

本四技報

HONSHI TECHNICAL REPORT

Vol.37 No.120 2013.3

本州四国連絡高速道路株式会社編集

EDITED BY HONSHU-SHIKOKU BRIDGE EXPRESSWAY COMPANY LIMITED

本四技報 第 120 号 目次

Contents of Honshi Technical Report No. 120

【巻頭言】

千三百年の心構え……………企画部長 足立 徹… 1
Attitude toward 1300 Years

【技術論文】

岩黒島橋の鋼床版垂直補剛材のひずみ計測と疲労評価…長大橋技術センター 診断・構造グループサブリーダー 川 端 淳… 3
Strain measurement and fatigue evaluation of vertical stiffener at steel deck
in Iwakurojima Bridge

舞子トンネル換気用排風機の維持管理……………神戸管理センター 施設課長 朝 倉 義 博…11
Maintenance of Exhaust Fans in Maiko Tunnel 神戸管理センター 施設課長代理 大 浦 義 司

瀬戸大橋スプレー室除湿設備の改善と効果……………坂出管理センター 施設課長代理 香 川 晃…19
Improvement and Effect of Dehumidification system for spray chamber
of the Seto-Ohashi Bridges

コンクリート構造物の現況と評価……………保全部 橋梁保全課長 酒 井 和 吉…27
Current condition and Evaluation of Concrete Structures 保全部 橋梁保全課 大 藤 時 秀
ブリッジ・エンジニアリング 籠 池 利 弘
(前)保全部 橋梁保全課

【海外報告】

カザフスタン(イルティシュ川橋梁維持管理支援)…企画部 企画課長代理 遠 藤 和 男…35
Overseas Report (前)長大橋技術センター
(Republic of Kazakhstan: Technical Advice Services 耐風・耐震グループサブリーダー
for Maintenance of Irtysh River Bridge)

【技術ニュース】……………41
The latest information

【文献紹介】……………42
Related technical report in other publications

【総目次】……………43
List of All Contents of Honshi Technical Report

本四技報総目次：次回掲載予定：第 125 号

舞子トンネル換気用排風機の維持管理

Maintenance of Exhaust Fans in Maiko Tunnel



写真-1 下り線換気所の排風機外観
Kudarisen ventilating station

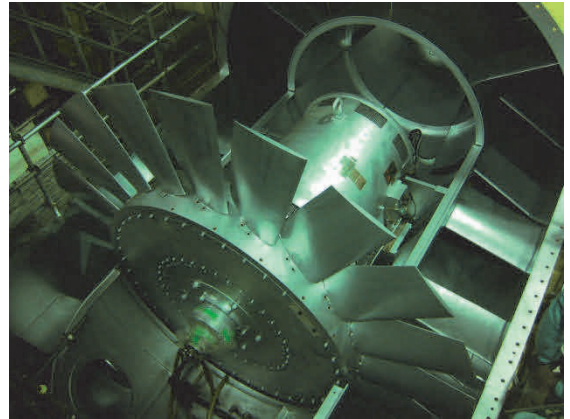


写真-2 下り線排風機の構造
Horizontal type exhaust fan



写真-3 上り線換気所の排風機外観
Noborisen ventilating station



写真-4 上り線排風機の構造
Vertical type exhaust fan

瀬戸大橋スプレー室除湿設備の改善と効果

Improvement and effect of dehumidification system for spray chamber of the Seto-Ohashi Bridges



写真-5 BB4A 用除湿機

Dehumidification machine for BB4A



写真-6 SB4A 用除湿機

Dehumidification machine for SB4A

コンクリート構造物の現況と評価

Current condition and Evaluation of Concrete Structures



写真-7 塩化物イオン濃度測定用試料採取

Sampling of chloride ion concentration measurement



写真-8 中性化測定

Measurement of carbonation depth

千三百年の心構え

Attitude toward 1300 Years

企画部長 足立 徹

Toru Adachi

本四高速着任を機に、最後の法隆寺大工と言われる故・西岡常一棟梁の「木のいのち木のこころ」を読み返してみた。

1300年という世界最古の木造建築にして今なお創建時の美しさを保つ法隆寺と、200年を超える供用目標を掲げる本四の長大橋に通じるものを感じたからである。

既存の規格や標準に基づいた構造ではなく、それらを遙かに超えて新たな技術領域を切り開いたという点も共通しているように思える。

西岡棟梁は60歳代の仕事である薬師寺金堂・西塔の再建以降は全国区の知名度なのでご存じの方も多と思うが、長い雌伏の時代を含めて平成7年に亡くなるまで、すべてを犠牲にして法隆寺・古代建築に人生を捧げた方で、その経験に基づく言葉の数々に、今回読み返して改めて目を見開かされた。以下に印象に残った言葉の一部を、私なりの受け止め方を含めて紹介したい。

西岡棟梁は、今はコンピュータや数値が全盛の時代だが、それだけでは先人の知恵や技術は受け継ぐことはできず、「数値では表せない経験や勘といった知恵」が職人の手から手へと引き継がれた、いわば「手の記憶」の中で営々と継承されてきた「木を生かす技術」が法隆寺を守ってきたのだという。

均質で規格化された鋼材と、「伐採されてからも生き続ける木」では経験や勘の持つ重みは当然違うとしても、時間経過や繰り返し過重に伴う化学的・物理的変化等、現時点では多分に経験的な要素が複雑に絡み合った維持管理プロセスにおいては一つのヒントになるのではなかろうか。何よりも、歴史上あまたある木造建築のうち、江戸や室町、平安の社寺が朽ちて行く中で、最も古い飛鳥時代の法隆寺だけが唯一すべての堂塔伽藍を創建時のままにとどめている現実、当初の造り方のみならず、技術の継承がいかに大切かを物語っている。

また、ものごとを長い目で見ることの重要性も強調されている。木造住宅でも樹齢200年の檜を使えば200年持たせることが可能で、その間に樹齢200年の木を育てることができる。ところが昨今は目先の費用を惜しんで若齢の安い木を短期間で「使い捨て」、長い目で見ると結局高くついているし、その結果もはや我が国に大木が無くなってしまったという（薬師寺の再建も台湾産の檜）。森林資源の維持まで含めた経済合理性や、環境保護の観点を入れると昔の考え方は一層優れていると。まさに経験に基づくアセットマネジメント論である。

とはいえ法隆寺も、1300年という長い年月の間では、常に理想的に技術が継承されていたわけでもなさそうで、江戸時代の修理は大名の命令でいやいややった修理と酷評されている。予算内で安くあげようとしたことが、材料などを見ればすぐにわかり、そこには神仏や聖徳太子を崇める気持ちなど無いことが明らかで、自分たちが造ろうとするものに対して最善を尽くそうという姿勢が見られないようだ。そして、「江戸の頃の修理や木の扱いを見ていると、考えが現代に似て荒んでいる」と現代

の風潮も一刀両断である。コスト意識を徹底することは当然であるが、やらねばならぬことはやらねばならない。一人一人が、将来に付けを回さずその時点で最善を尽くすという真摯な気持ちを持つべきであろう。

さらに書中には、飛鳥の建築技術がいかに高度なものであったかという具体的な説明や、そうした技術をどのようにして次代の職人に継承して行くのかといった人材育成論が述べられるなど、興味の尽きない内容であるが、今回の本題からはやや離れるので触れないことにする。ご興味のある方は一読されたい。

そして、最後に驚いた言葉を一つ。「私ら檜を使って塔を造る時には、少なくとも 300 年後の姿を思い浮かべて造っていますのや。300 年後には設計図通りの姿になるやろうと思って、考えて隅木を入れておりますのや」。

新技術を駆使した本四の長大橋もまだ数十年、これから直面する様々な問題から得られる経験や知恵を蓄積・継承しつつ、長大橋の長期保全技術を高度化して行くことが当社の重要な使命の一つであると考えている。

岩黒島橋の鋼床版垂直補剛材の ひずみ計測と疲労評価

Strain measurement and fatigue evaluation of vertical stiffener at steel deck in Iwakurojima Bridge

長大橋技術センター 診断・構造グループ サブリーダー

川 端 淳

Sunao Kawabata

概 要

岩黒島橋と櫃石島橋の鋼床版縦桁の横桁交差部の垂直補剛材の数カ所で亀裂の発生が報告されている。この亀裂については、発生位置、発生状況が類似していることから、構造的要因で変動荷重の作用時に大きな応力が発生することで生じる疲労損傷が疑われた。このようなことから、亀裂発生部の発生応力を把握するために、岩黒島橋の同種補剛材に対して実荷重下でのひずみ計測を行った。その結果、亀裂発生部では、道路を通行する大型車に加え下路を走行する列車によっても高い応力が現われており、これらの大きな応力変動が比較的高い頻度で生じることから、疲労に対する環境は厳しく、報告されている亀裂は疲労によるものという結論に至った。

Some cracks have occurred on vertical stiffener at intersection of stringer and crossgirder in steel deck of Hitsuishi-jima Bridge and Iwakuro-jima bridge. These cracks had some similarities in their situation, and were suspected to be the fatigue cracks. So, we measured strain of crack spot in operating condition, and examined the stress range and its frequency distribution at there. From this examination, it became clear that not only the heavy vehicles which pass through the road but the trains which run the lower deck railway as well cause high stresses at there. And the occurrence of the large stress range was comparatively high. So, this part is in hard fatigue environment, and it is thought that these cracks were caused by fatigue.

1. はじめに

岩黒島橋は、トラス桁を有する図-1 に示すような 3 径間連続鋼斜張橋で、上路が道路、下路が鉄道の道路・鉄道併用橋である。この橋の鋼床版は、他の補剛トラス吊橋等とは異なり、左右の両端は主構と一体化され、鋼床版縦桁は主横トラスに剛結された構造となっている。

2009 年 10 月に、この橋の図-2 に示す鋼床版縦桁の

横桁交差部の垂直補剛材で亀裂が発見された。この部位は鋼床版縦桁が主横トラスに剛結される部位であり、同じ構造を持つ櫃石島橋も含め、当該部位の詳しい調査が行われ、その結果、両橋とも多くの垂直補剛材の上縁の溶接部に塗膜割れが見つかり、そのうちの岩黒島橋の 6 箇所、櫃石島橋の 5 箇所で亀裂の発生が確認された。

写真-1 に示すのは調査で発見された亀裂の例で、両橋で確認されている亀裂は、これらと同様に垂直補剛材上縁の鋼床版横桁下フランジとのすみ肉溶接部(溶接長

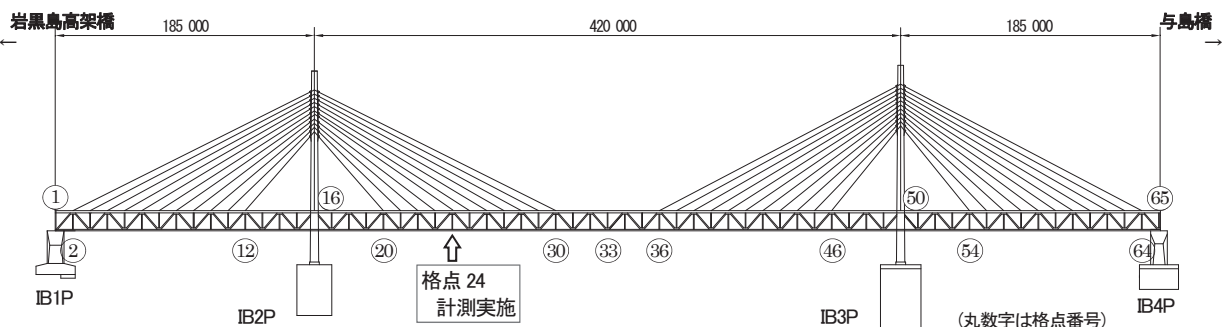


図-1 岩黒島橋の構造

Fig. 1 Structure of Iwakurojima Bridge

65mm)のまわし溶接部の下側の止端部から溶接ビードに沿って発生しており、相互に高い類似性がある。このことから、これらの亀裂について、構造的な要因で高い応力が発生することで生じる疲労損傷が疑われた。

このようなことから、2010年12月に、岩黒島橋の亀裂発生部と同部位を対象に、実荷重下での3日間連続のひずみ計測を行い、その計測値から発生変動応力を算出して疲労に対する評価を行った。

2. ひずみ計測の実施

ひずみ計測は、トラス桁内の上段に設けられた管理路が拡幅され計測時の作業性のよい格点24の下り線側の鋼床版G2、G3縦桁の横桁交差部の垂直補剛材を対象とし、2010年12月14日(火)の16:10から17日(金)の16:10までの平日の連続72時間で実施した。

2.1 計測位置とひずみゲージ配置

計測は、図-3に示す格点24の下り線側の鋼床版G2縦桁の横桁交差部の中央帯側(西側)の垂直補剛材、鋼床

版G3縦桁の横桁交差部の路肩側(東側)の垂直補剛材を対象とした。G2縦桁の垂直補剛材については、上縁の溶接部近傍で過去に塗膜割れが生じているが鋼材亀裂は発生しておらず、また、G3縦桁の垂直補剛材については、塗膜割れ、鋼材亀裂ともに発生していない。

ひずみゲージの配置は、各垂直補剛材について、他の垂直補剛材で発生している亀裂の状況に合わせ、垂直補剛材の上縁溶接部の補剛材外側のまわし溶接部を中心に図-4に示すように6箇所とした。使用したひずみゲージは、垂直補剛材側面部のゲージ1のみ1軸ゲージとしたが、ゲージ2~6は3軸(ロゼット)ゲージである。

2.2 計測期間の交通量

(1) 自動車の交通量

計測期間の岩黒島橋下り線の時間別自動車交通量を図-5に示している。大型車の交通量は、計測期間を通して100~200台時の間での変化し、若干周期的な変動も見られるがその大きさは小さい。一方、小型車の交通量は、未明から明け方が30台時程度で最も少なく、朝を迎えると急激に増加して昼間は250~400台時となり、夜間と昼間で大きく交通量変動している。

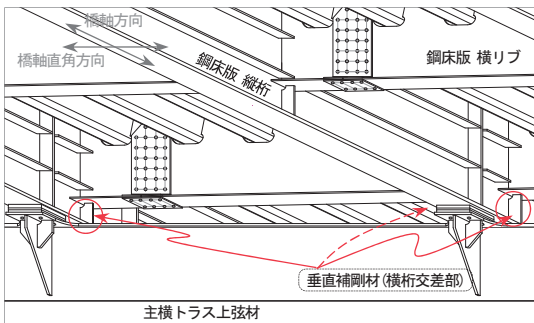


図-2 鋼床版縦桁の横桁交差部の垂直補剛材

Fig. 2 Vertical stiffener at intersection of stringer and cross girder

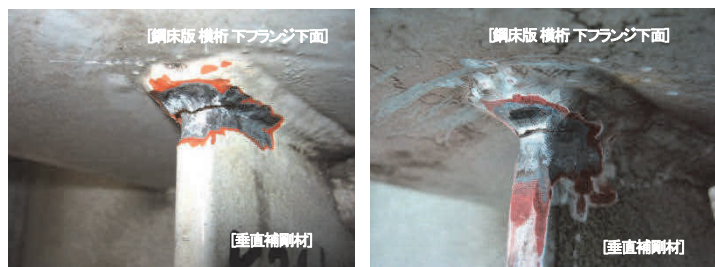


写真-1 垂直補剛材の亀裂の例
①岩黒島橋 格点24 上り線 G2縦桁 中央帯側(東側)垂直補剛材の亀裂
②樫石島橋 格点31 上り線 G2縦桁 中央帯側(東側)垂直補剛材の亀裂

写真-1 垂直補剛材の亀裂の例

Photo. 1 Crack in vertical stiffener (example)

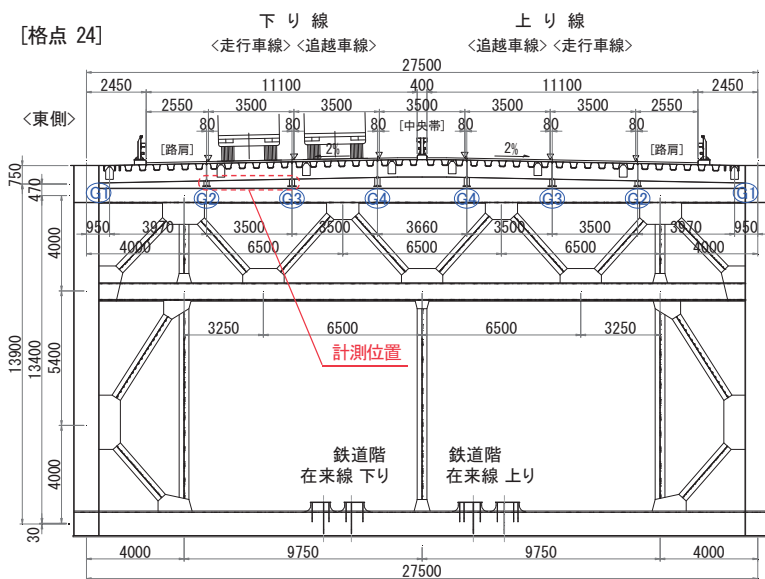


図-3 主桁断面と計測位置

Fig. 3 Cross section of main girder truss and strain measuring spot

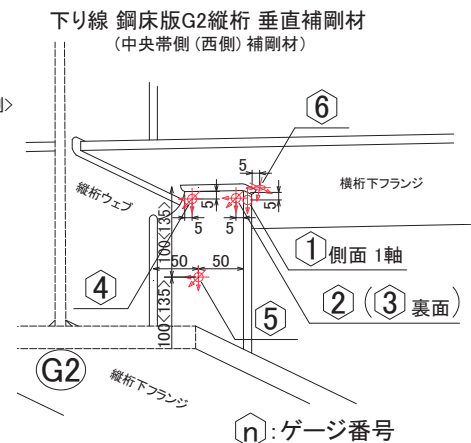


図-4 垂直補剛材部のひずみゲージ配置
G2縦桁とG3縦桁の向かい合う垂直補剛材に同じようにひずみゲージを配置。ただし、G2縦桁とG3縦桁で補剛材高が異なるため、補剛材中央に配置するゲージ5は、G3縦桁では鉛直方向の寸法値が図中<>内の値となる。

図-4 垂直補剛材部のひずみゲージ配置
Fig. 4 Strain measuring points of the vertical stiffener

表-1 に示すのは、岩黒島橋下り線の計測期間の 24 時間当りの自動車交通量と、2010 年度(2010.4.1～2011.3.31)の年平均の日当り自動車交通量である。計測期間の各 24 時間当りの交通量は、平均に対して、大型車では-2.9～3.4%、小型車では-1.0～1.6%の範囲での変動にあり安定している。岩黒島橋下り線の交通量には、大型車は平日に多く休日は少ない、小型車は逆に平日が少なく休日に多いという傾向があり、計測期間が平日であることから、計測期間の平均 24 時間当り交通量と年平均平日交通量を比べると、計測期間の交通量は、大型車では 12%程度多く、小型車では 12%程度少なくなっている。また、平日と休日を合わせた年平均日交通量との比較では、計測期間の交通量は、大型車では 32%程度多く、小型車では 34%程度少ないとなる。

道路の通行する車両のうち、橋の疲労に影響するのは大型車である。計測期間中の大型車交通量は年平均に対して高く、このため、計測期間中の疲労環境は、年間を通してみると比較的厳しいものとなる。

(2) 列車の通過本数

岩黒島橋を通過する列車は、曜日、休日等で列車編成の変更があるが本数は同じで、1 日の規定の通過本数は、

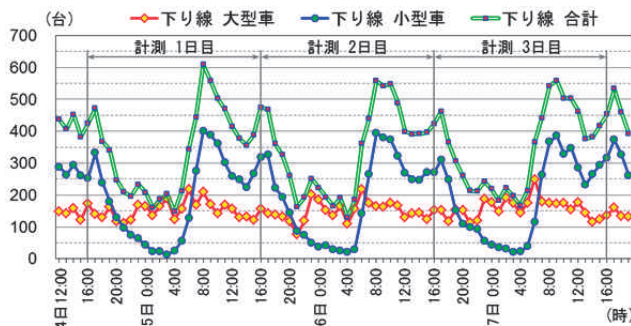


図-5 計測期間中の岩黒島橋下り線の時間別自動車交通量

Fig. 5 Hourly traffic at the down lane of Iwakurojima Bridge during measuring

表-2 岩黒島橋の日当りの列車通過本数 (2010. 12)

Table 2 Number of the trains passing Iwakurojima bridge per day

列車	編成	下り(本/日)	上り(本/日)		
旅客列車	ディーゼル	2両	1 [0] ^{※1}	1 [0] ^{※1}	
		3両	11 [12] ^{※1} [9] ^{※2}	11 [12] ^{※1} [9] ^{※2}	
		4両	— [2] ^{※2}	— [2] ^{※2}	
		5両	2	2	
		7両	2	2	
	電車	3両	1	1	
		5両	12	12	
	寝台特急	電車	7両	1	1
	快速	電車	2両	4	1
			3両	3	2
5両			32	31	
7両			—	1	
普通	電車	3両	3	3	
		4両	3	3	
貨物列車		4	4		

注) ※1: 金曜日、休日の場合 ※2: 土曜日

表-2 に示すように、旅客列車が下り 75 本、上り 71 の計 146 本、貨物列車が上下各 4 本の計 8 本ある。

岩黒島橋を通過するこれらの列車の質量は不明確である。しかしながら、1 日に運行される列車は旅客列車が支配的で、その大半は通勤や通学等で日常的に利用される快速列車であること、計測期間が通常の平日であることを考慮すると、計測期間中の列車による橋の疲労への影響度は、年間を通した平均的程度と考えられる。

2.3 ひずみ計測データの処理

収録されたひずみ計測データを確認したところ、僅かであるが高周波のノイズが混入しており、また、基線ずれも発生していた。

高周波のノイズに関しては、ローパスフィルタにより除去が可能である。一方、基線ずれに関しては、同程度の基線ずれが生じている領域ごとに、その領域内で外力による変動がない部分を抽出し、計測値からその部分の平均値を減じる等による補正が行われる。しかしながら、今回行った計測は、100Hz サンプリングで 72 時間連続してデータを収録しており、データが非常に多い。このため、図-6 に示す帯域特性のバンドパスフィルタを計測ひずみデータに対して適用し、一括してノイズ除去と

表-1 岩黒島橋の下り線の自動車交通量(日当り)

Table 1 Traffic at the down lane of Iwakurojima Bridge (Cars/Day)

岩黒島橋 下り線の交通量		(台/日[24hr])		
		大型車	小型車	計
計測期間	14日 16:00～15日 16:00	3,671	4,406	8,077
	15日 16:00～16日 16:00	3,584	4,521	8,105
	16日 16:00～17日 16:00	3,818	4,419	8,237
	3日間 合計	11,073	13,346	24,419
	24時間当り 平均	3,691	4,449	8,140
2010年度実績	年平均 日交通量	2,794	7,866	10,660
	年平均 平日交通量	3,299	5,038	8,336
	年平均 休日交通量	1,789	13,498	15,288

休日：土・日・祝日と年末年始(12/29～1/3) 2010年度 122 日

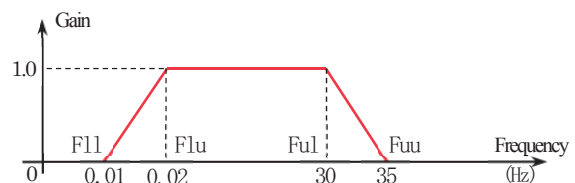


図-6 バンドパスフィルタの帯域特性

Fig. 6 Characteristic of the band pass filter

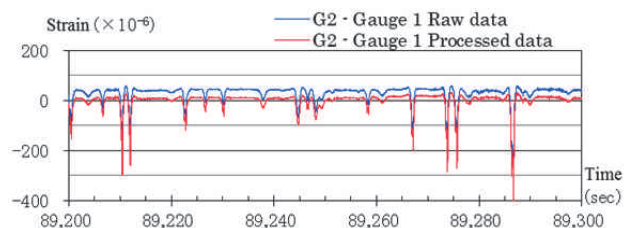


図-7 ひずみ計測データのフィルタ処理効果

Fig. 7 Filter processing effect of strain data

基線補正を行うこととした。

図-7 に示している青色の波形はフィルタ処理前のひずみ波形、赤色の波形はフィルタ処理後のひずみ波形である。フィルタ処理前の波形には、大きなノイズは現れていないが、ひずみ値で 50μ 程度の基線ずれが生じている。一方、フィルタ処理後の波形は、元の波形形状をよく保ちながら、その基線ずれが補正できている。

3. 発生変動応力

3.1 変動応力の算出

フィルタ処理を行ったひずみデータから、各計測位置での変動応力を算出した。

1 軸ひずみゲージを使用した垂直補剛材側面のゲージ 1 については、ひずみに鋼材のヤング率を乗じた値を変動応力とした。

また、3 軸ひずみゲージを使用したその他のゲージについては、各ゲージの 3 方向のひずみ(直交する 2 方向のひずみとそれらの 45° をなす方向のひずみ)から、主応力及び主応力方向を算出し、モールの応力円により垂

直補剛材の着目溶接継手に対する直交応力、平行応力及びせん断応力を求めて変動応力とした。

3.2 発生変動応力

(1) 変動応力の発生傾向

3 軸ひずみゲージを用いた各垂直補剛材のゲージ 2~6 位置の方向別の発生変動応力を見ると、垂直補剛材部では鉛直方向応力が支配的であり、横桁下フランジでは橋軸直角方向の応力のみが卓越しているような応力状態であった。

図-8 は、15 日の 16:50 からの 15 分間の各補剛材の鉛直方向の応力変動で、(a) が G2 縦桁の中央帯側(西側)の垂直補剛材、(b) が G3 縦桁の路肩側(東側)の垂直補剛材である。これらを見ると、G2 縦桁の中央帯側(西側)補剛材では圧縮側の変動が卓越しているが、G3 縦桁の路肩側(東側)の垂直補剛材には引張と圧縮の変動が生じており、また、特に大きな変動応力は両補剛材ともにゲージ 1~3 の垂直補剛材の上縁部外側で発生していることが分かる。また、図-9 は、図-8 と同時時間帯の横桁下フランジの垂直補剛材直前(ゲージ 6)での橋軸直角方向の変動応力で、(a) が G2 縦桁の中央帯側(西側)垂直補剛

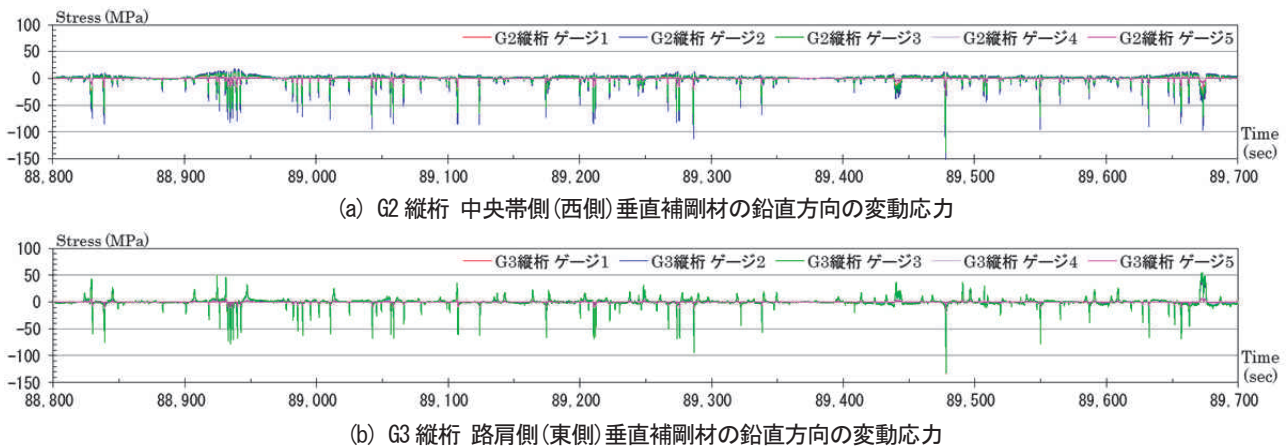


図-8 垂直補剛材の鉛直方向の変動応力(2010/12/15 16:50 から 15 分間)

Fig. 8 Vertical stress variation on the vertical stiffener (For 15 minutes after 16:50 on December 15, 2010)

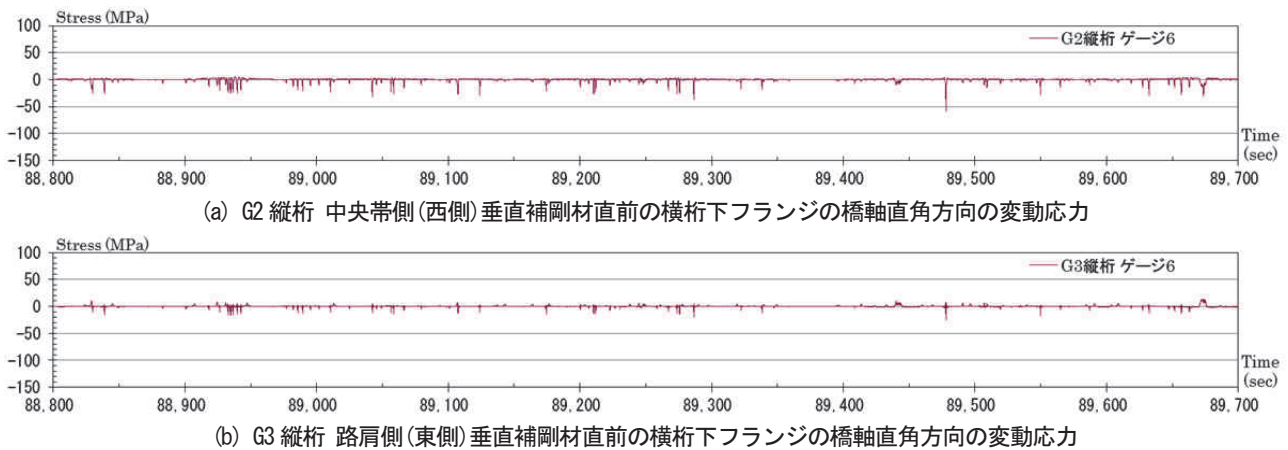


図-9 横桁下フランジの橋軸直角方向の変動応力(2010/12/15 16:50 から 15 分間)

Fig. 9 Transverse direction stress variation at the cross girder (For 15 minutes after 16:50 on December 15, 2010)

材部、(b)が G3 縦桁の路肩側(東側)垂直補剛材部である。いずれの変動応力も、隣接する各垂直補剛材の上縁部外側の鉛直方向応力とよく連動しているが、変動の大きさはその半分以下である。

(2) 最大変動応力

表-3 は、G3 縦桁の路肩側(東側)垂直補剛材のゲージ 1 の鉛直方向の圧縮応力に対して計測 1 日(24 時間)ごとに大きなものを順に 5 つを取り出し、これらと同時刻の各垂直補剛材上縁部の鉛直方向及び横桁の橋軸直角方向の変動応力を抽出して整理したもので、表-4 は、G3 縦桁の路肩側(東側)垂直補剛材のゲージ 1 の鉛直方向の引張応力に対して同様に整理したものである。これらを見ると、G3 縦桁の路肩側(東側)垂直補剛材の上縁部で大きな圧縮応力が発生する時は、G2 縦桁の中央帯側(西側)垂

直補剛材の上縁部にも同程度の圧縮応力が生じ、また、G3 縦桁の路肩側(東側)垂直補剛材の上縁部で大きな引張応力が発生する時も、G2 縦桁の中央帯側(西側)垂直補剛材の上縁部は比較的高い圧縮状態となっている。

計測 1 日ごとで見ると、多少のばらつきはあるが、いずれの計測日でも、圧縮応力については両補剛材とも 100MPa 前後のものが、引張応力については G3 縦桁の路肩側(東側)垂直補剛材で 80Mpa 前後のものが発生している。これから、当該部位については、このような高い応力が日常的に生じていると推定される。

なお、表-3、4 に示す G2 縦桁中央帯側(西側)垂直補剛材のゲージ 2 の応力値は、ほぼ同位置で計測したゲージ 1、3 の値と 30%程度の差違が生じている。これについては、ひずみ計測時にゲージ 2 で生じた機器不良等で正確な計測値が得られなかったためと考えられる。

表-3 G3 縦桁路肩側(東側)垂直補剛材ゲージ 1 の計測 1 日ごとの最大圧縮応力(上位 5)とその同時刻の他部位の発生応力

Table 3 Top five compression stress of the G3 stringer gauge 3 of each day, and stress of the other points of the time

[単位 MPa] 正:引張応力 負:圧縮応力		G2 縦桁 中央帯側(西側)垂直補剛材の応力					G3 縦桁 路肩側(東側)垂直補剛材の応力				
		補剛材上縁部				横桁	補剛材上縁部				横桁
		ゲージ1	ゲージ2	ゲージ3	ゲージ4	ゲージ6	ゲージ1	ゲージ2	ゲージ3	ゲージ4	ゲージ6
No.	発生日時	鉛直方向	鉛直方向	鉛直方向	鉛直方向	橋軸直角方向	鉛直方向	鉛直方向	鉛直方向	鉛直方向	橋軸直角方向
計測 1 日	1 14日 21:38	-120.1	-163.9	-127.0	-33.8	-51.7	-133.5	-112.5	-132.0	-20.7	-29.1
	2 15日 00:48	-124.1	-166.1	-132.0	-33.8	-53.5	-133.3	-111.2	-133.4	-19.9	-28.1
	3 14日 19:38	-127.7	-171.0	-134.1	-34.5	-58.4	-128.8	-108.2	-126.8	-20.5	-23.3
	4 14日 19:21	-121.5	-162.1	-127.4	-32.9	-54.5	-126.4	-106.2	-125.3	-20.1	-24.2
	5 14日 16:38	-122.8	-156.3	-125.6	-31.7	-51.7	-125.4	-106.4	-124.9	-19.9	-26.3
計測 2 日	1 15日 17:01	-130.5	-170.8	-136.8	-34.7	-57.6	-132.3	-110.1	-132.0	-20.1	-25.0
	2 15日 18:57	-120.5	-164.1	-126.7	-33.7	-51.7	-131.7	-110.6	-129.5	-20.8	-26.8
	3 16日 10:53	-101.5	-137.1	-106.1	-28.1	-45.2	-114.1	-96.8	-113.0	-18.1	-24.4
	4 15日 21:24	-107.5	-152.0	-117.3	-31.0	-49.7	-113.3	-94.0	-112.7	-16.9	-21.3
	5 15日 20:05	-82.5	-120.2	-90.4	-24.6	-34.2	-107.8	-89.8	-106.9	-16.2	-20.5
計測 3 日	1 16日 16:46	-90.4	-125.4	-96.4	-25.9	-36.8	-109.0	-91.8	-108.9	-16.2	-23.9
	2 17日 01:55	-90.3	-133.2	-99.8	-27.3	-40.8	-106.6	-88.6	-105.4	-15.9	-19.7
	3 17日 06:19	-95.2	-138.6	-104.4	-28.0	-45.5	-104.8	-86.5	-102.9	-15.7	-16.7
	4 16日 19:38	-86.3	-124.9	-95.0	-25.6	-39.7	-102.6	-85.5	-102.4	-15.4	-20.9
	5 17日 05:54	-73.7	-112.0	-83.2	-23.0	-35.0	-99.0	-82.9	-98.7	-15.1	-20.7

