km)	0～9	10	2	12
瀬戸内海沿岸部(1km)	1	—	1	1
沖縄(なし)	0.2～3.5	—	2	1
計		23	6	29

表－1 調査橋

案されている。しかしながら、これらの試験方法によって得られる結果にばらつきがあること、結果と評価基準との間に曖昧さがあること、専門的であること等から、評価方法としては外観目視調査を主とし、板厚測定値を参考値とした。

外観調査はさびの色調、粗密、層状剥離さびの有無を対象とし、板厚測定に測定機器に

は超音波板厚測定器とマイクロメーターを用いた。

評価区分はさびの状態から、表－2に示す3区分とし、調査時点で適用可能を(○)、適否の評価ができない状態を未区分を(△)、適用不可を(×)とした。

代表的な表面のさび状態を「4-2 凍結防止剤の塩分」に掲載した写真－1に示す。

適用可否		さびの状態	写真
適用可能	(○)	・層状剥離さびが全く見られず、さび形状が微細である。 ・端支点部や漏水部など構造上対処可能な水仕舞いの悪い箇所のみ粗いさびや層状剥離さびがある。(構造上の欠陥に起因)	2.4 2.5 2.6
未区分	(△)	・黒系の粗いウロ状のさび形状である。 ・板厚減少量が少ない。	2.2、2.3
適用不可	(×)	・構造上の欠陥に起因することなく支間部のフランジやウェブに層状剥離さびが見られる。	2.1

注) 写真番号は「4-2 凍結防止剤の塩分」の写真－1参照

表－2 評価区分(さびの状態)

2.4 調査結果

(1) 評価

表－3に各橋の評価を、表－4に地域毎の評価橋数を、写真－1に沖縄県の適用可能と判断した普久川橋を、写真－2に適用不可と判断した辺野喜橋のさび状態を示した。

調査橋数29の内、調査時点で適用可能と思われた橋梁が19、未区分と思われたものが8、適用不可と思われた橋梁が2であった。これらの内、特に未区分については今後追跡調査を行い、新たな適用基準の一助となるよう資料整理を行うべきと思われる。

	地域区分	場 所	調査橋梁	表面 処理	離岸距離 (km)	竣工年	調査年	経過 年数	評 価	環 境
1	日本海 I (20 km)	青森	相内川橋	裸	4.0	1993	1998	5	△	風の通り道となる平坦な農地。
2		秋田	横山新橋	裸	1.0	1985	1993	8	△	空間が狭く風の通り道となる農地。
3		秋田	平尾鳥橋	裸	15.1	1982	1993	11	○	海岸との間に山がある田園地帯。
4		山形	菅野代2号橋	裸	12	1993	1998	5	○	山あいの農地。
5		山形	楠3号橋	裸	10	1993	1998	5	○	山あいの山林。
6		山形	髭の沢橋	裸	6	1994	1998	4	△	山あいの農地。下ワジ逆テ-パ-。
7		新潟	信濃川橋梁	裸	17.5	1987	1993	6	○	田園地帯(トス橋)。
8		新潟	山王大橋	裸	3.0	1984	1993	9	○	山間部の田園地帯。
9		新潟	苗引橋	裸	8.5	1992	1995	3	△	田園地帯。
10		新潟	大谷沢橋	化成	1.0	1981	1995	14	△	風の通り道となる谷あい。
11		富山	福平橋	裸	10.0	1982	1995	13	○	山間部。
12		石川	敷地跨線橋	裸	4.3	1986	1993	7	○	田園地帯。
13	日本海 II (5 km)	鳥取	中尾橋	裸	1.3	1985	1993	8	△	海岸に面した農地。
14		鳥取	殿河内橋	裸	2.0	1984	1993	9	○	海岸との間に丘陵のある農地。
15	太平洋 (2 km)	千葉	美浜大橋	化成	0	1985	1994	9	△	海岸から 30m。
16		東京	中潮橋	化成	0	1975	1994	19	×	埋めた地の海上連絡橋。(仮橋)
17		神奈川	大庭大橋	裸	4.0	1982	1992	10	○	山あいの田園地帯。
18		大阪	出島出路橋	裸	0.2	1980	1995	15	○	海岸部の工業地帯。大阪湾。
19		大阪	三宝入路橋	裸	0.25	1981	1996	15	○	海岸部の工業地帯。大阪湾。
20		高知	久路見橋	裸	1.5	1985	1993	8	○	山間部の谷あい。
21		長崎	日宇測道橋	裸	2.0	1987	1998	11	○	平地。住宅地。
22		長崎	重尾大橋	裸	2.0	1994	1998	4	○	農地・山林の谷あい。大村湾。
23		長崎	鴻瀬橋	裸	4.5	1989	1998	9	○	平坦な農地。大村湾。
24		長崎	ヲカバ-ク橋	裸	9.0	1990	1998	8	○	山あいの農地。
25		鹿児島	高峠2号橋	裸	5.0	1988	1995	7	○	海側に丘陵地のある山岳部。
26		鹿児島	高峠4号橋	裸	5.0	1990	1995	5	○	海側に丘陵地のある山岳部。
27	瀬戸内(1km)	岡山	幹線排水路橋	化成	1.0	1981	1991	10	△	海岸との間に山のある農地。桁下空間(0.5~5m)。
28	沖縄(なし)	沖縄	普久川橋	化成	3.5	1980	1994	14	○	山間部。
29		沖縄	辺野喜橋	化成	0.2	1981	1997	16	×	汽水域の河川上

注) 評価 ; (○) は今後の調査により判断、(×) は適用不可

表-3 調査橋及び評価

	適用可否橋数		
	適用可能	未区分	適用不可
日本海沿岸部Ⅰ (20km)	7 橋	5 橋	—
日本海沿岸部Ⅱ (5km)	1 橋	1 橋	—
太平洋沿岸部 (2km)	1 1 橋	1 橋	1 橋
瀬戸内海沿岸部 (1km)	—	1 橋	—
沖縄 (0km)	1 橋	—	1 橋
計 (29 橋)	19 橋	8 橋	2 橋

表－4 地域毎の評価橋数

適用不可と判断されるたのは中潮橋（表－3 No 16）と、辺野喜橋（表－3 No 29, 写真－2）である。中潮橋は東京湾の埋め立て地を結ぶ工事用の連絡橋で波しぶきを直接受ける高さに架橋されたもので現在は撤去されている。沖縄県の辺野喜橋は、潮風を直接受ける辺野喜川の河口に位置し、典型的な飛来塩によるさび性状を示している。具体的には風雨を直接受ける腹板外面には化成処理皮膜が残存しており、さび面も悪性には見えない。一方、桁内面は塩分の付着により化成処理皮膜がふじ壺状に盛り上り、層状剥離さびが見られる。

未区分と評価された橋梁は表－3 に示した次の4項目に分類される。

- ① 桁下空間が小さい橋梁。（No 27）。
- ② 離岸距離が小さく、障害物のない地形で海岸線に平行に架橋。（No 9,13,15）。
- ③ U字形の地形で、広がりを持たない風の通り道に架橋。（No 1,2,10）。
- ④ 下フランジを折曲げ、上面に排水勾配を付けたフランジ下面のさび状態。（No 6）。

①の桁下空間に起因するさびは、離岸距離に関係しない共通の注意点であり、桁下空間を高くすることによって回避出来る。④については細部構造で後述するが、下フランジに排水勾配を付与しなければ適用可能である。

従って、未区分の内、②と③のように離岸距離が短く遮蔽物のない地形、風の通り道となる地形に架けられた場合は注意を要する。

適用可能と評価されたのは、海岸線との間に丘陵、山などの海塩粒子を遮る遮蔽物のある地形。あるいは大村湾等内海に面している地域に建設された橋梁であった。沖縄県の普久川橋（写真－1）は離岸距離3.5 km、山間部のダム上に建設された橋で、施工後14年経過しているが、支点部や排水装置等の水仕舞に注意を要する部分はあるものの、主構造のさびの状態は良好であった。高温多湿で耐候性橋梁には適合しないとされる沖縄県でも、地形条件が整えば適用可能であることを示した例と言える。

（2）飛来塩によるさびの特徴と細部構造

橋梁構造は立体的に構成されているため、さびの状態はその部材を取り巻くミクロな環境に左右される。

さびの全体状況を上路式プレートガーダー（図－4、写真－2 辺野喜橋）を例に説明する。

- ①最も良好なさびは外桁ウェブ下方部（ロ）で、次に外桁下フランジ上面（ロ）である。これは風雨によって腐食因子が洗い流されることが乾湿が繰り返されるためと思われる。

②外桁ウェブ上面（イ）は床版張出し部によって雨、太陽光線が遮られるため下面（ロ）に比べ粗い状態である。化成処理をした橋では処理皮膜が上面から下面へと剥離する。

③桁内面（ハ）は風の巻き上げによって塩分が付着し、外面に比べ黒系の色調で粗いさび状態となる。調査時に未区分と評価した風の通り道となる地形環境では、下フランジ下面とほぼ同等の状態であった。下フランジ上面は、ウェブ面からのさびが堆積することがあるので注意を要する。

④下フランジ下面は、一般環境でも結露しやすく、腐食環境としては最も好ましくない部位である。

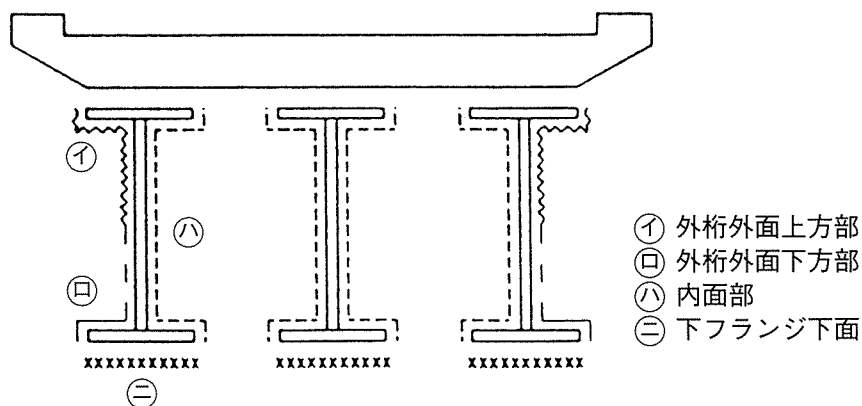
無塗装橋梁では、良好な腐食環境を部材に与えるために塗装橋梁と異なる細部構造が採用されてきたが、必ずしも適切とは思われない構造もある。

①下フランジ面を折り曲げ、上面に排水勾配を付与する細部構造は、下面の空気の流れを悪くし、通常でも好ましくないフランジ下面の環境を更に悪くしているようで、好ましくないさびが見られる。

同様な現象はトラス橋の弦材などでウェブ面を下フランジより突き出す構造にも見られる。

②ラテラル部材で型鋼のウェブ面を下方に向ける構造が見られるが効果は判然としない。

③桁端部は伸縮継ぎ手部からの漏水がよく見られ、支間部に比べ閉塞的で吹き溜まりとなる環境であることなどから、橋座部の範囲程度は塗装などの防食を行うべきである。



図一4 部位別さび状態

(3) 板厚測定について

板厚を測定する目的は、構造物の安全性の確認と腐食減量の経年変化の推定である。

測定精度としては、構造物の安全性、即ち荷重に対する抵抗値を確認することを目的とする場合はミリ単位を基本として良いと思われる。しかしながら、腐食減量の経年変化を対象とする場合、例えば50年後、100年後の推定板厚減少量が十分の1ミリ単位を基本とするならば、測定精度としては百分の一ミリ単位を最低としなければならない。

暴露試験片の板厚減量の算定は初期重量との差から腐食重量減量を求め、表面積で除して単位面積当たりの腐食重量を算出し、平均板厚減少量を求めている。精度として千分の一ミリ単位で表されている。しかしながら、この方法は実橋には適用できない。

実橋で採用した板厚測定器機は、超音波測定器とマイクロメーターである。両者とも百分の一ミリ以上の測定は可能であり、安全性の確認としては十分と思われる。現橋調査において測定値を参考値とした理由は、さび面の清掃・表面粗さの程度等が不確定であることによる。

今後の検討課題としては、①さび面の清掃の程度、②表面の粗さの程度と測定(環境によって表面の粗さが異なる)、③暴露試験片による重量測定法との比較である。これらを通じて「具体的な数値による実橋の将来像を描くことができる」ようになることが肝要と思われる。

普久川橋						
表面处理	離岸距離	竣工年	調査年	経年	評価	環境
化成	3.5Km	1980	1994	14	○	山間部



桁下面



桁外面



支承部(桁端部)

写真-1 普久川橋

辺野喜橋						
表面处理	離岸距離	竣工年	調査年	経年	評価	環境
化成	0.2Km	1981			X	河川上



桁内面



桁外面



支承部(桁端部)

写真-2 辺野喜橋

4-2 凍結防止剤の塩分

1. 概説

1981年から1990年にわたる、建設省土木研究所、(社)鋼材倶楽部、(社)日本橋梁建設協会の3者による全国41橋の暴露試験の結果では、最も注意すべき環境として海塩粒子による塩分環境をあげている。その調査結果から耐候性鋼を橋梁に適用しても良い離岸距離を示している。

一方我が国では、1991年にスパイクタイヤの使用を禁止したことにより、凍結防止剤の散布量が増加しており、その影響が耐候性鋼使用橋梁に出始めている。図-1は青森県における凍結防止剤の散布量の変化を示したもので、1991年を境にして急激に増加していることが分かる。

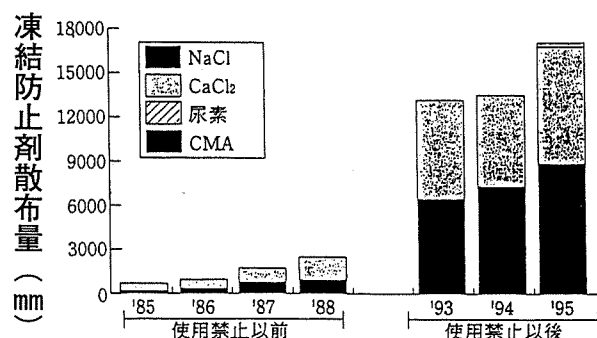


図-1 凍結防止剤散布量 文献(2)

1992年に供用されたJH高知自動車道は山間部を縦断することから凍結防止剤の散布を行っている。そこで1998年から1999年にかけて耐候性橋梁のさび外観を中心に詳細な調査を行った。

ここでは、調査橋梁の腐食原因の調査結果をもとに、腐食の要因を環境要因と構造要因に整理区分した。また、さびの外観評価区分

を新たに提案し、さびの外観別の発生頻度および板厚減少予測量をまとめた。さらに、腐食要因毎に今後の対策・提案を行った。

2. 実橋調査

2.1 調査対象と調査項目

凍結防止剤の影響を受ける橋梁調査は合計25橋について行った。各橋梁ではさび環境が比較的悪く、かつ調査が容易な橋台および橋脚上の外観調査を主体とした。この選択は3者共同研究の点検要領[文献(3)]においても推奨されている。特に粗いさびの部位では板厚測定を行い、腐食による板厚減少量を推定した。

2.2 調査方法

主な項目の調査方法を以下に示す。

(1) さび外観調査

至近距離から桁表面のさびを目視観察するとともに、全橋台、橋脚位置から高性能CCDビデオカメラに収録した映像を調査・分析し、さび外観レベルから表-1の1～5に区分して評価した。なお写真-1に評価区分による3者共同研究の9年目試験片の外観写真を、写真-2に調査橋梁の外観写真を示す。

さび評価レベル	さびの外観	状態の良否
5	さびは少なく、比較的明るい色調を呈する。良い環境でのさび。	問題なし
4	さびは1mm程度以下で細かく均一である。	良 ↑ ↓ 悪
3	さびは1～5mm程度の粗いもの。	
2	さびは5～25mm程度で、うろこ状のはくりがあるもの。	
1	さびは屑状のはくりがあるもの。	

表-1 さび外観の評価レベル



写真2. 1～3 代表的なさびレベル (三者共研41橋調査結果より)

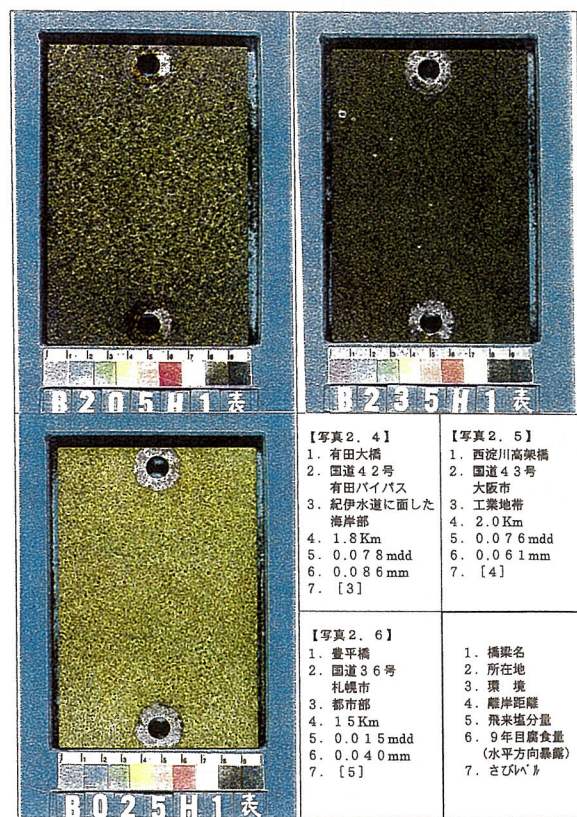


写真2. 4～6 代表的なさびレベル (三者共研41橋調査結果より)

写真-1 3者共同研究9年目暴露材のさび外観

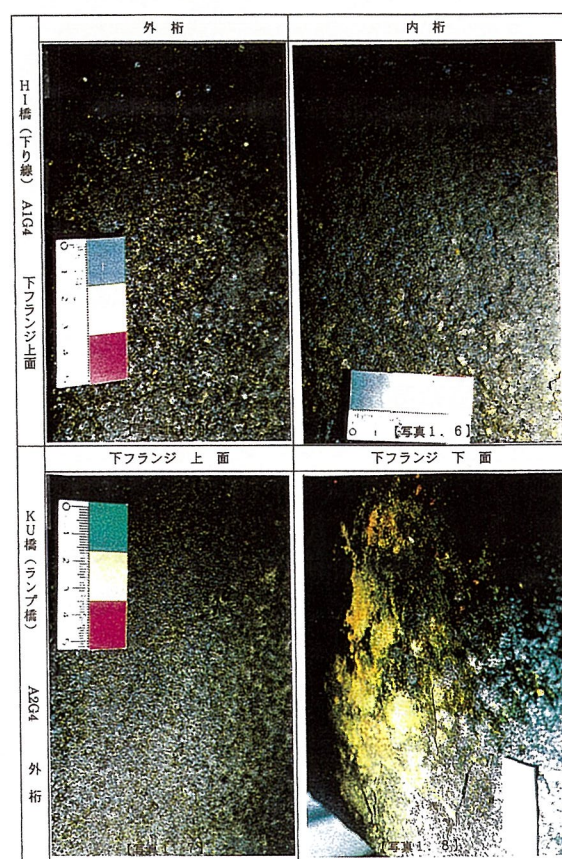
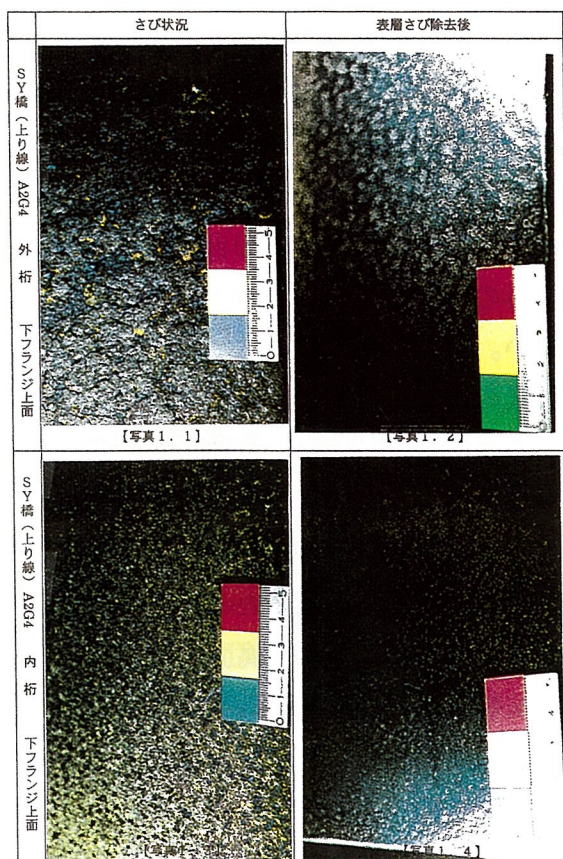


写真-2 調査橋梁のさび外観の例

(2) 板厚測定

さび外観調査の結果、さびの状態が良くない（レベル1～2）と評価された部位を対象に、超音波厚み計（25点測定の平均値）とマイクロメータ（先端が針と丸を用いて各10点の平均値）で測定した。

3. 調査結果

凍結防止剤を散布する各橋梁では外桁下フランジのさび評価レベルが低い傾向を示し、凍結防止剤の影響は外桁下フランジに現れることが分かった。調査橋梁全25橋の外桁下フランジ上面の結果を整理したものを表-2に示す。

さび評価レベル	凍結防止剤散布量		個所合計
	少ない橋	多い橋	
3～4	28/100%	212/77%	240/79%
2	0/0%	53/19%	53/17%
2a*	0/0%	8/3%	8/3%
1	0/0%	3/1%漏水	3/1%漏水
合計	28/100%	276/100%	304/100%

表-2 調査橋梁外桁下フランジ評価結果

*：2aとは板厚測定で比較的板厚減少が大きい個所を示す。並列橋の上下線に高低差がある個所および桁が地山に接近している個所が該当した。

調査橋梁の外側下フランジ上面のさび外観調査および板厚測定結果は以下の通りであった。

(1) 凍結防止剤の散布量が少ない路線では全て良好なさび外観（レベル3～4）を示した。
(2) 凍結防止剤散布量が多い路線では良好なさび外観（レベル3以上）が全体の77%を占めており、うろこ状のさび（レベル2）は19%発生しているが板厚減少量は0.06mm/片面程度であると推定された。

(3) 並列橋の上下線間に高低差がある場合、桁が地山に接近している場合などの板厚減少量は0.2mm/片面程度と推定され、特にこのような状態をレベル2aとした。この状態が全体に占める割合は3%であった。

(4) 調査橋梁の全部位のうち3箇所（1%）については構造的な要因（路面水が桁端から漏水したことによる）でレベル1と評価したが、この部分は腐食が進んでおり板厚減少量は0.44mm/片面程度であると推定された。

4. 課題の整理

調査結果から凍結防止剤（塩化ナトリウム（NaCl）主体）が溶け込んだ水に直接ふれる部分では良好なさび状態が望めないことが判明した。特にさび状態が悪い部分を挙げると、伸縮継手や排水配管からの漏水または壁高欄から越流する場合はその直下などである。また上下線が平行に高低差をもって近接して位置する場合、低い側橋梁の路面に散布された凍結防止剤を含む水が高い側橋梁の桁に巻き上げられ、特に下フランジ上面では異常腐食を生じている。これらはいずれも橋梁の構造あるいは線形に依存する局所的な問題で、それ以外の部位ではさびの状態に悪影響は見られない。

橋梁の構造や線形に起因して安定な保護さび層の生成を阻害している要因を、実橋調査結果から抽出して解決すべき課題を述べる。

(1) 伸縮継手からの漏水

桁端部は風通しが悪いために橋梁構造のなかでも最も好ましくない腐食環境にある。特に伸縮継手は材料や剛性の異なる部材を連結するため車両からの衝撃を受けやすく、損傷あるいはこれによる漏水が避けられないものとして計画することが望ましい。また桁端部の内面はなかば閉ざされた空間となることか

ら、支間部に比べ湿潤状態が長く続く環境にある。したがって伸縮継手部を含む桁端部には湿潤環境の改善あるいは部材損傷の保護対策を十分に施す必要がある。

(2) 壁高欄隙間からの越流

一般に都市内高架における伸縮継手部の壁高欄隙間は雨水の飛散防止あるいは防音のため閉じた構造になっている。一方、調査橋梁は山間部に位置することからその必要性が問われなかったものと思われる。この隙間からの越流は地覆部が連続していることから一般的には構造上の問題ではないと思われ、むしろ線形に起因した要素が大きいと思われる。すなわち比較的きつい縦断と平面曲線の組み合わせから生じた現象と思われるが、調査橋梁中3橋で発生していること、凍結防止剤の散布橋梁であること、から原因究明と平行して構造上の対策を施す必要があろう。

(3) 床版クラックからの漏水

R C床版に発生するクラックは乾燥収縮によって橋軸直角方向に生じ、活荷重の繰り返しによって拡大される。特に中間支点付近には常時引張力が作用するため他の部分よりクラックが発生しやすい環境にある。舗装内に浸透した雨水はクラック部に達し、活荷重に伴う摩擦あるいは凍結融解の繰り返しによって床版を劣化させることになる。凍結防止剤を含んだ漏水が鋼桁を濡らす場合はさびの安定化を望むことは困難であり、局部的なクラック対策が必要である。したがって床版の耐久性を高めるための対策を施すことが鋼材に対して良い腐食環境を作ることにつながる。

(4) 排水装置の不備

排水装置の不備による鋼材の劣化は一般に排水管のはずれ、あるいは目詰まりによる越流水によることが多い。一部橋梁の場合はスラブドレーン排水管の長さが主桁腹板の途中

までしかなく、凍結防止剤の塩分を含んだ水が腹板および下フランジを濡らすために生じたもので単なる構造上の配慮不足であり、調査時には対策済みであった。排水装置に対しては排水管のはずれ、目詰まりを生じさせない対策が必要である。

(5) 上下線橋梁の近接 (図-2 参照)

並列橋のさびレベルは高さの差 f が4mから8mの範囲で、また壁高欄間隔 d が2mの近傍で良くない状況であった。このことから壁高欄間隔が3m以下の場合、相対的に高い位置の橋梁では耐候性鋼を適用することに対して注意が必要と思われる。また相対的に低い位置の橋梁ではさびレベル3以上で問題が生じていなかった。

凍結防止剤の飛散または巻き上げによるうろこ状のさびは上下線分離型の道路で、路面に高低差がある場合に発生していた。具体的には高低差があまりない橋梁のさび状態は健全であったが、縦断勾配差によって高低差がある橋梁では対向道路側外桁下フランジ面にうろこ状のさびが発生していた。他の主桁下フランジ面のさびは粗さが見られたものの良好であった。また凍結防止剤が直接降りかかる対向道路側外桁腹板面のさびは高低差に関係なく良好であった。以上から上下線分離構造で高低差がある場合は、標高が高い路線の対向道路側外桁下フランジへの凍結防止剤の付着防止対策が必要である。

(6) 地山の接近 (図-3 参照)

地山までの距離とさびレベルの相関は桁下高さ h が1m、地山斜面までの距離 S が3mの個所でフランジ外側の外観が著しく悪い状況が確認された。このことから耐候性鋼を橋梁に適用する場合は地山までの距離は $h \geq 2\text{m}$ 、 $S \geq 5\text{m}$ 程度以上を確保すべきであると思われる。

