

J-BEC

レポート

2009 Vol.4

財団法人 海洋架橋・橋梁調査会
Japan Bridge Engineering Center

目 次

巻頭言

社団法人 日本橋梁建設協会 会長 川田 忠樹

道路橋の点検と検査の現況について 1

予防保全 一本州四国連絡橋における事例ー 6

フランスにおける道路構造物の管理システム（BMS） 10

自主研究の報告

1) 橋梁簡易洗浄装置の開発 15

2) デジタル画像によるコンクリートひびわれ解析の研究 17

平成20年度に実施した点検研修と検査研修 19

橋梁研究開発助成等について 21

「道路橋の補修・補強計算例」の発刊 23

海外調査報告

1) I-35W橋崩落事故に関する国家運輸安全委員会報告について 24

2) 第24回日米橋梁ワークショップへの参加 27

有明海沿岸道路 矢部川大橋の供用 28

橋梁の点検、検査に関する技術講座 29
シリーズ第4回

古（いにしえ）の橋探訪 33

日本で最古の鋳鉄橋 神子畑鋳鉄橋

新着情報 35

架橋の歴史は文明の歴史

社団法人 日本橋梁建設協会 会長 川田忠樹



「橋梁建設の歴史は、そのまま文明の歴史であると言っても、大きな間違いはありません。架橋の歴史の中から、我々は人間の進歩そのものを評価することができるのです。」

この素晴らしい言葉は、第32代アメリカ合衆国大統領フランクリン・ルーズベルトがまだニューヨーク州知事であった頃に語ったものとして、1931年10月18日のニューヨークタイムズ紙に載ったものである。

実はこの記事が出た一週間後の10月25日には、人類が史上初めて、ワンスパン（一跨ぎ）で1キロメートルを超えることになる、ジョージ・ワシントン吊橋（1,067m）が竣工し、供用開始の日を迎えることになっていた。

こうした橋梁技術の素晴らしい躍進ぶりを目のあたりにして、ルーズベルトは、「架橋の歴史は文明の歴史」だと称えたのである。

ちなみにルーズベルトは、この記事の出た翌年の1932年に合衆国大統領に立候補し、現職のフーバー大統領と戦って競り勝ち、明くる1933年には晴れてアメリカ大統領に就任している。

時あたかも1929年から始まった世界大恐慌の真っ最中であり、その不況対策として彼がニューディール政策を強力に推進したことは、余りにも有名な歴史的事実である。

1930年代の恐慌対策としてのニューディール政策では、なぜか日本ではフーバーダムばかりが喧伝されているようだが、実は規模にして日本の明石海峡大橋に匹敵するゴールデンゲート橋も、また瀬戸大橋ルートに比肩すべきサンフランシスコ・オークランド湾ルートの架橋工事も、彼が大統領になった1933年から建設工事が着手されたものである。

いわば中国の三峡ダムと、日本の本四架橋を同時に着工させたぐらいのインパクトを持つ建設工事が、この大恐慌の最中に一斉に始められたのであった。

古今未曾有、百年に一度の大恐慌を懸念される我が国の現状は、間違いなくルーズベルトのニューディール政策のような大型公共投資を必要としている。今こそ日本でも新しい大型橋梁が架けられて、文明の次なるページが書き加えられるべき時であろう。

道路橋の点検と検査の現況について

国土交通省 道路局 国道・防災課 道路保全企画室 課長補佐 信太 啓貴

1. はじめに

2007年8月、米国ミネソタ州でトラス橋の崩落事故が発生し13名の尊い命が失われた。

我が国においても、国道23号木曾川大橋と国道7号本荘大橋のトラス橋斜材が破断するなど、最近、橋梁の損傷報告が相次いでいる。

米国では1980年代に多くの社会インフラが老朽化し、「荒廃するアメリカ」と称される現象を引き起こした。

米国に遅れること30年、我が国でも、高度経済成長期以降に大量に建設された橋梁が、今後老朽化してくる状況にある。

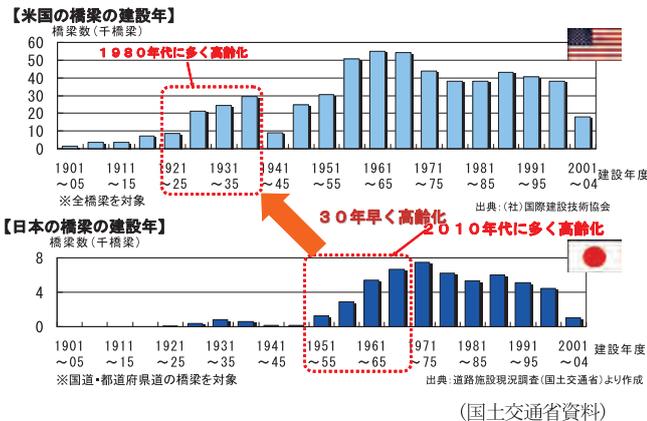


図-1 米国・日本の橋梁建設年次の比較

今後、道路橋の高齢化とともに発生する各種の損傷を早期に発見し、時機を失せず補修等の措置を講ずるためには、点検と検査(診断)の確実な実施が、これまで以上に重要になっている。

2. 直轄国道における橋梁点検

国土交通省が管理する直轄国道の橋梁点検は、従前は昭和63年に土木研究所資料としてとりまとめられた橋梁点検要領(案)に基づいて行われてきたが、平成16年3月に「橋梁定期点検要領(案)」(国土交通省・道路局国道・防災課)(以下「新要領」という。)が新たに定められた。

新要領では、橋長2m以上のすべての橋梁について、点検は橋梁点検員が、検査は橋梁検査員が行うとしている。以下、新要領に基づく直轄国道の点検・検査の概要を述べる。

新要領では、図-2に示す維持管理の体系に基づいて、定期的な点検、補修補強工事の実施、記録の一元管理などの一連の橋梁マネジメントを確実に行うことが基本とされている。

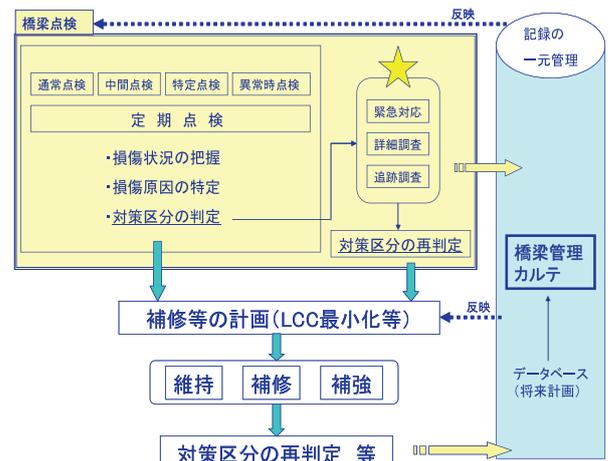


図-2 維持管理の体系

定期点検は、一般的に①事前調査や現地踏査、②点検計画立案・点検内容や手段等の事前検討を行う点検準備、③点検の実施、④点検結果の記録という項目に区分される。(図-3参照)

判定業務は、点検結果の照査、確認、損傷原因の

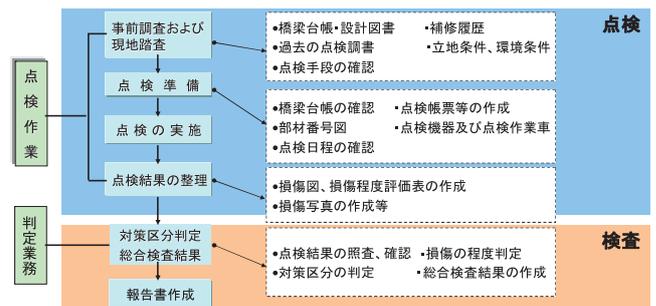


図-3 点検・検査の区分

推定や対策区分の判定を行い、総合的な検査結果としてまとめる作業で、一般的に「検査」または「診断」と称し、「点検」と区分している。

3. 橋梁点検・検査の概要

(1) 対象橋梁箇所数

直轄国道の橋梁箇所数は約22,500橋である。

表-1 橋長別の橋梁箇所数（橋長2m以上）

区分	15m以上	15m未満	合計
橋梁	10,400 59%	7,300 41%	17,700 79%
橋側歩道橋	2,400 50%	2,400 50%	4,800 21%
合計	12,800 57%	9,700 43%	22,500 100%

※ 橋長2m以上の橋梁
(北海道と沖縄を除く)

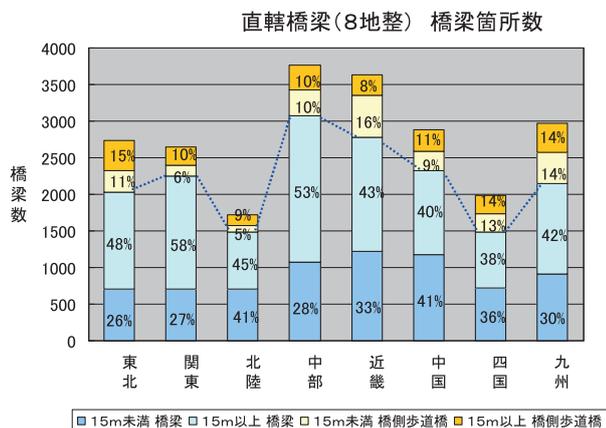


図-4 地方整備局別の橋梁箇所数

(2) 定期点検の実施

点検は、一般的に、橋梁点検員1名、点検補助員2名の体制で行い、必要に応じて交通整理員等を加える。点検方法は、近接目視を主に、必要に応じて点検機械・器具を用いる。頻度は、初回を供用開始後2年以内、以後5年に1回の実施としている。



図-5 橋梁点検時期のイメージ



写真-1 橋梁点検車による点検

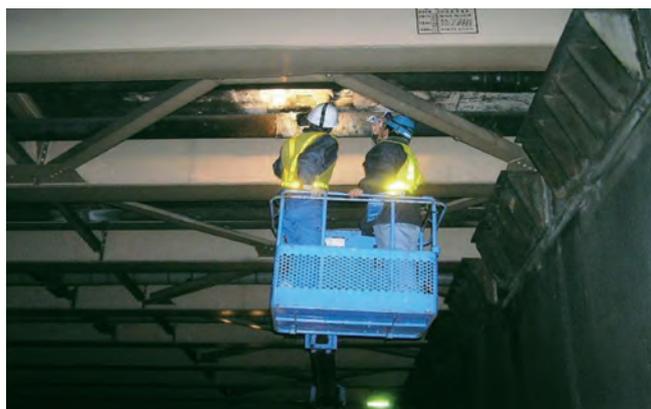


写真-2 リフト等による点検

(3) 点検項目（損傷の種類別）

点検項目は、点検する部位・部材に応じて鋼の腐食や亀裂、コンクリートのひびわれ、路面の凹凸など損傷の種類を26種類に分類している。

表-2 損傷の種類

材料	番号	損傷の種類
鋼	①	腐食
	②	亀裂
	③	ゆるみ・脱落
	④	破断
	⑤	防食機能の劣化
コンクリート	⑥	ひびわれ
	⑦	剥離・鉄筋露出
	⑧	漏水・遊離石灰
	⑨	抜け落ち
	⑩	コンクリート補強材の損傷
	⑪	床版ひびわれ
	⑫	うき
その他	⑬	遊間の異常
	⑭	路面の凹凸
	⑮	舗装の異常
	⑯	支承の機能障害
	⑰	その他
共通	⑱	定着部の異常
	⑲	変色・劣化
	⑳	漏水・滞水
	㉑	異常な音・振動
	㉒	異常なたわみ
	㉓	変形・欠損
	㉔	土砂詰り
	㉕	沈下・移動・傾斜
	㉖	洗掘

(4) 対策区分の判定

橋梁検査員は損傷状況を把握したうえで、構造上の部材区分毎・損傷種類毎の対策区分について判定を行う。また、複数の部材の複数の損傷を総合的に評価するなど、橋梁全体としての状態についての所見も記録する。

表-3 対策区分の判定

判定区分	判定の内容
A	損傷が認められないか、損傷が軽微で補修を行う必要がない。
B	状況に応じて補修を行う必要がある。
C	速やかに補修等を行う必要がある。
E 1	橋梁構造の安全性の観点から、緊急対応の必要がある。
E 2	その他、緊急対応の必要がある。
M	維持工事に対応する必要がある。
S	詳細調査の必要がある。

(5) 記録

点検・検査の結果は、点検調書として記入要領に従い所定の様式に記載され橋梁データベースとして一元管理される。

橋梁の諸元、点検結果、補修履歴等の個別橋梁の重要事項は、橋梁管理カルテに記録される。

4. 点検結果と代表的な損傷事例

(1) 点検の状況

平成15年度の点検橋梁（新要領制定前に準拠して実施した点検）を含めると、新要領による定期点検は今年で6年目に入っており、平成20年度で直轄国道の全橋梁について定期点検（1巡目）を概ね終了する予定である。

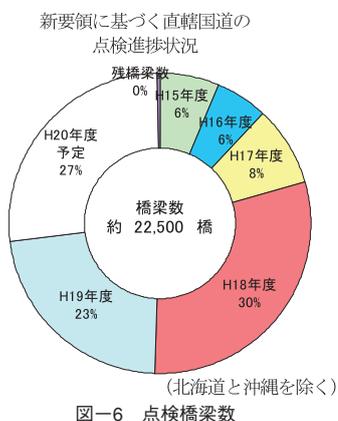


図-6 点検橋梁数

(2) 対策区分の判定結果

点検結果を、損傷の種類・状態、部位・部材の重要度、損傷の進行可能性等を総合的に考慮して、補修等の必要性・緊急性について判定する「対策区分判定」について集計すると、点検済み橋梁の全国平均で、E判定（緊急対応が必要）の橋梁が1%、C判定（速やかに補修等を行う必要がある）とされた橋梁が30%、S判定（詳細調査が必要）とされた橋梁が8%となっている。