表-4 G3 縦桁路肩側(東側)垂直補剛材ゲージ 1 の計測 1 日ごとの最大引張応力(上位 5)とその同時刻の他部位の発生応力

Table 4 Table 1 Top five tension stress of the G3 stringer gauge 3 of each day, and stress of the other points of the time

[単位 MPa] 正:引張応力 負:圧縮応力		G2 縦桁 中央帯側(西側)垂直補剛材の応力					G3 縦桁 路肩側(東側)垂直補剛材の応力				
		補剛材上縁部				横桁	補剛材上縁部				横桁
		ゲージ1	ゲージ2	ゲージ3	ゲージ4	ゲージ6	ゲージ1	ゲージ2	ゲージ3	ゲージ4	ゲージ6
No.	発生日時	鉛直方向	鉛直方向	鉛直方向	鉛直方向	橋軸直角方向	鉛直方向	鉛直方向	鉛直方向	鉛直方向	橋軸直角方向
計測 1 日	1 14日 19:23	-56.7	-76.3	-59.5	-13.7	-23.7	78.1	76.7	90.1	11.5	21.4
	2 15日 14:53	-67.1	-85.4	-68.5	-14.7	-23.2	77.5	74.7	87.5	11.0	19.7
	3 15日 04:46	-53.6	-75.1	-57.4	-13.6	-23.3	76.5	73.7	86.4	10.7	20.8
	4 15日 10:07	-55.8	-82.5	-60.8	-14.2	-21.4	75.7	71.4	83.3	11.1	21.4
	5 15日 11:26	-42.3	-60.6	-45.7	-10.9	-18.6	74.2	69.7	82.0	10.5	18.3
計測 2 日	1 15日 16:34	-53.2	-75.6	-57.2	-13.5	-22.7	88.1	82.8	97.6	12.1	20.2
	2 15日 19:22	-57.5	-82.9	-61.9	-14.5	-24.9	86.1	83.0	97.4	12.4	23.1
	3 16日 04:47	-57.8	-82.2	-62.3	-14.8	-25.2	82.5	79.6	93.6	12.1	22.7
	4 16日 02:22	-51.6	-73.4	-55.5	-13.2	-22.4	76.8	74.3	87.4	11.1	21.0
	5 15日 23:08	-51.7	-75.4	-56.4	-13.8	-23.2	75.4	72.0	84.5	10.6	20.6
計測 3 日	1 17日 15:04	-53.9	-70.8	-55.6	-12.5	-21.6	84.9	81.0	95.6	11.8	18.8
	2 16日 22:05	-47.8	-77.2	-55.0	-14.0	-22.5	82.9	74.0	88.1	10.0	13.8
	3 17日 04:47	-56.6	-79.7	-60.6	-14.4	-24.2	80.8	78.4	92.1	11.7	22.3
	4 17日 09:18	-35.4	-65.9	-44.4	-12.0	-18.5	79.8	72.8	85.7	10.8	18.5
	5 16日 23:09	-54.6	-78.3	-58.9	-13.4	-22.6	78.8	76.5	89.8	11.8	22.8

3.3 荷重作用による発生応力変動

(1) 自動車による発生応力変動

図-3でも示しているように、岩黒島橋の鋼床版は左右対称で上下線それぞれのG2、G3、G4縦桁は車線のレーンマークにほぼ一致している。図-10(a)は走行車線を車両が走行した時の、(b)は追越車線を車両が走行した時の鋼床版横桁の変形状態を模式的に表したもので、横桁は、主構上弦材に両端を剛結され、縦桁との交差部でそれに支持される連続梁であることから、車両走行時には、車両走行位置直下の横桁径間が大きく鉛直方向に変形し、その外側の横桁径間も鉛直方向の波打つような変形が生じる。このとき、各縦桁には、この横桁の変形に伴い、車両走行位置に近い縦桁ほど顕著に、それぞれが車両走行位置に向かって倒れ込むように変形し、鋼床版縦桁は各格点位置で主横トラス上弦材に剛結されていることから、この横方向への変形により局所的なねじりモーメントが発生する。このようなことから、走行車線を車両が走行した時は、G2縦桁の中央側の垂直補剛材、G3縦桁の路肩側の垂直補剛材には、ともに鉛直方向には圧縮応力が発生し、一方、追越車線を車両が走行した時は、G2縦桁の中央側の垂直補剛材には鉛直方向の圧縮応力が、G3縦桁の路肩側の垂直補剛材には鉛直方向の引張応力が発生する。

図-11は、これを踏まえて抽出した下り線走行車線を大型車が走行した時と推定される各補剛材部の変動応力波形で、図-12が下り線追越車線を大型車が走行した時と推定される各補剛材部の変動応力波形である。

図-11と図-12のG3縦桁の路肩側(東側)補剛材部の発生変動応力である(b)を比較すると、車両通行位置が縦桁に対して反転するのみであるが、走行車線走行時の圧縮応力の値は、追越車線走行時の引張応力の値の2倍

程度となっており、走行車両が異なることを考慮しても、明らかに大きい。これは、車両が走行する車線の両脇の縦桁には、横桁を介して車両重量が作用して鉛直方向の圧縮応力が生じ、これにより圧縮応力はより大きくなり、引張応力は一部が相殺されているためと推定される。

(2) 列車による発生応力変動

列車による変動応力波形の抽出は、通過時刻を時刻表から特定できるため容易である。図-13は下り快速マリライナー9号、図-14は上り快速マリライナー10号による各補剛材部の変動応力波形である。両列車とも5両編成の電車で、運行は朝の通勤、通学時間帯であることから、列車の質量には大きな差はないと考えられる。

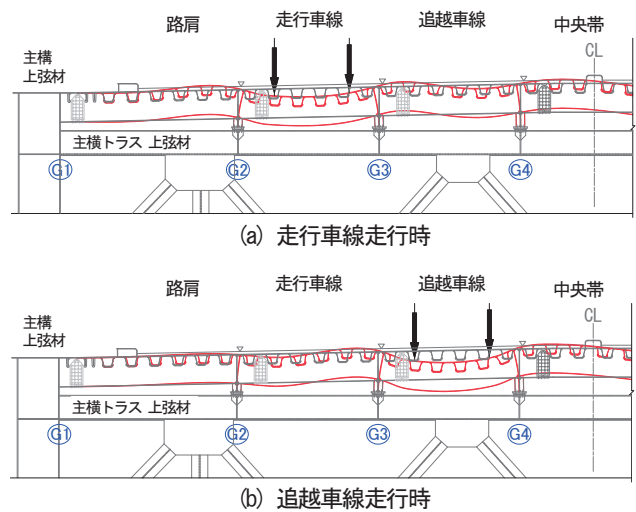
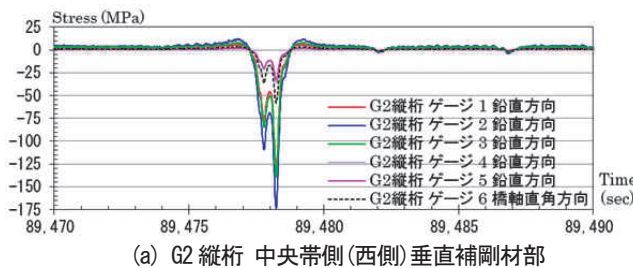
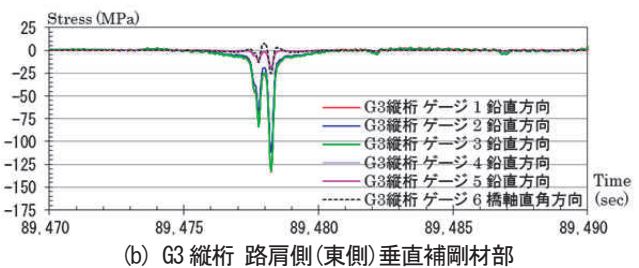


図-10 車両の走行による鋼床版横桁の変形イメージ

Fig. 10 Image of deformation of cross girder by a heavy vehicle



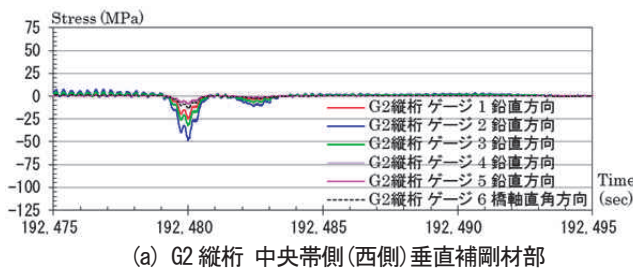
(a) G2 縦桁 中央帯側(西側)垂直補剛材部



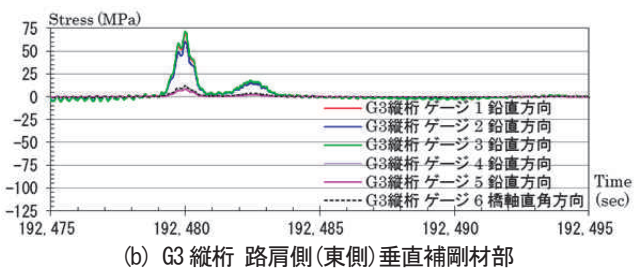
(b) G3 縦桁 路肩側(東側)垂直補剛材部

図-11 下り線走行車線を走行した大型車による垂直補剛材部での発生変動応力(2010/12/15 17:01)

Fig. 11 Varying stresses in the vertical stiffener part by the heavy vehicle which runs the outer lane (17:01 on December 15, 2010)



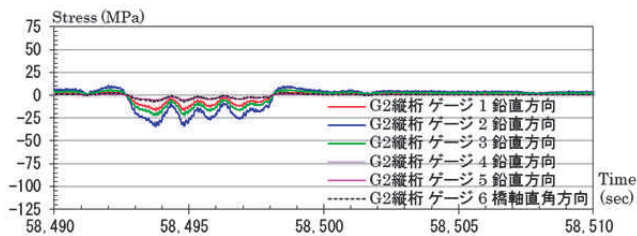
(a) G2 縦桁 中央帯側(西側)垂直補剛材部



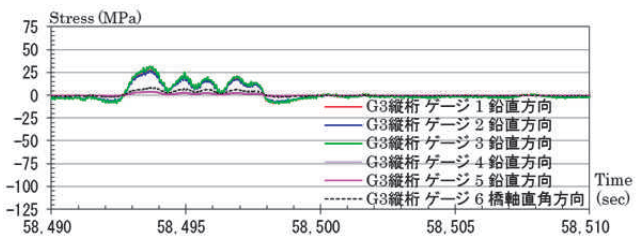
(b) G3 縦桁 路肩側(東側)垂直補剛材部

図-12 下り線追越車線を走行した大型車による垂直補剛材部での変動応力(2010/12/16 21:37)

Fig. 12 Varying stresses in the vertical stiffener part by the heavy vehicle which runs the inner lane (21:37 on December 16, 2010)



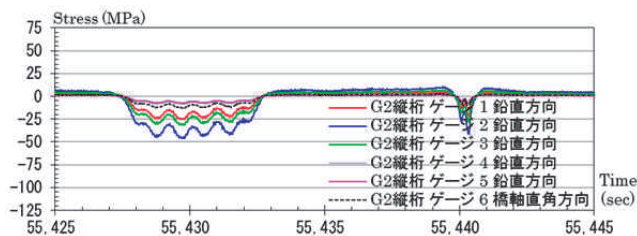
(a) G2 縦桁 中央帯側(西側)垂直補剛材部



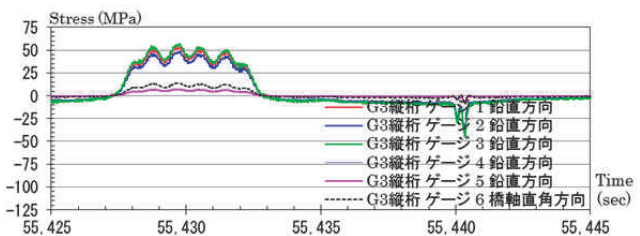
(b) G3 縦桁 路肩側(東側)垂直補剛材部

図-13 下り快速マリナー9号による垂直補剛材部での発生変動応力(2010/12/15 8:24)

Fig. 13 Varying stresses in the vertical stiffener part by the down train Marine Liner 9 (8:24 on December 15, 2010)



(a) G2 縦桁 中央帯側(西側)垂直補剛材部



(b) G3 縦桁 路肩側(東側)垂直補剛材部

図-14 上り快速マリナー10号による垂直補剛材部での発生変動応力(2010/12/15 7:33)

Fig. 14 Varying stresses in the vertical stiffener part by the up train Marine Liner 10 (7:33 on December 15, 2010)

図-13、14 では、ともに(a)に示す G2 縦桁の中央帯側(西側)垂直補剛材部には圧縮の変動応力が、(b)に示す G3 縦桁の路肩側(東側)垂直補剛材部には引張の変動応力が現れており、列車通過位置によらず各垂直補剛材で発生する変動応力の向きは同じである。しかしながら、垂直補剛材ごとに比較すると、ひずみ計測位置と同じ側を通過する下り列車による変動応力は、上り列車の 0.5~0.7 程度の大きさとなっている。

鋼床版の縦桁の横桁交差部の垂直補剛材で、下路を走行する列車によっても比較的大きな変動応力が発生するのは、列車は質量が大きく、通過時には主横トラスが変形し、鋼床版縦桁が主横トラスの上弦材に剛結されてい

ることから、その変形が鋼床版まで波及するためと考えられる。主横トラスには、列車により、図-15 に示すように、列車通過位置である中央付近が大きく下側にたわみながら、両端が主構で弾性支持されているために列車通過側が全体的に下側に変位するような変形が生じる。この主横トラスの変形により、鋼床版縦桁は下側に引き込まれるが、主横トラスの鉛直方向の変位は列車の通過する中央付近が最も大きいため、内側となる縦桁ほど大きく引き込まれる。このため、鋼床版横桁には図-16 に示すような変形が生じ、垂直補剛材部に変動応力が発生すると推定される。また、列車の方向の違いで垂直補剛材の生じる変動応力の大きさが異なるのは、列車通過側の主横トラス部は全体的な下側への変位を伴うため、隣接する鋼床版縦桁位置での相対変位が列車通過反対側より小さくなるためと考えられる。

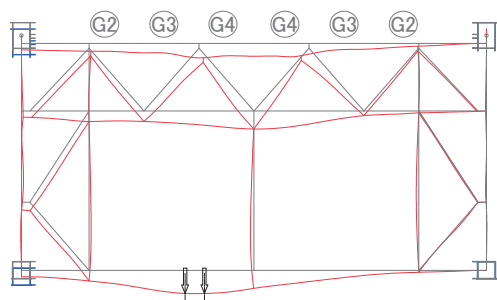


図-15 列車の走行による主横トラスの変形イメージ

Fig. 15 Image of deformation of main cross truss by a train

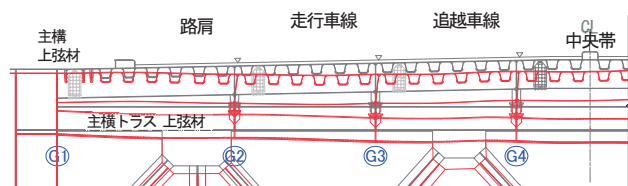


図-16 列車の走行による鋼床版横桁の変形イメージ

Fig. 16 Image of deformation cross girder by a train

3.4 累積損傷度と疲労寿命の算出

鋼床版縦桁の横桁交差部の垂直補剛材上縁の溶接継手は、溶接長 65mm の両面すみ肉溶接であり、疲労に対する継手分類は、補剛材の鉛直方向応力に対しては荷重伝達型十字溶接継手、横桁下フランジの橋軸直角方向応力に対しては面外ガセット継手となり、疲労強度等級はいずれも F 等級である。

図-17 に示すのは、(a)が G2 縦桁の中央帯側(西側)垂直補剛材、(b)が G3 縦桁の路肩側(東側)垂直補剛材の、ゲージ 3 の鉛直方向の変動応力から計数した計測 3 日間の発生変動応力範囲と頻度、及び文献 1)を参考にして算出した発生応力範囲に対する疲労損傷度分布である。

3.2 で示したように、G2 縦桁の中央帯側(西側)垂直補剛材は圧縮応力が支配的であるが、G3 縦桁の路肩側(東

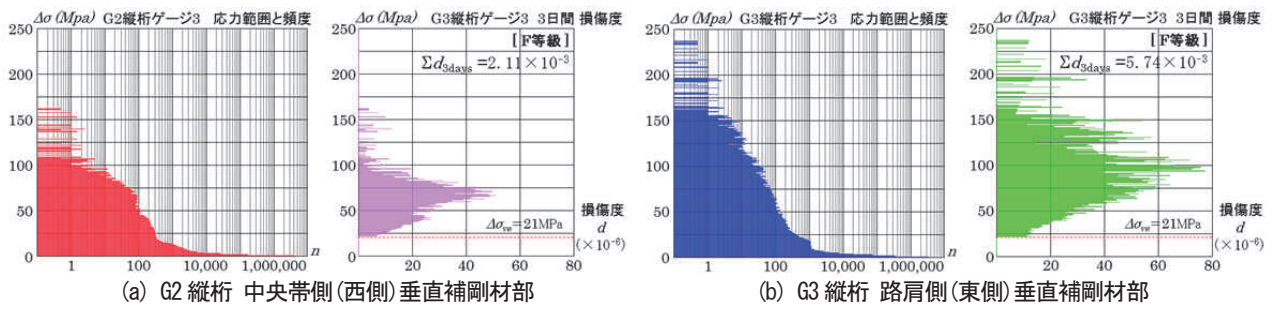


図-17 各垂直補剛材のゲージ3の3日間の発生変動応力範囲の頻度と疲労損傷度

Fig. 17 Measurement 3days varying stress range and frequency, and measurement 3days fatigue damage (gauge 3)

表-5 各ゲージ位置で算出した計測結果に基づく疲労寿命

Table 5 Calculated fatigue life of vertical stiffener based on strain measurement result

評価対象継手及び部位			評価位置と変動応力方向	継手の分類と疲労強度等級 継手の分類 等級	計測3日間の 疲労損傷度	計測結果から 計算した寿命	大型車交通量 補正した寿命	
G2 縦桁 中央帯側 (西側) 垂直 補剛材部	補剛材 上縁部	外側	ゲージ1 鉛直方向	荷重伝達型 十字溶接継手	F	1.42×10 ⁻³	5.80年	7.62年
			ゲージ2 鉛直方向			5.72×10 ⁻³	1.44年	1.89年
		ゲージ3 鉛直方向	2.11×10 ⁻³			3.89年	5.11年	
		ゲージ4 鉛直方向	1.27×10 ⁻⁵			648.57年	852.80年	
	横桁下フランジ	ゲージ6 橋軸直角方向	面外ガセット継手	F	1.26×10 ⁻⁴	65.37年	85.95年	
G3 縦桁 路肩側 (東側) 垂直 補剛材部	補剛材 上縁部	外側	ゲージ1 鉛直方向	荷重伝達型 十字溶接継手	F	5.33×10 ⁻³	1.54年	2.03年
			ゲージ2 鉛直方向			3.44×10 ⁻³	2.39年	3.14年
		ゲージ3 鉛直方向	5.74×10 ⁻³			1.43年	1.88年	
		ゲージ4 鉛直方向	2.36×10 ⁻⁵			3,476.09年	4,573.30年	
	横桁下フランジ	ゲージ6 橋軸直角方向	面外ガセット継手	F	2.73×10 ⁻⁵	300.64年	395.31年	

側)の垂直補剛材は引張と圧縮の両側応力が生じていた。このため、(b)のG3縦桁の路肩側(東側)垂直補剛材には、高い変動応力範囲が現れ損傷度も大きくなっている。

表-5は、各ゲージに対して同様に計測3日間の発生変動応力範囲と頻度を計数して損傷度を求め、それを基に算出した疲労寿命で、表中の「計測結果から計算した寿命」は計測3日間の疲労損傷度から累積損傷度が1.00となる年数、同「大型車交通量補正した寿命」は、2.2で示したように計測期間中の大型車交通量が通年で見て高かったことを考慮して補正した3日間の疲労損傷度から同様に算出した年数で、各垂直補剛材の上縁部外側については、疲労寿命は非常に短いものとなっている。

なお、この疲労寿命に関しては、使用した変動応力範囲とその頻度は、計測したひずみから計算した構造的要因による応力集中の影響等が含まれた変動応力から算出した実際の変動応力範囲とその頻度である。また、文献1)に示される評価の規準とした疲労設計曲線は、継手の疲労試験結果から公称応力による応力範囲に対して非破壊確率97.7%の値に基づき設定されている。このため、表-5に示した疲労寿命は、実際より厳しい値となっており、参考としての値とはなるが、各垂直補剛材の上縁部外側の疲労寿命は非常に短く、これを考慮しても疲労に対する環境はかなり厳しいという結果となる。

4. おわりに

岩黒島橋の格点24の下り線側の鋼床版G2縦桁の中央

帯側(西側)垂直補剛材及びG3縦桁の路肩側(東側)垂直補剛材を対象としたひずみ計測と、その計測値から算出した発生変動応力による検討から、大型車の通行や列車の通過により鋼床版縦桁に局所的なねじりモーメントが生じ、これにより当該垂直補剛材部は高い応力状態となるため、非常に厳しい疲労環境であることが分かった。計測を行っていない他の鋼床版縦桁の横桁交差部の垂直補剛材でも、構造的観点から同様に高い応力の発生が予測でき、疲労環境は厳しいものと考えられる。このことより、写真-1で示したような岩黒島橋と櫃石島橋で報告されている鋼床版縦桁の横桁交差部の垂直補剛材の亀裂は、疲労によるものと推定される。

両橋で報告されている亀裂は、いずれも垂直補剛材上縁部外側のまわし溶接部の止端部から溶接ビードに沿って現れており、進展しても亀裂が溶接部内に留まっている間は、構造への影響は小さいと考えられる。しかしながら、亀裂未発生の垂直補剛材にも同様の亀裂が発生する可能性や、発生した亀裂が途中で鋼床版横桁や鋼床版縦桁へ進展する場合もある。このようなことから、両橋の鋼床版縦桁の横桁交差部の垂直補剛材については、今後も注意深く点検していくことが必要である。

なお、既に発生している亀裂については、亀裂の進展量と進展方向に注視して経過の観察を行いつつ、適切な対策を検討することとしている。

【参考文献】

- 1) (社)日本道路協会：鋼道路橋の疲労設計指針、2002.3

舞子トンネル換気用排風機の維持管理

Maintenance of Exhaust Fans in Maiko Tunnel

神戸管理センター	施設課長	朝倉 義博 Yoshihiro Asakura
神戸管理センター	施設課長代理	大浦 義司 Yoshiji Oura

概要

舞子トンネルには換気設備用の大型排風機が多数設置されており、本設備の維持管理は状態基準保全が望ましい。しかし、この方式は日常点検から正確な機器内部の劣化状態を把握し、分解整備の実施時期を判断する必要がある。本報告は、日常管理で実施している簡易設備診断結果と排風機の分解整備から得られた詳細点検結果を概説するとともに、排風機の維持管理方針について報告する。

Many large-sized exhaust fans are installed for the Maiko Tunnel ventilation system, and they shall be maintained based on Condition Based Maintenance policy. This policy is required to grasp the accurate deterioration of the fans in order to make a decision of the overhaul time. This paper reports results of the detail inspection from simple diagnosis and overhaul of the exhaust fans, and also the maintenance policy for the exhaust fans.

1. はじめに

舞子トンネルは、人口密集地に建設された3車線断面を有する全長約3kmの2本の都市型長大トンネルである。このトンネルの換気設備は、お客様の安全で快適な交通環境と周辺住民の生活環境への影響等を配慮し、トンネル内のばいじんを坑口から出さないように集中排気方式を採用している。換気設備の運転制御は、必要風量の確保と効率化運転を目的として主に上下線の6基の大型排風機を24時間連続で自動風量調整を行っている。ここで、排風機は大型特殊回転機械であるため機能維持には多額の費用を要する分解整備を繰り返すことが求められる。この分解整備の周期は、メンテナンスコストに大きく影響することから、日常管理（清掃・給油・増締め等）により劣化防止を図りながらかつ点検・試験等により劣化状況を計測し、定期的な部品取替えや定期整備等により劣化を回復させる設備保全活動が重要となる。¹⁾一方、排風機の劣化要因は、材質・構造等の設計条件、設置環境、運転状態、日常管理の実施状況等に大きく左右され、また排風機の機能維持で重要となる動翼・動翼可変機構・電動機の劣化は、分解しないとその劣化状態が正確に把握できないという課題がある。このため、設備保全では定期的に分解整備を行う時間基準保全、各種センサ

一等から得られた観測データより劣化状態を推測し分解整備を行う状態基準保全、及び故障時に機器交換等を行う事後保全が行われている。¹⁾

舞子トンネル排風機では、ライフサイクルコストの低減を目指した予知保全の実施を念頭に、最適な分解整備時期を追求するため、騒音・振動・温度・電流等を定期的に測定しその状態から機械内部の劣化状態を推測する簡易設備診断手法を採用している。²⁾しかし、最適保全時期の予測には、機器内部の劣化状態の推測精度の向上が不可欠であり、簡易設備診断データと定期的な分解整備で得られた実測データを比較し、それらの知見から合理的な日常管理や定期整備の項目及び内容と最適な整備周期を探索することが求められる。

本報告は、日常管理で実施している簡易設備診断結果と供用から13～14年後に初めて実施した排風機（3基）の分解整備の結果を比較し、これら結果を踏まえた今後の舞子トンネル排風機の維持管理のあり方について報告する。

2. 舞子トンネル換気設備の概要と日常管理

2.1 換気設備の構成

舞子トンネルに設置された主な換気設備の配置を図-1

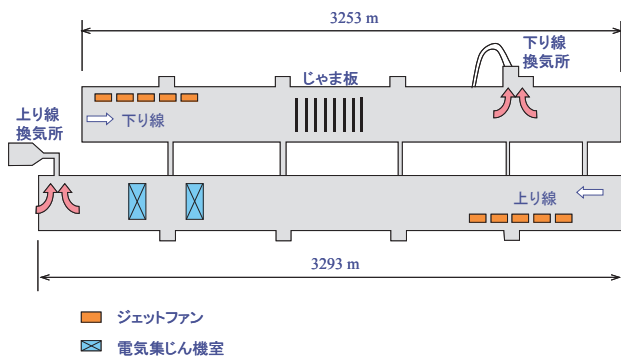


図-1 舞子トンネル換気設備の配置

Fig.1 The equipment arrangement in the Maiko tunnel

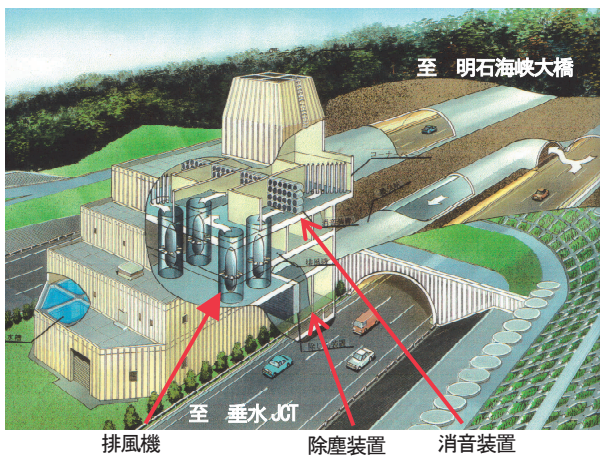


図-2 上り線換気所の機器配置図

Fig.2 Layout of Noborisen ventilating station

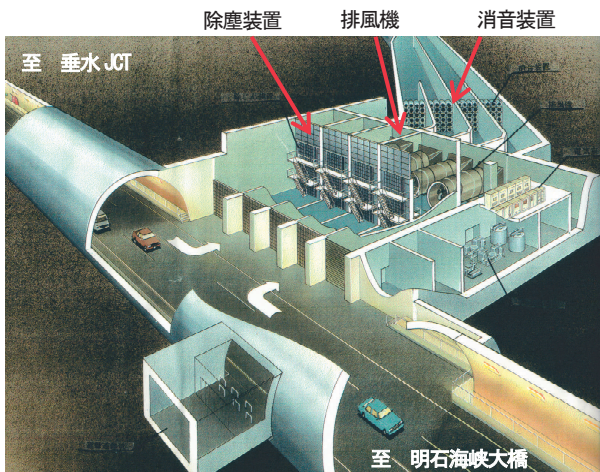


図-3 下り線換気所の機器配置図

Fig.3 Layout of Kudarisen ventilating station

～3に示す。トンネル換気設備は、①トンネル内の空気を外に出さないように吸い込んで換気所から排気する「排風機」、②トンネル内の車両から発生するばいじんを排風機手前で除去する「除じん装置」、③排風機の騒音を抑える「消音装置」、④トンネル内の圧力調整を行う「ジェットファン」と「じゃま板」、⑤トンネル内の

視程の改善を図る「天井型電気集じん機」、⑥トンネル内環境の計測を行う風向風速計、煙霧透過率計（視程計測）、一酸化炭素濃度計からなる「計測設備」と、⑦トンネル入口部の交通量計測設備やトンネル内環境計測設備の測定データを基に演算処理し各換気機器を自動制御する「換気制御処理装置」等により構成される。

2.2 排風機の仕様と構造

(1) 排風機の主要仕様

舞子トンネルの排風機は、換気制御処理装置により算出された最適な必要排気風量・圧力を得るための風量可変機能として動翼可変機構を備えている。主要な排風機の仕様を表-1に示す。

表-1 舞子トンネル排風機主要仕様(1基当り)

Table 1 The specifications of the exhaust fans

項目	上り線換気所	下り線換気所
排風機形式	動翼可変縦型軸流式 (縦型)	動翼可変横型軸流式 (横型)
風量, 全風圧	224 m ³ /s, 110 mm Aq	281 m ³ /s, 131 mm Aq
口径, 回転数	3,750 mm, 395rpm	4,000 mm, 392rpm
主電動機電圧・出力	6,600V, 60Hz, 370kW	6,600V, 60Hz, 555kW
動翼枚数	16枚	20枚
設置数	3基	3基

(2) 排風機の構造

排風機の構造例として上り線換気所の縦型排風機の分解時の状況を写真-1に示す。

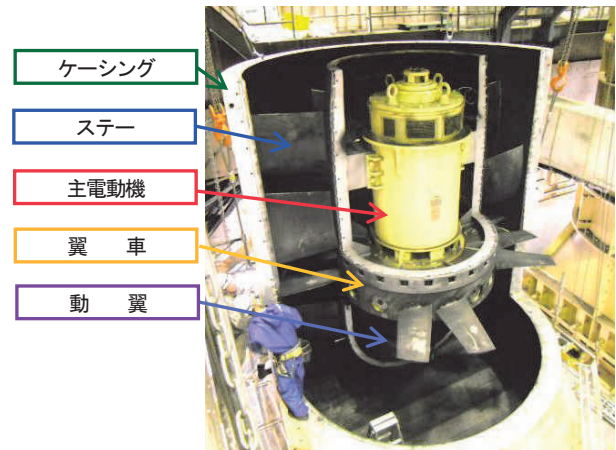


写真-1 上り線排風機の構造

Photo 1 View of vertical type exhaust fan

排風機の1基当たりの大きさは、全高11.5m、直径3.75mと大型であり、重量はケーシング・電動機等を含め約40tである。構造は、8分割できるケーシング内部にステアで固定された主電動機が配置され、主電動機軸先端には動翼可変機構が内蔵された翼車とその外周に動翼が取り付けられている。換気力は、主電動機からの回転力を直接翼車に伝達し動翼が高速で回転することにより発生する。

(3) 動翼可変機構

排風機の風量制御は、トンネル内のばいじんを坑口から出さないように、かつ良好な坑内環境の保持と経済運転を考慮して常に坑口出口部にて風向が坑内向きに0.1~0.2m/s程度の吸込み状態となるように制御している。一方、換気に必要な風量は交通量に応じた交通換気力、自然風による換気力及び車両からの煤煙と一酸化炭素の発生量の影響により変化するため、1日の風量は図-4に示すように時間毎に変化する。この風量制御の方法には、一般的に①回転数制御法、②動翼可変制御法、③台数

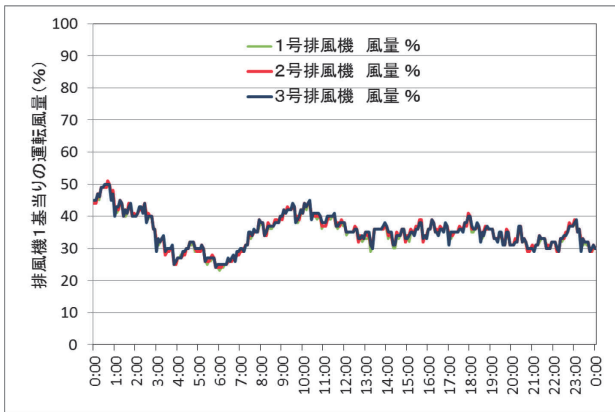


図-4 上り線排風機運転風量の変化 (平日1日)

Fig-4 Trend of air flow rate

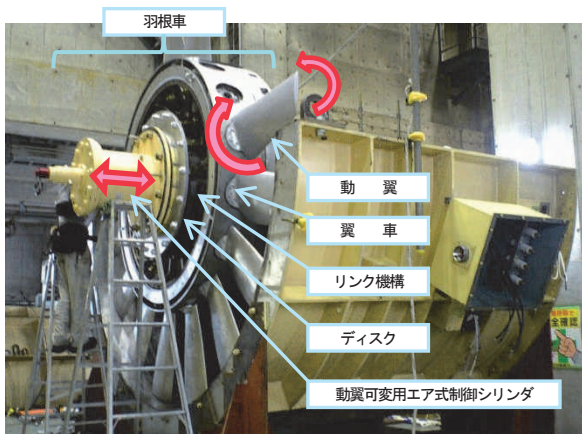


写真-2 上り線排風機の動翼可変機構

Photo 2 View of fan rotor blade control device

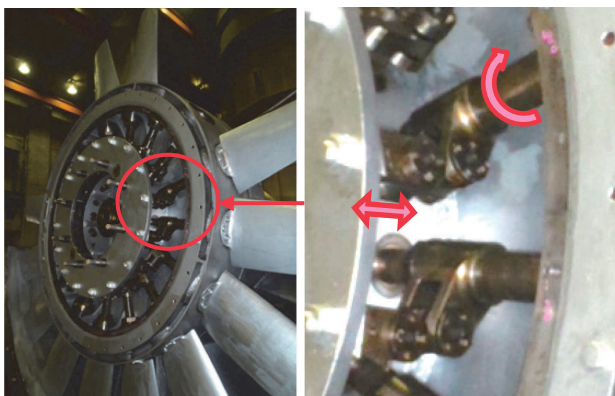


写真-3 動翼可変機構のリンク機構

Photo 3 View of rotor blade control mechanism

制御法があり、本トンネルでは経済的な換気効果と保守の容易さを目的に、きめ細かく風量制御を行え初期投資はやや高いがランニングコストが安い動翼可変制御法を採用した。³⁾本方式は、写真-2及び写真-3に示すように一定回転数で回転する翼車の回転軸上に、動翼可変用制御シリンダ(上り線:エア式、下り線:油圧式)と直結したディスクが取り付けられており、これを1ミリ以下で駆動させ、リンク機構を介して翼車外周に取り付けられた複数枚の動翼を動翼軸廻りに同じ取付角(ピッチ角)で回転させることで、要求風量に対し±1%単位の精度で風量を無段階かつ連続的に制御できる。