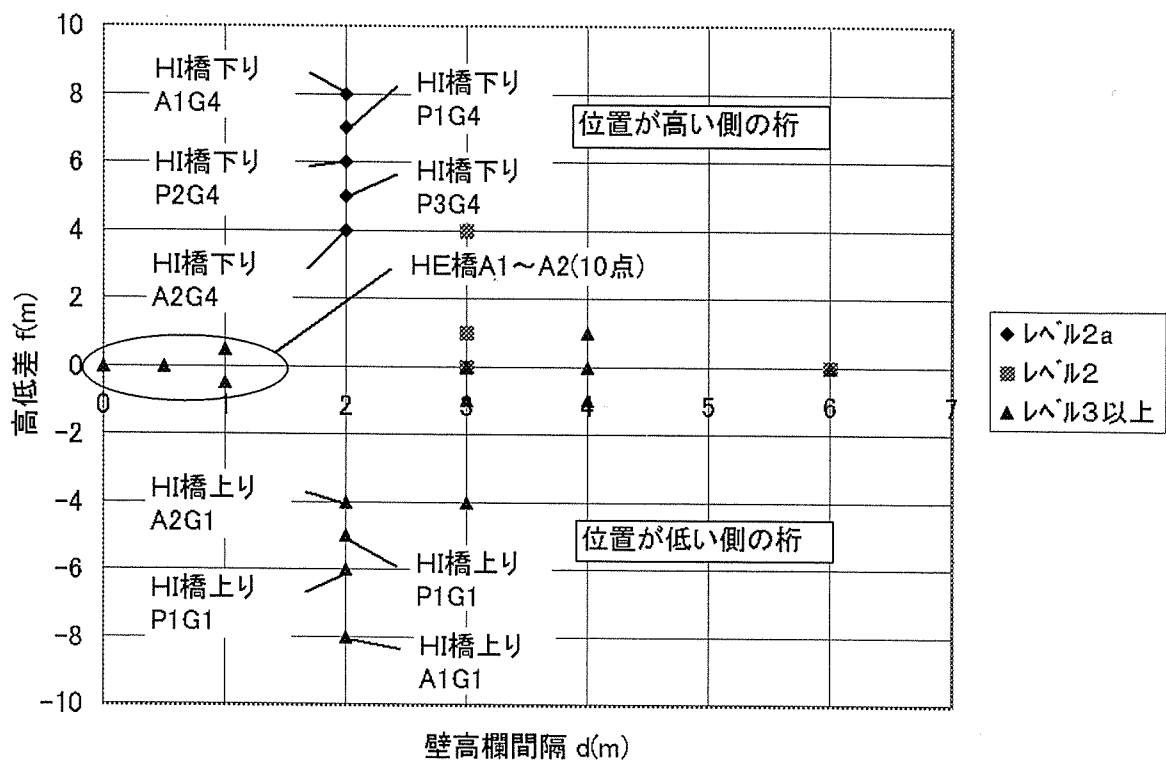


図-2 並列距離とさびレベル（高知自動車道の調査：5橋の上下線）

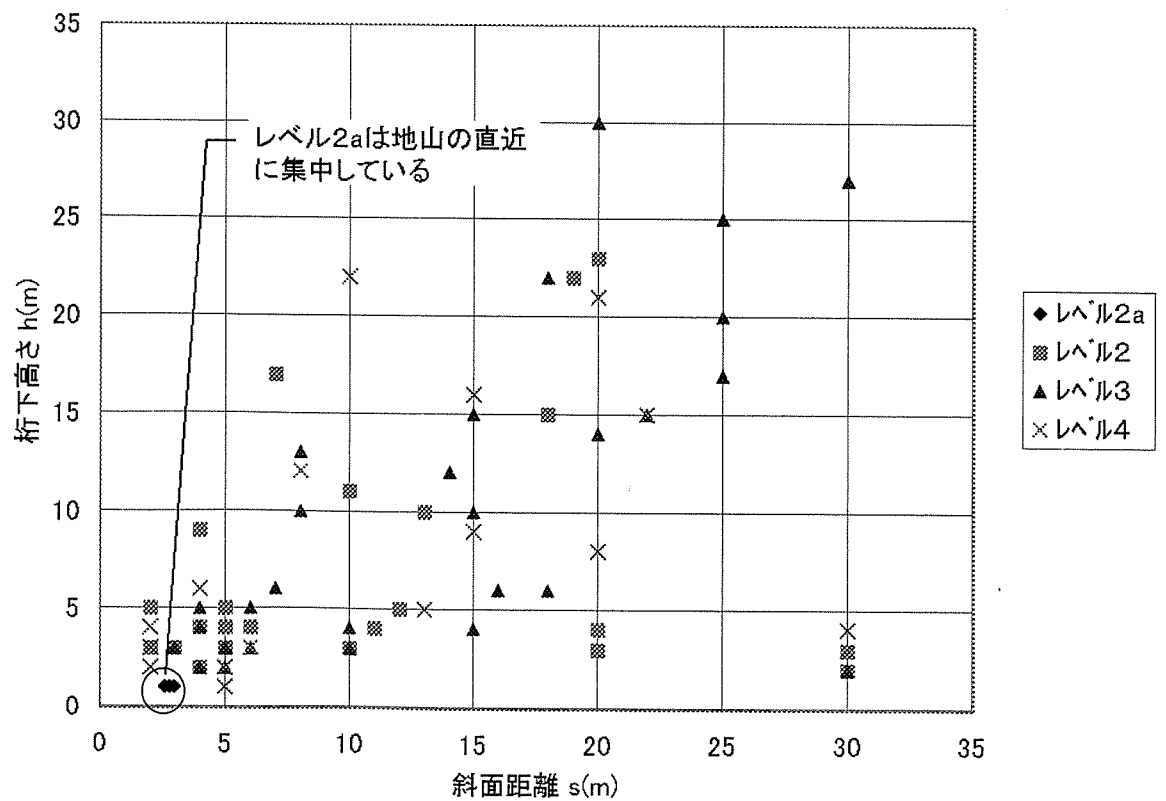


図-3 地山距離とさびレベル（高知自動車道の調査：25橋）

上記範囲では下フランジ外側の腐食減厚が著しく、減厚量は計測箇所数が少なく信頼性に乏しいが最大で0.18mm/片面と計測された。これは風通しが悪いために湿潤状態が長く継続し、安定な保護さびの生成に必要な乾湿の繰り返しが行われないこと、さらに凍結防止剤の堆積等も影響するためと想像され、これを改善する対策、具体的には重防食塗装、新しい表面処理の採用や海浜海岸耐候性鋼材の使用などを考慮する必要があるだろう。またさび状態が悪い(レベル2)原因として風向きや湿度の影響も考えられるが調査データがないため、これら要因の分析は今後の課題としたい。

5. 考察と対策

これまで耐候性鋼使用橋梁に関しては、水はけをよくするなど、いくつかの配慮がなされてきたが、細部構造および線形環境に関しては特別な配慮がなされていなかった。しかし近年凍結防止剤を多用し始めたために、下記のような問題点が顕在化してきた。

- ① 伸縮継手部からの漏水
- ② 壁高欄の隙間からの越流
- ③ 床版クラックからの漏水
- ④ スラブドレーン管からの排水
- ⑤ 排水装置の不備
- ⑥ 凍結防止剤の巻き上げ飛散
- ⑦ 地山との接近

問題となった部位は、特定の要因に起因する個所に限定されている。これらの多くは構造に起因するものであり設計段階で構造的な対策をとることで解決可能である。今回の調査結果を総括して凍結防止剤散布環境下でのさび状態(評価レベル)と対策案を表-3に、また今回の調査で認められた問題点とその対策案を表-4に示した。

今回調査した高速道路の橋梁も例外でなく細部構造での対策が不十分で、また凍結防止剤の散布量も比較的多い路線であった。このような条件下で、板厚減少に大きく影響するさび状態の個所は全調査個所の4%程度であり、上記の対策案改善構造の適用によりこれら問題点は回避可能と考えられる。

参考文献：

- (1) 無塗装耐候性鋼使用橋梁現地調査報告書：JH試験研究所、(社)鋼材倶楽部、(社)日本橋梁建設協会、平成10年10月
- (2) 寒冷地の塩化物環境に関する研究：八戸工大関川、月永、庄谷、第14回日本雪工学大会、1997年11月
- (3) 無塗装耐候性橋梁の点検要領(案)：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

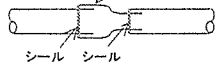
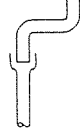
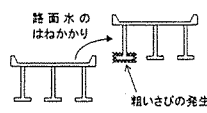
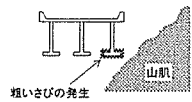
橋梁部位		設計施工での対策案	
橋梁線形	凍結防止剤散布量	少ない路線	多い路線
	さび評価レベル	5～3	2 a
	・地山接近部 ($S \leq 5\text{m}$ 、 $h \leq 2\text{m}$)	凍結防止剤散布を考慮した特別な対策は不要	外桁下フランジ外側上面に重防食塗装や新しい表面処理の採用、もしくは下フランジに海浜海岸耐候性鋼材の使用（適用を試験中）を考える。
	・高低差のある並列橋の高い側の桁 ($d \leq 3\text{m}$ 、 $2\text{m} \leq f \leq 10\text{m}$)		
細部構造	さび評価レベル	1～2	
	・排水管 ・伸縮装置 ・壁高欄隙間 ・床版 ・桁端部	・排水管の下端を下フランジより1 m低くする。上下部工の排水管接続継目は伸縮管で繋ぐ。 ・地覆部は全幅員まで非排水構造にする。 ・壁高欄の隙間に止水板を設置する。 ・防水工を設置する。 ・桁端部は橋台前面まで塗装を施す。	

橋梁位置環境

地山

高低差のある並列橋

表一 3 耐候性鋼使用橋梁の凍結防止剤散布環境における対策案

項目	状況写真	状況	原因	対策案
1. 伸縮継手からの漏水	写真3、4	中間脚上での伸縮装置で、装置をささえる橋の端部での上フランジ、ウエブが、かなり粗いさびとなっている。 伸縮装置はゴム装置＋ステンレス槌の構造（推定）。	・伸縮装置から路面水が漏水する。 ・車道部伸縮装置と地覆部伸縮装置とが連結していないために漏水する。	①伸縮装置は非排水形式とする。 ②伸縮装置とコンクリート床版との間には、シール材を入れるスペースを作り、コンクリートの乾燥収縮に対して、漏水が起こらないようにする。 ③車道部と地覆部との伸縮装置は連続させ、隙間のない構造とするか、あるいはそこをシールする。 ④桁の端部、伸縮装置が存在するところには桁自身も塗装する。
2. 壁高欄隙間からの越流水	写真5、6	外桁の外面の端部が、伸縮装置の位置から桁高さと同じ程度の幅で、粗いさびとなっている。 壁高欄は、伸縮装置上で不連続であり、隙間がある。	壁高欄の隙間から路面排水が、地覆部を越して流れ出て桁にかかる。	比較的きつい縦断面と平面曲線の組み合わせられた条件にある壁高欄の隙間で起こっている。山間橋梁といえども、壁高欄の隙間は、止水工を設置する。
3. 床版のクラックからの漏水	写真7	床版のクラックを通して路面水が桁を流れ、部分的に桁の上フランジ、ウエブ、下フランジが粗いさびとなっている。	床版の打ち継ぎ目、桁の負曲げなどで生じるクラックを通して、路面水が桁に流れる。	床版には、防水層を設置する。
4. スラブドレーン管からの排水	写真8	下フランジのかなり広範囲にわたり、粗いさびが生じている。 ドレーン管は、当初、床版下面直下までの長さしかなかった。	ドレーン管の長さが不足していたため、排水が桁にかかり、下フランジをつたって広範囲に流れた。	ドレーン管の先端は、桁下フランジより低い位置まで伸ばす。
5. 排水管からの漏水	写真9	排水が桁にかかり、ウエブ、下フランジが粗いさびとなっている。	①排水管のジョイント部の止水が十分でないために、ここから大量の漏水が桁にかかる。 ②排水管路途中の受け升からの越流が、桁にはねかかる。 （受け升が破損している例もある）	排水管のジョイント部には、二重のシールをする。  マス受け式は採用せず、連続管形式とする。 
6. 上下線橋梁の高低差	写真10、11	対面する高い側の外桁下フランジの上面、下面に、うろこ状のさびが発生している。 	上下線の橋梁が、上・下に離れているために、お互いに巻き上げた路面水を、対面する外桁が受けてしまう。特に、水平材である下フランジで、悪い状態となる。上下線の路面で高低差が8m程度までの場合に起こると推定される。	上下線橋梁に高低差がある場合、路面水の巻き上げの影響がある範囲について、 ①対面する外桁の下フランジを全面塗装とする。 ②対面する外桁の下フランジに、凍結防止剤に強い材料を使用する。
7. 山がせまった桁	写真12	山にせまった桁の下フランジの上面、下面に、うろこ状のさびが発生している。 	橋梁が山にせまれているため、巻き上げた路面水が山肌にそった気流に流されて、外桁に当たる。特に、水平材である下フランジで、悪い状態となる。床版端が、山肌に3m以下にせまれている条件で起こると推定される。	①山にせまった外桁の下フランジを部分的に重防食塗装とする。 ②山にせまった外桁の下フランジには、新しい表面処理の採用や海浜海岸耐候性鋼材などを使用する。

表－4 実橋調査で認められた問題点と対策案



写真－３ 伸縮継手からの漏水
(地覆の途中から浸水する)



写真－４ 伸縮継手からの漏水



写真－５ 壁高欄隙間からの越流水



写真－６ 壁高欄隙間からの越流水



写真-7 床版のクラックからの漏水



写真-8 スラブドレーン管からの排水
(当初は床版下面から20cm程度しかなかった)



写真-9 排水管からの漏水
(管伸縮継目の止水構造不備)



写真－10 上下線橋梁の高低差



写真－11 上下線橋梁の高低差（下フランジ状況）



写真－12 地山が接近した桁(中間橋脚付近が地山に接近)

4-3 米国での実態

米国では、凍結防止剤を1970年代初め頃から大量に散布するようになった。その後しばらくして、無塗装橋梁にその影響が出はじめたために、ミシガン州では耐候性鋼材の裸使用を一時的に禁止する措置が採られた。それが全米に波及し耐候性鋼材の使用が急激に落ち、全鋼橋に占める割合が10%程度にまで低下した。これを受けて、AISIが中心となって実態調査を開始し、凍結防止剤が原因であること、どのような対策を採るべきか等を示した調査結果が報告された。これをベースに、FHWAは、1989年にガイドライン（指針）をまとめた。これにより禁止令は1990年に解除され、現在では、全鋼橋に占る割合は50%程度に至っている。

米国での凍結防止剤の散布量、耐候性橋梁におけるさびの状況、1989年に出たFHWAの指針の概要などについて述べる。なお、文章中の略語は、次のとおりである。

注) FHWA = Federal Highway Administration
(米国連邦道路局)

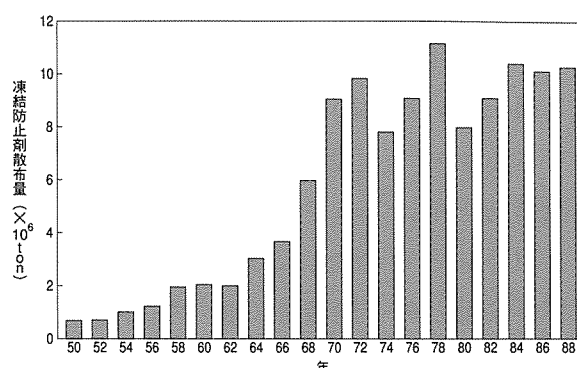
NJTP = New Jersey Turnpike Authority
(ニュージャージーターンパイク道路公社)

AISI = American Iron and Steel Institute
(米国鉄鋼協会)

1. 凍結防止剤の散布量

米国での凍結防止剤の散布量は、図－4・3・1に示すように、1970年代に入って急増している。これは、スパイクタイヤの使用規制がなされたために起こったことで、これと同じことが日本においても、1991年からのスパイクタイヤ使用規制により起こっていて、

その散布量は、10倍程度に増加している。スパイクタイヤの使用規制から凍結防止剤の使用量が急増し、その塩分によって耐候性無塗装橋梁が部分的にはあるがさびの悪化を生じる、というパターンである。表－4・3・1は、凍結防止剤散布量の変化とさび実態調査などの対応時期を、日米を対比してまとめたものである。



図－4・3・1 米国における凍結防止剤散布量の推移 (文献-4)

米国においては、耐候性橋梁のさび実態調査によって原因が解明され、指針が示されたことで耐候性無塗装橋梁の使用禁止令が解かれている。同じことが、約20年の時を経て、今、日本の高速道路の橋梁で問題となっている。是非とも、米国での経験を活かして、わが国なりにこの問題を消化し、対処して行きたいものである。

	米 国	日 本
スパイクタイヤの使用規制	1970年頃	1991年
凍結防止剤の急増時期	1970年頃	1991年頃
橋梁のさび調査 (部分悪化の調査)	1980年～ (AISIによる)	1997年～ (JH研究所による)
調査報告とガイドライン	1989年 (FHWAからの指針)	1999年 (JH研究所から報告書)
備考	1) 1979年にミシガン州で耐候性鋼材の使用を禁止 2) 1990年に禁止を解く	

表－4・3・1 さび実態調査の日米比較

2. 米国でのさびの状況

凍結防止剤の影響は、それを受けた局部的なところに限定される点の特徴である。したがって、どのような条件で、どのようなところに現れるのかを知ることが、対策を立てる上で重要となる。米国と日本とでは、構造、気候、凍結防止剤使用経過年数、散布量、などにおいて違いはあるが、共通要因をそこから読み取ることが出来る。また、米国は日本に比べ約20年も以前に大量の凍結防止剤を散布し出しているため、日本の今後の状況が予測できる。

凍結防止剤によるさびの状況の特徴的なことを以下にまとめた。これは、1998年4月に鋼材倶楽部との合同調査によって得られたものである。

(1) 伸縮装置の破損によるさび状況

伸縮装置の破損による漏水による桁端部のさびは、かなりひどい状態になる。

写真-4・3・1は、NJTPの橋梁で、その代表的状況を示している。端横桁、杓構造などすべての構造部材において層状剥離さびを起こしている。

この橋梁は、本線と平行して走るランプ橋梁であるため、当然本線から凍結防止剤の飛散を受けているはずであるが、本線に面する外桁のさび状態、および内桁のさび状態は悪くはない。これは、この桁が凍結防止剤を散布する本線から水平距離にして約5m程度離れているためと考えられる。

この桁の端部は、近々、次のような補修をする予定であるとのことであった。

a) 伸縮装置をゴムジョイントの改良型に取り替え、伸縮装置と床版コンクリートとの境には止水シールを施す。b) 桁高と同程度の端部範囲を塗装する。塗装仕様は、ブラスト後、無機ジンクプライマー+エポキシ樹脂塗

装+ポリウレタン塗装である。なお、補修塗装の仕様検討のため、いくつかの桁で暴露試験を実施していた。

(2) 路面水の飛散によるさび状況

デトロイトの幹線道路には、掘り割り形式の交差道路が多い。写真-4・3・2は、桁下空間が十分とれていない掘り割り式交差橋梁の例であり、大型トレーラーが路面水を巻きあげて桁下を通過する。この橋梁は、数年前の1996年に全面補修塗装をしたものであるが、全く同じ状況でまだ補修塗装のなされていない橋梁を調査することができた。写真-4・3・3は、調査橋梁の下フランジを横から見たもので、フランジ上面のさびが、層状剥離を起こしているのが分かる。このようなさびの状況から、耐候性鋼材の無塗装使用が禁止されたわけである。写真-4・3・4は、桁のウェブと上フランジを見たものであるが、それほど悪い状態にはなっていない。

一方、写真-4・3・5は、セントポールの交差橋梁の例である。この交差橋梁は、桁下空間が十分にとられ、掘削のり面も緩やかな勾配で開放的である。この桁の場合は、下フランジも含めてすべての部位で非常に良いさびの状態であった。ただし、桁の端部は、桁高の1.5倍程度の部分を補修塗装してあった。

以上紹介した例は、調査橋梁のほんの一部ではあるが、凍結防止剤によるさび状況を示す典型的なものといえる。凍結防止剤を散布する路線で耐候性鋼材を無塗装使用する場合には、次のような注意が必要であることが分かる。

a) 凍結防止剤を散布するときは、路面からは十分な距離をとる。

b) 伸縮装置は頑丈な構造とし漏水の起こらないものとする。

c) 桁の端部は伸縮装置の破損などで路面排

水を受ける可能性が高い部位であり予め塗装を施しておく。

このような設計をしておくことで、凍結防止剤を散布する路線の橋梁といえども十分無塗装橋梁の適用が可能であるということを、米国の橋梁が証明していると言える。

3. FHWAの指針

本節は、FHWA Technical Advisory T5140.22「UNCOATED WEATHERING STEEL IN STRUCTURES」October 3, 1989を抜粋和訳したものである。かなりの部分を省略しているため、内容が十分伝わらないかもしれないが、これが米国での耐候性無塗装橋梁の使用基準となっている。この指針が発行されたのを機に、耐候性無塗装橋梁の適用に対する一時期の制限が解かれている。

指針訳文

1. 目的

無塗装の耐候性鋼材を適切に高速道路構造物に適用するためのガイドラインとその機能を長期に保証するためのメンテナンスの指針を、エンジニアに提供することを目的とする。

2. 背景=略す。

3. ガイドライン

提案されている構造が以下のa項あるいはb項に記述された特性の場所に位置する場合は、耐候性鋼の無塗装使用には注意を要し、腐食コンサルタントによるマクロおよびミクロ環境の調査を実施したほうが良い。すべての環境において、設計者は構造ディテール、特にc項に示されるディテールに十分な注意を払わなければならない。また発注者は、最低限d項に示されるメンテナンスを実施しなければならない。

a. 環境

- (1) 海岸地帯
- (2) 多雨、多湿、定常的な霧発生地帯
- (3) 化学的煙霧が構造物に直接降り注ぐ工業地帯

b. 位置

- (1) Tunnel-like Conditionの立体交差
(図-4・3・2)
- (2) 水面からの高さが小さい橋梁
 - (a) 動かない水の場合10フィート以下
 - (b) 流れる水の場合8フィート以下



図-4・3・2 掘り割り式交差橋梁
(Tunnel-like Condition)

c. 細部構造

橋梁や他の構造物における無塗装鋼に対して、以下の項目を十分配慮しなければならない。

- (1) 可能な限りジョイントをなくす。
- (2) 伸縮継手は床版上の水を制御できるものでなければならない。損傷したときに水がかからないようにするため、伸縮継手の下に排水樋を設けることも考慮する。

- (3) 橋梁のジョイント部から桁高の1.5倍以内の距離にある全ての上部工鋼部材を塗装する。
- (4) 溶接drip barを疲労がクリティカルになるような位置には用いない。
- (5) 床版排水口の数できるだけ少なくする。
- (6) 水やゴミを溜めるようなディテールをなくす。
- (7) できれば、ボックス部材は密閉するか、水と空気の循環が適切に行われるよう排水孔を設ける。
- (8) 密閉されていないボックス部材のすべての開口部はカバーする。
- (9) 流れさびによる汚れを最小限にするため、橋脚上面および橋台壁の保護を考慮する。
- (10) 水にさらされている重ね継手表面をシールする（毛細管現象を防止するため）。

d. メンテナンス

- (1) 腐食を発見するとともに腐食を最小化するように設けられたメンテナンスと調査を実施する。
- (2) 路面排水を制御する。
 - (a) 路面排水が橋梁構造にあたらないようにする。
 - (b) 排水樋を清掃する、あるいは床版ジョイントを再シールする。
 - (c) 床版排水システムを維持管理する。
 - (d) 周期的に洗浄し、必要があればジョイントから桁高の最低1.5倍の距離以内にある全ての鋼部材を再塗装する。
- (3) 湿気を閉じ込めるすべての泥、ゴミ、その他の廃棄物を定期的に除去する。
- (4) 濡れた鋼表面が自然乾燥するのを妨げるすべての植物を定期的に除去する。

- (5) マンホール上のカバーおよびスクリーンをメンテナンスする。

4・解説

a. 一般＝略す。

b. 鋼材種類（無塗装あるいは塗装）の選定

- (1) 環境/気候 以下に示す状況は、無塗装耐候性鋼が期待される使用性能を発揮できず、継続する腐食が重大な損傷となり得る条件を示している。

- (a) 海岸地域－太平洋、大西洋、メキシコ湾岸に沿って発生する塩分を含む大気は風により内陸に運ばれる。塩分を含む大気による塩化物濃度の程度とその無塗装耐候性鋼製構造物の使用性能は、風向、海岸からの距離、地域の地形学的・環境的特徴に依存する。したがって、無塗装耐候性鋼製構造物の耐候性は3つの海岸線の何れに沿っているかにより大きく異なり得る。海岸地域の特定の場所における無塗装耐候性鋼使用の適不適は、周辺の鋼またはコンクリート構造物の状況を参考に、また必要であれば、ASTM試験G92「Characterization of Atmospheric Test Sites」のB法「Wet Candle」法で決定される平均飛来塩分濃度によって判断できる。活用できる情報に基づくと、米国において問題なく耐候性鋼が適用できる塩分レベルは、平均0.5mg/100cm²/dayまでと推定できる。
- (b) 降雨の頻度が高い、高湿度、霧が持続する地域－この様な気象条件は過剰な結露となり、鋼材が湿潤状態となる期間が長くなる。こうした条件が継続するような地域における無塗装鋼の使用は、架橋位置における鋼

材表面の湿潤時間の測定無しにはなされるべきではない。年平均湿潤時間が60%を超える場合は、耐候性鋼の裸使用について注意が必要である。

- (c) 工業地帯－化学物質他の生産装置を伴う重工業地帯においては、空気中に化学的不純物が含まれ、これが鋼材表面に凝集し、鋼材の腐食をまねく。英国運輸省の標準BD/7/81では、 SO_3 が平均で $2.1\text{mg}/100\text{cm}^2/\text{day}$ を超える場合には無塗装耐候性鋼は使用すべきではないとされている。
- (d) 必要で有れば、ある特定の場所への無塗装耐候性鋼使用の適性は、腐食コンサルタントにより決定することができる。
- (2) 位置と地形 次の因子は鋼製高速道路構造物の使用性能に大きな影響を与えるため、無塗装鋼あるいは塗装鋼の使用決定において注意深く検討されるべきである。
- (a) 立体交差－いわゆる「Tunnel効果」は、桁下空間が小さく、垂直な擁壁^{ようへき}に挟まれた道路の立体交差橋に見られる。このような道路/橋梁の地形では、路面水の飛沫が撒き散らされるのが阻害されて、結果として飛沫中の塩分が過剰に橋梁鋼材面に付着する。図-4・3・2は、冬季の凍結防止剤使用が非常に多い場合には無塗装耐候性鋼の使用を避けるべき状況を表している。
- (b) 低レベルの水面横断－水飛沫あるいは水蒸気の結露が長期間鋼材を湿潤状態にしないように、十分な水面までの桁下空間を確保しなければならない。下フランジからの桁下間隔は、

淀んだ水の場合は少なくとも10フィート、流れる水の場合は少なくとも8フィートとすることを推奨する。

c. 細部構造

構造ディテールを適切に設計することにより、鋼構造物の腐食につながる多くの原因を排除することができる。以下の指針は塗装鋼および無塗装鋼の両方に適用されるべきであるが、無塗装耐候性鋼の場合において特に重要である。

- (1) 路面排水の制御－これは部分的腐食に対する防御の第一歩である－路面からの排水が鋼材に流れ落ちるのを避ける、特に凍結防止剤を用いる地域においては重要である。