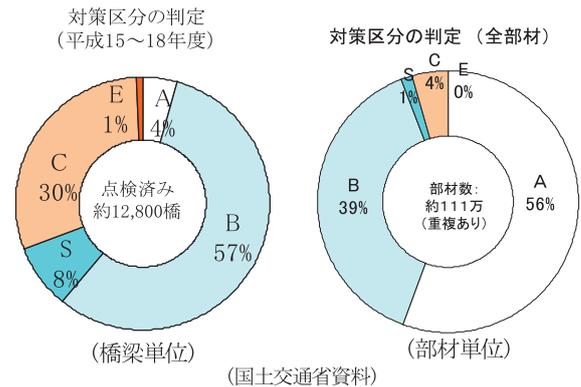


図-7 対策区分判定結果の割合 (国土交通省資料)

(3) 代表的な損傷事例

これまでの橋梁点検で発見された代表的な損傷事例を以下に示す。

1) E1判定の事例（緊急対応が必要な損傷）

写真-①

主桁ウェブに横桁下フランジ貫通部を起点とした約1mの亀裂が発生している。亀裂の進展により重大事故に繋がる危険があり、緊急対応が必要と判断される損傷である。



写真-②

雨水の漏水により、支点上付近が断面欠損している。漏水の影響により進行が速く、耐荷力の低下が懸念される。橋梁構造の安全性の観点から、緊急対応が必要と判断される損傷である。



写真-⑤

床版に2方向のひびわれが発生し、橋面防水工の劣化により漏水を伴っている。床版抜落ちに至る可能性があり、速やかに補修が必要と判断される損傷である。



写真-③

PC主桁に飛来塩分の影響により著しい剥離・鉄筋露出が発生している。PCケーブルが腐食により断面欠損し、所定の耐荷力が失われている可能性があるため、緊急対応が必要と判断される損傷である。



写真-⑥

主桁下面に著しい剥離・鉄筋露出が広範囲に発生している。前回点検時から範囲や深さに進行が見られ、速やかに補修が必要と判断される損傷である。



2) C判定の事例（速やかな補修が必要な損傷）

写真-④

主桁全体に橋面からの漏水により腐食が発生し、特に、下フランジ部分の腐食が著しい。部材の減肉も生じており、速やかに補修が必要と判断される損傷である。



(4) 部位別の損傷発生傾向

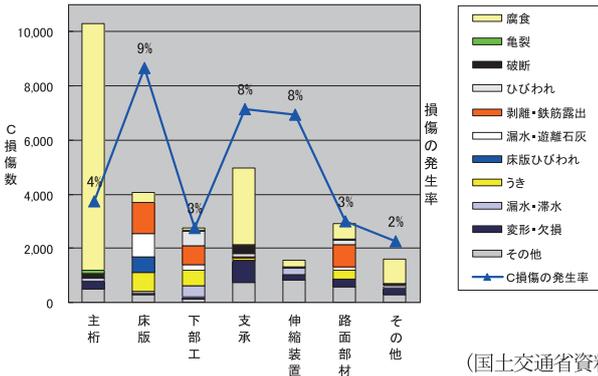
速やかな対応が必要な損傷である対策区分のC判定損傷（C損傷）の発生傾向は橋種に関係なく同様な傾向を示しており、C損傷の発生率は、主桁で4～5%、床版で8～11%、支承で4～8%となっている。

(5) 損傷発生の特徴と傾向

損傷の発生は、以下のような特徴的な傾向がみられる。

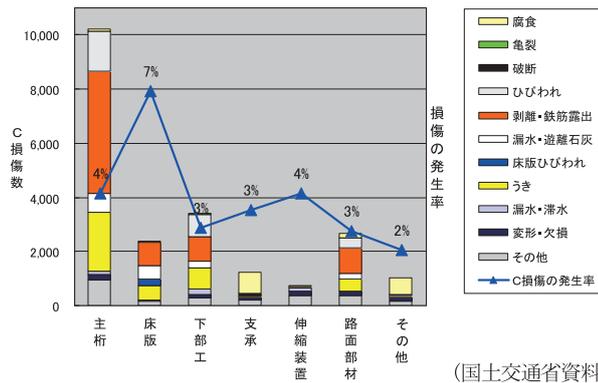
- ① 鋼主桁の腐食は桁端部が多い
 - ② コンクリート主桁の剥離・鉄筋露出は、内側の桁よりも外側の桁が多い
 - ③ 大型車交通量の多い橋はC損傷が多発
 - ④ 緊急対応を要する損傷は桁端部に集中
- 以上紹介したような損傷の集計分析を基に、今後

C損傷 部位×種類 (鋼橋)



(国土交通省資料)

C損傷 部位×種類 (コンクリート橋)



(国土交通省資料)

図-8 橋種毎のC損傷の発生傾向

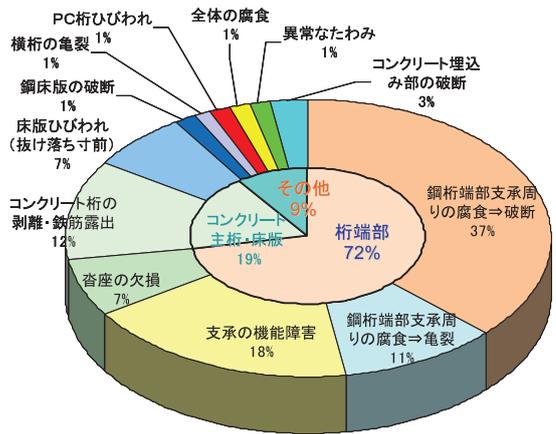


図-11 E1損傷の発生傾向

は、損傷の発生傾向と地域特性等を考慮した合理的な点検手法等に改善していく予定である。

5. おわりに

我が国の道路橋は、高齢化した橋梁が今後急速に増加し、疲労や劣化等の損傷が深刻になると想定されており、定期点検により損傷を早期に発見し対処することが重要となる。

国土交通省では、高速道路から市町村道までの道路橋(約15万橋)について定期点検に基づく「早期発見・早期補修の予防保全」を計画的に実施して、安全・安心な通行を長期にわたり確保することとし、全国道路橋の長寿命化修繕計画策定率を平成24年度までに概ね100%とすることを目標としている。

このためには、点検⇒検査(診断)⇒措置(補修・補強工事)⇒記録という橋梁マネジメントサイクルの流れが重要である。

点検・検査は近接目視が基本であり、点検員の技術力や経験が損傷発見には欠かせない。また、道路管理者には診断結果に基づく、適切な措置判断の能力が必要である。

今後は、高度な点検・診断能力を有する技術者や適切な措置判断ができる道路管理者等の確保・育成が必要不可欠であり、引き続き、マネジメントサイクルの構築に向け、検討を進めていく。

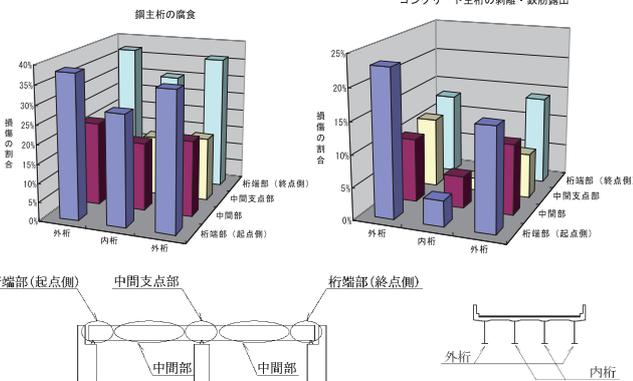


図-9 損傷の発生率と部位の傾向

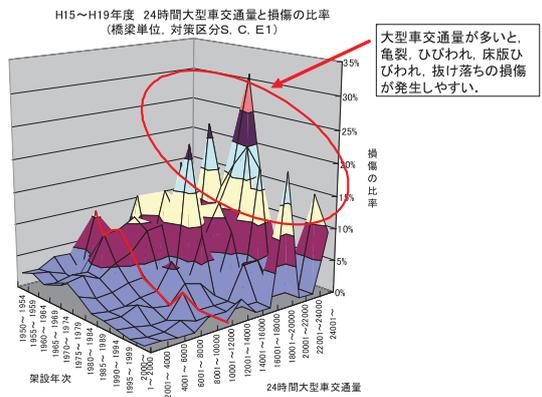


図-10 大型車交通量と損傷発生率の傾向

予防保全 —本州四国連絡橋における事例—

本州四国連絡高速道路 株式会社 管理事業本部 保全事業部 橋梁保全課 長谷川芳己

1. はじめに

本州四国連絡橋は、飛来塩分の影響を受ける厳しい腐食環境にあります。

このため、本州四国連絡高速道路株式会社（以下「JB本四高速」という。）は、橋の機能低下がはじまる劣化の進展段階で補修して寿命を伸ばし、管理コスト（ライフサイクルコスト、以下「LCC」という。）を最小化する「予防保全」の確立に取り組んでいます。

2. 予防保全の原点は点検

予防保全は、補修時期の判断が鍵となります。

補修時期は、点検・調査・試験及びこれらの調査結果に基づく劣化予測から判断します。早すぎると補修費の無駄遣いとなり、遅すぎると補修費が増大します。（図-1）

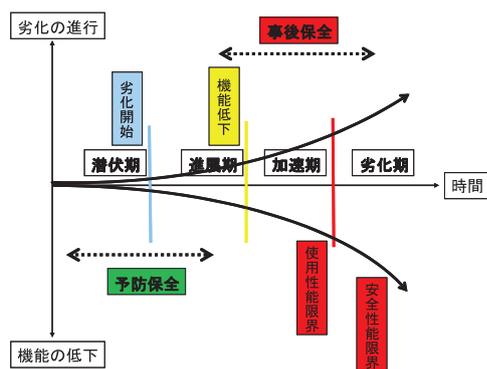


図-1 劣化の進行・機能の低下

予防保全は、これらの判断資料を得るため、点検・調査・試験の頻度が多くなり、点検管理費は増加しますが、通行止めを伴うような大規模な補修はなくなり、常に安全で円滑な交通が確保されLCCが小さくなります。

本州四国連絡橋の点検は、巡回点検、基本点検に大別しています。巡回点検は、橋の部材の重要度に応じて1~6カ月毎に管理路からの目視点検により、



写真-1 桁内面作業車による近接目視・触指

橋の重大な変状をいち早く発見し安全で円滑な交通を確保するための点検です。基本点検は、予防保全の核となる点検で、1~2年毎に点検補修用作業車などで接近し、近接目視・触指・打音により変状の経年変化を監視し、劣化進行状況を評価し補修を判断する点検です。（写真-1）さらに、基本点検に合わせて、劣化予測のためのコンクリート・塗装等の劣化因子（塩害、中性化、塗膜消耗等）に応じた詳細な調査・試験を行っています。

以下に、本州四国連絡橋の管理費の大部分を占める塗替塗装とコンクリート構造物の予防保全について紹介します。

3. 塗替塗装 —塗膜の管理—

本州四国連絡橋は海上橋であり、建設時（新設塗装）から、「塗装の塗替期間を延ばすことが管理費の低減につながる。」ことから、他機関に先がけて重防食塗装系を標準規格（昭和51年2月制定）としてきました。

重防食塗装系は、下地はプラスト処理により鋼板との付着力を高めるとともに、金属亜鉛粉末を高濃度に含み亜鉛の犠牲陽極作用により防食に優

れた無機ジンクリッチペイント（以下「無機ジンク」という。）、下塗りは無機ジンクを保護する耐水性に優れたエポキシ樹脂塗料、表層は耐候性（太陽光の紫外線）に優れたポリウレタン樹脂塗料で構成し、建設時は、添接部を除き下地～上塗りまで全て工場塗装となっています。また、平成2年には、表層をより耐候性に優れたふっ素樹脂塗料を標準仕様としました。

重防食塗装系の劣化は、ほとんどが表面からの塗膜消耗です。また、重防食塗装系の無機ジンクの塗替えは、付着力を確保するため、鋼材表面に付着しているミルスケール・錆・その他の付着物を十分に除去し、鋼材表面にはアンカーパターンが必要なため素地調整はブラスト処理が必要不可欠です。しかし、現場でのブラスト処理は、施工が困難で、費用が飛躍的に高くなります。

このため、JB本四高速では、無機ジンクを健全に保つよう、表面からの塗膜消耗を観測しながら、無機ジンクを保護している下塗りのエポキシ樹脂塗料が露出するまでに消耗・劣化した上塗り・中塗り層を塗替えることとしました。これにより、ブラスト処理を無くし、塗替期間を延伸させ、塗装コストを抑制し、LCCの最小化を図ります。（図-2）

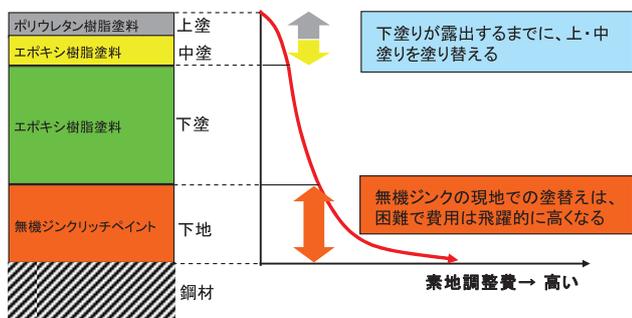


図-2 塗替塗装の考え方

なお、下地の無機ジンク～上塗りまでの全塗膜の塗替えは、上・中塗り層の塗替えに比べ、数倍の費用が掛かると試算しています。

JB本四高速は、効率的な塗替えを行うため、塗膜消耗の観測をはじめとした塗膜点検を行っています。点検は、塗膜変状（錆、はがれ）を早期に発見し局部補修塗装（タッチアップ）等により橋梁全体の塗膜状態を均一化するため、橋梁全体の塗膜状態を定期的に把握する「塗膜基本点検」、塗替優先箇所など具体的な塗替計画作成の資料を得るため、橋梁の各部位・部材別に塗膜状態を評価点付けし定量