2.3 排風機の日常管理

(1) 点検・保守

排風機本体の日常管理は、電動機を用いた回転機械であることから、フィルター清掃、給油、外観ボルトの増締め、外観目視点検等や常設センサーによる電流値、巻線及び軸受温度等の測定の外に、内部部品の劣化状況を把握するために簡易設備診断手法による異常兆候監視を実施している。

(2) 簡易設備診断手法による異常兆候監視

一般的な送風機等の回転機械の不具合部位の割合は、①羽根車、②軸受の2部位で約4割を占め、これらのアンバランスやミスアライメント等により異常振動が起きて破損に発展することもある。この変状の兆候は、騒音や振動(加速度・速度・変位)に現れやすいことが分かっており、回転機械の保全には兆候監視が重要となる。⁴⁾このため、本排風機では、平成10年の供用当初より異常の早期発見と兆候監視並びに分解整備時期の推定のための基礎データの収集として、排風機運転中の騒音(OA, 31.5Hz~8.0KHz)と振動(変位・速度・加速度)を風量50%と100%で計測し、状態変化を判定基準で評価する簡易設備診断手法を行ってきた。風量100%における簡易設備診断の騒音レベルの測定結果を図-5に、振動(変位、速度、加速度)レベルの測定結果を図-6~8に示す。

本診断結果によると、本排風機の状態は供用後10年を

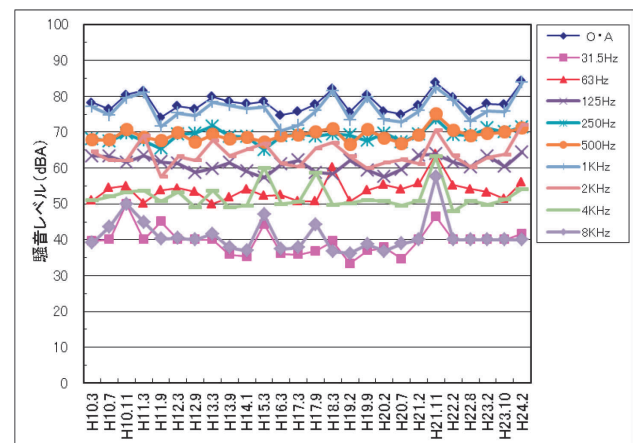


図-5 上り線排風機の騒音レベルの推移

Fig.5 Trend of A-weighted sound pressure levels

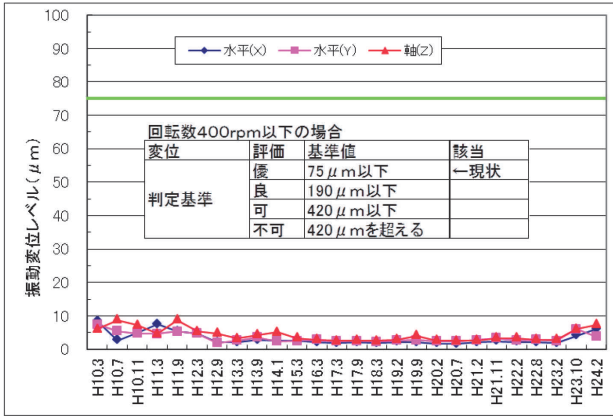


図-6 上り線排風機の振動変位レベルの推移

Fig.6 Trend of vibration (displacement) levels

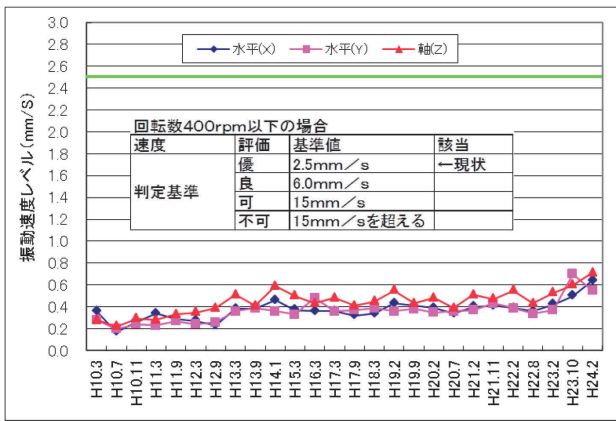


図-7 上り線排風機の振動速度レベルの推移

Fig.7 Trend of vibration (velocity) levels

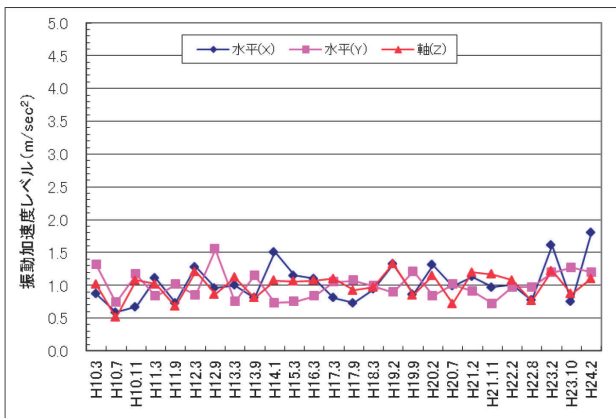


図-8 上り線排風機の振動加速度レベルの推移

Fig.8 Trend of vibration (acceleration) levels

超えても異常は見られなかった。

(3) 主電動機等の腐食と軸受の課題

設備診断結果からは排風機に特に異常は見られなかったが、不具合に発展する恐れとして主に次の課題があり、早急な分解整備が望まれた。

(a) 主電動機等の腐食

排風機はおおむね24時間連続運転を行っており、吸い

込む空気は瀬戸内海や雪氷対策用薬剤散布からの塩分、雨天時等の湿気分及び排気ガスが含まれている。このため、ケーシング内の主電動機等の機器腐食が進行しやすいが、電動機内部の腐食は分解しないと確認できない。また、他機関へのヒアリング結果では、排風機の劣化や分解整備周期は使用環境や運転状況により大きく異なった。さらに本排風機では供用後の分解整備の未実施期間が製造メーカー推奨周期（5～7年）の2倍を超えていた。

(b) 主電動機軸受のグリス管理

主電動機軸受の機能維持にはグリス補給量と補給周期の管理が重要なため、定期的にグリス注入を行ってきた。しかし、軸受内にグリスが一樣に潤滑されているかは直接観察しないと分からない。またグリスの補給は排風機ケーシング外側に取り付けられた注脂口から配管を通して軸受内に給脂され、古いグリスは新しいグリスで軸受から押し出されて軸受横に設置されたベアリングカバー内にたまる構造となっている。この古いグリスがベアリングカバー内に一杯になると主電動機内部に漏れ出て新たな不具合発生になる恐れがある。しかし、古いグリスのたまり具合や軸受内のグリスの潤滑状況は電動機を分解しないと確認できない構造となっている。

3. 分解整備

3.1 分解整備の基本方針

排風機は前述したように大型・大重量でありかつ主電動機や動翼部に複雑な回転機構を持っているため、分解整備には多大な費用と期間を要する。このため、分解整備の実施は数年ごととなる。また、一旦損傷等により排風機や構成部品である主電動機の取替えが必要となった場合は、分解整備費より更に多大な費用と期間がかかる。

このことから、今回の排風機の分解整備では排風機全数のうち半分を対象に開放点検により内部状況を直接確認した。本分解整備は次の要点を踏まえて行い、かつ次回分解整備時期までに劣化が予測される部品は分解時に併せて交換するとともに、補修塗装を実施する計画とした。

- ①ケーシング、動翼、翼車、主電動機等の構成部材に腐食、割れ、亀裂はないか。
- ②固定ボルト、ナット等に緩み、脱落はないか。
- ③動翼可変機構の制御性能の低下、軸受・摺動軸等の摩擦、腐食等はないか。
- ④主電動機の絶縁抵抗やワニス等の劣化、主電動機内部の回転子と固定子の接触・芯ズレ・腐食、固定子コイル等の腐食・緩み等はないか。
- ⑤主電動機用軸受の異常摩耗はないか。グリス潤滑は良好か。ベアリングカバー内のグリス量の確認。
- ⑥パッキン、ガスケット、シール材等の劣化、動翼可変機構の作動油・エア漏れ、ばいじん等の付着等はな

いか。

- ⑦不具合発見時の設備改良の検討。
- ⑧簡易設備診断結果と分解整備による開放調査結果の比較を行い、今後の日常管理方法及び分解整備項目と実施内容の検討。

3.2 分解整備の項目と内容

上り線換気所排風機2基、下り線排風機1基の分解、点検、部品交換、塗装、組立、試運転調整等の分解整備を実施した。主な内容は次のとおりである。

表-2 排風機の性能確認

Table 2 Performance verification test of exhaust fans

対象機器	項目	内容
排風機	運転状況	動作確認、起動時間、ダンパ閉時間、振動・騒音、軸受温度
	性能測定	開度設定値に対する風量・風圧（風量設定値毎の設置時と現状の風量比較）
	動翼取付位置	動翼開度設定値と実開度確認、動翼先端及び前後とケーシングとのギャップ測定
主電動機	電動機性能	電流・電圧・電力測定、巻線温度測定、軸受温度測定
その他	漏れ、異常音等	空気漏洩の有無、漏油の有無、異常音等の有無

表-3 排風機の分解整備内容

Table 3 The detail of overhaul inspection

部材	主な確認項目	主な分解整備・点検内容
ケーシング、ダンパ、接続管（現地）	・シール材の劣化状況 ・腐食、亀裂、損傷の状況	・目視点検 ・清掃・手入れ ・発錆浸食状況 ・亀裂・損傷等の有無の確認
翼車、動翼等（現地、工場）	・動翼（アルミ合金）の亀裂、腐食状況 ・動翼軸等の摩耗状況 ・軸受（すべり、玉）の劣化状況 ・パッキン、ガスケット等の劣化状況	・塗装ケレン後の発錆浸食状況 ・亀裂・損傷等の有無の確認 ・動翼軸受交換、塗装
制御シリンダ（工場）	・ストローク動作確認 ・腐食、亀裂、損傷の状況 ・ピントン、ロッド、チューブの摩耗状況 ・パッキン、ガスケット等の劣化状況	・目視点検、清掃・手入れ、発錆浸食状況、亀裂・損傷等の有無の確認
主電動機（工場）	・腐食、亀裂、損傷、異物混入、粉塵・油分・摩耗粉等の付着の状況 ・固定子と回転子の接触状況、エアギャップ、軸の振れ測定 ・コイル・コア：加熱・リークの状況、コイル等の固定状況、損傷、摩耗の状況 ・軸受損傷、パッキン、ガスケット等の劣化状況	・本体：清掃後の発錆浸食状況、亀裂・損傷等の有無の確認 ・コイル：発錆浸食状況、亀裂・損傷等の有無の確認、線の接続状態、固定状態の確認 ・軸受交換：電動機軸受 ・その他：軸受交換、シール材の交換、ワニス処理、内部塗装
	・固定子巻線の絶縁抵抗の劣化状況 ・軸受内へのグリスの給脂状況 ・ベアリングカバー内のグリスの貯まり具合	・絶縁抵抗測定 ・給脂状況確認 ・劣化グリス除去と給脂 ・振動・異音の確認 ・外部塗装
各種ボルト・ナット類（現地）	・腐食、亀裂、損傷の状況 ・ねじの緩み	・発錆浸食状況 ・亀裂・損傷等の有無の確認

(1) 分解整備前後の排風機性能確認

排風機の分解整備前後に表-2に示す性能確認を実施し、供用当初、分解整備前後の機能低下（回復）状況を把握した。

(2) 分解整備項目

排風機の分解整備の項目と内容を表-3に示す。主な項目は、部品等の劣化・摩耗確認、部品交換、不良箇所の補修及び塗装である。また、主電動機の分解整備項目は、主電動機内部の腐食確認、軸受の摩耗・損傷確認等である。なお、軸受損傷状況を簡易的に確認できるグリス鉄粉濃度測定は、上り線・下り線各1台の主電動機で実施した。また、主電動機の分解整備は、上り線排風機1基を代表として実施した。

3.3 分解整備手順と確認状況

排風機の分解整備は、①ケーシング一部撤去、動翼・翼車の取外し、②翼車及び動翼可変機構整備、③動翼整備、④主電動機工場整備、⑤制御シリンダ整備、⑥全体組立の手順で行った。

3.4 分解整備結果

(1) 分解整備前後の排風機性能の比較

上り線排風機1基の分解整備前後の排風機性能の比較結果を表-4に示す。本事例の場合、排風機性能は風量設定値と実測の風量が供用時に比べ減少傾向となっていた。なお、不具合の原因と対策については後述する。

表-4 上り線排風機の性能比較

Table 4 Performance comparison of exhaust fans

項目	確認項目	整備前	整備後
排風機	運転状況	異常なし	異常なし
	性能測定（風量設定 100%時の設置時と現状の風量比較）	-10%	-1%
	動翼取付位置	異常なし	異常なし
主電動機	主電動機性能	異常なし	異常なし
その他	漏れ、異常音等	異常なし	異常なし

(2) 各機器の劣化状況

排風機の各機器の劣化状況を表-5に示す。全体として劣化は初期段階であり、これ以上劣化が進むと補修が上がりになることが分かった。以下に主な部品の劣化状況と補修内容を述べる。

(a) ケーシング、翼車、動翼等

下り線排風機1基の動翼の染色浸透探傷試験(PT)を実施したところ、1枚の動翼付け根に約4cmの欠陥（線状浸透指示模様）が確認された（写真-4）。本動翼付け根部は応力が集中する箇所であり、欠陥からクラックが発生して進展した場合、排風機が破損する恐れがあったため、再製作を行い交換した。

なお、原因調査のため、動翼先端と付け根部について断面ミクロ観察(SEM)と引張試験を実施したところ、欠



写真-4 動翼根元の欠陥(線状浸透指示模様)
Photo 4 Small crack in fan blade(Penetrant testing)

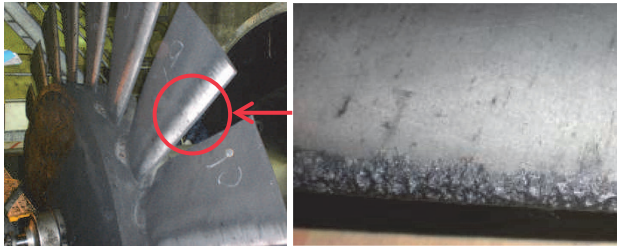


写真-5 動翼の腐食

Photo 5 Corrosion of the fan blades

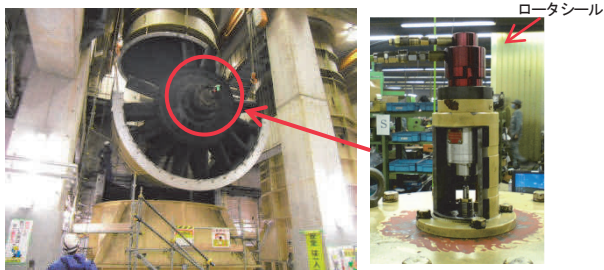


写真-6 エア式制御シリンダとロータシール

Photo 6 Pneumatic cylinder and rotor shield

陥の発生は casting 時の引け巣から進展したものであることが分かったが、引張強さ等の機械的性質は満足していた。更に下り線排風機動翼全数の表面には、塗装の部分剥離と前縁部に約2~3mm程度の腐食・摩耗による凹凸が確認された(写真-5)。なお、今回は腐食が小さく仕上げ研磨により復旧したが、今後腐食が進行した場合、動翼の交換が必要となる。

(b) 動翼可変機構

前述の上り線排風機1基では、エア式制御シリンダの供給空気圧力とストロークの関係において直線性にズレが生じ、目標風量(設定圧力信号値)と実測風量に約10%の誤差が出ていた。原因は、圧縮空気をシリンダに供給するロータシール部のOリング劣化によりエアが漏れていたためであり、交換により機能回復が図れた(写真-6)。なお、シリンダの制御性が悪くなると排風機が制御不能になる恐れがある。また、上り線排風機2基の動翼軸受では全体的に摩耗が進んでいた(写真-7)。



(a) 動翼軸外周部軸受 (b) 動翼ガイドバー部軸受

写真-7 動翼すべり軸受の摩耗

Photo 7 Wear of Sliding Bearing

(c) 主電動機

上り線排風機1基の固定子コア全体に発せいが見られ

表-5 排風機の各機器の劣化状況

Table 5 Deterioration of exhaust fans

部 材	主な確認項目	確認結果
ケーシング等	シール材劣化、部材腐食、亀裂、損傷の状況	異常なし(全数)
翼車、動翼等	動翼(アルミ合金)の亀裂、腐食状況	動翼前縁部表面に腐食・摩耗による凹凸あり、研磨実施(下り1基)。動翼20枚のうち1枚の羽根根部に長さ約4cmの欠陥(線状指示模様)あり、新規製作を行い交換済み(下り1基)。
	動翼軸等の摩耗状況	動翼駆動軸の一部摩耗していたが、許容値内のためそのまま使用(上り1基)。その他の軸は異常なし(全数)。
	軸受(すべり、スラスト玉)の劣化状況	すべり軸受はカーボン部、メタル部が摩耗。スラスト玉軸受は異常なし(上り2基)。油脂付着、汚れ、テフロンコーティング等に劣化あり、交換実施(下り1基)。
	パッキン、ガスケット、シール等の劣化状況	一部シール材に硬化傾向有り、交換実施(上り2基)。ブッシュに摺動傷、Vパッキン等に経年的劣化あり、交換実施(下り1基)。
制御シリンダ (上り線:エア式) (下り線:油圧式)	ストローク動作確認 腐食、亀裂、損傷の状況 ピストン、ロッド、チューブの摩耗状況	シリンダチューブに摺動痕あり、研磨実施。ブッシュに摩耗痕あり、交換実施(上り2基)。作動軸摺動面に軸方向の摺動傷あり、軸研磨とスリーブの交換実施。ブッシュに摺動面に摩耗痕あり、交換実施。高圧ホースカシメ部より油漏れあり、交換実施(下り1基)。
	パッキン、ガスケット等の劣化状況	ダイヤフラム部劣化あり、交換実施(上り1基)。ロータシール内面発錆、Oリング劣化、エア漏れあり、交換実施(上り1基)。シリンダ用Vパッキン等に劣化あり、交換実施。ピストンリングに摩耗・劣化あり、交換実施(下り1基)。
主電動機	腐食、亀裂等の状況	固定子コア全体に発錆あり、ケレン後ワニス処理実施(上り1基)。
	異物混入、粉塵・油分・摩耗粉等の付着状況	全体に塵埃多量付着・微量油分付着のため、清掃実施。異物なし(上り1基、下り1基)。
	軸受(アンギュラ玉軸受、円筒コロ軸受)の損傷状況	上部軸受・下部軸受ともに転動面・玉・コロ・ケースを含め異常なし(上り1基)。下部軸受グリスの鉄粉濃度が注意値のため、今後グリス注入量増量予定(上り1基)。
	軸受の給脂状況、ベアリングカバー内のグリスの貯まり具合	給脂は良好(上り1基)。ベアリングカバー内の古いグリスは1/4程度貯まり、除去実施(上り1基)。軸受内部にグリス潤滑不良があり、グリス交換実施(下り1基)。
	パッキン、ガスケット等の劣化状況	パッキン、ガスケット等に劣化あり、交換実施(上り1基)。
ボルト・ナット類	腐食、亀裂、損傷の状況、・ねじの緩み	異常なし(全数)。

た。また固定子及び回転子全体には多量にじんあい・微量油分の付着が見られた(写真-8)。このため、全体にケレン処理を行った後、ワニス処理を実施した。なお、これらを放置すると回転子と固定子が接触し、電動機が損傷する恐れもあることから、今後は他号機も早急に分解整備する必要がある。

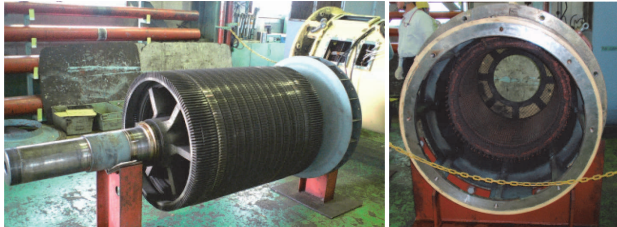


写真-8 主電動機の回転子と固定子
Photo 8 Rotor and stator of electric motor

(d) パッキン・シール等

経年使用によるすずぼりへの付着、軸受の摩耗、パッキン・シール材等の劣化が全体的に確認された。しかし、顕著な摩耗、発せい、割れ等はなく、損傷に至る前に部品交換及び調整により機能回復が図れた。

(e) 固定ボルト、ナット等

全数異常は見られなかった。

(f) 主電動機用軸受のグリス補給の状況

排風機の軸受内のグリスを採取して鉄粉濃度測定(軸受が摩耗すると値が上昇する)を実施した結果、上り排風機1基の下部側軸受で注意値となった(表-6)。これを受け、グリス補給量による軸受の摩耗の影響を観察するために補給量を増量とした(表-7)。

表-6 排風機軸受の鉄粉濃度測定結果

Table 6 Fe content rate of grease in bearings

軸受位置		今回計測	判定
上り	負荷側	0.091%Wt	注意値
	反負荷	0.044%Wt	正常範囲内
下り	負荷側	0.028%Wt	正常範囲内
	反負荷	0.037%Wt	正常範囲内

※摩耗状態の判断基準：正常値：0.05%Wt 以下、注意値：0.05~0.1%Wt、異常値 0.1%Wt 以上

表-7 排風機軸受のグリス補給量

Table 7 Amount of grease refilling

軸受位置		現行	見直し
上り	負荷側	93g/6月	160g/6月
	反負荷	160g/6月	変更なし
下り	負荷側	80g/6月	変更なし
	反負荷	80g/6月	変更なし

(g) 主電動機用ベアリングカバーの状況

主電動機用ベアリングカバー内には、収納容量の1/4程度古いグリスで埋まっていた(写真-9)。これより、グリス補給を現行の補給量と周期で実施した場合、ベアリングカバー内が満量となる時期は、約40年後と推定され

た。



写真-9 主電動機軸受とベアリングカバー

Photo 9 Roller bearing and bearing cover of electric motor

(h) 機器の改造の必要性

全体として、機器設計の不具合による不具合は見られず改造の必要性はなかった。

(3) 簡易設備診断結果と開放調査結果の比較

今回の開放点検結果から、排風機で最も重要な主電動機軸受においてグリス鉄粉濃度で一部注意値があったため、日常管理の基準を見直した。しかし、軸受内部の観察結果では異常は見られず、振動・騒音による簡易設備診断においても同様の結果であったことから、現状では簡易設備診断手法の有効性はあると思われる。

なお、その他の日常管理における点検項目、内容の変更はなかった。

4. 今後の排風機の維持管理方針

排風機の劣化は、設置環境や使用状況等により大きく左右される。これを踏まえ、排風機の保全是、外観点検、常設センサーや定期的実施する騒音・振動測定データ等から得られる点検結果を基に、製造メーカ推奨(7年)の約2倍以上(15年)の分解整備時期を延長し、数億円の維持コスト削減を図ってきた。しかし、動翼可変機構や電動機等の排風機内部の劣化は開放点検を実施しなければ分からず、現状の分解整備周期が適切かどうかを判断する必要があった。

今回の分解整備は、6基の排風機のうち半分を対象に行い、全般を通して機器の顕著な腐食、摩耗、傷、劣化は確認できなかった。しかし、①全体的にシール、パッキン等の劣化が見られた、②一部の主電動機軸受ではグリスの潤滑不良やグリス鉄粉濃度が注意値を示していた、③主電動機の回転子表面には発せいが見られること等から、今回の分解整備時期は妥当と考えられること、分解整備を実施していない残り3基の排風機も分解整備を早急に行うことが必要であることが分かった。

以上を踏まえ、次の排風機の整備は約15年後に実施することとする。今後は更なる劣化予測に必要な簡易設備診断データ等の収集と、未整備排風機の整備結果も踏まえたより合理的な日常管理や定期整備の項目と内容の探

求、及び最適な整備時期の精度向上に努めるものとする。

5. おわりに

本四高速道路をお客様に安全、安心、快適に利用していただくためには、トンネル内に設置されている多くの換気設備を機能保持しながら保全コストの縮減と安全性の確保を両立させ適切な保全を行うことがますます重要となってくる。今回の排風機の分解整備は、今後の排風機の適切な保全を行う上で有効なデータを数多く収集できた。今後は、現在未実施である排風機の早急な分解整備を行い、これらの結果を解析して更なる劣化予測精度の向上、維持管理コストの縮減及び信頼性向上につながるように今後の維持管理方針を見直す所存である。

参考文献

- 1) 中野金次郎：故障ゼロを達成する計画保全の進め方、日本プラントメンテナンス協会、pp.30-31,1999.3
- 2) 実践保全技術シリーズ編集委員会編：設備診断技術、日本プラントメンテナンス協会、pp.48-133、1990.6
- 3) (社)日本道路協会：道路トンネル技術基準（換気編）・同解説(平成20年度版)、pp.126-131、2008.10
- 4) 設備診断技術委員会編：主要機器の診断法、日本プラントメンテナンス協会、pp.111,1994.1

瀬戸大橋スプレー室除湿設備の改善と効果

Improvement and Effect of Dehumidification system for spray chamber of the Seto-Ohashi Bridges

坂出管理センター 施設課長代理 香川 晃
Akira Kagawa

概要

瀬戸大橋の吊橋には、アンカレイジスプレー室内を目標湿度以下に管理し主ケーブルを防食するスプレー室除湿設備が導入されている。しかし、スプレー室除湿の知見も少ない中で、供用前後に除湿設備を設置したため、スプレー室内湿度を管理目標である相対湿度50%RH以下に管理することが困難であった。そのため、過去に改善策として様々な取組がなされたが、年間を通して目標湿度以下に管理することは難しかった。そこで、湿度管理上の問題であるスプレー室内の部位による湿度の偏りの改善、気密性の向上、必要となる設備の増強を行い、年間を通して湿度管理することが可能となった。ここでは、その改善方法と効果並びに節電との関係について報告する。

In order to prevent the main cables from corrosion, the dehumidification system for spray chamber of anchorage was installed to the suspension bridge of the Seto-Ohashi Bridges. And the target of this system is keeping the humidity of chamber less than the control criterion. Since the system was installed at the end of construction, there were insufficient knowledge of the chamber dehumidification. Therefore, it was difficult to keep the humidity less than control criterion of 50%RH (relative humidity). While some approach for improvement of humidity was carried out, it was impossible to attain the control criterion throughout the year. Thus, the problem of this system was analysed and the necessary improvement (air-sealing, increase of equipment) was applied. As a result, the system could keep good humidity condition throughout the year. This paper describes the improvement, effect and save electricity of the dehumidification system for spray chamber.

1. はじめに

スプレー室除湿設備は、スプレー室内の湿度を管理目標以下に除湿することで、スプレー室内の主ケーブル及び定着部を防食するものである。

瀬戸大橋吊橋3橋、下津井瀬戸大橋（図-1）、南北備讃瀬戸大橋（図-2）では、昭和63年4月供用前後に、知見の少ない中でスプレー室除湿設備を導入した。しかし、湿度管理目標¹⁾である相対湿度（以下、湿度）50%RH以下

に管理することが困難であった。

そのため、過去には様々な改善への取り組みがなされ、一定の成果はあったものの、年間を通してスプレー室内を管理目標以下に除湿することは難しい課題であった。

そこで、スプレー室内の湿度管理上の問題点を整理し、1つ1つの問題点を解決していくことで、スプレー室内の湿度管理が可能となった。本稿では、瀬戸大橋スプレー室除湿設備の最適運転のために実施した改善方法とその効果について報告する。

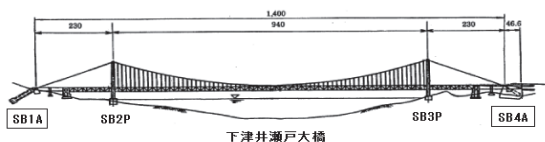


図-1 下津井瀬戸大橋一般図

Fig.1 Shimotsui-Seto Bridge

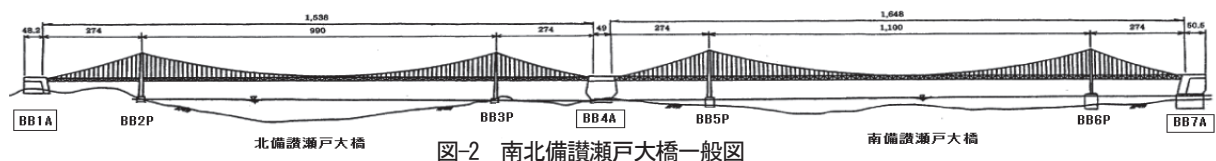


図-2 南北備讃瀬戸大橋一般図

Fig.2 Kita Bisan-Seto Bridge and Minami Bisan-Seto Bridge

2. 瀬戸大橋スプレー室除湿設備の概要

2.1 スプレー室容積

瀬戸大橋のスプレー室は、他橋に比べ容積が大きいと

という問題がある。これは、① 瀬戸大橋が道路鉄道併用橋であり縦断勾配が1%で制約され他橋（明石では3%）よりスプレー室高さが高くなるなどの設計条件の違い。② 除湿を前提としていないため南北備讃瀬戸大橋では、スプレー室と電気室等付帯施設間に間仕切りがなくアンカレイジ上屋全体が除湿空間となる（図-3）。表-1に他橋も含めスプレー室の容積比較を示す。設計条件も違うため単純に比較できないが同じ共用アンカレイジである来島7Aに比べBB4Aでは容積が3倍になる。その対策として、平成8～9年度に、BB1AとBB7Aスプレー室にテントを設置し容積の低減を図った。

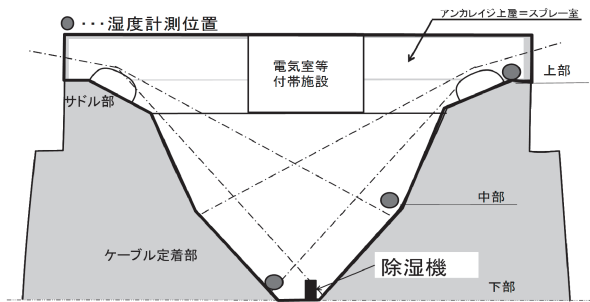


図-3 BB4Aスプレー室内配置図
Fig.3 Layout of spray chamber (BB4A)

表-1 スプレー室容積の比較
Table 1 Comparison of spray chamber volume

	場所（略称）	室内容積（空m ³ ）
瀬戸大橋	下津井瀬戸大橋1A（SB1A）	6,500
	下津井瀬戸大橋4A（SB4A）	9,500
	南北備讃瀬戸大橋1A（BB1A）	13,700 (7,000)
	南北備讃瀬戸大橋4A（BB4A）	21,400
他橋	南北備讃瀬戸大橋7A（BB7A）	19,400 (7,000)
	明石海峡大橋4A（明石4A）	11,430
	来島海峡大橋7A（来島7A）	7,076

※1；トンネルアンカレイジを示す
※2；テントを設置している箇所を示す。
（ ）内の数値はテント設置後の容積

2.2 スプレー室構造

瀬戸大橋スプレー室は、当初自然換気で計画されガラリやダクト貫通部等の開口部が存在し、除湿機設置時に、シート等で塞ぐ気密対策を実施している。しかし、外壁であるプレキャストパネルの目地などの劣化による雨水の浸入が確認されている。また、トンネルアンカレイジであるSB1Aでは地下水が浸入（以下、湧水）する問題がある。

2.3 除湿方式

瀬戸大橋では、知見不足により冷却式除湿機を当初の段階で採用した。冷却式除湿機は、湿り空気（以下、空気）を冷却し空気中の湿分を飽和（結露）させて除湿するため低温度域で使用が難しい問題がある。冷却式は、冷却部の凍結（霜付き）防止のため除霜運転（停止）が必

要で、除湿時間が短くなる問題があった。

この冷却式除湿機の問題を解決するため明石海峡大橋以降、吸湿剤（シリカゲル）により空気中の湿分を吸着する乾式除湿機を採用²⁾している。瀬戸大橋においても、平成20年度までに、全ての冷却式除湿機を、乾式除湿機に更新した。

3. 乾式除湿機導入効果と問題点

乾式除湿機導入前後の年度別湿度発生割合を評価することで乾式除湿機の効果を検証し、問題点を整理した。

なお、瀬戸大橋スプレー室内での湿度計測位置は、ケーブル定着部付近の下部、サドル部から定着部間の中部、サドル部の上部の3箇所としている（図-3）。また、評価期間は年度単位とし、午前6時計測値をもって評価することとしている。

3.1 SB1Aの湿度状況

SB1Aでは、乾式除湿機への更新により、上中部湿度を50%RH以下に管理することが可能となったが、下部湿度の改善が見られない（図-4）。

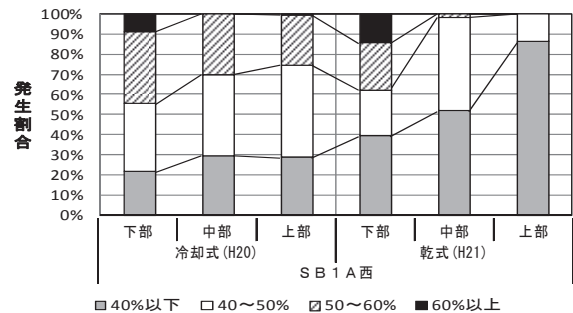


図-4 SB1A除湿機更新前後の湿度発生割合比較

Fig.4 Comparison of humidity distribution between pre and post-replace of dehumidification machine (SB1A)

3.2 SB4Aの湿度状況

SB4Aでは、乾式除湿機の効果が見られない（図-5）。

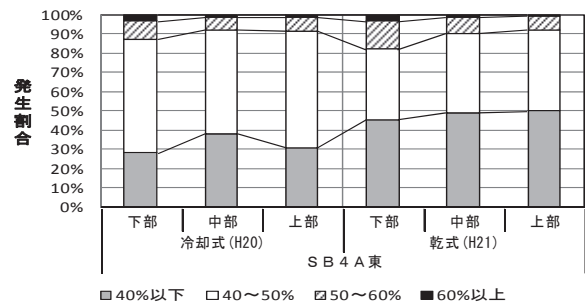


図-5 SB4A除湿機更新前後の湿度発生割合比較

Fig.5 Comparison of humidity distribution between pre and post-replace of dehumidification machine (SB4A)

3.3 BB4Aの湿度状況

BB4Aでは、乾式除湿機への更新により、上中部に改善が見られるが、全体的に50%RH超過する割合が10～20%となっている（図-6）。これは、スプレー室内への雨水浸入が大きく影響していると考えられる。

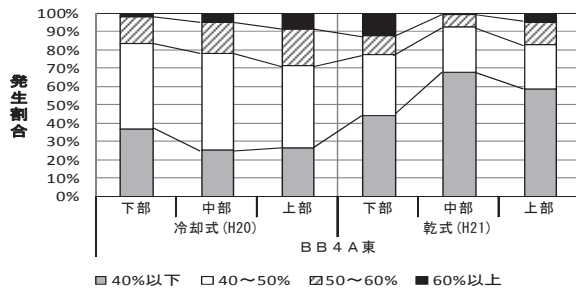


図-6 BB4A除湿機更新前後の湿度発生割合比較

Fig.6 Comparison of humidity distribution between pre-and post-replace of dehumidification machine (BB4A)