(a) 伸縮継手

- 1. できる限り橋梁のジョイントは避けるべきである。幾つかの州では、ジョイントのない鋼橋が400フィート以上の長さまで適用されており（そして1,600フィート迄は橋梁端部のみにジョイントを設ける）、ジョイント不足によると認められる問題は全く発生していない。ジョイントを有するほとんどの橋には、ジョイントに起因する問題（腐食、走行性、メンテナンス）が発生している。
- 2. 広範囲な経験から、橋梁のジョイントを永久的に水漏れのないようにすることは非常に困難であると言える。つまり、ジョイントが不可欠な場合、そこから水漏れし排水が鋼材に接触するとの前提で考える必要がある。したがって、ジョイント部から桁高の最低1.5倍の範囲にある全ての鋼材は塗装するべきである。
- 3. 下フランジ上下面のdrip barは、排水がフランジに沿って長い距離を流れ無塗装鋼材の長い区間の腐食を防ぐのに効果的で

ある。しかし、引張応力が作用するフランジへの溶接については、部材の疲労寿命における影響を充分解析した後、初めて考慮されるべきである。

4. 外桁－外桁全体を塗装することにより、それ以外を無塗装とした橋梁の寿命が延

びるという証拠は全く無い。一方、外桁の塗装は将来のメンテナンスを必要とし、景観的な心配を生じさせる。

(b) 排水＝略す。

(2) その他＝略す。

d. メンテナンス＝略す。

以上のように、米国では凍結防止剤の問題に1970年代に直面し、1989年のFHWAの指針の発行で終結している。その後は、耐候性鋼材使用橋梁は順調に伸びていて現在では、鋼橋全体に占める割合は50%に至っている。

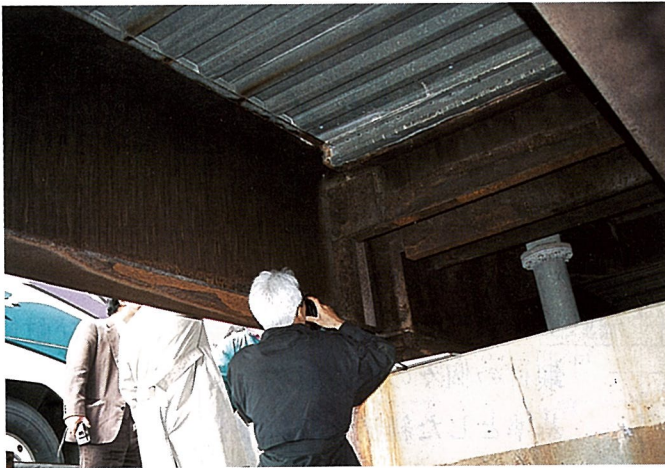
指針では、凍結防止剤を撒くことを前提としているためか、凍結防止剤を散布する橋梁として特別扱いをしていない。要するに、凍結防止剤を撒く環境下での耐候性橋梁の一般的な設計要領と、管理要領を示している。ここで着目したい点は、さび状態の判定法である。指針ではそこまでを読み取ることはでき

ないが、米国でのさびに対する考え方は、残存板厚が設計板厚を確保していれば良いという考え方が底流にあるように思える。

一方、わが国では、安定さび状態にあるか否かの判定が重視されている。しかし徐々にではあるが、腐食量の考え方が論議されるに至っている。たとえば、塩分環境別による腐食量の予測が、ある精度を持ってできるのであれば、耐候性無塗装橋梁の腐食量設計が成り立ち、要求性能設計にも対応できる。この点に関しては、至近の課題として、研究していきたいと考えている。

*参考文献

- (1) 「無塗装耐候性橋梁 米国実態調査 報告書」 平成10年10月
(社) 鋼材倶楽部 橋梁研究会 (社) 日本橋梁建設協会
- (2) 「無塗装耐候性橋梁の日米の状況 (凍結防止剤の影響について)」
(社) 日本橋梁建設協会 虹橋60号平成11年春季 p 41～53
- (3) Technical Advisory T5140.22 「UNCOATED WEATHERING STEEL IN STRUCTURES」
October 3, 1989 FHWA
- (4) 「Highway Deicing: Comparing Salt and Calcium Magnesium Acetate (Special Report: 235)」
National Academy Press: USA
ISBN: 0-309-05123-1 = 「融雪剤によるコンクリート構造物の劣化研究委員会 報告書・論文集
1999年11月 (社) 日本コンクリート工学協会」の中で、図-1・5として引用している。



写真－４・３・１ NJTPの橋梁の端部内側
(1965年架設 伸縮装置の損傷による路面水の漏水が原因)



写真－４・３・２ デトロイトの掘り割り式交差橋梁
(1970年頃架設 1996年に全面補修塗装)



写真－４・３・３ デトロイトの掘り割り式交差橋梁
(1970年頃架設 未補修の橋梁 下フランジの上面に層状はくりさびが見られる)



写真－４・３・４ デトロイトの掘り
割り式交差橋梁 (1970年頃架設 未補
修の橋梁 上フランジとウェブはそれほど
悪いさび状態ではない)



写真－４・３・５ セントポールの掘り割り式交差橋梁 (1973年頃架設
側壁のり面の空間、桁下空間が十分にとられていて、さび状態は非常によい)

5 防食から見た鋼橋のライフサイクルコスト

1. はじめに

近來鋼橋の耐久性・維持管理に関して、疲労設計やライフサイクルコストの概念が導入されるようになってきている。その中で、ライフサイクルコストは、初期コストにメンテナンスコストを加えたトータルコストのことであり、この最小化が近年重視される傾向である。しかし、耐久年数の設定定義が明確でないこと、耐久年数経過後の処理評価が明確でないこと及び鋼桁本体・床版・支承等鋼橋構成部材毎にそれぞれのライフサイクルが異なっているため、ライフサイクルコストの定義付けは非常に難しいのが現状である。本章ではこのような現状を認識の上検討した鋼橋本体の防食について、全工場塗装仕様・溶融

亜鉛めっき・常温溶射＋全面塗装及び耐候性鋼材の個々の期待耐久年数及び従来塗装系を基準とした経済比較結果を報告する。

2. 環境分類

鋼材（鉄）は水と酸素に接触すると腐食してさびに変わる。また、塩分（海塩粒子、凍結防止剤など）や、硫黄酸化物（亜硫酸ガス、酸性雨など）などを含む環境では、腐食反応がいつそう早いスピードで進むことが知られている。鋼道路橋塗装便覧では、飛来塩分量を主たる指標として腐食環境を表－１のように分類している。

本章の経済比較結果に用いる環境分類もこれに習って表－１の３区分とした。

一般環境	やや厳しい環境	厳しい環境
（ 山間部 ）	（ 市街地部 ）	（ 海岸部 ）
園田、山間 地区 都市（近郊）地区	工場 地区 大気汚染地区	海上 地区 海岸 地区
飛来塩分の影響を受けず、かつ、自動車排気ガスや工場ばい煙の影響を強く受けない環境。	飛来塩分の影響を受ける環境。または自動車排気ガスや工場ばい煙の影響を強く受ける環境。	潮風が強く飛来塩分の影響を強く受ける環境。
◇降雨・降雪量の地区は、凍結防止剤の散布による塩害が海岸地区より大。		

※ 参考文献 （社）日本道路協会「鋼道路橋塗装便覧」１９９０年

表－１ 腐食環境分類

3. 防食方法の分類

鋼橋の防食方法には主に塗装・亜鉛めっき・耐候性鋼を使用している。最近では常温溶

射（亜鉛アルミ擬合金溶射）も試行されるようになっている。

3-1 ライフサイクルコストの算定条件

表-2に各環境毎の防食についての、施工単価費用を下記に示す。

また、この表-2にもとづいて、本章4. 経済比較の算出を行っている。

環境区分		一 般 環 境	やや厳しい環境	厳 し い 環 境
施 工 従 来 型		(山 間 部)	(市 街 地 部)	(海 岸 部)
		工場下塗+現場中・上塗	工場下塗+現場中・上塗	工場下塗+現場中・上塗
新設	塗装仕様	A-1 (長油フタル酸)	B-1 (塩化ゴム系)	C-1 (ポリウレタン)
	防食費用	4,000円/㎡	5,000円/㎡	8,000円/㎡
塗替え	塗装仕様	a-1,2種 (長油フタル酸)	b-1,2種 (塩化ゴム系)	c-1,2種 (ポリウレタン)
	防食費用	6,000円/㎡	6,500円/㎡	7,000円/㎡
初期耐久年数		15年	15年	20年
提 案 型 (1)		(全工場塗装)	(全工場塗装)	(全工場塗装)
新設	塗装仕様	薄膜形重防食(※ 別仕様)	C-2 (ポリウレタン)	C-4 (ふっ素樹脂塗料)
	防食費用	4,000円/㎡	7,500円/㎡	8,000円/㎡
塗替え	塗装仕様	暫定c-1(※ 別仕様)	暫定c-1(※ 別仕様)	暫定c-3 (ふっ素塗料)
	防食費用	10,000円/㎡	10,000円/㎡	10,500円/㎡
初期耐久年数		30年	30年	30年
提 案 型 (2)		(裸 仕 様)	(亜鉛めっき)	(常温溶射)
新設	防食仕様	耐 候 性 鋼	溶融亜鉛めっき	鋼材に鉛めっき+銅めっき
	防食費用	1,200円/㎡	7,000円/㎡	12,000円/㎡
塗替え	防食仕様	桁端塗装はD-3	暫定c-3 (ふっ素塗料)	暫定c-3 (ふっ素塗料)
	防食費用	100円/㎡ (桁端)	10,500円/㎡	10,500円/㎡
初期耐久年数		100年 (桁端30年)	60年	90年
提 案 型 (3)			(耐候性鋼+鍍安定化処理)	(裸 仕 様)
新設	防食仕様		耐候性鋼+鍍安定化処理	海浜海岸耐候性鋼
	防食費用		6,100円/㎡	4,200円/㎡
塗替え	防食仕様		桁端塗装はD-3	桁端塗装はD-3
	防食費用		100円/㎡ (桁端)	100円/㎡ (桁端)
初期耐久年数			100年 (桁端25年)	100年 (桁端20年)

表-2 各種の比較用の参考単価金額の一覧表

◇ 共通設定条件

注1. 対象とする鋼橋は [3径間連続2主I桁橋 (3@40m)] を想定しての単価費用。

(2主I桁橋)

支間長	鋼重	塗装面積	
		工場外面	現場外面
3@40=120	213,706kg	2,255㎡	247㎡

注2. 工場管理費・共通仮設費・現場管理費・一般管理費は含まれないものとする。

注3. 定期的な点検及び局所的な補修費等は含まないものとする。

注4. 現場の施工作业での施工条件・産業廃棄処理・交通規制等の費用は実費精算とする。

注5. 各防食の耐久年数について

鋼橋の防食劣化は橋梁形式、部材形式、架設環境等によりその劣化進行速度が異なるので、ここでの耐久年数とは、あくまでも防食被膜の耐久年数であり、構造物の耐久年数ではない。

(1) 塗装橋梁の見積条件

① 継手部現場塗装費は、全塗装面積の5%とする。

② 足場費は、概算として足場面積当たり3,000円/㎡とする。ただし、塗り替え時の足場・足場養生等の費用は、工事予算

費用の50%以上を占める為に、実量精算とする。(足場組立・解体費用含み)

③ 新橋の足場費には組立・解体費用を含まないものとする。(本体架設費に足場組立・解体費用を含む)

④ 新橋の全工場塗装の足場費は継手部の

みのため、本体架設の足場を兼用するので計上していない。

- ⑤ 塗装耐久年数は従来の塗替え到達期間（劣化面積0.3%）では無く、防食効果が消失する期間予測と（社）日本橋梁建設協会（以下 橋建協という。） 暴露試験体結果・既設橋梁防食状況等により、橋建協で推定耐久年数を試算した。
- ⑥ 塗装費の価格は「建設物価」1999・10月号を参考にする。
- ⑦ 上塗り色合いは淡彩色とする。
- ⑧ 塗替え時の素地調整程度について従来型は2種ケレン、その他は1種ケレンとする。
- ※近い将来、塗装作業者の人手不足が深刻化することで、素地調整程度はブラスト処理（機械化）による1種ケレンが標準化として採用されるようになってくる。
- ⑨ 暫定仕様として、塗替え仕様（c-1. c-3）で素地調整が2種ケレンの箇所を1種ケレンに置換える。素地調整の第1種ケレン（ブラスト処理）は、被塗物の素地の状態として環境の条件により、差異がはなばなしいので実情により算出することにし、参考として材工費のみとする。

（2）耐候性および海浜海岸耐候性橋梁の見積条件

- ① 耐候性鋼材および海浜海岸耐候性鋼材の普通鋼材に対するエキストラ費用を塗装費に計上する。
- ② 上述のエキストラ費用は、以下の式から橋梁単位面積当たりの費用として算出する。

$$\text{エキストラ費用 (円/㎡)} = \frac{\text{耐候性鋼材、海浜海岸 耐候性鋼材の単価 (円/t)} - \text{普通鋼材の単価 (円/t)}}{\text{橋梁の単位重量あたりの塗装面積 (㎡/t)}}$$

耐候性鋼材の単価：100,000円/t

海浜海岸耐候性鋼材の単価：135,000円/t

普通鋼材の単価：88,000円/t

橋梁の単位重量あたりの塗装面積：11.7㎡/t

上記条件より、耐候性鋼材のエキストラ費用：1,000円/t 海浜海岸耐候性鋼材のエキストラ費用：4,000円/t とした。

- ③ 桁端はD-3系（タールエポキシ樹脂塗料）とする。（新設表-5）の通りである。
- ④ 桁端塗装面積は、全塗装面積2%とする。桁端の塗装塗替え期間は、一般環境（山間部）30年、やや厳しい環境（市街地部）25年、厳しい環境（海岸部）20年とする。
- ⑤ 4. 各種防食法の経済比較 図-1～図-3で用いている桁端塗装の単価は、全塗装面積にて換算した値とする。
- なお、D-3系塗装費用は、工場塗装3,500円/㎡、現場塗装7,000円/㎡とした。
- 新設時の桁端塗装費用換算値（円/㎡）
=0.02×3,500円=70（円/㎡）→100（円/㎡）とする。
- 塗替え時の桁端塗装費用換算値（円/㎡）
=0.02×7,000円=140（円/㎡）→100（円/㎡）とする。
- ⑥ 環境区分が一般環境（山間部）における耐候性鋼材は裸仕様とする。ここでは、原板ブラスト費用（100円/㎡）と耐候性鋼のエキストラ費用（1,000円/㎡）及び⑤の新設時の桁端塗装費用の換算値（100円/㎡）を加えて初期コストとして計上する。
- ⑦ 環境区分がやや厳しい環境（市街地部）では、耐候性鋼材に鍍安定化処理を施すことを想定する。ここでは、耐候性鋼材のエキストラ費用（1,000円/㎡）と鍍安定化処理費用（製品ブラスト+鍍安定化処理剤塗布5,000円/㎡）および⑤の

新設時桁端塗装費の換算値(100円/㎡)
を加えて初期コストとして計上する。

- ⑧ 環境区分が厳しい環境（海岸部）では、海浜海岸耐候性鋼材の使用を想定する。ここでの初期コストは、海浜海岸耐候性鋼材のエキストラ(4,000円/㎡)、原板ブラスト費用(100円/㎡) および⑤の新設時桁端塗装費用の換算値(100円/㎡)を加えて初期コストとして計上する。

(3) 溶融亜鉛めっき関係の見積条件

- ① 形状エキストラは、めっき費の15%割増とする。
② めっき付着量は、2種HDZ55とする。
③ めっき費の価格は建設物価(1999・10月号)を参考にする。
④ 溶融亜鉛めっきの耐久年数の推定式

$$\text{耐久年数} = \frac{\text{亜鉛付着量} - 50 \text{ g/㎡}}{\text{年間腐食減量}}$$

(残存亜鉛量 = 50g/㎡を耐久限界とする。)

	年間腐食減量	耐久年数
海岸部	20g/㎡	25年
市街地	8g/㎡	60年
山間部	5g/㎡	100年

亜鉛めっき付着量(600g/㎡)※桁数より50.3以内

(4) 常温溶射橋梁の見積条件

- ① 常温亜鉛アルミ擬合金溶射膜(膜厚100μm)とする。
② 鋼橋の施工実績が少ないために、防食費用としてはヒアリングの結果概算費用とする。
③ 常温アルミ亜鉛擬合金溶射(MS工法)の耐久性について

金属溶射の寿命予測はまだ施工実績や経年が少ないため、溶融亜鉛めっきとの対比において、試験データでは3～5倍程度の防食性能を確認しているが実暴露が不足しており、2倍と見込み、劣化予測とする。(「鋼桁常温金属溶射仕様検討書」平成11年12月MS工法協議会の資料より)

3-2 新設鋼橋 防食仕様

塗装系	前処理			工場塗装				現場塗装	
	1次 素地調整	プライマー	2次 素地調整	第1層	第2層	第3層	第4層	第5層	第6層
A-1	ブラスト処理	長ばく形エッチングプライマー(15μm)	動力工具処理	鉛系さび止めペイント1種 35μm	鉛系さび止めペイント1種 35μm			長油性フタル酸樹脂塗料 中塗 30μm	長油性フタル酸樹脂塗料 上塗 25μm
B-1	ブラスト処理	長ばく形エッチングプライマー(15μm)	動力工具処理	鉛系さび止めペイント1種 35μm	鉛系さび止めペイント1種 35μm	フェノール樹脂MIO塗料 45μm		塩化ゴム系樹脂塗料 中塗 35μm	塩化ゴム系樹脂塗料 上塗 30μm
C-1	ブラスト処理	無機シンクリッチプライマー(15μm)	ブラスト処理	無機シンクリッチペイント 75μm	ミストコート — μm	エポキシ樹脂塗料下塗 60μm	エポキシ樹脂MIO塗料 60μm	ポリウレタン樹脂塗料 中塗 30μm	ポリウレタン樹脂塗料 上塗 25μm

表-3 従来型工場下塗り+現場中・上塗り

塗装系	前処理			工場塗装					
	1次 素地調整	プライマー	2次 素地調整	第1層	第2層	第3層	第4層	第5層	第6層
薄膜形重防食	ブラスト処理	機能性プライマー(17μm)	ブラスト処理	有機シンクリッチペイント 75μm	ポリウレタン樹脂塗料 中塗 30μm	ポリウレタン樹脂塗料 上塗 25μm			
C-2	ブラスト処理	無機シンクリッチプライマー(15μm)	ブラスト処理	無機シンクリッチペイント 75μm	ミストコート — μm	エポキシ樹脂塗料下塗 60μm	エポキシ樹脂塗料下塗 60μm	ポリウレタン樹脂塗料 中塗 30μm	ポリウレタン樹脂塗料 上塗 30μm
C-4	ブラスト処理	無機シンクリッチプライマー(15μm)	ブラスト処理	無機シンクリッチペイント 75μm	ミストコート — μm	エポキシ樹脂塗料下塗 60μm	エポキシ樹脂塗料下塗 60μm	ふっ素樹脂塗料 中塗 30μm	ふっ素樹脂塗料 上塗 25μm

表-4 提案型(1)全工場塗装

防食系	前 処 理			工 場 施 工					
	1次 素地調整		2次 素地調整	その1	その2	その3	その4	その5	その6
裸仕様 (耐候性鋼)	ブラスト 処 理	※桁端部のみ	動力工具 処理	タールエポキシ 樹脂塗料 120 μ m	タールエポキシ 樹脂塗料 120 μ m				
溶融亜鉛 めっき	脱脂処理→水洗→酸洗→水洗			亜鉛めっき槽 浸漬 付着量550g/m ²					
常温溶射	(MS工法システム) 製品ブラスト処理・動力工具処理			粗面化处理 (粗面形成剤)	亜鉛アルミ 擬合金溶射 100 μ m	封孔処理	ふっ素樹脂 塗料用中塗 30 μ m	ふっ素樹脂 塗料上塗 30 μ m	

表－5 提案型（2）耐候性鋼・溶融亜鉛めっき・常温亜鉛アルミ擬合金溶射

防食系	前 処 理			工 場 施 工					
	1次 素地調整		2次 素地調整	その1	その2	その3	その4	その5	その6
耐候性 鋼＋鍍 安定化 処理	製品ブラストのみ			鍍安定化处理					
(裸仕様) 海浜海 岸耐候 性鋼	ブラスト 処 理	※桁端部のみ	動力工具 処理	タールエポキシ 樹脂塗料 120 μ m	タールエポキシ 樹脂塗料 120 μ m				

表－6 提案型（3）耐候性鋼＋鍍安定化处理・海浜海岸耐候性鋼

3－3 塗替え鋼橋 防食仕様

塗装系 防食系	前 処 理		現 場 施 工					
	素地調整		補修塗装	第1層	第2層	第3層	第4層	第5層
従来型 a-1	2種ケレン(動力工具処理)			鉛系さび止め ペイント1種 140g/㎡	鉛系さび止め ペイント1種 140g/㎡	長油性フル酸 樹脂塗料 中塗 120g/㎡	長油性フル酸 樹脂塗料 上塗 110g/㎡	
従来型 b-1	2種ケレン(動力工具処理)			鉛系さび止め ペイント1種 140g/㎡	鉛系さび止め ペイント1種 140g/㎡	フェノール樹脂 MIO塗料 250g/㎡	塩化ゴム系 樹脂塗料 中塗 170μm	塩化ゴム系 樹脂塗料 上塗 150g/㎡
従来型 c-1	2種ケレン(動力工具処理)			有機ジンク リッチペイント 300g/㎡	変性エポキシ 樹脂塗料下塗 240g/㎡	変性エポキシ 樹脂塗料下塗 240g/㎡	ポリウレタン 樹脂塗料用中塗 140g/㎡	ポリウレタン 樹脂塗料 上塗 120g/㎡
提案型 暫 定 c-1	1種ケレン(ブラスト処理)			有機ジンク リッチペイント 300g/㎡	変性エポキシ 樹脂塗料下塗 240g/㎡	変性エポキシ 樹脂塗料下塗 240g/㎡	ポリウレタン 樹脂塗料用中塗 140g/㎡	ポリウレタン 樹脂塗料 上塗 120g/㎡
提案型 暫 定 c-3	1種ケレン(ブラスト処理)			有機ジンク リッチペイント 300g/㎡	変性エポキシ 樹脂塗料下塗 240g/㎡	変性エポキシ 樹脂塗料下塗 240g/㎡	ふっ素樹脂 塗料中塗 140g/㎡	ふっ素樹脂 塗料中塗 120g/㎡

※参考 スプレー塗装の場合 スプレー使用量＝ハケ使用量×(1.3～1.5)とする。

表－7 従来型・提案型（1）・提案型（2）

4. 各種防食法の経済比較

近年はメンテナンスコストを含めたトータルコストの低減を言われており、特に防食塗膜の耐久性について、重点的に各環境・塗装系別に下記の3提案を比較検討とした。

◇提案型（1） C塗装系の全工場塗装方法での品質管理の徹底と経済性が主たる目的とする。

◇提案型（2）,（3） 塗装以外の防食方法でも、耐候性鋼・海浜海岸耐候性鋼・溶融亜鉛めっき・常温溶射がある。長期耐久

性を考慮する場合は、塗装との組み合わせで、複合（2重）防食方法とする。

なお、環境区分のやや厳しい環境（市街地）の耐候性鋼は、鍍安定化处理を施すことを想定している。

◇各防食の初期耐久年数は、防食被膜の劣化が見られた時点までの期間年数を使用した。

前項2～3の各条件を用いて鋼橋の供用年数100年間として、経済比較を行った。結果は以下の通りである。

- 表－8 一般環境（山間部）の場合
 表－9 やや厳しい環境（市街地部）の場合
 表－10 厳しい環境（海岸部）の場合
 図－1 一般環境（山間部）の場合
 図－2 やや厳しい環境（市街地部）の場合

図－3 厳しい環境（海岸部）の場合
 図表から解るように、供用年数における、
 合計防食回数が少ないほどトータルコストは縮減する。

環境別による各防食系毎の経済コスト比較 [3 径間連続2主1桁(3@40m)コスト係数]

防 食 系		期待耐久年数		100年間を基準	
		初 期	塗替え	合計防食回数	コスト係数/年
従 来 型	長油性フタル酸樹脂塗装 (A-1)	15年	15年	7回	100
提案型 (1)	ポリウレタン樹脂塗装 (耐腐蝕)	30年	40年	3回	57
参考C塗装系	ポリウレタン樹脂塗装 (C-2)	40年	40年	3回	59
	ふっ素樹脂塗装 (C-4)	60年	60年	2回	39
提案型 (2)	耐 候 性 鋼 (裸仕様)	100年 (鋼材)	30年 (桁端)	4回 (桁端)	4

表－8 一般環境（山間部）の場合

防 食 系		期待耐久年数		100年間を基準	
		初 期	塗替え	合計防食回数	コスト係数/年
従 来 型	塩化ゴム系樹脂塗装 (B-1)	15年	15年	7回	100
提案型 (1)	ポリウレタン樹脂塗装 (C-2)	30年	30年	4回	74
参考C塗装系	ポリウレタン樹脂塗装 (耐腐蝕)	20年	30年	4回	73
	ふっ素樹脂塗装 (C-4)	45年	45年	3回	50
提案型 (2)	溶融亜鉛めっき (塗替ふっ素塗装)	60年	45年	2回	39
提案型 (3)	耐候性鋼+鍍安定化処理	100年 (鋼材)	25年 (桁端)	4回	16

表－9 やや厳しい環境（市街地部）の場合

防 食 系		期待耐久年数		100年間を基準	
		初 期	塗替え	合計防食回数	コスト係数/年
従 来 型	ポリウレタン樹脂塗装 (C-1)	20年	20年	5回	100
提案型 (1)	ふっ素樹脂塗装 (C-4)	30年	30年	4回	90
提案型 (2)	常温溶射+全面ふっ素塗装 (塗替ふっ素塗装)	90年	30年	2回	43
提案型 (3)	海浜・海岸耐候性鋼	100年 (鋼材)	20年 (桁端)	5回 (桁端)	13

注1. 参考資料用として、C塗装系でも比較検討とした。

注2

$$\text{コスト係数} = \frac{\text{各提案型防食系における供用100年にかかる費用}}{\text{従来型 防食系における供用100年にかかる費用}}$$

表－10 厳しい環境（海岸部）の場合

5. 今後の取り組み

維持管理費の最小化と長寿命化を目指した
 橋梁提案について、(社)日本橋梁建設協会
 で検討を進めている内容の一部を紹介した。

増大する道路資産の維持管理をセーブしな

がら、今後の社会資本を整備していくために
 は、新設橋梁の段階から長期のライフサイク
 ルコストの最小化を見据えた技術の開発が重
 要である。

皆様のご意見を賜れば幸いです。

図-1

一般環境（山間部）

環境別による各防食系毎の経済比較
 [鋼3径間連続鈑桁橋(3@40m)の㎡当りの単価費用]

防 食 系			単 価 (円/㎡)	耐久年数	100年間を基準	
					合計防食回数	合計費用(円/㎡)
従 来 型	A-1	新 設 初 期	4,000	15年	7 回	38,000
	a-1	塗替え(2種ケレン)	6,000	15年		
提 案 型 (1)	薄膜型重防食	新 設 初 期	4,000	30年	3 回	21,500
	暫定c-1	塗替え(1種ケレン)	10,000	40年		
C 塗 装 系 (参 考)	C-2	新 設 初 期	7,500	40年	3 回	22,000
	暫定c-1	塗替え(1種ケレン)	10,000	40年		
	C-4	新 設 初 期	8,000	60年	2 回	15,000
	暫定c-3	塗替え(1種ケレン)	10,500	60年		
提 案 型 (2)	耐候性鋼 (裸仕様)	新 設 初 期	1200	100年	4 回(桁端)	1,500
		桁端部塗替え(2種ケレン)	100	30年(桁端)		