的に把握する「塗膜評価点検」、全面塗替時期を予測するため橋梁の数箇所にて定点を設置し塗膜状態（塗膜厚、光沢度、付着力）を定期的に計測調査する「定点塗膜調査」の3つから構成しています。なお、塗膜基本点検時に発見された塗膜変状は、原則としてその場でスプレー等により応急補修を行うことを規定しています。（図-3）

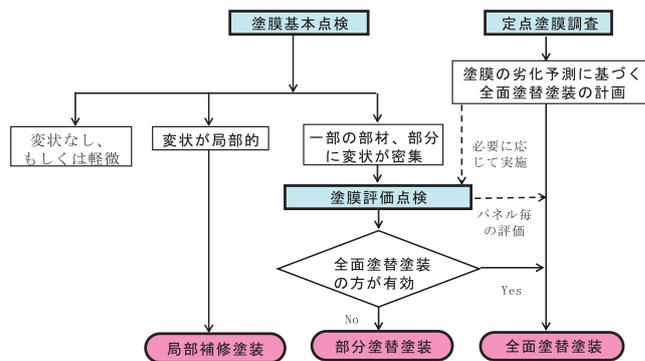


図-3 塗装の管理フロー

上塗り・中塗り塗膜の消耗量は、塗膜を微破壊採取し、走査型電子顕微鏡（SEM）による断面写真から直接測定しています。（写真-2）

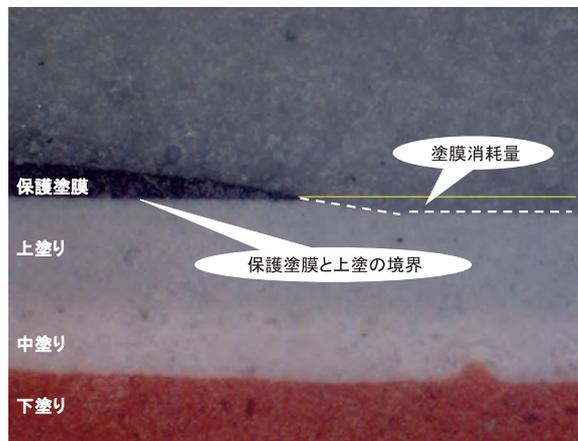


写真-2 SEMによる塗膜断面写真

塗替時期は、定点塗膜調査の上塗り・中塗りの塗膜消耗量から消耗速度（ $\mu\text{m}/\text{年}$ ）を算定し、無機ジンクを保護している下塗りが露出する時期を予測します。（図-4）

一方、これまでの陸上部橋梁等の一般的塗装系は、鋼板からの錆・はく離と表面からの紫外線等による消耗が同時発生します。このため、予防保全は難しく、下地～上塗りまでの全塗膜を除去し塗替える事後保全が行われてきましたが、錆除去など現場での素地調整の難しさから塗替えを重ねるごとに塗替期間が短くなっていました。

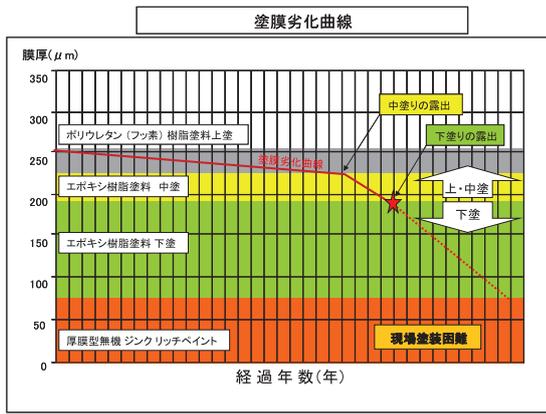


図-4 塗膜劣化曲線作成例

なお、「鋼道路橋塗装・防食便覧」（日本道路協会、平成17年12月）では、それまでの「鋼道路橋塗装便覧」の内容の見直しとともに、塗装以外の防食技術も追加され、新設塗装及び塗替塗装とも、重防食塗装系が標準仕様として定められました。

JB本四高速の「一般橋梁塗替塗装要領」も重防食塗装系に改訂しました。

4. コンクリート構造物の管理

一般的に、コンクリート構造物の劣化は、中性化、塩害、凍害、アルカリ骨材反応、化学的浸食等があります。これまでの調査で、本州四国連絡橋のコンクリート構造物の変状は、ほとんどが塩害であることが分かっています。

JB本四高速では、橋梁の基本点検に合わせて非破壊（微破壊）検査を行い、さらに、これらの調査結果に基づいた劣化予測により補修時期・補修方法を

判断することにより、鉄筋腐食等が顕在化する前に補修し、LCCの最小化と長寿命化を図ります。

調査項目は、鉄筋かぶり、鋼材（鉄筋など）腐食、塩分含有量、及び中性化深さの4項目とし、調査頻度は、塩害環境により5～10年としています。

鉄筋かぶりは、コンクリート構造物の耐久性に及ぼす重要な影響因子です。鉄筋かぶりは、1箇所あたり1m²程度を対象に主鉄筋・配力鉄筋のかぶりを電磁波反射法（RCレーダー）で測定します。測定は、事前に完成図書から設計かぶり、鉄筋径及び鉄筋間隔を調査しておき測定の精度向上を図っています。

鋼材腐食は、自然電位の測定を基本に、必要により鋼材のはつりだしによる目視調査を行います。

塩分含有量は、点検範囲内の2箇所以上で、φ30mm程度のドリルにより削孔し、コンクリート表面から深さ方向に等間隔20mm毎に鉄筋位置まで、その孔から10gずつ合計20gの削孔粉を採取します。



写真-3 RCレーダーによる鉄筋かぶり調査



写真-4 ドリルによる削孔粉の採取

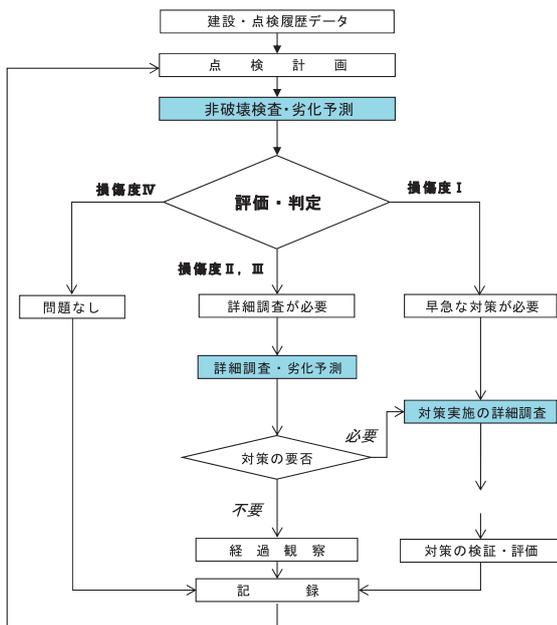
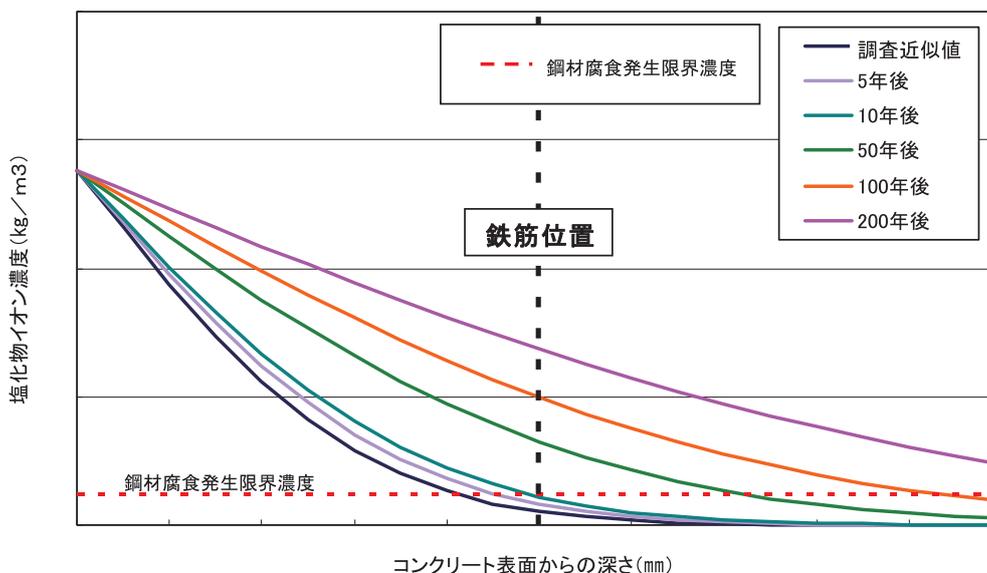


図-5 コンクリート構造物の管理フロー



図—6 塩化物イオンの浸透予測例

その削孔粉から全塩分量（NaCl換算）を電位差滴定法で測定します。

中性化深さは、塩分含有量測定で使用したドリル穴又は、自然電位を測定した鋼材のはつり出し断面にフェノールフタレインアルコール溶液を吹付けて測定します。

調査結果の評価・判定は、調査項目毎に鉄筋位置における塩分含有量、鉄筋かぶりに対する中性化深さ、鋼材の自然電位により各々損傷度をⅠ～Ⅳの4段階で判定し、損傷度の最も厳しい調査項目の損傷度をもってその構造物の総合評価としています。

中性化の劣化予測は、調査により得られた中性化深さと調査時点の完成後からの経過年数により中性化速度係数 α を算定し、将来の中性化深さを予測します。

塩害の劣化予測は、塩化物イオンの浸透予測を行います。図—6に塩化物イオンの浸透予測例を示します。フィックの拡散方程式により、調査により得られた塩化物イオン濃度分布（調査近似値）から表面塩分量と拡散係数を算定し、実測鉄筋位置における将来にわたる塩化物イオン量を予測します。JB本四高速では、200年後までの予測を行っています。

塩害対策は、鉄筋の腐食の有無により補修費に大きな差がでます。鉄筋が腐食する前に予防保全を行うことが重要です。補修は、塩化物イオンの浸透予測に、鋼材腐食限界濃度を設定し判断します。

5. おわりに

本州四国連絡橋は、ここに紹介した以外にも吊橋主ケーブル送気乾燥システム、ハンガーロープの全磁束法による非破壊検査など独自開発技術による予防保全を行っています。

JB本四高速は、「200年以上の長期にわたり利用される橋をめざし、万全な維持管理に努めます。」を経営理念の一つとしています。

今後とも、これまでの維持管理を基盤に、LCCの最小化とともに構造物の長寿命化を図ることができるとともに、予防保全の進化・確立に努めることが必要と考えています。

フランスにおける道路構造物の管理システム（BMS）

Nathalie Odent

French Ministry for Ecology and Sustainable Development

SETRA

1. 道路ネットワークにおける構造物に関して

フランスにおける道路（幹線道路である国道とそれ以外の道路を合わせて）には合計11,757橋の橋梁があり、橋床の合計面積は510万m²（2007年12月時点）、擁壁の数は5,000近くに達する。またBMSは橋梁と擁壁関連についてのみ開発されているが、遮音壁や標識類に関しては、まだ台帳さえ作成されていない。

国道に設置されたこれらの構造物の資産は約60億ユーロ（約7,200億円：1ユーロ＝120円で計算、以下同）であり、いずれ、舗装に関しても計上される予定である。

橋梁の構造タイプ別の区分は以下のとおりである。

- ・ PC構造：245万m²
- ・ RC構造：132万m²
- ・ 鋼構造：8万m²
- ・ 鋼とコンクリートの複合構造：62万m²
- ・ 石造構造：16万m²
- ・ コンクリート製カルバート：20万m²
- ・ 鋼製カルバート：16万m²
- ・ その他（斜張橋、アーチ橋、ストラット付きの橋、可動橋等）：11万m²

2. 道路の管理組織に関して

フランスの道路ネットワークは政府が所有している。

これらの道路ネットワークの維持管理は11の地方道路局（DIR）が担当（図-1）しているが、維持管理に関わる方針の決定と経費の負担に関しては、環境、エネルギー、環境維持開発及び計画省（Ministry of ecology, energy, sustainable development and planning）の交通施設局（DIT）で行われている。

維持管理方針に関わる会議が、毎年、交通施設局

と11の地方道路局との間で行われるが、その際、その年の達成目標とその手法に関する議論が行われる。

3. BMSに関して

(1) BMSの目的

フランスでは、BMSは中央と地方の二つのレベルで行われているが、短中期的には変化してきている。

BMSのデータは、地方道路局（DIR）と交通施設局（DIT）との間で共有されている。これらのデータは、11の地域に分類された上で一つのデータベースとして保存されており、中央政府においても利用が可能である。

ここでやりとりが行われるデータは、橋梁と擁壁の状態に関するデータであり、これらのデータからは、地方ごと、あるいは全国レベルで、補修の必要性の判断、あるいは補修を実施する場合の優先順位付けをする際の評価、さらには補修に必要な事業費等の根拠を示すこともできる。また、これらのデータに基づいて、補修を行うべき箇所の予測調査を行うこともできる。