3.4 BB7Aの湿度状況

BB7Aは、乾式除湿機により、50%RH以下に管理することが可能となった（図-7）。ただし、中部が上下部より40%RH以上の湿度発生が多い傾向である。これは、同じテント構造のBB1Aにも見られるものである。

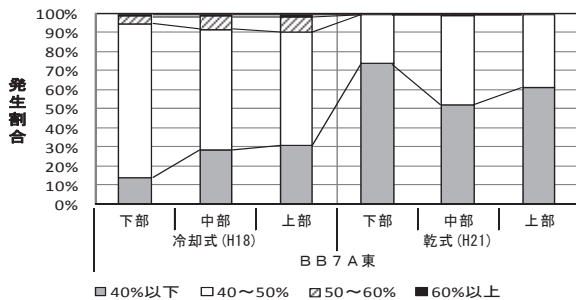


図-7 BB7A除湿機更新前後の湿度発生割合比較

Fig.7 Comparison of humidity distribution between pre-and post-replace of dehumidification machine (BB7A)

3.5 乾式除湿機への更新後の問題

以上から、乾式除湿機更新後の問題点を整理すると、次の2点となる。

- ① スプレー室内湿度に部位による偏り
- ② 気密性（雨水等浸入など）の問題

4. スプレー室湿度管理における改善策

4.1 スプレー室内湿度の偏り改善策と効果

(1) SB1A下部湿度の改善（センサー移設による改善）

図-8にSB1A中部、下部の降雨後の湿度変化例を示す。下部湿度が50%RHを超えているが、中部は30%RH台で

推移している。これは、SB1Aの構造上の問題から除湿機を中部に設置し、中部湿度に応じて運転しているため湧水発生時には、下部が除湿される前に除湿機が停止するためと考えられる（図-9）。

対策として、センサーを下部へ移設することで、下部湿度に応じて除湿機が運転し、湿度管理が可能となった（図-10）。

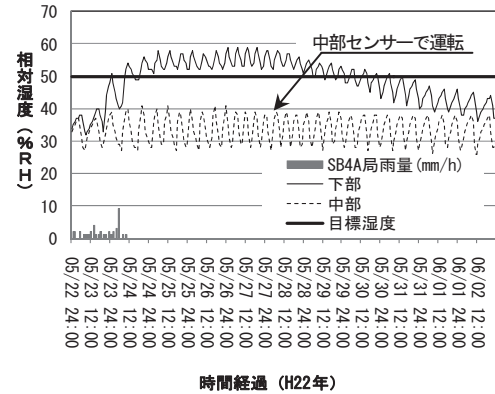


図-8 SB1A下部湿度1時間毎変化（センサー移設前）
Fig.8 Humidity change every 1 hour at lower sensor of SB1A (before sensor replace)

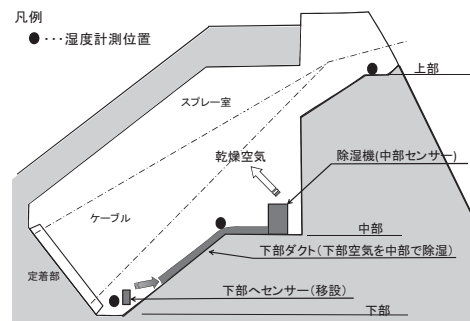


図-9 SB1A除湿設備配置図

Fig.9 Layout of the dehumidification system (SB1A)

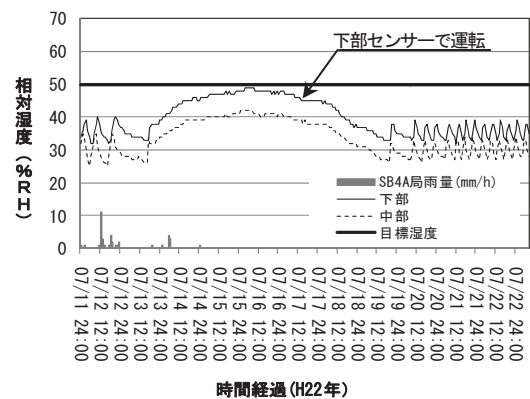


図-10 SB1A下部湿度1時間毎変化（センサー移設後）
Fig.10 Humidity change every 1 hour at lower sensor of SB1A (after sensor replace)

(2) BB1A及びBB7Aの上・中部湿度改善
(センサー追加による改善)

BB1A及びBB7Aは、テントにより容積を小さくしている。これにより下部湿度は50%RH以下に管理できるようになったが、上・中部湿度が50%RHを超えるようになった。この原因として、スプレー室除湿のメカニズムが、湿った重たい空気が下部へ、乾いた軽い空気が上部へ自然対流することを利用し、広いスプレー室全体を除湿していることが影響していると考えられる。つまり、テントを設置することでスプレー室上・中部（サドル部）の形状が狭くなり、除湿空気が上部に対流し難くなる。その対策として、テント設置直後からラインファンを設置し、下部から上部へ送風している（図-11）。

しかし、BB1Aでは図-12（センサー追加前）に示すように、中部湿度が50%RHを年間10%程度超えている。

このため、中部にもセンサーを追加し、除湿機が中部と下部両方の湿度に応じて運転するように改造した。

中部センサーの効果により図-12（センサー追加後）に示すように、中部湿度の50%RH超過の割合が低減された。ただし、完全に湿度管理できたとは言えず問題が残った。

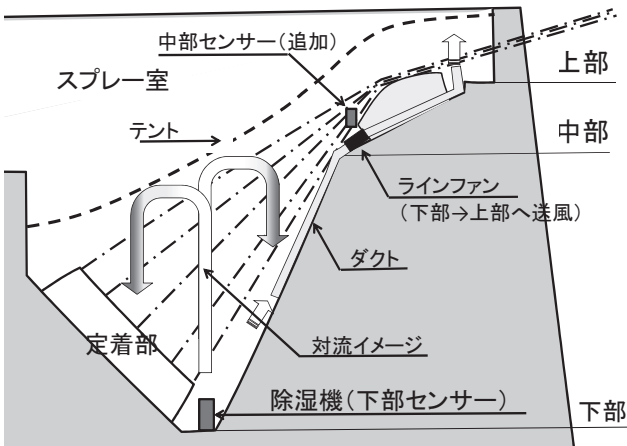


図-11 BB1A・BB7A除湿設備配置図

Fig.11 Layout of the dehumidification system (BB1A and BB7A)

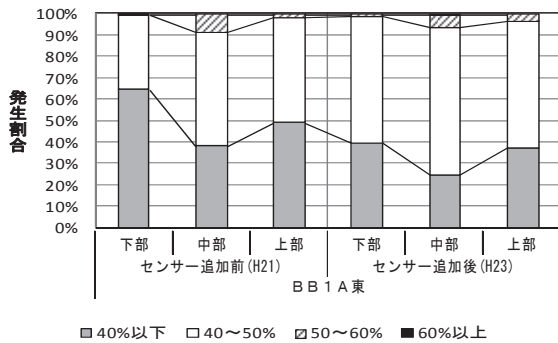


図-12 BB1Aセンサー追加前後の湿度発生割合比較

Fig.12 Comparison of humidity distribution between pre-and post-extension sensor (BB1A)

(3) SB1A冬期上部湿度改善（送風機による改善1）

SB1Aで、除湿機を下部湿度に応じて運転した結果、冬期に上部と下部の湿度差が10%RH程度になり、上部湿度が50%RHを超過した（図-13）。これは、スプレー室上部は上屋構造であり外気温の影響を受けやすく、下部はトンネル構造であり外気温の影響が小さい。よって、冬期には、相対的に下部温度より上部温度が低くなるため、空気中の湿分量（絶対湿度g/kg'）が同じであっても湿度は上昇するためである。例えば、16°C45%RHの空気は、14°Cでは約51%RHになり、13°Cでは約55%RHになる。

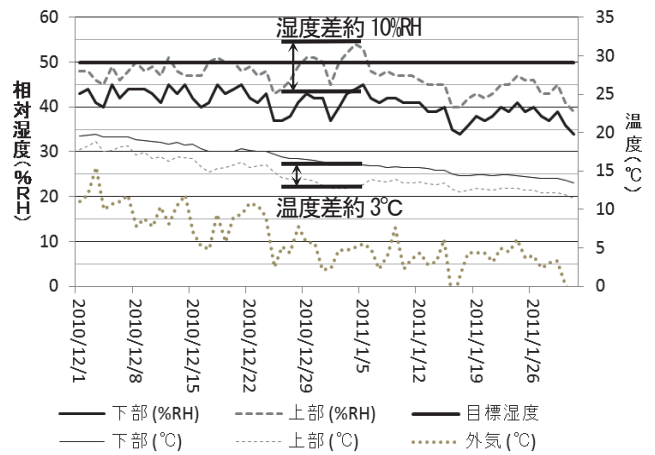


図-13 SB1A西冬期湿度状況（送風機設置前）

Fig.13 Winter humidity conditions at west chamber of SB1A (before blower system installed)

その対策として、中部に送風機（写真-1）を設置して上部に向け送風することで、上下部の温度差を小さくし湿度改善が可能か試験した（図-14）。その結果、送風機設置により、冬期においても上下部湿度差を5%RH程度に管理することが可能となった（図-15）。

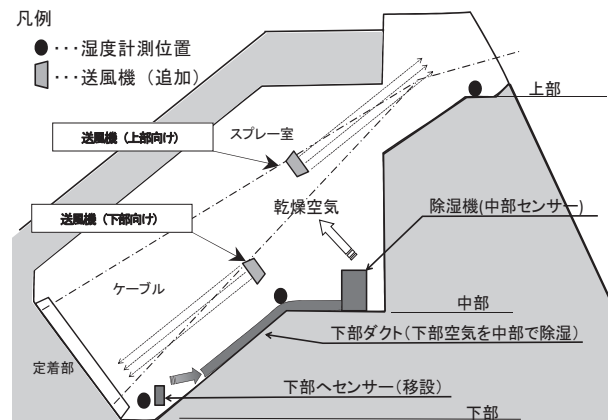


図-14 SB1A送風機配置図

Fig.14 Layout of the blower system (SB1A)

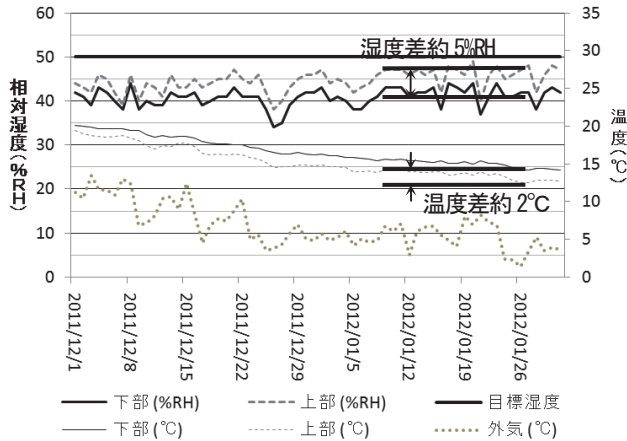


図-15 SB1A西冬期湿度状況 (送風機設置後)
 Fig.15 Winter humidity conditions at West chamber of SB1A (after blower system installed)



写真-1 SB1A送風機設置状況
 Photo.1 situation of blower system (SB1A)

(4) SB1A湧水発生時の対策 (送風機による改善2)

トンネルアンカレイジであるSB1Aには、近年雨期に湧水が発生している (写真-2)。特に梅雨や台風により大量の湧水が発生した場合は、湿度管理に影響する。

事例として、H23年7月に発生した排水ポンプ故障時の湿度変化を図-16に示す。ポンプ復旧後も連続して湧水が発生し、下部湿度が2週間、除湿機停止湿度40%RHまで低下しない状態が続いた。このような湧水には除湿機では対応出来ない。しかし、少しでもケーブルが受ける湿分の影響を少なくする必要がある。そこで、中部に送風機を追加 (図-14) し下部に向け送風した結果、1日で40%RHに除湿することができた。

このように、SB1Aでは、下部へのセンサー移設及び送風機設置により、大量の湧水発生時以外は、50%RH以下で湿度管理することが可能となった (図-17)。

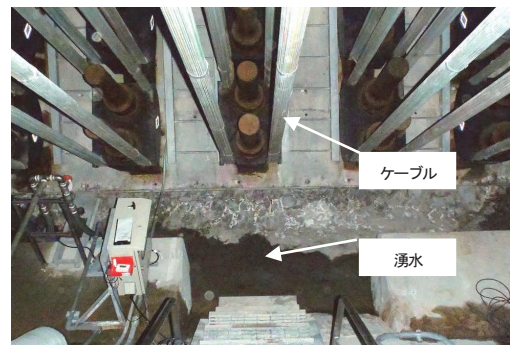


写真-2 SB1A湧水状況
 Photo.2 condition of sump-water (SB1A)

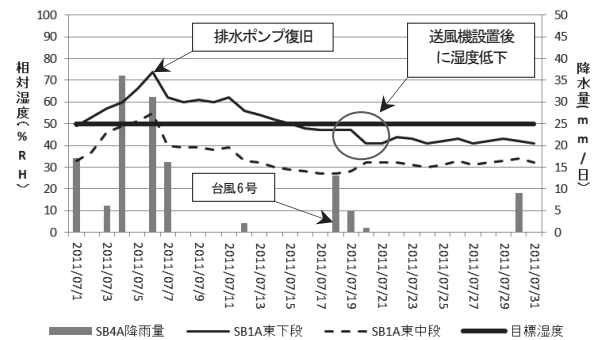


図-16 SB1A東湧水発生時の湿度状況
 Fig.16 Humidity trend with sump-water (East chamber of SB1A)

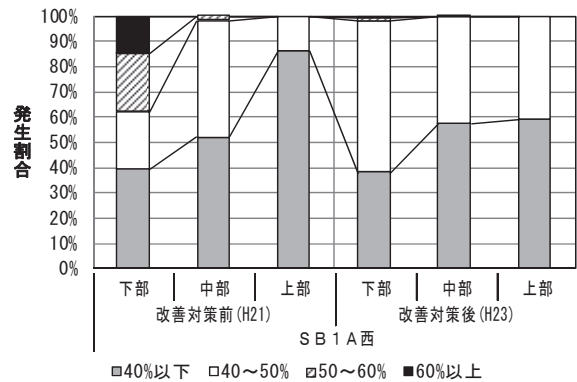


図-17 SB1A改善前後湿度発生割合比較
 Fig.17 Comparison of humidity distribution between before and after improvements (SB1A)

(5) BB1Aの中部湿度改善 (送風機による改善3)

BB1Aスプレー室において、中部湿度が50%RHを超過する原因は、除湿空気の対流不足と考えられた。

そこで、送風機により下部空気を強制的に中部へ送ることで中下部湿度差を小さくできないか、BB1A西側スプレー室で試験した (図-18)。

その結果を図-19に示す。送風機の設置により中部湿度の50%RH超過割合を5%以下に低減できた。また、スプレー室全体 (上中下部) 湿度を、年間を通して40~50%RHの間に管理することが可能となった。

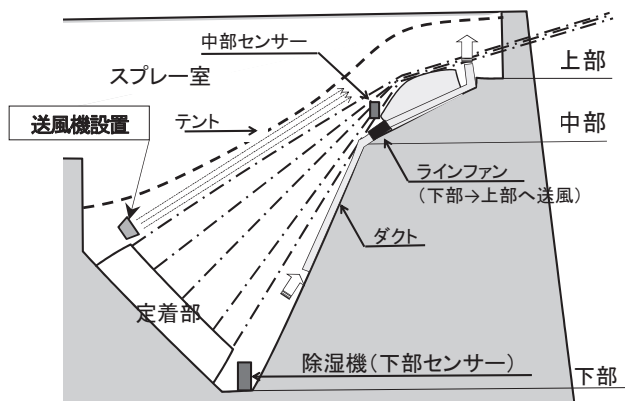


図-18 BB1A送風機配置図

Fig.18 Layout of the blower system (BB1A)

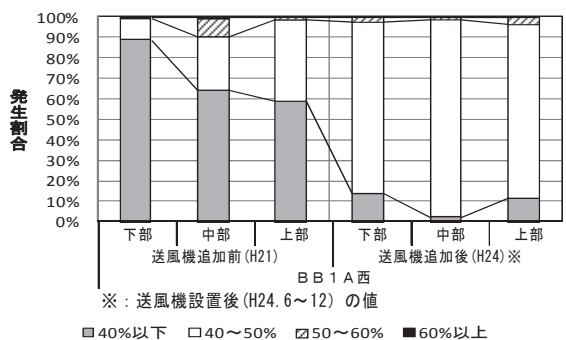


図-19 BB1A送風機設置前後湿度発生割合比較

Fig.19 Comparison of humidity distribution between before and after installation of blower (BB1A)

4.2 スプレー室気密対策と効果

(1) SB4Aスプレー室気密強化による湿度改善

SB4Aは、図-20に示すとおり夏期に50%RHを超える傾向にある。また、東側の方が悪い傾向である。その原因を調査した結果、気密対策に不良があることが分かった。東側では橋脚用開口部の気密対策が不徹底であった(写真-3)。また、西側でも、ケーブルダクトの気密シートの外れがみられた。

そこで、気密対策を強化した結果(写真-4)、図-21で示すとおり、対策直後から、50%RH以下に管理出来るようになった。

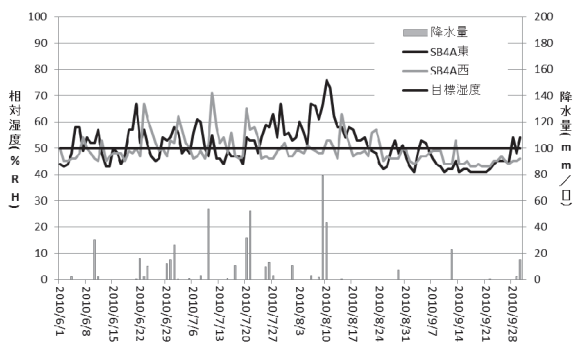


図-20 SB4A気密対策前の湿度状況

Fig.20 Humidity condition before air-sealing (SB4A)

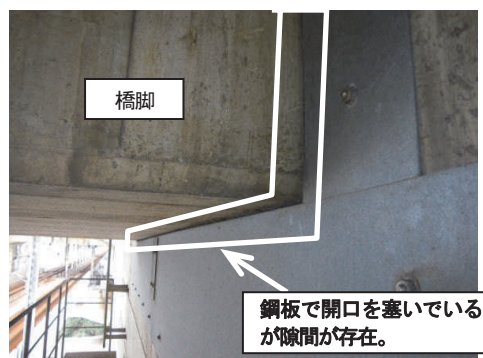


写真-3 SB4A東気密不良箇所

Photo.3 Defect situation of air-sealing (East camber of SB4A)



写真-4 SB4A東気密対策実施状況

Photo.4 air-sealing (East camber of SB4A)

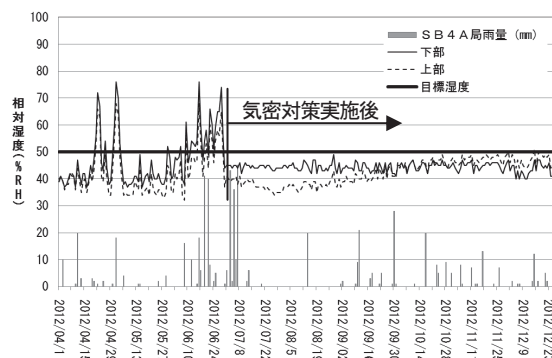


図-21 SB4A東気密対策後の湿度状況

Fig.21 Humidity trend after air-sealing (East camber of SB4A)

(2) BB4A除湿機増強による改善と効果

BB4Aスプレー室は、雨水の浸入が確認されている。

よって、梅雨から夏期の湿分負荷に除湿機が対応できない(図-22)。

雨水対策として、目地補修など実施しているが、アンカレイジ上屋が大きくアクセスが困難で、抜本的な改善は難しい状況である。しかし、少しでもケーブルが受ける湿分の影響を少なくする必要がある。

そこで、乾式除湿機へ更新後休止させていた冷却式除湿機を活用し、乾式除湿機と併用した結果、図-23に示すように夏期50%RHを連続して超過することを防ぐことが可能となった。

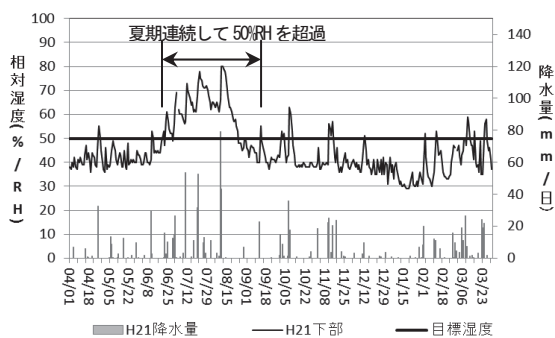


図-22 BB4A東湿度状況 (改善前)
Fig.22 Humidity condition before improvement
(east chamber of BB4A)

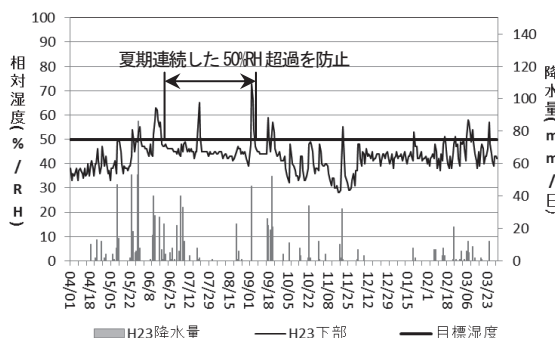


図-23 BB4A東湿度状況 (改善後)
Fig.23 Humidity condition after improvement
(east chamber of BB4A)

5. スプレー室湿度改善策と節電への影響

表-2に、スプレー室内の湿度変化から除湿機の年間稼働率並びに電気料金を推定した結果を示す。これにより、湿度改善策と節電への影響をまとめる。

5.1 SB1Aにおける節電効果

SB1Aでは、下部へセンサーを移設したことにより、それまで停止していた時間も除湿機が運転するため、運転時間が長期化すると考えられた。しかし、西側ではセンサー移設後から除湿機運転時間が短縮されている(表-2)。また、東側スプレー室では、センサー移設前(H21年度)より、センサー移設後(H22年度)の運転時間が長期化している。

SB1Aでは、湧水の発生状況によっても稼働率は影響されるため単純な比較は難しい。しかし、H23年度から下部向けに送風機を設置して以降、除湿機運転時間が短縮していることから、送風機には除湿時間を短縮させる効果があることが確認できた(図-24)。

5.2 SB4Aにおける節電効果

SB4Aでは、気密対策強化(西側をH23年度に、東側を

H24年度に実施)により、70%以上あった年間稼働率が50%以下となった(表-2)。

このことから、気密対策の強化が除湿機運転時間の短縮にも効果があることを確認できた(図-25)。

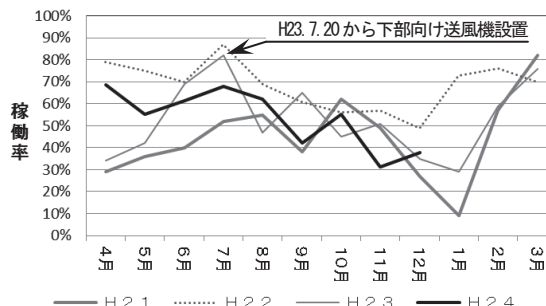


図-24 SB1A東除湿機稼働率の比較

Fig.24 Dehumidification system utilization rate at east chamber of SB1A

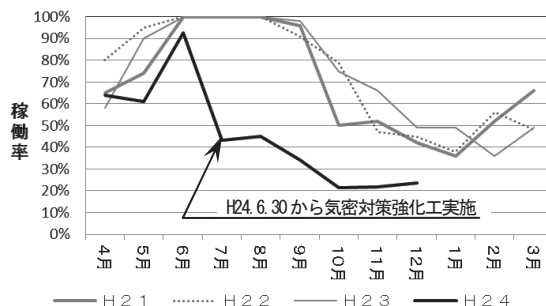


図-25 SB4A東除湿機稼働率の比較

Fig.25 Dehumidification system utilization rate at east chamber of SB4A

5.3 BB1A及びBB7Aにおける節電効果

BB1A及びBB7Aは、中部にセンサーを追加したため、下部と中部の2箇所の湿度で除湿機が運転する。よって、運転時間は長期化する。

図-26にBB1A西側スプレー室の夏期(H23年6月から9月)の湿度分布(ヒストグラム)を示す。これから下部湿度が除湿機停止湿度である40%RHを下回り35%RH付近まで除湿していることが分かる。

これは、中部湿度が除湿機停止湿度まで下がらないため除湿機が連続運転するためである。

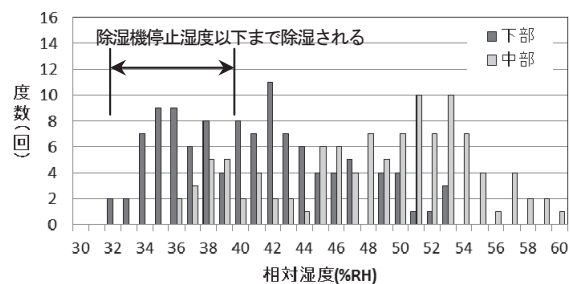


図-26 BB1A西送風機設置前の湿度状況

Fig.26 Humidity condition before blower system installed
(west chamber of BB1A)

図-27は、BB1A西側中部向け送風機設置後（H24年6月から9月）の湿度分布である。下部中部ともに同じ湿度で管理できていることが分かる。

これにより、BB1A西側除湿機の稼働率は、中部センサー追加前（H21年度）と同程度まで下げることが可能となった（図-28）。

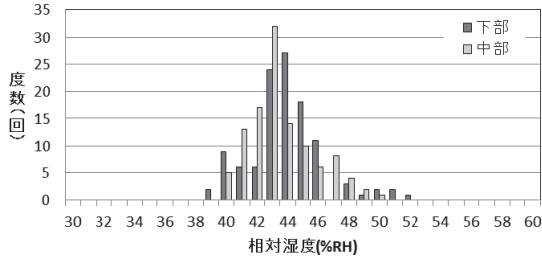


図-27 BB1A西送風機設置後の湿度状況

Fig.27 Humidity condition after blower system installed (west chamber of BB1A)

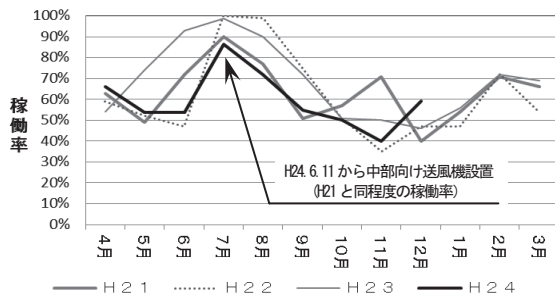


図-28 BB1A西除湿機稼働率の比較

Fig.28 Dehumidification system utilization rate at west chamber of BB1A

6. まとめ

6-1. スプレー室湿度管理におけるポイント

スプレー室湿度管理のポイントをまとめると、次の4点となる。

- ① 気密性の確保
- ② 除湿機能力と容積の適切な関係

- ③ 対流の促進（節電効果大）
- ④ センサーの適切な配置（節電効果小）

6.2 節電効果

表-2に示すとおり、センサー移設や冷却式除湿機の併用などの設備増強を行ったにもかかわらず、気密対策の強化及び送風機による対流の促進により、スプレー室除湿機の稼働率を平成21年度（改善対策前）に比べ5%程度低減させることができた。また、電気料金についても、H21年度以前の水準まで戻すことができた。

6.3 今後の問題と方針

今後、解決すべき問題とその対策方針を次に示す。

(1) SB1A湧水対策

SB1Aにおける湧水対策についての方針を決定する必要がある。

(2) BB4Aの雨水浸入対策

BB4Aにおける雨水浸入対策として、漏水箇所の補修を行うとともに、スプレー室内にテントを設置し、気密強化と容積低減を行う工事に着手したところである。

7. おわりに

瀬戸大橋スプレー室における湿度改善への取組により、年間を通して目標湿度以下に管理するという課題を解決することができた。今後は、得られた知見をもとに節電にも考慮した更なる効率運転を目指す。

参考文献

- 1) 本州四国連絡高速道路株式会社：吊橋ケーブルの送気乾燥による防食システム設計・施工・維持管理指針（案）2011.6
- 2) 小野祥史：明石海峡大橋スプレー室除湿設備の計画と検証、第10回技術発表会論文集、p23-27、2000.7

表-2 瀬戸大橋スプレー室除湿設備推定稼働率と電気料金

Table.2 demumidification system utilization rete and electricy prices of spray chamber of Seto-Ohashi bridges

場所	方式	定格電力 (kw)	年間推定稼働率				年間推定電気料金 (千円/年)			
			H21	H22	H23	H24※	H21	H22	H23	H24
SB1A東	乾式	6.9	45%	69%	53%	54%	259	397	315	320
SB1A西	乾式	6.5	64%	53%	41%	45%	347	287	232	254
SB4A東	乾式	6.5	69%	73%	73%	45%	374	395	425	274
SB4A西	乾式	6.5	85%	86%	47%	40%	460	466	285	247
BB1A東	乾式	6.9	59%	70%	71%	67%	339	402	408	385
BB1A西	乾式	6.9	63%	62%	69%	60%	362	356	397	359
BB4A東	乾式	13.3	84%	77%	71%	66%	931	853	787	731
	冷却式	6.9	—	58%	45%	19%	—	333	259	109
	計	20.2	—	—	—	—	931	1,186	1,046	840
BB4A西	乾式	13.3	69%	69%	60%	64%	765	765	665	709
	冷却式	6.9	—	27%	31%	22%	—	155	178	126
	計	20.2	—	—	—	—	765	920	843	835
BB7A東	乾式	6.5	52%	48%	58%	65%	282	260	314	352
BB7A西	乾式	6.5	47%	47%	54%	59%	255	255	292	319
稼働率平均(BB4A除く)／電気料金合計			61%	64%	58%	54%	4,374	4,924	4,557	4,185

※：4月から12月のデータを反映

コンクリート構造物の現況と評価

Current condition and Evaluation of Concrete Structures

保全部 橋梁保全課長

酒井和吉

Kazuyoshi Sakai

保全部 橋梁保全課

大藤時秀

Tokihide Oto

ブリッジ・エンジニアリング

籠池利弘

(前) 保全部 橋梁保全課

Toshihiro Kagoike

概要

本州四国連絡道路のコンクリート構造物については、1999年から健全性を把握するため非破壊検査を開始した。2001年3月に非破壊検査マニュアル(案)を作成し、以降は本マニュアルに基づき非破壊検査を実施し、2011年に検査対象としているコンクリート構造物の非破壊検査が1巡したので結果をとりまとめた。その結果、中性化については、進行が早い傾向があり、日照や雨水の影響が見られることがわかった。また、塩化物イオン濃度については、塩化物総量規制の前後で内在塩化物イオン濃度が異なることや、表面塩化物イオン濃度は海岸からの水平距離と大きく関係していることなどがわかった。

また、特定のPC橋梁上部工についても、劣化傾向を把握するため、中性化及び塩化物イオン濃度の測定を過去3回実施しており、その結果についてもあわせて報告する。

As for the concrete structures of Honshu-Shikoku Expressways, the non-destructive test was started in order to grasp soundness from 1999. The non-destructive testing manual (draft) was created in March 2001, and the test is carried out based on this manual. Since the 1st time of the non-destructive test of concrete structures was completed in 2011, the measurement result was summarized. As a result, as for carbonation it was understood that there is a tendency for advance to be early and the influence of sunshine or rain water is seen. As for chloride ion concentration, it was understood that internal chloride ion concentration is differing before and behind chloride regulation of total emission and surface chloride ion concentration are greatly related to the horizontal distance from the seashore etc.

Moreover, as for the superstructures of specific PC bridges, measurement of carbonation and chloride ion concentration is carried out past 3 times in order to grasp a degradation tendency, and the result is also reported.