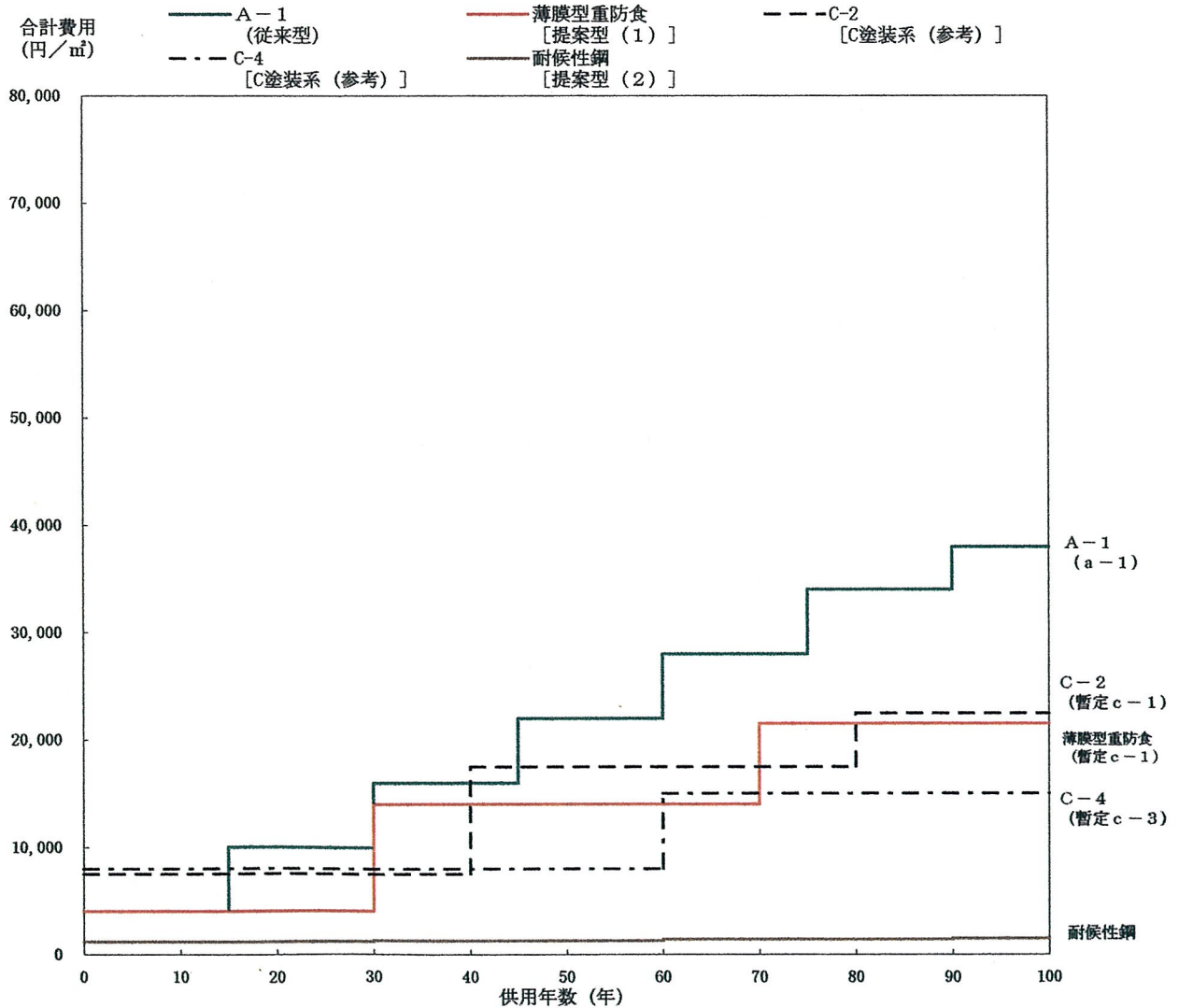


図-2

やや厳しい環境(市街地部)

環境別による各防食系毎の経済比較

[鋼3径間連続鉄桁橋(3@40m)の㎡当りの単価費用]

防食系			単価 (円/㎡)	耐久年数	100年間を基準	
					合計防食回数	合計費用(円/㎡)
従来型	B-1	新設初期	5,000	15年	8回	41,900
	b-1	塗替え(2種ケレン)	6,500	15年		
提案型(1)	C-2	新設初期	7,500	30年	4回	30,900
	暫定c-1	塗替え(1種ケレン)	10,000	30年		
C塗装系 (参考)	薄膜型重防食	新設初期	4,000	20年	7回	30,700
	暫定c-1	塗替え(1種ケレン)	10,000	30年		
	C-4	新設初期	8,000	45年	3回	20,900
	暫定c-3	塗替え(1種ケレン)	10,500	45年		
提案型(2)	溶融亜鉛めっき	新設初期	7,000	60年	2回	16,400
	暫定c-3	塗替え(1種ケレン)	10,500	45年		
提案型(3)	耐候性鋼 さび安定化処理	新設初期	6,100	100年	4回(桁端)	6,500
		桁端部塗替え(2種ケレン)	100	25年(桁端)		

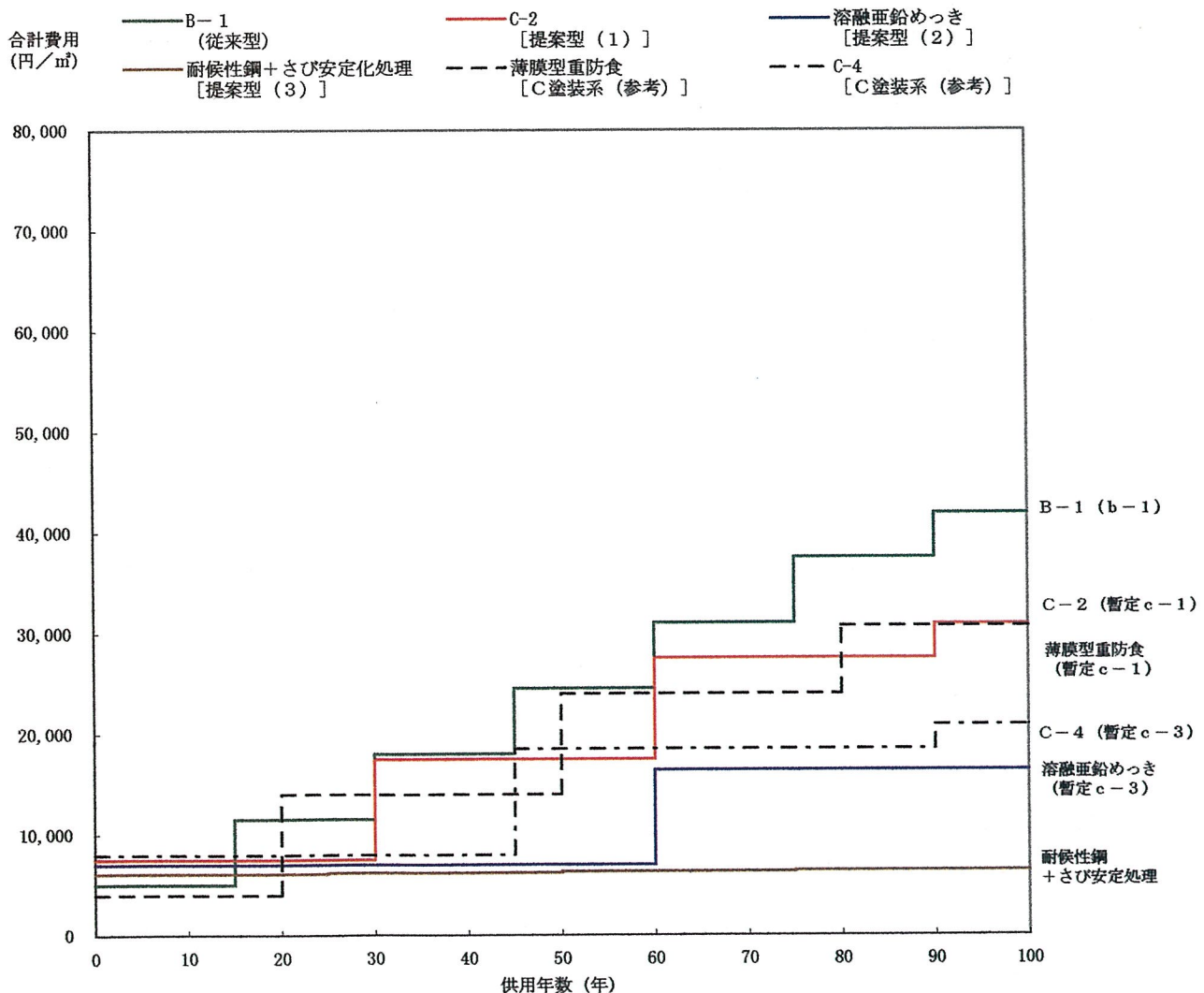


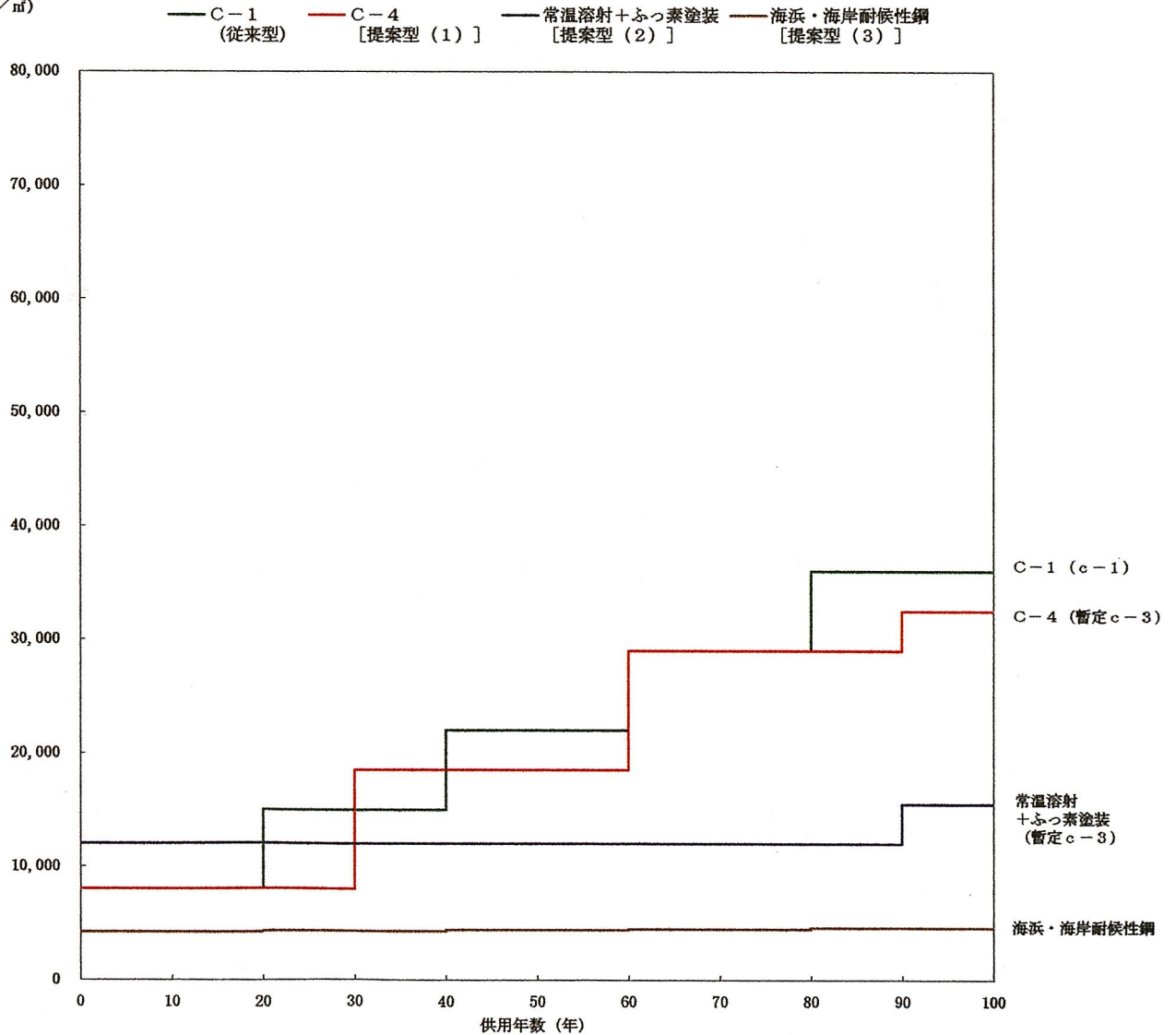
図-3

厳しい環境（海岸部）

環境別による各防食系毎の経済比較
 [鋼3径間連続鈑桁橋(3@40m)の㎡当りの単価費用]

防食系			単価 (円/㎡)	耐久年数	100年間を基準	
					合計防食回数	合計費用(円/㎡)
従来型	C-1	新設初期	8,000	20年	5回	36,000
	c-1	塗替え(2種ケレン)	7,000	20年		
提案型(1)	C-4	新設初期	8,000	30年	4回	32,500
	暫定c-3	塗替え(1種ケレン)	10,500	30年		
提案型(2)	常温溶射	新設初期	12,000	90年	2回	15,500
	暫定c-3	塗替え(1種ケレン)	10,500	30年		
提案型(3)	海浜海岸 耐候性鋼 (標仕様)	新設初期	4,200	100年	5回(桁端)	4,600
		桁端部塗替え(2種ケレン)	100	20年(桁端)		

合計費用
(円/㎡)



6 防錆・防食に関する新しい技術

6-1 常温溶射 (亜鉛アルミ擬合金溶射)

1. はじめに

溶射とは、金属などの固体物質を溶融して物体表面に吹き付け被膜を形成する技術であり、1909年スイスのDr. Schoopが初期のガスフレーム式溶射法を開発した。溶射法が開発されてから約90年と歴史は古いが、コストが高いことや、高度なブラスト技術が必要としたり、現場作業が困難など作業性に劣るため、現在までの鋼橋への採用実績は少ない。

近年、鋼橋ストックの増加とともに維持管理費が増加しており、維持管理費を含めたトータルでのコスト縮減が重要になっている。

溶射は、初期コストが多少高くなるものの長期耐久性が期待できるため、LCC（ライフサイクルコスト）で考えると経済性を期待できる。また、粗面形成材が開発されたことにより、粗面化するための高度なブラスト技術が不要になったことや、従来の溶射法に比べて格段に低い温度で施工できる技術とコンパクトな施工機械の開発により、現場施工が可能になった。

この様な背景から、最近注目されるようになった溶射法が常温溶射（Zn-Al 擬合金溶射）である。

溶射工程を図-1に示す。

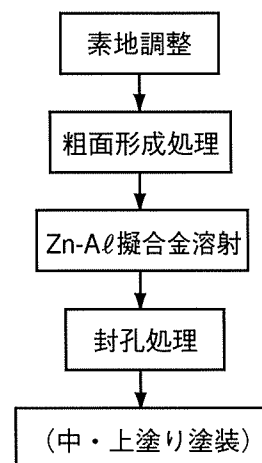


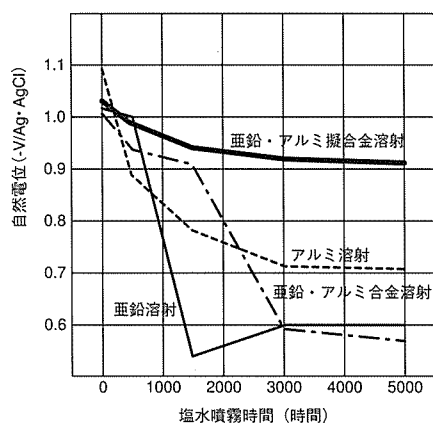
図-1 溶射工程

2. 素地調整、粗面形成処理

従来の溶射法は、鋼表面の除錆だけでなく、溶射被膜の密着性を確保（機械的投錨効果）するために粗面化しなければならなかった。この粗面化は、塗装のブラストに比べて高度な技術を必要とする。

粗面形成材は、セラミックス粒子とエポキシ樹脂が主成分であり、鋼表面を50%程度露出させて塗付することにより、溶射被膜の密着性を確保でき、犠牲防食作用も期待出来る。

鋼表面は、必ずしも鉄素地が露出していなくてもよく、通電性のある薄膜の無機ジンクリッチプライマーであれば、犠牲防食作用が発揮され、密着性も確保できると考えられる。したがって、無機ジンクリッチプライマーを塗付した鋼板で製作すると、素地調整は動力工具や手工具による簡易な方法で良く、素地調整の簡素化が図れる。



基材：サンドブラスト処理鋼板 溶射被膜の膜厚：75 μ m

図-2 溶射被膜の塩水噴霧試験後の自然電位

3. Zn-Al 擬合金溶射

塩水噴霧試験では、Zn溶射被膜、Al 溶射被膜、Zn-Al 合金溶射被膜よりZn-Al 擬合金溶射被膜の方が、防錆性に優れていることが明らかになっている。(図-2 参照)

溶射は、被膜を任意の厚さに施工することができ、耐久性もある程度自由に設定することが出来る。

図-3に減圧内アーク溶射機の構造を示す。従来は、圧縮空気をアークの後方から噴射する構造であったが、本溶射機は、圧縮空気を環状のノズルからアークの前方に向かって噴射する構造となっている。したがって、アーク点を冷却しないので、低電圧で溶射が可能であり、溶射直後で30~40℃の常温溶射が可能になった。

また、亜鉛ヒュームが少なく、施工機械が軽量でコンパクトになったため、現場施工も可能になった。

4. 封孔处理、(中・上塗り塗装)

溶射被膜は、微細な連続の気孔を形成するため、専用の封孔処理材を塗付することが望ましい。

溶射被膜の表面は、粗面にする事がアンカー効果になり付着性を良くし、上塗りに対し

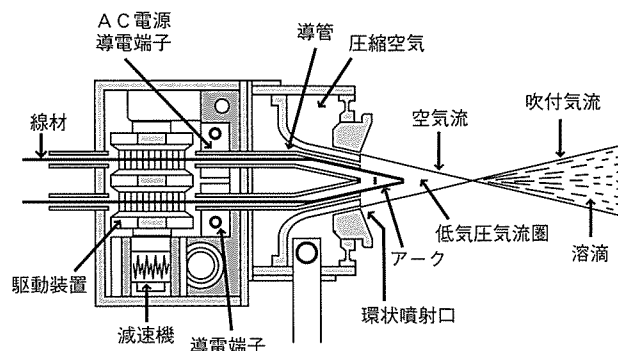


図-3 減圧内アーク溶射機の構造

て良好な下地を形成する。ただし、塗膜が薄い
と溶射被膜の凸凹により外観不良となること
があり、美観を向上させるためには上塗り
を厚膜とするか、溶射被膜を多少研磨するの
が良い。

耐候性に優れた塗装と組合せることにより、さらに長期の耐久性が期待できるとともに、美観を付与でき塗装の耐久性も向上すると考えられる。

5. おわりに

常温溶射（Zn-Al 擬合金溶射）は、塩水噴霧試験で非常に優れた防錆性を示しており、これから実施工を通して防錆性を確認する必要はあるが、今後に期待出来る優れた防食技術であると考える。

良好な溶射被膜を得るためには、被溶射面と溶射機の間隔を適切な間隔とし、被溶射面に直角に近い方向から溶射することが望ましい。このような条件を満足するには、当初から溶射に適した構造を計画するとともに、溶射施工時の状態(形状や場所)も考慮する必要がある。

溶射被膜の品質は、施工の良否によって大きく変わるため、できる限り施工し易い状態にすることが長期の防食を可能にする鍵になるであろう。

6-2 環境にやさしい塗装系・塗装試験

1. はじめに

大気中へ有機溶剤（VOC）の大量の放散が行われた場合の、環境破壊への影響が心配されており、すでにアメリカでは溶剤形塗料の規制が行われている。我が国もVOC削減や規制では、国際合意のもとに同一歩調をとろうとしている。

鋼橋で使用されている塗料は、ほとんどが有機溶剤形の塗料で、塗料使用時の構成成分の40～45%を有機溶剤が占めている。

（社）日本塗料工業会の「塗料産業におけるVOCの現状と将来像」（1993年）によれば塗料生産量220万tに対し溶剂量約98万tであり、これを5年後には2/3、10年後には1/2に減少させる目標を掲げている。

溶剤形の塗料に代わるものとして、水性塗料、粉体塗料、無溶剤形塗料などが環境にやさしい塗料として開発され、製品化が進んでいる。

水性塗料は、塗料に使用されている有機溶剤を水に代えた塗料で、すでに自動車の車体浸積塗装や建築塗装に使用されている。

粉体塗料は、加熱溶融形塗料で、すでに家電製品や自動車などの工業製品に実用化されている。

無溶剤形塗料は、引火や有機溶剤中毒の恐れがないので、箱桁内面の塗替え塗装などに使用されている。

今回は、この中で大型の鋼構造物に適用可能と思われる、水性塗料と無溶剤形塗料に着目し、建設省土木研究所、沖縄開発庁、（社）日本橋梁建設協会の3者で塗装試験を開始した。

環境にやさしい塗装系（新設全工場塗装）の耐久性を検証することを目的として、塗膜の耐久性能を実態に近い形で検証するため大型試験体を使用した。試験体は、平成3年より行ってきた塗替え塗装の試験桁の暴露試験が完了したので、その一部を利用した。

本報告は暴露試験開始後の初期・1年後の調査結果について報告する。

2. 試験計画概要

平成3年から続いている、塗膜の耐久性能を精度高く実態に近い検証を行うための大型モデルによる暴露試験が完了したので、その一部（山側）を利用して環境にやさしい塗装系（新設全工場塗装）の塗装試験を行った。海側の桁の外・内面はそのままとして追跡調査を継続して、さらに長期間の耐久性を検証する。

塗装仕様は、標準として塗装便覧C-4塗装系、環境にやさしい塗装系4種、及び沖縄全工場塗装系の6種である。

環境にやさしい塗装系では、無溶剤形塗料、低溶剤形塗料及び水性塗料について塗装試験した。

2. 1 試験計画概略工程

試験概要	試験内容	塗装時期	暴露完了予定
環境にやさしい塗装 試験桁	沖縄における環境に やさしい塗装系	平成11年2月	平成16年

表-1 概略工程

2. 2 暴露試験場所 沖縄建設材料耐久性施設（沖縄県大宜味村字津波）

2. 3 構造物試験体

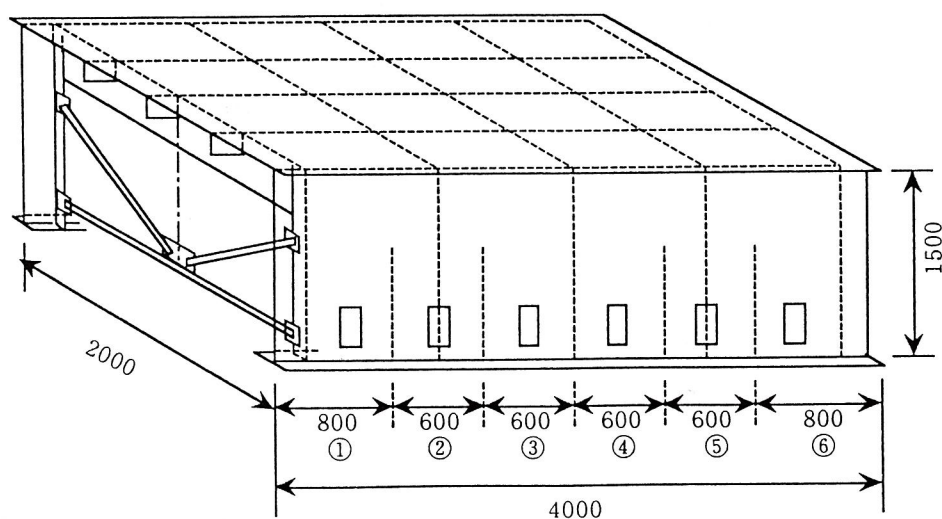


図-1 構造物試験体概要図

2. 4 現地設置状況

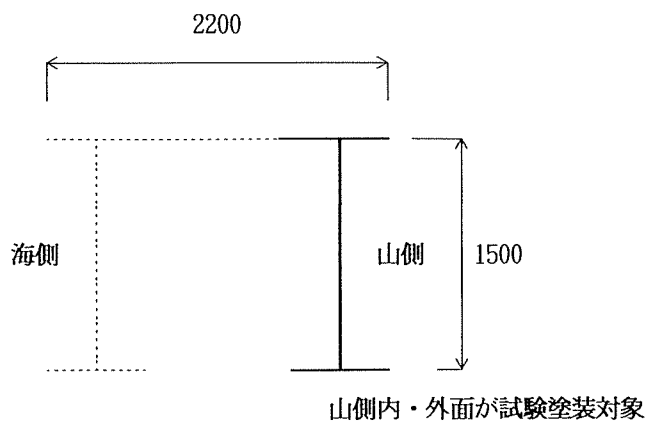


写真-1 沖縄建設材料耐久性施設

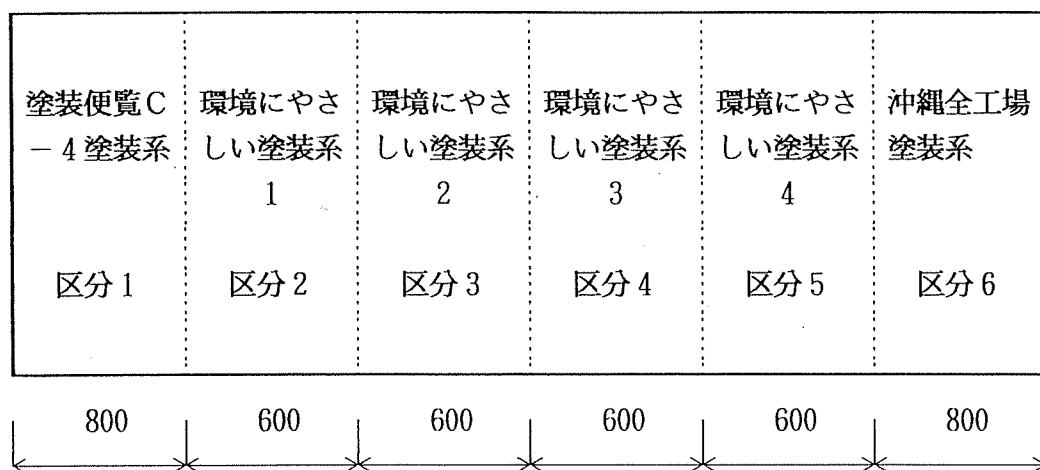


写真-2 環境にやさしい塗装系試験体

2. 5 塗装区分



図－2 試験体断面図



図－3 試験体山側側面図

2. 6 塗装仕様

区 分	塗装方法	工 程	塗 装 系	膜厚 (μm)	使用量 (g/m^2)
便覧C-4 (—) 1種ケレン	エアレス 塗装	第1層	無機シリカチンパイト	75	700
		ミストコート	1料シリ樹脂塗料下塗	—	160
		第2層	1料シリ樹脂塗料下塗	60	300
		第3層	1料シリ樹脂塗料下塗	60	300
		第4層	ふっ素樹脂塗料用中塗	30	170
		第5層	ふっ素樹脂塗料 上塗	25	140
環境-1 (37 %) 1種ケレン	エアレス 塗装	第1層	無機シリカチンパイト	75	700
		ミストコート	1料シリ樹脂塗料下塗	—	160
		第2層	無溶剤形1料シリ樹脂塗料下塗	120	300
		第3層	ふっ素樹脂塗料用中塗	30	170
		第4層	ふっ素樹脂塗料 上塗	25	140
環境-2 (50 %) 1種ケレン	エアレス 塗装	第1層	無機シリカチンパイト	75	700
		ミストコート	1料シリ樹脂塗料下塗	—	160
		第2層	無溶剤形1料シリ樹脂塗料下塗	120	300
		第3層	無溶剤形1料シリ樹脂塗料下塗	120	300
		第4層	ふっ素樹脂塗料 上塗	25	140