(2) BMSの構成と開発、予定

フランスのBMSは、ボトムアップ・タイプである。

地方道路局（DIR）は、橋梁や擁壁のデータを記録するためLagoraと呼ばれるソフトウェアを使っている。記録されているデータの内容は下記のとおりである。

- ・ 道路上の正確な位置
- ・ 交差物件の種類
- ・ 所有者、管理者
- ・ 構造物の種類
- ・ 規模
- ・ 築年数



図-1 道路ネットワークを管理する11の地方道路局

- ・ 荷重
- ・ 付属物
- ・ 各種の調査やモニタリングの結果
- ・ 数年にわたる状態の評価 (IQOA*：表-1)
- ・ 計画中及び実施済みの補修工事とその費用

*IQOA：構造物の外見から状態を評価する方法
(Image Qualité Ouvrages d'Art)

橋梁に関しては1996年から、擁壁に関しては2002年からIQOAにデータが記録されている。また、IQOAを用いた構造物の状態評価は、3年ごとに実施されている。

(3) データベース

毎年撮影された写真データが、Lagoraに記録されるとともに交通施設局 (DIT) に送られる。このデータは、統計報告書の作成や構造物の状態変化の追

跡のために、Sétra (道路、橋梁及び輸送に関する技術研究機関) によって分析・調査される。

交通施設局 (DIT) では、こうした報告書を基に各地方道路局 (DIR) に補修のための予算を割り振るとともに、地方道路局 (DIR) との間で補修に関わる目標や方法について議論を行う。

表-1 IQOAによる評価

評価	外見上の状態
1	総合的に良好な状態
2	設備の欠陥や構造物の軽微な損傷。急を要さない保守が必要。
2E	設備や防護工の機能不全または構造物の軽微な損傷。緊急に保守を必要とする。
3	構造物の劣化。急を要さない保守が必要。
3U	構造物の重大な劣化。緊急に保守を必要とする。

4. 評価に関わる調査等に関して

(1) 点検について

点検は主に目視で行っているが、計測機器を使う場合もある（写真-1～3参照）。「中央当局によって行われる構造物管理のための点検は、ITSEOA 79「土木構造物の調査と維持管理に関する技術指針（*Instruction Technique pour la Surveillance et l'Entretien des Ouvrages d'Art*）（1995年12月、一部改訂）」によって規定された以下の3つのレベルで行われている。

- ・ 日常点検
- ・ 定期点検
- ・ 特別点検（高精度で綿密な点検）

日常点検は、日常業務の一環として管理当局の全ての職員によっておこなわれている。これは一種の「定例的な点検」で、その目的は、明らかな変状が発生していないかを、2回の定期点検の間に確認することである。



写真-1 点検車による点検の状況

定期点検に含まれるのは、毎年行われる点検、3年ごとに行われる評価のための点検、及び詳細点検である。また、構造物の基準状態を定めるために最初に行われる詳細点検や、重大な事象の発生後に行われる例外的な詳細点検など、特別な点検が行われることもある。〔1〕

(2) 構造物の状態の評価について

構造物の評価を行うための点検は3年ごとに行われている。この方法はIQOA（Image Quality of Engineering Structures）と呼ばれている。橋梁の各構成部材にはIQOAによる等級が付けられ、この等級はLagoraのデータベースに記録される。この格付けシステムでは、個々の損傷の評価が行われる。

橋梁の各構成部材の等級とは、最も重大で単純な損傷がある部材の等級である。橋梁の等級とは、最も重大な影響を与える構成部材の等級である。これはとても悲観的な方法となっているが、局部的ではあるが重大な構造上の問題を見逃すことを防いでくれる。



写真-2 鋼桁への衝突痕



写真-3 コンクリート桁に生じている遊離石灰

各種の点検の結果、構造物は「正常」（または「外見上は正常」）、「欠陥が疑われる」、「欠陥がある」のいずれかに分類される。その結果、それぞれの構造物に想定されるリスクに応じて、様々な対応が必要となる。これには、高精度で綿密な調査、緊急の安全対策あるいは保全措置、そして広範囲な研究や、専門的な評価を行うための試験や（再）計算の実施などがある。

橋梁の管理者は、橋梁が供用可能な状態にあるかを常に把握しておかなければならない。したがって、以下の点を考慮した評価を定期的に行う必要がある。

- 道路交通の安全レベル（たとえば、歩行者用のガードレールや自動車用防護柵といった安全システムの有無・有効性・状態）
- 交通要件が守られているか（たとえば車道の幅）
- 偶発的な作用に対する抵抗（たとえば地震や構造物への衝突事故）
- 耐荷力（たとえば通常または異常な交通の場合）

また、以下のことを含めて、様々な状況下での橋梁の状態を見極める必要がある。

- 建設中または供用中に危険要因が発見された場合。
- 設計上の欠陥や不適切な施工に関する訴訟との関連で、プロジェクト・マネージャー、橋梁管理者、コンサルタント、建設請負業者を含む利害関係者の責任を調査する場合。
- 新しくより効率的な安全システムの設置によって、利用者の安全を確保する必要がある場合。
- 遮音壁を設ける場合。
- 基準外の自動車荷重（民事用または軍用）という特別なカテゴリーへと道路のグレードアップをおこなう場合。これは主に、超大型または重荷重に関するものである。
- 重い、幅の広い、長い、高い等の基準外の荷重を同時に通行させる場合。
- 橋梁の計画時点では見込まれていなかった路面電車を通す場合。
- 拡張プロジェクトを検討する場合。

- 以下の事項を含めて、橋梁の設計には見込まれていなかった作用を考慮に入れる場合。
 - 貨物自動車が橋脚に衝突する場合（橋脚の補強は、フランス政府の許可のもと、高速道路と国道のそれぞれのネットワーク上で進められている）。
 - 地震の影響。
 - 近接して建設された他の橋梁によって発生する乱気流の影響。

(3) 追加の調査について

ここで、いくつかの手法を定義する。

試験
構造物の欠陥を診断し、可能な場合は欠陥の進展を予測することを目的として、構造物の実際の状態をより詳しく確認するためにおこなう。通常は高度な専門技術を用いて特別な計測と試験を組み合わせで行う。
監視の強化
監視の強化の目的は、構造物の変化を一定期間の間、綿密にフォローすることである。 <ul style="list-style-type: none"> ● もっとも一般的なものは、異常な変化を発見することである。 ● あるいは、試験では欠陥の原因が正確には明らかに出来ない場合、また調査では正確な状態を評価出来ない場合等に、問題をより正確に特定し、構造物の挙動を正確に評価することである。
精密な監視
予め定められていた安全対策を直ちに実施するため、構造物に損傷の徴候が現れていないかを非常に短い頻度で調べることである。〔1〕

5. 構造物ごとの維持管理計画に関して

IQOA法によって整理された損傷一覧を利用すれば、道路の管理担当者は構造物のタイプごとに発見された欠陥を確認することが出来る。

結果はすぐに報告書に記録されるとともに、直ちに携帯型PCを使って全てのデータをLagoraデータベースに送信することとなっている。

IQOAによる評価の結果は、管理担当者が補修の

優先順位を決定する際に利用される。評価が最低の構造物があった場合、管理担当者は対象となる橋梁や擁壁の状態を適切に診断するため、詳細な検査と調査に関する計画の立案を行う。

6. ネットワークレベルでの維持管理計画に関して

補修の費用と建設の費用に関するデータベースがあるため、補修を行うか新設するかの比較検討を行う際に利用することが出来る。またこれにより、補修の前と後の橋梁の価値が算定されるとともに、費用対効果によって優先順位が付けられ、当該構造物の補修または管理に必要な費用が算定される。

7. BMSの利用に関して

(1) 費用について

主要な道路ネットワーク上の全ての構造物に関するBMSのデータを更新するために2人が従事している。なお、この更新に関わる費用には、検査に要する費用は含まれていない。

(2) BMSデータについて

Lagoraは、2007年に11の地方道路局が設置されて以来、各地方道路局で使われているが、それ以前は100近くの地方自治体で使われており、データの移転が不可欠であった。

このソフトウェアは、利用者の要求に応えられ

るよう常に改良されている。またこのツールの強みは、データを地方と中央との間で共有できることである。

(3) BMSの利用による利点

BMSはより効率的で効果的な維持管理計画の策定に有効である。BMSの必要性が徐々に高まっているのは、フランスの道路ネットワーク上の橋梁の経年劣化が進んでいるからである。

維持管理に関わる予算は約5,000万ユーロ（約60億円）であり、適切に執行する必要があるが、BMSを利用することで有効な予算執行が可能となる。

(4) 研究の必要性について

- ・点検の手順、点検手法（例えば非破壊検査）
- ・新しい構造物と既存の構造物に関するリスク分析
- ・実際の耐荷力を評価する手順の開発

(5) BMSとPMS（舗装管理システム）の組合せ

Lagoraデータベースは、現在開発中のより大きな道路管理システムに、今後統合される予定である。

【参考文献】

- [1] Anglo-French liaison report - Highways Agency, Service d'Etudes sur les Routes et Autoroutes, Transport Research Laboratory, Laboratoire Central des Ponts et Chaussées, 2005.

（ 監訳：（財）海洋架橋・橋梁調査会 加島 聡
 翻訳：（財）海洋架橋・橋梁調査会 後藤 敦 ）

橋梁簡易洗浄装置の開発

北陸支部では、平成17年度から自主研究の課題として、日常の維持管理時、橋梁点検時などに活用できるコンパクトな橋梁洗浄装置の開発に、建設機械開発コンサルタントおよび道路維持会社と共同で取り組んできた。

1. 開発の目的

橋梁の狭隘な支承周りや桁端部、伸縮装置、排水施設などに堆積する土砂や飛来塩分などは、鋼部材の腐食や機能劣化など局部損傷の大きな要因となり、また点検箇所の実状確認が難しい場合が多く、正確な点検や診断を進めていく上で障害となっている。

点検・診断の立場から、土砂が堆積している排水ますや支承部周辺を洗浄するコンパクトな装置を日常の予防保全策として活用できれば、以下の効果を期待できる。

- ① 腐食などの損傷の要因が除去できることで、橋梁保全水準の向上、および橋梁の延命化に寄与できる
- ② 橋梁構造物の点検・検査の精度向上を図ることができる

このため、装置の機動性、操作性、施工性などに着目しこの橋梁簡易洗浄装置の開発が進められた。

2. 装置の特徴

この装置の主な特徴は以下のとおりである。

1) 軽トラック搭載できるコンパクトな機器

高圧ポンプ、エンジン、給水ポンプ、フィルターなどの機器をコンパクトに構成し、給水ポンプによる自給機能を装備したことで、この装置を搭載した軽トラックを路肩や歩道部に駐車させ、多くの場合車線規制を伴わず交通規制を最小限とすることができる。また、装置単独でも自在に手押し移動を可能とした。

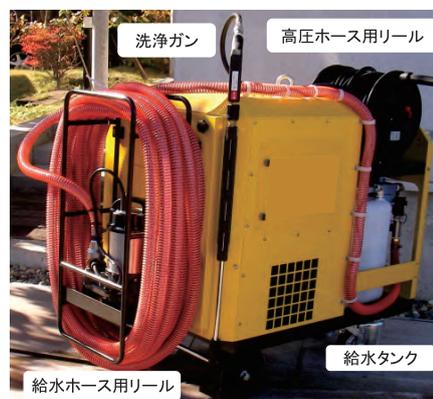


写真-1 橋梁簡易洗浄装置（全景）



写真-2 橋梁簡易洗浄装置（側面）



写真-3 トラックに搭載した橋梁洗浄装置
(幅：0.65m、長さ：1.2m、高さ：1.0m、重量 250kg)

2) 河川水の使用

洗浄水を確保する給水タンクを使用せず、この装置に特殊フィルターを装備し、河川水など自然水を高圧ポンプで供給するシステムとした。



写真-4 支承周りの洗浄



写真-5 排水ますの洗浄



写真-6 トラス部材格点部の洗浄



図-1 簡易橋梁洗浄装置の給水システム（模式図）

3. 今後の課題

平成18年度に新潟県内の鋼桁橋・鋼トラス橋でのフィールド試験により、現場適応性や性能の改善を重ねた結果、実用化することができた。

既に実橋などでの使用実績があるが、今後さらに実績を重ねていき、洗浄装置本体及び施工法の改善

を図ることで、供用中の橋梁の保全の効率化に寄与していきたい。

橋梁簡易洗浄装置による洗浄工法は、新技術活用システム（NETIS）に登録されている。

新技術活用システム（NETIS） HR-070021-A

（北陸支部 橋梁部次長 原崎郁夫）

デジタル画像によるコンクリートひびわれ解析の研究

1. 目的

橋梁の点検において、コンクリート部材のひびわれについては近接目視によりひびわれ幅、ひびわれ方向、ひびわれ間隔、ひびわれパターンなどを確認し、損傷程度の区分を評価することとしている。

損傷としてのひびわれは点検調書の一つである損傷図に記入することになるが、この作業は専ら手作業によっている。そのためコンクリート床版については、ひびわれパターンが複雑になることが多いため、正確な記録を残そうとすると現地で長時間を要してしまうことになる。

実際の点検調書では、複雑なひびわれパターンについては簡略化した損傷図なども散見されるが、補修計画などのために詳細な検討を行う場合には、資料としては不適切である。

このような複雑なひびわれに対して、正確なひびわれ性状の写真を損傷図の代わりに用いることができると、損傷程度の評価の正確さが増し、かつ現地での省力化も図ることができる。

2. ひびわれ解析システムの選定

デジタル画像によるコンクリートひびわれ解析の検討に当たり、実際にひびわれ調査に使用されているデジタルカメラやトランシット等を用いたシステム、解析ソフトなどを比較検討した。その結果は一長一短と言えるものであったが、特に橋梁点検に用いるという観点から、以下のシステムを採用した。