1. まえがき

本州四国連絡道路(以下、「本四道路」)のコンクリート構造物については、予防保全を主体とした適切な維持管理の実施により長寿命化を図ることとしている。このため、コンクリート構造物の健全性を把握するため、1999年から非破壊検査を開始し、2001年3月に「定期点検におけるコンクリート構造物の非破壊検査マニュアル(案)」(以下、「マニュアル」)を作成し、以降は本マニュアルに基づき非破壊検査を実施している。

海峡部長大橋(以下、「海峡部橋梁」)では1巡目を終了し、現在2巡目を実施中であるが、陸上部橋梁のコンクリート非破壊検査が2011年に1巡したことから、海峡部橋梁とあわせて測定値のとりまとめを行ったので、

その結果を報告する。

また、特定のPC橋梁上部工については、「海峡部の高橋脚を有するPC橋の長寿命化に関する検討委員会(2000～2001年度、委員長：辻 幸和群馬大学教授(当時))」において、5年ごとに中性化及び塩化物イオン濃度の劣化傾向を把握するという管理方針が定められており、3回の調査を実施したので、その結果についても報告する。

なお、海峡部橋梁のコンクリート構造物を対象にした検討結果およびPC橋梁上部工2回の測定結果はすでに報告されているので参考にされたい。

2. コンクリート構造物の維持管理方針

本四道路における海峡部橋梁の架橋地点は、海水飛

沫や飛来塩分の影響を強く受ける海峡部に位置するため、構造物は厳しい塩害環境下にある。このため、海峡部橋梁のコンクリート構造物については、予防保全により耐用年数200年の長寿命化を図るとともに、ライフサイクルコストの低減を図ることとしている。

また、海峡部橋梁のPC取付高架橋や陸上部橋梁についても、本四道路としての一体的な機能を確保するため、海峡部橋梁と同様に非破壊検査及び劣化予測を基本とした予防保全に取り組んでいる。

コンクリート構造物の維持管理手順を図-1に示す。

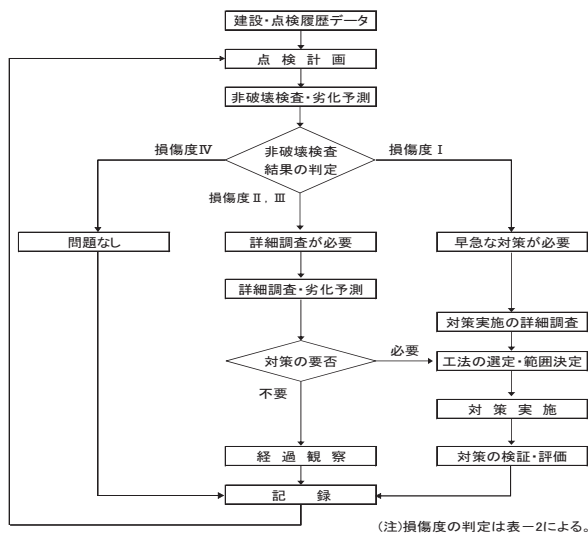


図-1 コンクリート構造物の維持管理手順

Fig.1 Maintenance management procedure of concrete structures

3. 非破壊検査及び劣化予測

本四道路のコンクリート構造物の劣化は、架橋地点の自然環境等から塩害及び中性化が主要な要因となっている。このため、非破壊検査の調査項目は、鉄筋かぶり、塩化物イオン濃度、中性化深さ及び鋼材腐食(自然電位及びはつり調査)としている。

3.1 調査頻度

非破壊検査の調査頻度を表-1に示すが、地域区分は塩害環境に応じてA~Cの3区分で設定している。

表-1 非破壊検査の調査頻度

Table 1 Investigation frequency of non-destructive test

竣工後(補修なし)			補修後		
地域A	地域B	地域C	地域A	地域B	地域C
5~10年	10年	10~20年	5年	10年	10年

地域区分	地域
A	海上部および海岸部から100mまでの地域
B	A以外の地域のうち、海岸線から100~500mの地域
C	A, B以外の地域

3.2 調査項目及び方法

(1)鉄筋のかぶり

調査箇所では1m²範囲の鉄筋のかぶりを、電磁波反射法(RCレーダー)により調査する。

(2)塩化物イオン濃度

φ30mm程度のドリル削孔2本以上から採取したコンクリート粉末試料を用いて、深さ20mmごとに全塩分量を測定する。分析は、硬化コンクリート中に含まれる全塩分の簡易分析方法(JCI-SC5)に基づき、「電位差測定法」による。

(3)中性化深さ

塩化物イオン濃度試料採取のために削孔したドリル削孔(φ30mm)において、フェノールフタレイン法で調査する。測定点は、1ドリル削孔につき上下左右の4点とし、削孔ドリル削孔2本の場合は、計8点に対して計測する。

(4)鋼材腐食(自然電位)

自然電位法により測定する。なお、電極を設置するためのコンクリートのはつり部分は、鉄筋の腐食状況を観察し、測定結果との関連付けを行う。

(5)損傷度の判定

損傷度の判定は表-2による。自然電位法は、使用しているコンクリート材料、点検時のコンクリート含水比、点検時の気温・湿度等の気象条件等によって変動することが過去の調査例から判明している。したがって、自然電位法は他の点検結果と合わせ総合的に評価し、鋼材腐食の傾向や可能性を判断する。

表-2 非破壊検査結果の判定基準

Table 2 Judging criteria of non-destructive test result

損傷度	塩化物イオン濃度Cl (kg/m ³)	中性化深さXc (mm)	鋼材腐食(自然電位) E (mV)	想定される状況
I	Cl ≥ 2.5	Xc ≥ かぶり	-350 ≥ E	コンクリート中の鋼材が腐食していると考えたよい状態。速やかに詳細調査の実施を検討する必要がある段階
II	2.5 > Cl ≥ 1.2	かぶり > Xc ≥ 1/2かぶり (ただし、かぶり < 40mm)	-250 ≥ E > -350	コンクリート中の鋼材が腐食している可能性が高いと考えられる状態。詳細調査を行って状況を把握することが望ましい段階
III	1.2 > Cl ≥ 0.3	かぶり > Xc ≥ 1/2かぶり (ただし、かぶり ≥ 40mm)	-150 ≥ E > -250	場合によっては鋼材の腐食が始まっていると考えられる状態。構造物の重要度、維持管理レベルに応じて詳細調査を実施することが望ましい段階
IV	0.3 > Cl	1/2かぶり > Xc	E > -150	これまでの知見からすると、コンクリート中の鋼材の腐食は生じていないと考えるのが妥当な状態。当面は、通常の基本点検を主体とした管理で十分であると考えられる段階

3.3 劣化予測

(1)塩化物イオン濃度

塩害の劣化予測は、調査結果から得られた塩化物イオン濃度分布に基づき、表面塩化物イオン濃度と見かけの拡散係数を算出し、フィックの拡散方程式により塩化物イオンの浸透予測を行う^{2), 3)}。

$$C(x, t) = \gamma_{cl} \cdot \left[C_0 \left(1 - \operatorname{erf} \frac{x}{2\sqrt{D \cdot t}} \right) + C_i \right]$$

$C(x, t)$: 深さ x (cm), 時刻 t (年)における塩化物イオン濃度(kg/m³)

- γ_{cl} : 予測の精度に関する安全係数 (1.0)
- C_0 : 表面における塩化物イオン濃度 (kg/m³)
- erf : 誤差関数
- x : コンクリート表面からの深さ (cm)
- D : 塩化物イオンの見かけの拡散係数 (cm²/年)
- t : 構造物完成時からの時刻 (年)
- C_i : 初期含有塩化物イオン濃度 (kg/m³)

図-2 に初期含有塩化物イオン濃度 C_i を考慮するとともに、「中性化+10mm」の測定結果を削除した場合(以下、「 C_i を考慮」と C_i を考慮せずに全測定結果を用いた場合の劣化予測結果の比較例を示す⁴⁾。 C_i を考慮した場合は、見かけの拡散係数 D は0.897→0.19 (cm²/年)に低下し、表面の塩化物イオン濃度 C_0 は3.290→6.963 (kg/m³)に増加する。今回は C_i を考慮した場合での評価を行った。

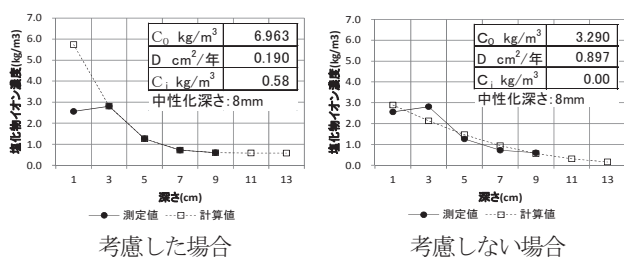


図-2 初期含有塩化物イオン濃度の考慮の有無による拡散方程式の予測結果比較

Fig.2 Prediction result comparison of diffusion equation by existence of consideration of initial content chloride ion concentration

(2) 中性化深さ

中性化深さの劣化予測は、調査結果から得られた中性化深さと調査時点における経過年数から、中性化速度係数 a を算出する。予測式は \sqrt{t} 則による。

$$X_c = a\sqrt{t}$$

- X_c : 中性化深さ (mm)
- a : 中性化速度係数 (mm/√年)
- t : 中性化期間 (年)

4. 非破壊検査結果

4.1 概要

調査橋梁数を表-3に示す。全橋 276 橋のうち、海峡部橋梁 (48 橋) はランプ橋等以外の全ての橋梁 (34 橋) を対象とし、陸上部橋梁 (228 橋) は、地域区分等によりグルーピングを行い 152 橋を選定している。

①非破壊検査結果

調査を実施した 186 橋の中で、表-2 に示す「損傷度 I・II」の評価結果が 51 橋あり、マニュアルに基づいてはつり等の詳細調査を実施した結果、劣化予測に基づき対策が必要とされた橋梁は、海峡部橋梁で 7 橋、陸上部橋梁で 7 橋の 14 橋 (全橋 276 橋の 5%) であった

(表-4)。

②対策状況

対策状況は表-4 に示すが、陸上部橋梁 7 橋のうち 3 橋については、詳細調査を実施後に必要に応じて対策を行う予定である。

表-3 非破壊検査の調査橋梁数

Table3 Number of bridges investigated by non-destructive test

陸海区分	地域区分	検査対象橋梁	全橋梁数	調査橋梁数	備 考
海峡部橋梁	-	全橋梁	48	34	対象外14橋の内訳 ・10橋:ランプ橋(檜石・岩黒・与島)は未実施 ・2橋:来島第二、三は来島第一大橋で代表 ・2橋:ランプ橋(馬島)は未実施
陸上部橋梁	A	全橋梁	2	2	
	B	全橋梁	43	43	
	C	*	183 (55)	107 (55)	*:主に海岸からの離隔距離が500m以上の橋梁については環境条件別等により2橋から5橋程度でグループ化し、その代表橋梁を選定し調査を実施するものとする。
合 計			276	186	

注:地域区分Cであっても塩化物イオン濃度の総量規制以前の橋梁については、地域区分Bに準じて鋼材腐食調査を実施する。
(*)内に、地域区分Cの塩化物イオン濃度総量規制前の橋梁数を示す。

表-4 非破壊検査結果と対策実施状況

Table4 Non-destructive test result and measure implementation situation

区 間	調査実施橋梁数	判定 I・II の対象橋梁	要対策	対策実施
海峡部橋梁	34橋	7橋	7橋	7橋
陸上部橋梁	152橋	44橋	7橋	4橋
集 計	186橋	51橋	14橋	11橋

4.2 中性化

(1) 中性化深さ測定結果

下部工の中性化深さの測定結果を図-3に示す。バラツキが大きい原因は構造物の品質の影響によるほか、φ30mm ドリル孔を利用して測定しているためコア法に比べて測定精度が落ちるためと考えられる。

図中にコンクリート標準示方書の W/C による中性化予測結果(高炉セメント B 種、普通ポルトランドセメントとも施工実績を考慮して W/C=55%とした)を示すが、これに比べて中性化の進行が早い傾向が見られる。進行が早い原因としては、瀬戸内地方では降雨量が少ないことが考えられる。

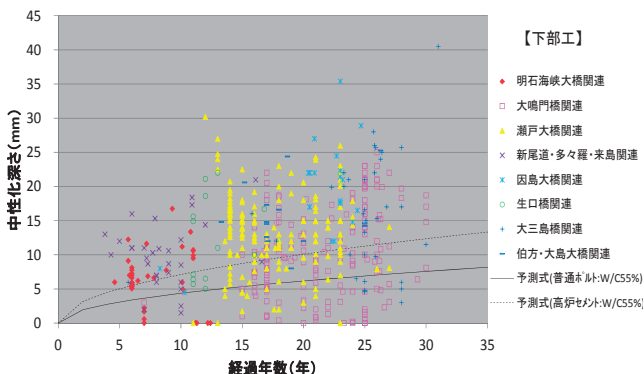


図-3 中性化深さ (下部工)

Fig.3 Carbonation depth (Sub-structure)

(2) 中性化速度係数

中性化速度係数と水セメント比の関係を図-4 に示す。この図からバラツキはあるが下記の傾向が見られる。

- ① 中性化速度係数は、いずれのセメントも土木学会式に比べて高い傾向を示す。
- ② 中性化速度係数は、土木学会式と同様、普通ポルトランドセメントよりも高炉セメント B 種を使用したコンクリートの方が大きい傾向を示す。
- ③ 早強ポルトランドセメントは、普通ポルトランドセメントよりも中性化の進展が遅いという一般的評価と同じ傾向を示す。

なお、中庸熟ポルトランドセメントの値が小さいが、これを使用しているのは大鳴門橋の橋脚基礎のみであり、ここでは建設後の比較的早い段階で表面被覆工を施工しているため、中性化が進行していないものと考えられる。

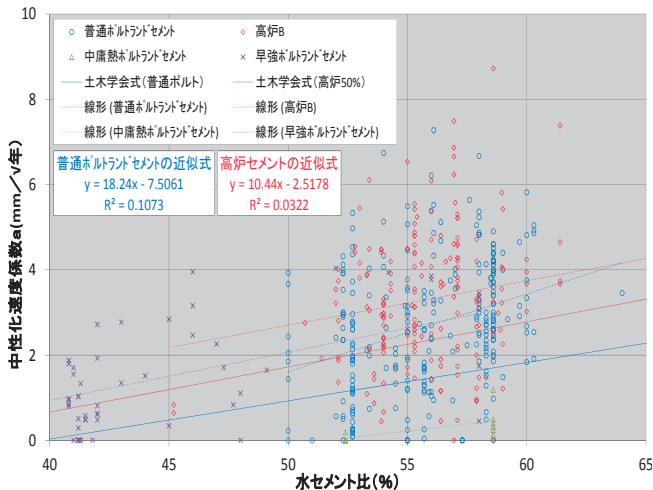


図-4 中性化速度係数と水セメント比の関係

Fig. 4 Relation between carbonation velocity coefficient and water-cement ratio

(3) 日照及び雨水の影響

中性化深さは北面よりも南面の方が大きく、また中性化の進行はコンクリートが乾燥している箇所です速いと言われている²⁾。このため、日照及び雨水と中性化速度係数の関連性を調査した。日照方向と中性化速度係数の関係を図-5 に、雨水の影響の有無と中性化速度係数の関係を図-6 に示す。ここで、橋軸直角方向の測定面を雨水が当たる箇所とした。

中性化速度係数は、図-5 から南面の方が北面に比べて30%程度大きく、図-6 から雨水が当たる面よりも当たらない面の方が全体(平均値)で約10%、北面においては30%程度大きい結果となった。

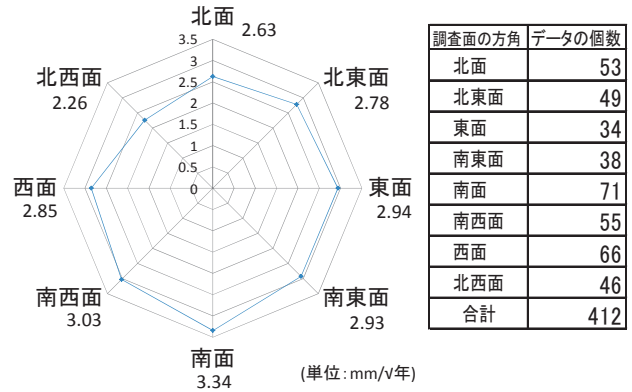


図-5 日照方向と中性化速度係数の関係

Fig.5 Relation between direction of sunshine and carbonation velocity coefficient

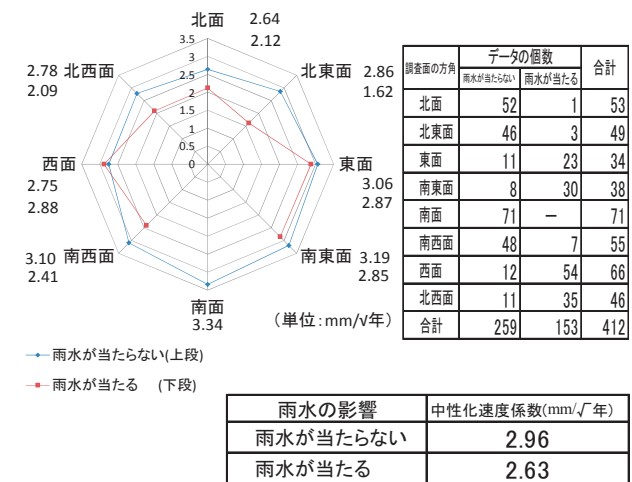


図-6 雨水の影響の有無と中性化速度係数との関係

Fig. 6 Relation between existence of influence of rain water and carbonation velocity coefficient

4.3 塩化物イオン濃度

(1) 塩化物総量規制の影響

初期含有塩化物イオン濃度は、塩化物総量規制前後で大きく異なると予想される。本四公団では1984年に共通仕様書が改訂され、細骨材中の塩化物総量規制が実施された。このため、非破壊検査結果からコンクリート内部の塩化物イオン濃度を下記の条件で抽出し、表面付近のデータを除く最も小さいデータを内在塩化物イオンとして整理した。

○データ抽出条件

- ・対象は下部工
- ・深さ方向の測定点が4点以上あるもの
- ・深さ方向の塩化物イオン濃度分布グラフの形状に異状が見られないもの
- ・最深部の2点の差が小さく、表面からの影響がないと判断されるもの

図-7に内在塩化物イオン濃度と建設年との関係を、図-8に橋梁区間毎の内在塩分イオン濃度を示す。

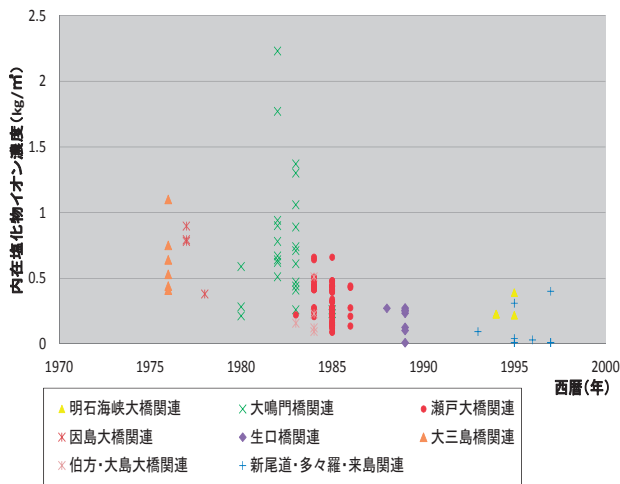


図-7 内在塩化物イオン濃度と建設年

Fig.7 Internal chloride ion concentration and bridge construction year

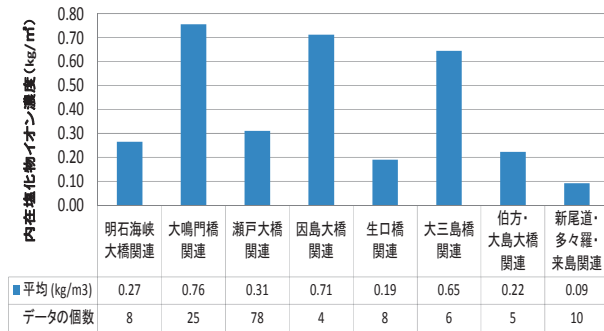


図-8 橋梁区間毎の内在塩化物イオン濃度 (平均値)

Fig.8 Internal chloride ion concentration for each bridge section (average value)

1983年以前に施工された大三島橋、因島大橋、大鳴門橋関連区間では初期含有塩化物イオン濃度の平均値が 0.73 kg/m^3 であるのに対し、1984年以降に施工された区間の平均値は 0.27 kg/m^3 と低く、塩化物総量規制の影響が大きいことがわかる。なお、図-7の一部で 1.5 kg/m^3 を超える結果(門崎高架橋 6P)となったが、原因は不明である。

(2) 海岸からの距離の影響

海岸からの水平距離と表面塩化物イオン濃度の関係を図-9に示す。

表面塩化物イオン濃度は水平距離と大きく関係しており、海岸からの距離が 50m 以下の橋梁では、多量の塩分が付着している。 15 kg/m^3 以上の値を示した橋梁は、大鳴門橋関連区間の門崎高架橋・大鳴門橋・撫養橋、瀬戸大橋、大三島橋である。この原因としては、表面の塩化物イオン濃度が実測値だけでなくフィックの拡散方程式から求めた値もあり、この計算過程で中性化

を受けた表面付近の塩化物イオン濃度の測定データを排除したことによる影響が考えられる。

海岸からの距離が 50m 以上である陸上部橋梁の表面塩化物イオン濃度は、コンクリート標準示方書で示されている表面における塩化物イオン濃度の値と近似している。

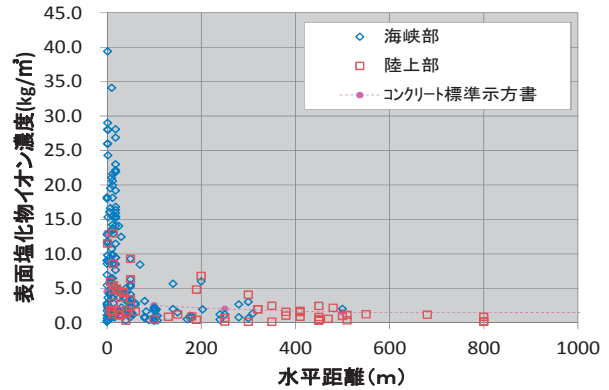


図-9 海岸からの水平距離と表面塩化物イオン濃度

Fig.9 Horizontal distance and surface chloride ion concentration from seashore

(3) 塩化物イオンの見かけの拡散係数

水セメント比(W/C)と塩化物イオンの見かけの拡散係数の関係を、セメント種類毎に示したものを図-10に示す。この図から下記のことがわかる。

- ① 高炉セメント B種は、普通ポルトランドセメントに比べて見かけの拡散係数が小さい傾向があり、土木学会式と同じ傾向を示す。
- ② 見かけの拡散係数は、いずれのセメントも土木学会式より小さい結果となった。この原因としては、初期含有塩化物イオン濃度を考慮したためと考えられる。なお、参考までに図中に中庸熱(大鳴門橋橋脚で採用)及び早強ポルトランドセメントの測定データも記載した。

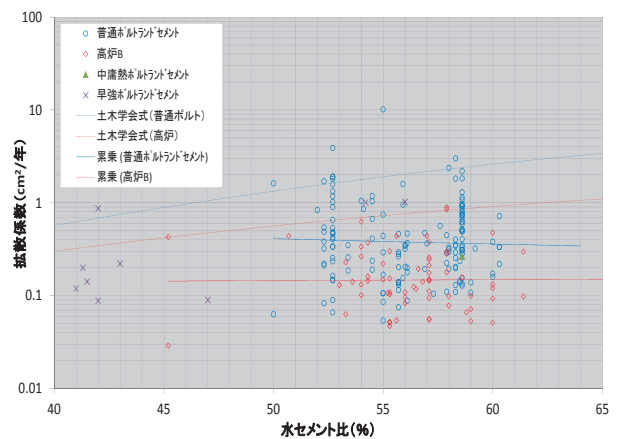


図-10 水セメント比と見かけの拡散係数の関係

Fig.10 Relation between water-cement ratio and apparent diffusion coefficient

4.4 自然電位と鉄筋腐食等の相関

自然電位と鉄筋位置の塩化物イオン濃度及び目視による鉄筋腐食度の関係を図-11に示す。これらの相関関係はほとんど見られないが、鉄筋腐食の進展箇所(損傷度Ⅰ、Ⅱ)における測定データがほとんどないことから、引き続き調査を行う必要がある。

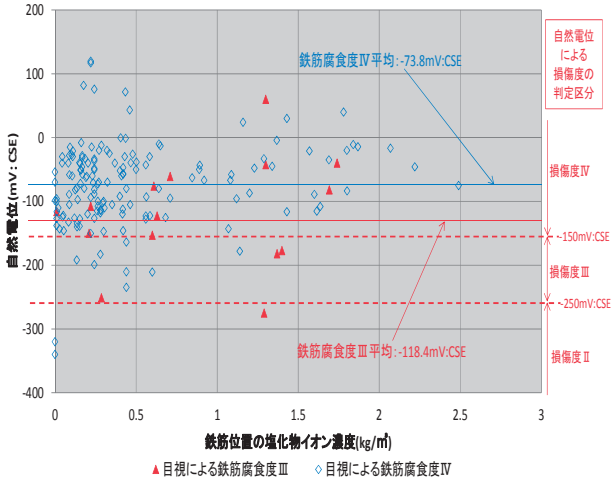


図-11 自然電位と鉄筋位置の塩化物イオン濃度及び目視による鉄筋腐食度の関係

Fig.11 Relation between natural potential, chloride ion concentration of rebar position and visual corrosion degree

5. PC 橋梁上部工

亀浦高架橋、与島高架橋、生口橋(以下「PC3 橋」)の桁端部及び舞子・松帆高架橋(明石 1A・4A アンカレイジ上屋にて代替調査を実施)を対象に、これまで 2001・2006・2011 年度の 3 回にわたり調査を実施した。PC3 橋の調査結果は下記のとおりである。

(1) 中性化

中性化の測定結果を図-12~14に示すが、PC3 橋とも中性化の進展傾向が見られる。ここで、図中の測定値の縦線は測定の際のばらつきを示したものである。この 5 年間で中性化の進行が顕著であるが原因は不明である。与島高架橋では、YB5P 側に比べて BB1A 側で小さい結果となったが、これは桁端部がアンカレイジに挿入されていることから、日照等の影響が少ないためと考えられる。

(2) 塩害

塩化物イオン濃度の測定結果を図-15~17に示す。亀浦高架橋と与島高架橋では、2011 年度の塩化物イオン濃度分析結果が 2006 年度より小さい結果になり、また、塩化物イオンが浸透していないと想定される 40~60mm 区間でも 2006 年度の値が大きかった。この原因としては検査機関が異なるためと考えられたため、初期含有塩化物イオン濃度を示していると思われる 40mm 以深のデータで補正した。10 年間の塩化物イオン浸入量は腐食環境により異なり、浸入深さは表面から 20~40mm までであることがわかる。

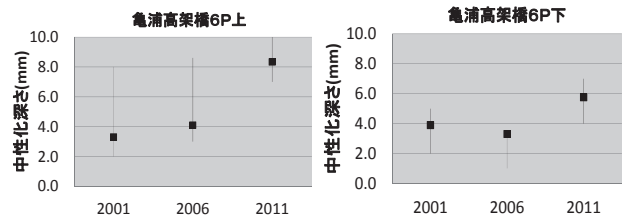


図-12 中性化深さ(亀浦高架橋)

Fig.12 Carbonation depth (Kameura Viaduct)

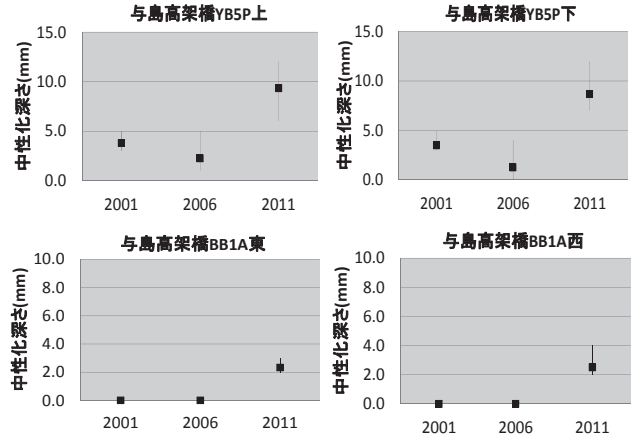


図-13 中性化深さ(与島高架橋)

Fig.13 Carbonation depth (Yoshima Viaduct)

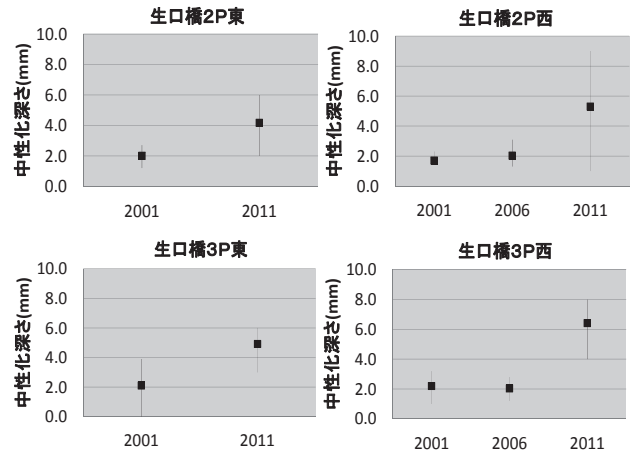


図-14 中性化深さ(生口橋)

Fig.14 Carbonation depth (Ikuchi Bridge)

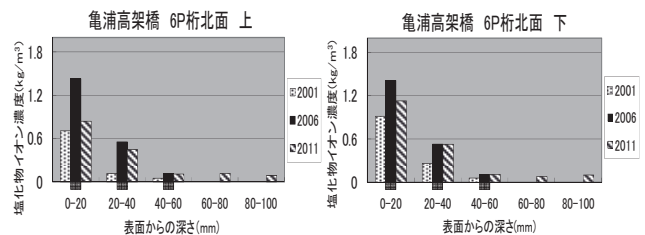


図-15 塩化物イオン濃度分布(亀浦高架橋)

Fig.15 Chloride ion concentration distribution (Kameura Viaduct)

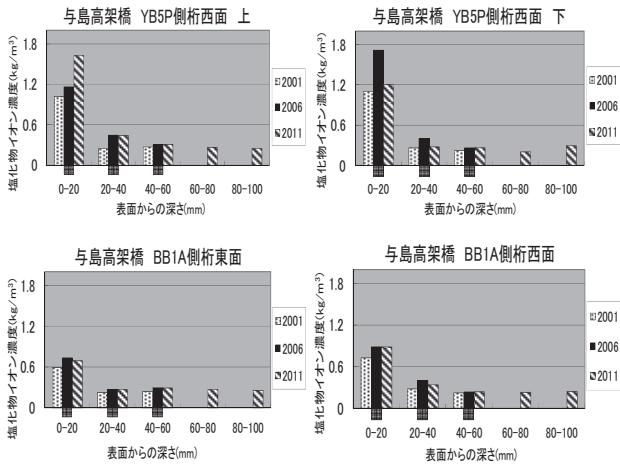


図-16 塩化物イオン濃度分布 (与島高架橋)

Fig.16 Chloride ion concentration distribution (Yoshima Viaduct)

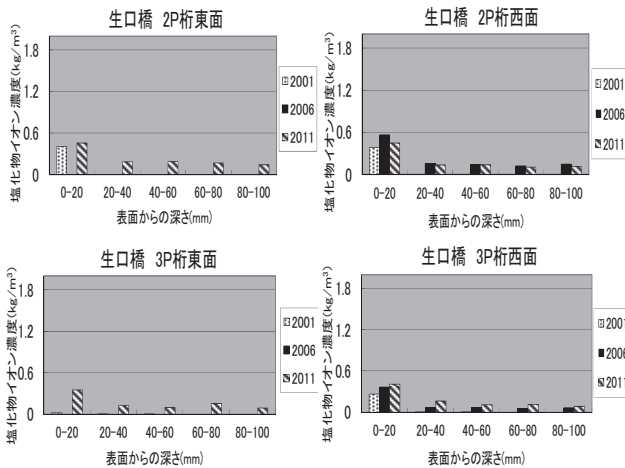


図-17 塩化物イオン濃度分布 (生口橋)

Fig.17 Chloride ion concentration distribution (Ikuchi Bridge)

図-18は、PC3橋の塩化物イオン浸入量の比較を示したものである。大きい順から、①亀浦高架橋(表面から40mmの範囲)、②与島高架橋(表面から20mmの範囲)、③生口橋(表面から20mmの範囲)となっており、現地の腐食環境と合致している。(なお、与島高架橋YB5P側の0-20mmの測定値は異常値と思われるのでデータから除外した。)

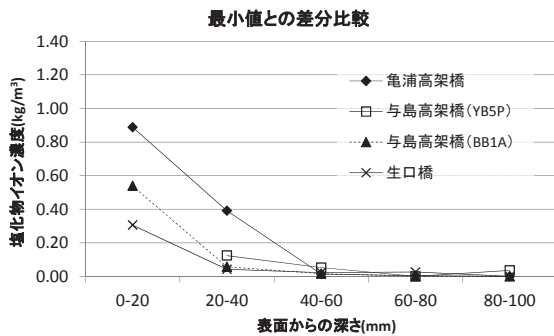


図-18 塩化物イオンの浸入量の比較

Fig. 18 Comparison on amount of invasion of chloride ion

(3)劣化予測

劣化予測結果から、PC3橋とも建設後200年以内に中性化残り限界(25mm)を超えるが、建設200年後でも鉄筋腐食の限界塩化物イオン濃度 1.2kg/m^3 は超えないことがわかった。

与島高架橋YB5P側の劣化予測結果を表-5に示す。今回の測定結果を基にした予測では、建設後42年後に中性化残り限界(25mm)を超える結果となった。また、亀浦高架橋(かぶり42mm)は113年後、生口橋(かぶり39mm)では74年後となった。

ただし、測定結果により大きなばらつきがあり、また当面は中性化対策は不要と判断されるため、今後もデータを蓄積し劣化予測を行い、必要であれば対策を行うこととしている。

表-5 劣化予測結果 (与島高架橋)

Table5 Deterioration prediction result (Yoshima Viaduct)

調査場所	打設	調査	経過(年)	平均かぶり(mm)	中性化			塩化物イオンの浸透						
					a (mm/√年)	200年後 (mm)	限界到達(年)	Co (kg/m³)	D (cm²/年)	Cl (kg/m³)	200年後 (kg/m³)	限界到達(年)		
YB5P側	西面	1986	上	2001	15	36.8	0.968	13.7	149	1.287	0.326	—	0.962	2868
			2006	20	37.0	0.514	7.3	544	1.477	0.282	—	1.075	429	
			2011	25	37.0	1.860	26.3	42	0.575	0.194	0.247	0.635	—	
			下	2001	15	36.8	0.904	12.8	170	1.596	0.199	—	1.085	341
			2006	20	37.0	0.291	4.4	1704	2.582	0.129	—	1.564	100	
			2011	25	37.0	1.740	24.6	48	0.383	0.512	0.136	0.441	—	

(4)検査機関による影響

上述(2)塩害で記載した、塩化物イオン濃度に関する検査機関の影響の有無を検証するため、亀浦高架橋の6P、9Aから新たに採取した同一試料を用いて3機関で測定を実施した。結果を図-19に示すが、A機関はB、C機関に比べて大きい値となっている。この傾向は2006年度と同様であるため、検査機関によるばらつきと考えられるが、その原因は不明である。

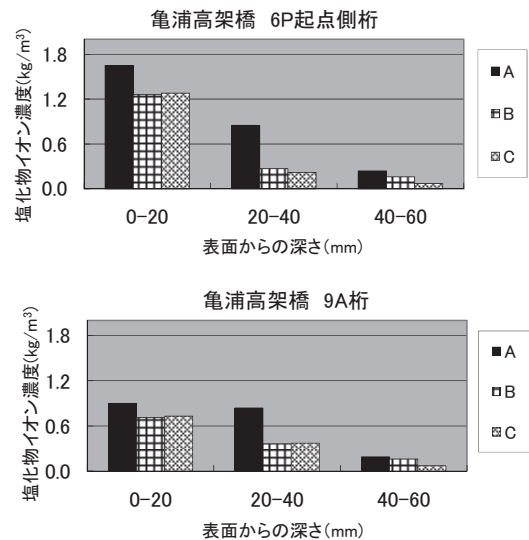


図-19 検査機関による塩化物イオン濃度測定結果比較

Fig. 19 Comparison of measurement result of chloride ion concentration by 3 inspection bodies

6. まとめ

6.1 非破壊検査結果

(1)概要

本四3ルート of 全橋梁 276 橋中 186 橋(海峡部 34 橋、陸上部 152 橋)で非破壊検査を実施した結果、51 橋で「鋼材が腐食しているか、腐食している可能性が高い」と判定された。はつり調査により鉄筋状態を確認した結果、14 橋(海峡部・陸上部とも 7 橋、全橋 276 橋の 5%に相当)に対して対策が必要と判定された。11 橋で対策を実施中もしくは対策済みであり、残り 3 橋(陸上部橋梁)についても詳細調査を実施し、必要に応じて対策を実施する予定である。

(2)中性化

中性化の進行は比較的速いという傾向が得られた。しかし、測定結果のバラツキが大きく、今後もデータを取得していく必要がある。また、中性化の進行は日照や雨水と関係していることが明らかになった。

(3)塩化物イオン濃度

内在塩化物イオン濃度は、塩化物総量規制の影響が大きいことがわかった。このため、規制前に建設された大三島橋、因島大橋、大鳴門橋の各関連区間の構造物では塩害に注意する必要がある。しかし、内在塩化物イオン濃度が高くても鉄筋腐食が見られない場合もあるので、はつり調査等を行って対応を決定する必要がある(写真-1)。

また、塩化物イオン濃度は海岸からの距離の影響が顕著であり、特に 50m 以内では塩化物イオン濃度が高いことがわかった。

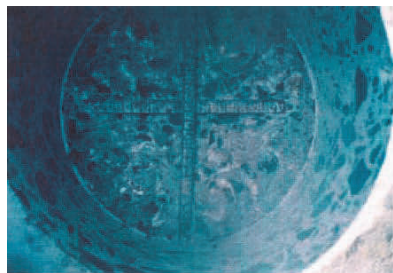


写真-1 大三島橋 3A 前面の鉄筋状況 (塩化物イオン濃度 : 2.0kg/m³)

Photo1 Appearance of rebar of Ohmishima Bridge 3A abutment (Chloride ion concentration : 2.0kg/m³)