() はVOCの削減率を示す。

表-2 塗装仕様 (1)

区 分	塗装方法	工 程	塗 装 系	膜厚 (μm)	使用量 (g/m^2)
環境-3 (48 %) 1種ケレン	エアレス 塗装	第1層	無機シリカチンパイト	75	700
		ミストコート	1料シリ樹脂塗料下塗	—	160
		第2層	低溶剤形1料シリ樹脂塗料下塗	200	500
		第3層	水性シリカチン樹脂塗料用中塗	25	160
		第4層	水性シリカチン樹脂塗料 上塗	25	160
環境-4 (39 %) 1種ケレン	エアレス 塗装	第1層	無機シリカチンパイト	75	700
		ミストコート	1料シリ樹脂塗料下塗	—	160
		第2層	低溶剤形1料シリ樹脂塗料下塗	200	500
		第3層	シリカチン樹脂塗料 上塗	25	140
沖 縄 (—) 1種ケレン	エアレス 塗装	第1層	無機シリカチンパイト	75	700
		ミストコート	1料シリ樹脂塗料下塗	—	160
		第2層	1料シリ樹脂塗料下塗	100	500
		第3層	1料シリ樹脂塗料下塗	100	500
		第4層	シリカチン樹脂塗料用中塗	30	170
		第5層	シリカチン樹脂塗料 上塗	25	140

() はVOCの削減率を示す。

表-3 塗装仕様 (2)

＊ 塗装仕様の選定

区分1：塗装便覧C－4仕様（250 μ m）は標準仕様とする。

区分2：第2層、第3層のエポキシ樹脂塗料下塗（60 μ m）に代えて、第2層に無溶剤形エポキシ樹脂塗料下塗の厚膜形（120 μ m）を使用し、層数を削減した。

区分3：第2層に無溶剤形エポキシ樹脂塗料下塗の厚膜形（120 μ m）を使用した。第3層にふっ素樹脂塗料用中塗（30 μ m）に代えて、無溶剤形エポキシ樹脂塗料下塗（120 μ m）を使用し、厚膜化した。

区分4：第2層に低溶剤形エポキシ樹脂塗料下塗の厚膜形（200 μ m）を使用した。第3層、第4層に水性ポリウレタン樹脂塗料用中塗、上塗（25 μ m）を使用した。

区分5：第2層に低溶剤形エポキシ樹脂塗料下塗の厚膜形（200 μ m）を使用することにより、中塗を省略し、第3層にポリウレタン樹脂塗料上塗（25 μ m）を使用して、層数の削減を計った。

区分6：第2層、第3層にエポキシ樹脂塗料下塗の厚膜形（200 μ m）を使用し、沖縄の厳しい環境に適用できるよう厚膜化した。

3. 調査概要

- ・調査時期は、初期調査、1年後、2年後、3年後、4年後及び5年後とする。
- ・調査は、社団法人日本鋼構造協会「鋼橋塗膜調査マニュアル」JSS IV03－1993に準じて行う。
- ・調査項目は外観観察、光沢測定、色差、付着力測定及び初期の膜厚測定とする。

（1）試験工程

- ・塗装工場での試験体塗装：1999年2月1日～2月20日（屋内塗装）
- ・試験体の暴露場搬入：1999年3月1日
- ・初期調査：1999年4月19日～23日
- ・1年後調査：2000年4月17日～20日

（2）調査項目及び評価方法

調査項目	評価内容	評価方法
1. 外観観察	さび、はがれ、われ、ふくれ他	目視調査（塗膜劣化見本帳）
2. 初期光沢	60度鏡面反射率測定	光沢計（BYK マイクロトリグロス）
3. 色差	色差 ΔE^* （ L^* , a^* , b^* ）	色差計（ミノタ CR-300）
4. 付着力	付着力（Mpa）	アドヒージョンテスター（エルコメーター）
5. 膜厚測定	初期の乾燥塗膜厚を測定	電磁微厚計（ケット LE-300）

表－4 調査項目及び評価方法

4. 調査結果概要

(1) 外観観察

初期調査時に比べ特に変化は認められなかった。

(2) 光沢測定

総体的に桁の内面側の光沢保持率が低めであった。

内面側の光沢保持率が低めであったことについては紫外線以外のファクター（塩分付

着による湿潤）か、一時的なものかは今後の追跡調査で見極めたい。

(3) 色差

色差で大きく変化している部位は認められなかった。

(4) 付着力測定

塗膜の破断は殆どが無機ジンクリッチペイントの凝集破壊であり、初期より付着力が特別低下した部位（剥離など）は認められなかった。

	塗 装 区 分					
調査項目	便覧C-4	環境 1	環境 2	環境 3	環境 4	沖縄
1. 外観観察	異常無し	異常無し	異常無し	異常無し	異常無し	異常無し
2. 初期光沢	62 ～74	66 ～71	64 ～69	55 ～71	73 ～85	78 ～82
3. 色 差	L*, a*, b* 79 -8 13	L*, a*, b* 79 -8 13	L*, a*, b* 79 -7 13	L*, a*, b* 78 -7 12	L*, a*, b* 80 -7 12	L*, a*, b* 80 -7 12
4. 付着力 (Mpa)	1.5 ～ 3.0	1.0 ～ 4.0	1.8 ～ 4.5	2.0 ～ 5.0	3.5 ～ 6.0	1.5 ～ 2.0
5. 膜厚測定 (μ m)	273 ～ 466	357 ～ 574	373 ～ 540	347 ～ 595	379 ～ 552	316 ～ 584

表－5 初期調査結果

	塗 装 区 分					
調査項目	便覧C-4	環境 1	環境 2	環境 3	環境 4	沖縄
1. 外観観察	異常無し	異常無し	異常無し	異常無し	異常無し	異常無し
2. 光沢	55～62	54 ～72	52 ～71	57 ～77	46 ～80	71 ～82
3. 色差 (ΔE)	0.14 ～ 0.49	0.14 ～ 0.61	0.09 ～ 0.45	0.30 ～ 0.82	0.27～ 0.41	0.12 ～ 0.26
4. 付着力 (Mpa)	1.5 ～ 3.0	1.5 ～ 3.0	2.0 ～ 7.0	2.0 ～ 7以上	1.5～ 4.5	1.5 ～ 2.0

表－6 1年後調査結果

5. 今後の取り組み

この塗装試験は、初期調査を経て毎年1度ずつ、計5年間に亘り調査を行う予定である。地球環境の保全が叫ばれている中で、本試験

が良好な結果を示し、水性塗料、無溶剤形塗料の実用化が進み、少しでもVOCが削減できることを期待する。

6-3 耐候性橋梁の最近の動向

1. はじめに

前号（62号）で記述したようにわが国における耐候性鋼材使用橋梁は、耐候性に優れた新しい鋼材の開発という技術と、維持管理費を含めたライフサイクルコストの低減を目指した優位性から、1983年のJIS改訂を契機に急速に実橋に採用され始めた。更に同時期に、建設省土木研究所、（社）鋼材倶楽部と（社）日本橋梁建設協会の3者にて、1981年から“環境への適用に関しての共同研究”も並行して行ってきた。

その成果の一つとして1993年には、“無塗装耐候性橋梁の設計・施工要領（改訂集）”を発行し、設計から架設までの基本的な留意点を記述して品質の標準化を図った。この改訂集では、全国に設置した暴露試験片の結果から層状剥離さびの発生の有無を良否の判断基準の1つとして取り上げ、飛来塩分量との関連付けからその許容値を0.05mdd以下としている。実際の適用に際して、これを離岸距離との関係で地域毎に適用可能地域の可否を規定した。（詳しくは62号 3. 無塗装橋梁の実績参照）

しかしながら、橋建協・無塗装橋梁部会では、初期に建設された橋梁や厳しい環境上の橋梁を中心に健全度の追跡調査を数橋ずつではあるが毎年、実施している。この調査より架橋地点の地形や環境により、柔軟な適用が望ましいことがわかってきた。更に、さびの評価方法においても必ずしも明確な統一が行われていない事もあり、厳しい腐食環境においては、更に高い耐候性能を有する鋼材等の開発が強く要求されはじめるようになってき

た。一方、当初その影響が明確でなかった因子が、耐候性鋼材にいたずらすることがわかってきた。即ち、冬季に路面の凍結防止に散布する凍結防止剤の影響である。初期の散布の頃は大きな問題とはならなかったが、1991年実質上のスパイクタイヤの使用禁止以降、冬季の事故防止対策上から以前に増して多量の凍結防止剤が撒かれる事により、これまであまり気に留めなかった山岳道路の橋梁に不具合が出始めた。ご存知のように凍結防止剤の中身は、塩分そのものであり、地形や橋梁構造により塩分の蓄積が生じて、海岸部の橋梁と同様な変状が発生する事が分かってきた。

以上の背景を十分に認識の上、近年、鋼板の表面に早く保護層（一般には安定さび層と呼ぶ）を作る鋼材の開発や鋼材表面の処理方法の改善・開発が行われてきた。

これらの新しい手法は、現在、徐々にではあるが実用化に向けて動き出しているが、真の評価はもう少し後に譲ることにして、現状の開発状況と暴露試験結果をお知らせしたい。

2. 海浜・海岸耐候性鋼の開発

塗装が不要な構造物の計画は、維持費を軽減しLCC（ライフサイクルコスト）をミニマム化できる最も有効な手段である。ここ数年前から海岸線に沿って発展してきた都市圏においても、また山間部等で凍結防止剤を多量に散布する地域においても、現行の塩分基準からはみ出した地域または、現橋調査の結果期待される効果が得られなかった地域にまでも使用が可能な耐塩害性に優れた新しい耐候性鋼材が各メーカーから開発・提案され始め、一部には実橋に試験的に使用され始めている。

この優れた機能を持つ海浜・海岸耐候性鋼材は、上述のような厳しい飛来塩分量の環境

においても層状剥離さびを生成させず、腐食の進行を抑制するのを目的として開発されている。

この鋼材は、現 J I S 規格の耐候性鋼材の化学成分と比較すると、いずれもクロム (Cr) を原則無添加とし、ニッケル (Ni)、モリブデン (Mo)、チタン (Ti) 等を添加した低合金鋼材となっている。参考までに、鋼材メー

カー各社が発表している海浜・海岸耐候性鋼材の種類と代表的な鋼材の機械特性を表-1に示す。表中の鋼種欄の A~I は各鋼材メーカーから発表されている商品名を、成分系は卓越した元素の種類を概ね示す。参考までに JIS G 3114-98 溶接構造用耐候性熱間圧延鋼材の化学成分を表-2に示す。

鋼 種	板厚 (mm)	成 分 系	母 材 特 性			
			引張特性		シャルピー衝撃特性	
			Y P (N/mm ²)	T S (N/mm ²)	試験温度 (°C)	衝撃エネルギー (J)
SMA400W相当	A 25	1.5%Ni-0.3Mo系	257	439	0	351
	B 25	3%Ni系	388	467	0	285
	C 50	極低C-2.5Ni系	388	473	0	346
SMA490W相当	D 25	3%Ni系	405	512	0	230
	E 25	1%Cu-1%Ni-0.05%Ti系	474	584	0	322
	F 50	1.5%Ni-0.3Mo系	358	515	0	281
	G 50	極低C-2.5Ni系	428	565	0	357
SMA570W相当	H 40	3%Ni系	599	666	-5	310
	I 50	極低C-2.5Ni系	492	621	-5	326

表-1 海浜・海岸耐候性鋼の種類と機械特性

種類の記号		化学成分 単位 %							
		C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	Ni
SMA400 A・B・C	W	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
	P	0.18 以下	0.55 以下	1.25 以下	0.035 以下	0.035 以下	0.20~ 0.35	0.30~ 0.55	—
SMA490 A・B・C	W	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
	P	0.18 以下	0.55 以下	1.40 以下	0.035 以下	0.035 以下	0.20~ 0.35	0.30~ 0.55	—
SMA570	W	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
	P	0.18 以下	0.55 以下	1.40 以下	0.035 以下	0.035 以下	0.20~ 0.35	0.30~ 0.55	—

備考：1) 各種類とも耐候性に有効な元素のMo、Nb、Ti、V、Zrなどを添加してもよい。

ただし、これらの元素の総計は0.15%を超えないものとする。

2) “h” は通常裸のまま、又はさび安定化処理を行なって使用し、“P” は通常塗装して使用する。

表-2 耐候性鋼材 (JIS G 3114-98) の化学成分

次に、これらの仕様で、厳しい塩分飛来環境において経年暴露試験を行った結果を図-1に示す。

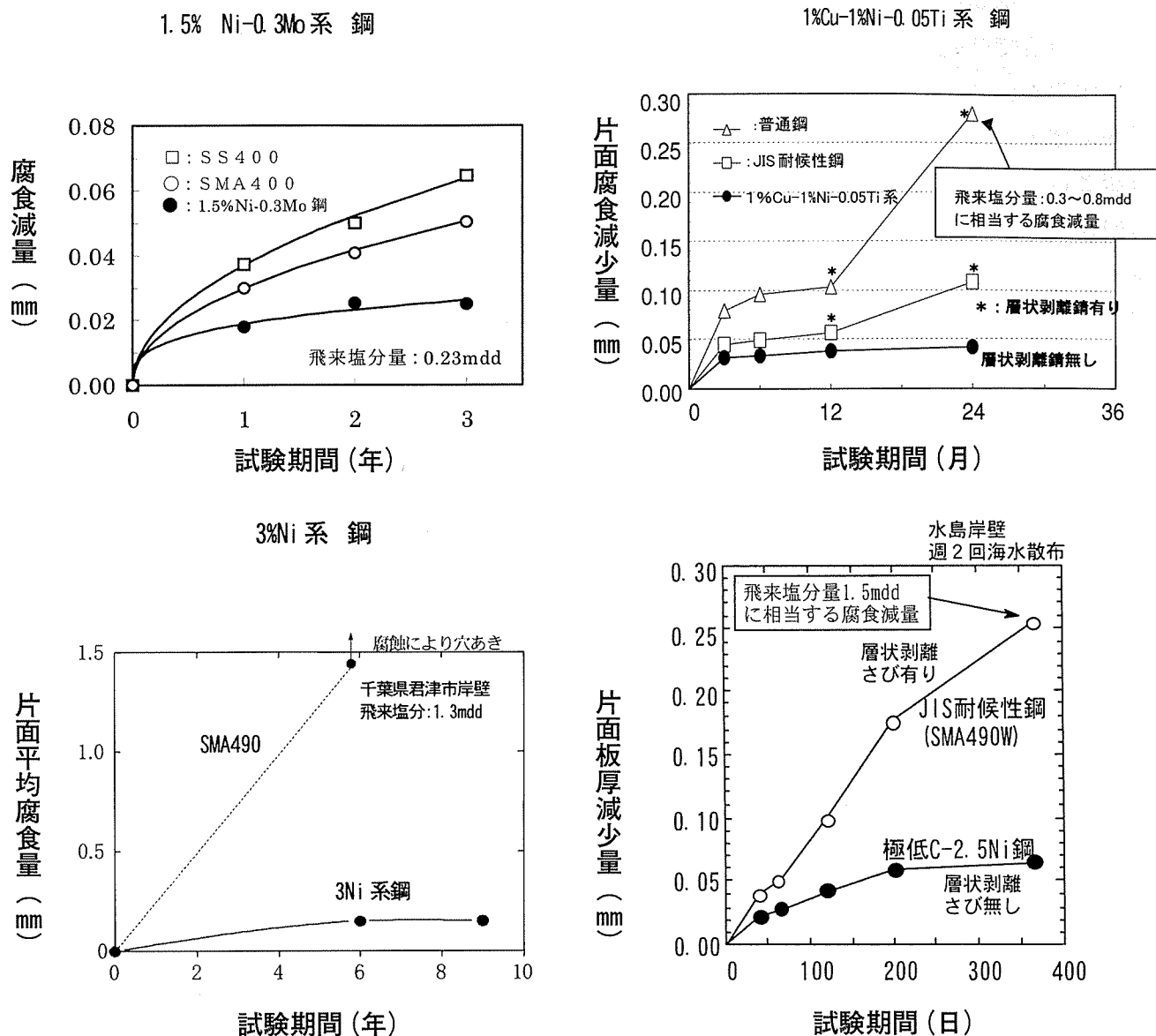


図-1 腐食板厚減量経年（経時）変化の推移

これらの暴露試験地は、いずれも飛来塩分量は基準値の0.05mddを大きく上回る0.3～0.8mddの環境下での値である。比較はいずれもJIS規格鋼との比較で対比されている。

結果は、飛沫を受ける環境を除いて殆どの地域において、板厚の減少量が数年で抑制されることになる。層状剥離さびが発生しないと言う事である。しかしながら、この結果は、

実橋において得られた結果ではなく、実験に関して理想的な環境での値であって、複雑な部位での温度、乾湿の程度や風の流れ等、実橋でないと得られない要素が十分に考慮されていない事を理解しておく必要がある。当部会におきましては厳しい環境への適用とその後の追跡調査を行って、その効果を検証して行きたいと考えている。

3. 高機能な表面処理方法の開発

耐候性橋梁における表面処理方法は、初期段階における活性さびの流出による汚れが景観上に悪い影響を及ぼすことから、安定なさびに変るまでの間、鋼材の表面に保護被膜を塗布する事により初期さびの流出を防止する目的で施工される。従来からさび安定化処理方法と言う名称で採用されてきた、わが国独自の技術である。これは耐候性鋼材の表面に水・空気の接触と鉄イオンの生成を抑制し、その流出も吸着防止できる特徴を持った表面被膜である。実橋において多くの実績があるが、色がさびに合わせた黒褐色または茶褐色に限られる事と、初期の色むらが環境条件にもよるがなかなか長期間解消されずに景観を悪くしている例もあり、近年、これらの問題点を解決する目的で高機能な表面処理方法が開発され、実橋に応用され始めている。具体的な例として

(1) 景観考慮の表面処理法

(2) 保護膜促進を目的とした表面処理法を挙げることができる。以下に両者の概要を述べる。

(1) 景観処理法

従来の表面処理色は、褐色系で自然の中においても目立ちにくい落ち着いた色調である。これは鉄イオンの色で、反面、重厚な印象を与える色でもある。明るく軽快な色調となると従来は塗装橋梁と相場が決まっていたが、LCCや将来の維持管理への不安等に配慮し、当面は景観を優先したいと言う希望も多くあり、このような場合でも十分に対応できるように応用範囲も最近では広がってきている。しかしながら、処理膜の消耗や鋼材表面にできている保護錆層との色調の相違により20～30年

間隔でトップコートの再塗装作業が発生する。反面、社会情勢により、維持管理をこの時点で打ち切っても橋梁としては一時の色調の遍移期はあるが、通常の無塗装橋梁として供用することができる利点がある。写真-1に景観処理を施した実施例を示す。

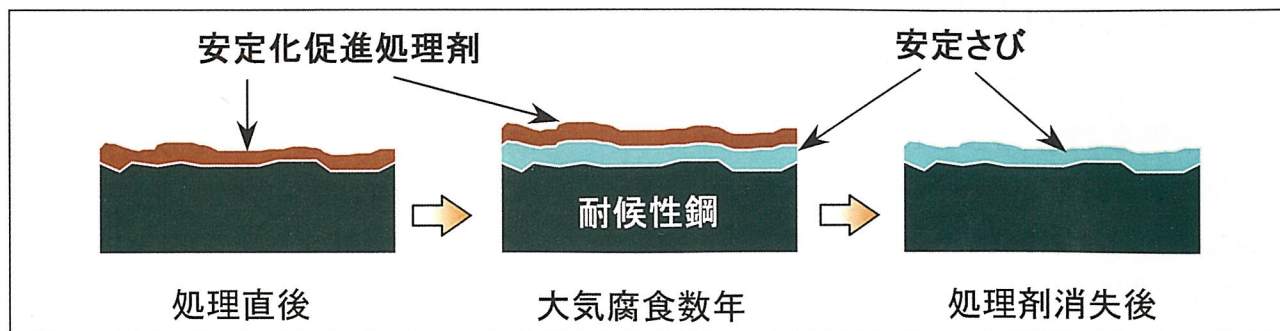
(2) 保護錆層の促進処理法

従来の表面処理法は保護錆層（安定さび層）を生成するのに10数年を要したが、本方法は安定化処理剤の特性を利用して、数年内に促進・生成させる目的で開発されたものである。この結果、若干の初期の色むらやさび汁の流失が見られるものの、早期の保護層の生成によりその後のさびの進行抑制やより厳しい飛来塩分の高い環境への展開も期待できるという利点を挙げることができる。

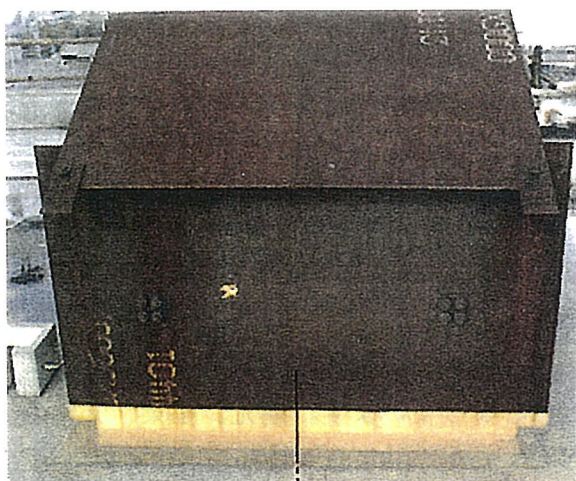
図-2、写真-2に、保護さび層（安定さび層）生成のプロセスと各種鋼材の経年変化の外観を示す。実験体の結果は、良好な状態を示している。本方法も開発されてから日も浅く、実橋での初期状態やその後の追跡調査資料が乏しいこともあり、今後の調査結果を待って判断する必要があると考えます。図-3は、安定さび促進処理工程の基本を示す。



写真-1 景観処理の例(右の箱桁3本が耐候性景観処理桁を、左の箱桁3本は通常の塗装処理で施工)

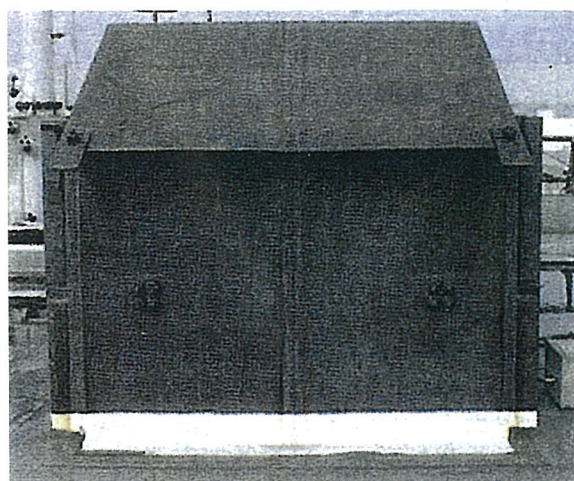


図－2 保護層生成のプロセス



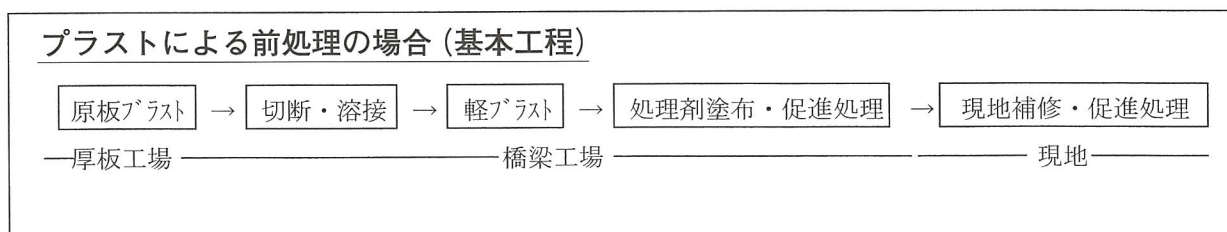
耐候性鋼（裸使用）

普通鋼



耐候性鋼（促進処理）

写真－2 模擬構造物の暴露後の経年変化



図－3 安定さび生成促進処理工程

（参考文献）

- 1) 耐候性鋼の橋梁への適用（Draft）
（社）鋼材倶楽部・（社）日本橋梁建設協会
- 2) 新耐候性処理鋼板の開発 岸田他
住友金属 Vol.151

- 3) 耐候性鋼材の橋梁への適用に関する共同
研究報告書（XX）建設省土木研究所他
- 4) 無塗装橋梁の手引き
（社）日本橋梁建設協会

太平洋新国土軸における豊予海峡大橋

大分県土木建築部
高速道対策局次長
佃 長次

1 はじめに

今から約50年前の1950年代では、高速道路も新幹線もなく、ましてや長大橋梁もありませんでした。そこで、国が法律等を整備するとともに、一部の研究者により将来の高速交通体系を夢見て、技術開発が始まりました。そして、1960年代には、初めての高速道路が開通し、東海道新幹線もできました。現在、約7,500 kmの高速道路（高規格幹線道路）と、約2,000 kmの新幹線が供用しており、国民は生活、産業、経済、文化等に多大な恩恵を受けています。今や、これらの高速交通体系なしでは、日常生活は成り立たない状況です。

今から先50年後には、どのような交通体系になっているのでしょうか。現在研究開発され

ているITS（高度道路交通システム）が全て整備され、高速道路の料金所ではノンストップ、車の運転は自動運転となっているのでしょうか。また、九州新幹線が整備され、福岡～鹿児島が2時間となっているのでしょうか。そのためには着実な研究と整備促進に努める必要があります。ただ、待っているだけでは実現しません。

本州四国連絡橋の3ルートができあがり、本州～四国間の自動車交通量は、瀬戸大橋開通前の昭和62年に比べて現在では2倍以上になっています。観光、産業、文化の交流だけでなく、生命を救うためにも役立っています。

この本四連絡橋事業にも長い歴史がありました。瀬戸大橋の構想は、遠く1889年（明治22年）にさかのぼり、当時の香川県議会議員、



豊予海峡大橋完成予想（大分県佐賀関より望む）

大久保護之丞が「塩飽諸島を橋台として架橋連絡せしめば、常に風雨の憂いなく、南来北向、東奔西走瞬時を費やさず、それ国利民福これより大なるはなし。」と言ったことに始まります。また、鳴門海峡架橋は1940年(昭和15年)、当時の内務省神戸土木出張所長だった原口忠次郎氏が提案しています。原口氏は、後に神戸市長となり、1957年(昭和32年)から神戸市予算により明石海峡大橋の調査を始めています。原口市長は、市議会で「人生すべからく夢なくてはかないません」と答えています。本州四国連絡橋における国の調査は、国鉄により1955年(昭和30年)から始まり、建設省により1959年(昭和34年)から始まりました。工事開始までには紆余曲折があり、調査期間が長くなってしまいましたが、瀬戸大橋では調査約20年・工事10年、明石海峡大橋では調査約30年・工事10年かかっています。