1) カメラ関連

- ・デジタル一眼レフカメラ：
ニコン D80 (有効画素数 1,020万画素)
- ・望遠ズームレンズ：
ニコン AF-S VR Zoom Nikkor ED
70-300mm F4.5-5.6G (IF)
(焦点距離70-300mm, ズーム比約4.3倍)

2) 解析ソフト関連

- ・画像自動合成ソフトウェア「SISitcher」
(株式会社ファースト)

- ・コンクリート構造物ひびわれ画像自動抽出ソフトウェア「CFTracing」
(株式会社ファースト)
- ・写真編集ソフトウェア「Adobe Photoshop CS3」
(アドビシステムズ社)

3. 検討内容

実際の橋梁を対象にして、コンクリート床版および橋台のひびわれ解析を行った。そのときの現場撮影作業状況を写真-1に示す。また、コンクリート床版の解析事例を図-1に、橋台の解析事例を図-2に示す。



写真-1 現場撮影作業状況

4. まとめ

デジタル画像によるコンクリート床版のひびわれ解析の結果を以下に示す。

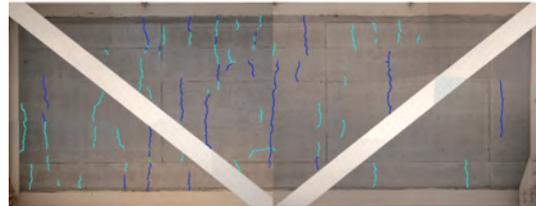
1) 長所

- ① ひびわれ幅、ひびわれ間隔、ひびわれパターンなどについて、手作業による記録に比べ、格段に正確なデータを得ることができる。
- ② ひびわれ幅毎の表示を、色を変えて示すことが容易にできるため、維持管理上便利である。
- ③ ひびわれ幅毎のひびわれ長さの集計が短時間で可能であるため、維持管理上便利である。
- ④ 期間をおいて撮影すると、それらを重ね合わせるにより、ひびわれの進展状況が容易に明らかとなる。したがって、アルカリ骨材



(a) 原画像

点検調査内容
 床版ひびわれ：損傷程度区分 b
 ひびわれ幅：0.1mm以下が主
 ひびわれ性状：1方向が主



(b) 原画像+ひびわれ図

ひびわれ幅 b の凡例	
$b < 0.1\text{mm}$	— (Cyan)
$0.1 \leq b < 0.2\text{mm}$	— (Blue)
$0.2 \leq b < 0.3\text{mm}$	— (Green)

図一 コンクリート床版のひびわれ解析の事例（パネルサイズ 2,500×5,600mm）



図二 橋台のひびわれ解析の事例

ひびわれ幅の凡例	
最細	0.1mm ~ 0.2mm
細	0.2mm ~ 0.3mm
中	0.3mm ~ 0.5mm
太	0.5mm ~ 1.0mm

反応や塩害、あるいは交通荷重によるひびわれの進展調査に用いると、ひびわれの経年変化の正確な判断が可能となる。

2) 今後の課題

- ① ひびわれ幅の小さなものまで記録する場合は、撮影範囲を小さく限定する必要がある。すなわち同一の撮影対象について、必然的に撮影枚数が増えることとなる。現行の橋梁定期点検要領（案）¹⁾においては、最大ひびわれ幅が0.05mmのような小さな値までも評価区分の判定基準としている。そのため、これらのひびわれ幅を正確に記録するためには、比較的近い箇所からの撮影、あるいはズームアップによる撮影などが必要となる。
- ② 各径間毎に損傷図を作成する必要があるが、多数の画像を合成して対象パネル全体の画像を作成する場合に、若干の熟練を要する。

- ③ ひびわれ幅の解析においては、コンクリート表面の汚れ、型枠跡の線、サインペンによるマーキングなどもひびわれと同じように表示される。これらひびわれ以外の表示をあらかじめ除去する作業などに若干の熟練を要する。
- ④ 損傷図の代わりにデジタル画像を用いる場合、点検調査作成要領の変更が必要となる。

現状では、デジタル画像によるコンクリートひびわれ解析結果を直ちに橋梁定期点検などに適用するためには、幾つかの課題を解決しなければならない。しかし、これらの解析ソフトや先端機器を活用していくことにより、正確な損傷データが得られ、また今後の省力化に貢献することになると考えられる。

<参考文献>

- 1) 国土交通省 国道・防災課：橋梁定期点検要領(案)、平成16年3月

(研究部 研究課専門役 秋山 寿行)

平成20年度に実施した点検研修と 検査研修

(財) 海洋架橋・橋梁調査会では橋梁保全技術の向上を目的とする事業の一環として、毎年、橋梁点検・検査に関する「技術研修」を実施しています。

「技術研修」は、橋梁点検に携わる技術者が定期点検に必要な技術を習得することを目的として行われる「橋梁点検技術研修」、および橋梁点検結果と現地踏査に基づいて橋梁構造の損傷状態に関する区分判定とその所見をまとめ、これに対する処方方を提案するために必要な検査（診断）技術を習得することを目的とした「橋梁検査技術研修」の二つです。

平成20年度に実施したこれら二つの「技術研修」の概要について紹介いたします。

1. 橋梁点検技術研修

この研修は、国土交通省の「橋梁定期点検要領（案）」に基づき、主に国土交通省が管理する直轄国道の橋梁の点検に携わる技術者を対象として実施されています。平成20年度の橋梁点検研修会は表-1に示すように、4月から10月にかけて合計6回実施され、橋梁点検業務に携わる道路管理者および民間技術者から、広く受講者を募っています。なお、第43回と第44回は道路管理者のみを対象としました。

近年、社会資本の維持・保全への関心から応募者が増加し、平成20年度は全体で1,928名の応募がありました。

この研修の大きな特徴は、室内講義の他に、実橋の現地研修において点検作業車を用いた近接目視により損傷を確認し、点検調書に記録する訓練を行うことにあり、受講者から好評を頂いています。



写真-1 現地点検研修 (1)



写真-2 現地点検研修 (2)

研修期間は3日間で、表-2の研修プログラムに示されるように、橋梁点検の概要、点検要領の解説、橋梁の補修・補強などの講義および現地実習を行っています。

表-1 平成20年度 橋梁点検技術研修会 開催日

研修会名	日時	受講対象者	受講者数
第42回 橋梁点検技術研修会	4月15日～4月17日	民間・道路管理者	165
第43回 橋梁点検技術研修会	6月17日～6月19日	道路管理者のみ	119
第44回 橋梁点検技術研修会	6月24日～6月26日	道路管理者のみ	87
第45回 橋梁点検技術研修会	7月29日～7月31日	民間・道路管理者	175
第46回 橋梁点検技術研修会	9月16日～9月18日	民間・道路管理者	178
第47回 橋梁点検技術研修会	10月28日～10月30日	民間・道路管理者	107
合計			831

表-2 平成20年度 橋梁点検技術研修プログラム

日程	内容	備考
第1日目	<ul style="list-style-type: none"> ・橋梁の現況と橋梁点検一般 ・橋梁定期点検要領(案)の解説 ・「損傷評価基準」(付録1)の解説 ・「点検結果の記入要領」(付録3)の解説 - 点検調書(その1~9) - 	講義 講義 講義 講義
第2日目	<ul style="list-style-type: none"> ・鋼橋の点検(RC床版を含む) ・コンクリート橋の点検(下部工を含む) ・「対策区分判定要領」(付録2)の解説 - 点検調書(その1、1Q、11) - ・現地研修(実橋の点検) 	講義 講義 講義 現地橋梁点検
第3日目	<ul style="list-style-type: none"> ・試験(現地研修 点検結果の整理) ・「点検結果」の解説 ・橋梁の補修・補強(鋼橋) ・橋梁の補修・補強(コンクリート橋) ・試験(橋梁構造の基本知識) 	筆記試験 講義 講義 講義 筆記試験

橋梁検査(診断)業務とは橋梁の点検結果を受けて、上記の「橋梁定期点検要領(案)」に基づく対策区分を判定し、その損傷原因や進行状況および対策の必要性に関する所見を示し、補修・補強計画についての提案や支援を行う業務です。従って、橋梁の設計、施工、使用材料、および構造など、橋梁全般に亘る深い見識が求められ、当調査会が現在、その業務にあたっています。

最終日には現地研修での点検結果の整理についての試験と、橋梁構造の基本知識を問う試験を実施し、これら試験の合格者には「修了証」が交付されます。平成20年度は831名が受講し732名の方が「修了証」の交付を受けています。

なお、点検要領に基づく点検を行う場合には、この研修を受講し、「修了証」の交付を受けている必要があります。

2. 橋梁検査技術研修

この研修は国土交通省の「橋梁定期点検要領(案)」に基づく区分判定を行う技術者の養成を目的とした研修であり、修了後は橋梁検査(診断)業務に従事します。

研修内容は表-3の研修プログラムに示すように、前期3日間、後期2日間で行われ、検査(診断)の考え方や検査実務、橋種による特有な損傷とその補修・補強技術、詳細調査や追跡調査方法、橋梁保全の目的と考え方などの講義を受けます。また、前・後期研修の間には、各受講生が選定した橋梁について点検の上、点検調書を作成し区分判定を行います。そして、所見をまとめ、後期にその事例を発表し、講師の指導のもと受講生全員で議論します。

当調査会が橋梁の検査(診断)を実施する場合には、前記点検研修に合格していることはもとより、この検査研修を修了していることを義務づけています。

平成20年度は28名がこの橋梁検査技術研修を修了し、既に橋梁検査業務に従事しています。

表-3 平成20年度 橋梁検査技術研修プログラム

日程	内容
(前期) 3日間	<ul style="list-style-type: none"> ・橋梁定期点検における検査の考え方 ・橋梁検査の現状 ・損傷に対応した詳細調査・追跡調査の方法(鋼橋とコンクリート橋) ・橋梁検査の実務(橋梁検査と橋梁管理カルテ) ・橋梁検査の実務(橋梁診断) ・橋梁保全の目的と考え方 ・実橋の現地点検および検査(鋼橋、コンクリート橋) ・非破壊検査技術(疲労)実習
(前期と後期の間)	<ul style="list-style-type: none"> ・点検・検査の実習(各自、調査を実施)
(後期) 2日間	<ul style="list-style-type: none"> ・RC床版の損傷と補修・補強 ・既設橋と道路橋示方書 ・コンクリート橋の損傷と補修・補強(塩害) ・コンクリート橋の損傷と補修・補強(アルカリ骨材反応) ・鋼橋の損傷と補修・補強(疲労) ・鋼橋の損傷と補修・補強(塗装) ・各受講生による事例発表(受講生全員)

(研究部 研究課長 柳田聖一)

橋梁研究開発助成等について

1. 橋梁研究開発基金の運用について

海洋架橋・橋梁調査会では、平成20年度から橋梁研究開発基金（以下「基金」という。）の運営を以下のよう

1. 目的

基金の運営は、橋梁技術に関する研究開発に従事する者に対して助成を行い、もって人材の育成に資することを目的として行うものとする。

2. 運営方針

(1) 助成対象

- ①橋梁技術に関する研究開発についての計画を公募し、優秀計画と認められる応募者に対して、当該研究開発に要する費用の一部を助成する。
- ②国際会議において発表する予定の橋梁技術に関する論文を公募し、優秀論文と認められる応募者に対して、当該論文を発表するための当該国際会議への参加に要する費用の一部を助成する。

(2) 選定方法

優秀論文及び優秀計画の選定は、外部の学識経験者数名からなる選定委員会の審査を経て、理事長が行う。

(3) その他

上記のほか、基金の運営に関し必要な事項は、理事長が定める。

2. 平成20年度の橋梁研究開発助成について

上記に基づいて、平成20年度の運営において、「橋梁技術に関する研究開発助成」及び「国際会議等への参加に関する助成」の募集を行いました。

また、助成対象者の選定にあたり、橋梁研究開発助成等審査委員会（東京大学・埼玉大学 伊藤 学名誉教授、芝浦工業大学 魚本 健人教授、東京大学 藤野 陽三教授）を設け、審査委員会での審査を経て、それぞれの助成が決定しました。

平成20年度の募集概要、選定結果は以下の通りとなりました。

橋梁技術に関する研究開発助成について（概要）

橋梁技術に関する研究開発についての計画を公募し、優秀研究計画と認められる応募者に対して、当該研究開発に要する費用の一部を助成。

募集概要

- 公募期間：平成20年8月1日（金）～平成20年9月26日（金）
- 助成期間：決定通知のあった日の翌日～原則として約1年間程度
- 助成金額：助成額は1件につき原則として150万円以内とし、今年度の助成件数は1件。

選定結果

中村一史氏（首都大学東京 大学院 都市環境科学研究科 都市基盤工学専攻 助教）から提出された研究計画に助成することに決定しました。

- ・研究計画：「CFRP板接着による疲労き裂補修工法の実用化に向けた開発研究」
- ・助成金額：149.5万円
- ・研究期間：平成20年10月～平成21年12月

国際会議への参加に関する助成について（概要）

橋梁技術に関する国際会議において研究等の発表のために渡航する方に対し、その渡航に係る費用等を助成。

募集概要

■公募期間：平成20年8月1日（金）～平成20年8月29日（金）

■対象とする国際会議：平成20年度分の募集は下記が対象。

- (1) IABSE Congress on Creating and Renewing Urban Structures, 米国
- (2) 24th US-JAPAN Bridge Engineering Workshop, 米国
- (3) 14th World Conference on Earthquake Engineering, 中国
- (4) 3rd North American Concrete on the Design and Use of Self-Consolidating Concrete, 米国
- (5) Asian Concrete Federation, 3rd International Conference in Vietnam, ベトナム
- (6) 1st American Segment Bridge Institute, International Symposium, 米国
- (7) 11th East Asia-Pacific Conference on Structural Engineering & Construction, 台湾