(4)自然電位測定

自然電位測定は腐食が進行した場合の測定データが得られていないため、今後も調査を継続する必要がある。

6.2 PC 橋梁上部工

(1)中性化

PC3 橋(亀浦高架橋、与島高架橋、生口橋)は、全て中性化の進展傾向が見られること、また劣化予測から約

50~100 年後に中性化残り限界を超えるという結果になったことから、5年後も調査を実施する必要がある。

(2)塩害

10 年間の塩化物イオン浸入量は、腐食環境により異なるが、浸入深さは表面から 20~40mm までであり、前回調査からの進展は見られず、劣化予測でも対策は不要という結果となった。

ただし、塩化物イオン濃度の測定結果は検査機関により差があることがわかった。

7. あとがき

約 10 年間にわたり実施されたコンクリート非破壊検査結果の整理を行い有用な結果が得られた。非破壊検査は、今後も下記の方針により継続して実施することとしている。

- ① 海峡部橋梁は、腐食環境が厳しいこと、対象橋梁が限定されること、及び劣化予測精度向上及び対策箇所の効果を検証するためデータの取得を継続する。
- ② 陸上部橋梁については、劣化予測結果が「損傷度 III・IV」の橋梁は測定頻度を下げる。ただし、「損傷度 I・II」の橋梁については、測定頻度は現行どおりとする。
- ③ 自然電位測定は、「損傷度 I・II」のデータが得られていないため測定を継続する。

また、劣化予測結果に基づき塩害等の対策が必要となった構造部材については、表面被覆工を基本として対策を実施する。補修にあたっては、最新材料等について調査・検討の上、経済性等を考慮して選定するとともに、追跡調査を行い効果を検証する。

PC 橋梁上部工については、過去 3 回の測定を実施し塩化物イオン濃度に関してはほぼ問題なしという結論が得られたが、中性化の進行が予想より早いという結果、さらに検査機関により塩化物イオン濃度の測定値に差が生じるという結果が得られたことから、5年後も調査を実施して検証していく必要があると考えている。

今回の取りまとめにあたっては、前橋工科大学・辻幸和学長及び京都大学・宮川豊章教授からご助言・ご指導を頂いたことに感謝いたします。

参考文献

- 1) 長尾幸雄：コンクリート構造物の維持管理、本四技報、Vol.32、No.110、pp47-52、2008年3月
- 2) (社)土木学会：2007年制定、コンクリート標準示方書〔維持管理編〕、平成20年3月
- 3) (社)土木学会：2007年版 コンクリート標準示方書 改訂資料、平成20年3月
- 4) (社)土木学会：2010年制定、コンクリート標準示方書〔規準編〕、pp324-332、平成22年11月

海外報告：カザフスタン (イルティシュ川橋梁維持管理支援)

Overseas Report (Republic of Kazakhstan: Technical Advice Services for Maintenance of Irtysh River Bridge)

企画部 企画課長代理

遠藤 和男

(前) 長大橋技術センター 耐風・耐震グループ サブリーダー Kazuo Endo

1. はじめに

筆者は、独立行政法人国際協力機構（JICA）案件「イルティシュ川橋梁維持管理支援（有償資金協力専門家）（総括／橋梁（吊橋））（橋梁（舗装））（橋梁（塗装））」（以下、「業務」）に橋梁（舗装）担当の専門家として参画した。本業務では、2012年5月24日～2012年6月21日及び2012年7月26日～2012年8月6日の2回にわたり現地カザフスタン共和国に赴き、現地技術者と共同で、橋梁の現状調査を行うとともに、補修方法及びメンテナンス方法の提案を行った。

本稿では、担当した舗装を中心に、現地調査に基づくイルティシュ川橋梁の現状、提案を行った補修方法の概要等について報告する。

2. カザフスタン共和国の概要¹⁾

カザフスタン共和国は、図-1 に示すように、中央アジアに位置し、ロシア連邦、中華人民共和国等と国境を接している。東西冷戦後の1991年、それまで支配下にあったソビエト連邦が解体したことに伴い、独立を宣言した。

首都は、1997年12月にアルマティからアスタナに移転され、その際、JICAによる新首都建設計画策定支援がなされた。その基本設計を故黒川紀章氏が担当したことで知られている。現地調査時にはアスタナに数日滞在したが、現在も各所で建設工事が行われており、目標の2030年新首都完成に向けて鋭意整備が進められていた。なお、イルティシュ川橋梁は、国の北東にあるセメイ市に位置する。

気候は、大陸性気候で夏は暑い、冬はかなり寒い。アスタナの1月の最低平均気温は-17℃、8月の最高平均気温は27℃である。また、アスタナの年間降水量は

250mm程度と、東京の1500mm程度を大きく下回る²⁾。

経済は、恵まれた鉱物資源輸出による収益を背景に、著しい飛躍を遂げている。2010年のIMFデータによると、GDPは1,384億ドル、1人当たりGDPは8,883ドルである。ウラン、クロムの埋蔵量は世界2位、亜鉛は世界5位であり、近年では、これまで中国に依存してきた我が国の新しいレアメタルの調達先として注目されている。

以下にその他の基本情報を示す。

- ・面積：272万km²（日本の7倍）
- ・人口：1,602万人
- ・民族：カザフ系（63.1%）、ロシア系（23.7%）
- ・言語：カザフ語が国語。（ロシア語は公用語）
- ・宗教：イスラム教（70.2%）、ロシア正教（26.2%）

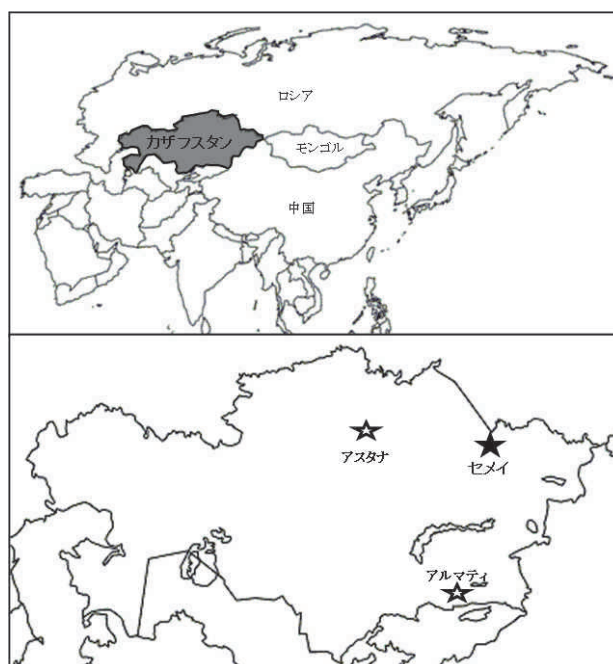


図-1 カザフスタン共和国の位置図

Fig.1 Location of Kazakhstan

3. イルティッシュ川橋梁の概要³⁾

イルティッシュ川橋梁は、東カザフスタン州のセメイ市を流れるイルティッシュ川に架かる橋長1,086m、中央径間長750mの単径間吊橋（主塔は鋼製、桁は一箱桁形式、往復6車線。写真-1、図-2）である。日本の円借款により、2000年10月に開通した同国最長スパンを有する橋梁であり、主要幹線道路の一部として、開通以降、地域経済の活性化に大いに貢献している。建設工事は、石川島播磨重工業株式会社（現、株式会社IHI）が担当した。

技術的な特徴として、温度変化の影響に $\pm 50^{\circ}\text{C}$ （設計基準温度 0°C ）を考慮していること、鋼材には旧ソビエト連邦時代の材料規格であるGOST(USSR State Standards)規格に準拠して -50°C におけるじん性確保が要求されたことが挙げられる。

4. 業務の概要

本橋の架橋地点は最高気温と最低気温の差が極めて大きく、世界で類を見ない厳しい自然環境にあり、供用後10年余りではあるが、設計時点では想定できない損傷や腐食が早期に発生している可能性がある。実際、2010年1月にはJICA、2010年7月には一般社団法人国際建設技術協会による簡易調査⁴⁾が実施され、①ケーブルシステム

及びアンカレッジの構造的健全性に係る対策、②ケーブルバンド軸力に係る調査の必要性等が指摘された。それに対してイルティッシュ川橋梁の管理者であるセメイ市より、日本の知見を踏まえつつ簡易調査で指摘された事項に対応していきたいとの要望があったことにより、JICAにおいて本業務の実施が決定された。

本業務には3名の専門家（総括／橋梁（吊橋）、橋梁（塗装）及び橋梁（舗装））が従事し、現地技術者とともに本橋の詳細な現状把握を行い、また、技術的な観点からの助言や指導及び研修を実施し、現地技術者の維持管理能力を強化することが目的とされた。

業務内容とその実施時期を以下に示す。

①国内準備（平成24年4月上旬～5月下旬）

調査対象地域と類似した自然環境下における事例を収集・整理、分析し、業務実施計画書を作成した。

②第1次現地調査（5月下旬～6月下旬）

現地状況及び維持管理実施状況の確認等を行い、調査結果を踏まえた補修方法案の比較・検討、最適な補修方法案の費用・工期・概略図面等を提案し、現地業務結果報告書を作成した。

③国内作業（6月下旬～7月下旬）

第1次現地調査結果を踏まえ、第2次業務実施計画書を作成した。

④第2次現地調査（7月下旬～8月上旬）

点検項目や点検方法など維持管理に関する指導を行うとともに、現地技術者と補修方法案を検討し、現地業務結果報告書を作成した。

⑤業務とりまとめ（8月上旬～9月下旬）

業務完了報告書を作成した。

筆者は、橋梁（舗装）を担当する専門家として本業務に参画し、総括／橋梁（吊橋）、橋梁（塗装）を担当する専門家2名（株式会社IHIインフラシステム）と協力しながら業務を遂行した。



写真-1 イルティッシュ川橋梁全景
Photo 1 Overview of Irtysh River Bridge

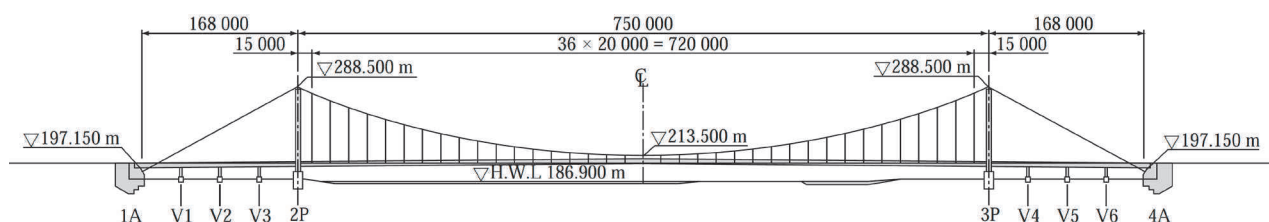


図-2 イルティッシュ川橋梁一般図
Fig.2 Generalview of Irtysh River Bridge

5. 現状調査結果

5.1 舗装

舗装調査では、主に現地技術者へのヒアリング、外観目視調査、路面性状調査（ひび割れ・わだち掘れ・段差測定）を行った。

舗装構成を図-3 に示す。仕様は、ヨーロッパの橋面

舗装で実績の多いマスティックアスファルト混合物一層構造である。舗装厚は、日本の標準仕様と比較して薄く、50mm となっている。材料的な特徴として、使用しているブレンドアスファルト（TLA：ストレートアスファルト=55:45）の針入度（25℃）が 17（1/10mm）と小さいことが挙げられる。

中央径間部（床版形式：鋼床版）は、写真-2、3 に示すように、ほぼ全面にわたり亀甲状のひび割れが発生しており、一部のクラックには応急補修としてクラックシーลがなされていた。また、第一・二走行車線を中心に、多くのクラックの拡大に伴うアスファルト混合物の

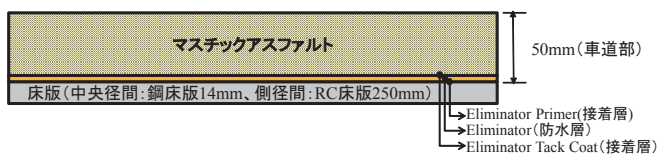


図-3 現在の舗装構成
Fig.3 Current Pavement Composition

剥離、表層の部分打換え部における補修材のずれ、局部流動、ポットホール、防水層の剥がれが見られた。さらに、写真-4 に示すように、防水層の剥がれに伴い、鋼床版の発せいも確認された。

一方、側径間部（床版形式：RC 床版）は、写真-5 に示すように、部分的に線状のひび割れが発生しているものの、中央径間部と比較すると圧倒的にその数は少なく、応急補修としてクラックシーลがなされていた。

路面性状調査は、日本国内で実施されている手法に基づき実施した⁹⁾。中央径間部のひび割れ率は約 80%と非常に高い状態であったが、側径間部は約 10%と低い結果であった。また、わだち掘れ、段差は、平均で 3~4mm と小さかった。

中央径間部（鋼床版）舗装の損傷は、主には過酷な気象条件（温度変化 $\pm 50^{\circ}\text{C}$ ）、過酷な交通荷重（夏季交通量約 75,000 台/日、過積載車の横行）、使用材料（針入度が低く、低温ぜい性の高いアスファルト）等に起因する舗装材の劣化によるもので、これが鋼床版構造に起因する局所的な変形と相まって発生したものと推定された。



写真-2 舗装近景（中央径間部）
Photo 2 Overview of Pavement (Center Span)

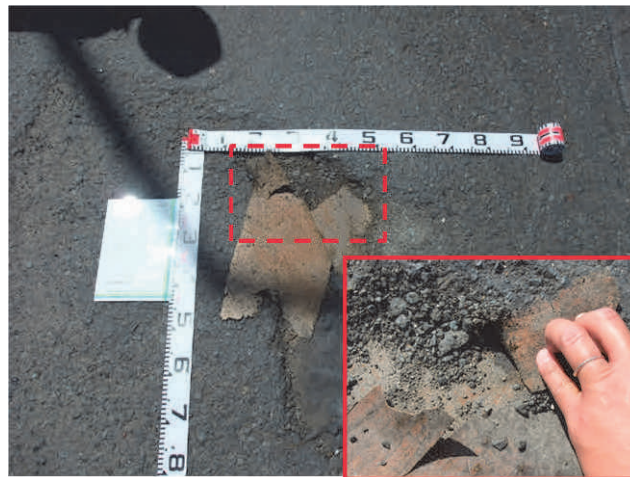


写真-4 鋼床版の発せい（中央径間部）
Photo 4 Rusting of Steel Deck Plate (Center Span)



写真-3 舗装近景（中央径間部）
Photo 3 Closeup View of Pavement (Center Span)



写真-5 舗装全景（側径間部）
Photo 5 Overview of Pavement (Side Span)

5.2 主ケーブル、ハンガーロープ

主ケーブル調査では、主にケーブル踏査等による外観目視調査を行った。

ほぼ主ケーブル全長にわたり、**写真-6**に示すような橋軸直角方向に塗膜の割れが発生するとともに、塗膜の剥がれも散見された。また、中央径間中央部及び側径間アンカレイジ部付近を中心に、**写真-7**に示すような漏水痕が見られ、主ケーブル内部での滞水が懸念された。

アンカレイジ内は全体的にほこりや土砂が多く、ケーブルストランド全体に粉じんが堆積していた。また、現地調査時の外部の気温、湿度は、25～35℃、20～40%の範囲で天候、時間により変動があった一方で、アンカレイジ内部は9℃、90%でほぼ一定し、**写真-8～9**に示すように、壁面には大量の結露、最深部床面には滞水が確認された。この高湿度環境は、アンカレイジ内が空気の対流が起りにくい状況であることに加え、壁面の流水痕等から、道路桁路面からの漏水及び主ケーブル内部を流下してアンカレイジ内に多くの雨水が浸入していることが主な要因であると推定された。しかし、抜取りでス

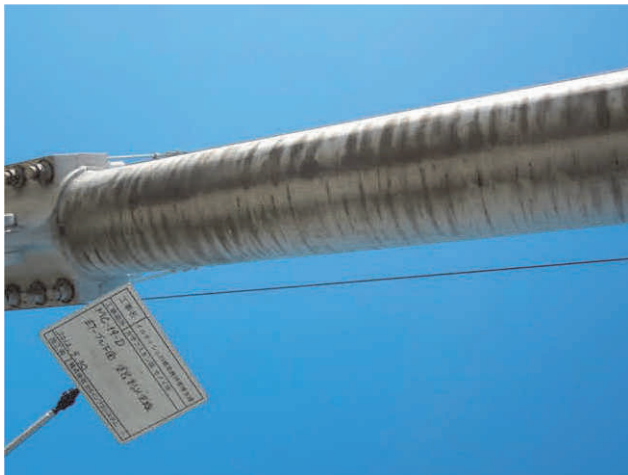


写真-6 主ケーブルの塗装割れ
Photo 6 Crack of Main Cable Paint

トランドの亜鉛メッキ膜厚を測定したところ所定の膜厚は確保されており、発せい等の損傷は確認されなかった。

ハンガーロープ調査では、主に桁上からの外観目視調査、ケーブルバンドボルト（中央径間最下段、上下流ケーブルの2格点）の軸力調査を行った。

ロープ、定着金具に部分的に塗膜の割れや剥がれが見られたものの、目立ったさびは確認されなかった。また、ボルト軸力は、設計値の65%程度に低減していた。

5.3 主塔、補剛桁

主塔調査では、主に桁上から及び塔内梯子を移動しながらの外観目視調査を行った。

主塔外面は、基部に土砂堆積、一部の溶接線に塗膜の剥がれが見られたが、おおむね良好な状態であった。主塔内面は、**写真-10**に示すように、複数の塔柱継手（引張ボルト構造）で長尺ボルト下面に赤さびが発生していた。

補剛桁調査では、主に桁上・桁内から及び外面作業車を用いた外観目視調査を行った。



写真-8 アンカレイジ内結露
Photo 8 Dew Condensation in Anchorage

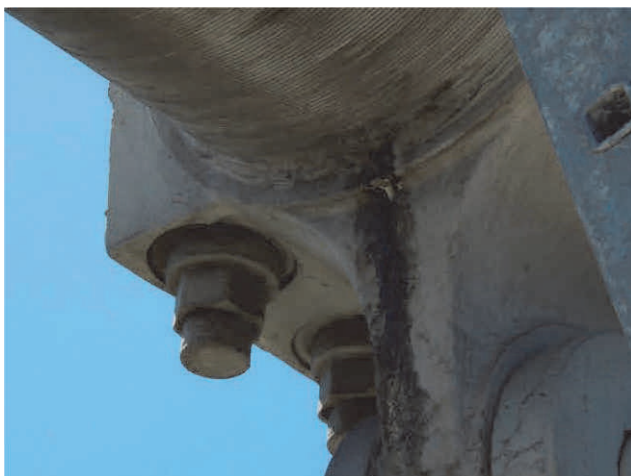


写真-7 バンド水抜き孔からの漏水痕
Photo 7 Trace of Water Leakage from Cable Band Drainage Hole



写真-9 アンカレイジ内滞水
Photo 9 Undrained Water in Anchorage

補剛桁上面の歩車道境界部は、冬期には除雪した雪が堆積することなどから、写真-11に示すように、多くの塗膜の剥がれが見られたが、腐食の進行は見られなかった。一方、補剛桁下面、内面は、一部で軽微な塗膜の損

傷等が散見されたが、おおむね良好な状態であった。

5.4 その他

その他部材の有意な損傷として、伸縮装置では、路面縞鋼板の変形・亀裂（写真-12）、固定ボルトのゆるみ・変形、ピン取合部のがたつき（車両走行時に異音）、摺動面テフロン版の抜出しが確認された。また、車両防護柵では、ケーブルのたるみ（写真-13）、支柱基部の亀裂が見られた。

6. 提案した補修方法

6.1 舗装

中央径間部（鋼床版）は、わだち掘れ、段差は小さいものの、ひび割れ率が約80%と日本国内の一般的な修繕目標値（20%程度）を大きく超過しており、多くのポットホール等の損傷や一部で鋼床版の発せいもある。この状態で供用を継続した場合、良好な供用性が確保できないばかりか、鋼床版本体構造への悪影響が懸念されたことから補修が必要と判断した。一方、側径間部（RC床版）は、修繕目標値を満足しており、クラックシール等による補修も施されており供用状態はおおむね良好であることから、従来どおりの維持管理を継続し、当面の補修は不要と判断した。

中央径間部（鋼床版）舗装の補修方法として、「切削オーバーレイ工法」、「1層式打換え工法」、「2層式打換え工法」の3案を比較検討した結果、長期的な耐久性、長期的な維持管理性、日本での供用実績を考慮して、図-4に示す「2層式打換え工法」が最適と判断した。本仕様を採用し、表層の損傷は許すが、基層は極力損傷させない維持管理を行うことにより、表層の



写真-10 主塔長尺ボルトの発せい

Photo 10 Rusting of Long Bolt at Tower Shaft Connection



写真-11 補剛桁上面塗装の損傷

Photo 11 Damage of Painting at Top Surface of Girder



写真-12 伸縮装置の損傷

Photo 12 Damage of Expansion Joint



写真-13 防護柵ケーブルのたるみ

Photo 13 Slack of Crash Barrier Cable

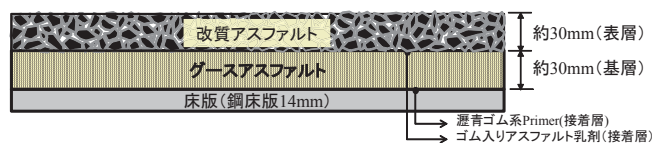


図-4 提案した舗装構成

Fig.4 Proposed Pavement Composition

み維持修繕を行うことで供用性が改善され、下層のグー
スアスファルト（防水層）の打換えや鋼床版の素地調整
の必要がなくなることから、ライフサイクルコストの縮
減に寄与するものと考えられる。

ただし、実際の適用に際しては、以下に示す項目につ
いて考慮する必要があるものとした。

- ・舗装厚増加に伴う死荷重増加の影響検討
- ・適切な品質管理、施工管理方法の検討
- ・試験施工の実施（機械編成、施工方法、耐久性等
の確認）
- ・カザフスタンの気象条件に即した性状確認試験の実
施（配合設計）

6.2 主ケーブル

塗替え塗装仕様として、日本国内で実績が多い柔軟型
塗料、ノンスリップ塗装の使用を提案した。

また、主ケーブル内部の除湿を目的に、乾燥空気送気
システムの導入を提案した。主ケーブルラッピング仕様
には、①既設丸線ラッピングワイヤをS字ラッピングワ
イヤへ交換、②既設丸線ラッピングワイヤ上にゴムラッ
ピングを施工、③既設丸線ラッピングワイヤのままシス
テム導入の3種類を示した。

さらに、アンカレイジ室内の除湿を目的に、①除湿シ
ステムを導入し、ケーブルストランドを強制的に乾燥さ
せる方法、②送風機で外気を送り込むことにより外気と
循環させて腐食環境を改善する方法の2種類の補修案を
提案した。

6.3 その他

現状調査の結果、比較的早期の補修が望ましい項目、
あるいは今後の適切な維持管理実施のために導入が望ま
しい項目として、主に以下を提案した。

- ・バンドボルト増締め
- ・補剛桁外面の補修塗装
- ・伸縮装置の補修
- ・防護柵の補修
- ・維持管理設備（キャットウォーク設備、ケーブル点検
車等）の導入

また、併せて、現状調査に基づく変状報告書、点検チ
ェックシート、補修工法・維持管理設備の概算工期・工
費、詳細点検実施要領等を作成し、提出した。

7. おわりに

イルティッシュ川橋梁は、温度変化の影響が極めて大
きいといった厳しい自然環境にあり、上述のような損傷
が散見されたものの、比較的湿度が低いことから、深刻
な腐食やさびの発生は無く、橋全体としてはおおむね健
全な状態であった。

本橋の維持管理は、これまでは主に簡単な点検や橋面
清掃が実施されてきたようであるが、州から市への移管

（2008年）の際の不十分な引継ぎや書類・機材の逸散、
あるいは現地技術者の維持管理に関するノウハウ不足等
により、体系的な維持管理が実施されていない状況であ
った。しかし、現地技術者の橋への愛着、維持管理に対
する熱意は非常に高く、我々と共同で実施した現状調査
に精力的に取り組む姿勢や、チーフエンジニアの「休日
も橋のことが気になって仕方がない」との言葉が印象的
であった。また、本橋は、ロシア、中国との国境近くに
位置し、国際物流を担う主要幹線道路の一部として位置
付けられている。今回の業務を通じて、現地技術者の維
持管理能力が強化され、本橋が末永く供用され続けるこ
とを願うものである。

本業務の実施に際しては、JICA、株式会社IIIインフ
ラシステム関係者及び社内関係部署の皆様にご多大お世話
になった。ここに記して深く謝意を表する次第である。

参考文献

- 1) 外務省ホームページ
<http://www.mofa.go.jp/mofaj/area/kazakhstan/index.html>
- 2) MSN天気予報
<http://weather.jp.msn.com/worldtop.aspx>
- 3) 宮田 明、船木正志、山本裕一、工藤光弘、加藤千明：
カザフスタン共和国「イルティッシュ河橋梁」建設工事、
石川島播磨技報2001橋梁特集号、pp. 148-157、2001.
- 4) 社団法人国際建設技術協会：国建協調査報告書「カザフ
スタン共和国イルティッシュ河橋梁調査」、2010
- 5) 日本道路協会：舗装調査・試験法便覧、2010.1

■第28回日米橋梁ワークショップ

日米橋梁ワークショップは、天然資源の開発利用に関する日米会議（UJNR）耐風耐震構造専門部会の「作業部会G交通システム」の活動として、1984年から毎年日米交互に開催されています。第28回となる今回は、2012年10月8日～10日の3日間にかけて、オレゴン州のポートランドで開催されました。参加者は、日本側20名、米側20名の計40名でした。日本側の参加者は、国土技術総合研究所、土木研究所、高速道路会社（及びその関連会社）、大学から、米側参加者は、連邦道路庁（FHWA）、各州の交通局、大学、コンサルタントからでした。日本側の発表論文は18編、米側の発表論文は19編でした。ワークショップでのセッションは大きく「維持管理」と「耐震」に大別されていました。

維持管理に関しては、米国で実施されている”Load Rating”（個々の橋梁の状態を勘案して、通行可能な車両重量を計算し規制を行うこと）に関する話題などが発表されました。また、政府機関であるFHWAが提唱する橋梁維持管理の方針として”resilient”な橋梁設計についての発表がありました。この”resilient”という言葉は「弾力性のある」などと訳されますが、昨今の日本におけるインフラ整備に重点を置こうとする「強靱化」の英語訳にも同じ”resilient”が使われており、これからのインフラ整備・維持管理におけるキーワードとなるような印象を受けました。

耐震に関しては、昨年の東日本大震災を受けてのものが多く、高速道路のゴム支承破断事例の紹介や、津波に関する日米双方の研究についての発表がありました。また、オレゴン州はカスケード沈み込み帯上に位置し、近い将来巨大地震が発生することが推定されていることから、大地震やそれに伴う津波被害に対し、産学官協調して取り組んでいる様子が見えられました。

本四高速（株）からは長大橋技術センター花井が出席し、「本州四国連絡道路コンクリート構造物の現状と維持管理（Maintenance Management and Present Condition of Concrete Structures of Honshu-Shikoku Bridge Expressway）」と題し、発表を行いました（写真-1）。

また、ワークショップの前後には、様々な橋梁の現場や研究施設などを視察するスタディツアーが行われました。スタディツアーは大きく分けると、ポートランド市周辺、オレゴン州北西沿岸部、サンフランシスコの3つの地域に分かれました。

ポートランド市周辺には、コロンビア川やウィラメット川といった大きな川が流れているため、昔から橋の数は多く、それらの多くが現在の耐震性能を満足しない結果となっているようで、架け替えや耐震補強が実施されていました。また、オレゴン州北西沿岸部では、耐震補強に加えて、津波に対する検討も行われており、津波の研究を精力的に実施しているオレゴン州立大学と協

調して設計津波外力の設定などがなされているようでした。また、新材料の開発も盛んなようで、沿岸部の架け替え橋梁には、耐食性の高いFRP（写真-2）を鉄筋の代替りの補強材として使用しているような橋もありました。

サンフランシスコでは、耐震補強が実施されているサンフランシスコオークランドベイブリッジプロジェクトの現場などを視察しました。プロジェクトの一部である、耐震性能の不足するトラス桁の吊橋への架け替えにおいては、他に事例の多くないケーブル張力を桁端部で受ける自碇式吊橋を採用していますが、さらにこの橋においては従来桁の両側に別々に配置される2本のケーブルを1本で製作し、片側の桁の端部で折り返すという非常に特異な構造を採用しています。視察時点ではハンガーロープの架設が完了し、ケーブルラッピングを待っている状況でした（写真-3）。

（長大橋技術センター総括・防食グループサブリーダー 花井拓）



写真-1 発表状況



写真-2 FRP補強材



写真-3 建設中の自碇式吊橋

文 献 紹 介

本州四国連絡橋関連技術文献紹介 (12.08~13.01)

題 名	著 者	雑誌名等	巻	号	年月	頁
総括その2：長大橋基礎の新しい問題と将来展望 連載講座 日本の吊橋基礎の50年 最終回	吉田巖	基礎工Vol. 39No. 10	39	10	201110	2
自己相関ロックイン赤外線サーモグラフィによる 鋼道路橋の応力変動計測	川端淳 伊藤進一郎 阪上隆 英 松岡洋平 和泉遊以	土木学会第67回年次 学術講演会			201209	2
本州四国連絡橋の局部補修仕様及び近接手段の検 討	大谷康史 酒井和吉 籠池利 弘	土木学会第67回年次 学術講演会			201209	2
海上部マスコンクリート構造物の表面劣化と対策	坂本佳也 楠原栄樹	土木学会第67回年次 学術講演会			201209	2
非破壊検査による吊橋ハンガーロープの腐食状況 調査(因島大橋・大島大橋)	貴志友基 山根彰 川上明彦 明石良男	土木学会第67回年次 学術講演会			201209	2
溶融亜鉛めっき部材管理路の劣化度評価手法の検 討	楠原栄樹 祖父江泰孝	土木学会第67回年次 学術講演会			201209	2
明石海峡大橋の概要と下部工～主塔基礎は設置ケ ーソン工法で施工	加島聡	JSSC 2012 AUTUMN No. 11		11	201210	4
明石海峡大橋の上部工～新技術で長大スパンへ対 応	北川信	JSSC 2012 AUTUMN No. 11		11	201210	4

※本四技報，技術発表会は除外。

本四技報総目次 (No. 1 ~ No. 120)

題 名	執 筆 者	号	年月
■巻頭言			
発刊にあたって	尾之内由紀夫	No.1	'77.7
発刊にあたって	蓑輪健二郎	No.1	'77.7
本四技報の充実発展を願って	井上義光	No.2	'77.10
「悪くても」と「うまくゆけば」	川崎偉志夫	No.3	'78.1
技術雑感	浅間敏雄	No.4	'78.3
技術感想	松崎彬磨	No.5	'78.7
工事と安全技術	多田安夫	No.6	'78.10
カレンダーによせて	山本成美	No.7	'79.1
豊かさは自らの心の中にある	平石茂義	No.8	'79.4
或る連想—大三島橋の開通式に出席して	富樫勘七	No.9	'79.7
再び船上会談を	大富 宏	No.10	'79.10
大三島橋のしゅん功にあやかっ	久保村圭助	No.11	'80.1
ある橋の話	浅谷輝雄	No.12	'80.4
新しい芽を育てよう	尾之内由紀夫	No.13	'80.7
文科と橋	向井 清	No.14	'80.10
橋の建設と維持	下川浩資	No.15	'81.1
本州四国連絡橋を考える	山根 孟	No.16	'81.4
Seeing「見ること」	松崎彬磨	No.17	'81.7
美観・安全性・経済性	大島 久	No.18	'81.10
基礎とその認識	吉田 巖	No.19	'82.1
新しい技術と経験	沖中浩一郎	No.20	'82.4
経験について—森有正の思想をかりて	山本成美	No.21	'82.7
荒廃するアメリカの躍動	山根 孟	No.22	'82.10
新しいものへの挑戦	高橋弘篤	No.23	'83.1
人口をめぐって	柴田啓次	No.24	'83.4
土木工事雑感	高山 昭	No.25	'83.7
文科と理科	柴田啓次	No.26	'83.10
新たなる目標	松崎彬磨	No.27	'84.1
現場からの土産話	吉田 巖	No.28	'84.4
因島大橋雑感	大橋昭光	No.29	'84.6
地域開発橋	高橋信夫	No.30	'84.7
窓外雑感 (みなと・神戸)	今中靖雄	No.31	'84.10
本州四国連絡橋事業を支える技術	山根 孟	No.32	'85.1
技術と人間あれこれ	山下文利	No.33	'85.4
技術開発に思うこと	林 宣熙	No.34	'85.7
明石海峡大橋への課題	大橋昭光	No.35	'85.10
大鳴門橋建設をふりかえって	今中靖雄	No.36	'85.12
大鳴門橋と関連区間の開通	奈良平竣彦	No.36	'85.12
大鳴門橋と関連区間の開通	松本弘輝	No.36	'85.12
大鳴門橋に関する二、三の思い出	小川英信	No.36	'85.12
明石への道	高橋弘篤	No.37	'86.1
トップランナーの努め	吉田 巖	No.38	'86.4
道路の管理について	高橋信夫	No.39	'86.7
「明石」の事業再開にあたって	遠藤武夫	No.40	'86.10
最善の努力を結集しよう	山根 孟	No.41	'87.1
技術力の向上	深田彰一	No.42	'87.4
視点	花市穎悟	No.43	'87.7
開通6ヶ月前	松崎 実	No.44	'87.10
道路整備こそ国家繁栄への道	加瀬正蔵	No.45	'88.1
伯方・大島大橋の開通によせて	花市穎悟	No.46	'88.4
伯方・大島大橋の開通	小川英信	No.46	'88.4
技術に謙虚さを	萩原 浩	No.47	'88.7