太平洋新国土軸における豊予海峡大橋は、平成7年度から大分県・愛媛県共同により技術的調査を始め、同時に建設省の新交通軸基礎調査も始まり、国及び両県が共同で技術調査と経済調査を進めています。

本報告では、太平洋新国土軸や豊予海峡ルート の概要及び推進活動、豊予海峡大橋の計画等について述べることにします。

2 太平洋新国土軸構想

(1) 経緯

1965年(昭和40年)の国連による「ワイズマン報告」において、第二東西道路構造が提案され、昭和44年の新全国総合開発計画において、本州・四国・九州を連絡する新幹線や自動車道の建設構想が明記されました。そして、国及び地方公共団体による調査・計画が進められ、昭和62年の第四次全国総合開発計画で多極分散型国土の形成が提唱され、長期的視

点に立って第二国土軸構想の検討が実施されてきました。

(2) 新・全国総合開発計画

平成10年3月、21世紀を展望した国土づくりの指針となる新しい全国総合開発計画が策定され、2010年～2015年を目標に「21世紀の国土のグランドデザイン」を創りました。人々の考え方や暮らし方が多様になる一方、人口減少や高齢化、高度情報化の時代を迎え、世界的にも関心が高まる環境問題や交流が活発化する21世紀に備える国土を築くことが目的です。このなかで、東京を中心とする太平洋ベルト地帯に人口や諸機能が集中している現在の「一極一軸型」の国土構造を多軸型国土に転換し、国土の均衡ある発展を実現する方向が示され、「太平洋新国土軸」をはじめとする4つの国土軸の形成がうたわれています(図-1)。そしてその課題達成のため4つの戦略として、①多自然居住地域の創造②大都市のリノベーション(回復、再生等)③地域連携軸の展開④広域国際交流圏の形成を掲げています。

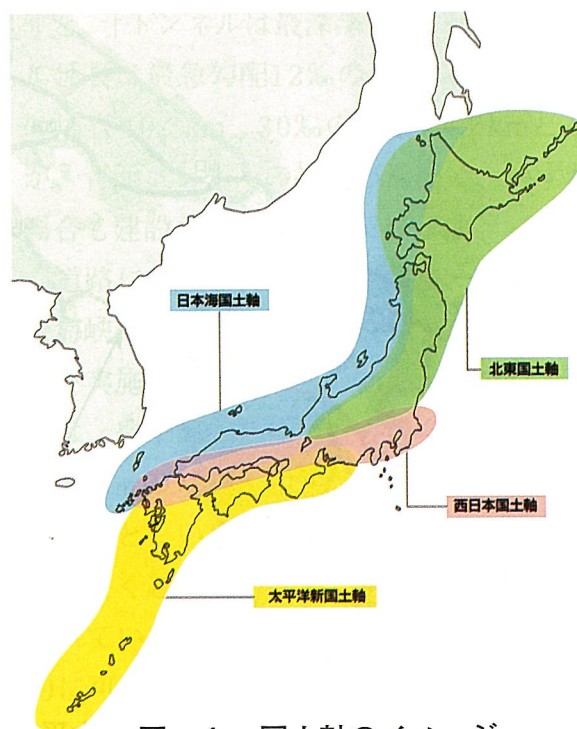


図-1 国土軸のイメージ

(3) 太平洋新国土軸構想とその必要性

太平洋新国土軸構想は、東海から紀伊半島、四国、九州、を経て沖縄に至る地域に、海洋による地域のつながりと、森林・河川・沿岸域の豊かな自然環境を生かして、都市のネットワークと自然のネットワークが共生する「多自然居住地域」すなわち「適正共生社会」を創造するとともに、西日本における広域経済文化圏の創造とアジア・太平洋地域との経済・文化交流を通じて、「広域国際交流圏」を形成し、多軸型国土構造の一翼を担う活力ある新国土軸の構築を目指すものです。太平洋新国土軸は、既存の西日本国土軸と相まって循環型交通体系を形成し、「地域連携軸」の展開を促進します。

また、人々が安心して暮らせる社会にするためには、災害に強い安全な国土づくりが必要です。阪神淡路大震災の経験は、交通軸のリダンダンシーの重要性を教えてくださいました。この太平洋新国土軸は、海で隔てられた九州

や四国を本州と結ぶことにより、複数の交通軸が確保され、災害時の救援・復旧にたいへん心強いネットワークを形成します。

3 豊予海峡ルート

(1) 意義と効果

豊予海峡ルートは、大分県佐賀関半島と愛媛県佐田岬半島を隔てる約14kmの豊予海峡を道路や鉄道で結ぼうとする構想であり、太平洋新国土軸の一翼を担うとともに、中国・四国・九州にまたがる西瀬戸経済圏の形成を先導する重要な役割を持っています。

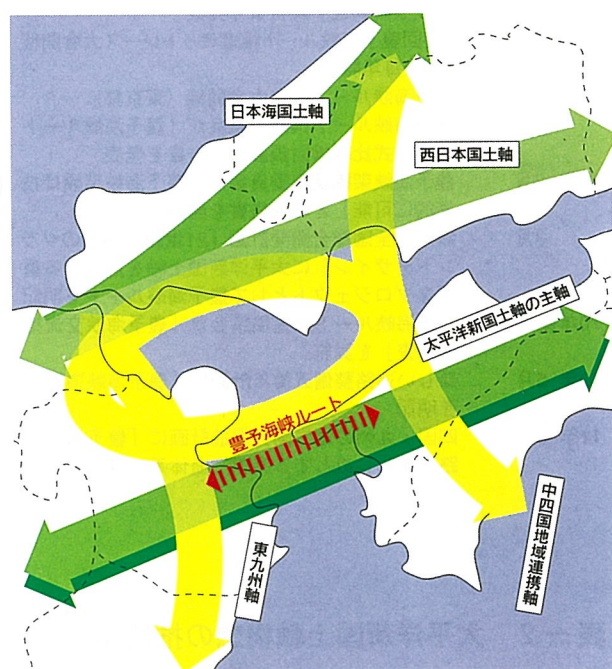
平成11年5月に開通した西瀬戸自動車道(瀬戸内しまなみ海道)、山陽道及び中国道、



図一 2 高規格幹線道路と太平洋新国土軸の主軸を形成する地域高規格道路

四国縦貫道・横断道、東九州自動車道などの高速道路ネットワークが整備されることにより、中国・四国地域連携軸や東九州軸などの交流・連携が促進されています（図－2）。

さらに、豊予海峡ルートで結ばれることにより、西瀬戸地域の環状交通体系が形成され、中国・四国・九州が密接に連携します（図－3）。そして紀淡海峡ルートで関西圏とも連携し、環瀬戸内経済文化圏ができあがります。

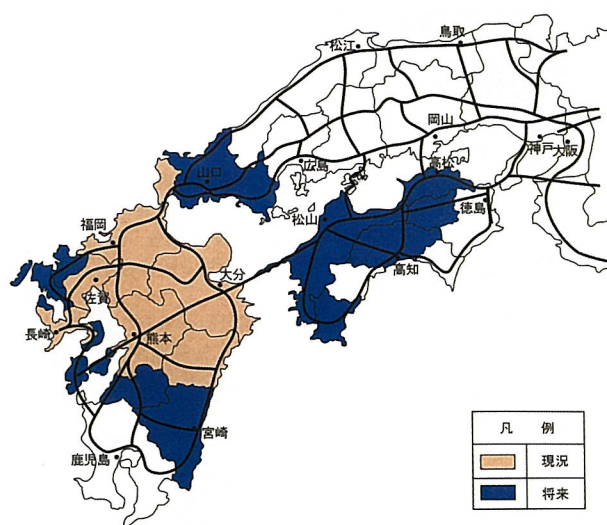


図－3 西瀬戸地域の環状交通体系

たとえば、大分市からの1日可能交流圏域（自動車で片道3時間以内に到達できる範囲）は、現在図－4のとおり、福岡・熊本付近までですが、豊予海峡道路や中九州横断道路等の地域高規格道路を含む高規格幹線道路網が完成すれば、宮崎や天草そして山口、四国各県まで広がります。

また、中九州及び南九州から関西圏までの距離が飛躍的に短縮されます。現在、大分市から大阪（関門橋、山陽道経由吹田JCT）までの道路距離は約650kmです。しかし将来、豊予海峡道路で四国と直結されれば約

470kmとなり、180kmも短縮（28%減少）することになります。



図－4 大分市からの1日可能交流圏域の拡大

（2）道路は橋梁、鉄道はトンネル

豊予海峡ルートは、現在、道路は橋梁、鉄道はトンネルで検討されています。鉄道については、昭和49年度～昭和57年度にわたり、日本鉄道建設公団による九四海底トンネルの「地形・地質等に関する調査」が実施されました。昭和63年度に公表された報告によりますと、「トンネルは最深部で－335m、トンネル延長は最急勾配12%の場合60.8km、20%の場合40.7km、30%の場合29.2kmとなるが、青函トンネルの技術の活用で、いずれの場合も建設可能」とされています。

道路については、平成7年度～9年度に豊予海峡架橋の技術的可能性調査や自然条件調査を実施しました。その結果、平成10年2月には、豊予海峡架橋調査委員会より「設置水深100mの基礎、中央支間長3,000mの4径間吊橋と、いずれもこれまでの長大橋の規模を大きく越えるものとなり、多くの課題は残されているが、豊予海峡における架橋は技術的に可能であると判断される。」と報告されています。

表－１ 豊予海峡ルート推進の経緯

昭和40年 8月	国連のワイズマン報告「第二東西道路構想」提案	6年度	九州、四国両地建が豊予海峡地域の経済社会調査実施
44年 5月	新全国総合開発計画策定：九州・四国連絡新幹線鉄道及び九州・四国連絡自動車道の建設構想を明記	6年 9月	「第二国土軸構想推進協議会」の名称を「太平洋新国土軸構想推進協議会」に変更
48年11月	運輸省が、四国新幹線・九州横断新幹線の基本計画を決定	10月	「第二国土軸建設議員連盟」が「太平洋新国土軸建設議員連盟」に改組
49年 3月	愛媛県と大分県が「四国・九州海底トンネルの建設に伴う経済調査報告書」をとりまとめ	12月	建設省が「豊後伊予連絡道路」を地域高規格道路候補路線に指定
4月	日本鉄道建設公団が、九四海底トンネル部の「地形・地質等に関する調査」を開始（～57年）	7年度	運輸省が豊予海峡トンネル部の経済社会調査等に着手。建設省が豊予海峡道路の基礎調査に着手。愛媛・大分両県が豊予海峡道路の技術調査に着手
57年11月	第1回西瀬戸経済圏関係知事会議開催（以後毎年開催）	7年11月	豊予海峡ルート推進協議会ユーロトンネル、ノルマンディー橋視察
62年 6月	第四次全国総合開発計画策定：九四を結ぶ交通体系については、長期的視点から検討する旨明記	8年 7月	豊予海峡ルート推進協議会が「豊予海峡交流圏地域振興調査」報告書を発表
63年	関係6省庁が「西瀬戸地域整備計画調査」を実施（～平成元年）	10月	第1回豊予海峡ルート推進ヨットレース大会開催（以後毎年開催）
12月	日本鉄道建設公団が「九四海底トンネルは、10年の工期で建設可能」との最終報告を発表	9年 5月	豊予海峡ルート推進大会開催（東京都）
平成元年11月	第1回第二国土軸シンポジウム開催（以後毎年開催）	11月	豊予海峡ルート推進協議会が「豊予海峡ルート輸送方式比較検討調査」報告書を発表
2年 6月	東海・南海・四国・九州（第二）国土軸建設議員連盟設立	10年 2月	豊予海峡架橋調査委員会が「豊予海峡架橋は技術的に可能」との報告書を発表
10月	第二国土軸構想推進協議会設立	3月	新しい全国総合開発計画「21世紀の国土のグランドデザイン」に太平洋新国土軸を形成する重要なプロジェクトとして豊予海峡ルートを明記
3年11月	建設省が、「海峡横断道路プロジェクト技術調査」に着手	10年度	豊予海峡ルート推進協議会が「豊予海峡交流推進調査」を実施
5年 5月	第11次道路整備五箇年計画策定：西瀬戸地域の新たな交通軸（豊予海峡道路を含む）の「長期的視点からの調査」を明記	10年 5月	新しい道路整備五箇年計画に「豊予海峡道路」を明記
6月	第二国土軸構想（豊予海峡ルート）推進大分県期成会設立	11年 3月	四国・九州の地方開発促進計画に「豊予海峡道路」をはじめとする高速交通体系の整備を明記
8月	豊予海峡ルート推進協議会設立		
10月	第1回豊予海峡ルート推進フォーラム開催（以後毎年開催）		

4 太平洋新国土軸、豊予海峡ルートの推進活動

太平洋新国土軸及び豊予海峡ルートに関する推進の経緯は、表－１のとおりです。また、大分県に関係する推進体制は、表－２に示す通りであり、県企画文化部総合交通対策局が中心となって、関係府県市や経済団体等により活動を行っています。さらに、関係国会議員による太平洋新国土軸建設議員連盟も組織されています。

太平洋新国土軸構想推進協議会では、18府県・8経済団体と顧問や関係省庁、国会議員を交えて意見交換会や年2回の講演会等を行い、新国土軸全体の早期実現に向けたアピール等を行っています。また、協議会では具体的な交通基盤整備の促進に向けて、より専門的な情報の収集や研究等が重要と考え、平

表－２ 太平洋新国土軸構想の推進体制

太平洋新国土軸構想推進協議会	
会員団体：	静岡県、愛知県、三重県、和歌山県、大阪府、兵庫県、奈良県、徳島県、香川県、高知県、愛媛県、福岡県、佐賀県、長崎県、熊本県、大分県、宮崎県、鹿児島県、中部経連、関経連、四経連、九経連、東海商連、近商連、四国商連、九州商連
顧問：	宇野 収、天野光三、吉川和広、黒川紀章
代表理事：	三重県知事、和歌山県知事、徳島県知事、愛媛県知事、大分県知事、四経連会長、近商連会長
設立：	平成2年10月
豊予海峡ルート推進協議会	
会員団体：	大分県、福岡県、宮崎県、広島県、山口県、愛媛県、高知県、九経連、四経連、中国経連、関係商工会議所連合会
代表理事：	大分県知事、愛媛県知事、広島県知事、九経連会長、四経連会長
設立：	平成5年8月
太平洋新国土軸（豊予海峡ルート）推進大分県期成会	
会員団体：	大分県、県内全市町村、県内経済団体
会長：	大分県知事
副会長：	市長会長、大分市長、別府市長、町村会長、佐賀岡町長
	県経済団体連絡協議会世話人代表
設立：	平成5年6月

豊予海峡ルート推進協議会では、西瀬戸経済圏の7県と経済団体により推進大会やフォーラム等を開催するとともに、毎年10月には

(單位：m) 愛媛県 三崎町佐田峠側

大分県 佐賀関町岡崎側

T.P. … 東京湾中等潮位 N.H.W.L. … 略最高高水位

豊予海峡道路は、平成6年12月には建設省により「豊後伊予連絡道路」として、地域高規格道路の候補路線に指定されています。その中心に位置する豊予海峡大橋を検討するため、前述のように平成7年度から3年間、伊藤學東京大学名誉教授を委員長として、学識経験者、建設省、本四公団、愛媛県、大分県で構成する「豊予海峡架橋調査委員会」を設置し、架橋の技術的可能性調査を実施しました。

平成10年5月に策定された建設省の「新道路整備五箇年計画」において、豊予海峡道路は他の海峡横断道路と同じく、「長大橋等に係る技術開発、地域の交流、連携に向けた取組等を踏まえ調査を進めることとし、その進

上部工

75

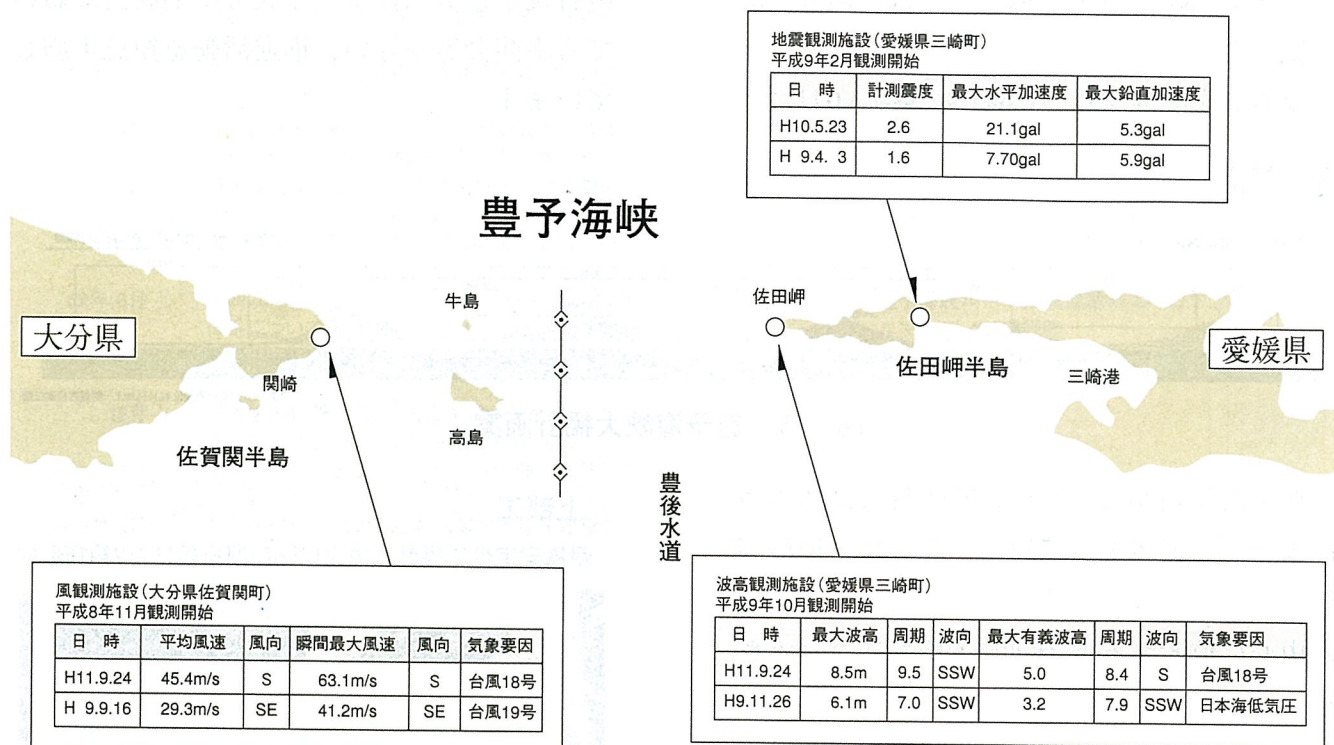


図-7 自然条件調査の概要

展に応じ、周辺環境への影響、費用対効果、費用負担のあり方等を検討することにより、構想を進める。」と記述されています。そこで、平成10年度から建設省の新交通軸調査と大分・愛媛両県による共同調査により豊予海峡大橋における自然条件調査と技術的課題の検討を進めています。

自然条件調査の観測位置及びデータは図-7に示していますが、平成11年9月の台風18号では、平均風速45.4m/s、瞬間最大風速63.1m/s、最大波高8.5mを記録しています。

設計検討では、中央支間長2,800mの3径間2箱桁形式吊橋の大型風洞試験やL2地震

動の試算法検討等の耐風・耐震設計を行うとともに、オールグレーチング桁形式の強風時における安全性、グレーチング路面の走行安全性・耐久性、4径間吊橋の中央主塔剛度の影響等の上部構造に関する検討、水深100m級の4柱ラーメン式基礎の部材検討、水中鉄筋コンクリートの施工法検討等の下部構造に関する検討を行っています。

これらの技術的課題については、平成9年度までの委員会を改組し、平成10年度から伊藤委員長のもとに表-3の委員により「豊予海峡道路技術調査委員会」を設置して検討しています。

表-3 豊予海峡道路技術調査委員会

《学職者》

伊藤 學（東京大学名誉教授）
 塩井幸武（八戸工業大学構造工学研究所教授）
 藤野陽三（東京大学大学院工学系研究科教授）
 八木則男（愛媛大学工学部環境建設工学科教授）
 彦坂 熙（九州大学工学部地球環境工学科教授）
 久保喜延（九州工業大学工学部建設社会工学科教授）
 千田 昇（大分大学教育福祉科学部地理学教室教授）
 駒田敬一（（財）海洋架橋調査会 専務理事）
 岩崎敏男（（財）建設技術研究所 理事長）
 藤原 稔（海峡横断道路調査会 常務理事）

《行政側》

建設省土木研究所 構造橋梁部長
 建設省四国地方建設局 道路部長
 建設省九州地方建設局 道路部長
 本州四国連絡橋公団 長大橋技術センター長
 愛媛県 土木部長
 大分県 土木建築部長

（順不同）

6 おわりに

海上交通が支配的であった時代は、九州がヨーロッパ・アジアとの玄関口であり、瀬戸内海を經由して、近畿及び東日本とつながっていました。また、周囲を海で囲まれている日本は、全国の沿岸部が海上交通で結ばれていました。

しかし、陸上交通の発展等により東京を中心とする一極集中型の国土構造となり、地方部では過疎化が進んでいます。国土の均衡ある発展を促進するためには、多軸型・循環型高速交通体系を整備し、都市部と地方部の連携・交流を進めていく必要があります。特に、モータリゼーションの進展した今日、高速道路は人流・物流には不可欠であり、豊予海峡大橋を含めた太平洋新国土軸を実現することにより、必ずや将来の国民は恩恵を受けることになると考えられます。

一部の人からは「公共事業は無駄であり、不要である」と言われています。有料道路において、確かに交通量が計画より少なく、事

業費の採算性が低い路線もあります。しかし、交流が促進されることにより、地域が活性化し、整備効果・経済効果が必ず生まれ、地域住民にも喜ばれています。農・水産物や加工品、工業製品は地方の高速道路を使って都市部に運ばれ、都市部の人々は観光や自然を求めて地方の高速道路を利用しています。これらの利用形態は、将来の高度情報化社会においても不変です。したがって、単なる事業費の採算性だけでなく、地域を活性化させる整備効果や医療・教育・福祉などの副次的効果も含めた議論が必要です。

一方、財政事情も当然重要です。特に、長大橋梁等の大規模プロジェクトについては、官民一体となって建設コストの縮減、新技術の開発、事業手法を検討する必要があります。経済的な計画、設計、施工法等を橋梁関係者の皆さんとともに考えて行こうではありませんか。

最後になりましたが、本報告は建設省の調査や愛媛県との共同調査、本四公団による技術調査、太平洋新国土軸構想推進協議会等の関係団体による推進活動を述べさせていただきました。本報告のご了解をいただくとともに、関係各位に感謝申し上げます。今後とも、太平洋新国土軸における豊予海峡大橋の推進につきまして、一層のご理解とご協力をお願いします。



豊予海峡大橋完成予想(愛媛県佐田岬より望む)

鋼橋床版の疲労耐久性に関する取り組み

建設省 土木研究所
橋梁研究室 研究員
内田 賢一

1. はじめに

建設省土木研究所は、創立以来70余年にわたり、国の研究機関として、建設事業全般に係わる技術問題を解決するために、基礎から応用まで幅広い分野の研究・開発を実施しています。その研究活動は国内にとどまらず、世界の土木技術にまでおよび、その発展に寄与しています。

現在、土木研究所では、以下のような理念に基づき研究開発を行っています。

- ・ 社会資本に対する多様なニーズに応える
- ・ 利用者の立場に立つ
- ・ 環境に配慮する
- ・ 国際的に普遍性を持つ
- ・ わが国独自の技術となる

なお、土木研究所の詳しい紹介はホームページ (<http://www.pwri.go.jp/>) で御覧にすることができます。



写真－1 建設省土木研究所

ここでは、これらの理念に基づき研究を実施している橋梁研究室および鋼橋床版に関する取り組みについて紹介します。

2. 橋梁研究室

道路橋を取り巻く社会経済情勢のめまぐるしい変化の中で、道路橋に対する要求性能も大きく変化しています。安全で経済的な道路橋を建設する事に加えて、さらに走行性が良く、美しく、長持ちし、建設し易い・・・等の様々な要求性能を兼ね備えた道路橋の建設が望まれています。そこで橋梁研究室は、現在そして将来の道路橋を取り巻く状況を見据えて、道路橋の上部工の設計・施工・維持管理に関する諸問題を解決すべく幅広い活動を行っています。

近年の橋梁研究室では、橋梁のライフサイクルコストに関する研究や道路橋の資産価値の増大を考慮した橋梁マネジメントに関する研究などが実施されております。

さらに鋼桁橋の合理化と品質管理手法に関する研究も行われています。

これら研究と深く関係する道路橋の中でも特に重要な床版の疲労耐久性と損傷過程の把握のため輪荷重走行試験が各種実施されているところです。

3. 各種道路橋床版の輪荷重走行試験

道路橋の中でも特に輪荷重を直接受ける床版は、車両の大型化および交通量の増大等の

影響を受け、過酷な条件下におかれていると考えられます。さらに既設合成げた橋に採用された古い基準で製作されたRC床版は、損傷事例が多く報告されるなど、既設床版の疲労耐久性や破壊に至る過程などは、十分解明できているとは言えない状況でした。

そこで、橋梁研究室では、平成7年度に道路橋床版の損傷過程を再現可能な輪荷重走行試験機（写真-2）を2機製作しました。床版の損傷については、従来行われてきた定点載荷による疲労試験では、説明が困難であった損傷に至る過程が、実車両の輪荷重の走行をモデル化した移動載荷を可能とする輪荷重走行試験機の導入により解明される事が期待されました。

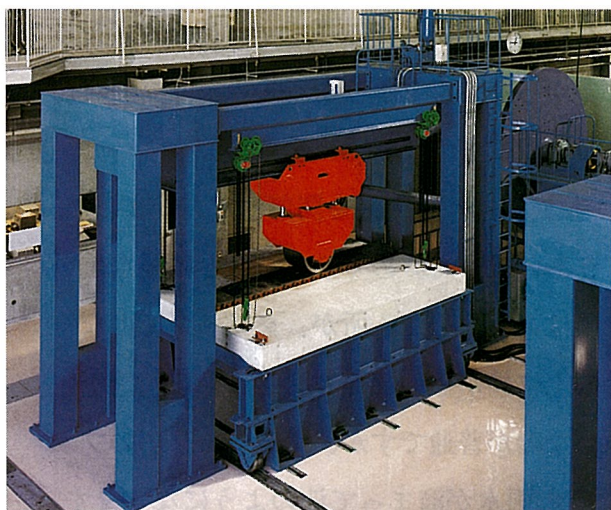


写真-2 輪荷重走行試験機

輪荷重走行試験機では、現在に至るまで様々な形式の道路橋床版の試験を実施し、その成果を得て来ました。

試験は、主に既設道路橋床版の疲労耐久性の把握と破壊に至る過程の解明を目的に各種道路橋示方書で製作されたRC床版およびPC床版を対象に実施されました。また、既設道路橋床版の補修補強効果の確認を目的に損傷を生じさせたRC床版を対象にした輪荷重走行試験も実施しております。