■助成金額：平成20年度の助成総額は50万円程度とし、次の額を限度として助成。

- ①南米、アフリカ：300,000円
- ②北米、オセアニア、ヨーロッパ：200,000円
- ③アジア：150,000円

選定結果

以下の3名の方（五十音順）に助成することに決定しました。（各20万円）

①中村 俊一氏（東海大学 工学部 土木工学科 教授）

参加学会：IABSE Congress on Creating and Renewing Urban Structures, 米国

発表論文：Strength of Corroded Bridge Wires and Repair Methods

②山口 栄輝氏（九州工業大学大学院 工学研究院 建設社会工学研究系 教授）

参加学会：24th US-JAPAN Bridge Engineering Workshop, 米国

発表論文：A Proposal for Maintenance Manual of Weathering Steel Bridges

③山口 統央氏（鹿島建設(株)土木設計本部 プロジェクト設計部 橋梁Gr 設計主査）

参加学会：24th US-JAPAN Bridge Engineering Workshop, 米国

発表論文：Jointless Prestressed Concrete Viaduct Using Engineered Cementitious Composite

平成21年度「橋梁技術に関する研究開発助成」及び「国際会議への参加に関する助成」の募集については、当調査会ホームページ（<http://www.jbec.or.jp/>）をご覧ください。

（企画部）

「道路橋の補修・補強計算例」 の発刊

近年、社会基盤整備の分野においても「アセットマネジメント」の考え方が取り入れられるようになり、耐震補強などの緊急対策の実施、補修補強計画に基づく適時適切な対策の実施など、橋梁の補修補強が多数実施されるようになってきました。しかし、橋梁の補修補強の設計については、新設橋の設計と異なり、定式化された指針やマニュアルも整備されておらず、個別の事例ごとに担当技術者が検討、工夫し、場合によっては悩むことも多いのが実情のようです。

このような背景の中で、この度、橋梁上下部工の補修補強を対象とした設計計算例を、(財)道路保全技術センター及び(財)海洋架橋・橋梁調査会が中心となってまとめることができました。内容は、鋼上部工、コンクリート上部工、下部工、基礎工、支承・高欄等と、ほぼ一般橋梁の構造全体をカバーするようにとりまとめました。

なお、本書は当初、2007年12月に旧(株)山海堂より出版されましたが、その直後に同社が営業を停止したため、刊行が停止されました。そこでこの度、当初の版をそのままに、(株)鹿島出版会より改めて本書を発刊することとなりました。

本書が橋梁の補修補強に携わる多くの技術者に利用され、わが国の橋梁技術の一層の向上に貢献することが出来れば幸いです。



第1章 鋼橋上部工

1. 1 増し桁によるプレートガーダー橋の拡幅
1. 2 主桁、床版を連結するプレートガーダー橋の連結化
1. 3 床版取替に伴うプレートガーダー橋主桁の補強
1. 4 当て板補強による桁端切欠き部の補強
1. 5 縦桁増設によるRC床版の補強

第2章 コンクリート橋上部工

2. 1 外ケーブルによるPCT桁橋主桁の補強
2. 2 炭素繊維シート接着によるPCT桁橋主桁の補強
2. 3 吊り桁支持工法によるゲルバーヒンジ部の補強
2. 4 上面増厚によるPC床版の補強
2. 5 下面増厚による片持ち床版の補強
2. 6 鋼板接着によるRC床版の補強

第3章 下部工

3. 1 コンクリート巻立てによる橋脚の耐震補強
3. 2 鋼板巻立てによる橋脚の耐震補強
3. 3 繊維材巻立てによる橋脚の耐震補強

第4章 基礎工

4. 1 鋼板圧入補強によるパイルベント橋脚の耐震補強
4. 2 増し杭による杭基礎の耐震補強
4. 3 高耐力マイクロパイルによる杭基礎の耐震補強
4. 4 STマイクロパイルによる杭基礎の耐震補強

第5章 支承・落橋防止装置・地覆

5. 1 支承部の変状対策
5. 2 上部構造と下部構造を連結する落橋防止対策
5. 3 地覆・防護柵の機能改善

編集委員会(幹事及び委員は執筆者。委員は50音順)

- 委員長 吉田 好孝、(財)海洋架橋・橋梁調査会 研究部長
 幹事 橋 修、昭和コンクリート工業(株)開発部開発課長
 委員 赤坂 保彦、(株)ニュージェック
 九州支店道路グループ
 猪八重 由之、(株)東急レールウェイサービス
 テクニカル事業部
 梅田 聡、川崎重工業(株)車両カンパニー
 装置・土木機械本部
 篠原 修司、(株)総合技術コンサルタント
 技術第Ⅱ部長
 早崎 英一、成和コンサルタント(株)
 土木設計部官庁グループGM
 山縣 琢巳、(株)K&Tこんさるたん と 技術部
 山口 恒太、パシフィックコンサルタンツ(株)
 交通技術本部道路構造部保全グループ
 グループリーダー

発行所 鹿島出版会
 価格 6,600円+税
 頁数 303頁
 版 型 B5版

(研究部長 吉田 好孝)

I-35W橋崩落事故に関する国家運輸安全委員会報告について

1. 事故の概要

2007年8月1日、水曜日、中部の夏時間の午後6時5分頃、ミネソタ州ミネアポリスのミシシッピ川に架かる8車線、長さ581mのI-35W橋において中央部分のデッキトラスが壊滅的に破壊した。その結果、約139mの中央支間部分が33mの高さから深さ4.6mの川に落下し、305mのデッキトラスが崩落した。合計111台の自動車が崩落した橋梁部分の上にあった。この内、17台は川から引き上げられた。橋の崩落の結果、13名が亡くなり、145名が負傷した。

橋の崩落の日に、I-35W橋の上では道路工事が行われ、8つの走行車線のうち4車線（北向き外側2車線と南向き内側2車線）は通行止めになっていた。午後早く、施工機材と工事用材料（コンクリート製造用の砂と砂利）は、通行止めされた南向き内側2車線に運び込まれた。施工機材と骨材は、午後7時頃に始めることになっていた南向き車線へのコンクリート打設のために、午後2時30分頃までに橋のデッキトラスの中央部分の南端の方に運び込まれた。午後6時5分頃、I-35W橋のちょうど西側のLower St, Anthony Falls Lock and Damに設置されていた動態起動監視カメラがこの崩壊の一部分を記録していた。このビデオは、中央支間が橋の残りの部分から分離し、川へ崩落していく様子を示していた。



2. I-35W橋の崩落の推定原因

国家運輸安全委員会は、ミネソタ州ミネアポリスでのI-35W橋の崩落の推定原因を次のように結論づけた。

- (1) 崩落前に実施された橋の改築に伴う橋の重量（死荷重）の大幅な増加
- (2) 崩落事故当日の橋上の交通荷重および施工資機材の集中荷重の組み合わせ

に対して、Sverdrup & Parcel and Associates社による設計の誤りによりU10格点のガセットプレートの耐力が不足していたことにある。

設計の誤りの要因は、I-35W橋の主構トラスガセットプレートの計算が適切に行われたことを確認しなかったSverdrup & Parcel and Associates社の品質管理の方法にあった。また、曲りなど部材の変形状態の点検でガセットプレートに対して十分な注意を払わないことや、耐荷力評価解析でガセットプレートを除外していることが、連邦および州運輸局職員の一般的なやり方であったことも要因の1つであるとしている。

本橋梁の崩落がU-10格点のガセットプレートの破壊に起因するということを結論づける前に、国家運輸安全委員会は数多くの可能性のある要因を考慮した。L11格点のガセットプレートにおける腐食損傷、



写真一1及び写真一2 I-35W 崩落状況
(出典：ミネソタ州交通局Mn/DOT HPより)

床組トラスの破壊、既存のクラック、温度変化の影響および橋脚の移動などの要因を考慮したが、崩落の原因としては除外された。

国家運輸安全委員会の調査で明らかになった橋梁の安全性に対する問題点は次の通りである。

- (1) 橋梁設計会社の不十分な橋梁設計品質管理手法、連邦および州の橋梁設計計画や設計計算に対する不十分な照査および承認
- (2) 維持補修作業中の橋上の施工資機材の荷重の配置に関する橋梁管理者のための指針の欠如
- (3) 橋梁の耐荷力評価指針におけるガセットプレートの除外
- (4) ガセットプレートの変形状態に対する点検指針の欠如
- (5) デッキトラス橋におけるガセットプレートの状態を正確に評価する技術の不適切な使用

3. 国家運輸安全委員会の安全勧告

国家運輸安全委員会は調査結果をもとに連邦道路庁とAASHTOに対して次のような安全勧告を行っている。

1. 全国橋梁台帳に記載されている全ての荷重伝達経路に冗長性のない鋼トラス橋において、該当橋梁の計画された改築や運用変更が顕著な応力増加をもたらす場合は、必ず橋梁管理者が耐荷力解析を行って、ガセットプレートを含めた全ての構造部材に生じる応力レベルが適切な要求条件の範囲内に収まっているこ

とを確認することを要求する。(2008年1月15日に調査の途中段階でFHWAに対して行われた安全勧告)

2. FHWAとAASHTOは協力して州、およびその他の橋梁管理者によって使用されるべき橋梁設計の品質保証および品質管理プログラムを作成し、実施する。そのプログラムには、設計図が完成する前に橋梁の設計の誤りを発見し是正するための手続きを含むものとし、少なくとも適切な設計計算が行われたか、計算が正確であるか、そして荷重伝達部材の仕様が想定荷重に関して適切であるかを照査する手法を備えていなければならない。

(勧告先：FHWA、AASHTO)

3. 台帳にあるトラス橋を調査して、目視点検ではガセットプレートの腐食を発見できず、適切な非破壊検査技術を使用してガセットプレートの状態を評価しなければならない箇所を特定することを橋梁管理者に要求する。

(同：FHWA)

4. 橋梁点検員研修を次のように修正する。(1) ガセットプレートの変形に関する問題や、腐食による断面欠損があるような状態を目視点検で評価し定量化することが不適切な箇所での非破壊検査の使用に重点を置いて、ガセットプレートに特化した点検技術と条件を提示するため、国立道路研修所の研修コースを改定する。(2) 最低限、橋梁点検員参照マニユ

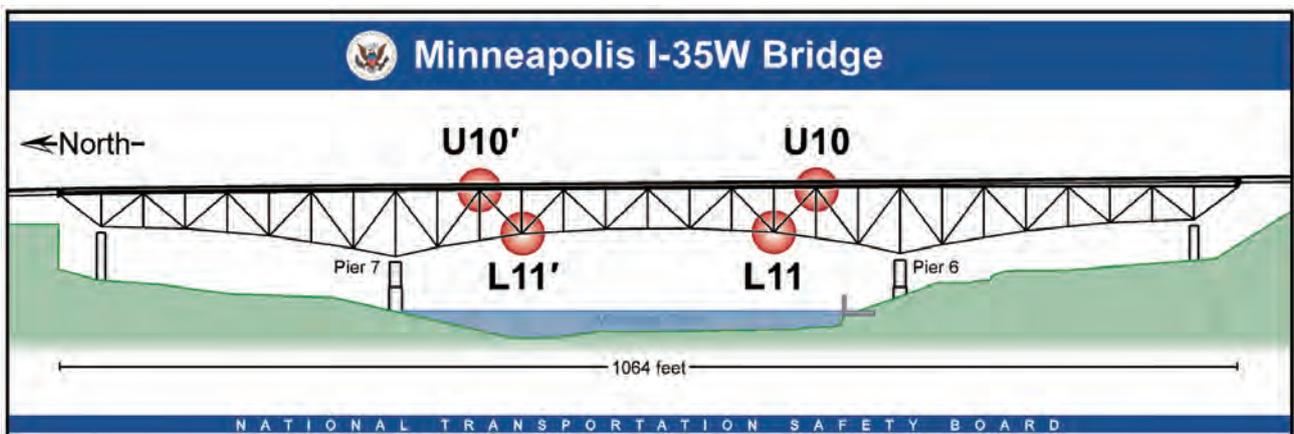


図-1 I-35W橋の側面図と中央支間における耐力不足が顕著なガセットプレートの位置
 ※) 国家運輸安全委員会発表資料 ('08.1.15) より引用

アルのような参照文献の改訂を含み、要点検構造部材のAASHTO指針の中に新たに作成されるガセットプレートの状態評価に重点を置く。

(同：FHWA)

5. 橋梁評価マニュアルを改訂し、新設橋梁に対して供用前に耐荷力評価を行う指針を付け加える。

(同：AASHTO)

6. 橋梁評価マニュアルの指針や手続きを修正し、荷重伝達経路に冗長性のない鋼トラス橋に対して行われる耐荷力評価計算の一部として、ガセットプレートの耐力を評価することを付け加える。

(同：AASHTO)

7. ガセットプレートに関するFHWAとAASHTOの共同研究の成果が利用できるようになれば、橋梁評価マニュアルを改訂してそれを反映する。

8. 建設中あるいは維持工事中の、構造物に設置される施工機材の荷重や集積された資材の荷重が構造部材や部材継手部において荷重超過となっていないことを保証するために、橋梁管理者が使用する規定や指針を作成する。

9. 要点検構造部材にガセットプレートを追加し、腐食や変形などのガセットプレートの損傷の可能性のある状態に対する追跡と対応を行う橋梁管理者のための指針を作成する。そしてこの新しい情報を盛り込むため、要点検構造部材用のAASHTO指針を改訂する。