「器用人」と技術者	吉住俊彦	No.48	'88.10
アメリカズカップ	岡田哲夫	No.49	'89.1
「技術」雑感	平井 清	No.50	'89.4
着工一年	森本隆也	No.51	'89.7
道	永井 滋	No.52	'89.10
本四架橋技術の今後の課題	遠藤武夫	No.53	'90.1
沙弥島の風景	石山四郎	No.54	'90.4
本四公団の三つの目的	中平一郎	No.55	'90.7
天の浮橋、その過去と現在	木村敬宇	No.56	'90.10
多々羅大橋の起工式を迎えて	旭 一穂	No.57	'91.1
「豊かさの感じられる社会」の実現のために	高田雅夫	No.58	'91.4
超長大吊橋と風	飯島武明	No.59	'91.7
「共生・協調」の重視へ	杉岡 浩	No.60	'91.10
“道路技術の分野でも国際貢献を”	萩原 浩	No.61	'92.1
明石海峡大橋の主塔基礎の完成	佐伯彰一	No.62	'92.4
海洋架橋の歴史	岡田哲夫	No.63	'92.7
瀬戸大橋を守り、伝える	松本弘輝	No.64	'92.10
ネクストウェイ	玉田博亮	No.65	'93.1
科学技術雑感	西内 彬	No.66	'93.4
役割分担	新野 博	No.67	'93.7
秋菊の物語	平林忠正	No.68	'93.10
鉄道再評価と技術的鳥瞰	野村紀夫	No.69	'94.1
子供達の心に響いた本四架橋	宮崎 潮	No.70	'94.4
岡山 今と昔	松本敦義	No.71	'94.7
ポスト四全総への期待	藤原良一	No.72	'94.10
ケーブル工事雑感	越村一雄	No.73	'95.1
自然の威力を直視しよう	萩原 浩	No.74	'95.4
兵庫県南部地震に思う	佐伯彰一	No.75	'95.7
うましま	松本弘輝	No.76	'95.10
子規に想う	藤川寛之	No.77	'96.1
瀬戸大橋雑感	多田和夫	No.78	'96.4
長大橋技術の継承、高度化	縣 保佑	No.79	'96.7
瀬戸内しまなみ海道	加島 聰	No.80	'96.10
ISO9000との出会い	日野西光温	No.81	'97.1
125年前	菊池徳彌	No.82	'97.4
企業マインドの実践	辰巳正明	No.83	'97.7
人工停滞の時代	安田達男	No.84	'97.10
外国語の奨め	蟹澤康人	No.85	'98.1
明石海峡大橋にあたって思うこと	佐伯彰一	No.86	'98.4
印象に残る海中工事	加島 聰	No.86	'98.4
明石海峡大橋と私	北川 信	No.86	'98.4
長大橋管理のコスト縮減	星野 満	No.87	'98.7
未来の古道	中嶋幸彦	No.88	'98.10
明石大橋の管理元年	奥川淳志	No.89	'99.1
本四3ルートでの完成	加島 聰	No.90	'99.4
二つの斜張橋で目指したもの	谷中幸和	No.90	'99.4
新尾道大橋と多々羅大橋に関して思うこと	秋山晴樹	No.90	'99.4
長大橋建設の明日に向けて	蟹澤康人	No.91	'99.7
自航台船「うましま」の開発について	平山純一	No.91	'99.7
開通に思う	藤井周志	No.91	'99.7
採算性の向上について	木挽孝紀	No.92	'99.12
はるかな未来に向けて	村田正信	No.93	'00.4
管理時代における技術者の視点	縣 保佑	No.94	'00.8
13年目の瀬戸大橋	平山純一	No.95	'00.12
青函トンネルと本州四国連絡橋	小笠原憲一	No.96	'01.4
予防保全の視点	谷中幸和	No.97	'01.8
最近の動きなどー20世紀から21世紀へー	佐野徹治	No.98	'02.3
最適管理基準	星野 満	No.99	'02.9
リスク管理	北川 信	No.100	'03.3
先達はあらまほしき事なり	森 章	No.101	'03.9
自然を畏怖する心	高澤 勤	No.102	'04.3

民営化雑感	
なぜだろう なぜかしら	
私の神様論	
本四技報に期待する	
技術開発重点プログラムへの期待	
廣井 勇に学ぶ	
落橋の映像	
「現場力」に思う	
道路構造物のリスクマネジメント	
技術者マインド	
目	
瀬戸内企業ということ	
弛み無い技術開発を	
管理の時代に思うこと	
マネジメントはマーケティングとイノベーション	
橋梁ヘルスマonitoring	
想定外	
千三百年の心構え	

中村 守	No.103	'04.9
藤井周志	No.104	'05.3
村田正信	No.105	'05.9
堀切民喜	No.106	'06.3
星野 満	No.107	'06.9
北川 信	No.108	'07.3
中村 守	No.109	'07.9
伊藤周雄	No.110	'08.3
富田大造	No.111	'08.9
岸本良孝	No.112	'09.3
仁木清貴	No.113	'09.9
奥田 基	No.114	'10.3
帆足博明	No.115	'10.9
上野進一郎	No.116	'11.3
佃 長次	No.117	'11.9
藤原 亨	No.118	'12.3
平原伸幸	No.119	'12.9
足立 徹	No.120	'13.3

■共通（橋梁下部工）

流れと波が共存する場における流体力の評価について	
太径鉄筋の継手と付着に関する調査	
風化花崗岩のクリープ特性について	
吊橋塔基部のグラウト注入実験	
鋼設置ケーソン設計要領（案）	
船舶の衝突に対する緩衝工模型実験	
大型鉄骨鉄筋コンクリート設計要領・同解説（案）	
深いニューマチックケーソンの掘削工法に関する検討	
大型鉄骨鉄筋コンクリート橋脚設計要領（案）の確認実験	
緩衝工の設計要領（案）	
耐震壁付きRC橋脚の設計（解析編）	
耐震壁付きRC橋脚の設計（実験編）	
FEM・RBSMによる基礎の支持力・変形解析	
脚付ケーソン基礎の耐震安定性	
吊橋アンカレッジに用いたマスコンクリートの品質分析	
低発熱コンクリート	
マスコンクリートの塗装に関する調査	
マスコンクリート用高流動コンクリート設計・施工基準 同解説	
マスコンクリートの塗装に関する調査（その2）	
高架橋の多径間連続化における耐震設計	
長大橋の耐震照査に用いる大規模地震動の検討	
マスコンクリートの塗装に関する調査及び評価	
海峡部コンクリート構造物の現況	
水中鉄筋コンクリート（水中RC）の施工性確認実験	
海峡部PC橋の長寿命化対策	
コンクリート構造物の点検手法と長寿命化対策の事例	
耐震補強検討に用いる大規模地震動の設定	

野村直茂	No.2	'77.10
佐伯康二	No.2	'77.10
喜岡直太郎・森本則行・谷中幸和	No.2	'77.10
佐伯康二	No.6	'78.10
奈良平俊彦	No.7	'79.1
大町武司	No.13	'80.7
金光 宏・大町武司・樋口康三	No.13	'80.7
金光 宏・野村直茂・大町武司	No.19	'82.1
金光 宏・樋口康三・栗野純孝	No.21	'82.7
神 弘夫・栗野純孝	No.24	'83.4
塩井幸武・神 弘夫・吉田好孝	No.26	'83.10
塩井幸武・加島 聰・吉田好孝	No.27	'84.1
栗野純孝	No.28	'84.4
塩井幸武・吉田好孝	No.32	'85.1
宮下 力・吉田好孝	No.50	'89.4
山田勝彦・新田篤志・二宮仁司	No.54	'90.4
山田勝彦	No.58	'91.4
森下尊久	No.73	'95.1
野村直茂・森下尊久	No.74	'95.4
山岸一彦・池田 博・大和屋豊・高月俊治	No.75	'95.7
二宮仁司	No.95	'00.12
川上賢明・大西貴浩	No.96	'01.4
川上賢明・林 昌弘	No.97	'01.8
角 和男	No.100	'03.3
津留和彦・山田郁夫	No.100	'03.3
津留和彦・石原和幸	No.102	'04.3
福永 勸・遠藤和男	No.111	'08.9

■共通（橋梁上部工）

吊橋塔基部の模型実験	
東大維橋におけるケーブル応力の測定調査	
80キロ鋼溶接継手の疲労試験	
吊橋ケーブルの二次応力測定（平戸大橋）	
鋼床版の変形特性に関する調査	
吊橋ハンガーロープの引張および疲労試験	
塗装を施した摩擦接合継手の性能試験	

加島 聰	No.1	'77.7
北川 信	No.1	'77.7
奥川淳志	No.2	'77.10
北川 信	No.3	'78.1
福井幸夫	No.4	'78.3
奥川淳志	No.5	'78.7
榎波義幸・越智 勝・森 邦久	No.6	'78.10

ケーブルバンド耐荷力に関する調査試験	多田和夫	No.7	'79.1
長支間道路吊橋の計画(要約)	川崎偉志夫	No.8	'79.4
橋梁用ロープの曲げ疲労試験	岸本良孝・竹之内博行	No.11	'80.1
PWS用ゲージワイヤの測長精度	鈴木周一	No.12	'80.4
PC斜張橋の紹介	小川英信・岡野 哲	No.13	'80.7
リブ十字継手の疲労許容応力	竹名興英・岸本良孝・伊藤文夫	No.16	'81.4
吊構造物を有する橋梁の変位制御に関する考察	金光 宏・樋口康三	No.18	'81.10
疲労許容応力見直し	旭 一穂・竹名興英・平野 茂	No.18	'81.10
緩衝桁伸縮装置	松浦章夫	No.20	'82.4
吊橋主塔架設時の制振対策	成井 信・金崎智樹	No.21	'82.7
長大橋梁の点検補修用作業車	室谷貞雄	No.22	'82.10
鋼床版舗装	村上憲司・新田篤志	No.22	'82.10
高力ボルト摩擦接合継手のすべり試験	香川祐次・岸本良孝	No.25	'83.7
疲労を考慮したトラス部材の製作と検査	阪本謙二・鳥海隆一	No.35	'85.10
主ケーブル材料としての高強度鋼線	森山 彰	No.50	'89.4
強風下での吊橋の挙動解析	辰巳正明・秦 健作	No.53	'90.1
二径間吊橋の構造検討	吉田 修	No.56	'90.10
上部構造設計基準の改訂と運用	奥川淳志・高城信彦	No.58	'91.4
本州四国連絡橋での摩擦接合用高力ボルトの使用実績	奥川淳志・高城信彦・大江慎一	No.59	'91.7
大型風洞施設	保田雅彦・鈴木周一・勝地 弘	No.59	'91.7
本州四国連絡橋におけるFEM解析の適用事例	奥川淳志・高城信彦・山口和範	No.60	'91.10
長大橋梁の維持管理	糸日谷淑光	No.60	'91.10
高力皿ボルトを使用した鋼床版現場継手の特性	奥川淳志・高城信彦・大江慎一	No.61	'92.1
吊橋ケーブル防食方法の検討	保田雅彦・鈴木周一・木村一也	No.61	'92.1
鋼橋等塗装基準の改訂	糸日谷淑光	No.62	'92.4
耐力点締付法を用いる摩擦接合用高力ボルトの品質	高城信彦	No.63	'92.7
吊橋ケーブルバンドボルトの軸力管理	林 義信・平野信一	No.65	'93.1
中間橋脚を有する斜張橋の構造特性	奥川淳志・高城信彦・山口和範	No.65	'93.1
吊橋主塔設計要領の安定照査法	高城信彦	No.66	'93.4
鋼床版の横リブ設計法に関する調査試験	松本 毅・遠藤和男	No.66	'93.4
高張力鋼の長寿命での疲労強度	奥川淳志・大江慎一	No.66	'93.4
ピン定着ケーブルバンドの構造特性	大橋治一	No.67	'93.7
新たな機構の碍子活線洗浄装置の疲労実験	井上 徹・広田昭次	No.67	'93.7
デッキとスティフナの溶接部の疲労実験	松本 毅・遠藤和男	No.67	'93.7
鋼圧縮部材の残留応力調査	奥川淳志・高城信彦・大江慎一	No.68	'93.10
海上橋梁における横風による自動車走行性への影響	田島照義	No.71	'94.7
斜張橋主桁腹板の座屈実験報告	藤井裕司・山口和範・遠藤和男	No.71	'94.7
長期防錆型塗装の塗膜劣化メカニズム解明へのアプローチ	中元雄治	No.72	'94.10
新設計活荷重と既設橋の照査	藤井裕司・松本 毅	No.72	'94.10
吊橋式橋梁鋼床版箱桁ダイヤフラム部の疲労試験	奥川淳志・大江慎一	No.72	'94.10
「鋼上部構造の設計にFEM解析を適用するためのガイドライン(案)」の運用上の留意点	大橋治一・大川宗男	No.75	'95.7
鋼橋における固定支承の地震時の挙動と支分部補強	樋口康三・大橋治一	No.77	'96.1
ボルト締付試験報告	奥田 基・矢野賢晃・末廣弘靖	No.77	'96.1
高力ボルトの緩み確認へのアプローチ	林 義信・森脇正生	No.78	'96.4
吊橋主塔の引張接合継手の製作架設	佐々木雅敏・宮口典博・山口和範	No.82	'97.4
長大トラス吊橋のハンガーピン定着部補強構造の力の伝達機構と疲労挙動	大橋治一・大川宗男	No.82	'97.4
送気乾燥による吊橋ケーブル防食試験	古家和彦	No.84	'97.10
鋼床版構造の長寿命域疲労試験結果	大橋治一・梁取直樹	No.85	'98.1
主塔点検補修用ロボットの開発	土山正己・坂本光重	No.85	'98.1
吊形式橋梁箱桁のトラス・横桁接合部の疲労挙動	大橋治一・梁取直樹	No.89	'99.1
主塔・主桁に用いる補剛板の初期たわみの実測データ	大橋治一・森山 彰・山口和範	No.89	'99.1
鋼床版実物大試験体の載荷試験結果	大橋治一・梁取直樹	No.89	'99.1
海峡部橋梁用車両防護柵の性能確認	山田郁夫	No.95	'00.12
鋼床版の疲労に関する調査・検討	森山 彰・薄井稔弘	No.103	'04.9
吊橋ケーブル送気乾燥システムにおける腐食物質調査および改善等の検討	上村博文・池田秀継	No.103	'04.9
劣化した亜鉛めっき部材の補修検討	杉本 健	No.104	'05.3
吊橋ケーブル用高強度亜鉛めっき鋼線の遅れ破壊に対する安全性評価	秦 健作・森下尊久・遠山直樹	No.105	'05.9

高耐久性ふっ素樹脂塗料（仮称）の開発	小林克己……………No.107	’06.9
ハンガーロープの長期防錆を目的とした浸漬塗装工法の確立	岩垣富春・末廣弘靖・小原 誠……………No.107	’06.9
鋼橋の疲労に着目した点検箇所に関する考察	森山 彰・薄井稔弘……………No.107	’06.9
ケーブルの腐食環境下における水素侵入の実験的研究	小林克己・菊池祥子……………No.108	’07.3
吊橋ケーブルバンドボルトの管理手法に関する検討	森山 彰……………No.108	’07.3
無機ジンクリッチペイントの剥離に関する調査検討	長尾幸雄……………No.109	’07.9
舗装維持修繕要領（案）とマイクロサーフェシング適用指針（案）の制定	矢野保広・田村 正……………No.109	’07.9
橋梁管理路に対するFRP材料の適用性検討	秦 健作・大谷康史・薄井稔弘……………No.109	’07.9
吊橋ケーブルバンドの維持管理	山田郁夫・森山 彰……………No.110	’08.3
本四連絡橋のケーブル振動と耐震対策	山田郁夫・楠原栄樹・麓興一郎……………No.110	’08.3
本四連絡橋の塗替塗装	長尾幸雄……………No.110	’08.3
耐久性ふっ素樹脂塗料上塗（暫定）規格の制定	栗野純孝・矢野賢晃・籠池利弘……………No.116	’11.3
海峡部長大橋梁の塗膜状況調査	大塚雅裕・森脇正生……………No.119	’12.9

■共通（その他）

気象海象予測手法	西野新造……………No.3	’78.1
閃光式航空障害灯調査	龜山正俊……………No.4	’78.3
架橋関連地域の経済・輸送構造の予測手法	黒滝義則・加島延行……………No.4	’78.3
架橋関連地域の経済・輸送構造の予測結果	黒滝義則……………No.8	’79.4
埋蔵文化財調査	長尾和守……………No.11	’80.1
海中工事における潮流条件の設定	山田勝彦……………No.12	’80.4
大気測定車による大気質調査	阿部明弘……………No.15	’81.1
既存橋梁の架橋インパクト分析	黒瀧義則……………No.23	’83.1
本州四国連絡橋におけるレーダ電波障害軽減策	佃 長次……………No.51	’89.7
改良型灯浮標の設計・製作	石橋良哉・井上 徹……………No.51	’89.7
本州四国連絡橋公団の工業所有権について	森谷俊美……………No.63	’92.7
トンネル内ラジオ再放送設備	山中 清……………No.64	’92.10
磁石車輪ゴンドラの開発	土山正己・坂本光重……………No.88	’98.10
鋼斜張橋ケーブル材料としての高強度亜鉛めっきPC鋼より線の物理特性	金子正猪・秋山晴樹・村瀬佐太美……………No.93	’00.4
本四疲労設計のデータベース化	貴志友基……………No.96	’01.4
建設CALS/ECの動向	下村 稔・古村 学……………No.96	’01.4
剛体基礎の簡易応答計算法の開発	福永 勸……………No.97	’01.8
我が国におけるITSの現況	塚原 修……………No.97	’01.8
本州四国連絡橋耐風設計基準（2001）の制定	楠原栄樹・花井 拓……………No.98	’02.3
主塔用塗替塗装装置の開発	坂本光重・香川 晃・河野正樹……………No.101	’03.9
海峡部鋼箱桁内の腐食環境調査と塗装管理計画	村上博基・杉本 健……………No.102	’04.3
簡易型トンネル壁面掃除装置の検討	山崎純一・廣田昭次・谷 大治……………No.103	’04.9
真空吸着車輪ゴンドラの開発	坂本光重・中村 修……………No.104	’05.3
平成16年台風被害報告	川田政史・山本和弘・杉本祐一……………No.104	’05.3
機械設備の障害事例ネットワークの評価と改善	坂本光重・朝倉義博・中村 修……………No.106	’06.3
防災における強風予測と対応について	藤谷邦夫・藤澤幸廣……………No.106	’06.3
瀬戸中央道管制システムの刷新	馬場伸二・近藤貴重……………No.107	’06.9
簡易型トンネル壁面清掃装置の最適化	廣田昭次・香川 晃……………No.108	’07.3
真空吸着車輪ゴンドラの実用化試験	三谷宣博・今井清裕・西井智紀……………No.109	’07.9
明石海峡大橋10周年、瀬戸大橋20周年特集号について	森 邦久……………No.110	’08.3
本四高速道路の維持管理	毛利徳成……………No.110	’08.3
本四高速道路の保全管理 概要	岩垣富春・河野晴彦……………No.110	’08.3
本四高速道路の防災管理	竹野 毅・坂本佳也……………No.110	’08.3
本四高速道路の交通管理	石原和幸・坂本佳也……………No.110	’08.3
本四連絡橋の動態観測	楠原栄樹・河藤千尋……………No.110	’08.3
本四連絡橋の防食	酒井和吉・菊池祥子……………No.110	’08.3
料金割引による交通量の変動と経済効果	重松 豊・杉本 健……………No.114	’10.3
休息施設における太陽光発電設備の整備	松永陽次・近藤貴重……………No.114	’10.3
埋設ジョイントの損傷原因と補修についての一考察	金田崇男・石橋清美……………No.114	’10.3
排水処理を工夫した尾道館内高機能舗装化工事	胸永和頼・熊野善彦・石井一知……………No.114	’10.3
米国長大吊橋の維持管理の現状報告	栗野純孝・西谷雅弘・杉山 剛……………No.115	’10.9

道路照明柱の基部腐食問題への対応
 走行型計測技術によるトンネル覆工コンクリートの調査
 コンクリート構造物の現況と評価

明野晃治……………No.119 ' 12.9
 今井清裕・杉山剛史……………No.119 ' 12.9
 酒井和吉・大藤時秀・籠池利弘……………No.120 ' 13.3

■神戸～鳴門ルート

・明石海峡大橋
 明石海峡における海中防食試験
 大型振動台による下部構造―地盤系の模型実験 (その1)
 大型振動台による下部構造―地盤系の模型実験 (その2)
 神戸層水ジェット掘削試験
 神戸層載荷試験
 明石海峡大橋補剛桁風洞実験
 明石海峡大橋主塔基礎洗掘防止工実験
 舞子沖地質調査 (その1) 工事報告
 明石海峡大橋主塔基礎洗掘防止工実験 (その2)
 明石海峡大橋海中基礎の調査概況
 明石海峡大橋主塔基礎の施工法検討
 舞子沖地質調査 (その2) 工事報告
 舞子沖地質調査工事報告 (3)
 傾斜二層地盤の支持力に関する検討
 松帆沖地質調査
 明石海峡大橋主塔基礎洗掘防止工実験 (その3)
 明石海峡大橋主塔基礎施工調査
 明石海峡大橋の耐震設計
 明石海峡大橋 2P・3P ケーソン設計・製作

 明石海峡大橋大規模水中コンクリート実験
 明石海峡大橋主塔基礎洗掘防止工実験 (その4)
 明石海峡大橋主塔基礎の設計 (第一報)
 明石海峡大橋耐風設計要領 (案)
 明石海峡大橋補剛桁の耐風性 (中間報告)
 明石海峡大橋 2P・3P 鋼ケーソン設置
 明石海峡大橋ケーソン沈設設備
 明石海峡大橋主塔の安定性 (主塔断面形状の選定)
 明石海峡大橋作業基地の設計と施工
 明石海峡大橋上部工耐震設計法の検討
 明石海峡大橋 1A アンカレイジ基礎の設計・施工 (その1)
 明石海峡大橋 2P・3P 主塔基礎特殊水中コンクリートの施工
 明石海峡大橋 1A アンカレイジ基礎の設計・施工 (その2)
 明石海峡大橋大型風洞試験全橋模型
 橋梁用マスコンクリートにおける二成分系低発熱型高流動コンクリートの開発 (その1)
 明石海峡大橋 4A アンカレイジ土留工の設計と施工
 橋梁用マスコンクリートにおける二成分系低発熱型高流動コンクリートの開発 (その2)
 明石海峡大橋ケーブルアンカーフレームの設計
 明石海峡大橋主塔基礎 2P コンクリートプラント船の動揺計測解析
 明石海峡大橋 2P・3P 気中コンクリート工事
 明石海峡大橋主塔基礎地盤変位の計測と評価 (第一報)

 明石海峡大橋大型風洞試験 (一様流試験結果)
 明石海峡大橋主塔の景観設計
 明石海峡大橋大型風洞試験の乱流試験結果 (第一報)
 明石海峡大橋の主塔制振対策
 明石海峡大橋 1A・4A ケーブルアンカーフレーム工事施工実績
 低発熱型コンクリートの温度応力ひび割れ特性
 明石海峡大橋サドルの設計・製作
 明石海峡大橋のバンド・ハンガー構造 (その1)

森本隆也……………No.1 ' 77.7
 樋口康三……………No.3 ' 78.1
 樋口康三……………No.4 ' 78.3
 藍谷武紀……………No.5 ' 78.7
 高橋幸蔵・有田 稔……………No.5 ' 78.7
 加島 聰・大橋治一・秋山晴樹……………No.6 ' 78.10
 加島 聰・田中宗博……………No.7 ' 79.1
 神 弘夫……………No.10 ' 79.10
 加島 聰・古屋信明……………No.14 ' 80.10
 奈良平俊彦……………No.15 ' 81.1
 奈良平俊彦・加島 聰……………No.16 ' 81.4
 神 弘夫……………No.17 ' 81.7
 神 弘夫・岩屋勝司・土田 宝……………No.23 ' 83.1
 塩井幸武・神 弘夫・栗野純孝……………No.25 ' 83.7
 岩屋勝司・土田 宝・小林克己……………No.28 ' 84.4
 北川 信・森 邦久……………No.34 ' 85.7
 岩屋勝司・土田 宝・植村和宏……………No.34 ' 85.7
 河口浩二……………No.49 ' 89.1
 鈴木幹啓・佐々木雅敏・鳥海隆一・土谷政治……………No.51 ' 89.7
 坂本光重・樋口康三・北口雅章……………No.51 ' 89.7
 高塚正修・佐々木雅敏・土谷政治……………No.52 ' 89.10
 保田雅彦・鈴木幹啓・樋口康三……………No.52 ' 89.10
 辰巳正明・秦 健作・竹内政彦……………No.52 ' 89.10
 保田雅彦・平原伸幸……………No.52 ' 89.10
 高塚正修・佐々木雅敏・北口雅章……………No.53 ' 90.1
 坂本光重・藤原洋一・広田昭次……………No.53 ' 90.1
 岡野 哲・栗野純孝・森下尊久……………No.54 ' 90.4
 阿部明宏・栗原敏広・池田定三……………No.55 ' 90.7
 辰巳正明・藤田和朗・池末泰輔……………No.56 ' 90.10
 加島 聰・佐野幸洋……………No.59 ' 91.7
 岡田凌太・上田忠夫・那須清吾……………No.59 ' 91.7
 加島 聰・佐野幸洋……………No.60 ' 91.10
 保田雅彦・鈴木周一・勝地 弘……………No.60 ' 91.10
 金沢克美・有馬 勇・末永清冬・村田知司……………No.62 ' 92.4
 有馬 勇・末永清冬・村田知司……………No.62 ' 92.4
 有馬 勇・末永清冬……………No.63 ' 92.7

 平野 茂・矢野賢晃……………No.63 ' 92.7
 岡田凌太……………No.64 ' 92.10

 岡田凌太・上田忠夫・那須清吾……………No.66 ' 93.4
 山縣 守・吉田好孝・岡田凌太・那須清吾……………No.66 ' 93.4
 保田雅彦・鈴木周一・勝地 弘……………No.67 ' 93.7
 保田雅彦・吉田好孝……………No.67 ' 93.7
 北川 信・鈴木周一・勝地 弘……………No.68 ' 93.10
 辰巳正明・森 邦久・秦 健作……………No.68 ' 93.10
 糸日谷淑光・有馬 勇……………No.69 ' 94.1
 那須清吾……………No.69 ' 94.1
 吉元郁男・福永 勸……………No.69 ' 94.1
 河口浩二・福永 勸……………No.70 ' 94.4

低発熱型コンクリートの耐ひび割れ特性とその評価方法	那須清吾	No.70	'94.4
明石海峡大橋主塔の製作・精度管理	秦 健作・小林義弘	No.70	'94.4
明石海峡大橋のフラッター特性に関する検討	北川 信・鈴木周一・勝地 弘	No.71	'94.7
明石海峡大橋のパイロットロープ渡海	河口浩二・福永 勸・北川竜三	No.71	'94.7
明石海峡大橋のバンド・ハンガー構造 (その2)	河口浩二・福永 勸	No.71	'94.7
明石海峡大橋1Aアンカレイジ基礎中詰コンクリートの施工	糸日谷淑光・斉藤哲男	No.72	'94.10
明石海峡大橋1A・4Aアンカレイジの施工報告	有馬 勇・糸日谷淑光	No.73	'95.1
明石海峡大橋の道路床組の設計	金崎智樹・大江慎一・井上純三	No.73	'95.1
明石海峡大橋のキャットウォーク構造	河口浩二・福永 勤	No.74	'95.4
明石海峡大橋大型風洞試験でのガスト応答特性に関する検討	北川 信・金崎智樹・勝地 弘	No.75	'95.7
明石海峡大橋補剛トラスの設計	金崎智樹・大江慎一・井上純三	No.75	'95.7
明石海峡大橋プレキャストパネルの設計・施工	那須清吾・斉藤哲男	No.76	'95.10
兵庫県南部地震による明石海峡大橋の修正設計	保田雅彦・大江慎一・河口浩二	No.77	'96.1
明石海峡大橋主塔架設工事報告	秦 健作・小林義弘	No.78	'96.4
明石海峡大橋補剛桁架設 (大ブロック架設)	大江慎一・伊藤進一郎・河藤千尋	No.79	'96.7
明石海峡大橋アンカレイジの上屋計画	徳永剛平・石原和幸	No.81	'97.1
明石海峡大橋船舶緩衝工の設計	帆足博明・谷口貴成	No.81	'97.1
明石海峡大橋ケーブルの製作・架設	河口浩二	No.86	'98.4
明石海峡大橋補剛桁製作・架設工事	大江慎一・今井清裕・杉本 健	No.86	'98.4
明石海峡大橋鋼床版舗装	栗野純孝・森下尊久	No.86	'98.4
明石海峡大橋動態観測システム	阿部和智・天野耕一	No.86	'98.4
明石海峡大橋の維持管理設備	越智数夫・山本浩之・小野祥史・小谷 剛	No.86	'98.4
明石海峡大橋のライトアップ	阿部和智・日里正夫	No.86	'98.4
明石海峡大橋の景観検討作業	藤田和朗	No.86	'98.4
明石海峡大橋の耐震設計と兵庫県南部地震時の地質応答解析	森谷俊美・栗原敏広・後藤 敦	No.86	'98.4
明石海峡大橋のケーブル防食システム	下村 稔・杉山剛史・花井 拓	No.86	'98.4
明石海峡大橋のケーブル後期工事施工報告	下村 稔・杉山剛史・西岡早和子	No.92	'99.12
明石海峡大橋のハンガーロープ制振対策	竹口昌弘	No.93	'00.4
明石海峡大橋における台風時の桁応答観測・解析	大廻 聡	No.94	'00.8
G P Sによる明石海峡大橋の吊橋形状調査結果	鈴木周一・竹口昌弘・梁取直樹	No.95	'00.12
海峡部橋梁箱桁用塗装装置の開発	坂本光重・廣田昭次	No.99	'02.9
明石海峡大橋伸縮装置取付部の補強	上村博文・弓山茂樹	No.101	'03.9
明石海峡大橋の動態観測データをを用いた振動特性同定手法の検討	楠原栄樹	No.108	'07.3
明石海峡大橋の維持管理	仁木清貴	No.110	'08.3
明石海峡大橋イルミネーションケーブルの振動計測	楠原栄樹・横井芳輝	No.111	'08.9
明石海峡大橋の大規模地震に対する耐震性照査	福永 勸・遠藤和男	No.111	'08.9
明石海峡大橋リンク式伸縮装置耐震補強	遠藤和男・久米昌夫	No.117	'11.9
リスクマネジメントによる長大橋の維持管理	小林義弘・河野晴彦	No.118	'12.3
・大鳴門橋			
大鳴門橋における多柱式基礎の設計	上田浩司・土田泰秀	No.7	'79.1
大鳴門橋多柱式基礎の施工報告	遠藤武夫・赤間 信	No.10	'79.10
大鳴門橋支持岩盤の確認	宮島圭司	No.11	'80.1
大鳴門橋ケーブルアンカーフレームの設計	田中淳之	No.13	'80.7
大鳴門橋主塔風洞実験	田中淳之	No.16	'81.4
大鳴門橋ケーブルサドルの設計	田中淳之・藤井裕司	No.18	'81.10
大鳴門橋アンカレイジの施工報告	山口浩二	No.19	'82.1
大鳴門橋主塔の製作・架設	田中淳之	No.21	'82.7
大鳴門橋バックスティ径間の製作	多田和夫	No.24	'83.4
大鳴門橋ケーブルサドルの製作	鈴木周一	No.26	'83.10
大鳴門橋ケーブル製作	奥田 基	No.27	'84.1
大鳴門橋ケーブルバンドの設計	淵田政信・鈴木周一	No.28	'84.4
側塔を有する吊橋のケーブル架設工法 (大鳴門橋)	淵田政信・鈴木周一	No.30	'84.7
大鳴門橋の補剛桁製作工事	淵田政信・江藤隆男	No.34	'85.7
大鳴門橋と関連区間の開通	松本弘輝	No.36	'85.12
大鳴門橋補剛桁架設工事	淵田政信	No.36	'85.12
大鳴門橋と関連区間の開通	奈良平俊彦	No.36	'85.12
大鳴門橋関連区間の維持管理設備	谷口 肇	No.36	'85.12
大鳴門橋照明用柱の耐風検討	山田勝彦・秋元茂男	No.36	'85.12

大鳴門橋ケーブル工事—その品質・精度	多田和夫……………No.36	’85.12
大鳴門橋基礎の挙動計測	樋口康三・小野下武……………No.36	’85.12
大鳴門橋関連区間の陸上部工事	西川雅博……………No.36	’85.12
大鳴門橋振動実験の報告	田中淳之・岩屋勝司・淵田政信……………No.36	’85.12
大鳴門橋の橋面舗装	淵田政信・川西芳則……………No.36	’85.12
大鳴門橋動態観測システム	多田和夫・亀山正俊・森下尊久……………No.36	’85.12
大鳴門橋緩衝工計画	金沢克義……………No.36	’85.12
大鳴門橋関連区間陸上部橋梁の塗膜劣化調査	中元雄治……………No.70	’94.4
大鳴門橋定点塗膜調査結果の報告	石橋清美・大西貴浩……………No.95	’00.12
大鳴門橋1A道路桁補修工事	酒井和吉・石元靖二……………No.100	’03.03
大鳴門橋補剛桁塗替塗装	角和夫・石井一知・石元靖二……………No.102	’04.03
大鳴門橋における吊橋ハンガーロープの現況および対策	角和夫・石井一知……………No.103	’04.09
大鳴門橋多柱基礎の耐震照査および耐震対策	古村学・河藤千尋・角和夫・石井一知……………No.104	’05.03
省力化を目指した主塔塗替塗装	角和夫・松葉真人……………No.105	’05.09
共用道路における路面防護工の設置	角和夫……………No.105	’05.09
大鳴門橋管理20年	佐藤昭光・角和夫……………No.106	’06.03
大鳴門橋における吊橋ハンガーロープの定着部補修工法の検討	北川竜三・長尾幸雄……………No.107	’06.9
大鳴門橋の耐震補強対策検討	吉田茂司・真辺保仁・河藤千尋……………No.108	’07.3
大鳴門橋の維持管理	帆足博明……………No.110	’08.3
大鳴門橋（バックステイ径間部）落橋防止システム設置	越野勝・溝上善昭……………No.115	’10.9
大鳴門橋のフラッター解析による耐風性再評価	福永勸・角和夫・竹口昌弘・遠藤和男……………No.117	’11.9
CFRCハンガーロープ管理基準の設定	楠原栄樹・森山彰……………No.118	’12.3
・ 門崎高架橋		
門崎高架橋の橋梁計画	宮下力・古家和彦・熊野善彦……………No.19	’82.1
門崎高架橋岩ケーソン施工報告	宮下力・土居敏彦・矢野保広……………No.21	’82.7
門崎高架橋の風洞試験	大島久・宮下力・大橋治一……………No.22	’82.10
門崎高架橋上部工の架設（計画編）	宮下力・大橋治一・真辺保仁……………No.26	’83.10
門崎高架橋上部工の設計・製作	土居敏彦・大橋治一・中尾俊哉……………No.26	’83.10
門崎高架橋上部工の架設（架設編）	宮下力・大橋治一・真辺保仁……………No.27	’84.1
門崎高架橋の橋面舗装	吉田修・中尾俊哉……………No.30	’84.7
門崎高架橋の振動実験 よび風による振動計測	吉田修……………No.36	’85.12
門崎高架橋仮設備撤去工事	淵田政信・川西芳則……………No.41	’87.1
門崎高架橋（3径間部）の耐風安定性の再評価	楠原栄樹……………No.99	’02.9
門崎高架橋（4径間部）の耐風安定性の再評価	楠原栄樹・遠山直樹……………No.101	’03.9
門崎高架橋耐風安定化部材の補修と耐風性確認計画	本田学……………No.102	’04.3
門崎高架橋における塩害の実情と対策	村田知司・大西貴浩……………No.111	’08.9
・ 上記以外の橋梁		
撫養橋4Pオープンケーソン施工報告	大町武司・武山哲郎・中尾俊哉……………No.21	’82.7
亀浦高架橋の施工	富岡紘・山本茂樹……………No.24	’83.4
伊毘高架橋下部工施工計画	植田正弘・才川勉・中村富二夫……………No.25	’83.7
撫養高架橋杭の載荷試験	吉田修・加藤嘉津次……………No.31	’84.10
撫養橋の風洞実験	田中淳之・多田和夫・長谷川芳己……………No.33	’85.4
撫養橋上部工の設計と施工	秋山晴樹・加藤嘉津次・秦健作……………No.40	’86.10
松帆高架橋におけるアフターボンドPC鋼より線の施工	徳永剛平・吉中眞一郎……………No.80	’96.10
撫養南高架橋の動的解析	高月俊治・谷口貴成……………No.80	’96.10
舞子高架橋ケーソン基礎の施工	山田郁夫・西野直均・小河正次……………No.81	’97.1
撫養橋（上下線並列橋）の耐風応答特性	帆足博明・谷口貴成・貴志友基……………No.82	’97.4
灘川橋の設計と施工	川戸彰・大川宗男……………No.83	’97.7
茶間川橋の設計と施工	川戸彰・大川宗男……………No.84	’97.10
応力調整を用いたPC単径間ラーメン橋の設計と施工	大川宗男・弓山茂樹……………No.87	’98.7
太径PC鋼より線を用いた鶴崎川の設計	大川宗男・弓山茂樹……………No.87	’98.7
立石川橋工事報告	高塚正修・山根彰……………No.87	’98.7
多径間連続鋼鈹桁形式の採用と施工上の特徴	木村一也……………No.87	’98.7
フレキシブル橋脚を有する伊毘高架橋の耐震補強設計	中村哲也・本田学……………No.103	’04.9
伊毘高架橋の耐震補強工事	本田学・川端淳……………No.105	’05.9