試験の結果、各種既設RC床版の疲労耐久

性の確認およびPC床版の高い疲労耐久性が確認されました。

さらに省力化に対応した鋼桁橋の設計のためプレキャスト床版および場所打ちPRC床版の輪荷重走行試験を実施し、その成果は、社団法人日本橋梁建設協会との共同研究報告書として取り纏めました。^{1) 2)}

また、床版の疲労耐久性評価手法の開発の一環として各種新形式床版および補修補強工法の輪荷重走行試験を多くの鋼橋メーカーを含む民間企業17社の共同研究で実施し、現在これらの成果も共同研究報告書として取り纏めを行っているところです。^{3) 4)}

4. おわりに

以上建設省土木研究所橋梁研究室の紹介および鋼橋床版の輪荷重走行試験について述べてまいりました。

輪荷重走行試験では、新形式床版を含む各種床版の疲労耐久性について試験を実施し、これら床版の疲労耐久性の把握に貢献できたものと考えられます。今後、これらの輪荷重走行試験の成果から高い疲労耐久性が確認された床版は、その知見より2主鈑桁橋や開断面箱桁橋など新しい形式の橋梁への採用が期待されます。

【参考文献】

- 1) 共同研究報告書 240号 省力化に対応した鋼桁橋の設計施工に関する共同研究報告書（Ⅰ）平成11年12月
- 2) 共同研究報告書 241号 省力化に対応した鋼桁橋の設計施工に関する共同研究報告書（Ⅱ）平成11年12月
- 3) 共同研究報告書 221号 道路橋床版の輪荷重走行試験における疲労耐久性評価手法の開発に関する共同研究報告書（その1）平成11年3月
- 4) 共同研究報告書 233号 道路橋床版の輪荷重走行試験における疲労耐久性評価手法の開発に関する共同研究報告書（その2）平成11年10月



パッティングブラウン

石沢 正俊

ゴルフを始めたのは、ナイジェリアの大学で土木工学の先生をしていた頃ですから、もう30年以上も前のことになります。ゴルフ練習場など有りませんでしたから、指導書だけが頼りです。練習する場所は住んでいた大学構内の雑草の生えたグラウンドで、学生がまだ姿を現さない早朝です。さすがに暑いアフリカでも早朝なら快適です。初心者が打つドライバーショットは何処へ飛ぶか分かりませんが、このゴルフボールを集めるのは、ドライバー（運転手）の仕事です。初心者が打ったゴルフボールをラフの中から拾い集める仕事は苦労が多かった事でしょうが、安いチップで真面目に集めてくれて、この練習で腕を上げコースに出られるようになりました。

ナイジェリアの日本人会では、他に遊ぶ事がないせいか頻繁にゴルフ大会を開催しておりました。2年間の滞在のなかで、初心者でも一度だけ優勝にめぐりあいました。めぐりあったとは変な言い方ですが、訳を聞いてください。ナイジェリアのゴルフ場はパットをする所が、グリーンではなくブラウンです。芝が生えていなくて、土を油で固めてその上に砂が撒いてあります。一般に芝が生えているグリーンは排水を良くするため周囲よりやや高めなのが普通ですが、ナイジェリアのブラウンは周囲より低くなっています。したがって雨季になると雨水が溜まって池のようになります。夏の期間中は長い雨季ですから、その間はゴルフをしないなど悠長なことは言っておれません。その期間こそ初心者が優勝を狙う季節です。通常のブラウンは固い土ですから直接ねらっても絶対に止まりませんが、この季節のブラウンはどんな球でも水の抵抗で必ず止まります。上手と下手は関係ありません。バシッと水につかまってパーオン、2打加えてパー・・・とこの時期は初心者に有利です。

ナイジェリアにはゴルフをしに行ったわけではありません。

海外技術協力の専門家としてナイジェリアの首都ラゴスにあるヤバ工科大学の講師として派遣されたのが昭和43年、お年の方には記憶にある事と思いますが、あの凄惨なビアフラの内戦の終り頃でした。2才になったばかりの長男を連れて物騒な国へ行く事に不安があり、家内と相談したところ、『エジプトのピラミッドで宝さがしをするのが、昔からの夢・アフリカにはぜひ行きたい』

と気楽な事を言いますので行く気になりました。

決心はしましたが、問題は英語です。

私の英語は田舎の英語・・・と大学の授業で冷やかされた代物です。北海道のほぼ中央の十勝の国の静かな田舎、足寄という町で高校時代を過ごしました。そこからは札幌も東京もはるかに遠く、まして英語で生活している外国などは自分とは関係のない別世界の事と思っていましたから、熱心に英語を勉強する筈がありません。そのうえ、勉強の環境も良くなかったのも事実です。ラジオで聞く『旺文社の大学受験英語講座』が耳にできる唯一の英語らしい英語だったような気がしていましたが、これも、北海道の山間の田舎ではほとんど聞き取れず、英語には縁がないものと諦めました。

そんな英語を武器？に、2才の子供を連れて初めての経験となる飛行機にのって未知のアフリカへ飛び立つ時は本当は不安で一杯でした。

大学での講義は英語で、構造力学、水理学など、週10時間程度を担当、勿論先生業の経験ありませんし、人の前で英語を話したこともありませんので、翌日の講義の準備に追われる毎日でした。密輸入のジントニックを嘗めながら講義の準備が夜更けにまでなり、ふと気がつくと、静かになった街の何処かで叩いている太鼓の音が『トントコントコ』と絶え間なく聞こえる・・・アア、アフリカに来たんだとしみじみ感じたことが思い出されます。

苦しいのは最初の1年間だけだと自分に言い聞かせながら辛抱してやっと1年が終わった時、難題が降り懸かりました。2年目には、上水道・下水道工学を担当するように要望されたのです。日本語でも上水道・下水道の講義は当然無理、しかも外国語で講義するとは論外です。いさぎよくこの件についてはお断りしたところ、それではと、力学系を週20時間担当させられることになりました。ここでゴルフが上手くなって帰国する夢が消えました。

初めて教壇に立って学生の顔を見渡して弱りました。同じ様に真っ黒な顔の若者が40人位、当然のことながらこちらを睨んでいます。英語の下手な新米の先生としては、少しでも早く学生と親しくなって味方につける必要があります。そのためには、まず学生の名前を覚えることが第一です。さっそく全員を庭へ連れ出して先生を中心に記念写真をとりました。これを大きく引き伸ばして、学生の顔のところへ各自の名前を書き入れて机の上に並べて、じっと暇さえあれば睨んでいると、毎日何人かずつ覚えられました。

こうして親しくなった学生達も、もう50才を過ぎる年頃ですから、平均寿命の短い国のことでもあり他界しているか、もし健康なら、きっと政府の高官にでもなっているでしょう。その学生を教えた先生も65才になり、アフリカ仕込みのゴルフもめっきり衰え、飛距離が落ちました。砂のブラウンで鍛えたパッティングは最近特に冴えません。決して『オリンピックをやろう』などと誘わないで下さい。すぐその気になりますから・・・。

日本車輛製造(株)専務取締役

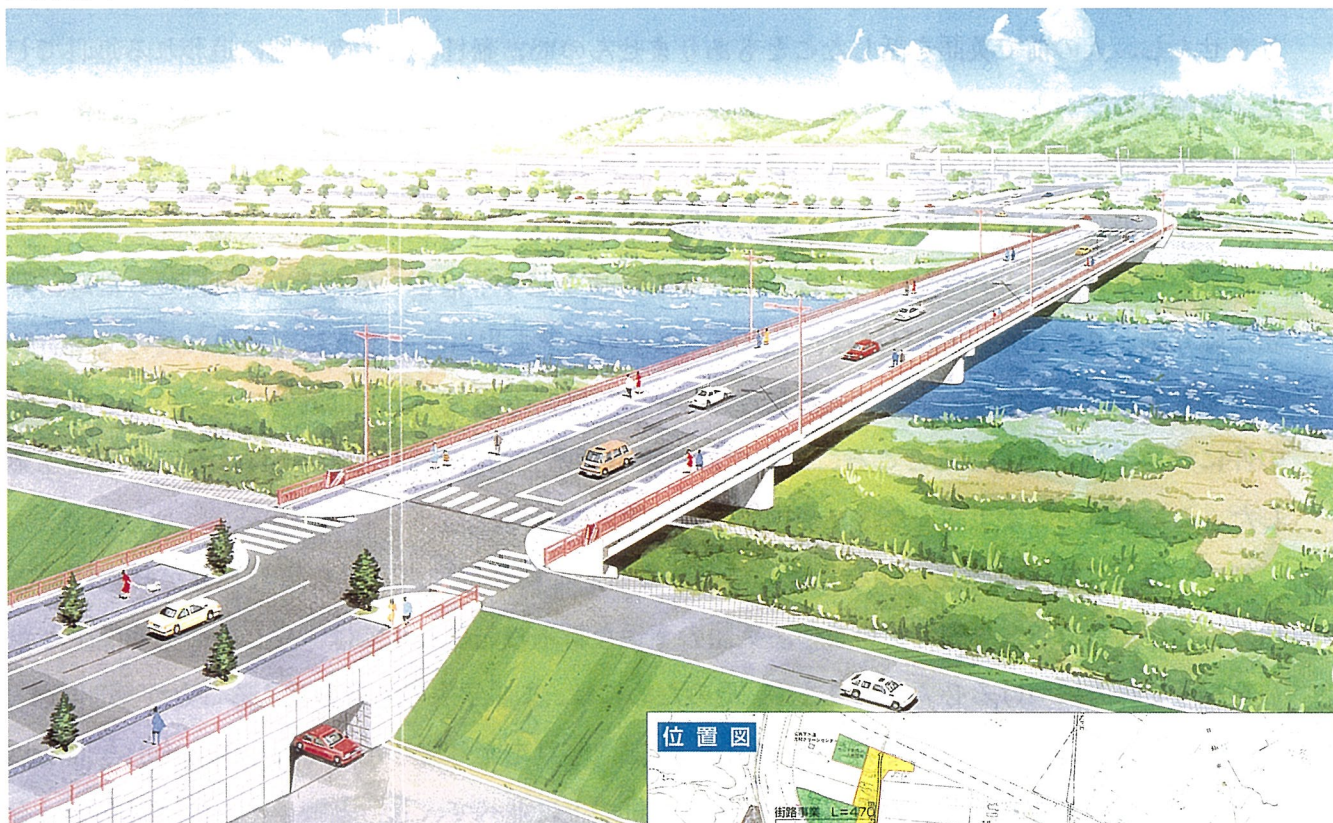
～架設現場紹介シリーズ～

地区 事務所だより

北陸事務所

副所長 田久保 勉

■完成イメージパース



多聞橋上部工工事

概要

発注者：建設省北陸地方建設局

工事場所：新潟県南魚沼郡大和町浦佐地先

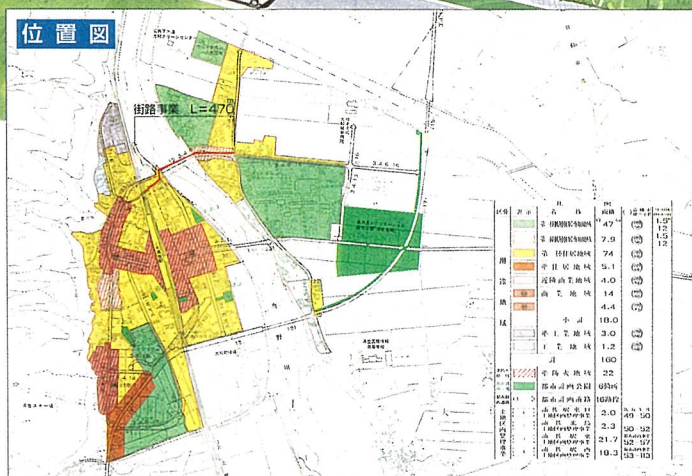
形式：4径間連続箱桁橋

橋長：178.100m

支間長：38.300 + 50.000 + 50.000 + 38.300m

幅員：車道8.000m 歩道2@3.500m(両側歩道)

施工者：松尾橋梁株式会社



北陸地方は、日本海沿岸に沿って長く伸びた地形と豪雪地帯の代表的なところであり、施工期間の短縮等鋼橋の有利性をPRしながら、北陸地方特有のニーズを踏まえて事務所活動を実施しております。

また、毎年8月4日は「ほくりく橋の日」として新潟・富山・石川各県で各種イベントが行われ、当協会としても積極的に参加しております。

今回の現場紹介する南魚沼郡大和町天王町地区は、魚野川三大狭窄部（川幅が急に狭くなっていて、洪水時の安全性が低い区間）の

そこで、引堤することによって、増水時に

～架設現場紹介シリーズ～

地区 事務所だより

中国事務所

所長 井上 哲二

広島は、北に中国山脈、南に広島湾、そして街の開ける豊かな平野である。

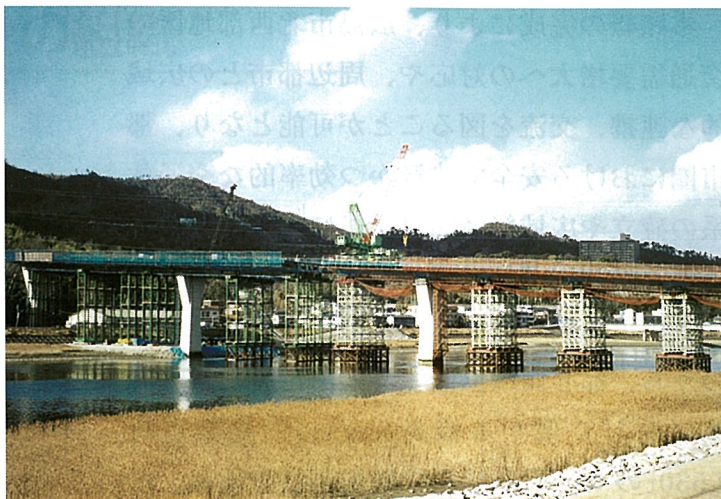
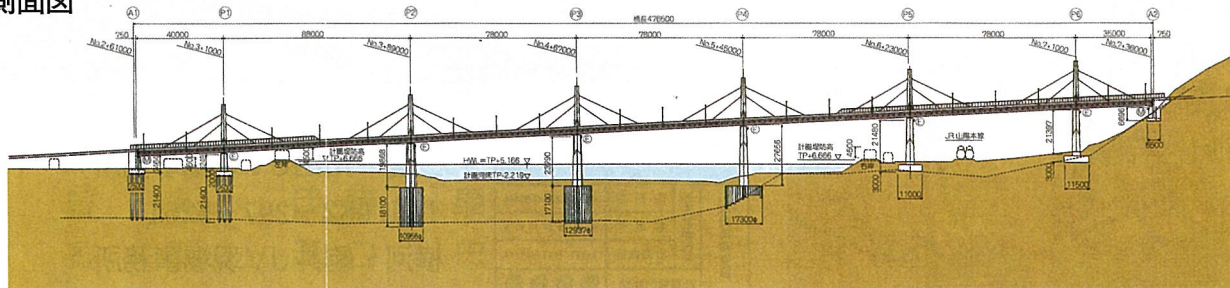
その広島の街も、広島城（鯉城）築城から400年の歴史が流れる中で、様々な経験を持ちながら現在の緑と水の街へと変貌してきました。

近代都市・広島も新たな未来都市へ向けての一步を進み始め、その架け橋となる広島高速4号線（広島西風新都線）仮称・太田川橋梁を今回の現場紹介とさせていただきます。

中国事務所も本年度より13名となり益々、幹事一同一丸となって鋼橋の採用を最重要課題として協会活動に取り組んで行きます。



■側面図



広島西風新都線橋梁部上部工事

概要

発注者：広島高速道路公社

工事場所：広島市西区

形式：7径間連続鋼床版斜張橋

橋長：476.5m

幅員：19.7m～26.913m

施工者：（その1工区）三菱・川田JV
（その2工区）横河・駒井JV

架橋概要紹介

三菱・川田建設工事共同企業体

現場代理人 山下 公明

広島市都心部より北西約10kmに位置する、人口10万人の総合自立都市を目指して建設、開発が進んでいる「西風新都」と広島市都心部とをダイレクトに結ぶ、全長約5kmの「広島高速4号線（広島西風新都線）」の工事が急ピッチで施工されている。

本路線の完成により、広島市北西部地区の交通需要増大への対応や、周辺都市との広域的な連携、交流を図ることが可能となり、都市圏における安全で快適かつ効率的な交通体系の確立や広域経済圏の発展に大きく寄与することが期待されている。

太田川橋梁（仮称）はこの広島高速4号線のうち、都心側に位置する太田川放水路渡河部に新しく架かる橋長476.5m、総鋼重約4,530tの7径間連続鋼床版斜張橋である。本橋は、連続鋼床版箱桁を、各橋脚部に立てた6本の主塔から出る4本のケーブルで橋桁を吊るしたユニークな構造を採用しており、ケーブル張力の効果により桁は非常にスレンダーなものとなっている。

架設工法はトラッククレーン及びトラベラークレーンを用いたベント工法を採用し、

P5～P6間のJR跨線部のみ手延機による送り出し工法を採用している。

渡河部については第一渇水期施工の制約から、平成11年10月、現地工事に着手し、10月半ばより陸上部の桁架設を開始、平成12年1月にトラベラークレーンによる河川内の桁架設を開始し、2月21日に河川内の桁を閉合した。

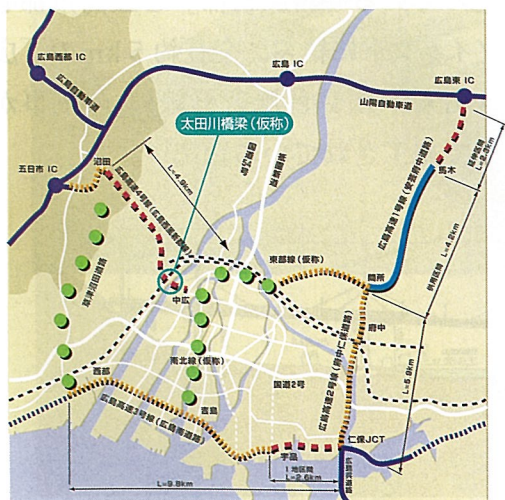
引続き平成12年4月から塗装作業を、また6月から広島市都心側のP1～P3主塔のケーブル架設を開始した。なお、JR跨線部のP5～P6及びP6～A2間の桁架設は7月半ば以降となる予定である。

水の都広島のシンボルとなる本橋を、〈その1〉及び〈その2〉工区でお互いに協力して、無事故、無災害で完工させるべく努力していきたい。

■工事工程表

年度	H10年度				H11年度				H12年度				H13年度			
	7	10	1	4	7	10	1	4	7	10	1	4	7	10	1	4
中 広 地 区					材料手配、A1～P1桁製作	桁架設										
					P1～P3製作	桁架設										
場 外 地					P3～P5製作	桁架設										
山 手 地 区																
全 体																

■位置図



■完成予想図



広島高速道路

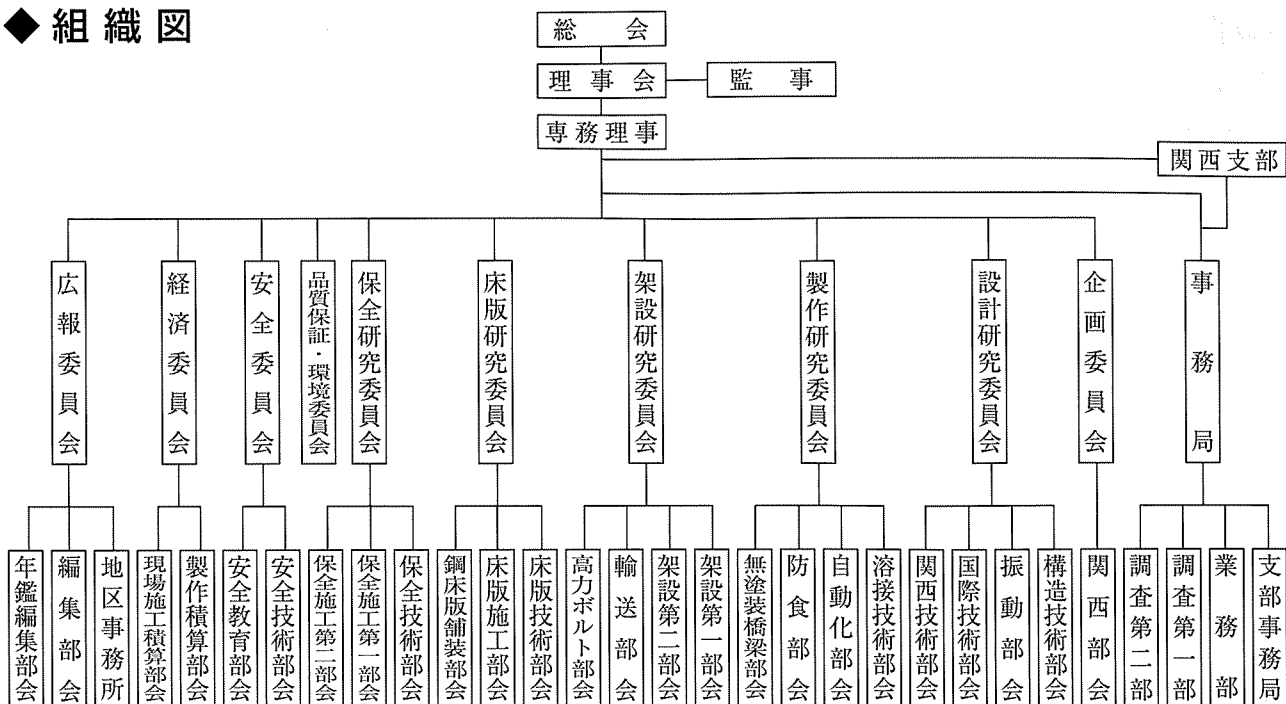
凡 例	
基本計画路線	——
供用中	——
事業中	——
計画路線	
計画検討路線	●●●●

〈連絡先〉

三菱・川田JV現場事務所
TEL 082-297-5261
横河・駒井JV現場事務所
TEL 082-234-5357

協会の組織

◆ 組織図



◆ 役 員

会 長	武 井 俊 文	石川島播磨重工業株式会社	取締役社長
副 会 長	澤 井 廣 之	株式会社宮地鐵工所	取締役社長
副 会 長	原 田 康 夫	株式会社横河ブリッジ	取締役社長
専務理事	伊 東 仁 史	社団法人日本橋梁建設協会	
理 事	水 野 和 夫	川崎重工業株式会社	取 締 役
理 事	多 田 勝 彦	川田工業株式会社	取締役社長
理 事	赤 松 惟 央	駒井鉄工株式会社	取締役会長
理 事	大 谷 孝 彦	住友重機械工業株式会社	常務執行役員
理 事	安 藤 武 郎	高田機工株式会社	取締役社長
理 事	寺 田 四 郎	瀧上工業株式会社	取締役社長
理 事	島 田 穂 積	株式会社東京鐵骨橋梁	取締役社長
理 事	石 井 基 生	日本鋼管株式会社	専 務
理 事	横 井 勉 三	日立造船株式会社	取締役副社長
理 事	毛 利 哲 三	松尾橋梁株式会社	取締役会長
理 事	小 役 丸 純 幸	三井造船株式会社	常務取締役
理 事	岸 昭 男	三菱重工業株式会社	常務取締役
理 事	廣 田 和 彦	横河工事株式会社	取締役社長
監 事	伊 藤 學 忠	東京大 学	名 誉 教 授
監 事	溝 口 孝 一	トピー工業株式会社	常務取締役
監 事	清 水 孝 一	日本橋梁株式会社	取締役社長

協会の連絡先

本部

〒104-0061 東京都中央区銀座2-2-18
(鉄骨橋梁会館)
TEL 03-3561-5225 FAX 03-3561-5235
URL <http://www.jasbc.or.jp/>

関西支部

〒550-0005 大阪市西区西本町1-8-2
(三晃ビル5F)
TEL 06-6533-3238・3980
FAX 06-6535-5086

関東事務所

〒104-0061 東京都中央区銀座2-2-18
(鉄骨橋梁会館)
TEL 03-3561-5225 FAX 03-3561-5235

近畿事務所

〒550-0005 大阪市西区西本町1-8-2
(三晃ビル5F)
TEL 06-6533-3238 FAX 06-6535-5086

北海道事務所

〒060-0002 札幌市中央区北2条西3丁目
(越山ビル)
TEL 011-232-0249 FAX 011-232-0249

東北事務所

〒980-0014 仙台市青葉区本町1-9-2
(銀杏坂ビル4F)
TEL 022-262-4855 FAX 022-262-4855

北陸事務所

〒950-0087 新潟市東大通1-3-1 (新潟帝石ビル)
TEL 025-244-8641 FAX 025-244-2566

中部事務所

〒450-0002 名古屋市中村区名駅3-28-12
(大名古屋ビル9F)
TEL 052-586-8286 FAX 052-586-8286

中国事務所

〒730-0017 広島市中区鉄砲町5-7
(広島偕成ビル8F)
TEL 082-222-2658 FAX 082-222-2658

四国事務所

〒760-0023 高松市寿町1-1-12
(東京生命ビル6F)
TEL 087-823-3220 FAX 087-823-3220

九州・沖縄事務所

〒810-0004 福岡市中央区渡辺通2-1-82
(電気ビル本館)
TEL 092-771-7306 FAX 092-771-7306

会 員

(株) ア ル ス 製 作 所
 石 川 島 播 磨 重 工 業 (株)
 石 川 島 プ ラ ン ト 建 設 (株)
 (株) イ ス ミ ッ ク
 宇 野 重 工 (株)
 宇 部 興 産 (株)
 (株) エ イ チ イ ー シ ー
 (株) 大 島 造 船 所
 片 山 エ ン ジ ニ ア リ ン グ (株)
 片 山 ス ト ラ テ ッ ク (株)
 川 崎 重 工 業 (株)
 川 崎 製 鉄 (株)
 川 重 工 事 (株)
 川 田 建 設 (株)
 川 田 工 業 (株)
 川 鉄 テ ク ノ コ ン ス ト ラ ク シ ョ ン (株)
 (株) 釧 路 製 作 所
 栗 鉄 工 事 (株)
 (株) 栗 本 鐵 工 所
 (株) 神 戸 製 鋼 所
 駒 井 エ ン ジ ニ ア リ ン グ (株)
 駒 井 鉄 工 (株)
 (株) コ ミ ヤ マ 工 業
 (株) 酒 井 鉄 工 所
 桜 井 鉄 工 (株)
 (株) サ ク ラ ダ
 佐 世 保 重 工 業 (株)
 佐 藤 鉄 工 (株)
 (株) サ ノ ヤ ス ・ ヒ シ ノ 明 昌
 山 九 (株)
 新 日 本 製 鐵 (株)
 住 重 鐵 構 工 事 (株)
 住 友 金 属 工 業 (株)
 住 友 重 機 械 工 業 (株)
 高 田 機 工 (株)