4. 新I-35W橋の概要

2008年9月18日午前5:00に新I-35W橋が供用された。本橋の架け替え工事にはデザインビルド方式が採用され339日間で完了している。新橋は3径間連続PC箱桁形式で建設されており以下の特徴を有している。

- (1) 100年橋梁
- (2) 片側5車線全10車線（旧橋より2車線増加）
- (3) 全幅約58m（旧橋：約34m）
- (4) 右側路肩約4.0m、左側路肩約4.3m（旧橋は路肩がない）
- (5) 将来のLRT設置にも対応
- (6) 景観に配慮した橋梁形式



(1) 新 I-35W 橋 側面



(2) 新 I-35W 橋の現状

図一2 新I-35橋（出典：ミネソタ州交通局Mn/DOT HPより）

注) 1章、2章及び3章については、国家運輸安全委員会発表資料'08.11.14より引用

4章については、ミネソタ州交通局ホームページより引用

(企画部)

第24回日米橋梁ワークショップ への参加

日米両国政府の技術協力プログラムに基づく第24回日米橋梁ワークショップが、2008年9月22日～24日の日程で米国のミネアポリスで開催されました。

会議には日米双方の政府系機関、大学関係者、道路管理者を主とした約50人が参加し、「橋梁の地震応答」、「コンクリート橋」、「設計」、「維持管理」などのテーマに関して42編の論文（日本：22編、米国：20編）の発表があり、活発な議論が行われました。

海洋架橋・橋梁調査会からは、「鋼下路トラス橋の部材破断による影響解析」を発表しました（写真-1）。



写真-1 論文の発表状況（発表者：山口研究課長代理）

ワークショップは2007年8月1日にI-35Wの橋梁が落橋した現場の近くの会場で行われ、ミネソタ州運輸局の職員から、I-35W旧橋の崩壊状況、橋梁の維持管理、新橋の建設（写真-2）について説明を受けました。また、ロマプリータ地震の被害で架け替え工事が進捗しているオークランドベイブリッジ（東橋）の視察などを行いました（写真-3）。



写真-2 再建されたI-35Wの新橋
（旧橋の崩壊から1年余りの2008年9月18日に供用された）



写真-3 オークランドベイブリッジ（東橋）の架け替え工事

（研究部 研究課長代理 山口和範）

有明海沿岸道路 矢部川大橋の供用

福岡県みやま市高田町と柳川市大和町の境に位置する矢部川大橋は、地域高規格道路である有明海沿岸道路の一部として平成21年3月14日に供用を開始しました。

矢部川大橋は、平面曲線を持つ斜張橋であり、PC斜張橋として国内最大級の支間長となる等多くの技術的特徴を持ち、各種試験や土木研究所との共同開発を行い実現した橋梁です。加えて、主桁の張出施工中に発生した主塔基礎の沈下に対して、要因の検討や必要となる対策を行うため約1年をかけ施工を完了しています。



写真一 矢部川大橋全景

表一 矢部川大橋の諸元

事業主体	国土交通省九州地方整備局
工期	2003年度～2008年度
形式	PC3径間連続斜張橋
活荷重	B活荷重
支間割	128m+261m+128m
平面線形	R=1,150m～A=500
車線数	4車線
設計速度	80 km/h
主桁断面	逆台形3室PC箱桁
ケーブル	ファン型1面吊り15段(φ225mm～280mm)
主塔形状	逆Y型(地表面よりの高さ85m)

矢部川大橋が長大橋となることから、九州地方整備局では平成13年度より九州大学の彦坂熙教授を委員長とした「有明海沿岸道路橋梁検討委員会」を組織し、上部・下部構造の合理化、コスト縮減を検討してきました。この委員会の成果を設計、施工をはじめとする建設事業に反映するため橋梁技術アドバ



図一 有明海沿岸道路の概要

イザーを活用しています。

これまで海洋架橋・橋梁調査会では、橋梁技術アドバイザー業務を受託する形で有明海沿岸道路事業に協力をさせていただいてきました。橋梁技術アドバイザーは打合せの際に同席し、新技術・新工法の提案やコスト縮減、品質確保等の視点から調査・設計・施工で発注者技術職員の技術支援を行なっています。

(九州支部 調査役 白田幸生)

表-1 鋼部材における損傷の種類¹⁾

材料	番号	損傷の種類
鋼	①	腐食
	②	亀裂
	③	ゆるみ・脱落
	④	破断
	⑤	防食機能の劣化



写真-1 腐食の進んだ桁端部と支承



写真-2 下フランジの角からの腐食

橋梁の点検、検査に関する技術講座

シリーズ 第4回

第4章 鋼橋上部工の損傷と点検

国土交通省直轄国道の橋梁に適用されている点検要領¹⁾では、26種類の損傷が明記されています。ここではその中から鋼部材に関する損傷について以下に述べます（表-1）。

1. 腐食

腐食は塗装の劣化と並んで、最もポピュラーな損傷と言えます。しかしよく観察しますと、腐食の発生状況は決して一律ではなく、橋ごとや部位ごとに異なるケースが多いのです。

部位については、まず桁端部に着目しなければなりません。桁端部の腐食の例を写真-1に示します。桁端部が腐食しやすい主な原因は以下の通りです。

- i. 桁端部直上の伸縮装置からの路面水の漏出
- ii. 桁端部に設置された排水管からの排水の飛散
- iii. 桁側面に付着した雨水などが、縦断勾配に

より桁端部に集積

- iv. 橋台のパラペットなどのため風通しが悪く、土砂や鳥の糞などが堆積して湿度が高くなりやすい環境

通常のプレートガーダー橋（鈹桁橋）では、橋の下から見上げることが必要です。主桁ウェブや横桁などが健全であっても、下フランジ下面が腐食していることがしばしばあります。下フランジの腐食には概ね二タイプがあります。

タイプ1：下フランジの角から腐食しているケース（写真-2）

タイプ2：下フランジ下面が全体的に腐食しているケース

タイプ1は、鋼桁の製作時に、角の面取り（エッジ処理）を丁寧に行っていない場合、その部分の塗装が必要な厚さを確保できないことから生じます。下フランジの面取りを行わなかった場合、例えば1年半後に約20～30%の箇所が発錆が見られるが、

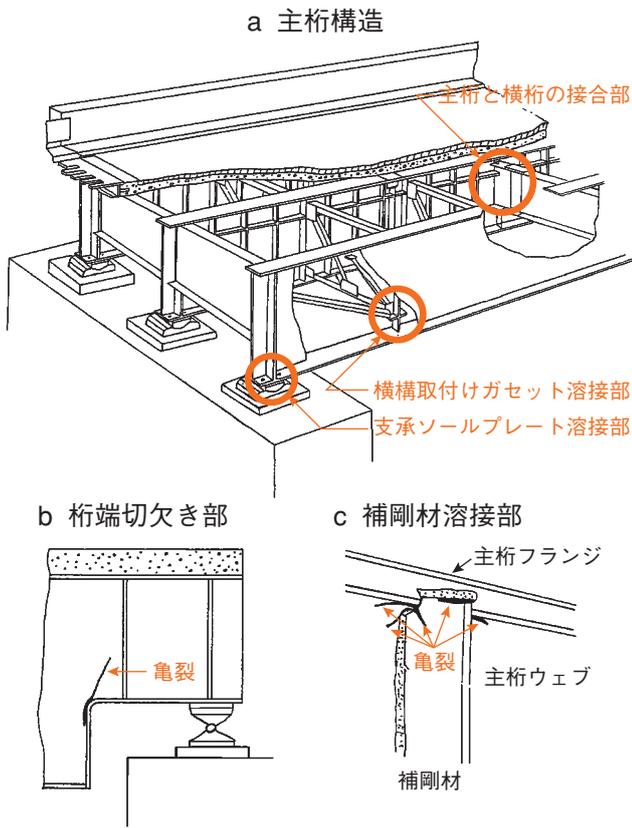


図-1 プレートガード橋における主な亀裂発生部位

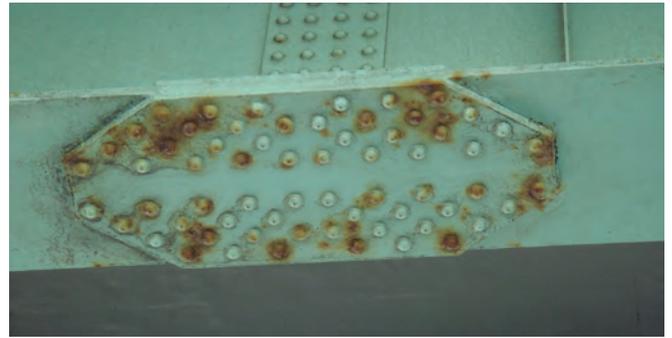


写真-3 添接部の腐食

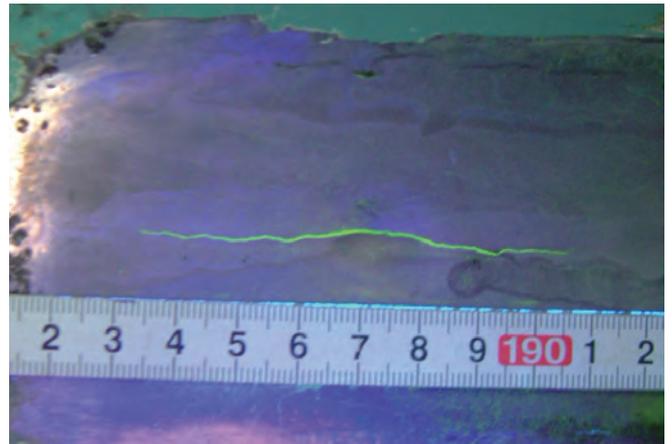


写真-4 磁粉探傷試験により確認された疲労亀裂

丸く面取りをした場合は、発錆率がわずか数%に過ぎないという調査結果もあります³⁾。

タイプ2の原因は明確ではありませんが、下フランジ下面全体を伝って雨水などが一様に流れることと塗装の劣化や施工不良との相乗効果などが想定されます。

桁端部以外では、部材が集合している格点部、添接板や多数のボルト、リベットがある添接部（写真-3）、鋼材とコンクリートが接している場合の境界部分、排水管の近傍などが特に注意してみるべき箇所です。また、コンクリート床版にひびわれが生じている場合は、その下方の鋼材にも注意を向ける必要があります。橋面からの漏水が鋼材にかかり、鋼材を腐食させていることがあるからです。

腐食の損傷程度は、損傷の深さ（大・中・小）と損傷の面積（大・小）の二つの要因の組み合わせにより、a～eの5段階で評価します²⁾。

2. 亀裂

橋梁の損傷については何であれ、早期に発見することが求められます。鋼橋では一般に塗装が施されていますので、点検において亀裂を発見するためには、まず塗膜の割れを見つけることになり

ます。しかし、塗膜が割れていたからといって必ずしもそこに亀裂があるわけではなく、また、塗装表面に汚れや塵芥などがありますと（普通はあります）、塗膜の割れを見つけにくくなります。そのため亀裂は目視ではなかなか早期発見が難しい損傷の一つです。

定期点検などにおいて、鋼材の亀裂が原因と思われる塗膜の割れを発見した後は、まず詳細調査（S）判定を行い、専門家に見てもらうこととなります。そして亀裂の可能性が高ければ、該当部分の塗膜を剥いで、磁粉探傷試験や浸透探傷試験（カラーチェック）などによって亀裂の最終確認を行います（写真-4）。

鋼材の亀裂が比較的長く、かつ構造的に重要な部位に生じていれば、補修などの対策を検討しなければなりません。亀裂が小規模な場合であっても、追跡調査などの対応を取り、定期的に計測して亀裂進展の有無、進展の方向や速度などを見極めることが必要です。

プレートガード橋において亀裂が発生し易い箇所としては、図-1に示すように、横構取付けガセット溶接部、主桁と横桁の接合部、支承ソールプレート溶接部、桁端切欠き部（ゲルバー桁を含む）、補

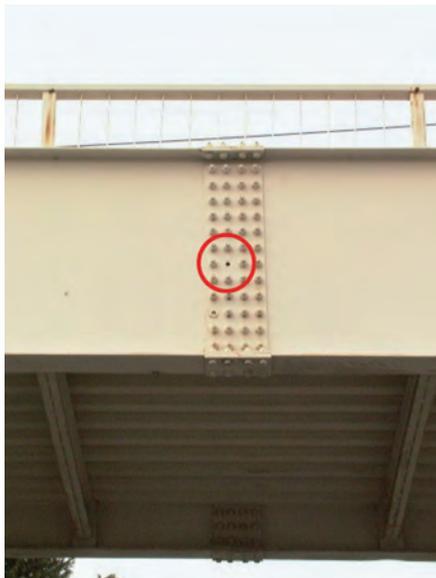


写真-5 ボルトの脱落

a. 連続したキャップによる対策



b. ネットによる対策



写真-6 ボルト脱落の防止策

剛材溶接部があり⁴⁾、その他に鋼床版Uリブ溶接部、アーチ橋垂直材の上下端部などにも亀裂がしばしば発生します。

亀裂の評価は、a「損傷なし」からe「線状の亀裂が生じている。または直下に亀裂が生じている疑いを否定できない塗膜われを生じている」までを3段階で行っています。

3. ゆるみ・脱落

鋼材を相互に結合している普通ボルトや高力ボルト、リベットの不具合を評価するのが、このゆるみ・脱落です。これらのボルト、ナットなどがゆるんでいたり、脱落している場合について、この損傷規定を用います。

目視によりゆるんでいそうなボルトやリベットに対して、まずテストハンマーで軽く叩き、打音やナットの回転の有無などにより確認します。ただしあまり強く叩きますと、塗膜割れなどの影響を与えますから注意が必要です。

脱落はボルトが抜けている状態ですから目視で容易に確認できます(写真-5)。脱落の原因は、稀に建設時の締め忘れなどもありますが、遅れ破壊が原因となっているケースが多いようです。

遅れ破壊は、特にF11T仕様の高力ボルトにおいて、昭和50年代前半頃に発生が確認されたため、その後は使用されなくなりました。対策としては全てのボルトをF10Tなどに取り替えるのがよいのですが、現実の問題としてはそうもいきません。そのためF11Tを用いて建設された橋梁は全国に多数存在していますので、それらのボルトが脱落して第三者被害などを生じないように、十分に注意する必要があります(写真-6)。

ゆるみ・脱落の評価は、ゆるみ・脱落を生じているボルトの数により、ボルト(リベット)1群あたり5%を目安として3段階で行っています。

4. 破断

破断とは鋼部材が断裂している状態を指します。すなわち対象部材が完全に二つに分離された場合を破断と見なしています。

破断の原因としては、①疲労亀裂の進展、②腐食の進展、③腐食と疲労亀裂の複合作用、④予想以上の作用力による破壊、などが考えられます。発生部位としては亀裂や腐食の生じやすい箇所、地震により大きな力を受けやすい箇所などの他に、アーチ橋の吊材及びトラス部材など振動の影響を受けやすい箇所に



写真-7 トラス斜材の破断

a. 塗膜の変色、剥離と下塗り露出



b. 塗膜の剥離と下塗り露出



写真-8 塗膜の損傷

も注意すべきです。写真-7にトラス斜材がコンクリートとの接触部から腐食し、破断に至った事例を示します。

損傷程度の評価は、破断あり、なしの2段階で行います。

5. 防食機能の劣化

実務的には塗装が殆どですが、メッキ、金属溶射、及び耐候性鋼材の状態も対象として含めていますので、防食機能という名称を採用しています。

塗装、メッキ、金属溶射については、防食皮膜の変色、ひびわれ、ふくれ、はがれなどに着目します(写真-8)。また耐候性鋼材に関しては、安定錆の形成の良否、層状剥離の有無などの観点で見ます。なお、この「防食機能の劣化」では対象は鋼部材のみであり、コンクリート部材の塗装は対象としていません。

損傷の評価は、塗装に対してはa「損傷なし」からe「劣化範囲が広く、点錆が発生」までを4段階としています。またメッキ、金属溶射についてはa「損傷なし」からe「劣化範囲が広く、点錆が発生」までを3段階で評価し、耐候性鋼材についてはa「損傷なし」からe「層状剥離あり」までを4段階で評価

しています。

6. おわりに

本シリーズの最初では12回連載の予定で作成していましたが、諸般の事情により今回で終了することとなりました。コンクリート橋、支承や伸縮装置などについて触れられなかったことがやや心残りです。

点検に当たり、点検者はまず対象橋梁の構造特性と環境特性をよく理解すべきと考えます。そのことにより、損傷の種類や発生部位などがかなり絞られてきます。そして損傷の見逃しなどのミスも減らすことができるはずです。

橋梁の保全に携わる技術者が、点検や検査(診断)という縁の下の力持ち的な仕事を地道に遂行していくことが、昨今の公共事業に対する信頼をなんとか回復できる方法の一つであろうと考えています。

参考文献

- 1) 橋梁定期点検要領(案)、国土交通省 国道・防災課、平成16年3月
- 2) 参考文献1)、付録-1 損傷評価基準
- 3) 鋼橋の損傷と点検・診断、(社)日本橋梁建設協会、平成12年5月
- 4) 鋼橋の疲労、(社)日本道路協会、平成9年5月

(研究部長 吉田 好孝)

兵庫・神子畑鑄鉄橋

(みこはたちゆうてつきょう)

古

の橋探訪

シリーズ第4回



- 1--当初は手引車や牛車が、その後レールが敷設され、鉄道馬車やトロッコが通った道
- 2--鑄物製特有の鑄バリが見られる高欄
- 3--重要文化財指定の碑
- 4--羽淵鑄鉄橋

風情ある単径間アーチ橋

兵庫県中部、朝来(あさご)市にある神子畑鑄鉄橋。神子畑川に架けられた単径間のアーチ橋である。山間部にたたく古いその橋の姿は、美しく趣がある。鑄物で出来ているため、無骨ではあるが鋼鉄の橋には見られない温もりが感じられる。

1885年(明治18年)3月に完成したこの橋の生い立ちは、そのまま鉦山の歴史と重なる。鉦山の隆盛とともに活躍し、鉦山の終焉とともに、その役割を終えた。

鉦石運搬用に建設

神子畑鉦山は、15世紀頃には金を採掘していたが、近くにある生野鉦山の方の採掘が優先されたため、長らく採掘されていなかった。1878年(明治11年)に、神子畑鉦山で有望な銀鉦脈が発見されてから再び採掘が始められ、3年後には採掘が本格化することとなった。

神子畑鉦山で採掘された鉦石は、生野にあった精錬所に運搬する必要がある。このため、神子畑と生野の間に鉦石運搬路が必要となった。生野からは既に、1876年(明治9年)に姫路飾磨(しかま)港までの産業道路(生野銀山道)が完成しており、鉦山を中心とした地域の産業上の輸送路として、大きな役割を担っていた。

そこで、1886年(明治19年)から2年の歳月をかけて、神子畑から生野までの約16kmに鉦石運搬路を建設。これは明治政府の工部省において行われ、総工費4万円という当時としては大規模なもので、明治政府の力の入れようがうかがえる。

その運搬路建設に伴い、5つの鉄橋が架けられた。その一つが神子畑鑄鉄橋で、運搬路が神子畑川を横切る場所に架けられたものである。

鉦山閉鎖と運搬路の廃止

鉦石運搬には、当初は手引車と牛車が用いられていたが、1891年(明治24年)には鉄

所在地：兵庫県朝来市佐囊字水田
構造形式：鑄鉄製単径間アーチ橋
橋長：上流側が15.969m、下流側が15.997m
幅員：3.727m
径間：14.09m
竣工：1885（明治18）年
施工主：明治政府工部省
最寄駅：JR播但線新井駅からタクシーで15分

道馬車やトロッコのためのレール敷設が行われた。

やがて神子畑鉦山は次第に産出量が減少して、1917年（大正6年）には閉山となった。その頃、神子畑のさらに山奥にあった明延鉦山では、新たに錫鉦脈が発見され、国内有数の鉦山として発展していた。そのため、閉山した神子畑鉦山は新たに選鉦場として整備されることとなり、大正時代以降は、明延で採掘された鉦石が神子畑で選鉦され、生野に運ばれて精錬されることとなった。

しかし、1922年（大正11年）、香川県直島に銅製錬所が新設されたため、生野鉦山の銅精錬工場は閉鎖。神子畑で選鉦された鉦石は生野まで運搬されることがなくなり、播但線新井駅から鉄道貨車で飾磨港まで運搬されることとなった。さらに、1957年（昭和32年）には鉦石の運搬はトラック輸送となり、神子畑～新井間の鉦石運搬路は廃止され、その役割を終えることとなった。



やがて、価格の下落と海外からの輸入の増大により明延鉦山は閉山。神子畑選鉦場も操業を停止した。

世界初の鉄橋アイアンブリッジと同じ鑄鉄橋

神子畑鑄鉄橋と同じ鑄鉄製のアーチ橋としては、英国のアイアンブリッジが最初である。アイアンブリッジは英国のセバーン河に架けられた世界初の鉄橋で、1779年に建設され、現在もまだ使用されている。その細部は木橋、石橋の手法を残しており、鑄鉄アーチ橋が鉄橋の型式として最初のものであることを物語っている。神子畑鑄鉄橋においてもその特徴が見られる。

日本で神子畑鑄鉄橋が架けられた時代には、欧米では鑄鉄から錬鉄の時代に移り変わっていた。ただ英国でも日本でも、産業革命の初期に建設されたのが鑄鉄製の橋であることは共通している。

歴史的な橋梁としてだけでなく産業遺産としても

神子畑鑄鉄橋とともに架けられた構造の異なる5つの橋。その中で現存するのは、神子畑鑄鉄橋と羽瀨鑄鉄橋の2つだけである。神子畑鑄鉄橋が1連の

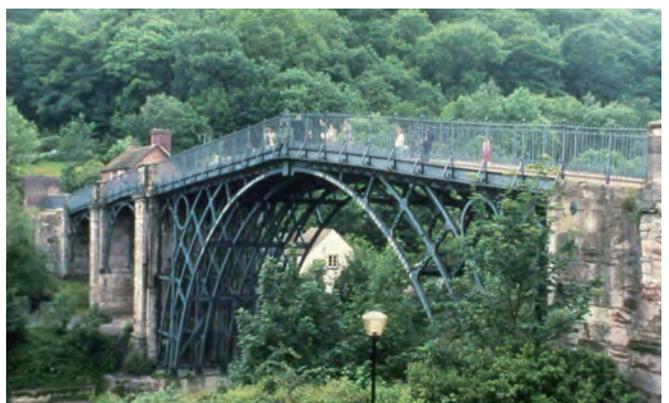
アーチ橋であるのに対して、羽瀨鑄鉄橋は橋長18mの2連のアーチ橋である。2つの橋は、日本に現存する鉄製の橋としては3番目に古いものである。ただ、最も古い大阪の心齋橋（明治6年）は錬鉄製、2番目に古い東京の弾正橋（明治11年）は鑄鉄と錬鉄を混成して用いている。従って、神子畑鑄鉄橋は全鑄鉄製の橋としては日本で最も古い橋である。また、これらの橋が建設された当時は、橋の材料としては既に錬鉄の時代であった。こうしたことから、日本において全鑄鉄製の橋が建設されることは非常に希であり、しかも建設当時の場所に現存しているという点からも、神子畑鑄鉄橋は貴重な橋である。

神子畑鑄鉄橋は、その歴史的な価値とともに、桁とアーチの間に格子風の優美な造形があるなど、美しさも備えている。1977年（昭和52年）には近代の橋梁としては初めて重要文化財に指定され、さらに2007年（平成19年）には近代化産業遺産に認定された。この間、永久保存を目的とした修繕が1年をかけて行われている。

現在、神子畑川左岸沿いには県道が走っており、道路沿いに重要文化財を示す碑が建っている。橋の近くには駐車場が設けられ、橋や鉦山についての説明版も整備されている。また近くは遊歩道となっており、橋の上を歩くことも出来る。

日本の土木技術史において貴重な橋であるとともに、郷土の誇るべき文化財である貴重な橋を、この姿のまま、後世に伝えられるよう願わずにはられない。

（企画部）



アイアンブリッジ（英国）

平成21年度 橋梁点検技術研修会 開催のご案内

1. 主催 (財) 海洋架橋・橋梁調査会
2. 開催予定日
 - ①第48回 平成21年4月14日(火)～16日(木) 場所(東京) 民間・道路管理者
 - ②第49回 平成21年5月19日(火)～21日(木) 場所(東京) 道路管理者のみ
 - ③第50回 平成21年6月16日(火)～18日(木) 場所(東京) 道路管理者のみ
 - ④第51回 平成21年7月28日(火)～30日(木) 場所(東京) 民間・道路管理者
 - ⑤第52回 平成21年9月29日(火)～10月1日(木) 場所(東京) 民間・道路管理者
3. 研修会参加者の募集時期
各研修会開催予定日の約2ヶ月前に、当調査会ホームページに「募集案内」を掲示します。研修会参加希望者は「募集案内」をご覧になり、所定の様式に従って入力を行い、申し込んでください。

ホームページアドレス <http://www.jbec.or.jp/>
問合先 TEL 03(3814)8495 研究部 研修担当

連絡先

本部 〒112-0004

東京都文京区後楽2-2-23 (住友不動産飯田橋ビル2号館4階)
TEL: 03-3814-8439 FAX: 03-3814-8437
URL: <http://www.jbec.or.jp> E-Mail: info@jbec.or.jp

神戸本部 〒650-0036

神戸市中央区播磨町49番地 (平和ビル9F)
TEL: 078-331-3241 FAX: 078-326-7118

橋の科学館 〒655-0047

神戸市垂水区東舞子町4-114
TEL: 078-784-3339 FAX: 078-787-5110
E-Mail: kagaku@jbec.or.jp

東北支部 〒980-0802

仙台市青葉区二日町16-1 (二日町東急ビル3階)
TEL: 022-221-5301 FAX: 022-221-5302

関東支部 〒330-0843

さいたま市大宮区吉敷町4-262-16 (マルキュービル5階)
TEL: 048-601-5055 FAX: 048-601-5056

北陸支部 〒950-0965

新潟市中央区新光町10-2 (技術士センタービル3階)
TEL: 025-281-3813 FAX: 025-281-3818

中部支部 〒451-0045

名古屋市西区名駅2-22-9 (ニッセイ同和損保名古屋ビル5階)
TEL: 052-582-6030 FAX: 052-582-6038

近畿支部 〒540-6591

大阪市中央区大手前1丁目7番31号 (OMMビル7階)
TEL: 06-6944-8551 FAX: 06-6944-8556

中国支部 〒730-0012

広島市中区上八丁堀7-1 (ハイオス広島7階)
TEL: 082-511-2203 FAX: 082-225-4745

四国支部 〒760-0023

高松市寿町2-2-10 (JPR高松ビル4階)
TEL: 087-811-6866 FAX: 087-811-6867

九州支部 〒812-0013

福岡市博多区博多駅東2-5-19 (サンライフ第3ビル5階)
TEL: 092-473-0628 FAX: 092-473-0629

J-BEC レポート 2009 Vol.4 平成21年3月発行

編集・発行 財団法人 海洋架橋・橋梁調査会

印刷 (株)大 應

J-BEC

橋をかける
橋をまもる