瀧 上 建 設 興 業 (株)
 瀧 上 工 業 (株)
 東 海 鋼 材 工 業 (株)
 (株) 東 京 鐵 骨 橋 梁
 東 網 橋 梁 (株)
 東 日 工 事 (株)
 ト ピ ー エ ン ジ ニ ア リ ン グ (株)
 ト ピ ー 工 業 (株)
 (株) 巴 コ ー ポ レ ー シ ョ ン
 豊 平 製 鋼 (株)
 (株) 名 村 造 船 所
 (株) 檜 崎 製 作 所
 日 本 橋 梁 (株)
 日 本 橋 梁 エ ン ジ ニ ア リ ン グ (株)
 日 本 鋼 管 (株)
 日 本 鋼 管 工 事 (株)
 日 本 車 輛 製 造 (株)
 日 本 鉄 塔 工 業 (株)
 函 館 ど つ く (株)
 (株) 春 本 鐵 工
 東 日 本 鉄 工 (株)
 日 立 造 船 (株)
 富 士 車 輛 (株)
 古 河 機 械 金 属 (株)
 松 尾 エ ン ジ ニ ヤ リ ン グ (株)
 松 尾 橋 梁 (株)
 丸 誠 重 工 業 (株)
 三 井 造 船 (株)
 三 井 造 船 鉄 構 工 事 (株)
 三 菱 重 工 業 (株)
 三 菱 重 工 工 事 (株)
 三 宮 地 建 設 工 業 (株)
 (株) 宮 地 鐵 工 所
 横 河 工 事 (株)
 (株) 横 河 ブ リ ッ ジ
 (株) 横 河 メ ン テ ッ ク

以上71社（50音順による）

事務局職員名簿

(本 部)				(関 西 支 部)			
事 務 局 長	酒 井 克 美	事 務 局 長	堀 江	昭			
調査1部部長	渡 邊 諏 榮 雄	事 務 員	藤 田 浩	子			
調査2部部長	山 岡 勝 義	同	喜 多 幸	代			
調査2部次長	武 石 和 夫						
業務部次長	澤 田 勝						
事 務 員	宇 野 波 子						
同	金 井 敏 子						
調 査 員	松 永 勝 治						
同	原 仁 文						

△▼△▼ 協会出版物ご案内 △▼△▼

NO	書 籍 名	西暦	発行年月	備 考
1	デザインデータブック	1997	改H9/9	
2	鋼橋伸縮装置設計の手引	1995	H7/7	
4	合成桁の設計例と解説（講習会用テキストNo.2）	1995	改H7/4	
6	鋼橋の設計と施工（講習会用テキストNo.4）	1991	H3/2	
7	床版工事設計施工の手引	1996	改H8/3	
8	床版工事設計施工の手引（塩害対策編）	1996	改H8/11	
9	既存床版工法調査書	1989	H1/10	
10	支承部補修・補強工事施工の手引き	1999	改H11/9	
12	足場工・防護工の構造基準（鋼橋架設工事用）	1996	H8/12	
13	鋼橋架設等工事における安全帯の使用要領	1997	改H9/3	
14	鋼橋架設現場に必要な安全衛生法等	1993	H5/3	
15	鋼橋のQ & A	1993	H5/12	
16	わかりやすい鋼橋の架設	1997	改H9/3	
17	高力ボルト施工マニュアル	1998	改H10/3	
18	輸送マニュアル（陸上編）	1996	改H8/5	
19	輸送マニュアル（海・水上編）	1993	H5/12	
20	鋼橋架設等工事における足場工および防護工（数量計算書）	1990	H2/3	
21	高力ボルトの遅れ破壊と対策	1990	H2/3	
22	橋と景観（景観マニュアル）	1995	H7/3	
24	溶融亜鉛めっき橋ガイドブック	1998	H10/2	
25	鋼橋の現場溶接	1993	H5/3	
26	無塗装橋梁の手引き	1998	改H10/3	
27	鋼橋付属物の設計手引き（講習会用テキストNo.5）	1991	H3/10	
28	トルシア形高力ボルト設計・施工ガイドブック	1998	改H10/3	
29	床版工法選定マニュアル（案）	1992	H4/2	
31	鋼橋海上（水上）架設工事マニュアル（技術編）	1992	H4/2	
32	鋼橋架設工事施工条件明示のためのガイドブック	1993	H5/2	
33	鋼橋の付着塩分管理マニュアル	1992	H4/12	
34	橋梁技術者のための塗装ガイドブック	2000	改H12/3	
35	輸送マニュアルハンドブック（陸上編）	1996	H8/12	
37	鋼橋技術者のための現場安全管理の手引き	1994	H6/4	
38	鋼橋海上（水上）架設工事マニュアル（積算編）	1994	H6/1	
39	鋼橋防食のQ & A	1994	H6/4	
40	鋼橋の架設に関する新技術（第2版）	1996	改H8/12	
43	鋼橋の製作（講習会用テキストNo.7）	1994	H6/9	
45	鉄筋コンクリート系プレキャスト床版設計・施工の手引き（案）	1994	H6/9	
46	プレストレストコンクリート系プレキャスト床版設計・施工の手引き（案）	1994	H6/9	
47	取替え鋼床版設計・施工の手引き（案）	1994	H6/9	
49	A活荷重・B活荷重による鋼橋の解析（講習会用テキストNo.8）	1995	H7/3	
50	アクリルシリコン樹脂塗料の鋼橋への適用性に関する検討報告書	1995	H7/3	
53	工法別架設計算例題集 送出し工法	1996	H8/11	
54	工法別架設計算例題集 トラッククレーンベント工法	1996	H8/11	
55	工法別架設計算例題集 フローティングクレーン工法	1996	H8/11	

NO	書 籍 名	西暦	発行年月	備 考
56	鋼橋の計画・設計におけるチェックポイント	1997	H9/2	
57	鋼橋へのアプローチ（講習会用テキストNo.11）	1998	H10/1	
58	鋼製橋脚の弾塑性有限変位FEM解析マニュアル(講習会用テキストNo.10)	1998	H10/2	
59-1	床版設計の変遷と特性編	1998	H10/3	
59-2	鉄筋コンクリート床版設計編	1998	H10/3	
59-3	鉄筋コンクリート床版施工編	1998	H10/3	
59-4	プレハブ・プレキャスト床版施工編	1998	H10/3	
59-5	少主げた橋梁の床版編	1998	H10/3	
60	工法別架設計算例題集 トラベラクレーン工法	1998	H10/3	
61	ガイドライン型 設計適用上の考え方と標準図集	1998	H10/5	
62	鋼橋のQ & A シリーズ コンクリート床版編	1998	H10/6	
63	特殊架設の手引き書	1998	H10/6	
64	工法別架設計算例題集 ケーブルエレクション工法	1998	H10/9	
65	鋼製橋脚の耐震設計マニュアル（講習会用テキストNo.12）	1998	H10/11	
66	鋼製橋脚の耐震設計マニュアル（資料編）	1998	H10/11	
67	耐力点法施工マニュアル	1999	H11/3	
68	既設橋梁落橋防止システム 設計の手引き	1999	H11/3	
69	既設橋梁落橋防止システム 現場施工の手引き	1999	H11/3	
70	既設橋脚耐震補強施工の手引き（鋼製橋脚）	1999	H11/3	
71	APPROACH FOR STEEL BRIDGES	1999	H11/3	
72	ゴム支承施工の手引き（案）	1999	H11/7	
73	PC床版施工マニュアル（場所打ちP C床版編）	1999	H11/6	
74	PC床版施工マニュアル（プレキャストP C床版編）	1999	H11/6	
75	新しい鋼橋	1999	H11/8	
76	鋼床版2主桁桁橋設計例	1999	H11/9	
77	鋼橋の維持管理を考えた設計の手引き	2000	H12/3	
78	ガイドライン型設計適用上の考え方と標準図表Q & A	2000	H12/2	
79	少数主桁橋の足場工選定フローと標準図表（鋼2主桁橋）	2000	H12/1	
80	下横構を省略した上路式プレートガーダー橋の設計例	2000	H12/3	
81	スリーブブラスト処理見本写真	2000	H12/3	

NO	書 籍 名			
	橋梁年鑑（平成 3年版）	1991	H3/9	
	橋梁年鑑（平成 8年版）	1996	H8/9	
	橋梁年鑑（平成 9年版）	1997	H9/9	
	橋梁年鑑（平成10年版）	1998	H10/9	
	橋梁年鑑（平成11年版）	1999	H11/9	

購入は

①直接、（社）日本橋梁建設協会の窓口にてお分けします。

②郵送・宅送をご希望の場合は下記の販売代行店へお申し込み下さい。

〒101-0051 東京都千代田区神田神保町1-29 市瀬ビル

「うがわ書店」Tel 03-3291-5773、Fax 03-3291-5780

③一般書店（うがわ書店以外）では取り扱っておりません。

「虹橋」表紙の絵募集

当協会会報「虹橋」の表紙の絵を会員から募集いたします。奮ってご応募下さい。

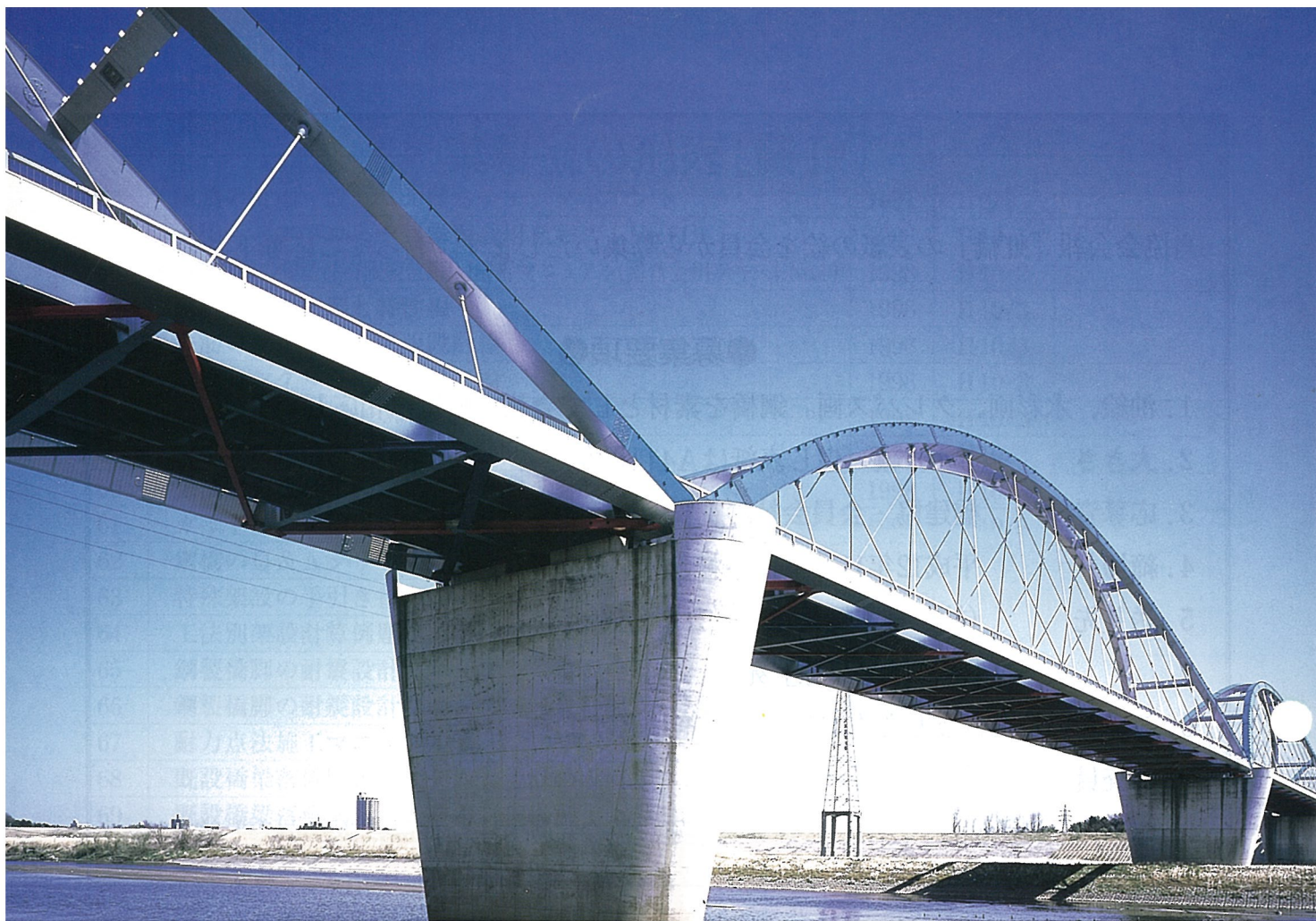
●募集要項●

1. 油絵、水彩画、クレパス画。鋼橋を素材として会報・虹橋に相応しいもの。
2. 大きさ F4号縦（但し表紙はA4判程度）
3. 応募資格 橋建協・会員会社の社員又はその家族に限る。
4. 締切り 平成12年11月末日必着
5. 送り先 (社) 日本橋梁建設協会事務局
 「表紙絵募集係」宛
6. ご応募いただきました方には薄謝を差し上げます。
7. 審査員 広報委員会委員
8. 応募作品の著作権は、社団法人日本橋梁建設協会に所属し、作品は返却いたしません。

編集後記

20世紀も残すところ後数ヶ月となりました。来る21世紀はどんな時代となるのでしょうか？ 宇宙都市や鉄腕アトムに近いロボットなどが本当に実現するかも知れません。わくわくするような世紀となることを期待せずにはられません。さて私たち橋梁はどんな世紀を迎えるのでしょうか？ 海峡横断プロジェクトが新発想で具体化してくるかも知れません。また新設橋梁も増大する維持補修需要もIT化が進んで行く事でしょう。特にメンテナンスではパソコンとそのネットワークを最大限活用した自動化ロボットが実現化して行くでしょう。新しい世紀に向けてとにかく前進していきたいものです。虹橋もさらに内容を充実させて行きたいと思います。皆様に親しまれる「虹橋」の編集目指して取り組んでまいりますので、今後とも一層のご指導、ご鞭撻をお願い申し上げます。

(広報委員会)



②新三国橋

発注者：茨城県

形 式：バスケットハンドル型

ニールセンローゼ桁橋5連

橋 長：685m

幅 員：10.5m

鋼 重：4,750t

所在地：茨城県古河市牧野地～埼玉
県北川辺町向古河

●新三国橋の大きな特長は、優美な五連のアーチ橋で内側に傾くバスケットハンドル型を採用、アーチと橋桁を結ぶ吊り材を綾状配置したニールセンローゼ構造となっています。また、景観にも工夫を凝らしアーチ部分をブルーに引き立たせ橋桁などは目立たないシルバーにするなど渡良瀬川との調和、通行者への圧迫感解消などに配慮したのになっています。





③川岸大橋

発注者：北海道芦別市

形式：中路式ローゼ桁橋

橋長：125.0m

幅員：12.0m

鋼重：706t

所在地：北海道芦別市頼城町川岸

●北海道の中央部に位置する芦別市、かつては炭鉱の町として栄えましたが閉山後は豊かな自然を活かした観光都市として再スタートを切っています。その芦別から国道452号線を夕張へ抜ける途中、右手の緑の中に眩しく浮かぶ真っ赤なアーチ。形式はアクセントの効いた非対称中路式ローゼ桁、架設工法はケーブルエレクトション斜吊工法が採用されました。

おとりばし

④鵬橋

発注者：福島県

形式：2径間連続上路式鋼
フィレンデール橋

橋長：92.5m

幅員：14.0m

鋼重：603t

所在地：福島県福島市飯坂温泉町

●山形県南陽市と福島県いわき市を結ぶ一般国道399号の摺上川に架けられた本橋は、福島県を代表する温泉地・飯坂温泉郷に位置することから、旅館やホテルは勿論、周囲から眺める景観に考慮した橋となっています。





⑤利根かもめ大橋

発注者：千葉県道路公社

形式：3径間連続鋼床版変断面箱桁橋(3連)+単純鋼床版箱桁橋(耐候性裸仕様)

橋長：1,145.0m

幅員：12.5～15.5m

鋼重：6,822t

所在地：千葉県銚子市小船木町～茨城県鹿島郡波崎町

●利根川下流地域の発展とともに増加する交通混雑の緩和を目的として、現銚子大橋の約8km上流に建設されました。テーマは、「人と自然にふれあう躍動感のある橋梁」で、カモメの羽ばたきをイメージしています。

⑥尾坂1号橋

発注者：建設省関東地方建設局

形式：バスケットハンドル型
ニールセンローゼ桁橋+
2径間連続箱桁橋

橋長：150+88m

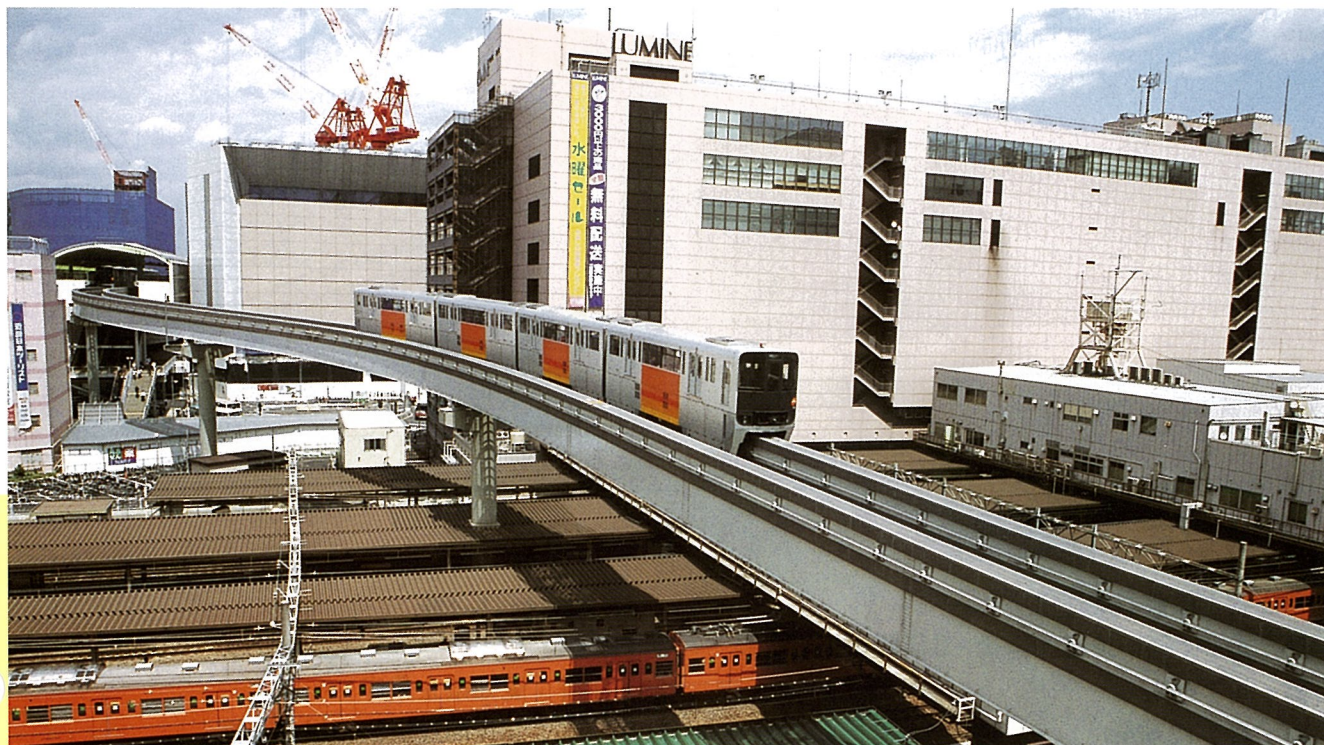
幅員：14m

鋼重：2,044t

所在地：群馬県吾妻郡長野原町長野原地先

●本橋は西吾妻観光地域にふさわしいよう景観に配慮し2連のアーチ構造が用いられています。現場工事はアーチ部をケーブルエレクション斜吊工法、箱桁部をトラッククレーンベント工法で架設しています。供用開始により長野原中心部の渋滞緩和と草津方面への旅行時間の短縮がはかられます。





⑦多摩都市モノレール(4-10)

発注者：東京都

形式：4径間連続鋼軌道桁、鋼支柱

橋長：190m

幅員：5.7m

鋼重：830t

所在地：東京都立川市柴崎町～曙町

●多摩都市モノレールは、多摩地域における南北方向の公共交通を充実し、併せて多摩地域の自立性を高めるために、多摩センターから立川をへて上北台に至る延長約16km区間に導入された跨座式モノレールです。本区間は、JR中央線立川駅を横断する軌道桁です。



⑧秩父フルーツ橋

発注者：埼玉県秩父市

形式：方丈ラーメン橋(耐候性裸仕様)

橋長：66.5m

幅員：9.5m

鋼重：95t

所在地：埼玉県秩父市大字太田地内

●秩父地方は、四季の産物に恵まれ、一年を通して様々な味覚狩りを楽しむことができます。本橋の周辺も果樹畑が広がっており、シンボル性を考慮して、高欄にはイチゴやぶどうのレリーフが施されています。



⑨新三条大橋

発注者：建設省北陸地方建設局

形 式：4 径間連続箱桁橋 + 3 径間連続箱桁橋

橋 長：463.0m

幅 員：12.65m

鋼 重：2,220t

所在地：新潟県三条市上須頃地先～大野畑地先

●国道8号線の渋滞対策として、信濃川に架かる三条大橋の拡幅が計画され、現橋の隣に架設されました。この新橋は1期施工であり現橋の撤去後、引き続き2期工事も予定されています。河川部の架設では手延べ機を省略した送り出し工法を採用し、架設ヤード長と工程の短縮を図りました。

⑩西方大橋

発注者：愛知県企業庁

形 式：3 径間連続鋼箱桁斜張橋

橋 長：185.0m

幅 員：12.0m

鋼 重：972t

所在地：愛知県宝飯郡御津町御幸浜

●三河港は愛知県東部の重要港湾で三河地域の流通拠点、産業基盤として発展してきました。三河港内の御津地区から田原地区をダイレクトに結ぶ幹線道路が東三河臨海道路で、西方大橋は臨海道路起点部のゲートの橋梁です。周辺が三河港国定公園であり、景観を考慮して計画された橋梁です。





⑪ 犬山橋

発注者：愛知県

形式：3径間連続鋼床版箱桁橋

幅員：253.5m

鋼重：957t

所在地：愛知県犬山市大字犬山～

岐阜県各務ヶ原市鵜沼南町地内

●犬山橋（愛称：ツインブリッジ）は、木曾川に架かる旧犬山橋が全国的にも珍しい道路鉄道併用橋であることによる危険性及び交通混雑を解消するために隣りに架橋されました。近辺の名勝木曾川の鵜飼・ライン下り・国宝犬山城などの風光明媚な自然と歴史的価値の高い観光資源との調和を目指し、「水と緑を育む歴史橋」をコンセプトとして景観を配慮した設計となっています。

⑫ 伊予高架橋

発注者：日本道路公団四国支社

形式：11径間連続複合ラーメン橋

橋長：540.0m

幅員：9.0m

鋼重：1,485t

所在地：愛媛県伊予市大平～市場

●四国縦貫自動車道の伊予ICの西方500mに位置する橋梁です。ジョイントレス化による走行性の向上、沓レス化による維持管理コストの軽減、上・下部一体構造による耐震性の向上を図った連続複合ラーメン橋になっており、この形式では日本最長です。





⑬開出今橋

発注者：滋賀県彦根市
 形 式：単純合成鈑桁橋 5 連
 橋 長：175.0m
 幅 員：12.0m
 鋼 重：352.5t

所在地：滋賀県彦根市開出今町

●本橋は滋賀県立大学及び市の福祉ゾーンへのアクセス道路となる市道大藪日夏線の整備に伴い、犬上川を渡る橋梁として計画されました。また、地域のランドマークとして景観を考慮し、彫刻家、清水九兵衛氏のデザインにより高欄を製作しました。



⑭山里大橋

発注者：沖縄県
 形 式：3 径間連続箱桁橋
 橋 長：120.0m
 幅 員：10.885m～12.2m
 鋼 重：346t

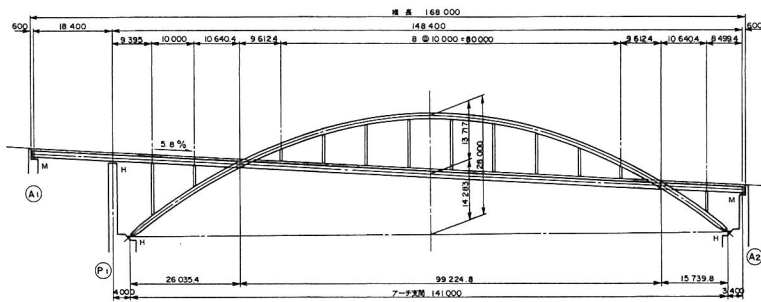
所在地：沖縄県国頭郡本部町山里地内

●7月にサミットが開催された沖縄本島北部、本部半島の先端に位置し、県道115号線の道路改良に伴い架けられました。曲率は半径60m、縦断勾配も7%と厳しい山岳橋梁で、架設にはトラッククレーンの進入が困難だったため、トラベラークレーンベント工法が採用されました。

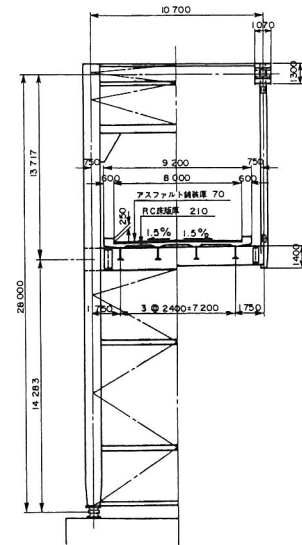
平成11年版

橋梁年鑑

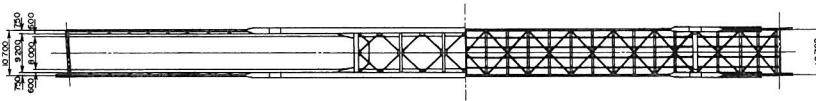
側面図



断面図



平面図



橋長	m	168.0	総鋼重	t	859
幅員	m	(車道) 8.00 (歩道) ー	主径間一連分鋼重	t	816(607kg/m)
支間割	m	(18.4+4.00+141.0+3.4)	主径間一連分内訳	%	ー
			70材以上	%	ー
			60材	%	ー
			50材	%	78
			40材	%	16
			その他	%	6
			ケーブル	%	ー

13 トラスドランガー橋

橋名	発注者	所在地	橋長(m)	総鋼重(t)	主径
★和佐大橋	岐阜県	岐阜	86.0	341	84.6
★下風呂大橋	青森県	青森	62.3	179	61.0

14 ローゼ橋

橋名	発注者	所在地	橋長(m)	総鋼重(t)	主径間(1連分)内訳 支間割(m)
★虹の大橋	宮崎県	宮崎	168.0	859	18.4+4.0+141.0+3.4
★荒谷橋	水資源公団	岐阜	193.0	785	23.5+136.5+32.0
★板橋東大橋	長野県	長野	208.0	774	36.5+3.0+128.0+3.0+36.5
★山城大橋	京都府	京都	540.5	4,678	127.0
★梅林橋	大分県	大分	122.0	737	120.5
★足柄橋	神奈川県	神奈川	125.0	907	3.3+117.0+3.3

◎写真・図集 137橋

◎資料編 649橋

◎平成9年度内完工を型式別に分類して掲載

◇B5版

◇編集・発行

243頁

社団法人 日本橋梁建設協会

お申し込みは社団法人 日本橋梁建設協会事務局へ

虹 橋 No.63 平成12年秋季 (非売品)

編 集・広報委員会

発 行 人・酒井克美

発 行 所・社団法人 日本橋梁建設協会

〒104-0061 東京都中央区銀座2丁目2番18号
鉄骨橋梁会館1階

TEL 03 (3561) 5225

FAX 03 (3561) 5235

URL <http://www.jasbc.or.jp/>

関 西 支 部・

〒550-0005 大阪市西区西本町1丁目8番2号
三晃ビル5階

TEL 06 (6533) 3238

FAX 06 (6535) 5086