亀浦架橋耐震補強工事の施工報告
 撫養橋および南・北高架橋の耐震補強検討

越野 勝・藤澤幸廣……………No.113 '09.9
 福永 勸・竹口昌弘……………No.114 '10.3

・その他

和泉層群ののり面工
 津名一宮 I C・洲本 I C間における地盤改良工
 西淡一大毛地区の修景緑化
 淡路島南パーキングエリアの土壌式無放流・汚水処理設備
 鳴門黒山地区の強風対策
 道路建設と埋蔵文化財調査ー淡路島内本四連絡道路における例ー
 切土のり肩の設計施工（淡路島内本四連絡道路緑 P A）
 神戸側陸上部道路計画概要
 舞子トンネル区間の地質と調査坑試験
 舞子トンネルの設計・施工
 TBMによる掘削工事報告
 テレビ電波障害影響予測と対策
 淡路島側陸上部津名以北区間における大阪層群軟質泥岩の現位置
 舞子トンネルにおける作業振動の限界と岩の掘削方法
 未固結土砂地山における大断面トンネルの掘削
 舞子トンネル明り巻部におけるプレキャスト化工法の設計・施工
 舞子高架橋 P C 上部工の設計・施工
 舞子トンネル北坑口の長大切土法面対策工
 神戸ー鳴門ルート of 交通管理・施設維持管理
 舞子地区遮光施設等工事の設計・施工
 石の寝屋切土の動態観測結果
 淡路 I C・S A の大規模盛土と濁水対策について
 舞子バスストップ連絡施設の施工
 舞子トンネル換気防災設備
 淡路島内の切土法面樹林化工法
 舞子トンネル下り線換気所除塵装置の改修
 舞子トンネル除塵装置の WJ 方式への改修効果
 舞子トンネル換気用排風機の維持管理

原崎郁夫……………No.11 '80.1
 阿部和智・高嶋 勉……………No.38 '86.4
 伊吹浩太・岩垣富春・鎌田義人……………No.38 '86.4
 谷口 肇・中田昌利・谷 進……………No.38 '86.4
 山田勝彦・池田昭欣……………No.41 '87.1
 細井 忍・原崎郁夫・平下忠一……………No.44 '87.10
 永井俊男・山本茂樹……………No.45 '88.1
 蟹沢康人・森 章……………No.53 '90.1
 河野英雄・鳥居 聡……………No.57 '91.1
 河野英雄・三島功裕……………No.64 '92.10
 三島 功……………No.65 '93.1
 綾 敬三……………No.68 '93.10
 徳永剛平……………No.72 '94.10
 岡澤達男・板垣勝則……………No.73 '95.1
 岩垣富春・青野 宏・浜村吉昭……………No.80 '96.10
 岩垣富春・浜村吉昭……………No.82 '97.4
 山田郁夫・宮口典博・小河正次……………No.83 '97.7
 青野 宏・石倉健治・亀山寿仁……………No.83 '97.7
 住吉実雄・吉崎建一・村上茂之……………No.84 '97.10
 古家 和彦・宮口典博・小河正次……………No.85 '98.1
 大川宗男・弓山茂樹……………No.87 '98.7
 川戸 彰・平下忠一・池田秀継……………No.87 '98.7
 古家 和彦・福田 誠……………No.87 '98.7
 藤原洋一・廣田昭次・大浦義司……………No.87 '98.7
 足立克久……………No.87 '98.7
 政田 潔・廣田昭次・香川 晃……………No.109 '07.9
 小野祥二・亀井敏行・引田晋一……………No.115 '10.9
 朝倉義博・大浦義司……………No.120 '13.3

■児島～坂出ルート

・下津井瀬戸大橋
 吊橋トンネル式アンカレイジの極限引抜き耐力の算定法（下津井
 瀬戸大橋 1 A）
 吊橋トンネル式アンカレイジの極限引抜き耐力の算定法（下津井
 瀬戸大橋 1 A）（その 2）
 吊橋トンネル式アンカレイジの極限引抜き耐力の算定法（下津井
 瀬戸大橋 1 A）（その 3）
 下津井瀬戸大橋の塔頂構造の設計
 下津井瀬戸大橋ケーブル定着部構造検討
 下津井瀬戸大橋ケーブル定着用ロッド疲労試験
 下津井瀬戸大橋 4 A アンカレイジの施工（その 1）
 下津井瀬戸大橋 4 A アンカレイジの施工（その 2）
 下津井瀬戸大橋 1 A トンネルアンカーの設計施工
 下津井瀬戸大橋タワーリンクの設計製作
 下津井瀬戸大橋塔の製作
 下津井瀬戸大橋塔架設工事
 下津井瀬戸大橋キャットウォーク架設（その 1）
 下津井瀬戸大橋キャットウォーク架設（その 2）
 下津井瀬戸大橋のケーブル架設
 吊橋エンドリンクの精密点検
 下津井瀬戸大橋 A 3 エンドリンク補修工事報告
 ・櫃石島高架橋
 櫃石島高架橋剛結横梁の設計
 櫃石島高架橋トラス用点検補修用作業車

金光 宏・大町武司・樋口康三……………No.14 '80.10
 金光 宏・大町武司・樋口康三……………No.15 '81.1
 金光 宏・大町武司・樋口康三……………No.16 '81.4
 山根哲雄・村瀬佐太美……………No.17 '81.7
 加島 聰・田中美宇……………No.20 '82.4
 谷中幸和・村瀬佐太美……………No.26 '83.10
 山本紀夫・秋山晴樹・中元雄治……………No.31 '84.10
 中元雄治・武藤礼布・上村博文……………No.32 '85.1
 竹内覚夫・吉田好孝……………No.33 '85.4
 奥川淳志・村瀬佐太美……………No.34 '85.7
 奥川淳志・村瀬佐太美……………No.34 '85.7
 奥川淳志・下村 稔……………No.37 '86.1
 奥川淳志・平原伸幸……………No.39 '86.7
 奥川淳志・平原伸幸……………No.40 '86.10
 奥川淳志・平原伸幸……………No.45 '88.1
 村卸靖訓・渡辺 諭……………No.78 '96.4
 池田定三・中西 治……………No.81 '97.1
 大町武司・吉田 茂・北口雅章……………No.33 '85.4
 坂本光重……………No.39 '86.7

櫃石島高架橋トラスの設計・製作・架設	藤井裕司・佐々木忠俊……………No.40	’86.10
櫃石島高架橋下部工の施工	北川 信・武田 茂……………No.41	’87.1
櫃石島高架橋P C上部工の施工	北川 信・池田 博……………No.43	’87.7
・ 櫃石島橋・岩黒島橋・岩黒島高架橋・羽佐島高架橋		
櫃石島橋・岩黒島橋の設計	旭 一穂・新田篤志・田中美宇……………No.17	’81.7
櫃石島橋・岩黒島橋の架設検討	加島 聰・田中美宇・大江慎一……………No.19	’82.1
櫃石島橋3 P鋼製ケーソン設計	田島照義・高城信彦……………No.30	’84.7
岩黒島橋下部工事施工報告(その1)	山根哲雄・飯塚力也・田村 隆……………No.31	’84.10
岩黒島橋下部工事施工報告(その2)	丸尾 進・有馬 勇・田村 隆……………No.32	’85.1
岩黒島橋下部工の詳細設計	保田雅彦・日里正夫・大廣 始……………No.35	’85.10
岩黒島橋上部工の製作	保田雅彦・毛利徳成・大廣 始……………No.38	’86.4
櫃石島橋塔底板下面グラウト施工報告	金沢克義・伊藤豊秋……………No.38	’86.4
岩黒島橋ケーブルの設計と製作	保田雅彦・武山哲郎・野沢 学……………No.39	’86.7
櫃石島橋塔架設時の動吸振器式制振装置	金沢克義・河口浩二……………No.41	’87.1
羽佐島高架橋大ブロック架設	飯島邦治・勝地 弘……………No.41	’87.1
櫃石島橋の形状管理	金沢克義・佐藤昭光・武山哲郎……………No.42	’87.4
鋼床版現場溶接の自動超音波探傷検査	金沢克義……………No.43	’87.7
岩黒島橋のケーブル定着ブロック及び支承の設計・製作	大田 亨・藤原 亨……………No.43	’87.7
櫃石島橋大ブロック架設	金沢克義・佐藤昭光……………No.45	’88.1
櫃石島橋の船舶緩衝工	金沢克義……………No.47	’88.7
櫃石島橋・岩黒島橋ケーブル制振装置	馬場賢三・大田 亨・勝地 弘……………No.47	’88.7
櫃石島橋実橋振動実験	大田 亨・勝地 弘……………No.48	’88.10
岩黒島高架橋の設計・施工	大田 亨・川戸 彰……………No.51	’89.7
リンク式伸縮装置に関する現地計測	丸尾 進・藤谷邦夫・石橋清美……………No.76	’95.10
斜張橋ケーブル角折れ緩衝装置の損傷とその補修	藤井裕司・土井俊秋・平下忠一……………No.93	’00.4
斜張橋並列ケーブルのスペーサ型制振ダンパーの開発	藤谷邦夫・久米昌夫・矢野賢晃……………No.101	’03.9
斜張橋並列ケーブルの制振対策の検討	楠原栄樹・秦 健作・遠山直樹・花井 拓……………	
	……………No.105	’05.9
岩黒島橋の鋼床版垂直補剛材のひずみ計測と疲労評価	川端 淳……………No.120	’13.3
・ 与島橋・与島高架橋		
与島高架橋の設計	加島 聰・森谷俊美……………No.25	’83.7
与島高架橋地下連続壁の施工	加島 聰・森谷俊美・川田政史……………No.31	’84.10
与島橋3 P可動支承の設計とローラー耐久試験	平山純一・山岸一彦……………No.37	’86.1
与島橋の設計	平山純一・山岸一彦……………No.37	’86.1
与島高架橋ループ部上部工の設計	多田一正・村瀬佐太美・富田大造……………No.40	’86.10
与島高架橋の施工	村瀬佐太美・富田大造……………No.42	’87.4
与島高架橋ループ部鋼桁の製作・架設	村瀬佐太美・川上明彦……………No.45	’88.1
・ 南北備讃瀬戸大橋		
水中発破(その1)	長坂 進……………No.1	’77.7
水中発破(その2)	長坂 進……………No.2	’77.10
900 t o nシンカーの製作	佐野幸洋……………No.12	’80.4
南北備讃瀬戸大橋5 P鋼製ケーソン設計・製作	奥川淳志・仁木清貴……………No.15	’81.1
南北備讃瀬戸大橋5 Pケーソン沈設作業	山下理雄・仁木清貴……………No.17	’81.7
南北備讃瀬戸大橋の海底掘削	山下理雄・大塚岩男……………No.20	’82.4
南北備讃瀬戸大橋5 P海中コンクリートの施工	山中鷹志・坂本光重……………No.22	’82.10
南北備讃瀬戸大橋3 P・4 Pケーソン製作施工	山中鷹志・岡澤達男……………No.22	’82.10
南北備讃瀬戸大橋のアンカレイジ表面仕上	村田正信……………No.23	’83.1
大型クレーン船を用いたパイロットロープ渡海実験	馬場賢三・平野 茂・吉元郁男……………No.24	’83.4
南北備讃瀬戸大橋4 Aケーブルアンカーフレームの設計	山中鷹志・栗原敏広……………No.24	’83.4
南北備讃瀬戸大橋7 A海中コンクリートの施工	三木啓造……………No.26	’83.10
北備讃瀬戸大橋塔の詳細設計	馬場賢三・成井 信・平野 茂……………No.27	’84.1
北備讃瀬戸大橋ケーブルサドルの設計(その1)	馬場賢三・成井 信・吉元郁男……………No.28	’84.4
北備讃瀬戸大橋ケーブルサドルの設計(その2)	馬場賢三・成井 信・吉元郁男……………No.30	’84.7
北備讃瀬戸大橋塔の風洞試験	馬場賢三・成井 信・平野 茂……………No.30	’84.7
南北備讃瀬戸大橋6 Pケーソン曳航・沈設～海中コンクリート施工	三木啓造・飯間秀雄・吉川章三……………No.31	’84.10
南北備讃瀬戸大橋5 P緩衝工の調査	山中鷹志……………No.31	’84.10

南北備讃瀬戸大橋 4 A・7 A ケーブルアンカーフレームの一括設計	栗原敏広・吉川章三……………No.31	’ 84. 10
南北備讃瀬戸大橋 1 A アンカレイジの施工	加島 聰・森谷俊美・徳永剛平……………No.32	’ 85. 1
南北備讃瀬戸大橋 4 A 供用アンカレイジの設計	馬場賢三……………No.32	’ 85. 1
南北備讃瀬戸大橋 (上部工) の基本設計	森本隆也・馬場賢三……………No.33	’ 85. 4
北備讃瀬戸大橋塔製作	成井 信・平野 茂・古家和彦……………No.33	’ 85. 4
北備讃瀬戸大橋ケーブルサドルの製作	成井 信・平野 茂・古家和彦……………No.34	’ 85. 7
北備讃瀬戸大橋塔架設工事	成井 信・平野 茂・古家和彦……………No.35	’ 85. 10
南北備讃瀬戸大橋 4 A アンカレイジの施工	山中鷹志・栗原敏広……………No.35	’ 85. 10
南北備讃瀬戸大橋の耐風性 (その 1)	成井 信……………No.37	’ 86. 1
南北備讃瀬戸大橋の耐風性 (その 2)	成井 信……………No.38	’ 86. 4
南北備讃瀬戸大橋塔製作・架設	山中鷹志・林 義信・金崎智樹……………No.39	’ 86. 7
南北備讃瀬戸大橋補剛桁の溶接施工性試験	成井 信・平野 茂・古家和彦……………No.39	’ 86. 7
南北備讃瀬戸大橋 7 A アンカレイジの施工	高木 浩……………No.40	’ 86. 10
南北備讃瀬戸大橋補剛桁の溶接施工性試験 (第二報)	成井 信……………No.41	’ 87. 1
南北備讃瀬戸大橋補剛桁の詳細設計	成井 信……………No.42	’ 87. 4
南北備讃瀬戸大橋のケーブル架設工事	神 弘夫・奥田 基・梶尾光邦……………No.43	’ 87. 7
北備讃瀬戸大橋道路伸縮装置の設計・製作	成井 信……………No.44	’ 87. 10
北備讃瀬戸大橋緩衝桁軌道伸縮装置の製作	成井 信……………No.44	’ 87. 10
北備讃瀬戸大橋補剛桁架設工事	成井 信……………No.45	’ 88. 1
自動超音波探傷システムを用いた北備讃瀬戸大橋補剛桁部材検査	成井 信……………No.47	’ 88. 7
南備讃瀬戸大橋補剛桁架設工事	奥田 基……………No.47	’ 88. 7
グースアスファルト舗装時における鋼床版の挙動	奥田 基……………No.48	’ 88. 10
南北備讃瀬戸大橋上屋工事	北川 信・長谷川芳己……………No.49	’ 89. 1
南備讃瀬戸大橋振動実験	奥田 基・大川宗男……………No.49	’ 89. 1
南備讃瀬戸大橋緩衝工	奥田 基……………No.49	’ 89. 1
南備讃瀬戸大橋の橋体精密点検	林 義信・池田定三・中西 治……………No.80	’ 96. 10
北備讃瀬戸大橋ケーブル送気試験	奥田 基・山下五月・伊香賀信文……………No.82	’ 97. 4
北備讃瀬戸大橋緩衝工の改良	長谷川芳己・杉本 健……………No.98	’ 02. 3

・ 番の州高架橋

番の州高架橋基礎杭試験 (その 1)	山本紀夫・兼田和弘……………No.5	’ 78. 7
番の州高架橋基礎杭試験 (その 2)	山本紀夫・兼田和弘……………No.6	’ 78. 10
番の州高架橋下部工設計	樋口康三……………No.23	’ 83. 1
番の州高架橋リバース杭施工報告	大田 享……………No.23	’ 83. 1
番の州高架橋下部工の施工	岸 寛・河端哲郎……………No.37	’ 86. 1
番の州高架橋トラスの設計・製作	高木 浩……………No.42	’ 87. 4
番の州高架橋鉄道桁の施工	松田大六・大坪正行・山岸 明……………No.44	’ 87. 10
番の州高架橋トラスの架設	松田大六……………No.48	’ 88. 10
番の州高架橋鋼箱桁の架設	松田大六……………No.48	’ 88. 10

・ 上記以外の橋梁

北浦港橋梁の設計	松田大六・大坪正行・山岸 明……………No.39	’ 86. 7
阿津川橋梁上部工の施工	寺坂典正・佐藤真太郎・磯井祥二……………No.42	’ 87. 4
塩生橋下部工工事	卜部孝夫・成瀬善果……………No.43	’ 87. 7
北浦港橋梁下部工の施工	松田大六・大坪正行・山岸 明……………No.43	’ 87. 7
岸ノ上高架橋 P C 上部工の設計・施工	藤井周志・角 和夫……………No.45	’ 88. 1
塩生橋上部工の設計・施工	藤井周志・角 和夫……………No.47	’ 88. 7
北浦港橋梁上部工の施工	松田大六……………No.47	’ 88. 7
鋼床版への高機能舗装の試験施工	有馬敬育……………No.118	’ 12. 3

・ その他

児島～坂出ルート海峡部地質調査 (その 1)	山縣 守……………No.3	’ 78. 1
児島～坂出ルート海峡部地質調査 (その 2)	山縣 守……………No.4	’ 78. 1
鷺羽山の地質調査	宮下 力・江藤隆男・田村 隆……………No.12	’ 80. 4
鷺羽山トンネル構造形式検討	藤井周志……………No.16	’ 81. 4
鷺羽山地区運搬用坑道の計測結果	呉藤 満・藤井周志・富田大造……………No.19	’ 82. 1
本四備讃線の電気設備	吉田昌弘……………No.23	’ 83. 1
鷺羽山トンネルの施工	長谷川 滋・佐藤正人……………No.35	’ 85. 10
下村トンネルの施工と計測	福代博志……………No.37	’ 86. 1

早島 I C 軟弱地盤対策	城野治三郎・天野弘也	No.39	' 86.7
神道山地区工事	藤井秀夫	No.41	' 87.1
蟻峰山及び福南山両トンネルの施工	菊池浩一・萬藤博志・栗野純孝	No.42	' 88.4
児島～坂出ルート吊橋ハンガーブラケット疲労試験	鳥海隆一	No.47	' 88.7
本四備讃線供用部の軌道工事の施工	山岸 明・真鍋秀志	No.48	' 88.10
児島～坂出ルート橋梁点検補修用作業車	久保田良司	No.49	' 89.1
与島 P A 上下水道設備	伊藤六兵衛・岩崎洋二	No.49	' 89.1
瀬戸中央自動車道の遠隔監視制御システム	西野盛雄・笠松邦安・山見一馬	No.50	' 89.4
瀬戸中央自動車道の道路管理用機械設備	久保田良司・古賀 昇	No.50	' 89.4
児島～坂出ルートにおける道路造園及び修景緑化	北 肇夫	No.50	' 89.4
瀬戸中央自動車道集中局（電気通信）設備	西野盛雄・田中俊雄・矢野 稔	No.50	' 89.4
瀬戸中央自動車道の料金収受システム	土山正己・小笠原 保	No.53	' 90.1
瀬戸大橋（吊橋・斜張橋）における列車走行試験	岩田充一・梶原博通	No.54	' 90.4
路面温度予測システム	森谷俊美・金子正猪	No.57	' 91.1
瀬戸大橋の動態観測	岩屋勝司・武山哲郎・大川宗男	No.57	' 91.1
瀬戸中央自動車道の開通以来の交通量動静分析	岡田凌太・宮下正之	No.77	' 96.1
瀬戸中央道における雪氷予測の改良	土居雅彦・大麻 毅	No.77	' 96.1
瀬戸中央自動車道鴻ノ池 S A の駐車場改良	佃 長次・磯井祥二・日高裕司	No.78	' 96.4
リンク式伸縮装置の改良	林 義信・藤谷邦夫・佐伯成己	No.79	' 96.7
瀬戸大橋の維持管理、十年（主な損傷とその補修について）	保田雅彦・松本 毅	No.85	' 98.1
「電着工法」による鋼製ケーソン防食	岩垣富春・岡本浩幸	No.95	' 00.12
高密度ポリエチレン管の亀裂防止対策	政田 潔・香川 晃	No.98	' 02.3
瀬戸中央自動車道交通管理システムの更新計画	大江慎一・中島国雄	No.100	' 03.3
塗装変状部の調査と分析	岡澤達男	No.100	' 03.3
舗装精密点検の分析と保全計画	川西芳則	No.102	' 04.3
共用後 15 年を経た海峡部長大橋郡の塗装の現況	石橋清美・門田整達	No.103	' 04.9
鋼製ケーソンの電着工法による防食の現況	寺下孝男・岡本浩幸	No.103	' 04.9
瀬戸中央自動車道（早島管内）伸縮装置の補修計画	金保 勉・高木 久	No.103	' 04.9
瀬戸大橋の橋面塗装の現況と補修	平井良樹・橋本 龍	No.105	' 04.9
ローリングリーフ横移動吸収板の想定外変位と固定ピンの破断	徳永剛平	No.106	' 06.3
瀬戸大橋の塗膜評価	長尾幸雄	No.106	' 06.3
瀬戸大橋ケーブル送気乾燥システムの改良とその効果	花井 拓・寺下孝男・熊井貴弘	No.108	' 07.3
瀬戸大橋の維持管理	岡本泰臣	No.110	' 08.3
鋼ケーソン電着防食の防食性能	坂本佳也・大川宗男・宮口典博	No.113	' 09.9
瀬戸大橋トラス3橋段差防止工事	真辺保仁・平下忠一・大爺健司	No.113	' 09.9
瀬戸大橋の鋼ケーソン干満帯・飛沫帯の防食	宮口典博・大川宗男・坂本佳也	No.115	' 10.9
鋼床版裏面におけるスプレー塗装の試験施工	大爺健司・真辺保仁・籠池利弘	No.116	' 11.3
瀬戸大橋におけるコンクリート構造物の劣化対策	坂本佳也・大川宗男	No.118	' 12.3
瀬戸大橋の CCTV に求められる性能	日高英二・玉津和哉	No.118	' 12.3
瀬戸大橋伸縮装置セットボルトの腐食診断手法と腐食要因の推定	村井俊之・小林克己・大爺健司	No.119	' 12.9
瀬戸大橋スプレー室除湿設備の改善と効果	香川 晃	No.120	' 13.3

■尾道～今治ルート

・因島大橋

因島大橋アンカレイジ基礎地盤の確認	宮島圭司・村上憲司	No.3	' 78.1
因島大橋ケーブル施工性試験	林有一郎・中村 守	No.5	' 78.7
因島大橋下部工工事に使用した海砂の品質	平山純一	No.7	' 79.1
因島大橋及び大三島橋の塗装色の選定	吉川利治・阿部和智	No.8	' 79.4
因島大橋エンドリンクの設計	林有一郎・淵田政信	No.8	' 79.4
因島大橋下部工工事報告	竹内覚夫・平山純一	No.10	' 79.10
因島大橋ケーブルアンカーフレームの設計	林有一郎	No.11	' 80.1
因島大橋風洞試験	中村 守・岡野 哲	No.14	' 80.10
因島大橋塔工事施工報告	竹内覚夫・池田 博	No.14	' 80.10
因島大橋塔の製作	松崎 実・池田 博	No.15	' 81.1
因島大橋塔の振動観測	松崎 実・池田 博	No.17	' 81.7
因島大橋ケーブル製作	香川祐次	No.18	' 81.10
因島大橋ケーブル架設	香川祐次・平野信一	No.20	' 82.4
因島大橋補剛桁架設	香川祐次・平原伸幸	No.25	' 83.7
因島大橋の橋面舗装	岸本良孝・小林義弘	No.29	' 84.6

因島大橋の維持管理設備	第三建設局機械電気課……………No.29	’84.6
因島大橋上部工工事の回想	旭 一穂……………No.29	’84.6
因島大橋と関連区間の概要	松崎 実……………No.29	’84.6
因島大橋関連区間の陸上部工事	越智啓登……………No.29	’84.6
因島大橋の補剛桁閉合と架設時の形状測定・応力測定・振動測定	青野 宏……………No.29	’84.6
因島大橋アンカレイジ上屋工事報告	榎原房之助・池田 博……………No.29	’84.6
因島大橋のケーブル後期工事	香川祐次……………No.29	’84.6
点検補修用作業車を利用した因島大橋のメンテナンス	高橋 信・平野 茂・末広弘靖……………No.41	’87.1
因島大橋における塗装の維持管理報告	松井 勉・平野 茂・金子正猪……………No.43	’87.7
因島大橋の橋体形状測定とケーブルバンドボルト軸力調査	松井 勉・平野 茂・金子正猪……………No.44	’87.10
因島大橋塗膜調査	山本紀夫・古家和彦・杉山剛史……………No.61	’92.1
ケーブル被覆構造の評価とアンカレイジ内防食工法	石橋清美・簀戸喜一・橋本 龍……………No.85	’98.1
因島大橋関連区間の陸上部橋梁橋脚耐震補強工事	末廣弘靖・長友浩信……………No.92	’99.12
因島大橋の薄層舗装工事報告	田向和則……………No.96	’01.4
因島大橋ハンガーロープ開放調査について	前田泰男……………No.97	’01.8
因島大橋の鋼床版裏面塗膜調査	末廣弘靖・熊井貴弘……………No.101	’03.9
大粒径Asを用いた舗装改良工事	簀戸喜一……………No.105	’05.9
因島大橋ケーブルバンドボルトの再締め付けにおける軸力管理	岩垣富春・蔵森和生……………No.106	’06.3
因島大橋東高架橋の耐震補強計画（設計）	吉田茂司・真辺保仁・小河正次……………No.108	’07.3
因島大橋塗替塗装工事（主塔・ハンガーロープ）	森脇正生・吉丸直明・橋本 龍……………No.112	’09.3
免震支承と炭素繊維シート巻立てによる因島大橋東高架橋の耐震補強	橋本 龍・末廣弘靖・森脇正生……………No.114	’10.3
吊橋ハンガーロープ素地調整装置の試験施工	東 秀樹・花田正一・貴志友樹・山根 彰……………No.116	’11.3
・生口橋		
生口橋の計画と下部工設計	富岡 紘・天野弘也・仁木清貴……………No.44	’87.10
生口橋接合部実験報告	森 邦久・帆足博明・木村一也……………No.49	’89.1
生口橋基礎工におけるリーバス杭の施工	岡田凌太・岡本正美……………No.52	’89.10
生口橋下部工工事（締切～完成）	山本茂樹・竹本祐造……………No.55	’90.7
生口橋の耐震固定法と支承構造	山岸一彦・西本 聡……………No.56	’90.10
生口橋鋼桁の疲労に関する検討	山岸一彦・矢野保広……………No.57	’91.1
生口橋P C桁ケーブル定着部の設計	山岸一彦・西本 聡・矢野保広……………No.58	’91.4
生口橋主桁接合部の設計・施工	山岸一彦・西本 聡・矢野保広……………No.58	’91.4
生口橋の管理用電気通信施設	山中 清……………No.61	’92.1
生口橋塔独立時の同調液体型制振装置	藤原 亨……………No.62	’92.4
生口橋上部工の設計・製作（その1）	藤原 亨……………No.63	’92.7
生口橋照明設計	山中 清……………No.63	’92.7
生口橋上部工の設計・製作（その2）	藤原 亨……………No.64	’92.10
生口橋実橋振動実験	藤原 亨・玉越隆史……………No.65	’93.1
生口橋箱桁内の腐食環境調査	古家和彦・磯江 浩・大串弘幸……………No.100	’03.3
複合構造特性の生口橋維持管理	末廣弘靖・森脇正生・橋本 龍……………No.112	’09.3
・大三島橋		
大三島橋下部工工事報告	榎波義幸……………No.1	’77.7
大三島橋のコンクリート	高須賀博一・福本英一郎……………No.6	’78.10
大三島橋及び因島大橋の塗装色の選定	吉川利治・阿部和智……………No.8	’79.4
大三島橋架設時の耐風対策	山岸一彦……………No.9	’79.7
大三島橋関連陸上部工事	日高誠一・神野隆義……………No.9	’79.7
大三島橋と関連区間の概要	大島 久……………No.9	’79.7
大三島橋の塗装	村上憲司……………No.9	’79.7
大三島橋関連維持管理施設の計画と施工	第三建設局機械課……………No.9	’79.7
大三島橋の床版と橋面舗装	山縣 守・福本英一郎……………No.9	’79.7
大三島橋載荷試験	村上憲司……………No.10	’79.10
大三島橋補剛板の座屈実験	吉田好孝……………No.12	’80.4
大三島橋鋼格子床版上の漏水防止対策	帆足博明・日高裕司……………No.74	’95.4
大三島橋の床版劣化と補修	山下五月・西山 傳……………No.100	’03.3
大三島橋床版の予防保全をめざした橋面舗装の改良	木村一也・中村哲也……………No.112	’09.3

・伯方・大島大橋	
伯方・大島大橋岩盤試験	山縣 守……………No.14 '80.10
伯方・大島大橋岩盤試験解析	井上真三……………No.18 '81.10
伯方・大島大橋の橋梁形式選定	岩屋勝司……………No.20 '82.4
大島大橋上部工基本設計(その1)	山田勝彦・正田伸二……………No.28 '84.4
大島大橋上部工基本設計(その2)	山田勝彦・正田伸二……………No.30 '84.7
伯方・大島大橋下部工施工報告	重村公登・高島 豊……………No.35 '85.10
大島大橋塔の設計製作	谷中幸和……………No.37 '86.1
大島大橋塔架設工事	谷中幸和・福永 勸……………No.40 '86.10
伯方橋上部工の設計製作	谷中幸和・越智節雄……………No.40 '86.10
大島大橋ケーブルストランド架設工事	平野信一・平塚義久……………No.44 '87.10
大島大橋補剛桁ハンガーブラケットの疲労試験	谷中幸和・福永 勸……………No.46 '88.4
大島大橋補剛桁直下吊上げ工法	平野信一……………No.46 '88.4
大島大橋の耐風安定性	平塚義久……………No.46 '88.4
大島大橋補剛桁の製作・架設	福井幸夫・平野信一……………No.46 '88.4
伯方・大島大橋の開通	小川英信……………No.46 '88.4
伯方・大島大橋維持管理設備	吉本正徳・末宗仁吉……………No.46 '88.4
伯方・大島大橋の橋面舗装	日高裕司……………No.46 '88.4
伯方橋上部工の架設	越智節雄……………No.46 '88.4
伯方・大島大橋関連陸上部工事	高嶋 勉……………No.46 '88.4
大島大橋振動実験	平塚義久……………No.48 '88.10
大島大橋の橋体計測	栗原敏広……………No.64 '92.10
大島大橋箱桁内腐食環境調査	森 幸夫……………No.96 '01.4
大島大橋ケーブルバンドの維持管理	山田郁夫・森山 彰……………No.112 '09.3
大島大橋における橋面舗装の変状原因調査	中村哲也・石倉健治……………No.116 '11.3
・多々羅大橋	
多々羅大橋海峡部地質調査	山本茂樹・小野下武・岡本正美……………No.61 '92.1
多々羅大橋全体耐荷力試験	藤井裕司・鳥海隆一……………No.65 '93.1
多々羅大橋大規模載荷試験	山田勝彦・山縣 守・山本茂樹……………No.68 '93.10
多々羅大橋ジャケット工法	成瀬善果……………No.73 '95.1
多々羅大橋塔完成時の耐風性	藤原 亨・森山 彰……………No.74 '95.4
斜張橋鋼床版の圧縮疲労強度	藤井裕司・大橋治一……………No.76 '95.10
多々羅大橋の下部工施工報告	成瀬善果……………No.76 '95.10
高密度電気探査法による水理地質調査	中元雄治……………No.76 '95.10
多々羅大橋の大型風洞試験(第一報)	北川 信・鳥海隆一・勝地 弘……………No.77 '96.1
長大斜張橋鋼床版の圧縮強度の評価	大橋治一・大川宗男……………No.78 '96.4
多々羅大橋の景観設計	森山 彰……………No.79 '96.7
多々羅大橋ケーブル制振対策	藤原 亨・森山 彰……………No.79 '96.7
多々羅大橋主塔架設系の風洞試験	平原伸幸・森山 彰……………No.80 '97.1
多々羅大橋の大型風洞試験(第2報)―複雑な地形の中での ガスト応答について―	秋山晴樹・鳥海隆一・大谷康史……………No.83 '97.7
多々羅大橋上部工の架設(第一報)―塔架設および塔付き桁 大ブロック架設―	平原伸幸……………No.84 '97.10
多々羅大橋上部工の実施設計	藤原 亨・森山 彰・川西直樹……………No.88 '98.10
多々羅大橋上部工の架設(第二報)―鋼桁及びケーブルの架設―	平原伸幸・村田知司……………No.88 '98.10
多々羅大橋全体構造の安全性照査	大橋治一……………No.90 '99.4
多々羅大橋高架橋鋼上部工の省力化検討報告	武藤禮布・横山 浩・石元靖二……………No.90 '99.4
多々羅大橋の振動実験	河口浩二・森山 彰・真辺保仁・山口和範…………… ……………No.90 '99.4
実橋振動実験による斜張橋ケーブルと主桁の連成振動の検証	山口和範……………No.96 '01.4
多々羅大橋鉛直支承のすべり板改良	末廣弘靖・森脇正生……………No.111 '08.9
多々羅大橋ケーブルの耐風性検証(中間報告)	山田郁夫・楠原栄樹……………No.112 '09.3
・来島大橋	
来島大橋海峡部地質調査	加島延行……………No.54 '90.4
来島大橋原位置岩盤試験	毛利徳成・下村 稔・野間俊男……………No.55 '90.7
来島大橋山留工試験	白石哲磨・平井良樹・井上伸男……………No.55 '90.7
来島大橋の橋梁計画	片山英二・藤井裕司・荻原勝也……………No.56 '90.1
来島大橋の耐震設計	山田勝彦・福永 勸……………No.57 '91.1
来島大橋の設計地盤定数(領家型風化花崗岩を対象として)	山田勝彦・福永 勸……………No.58 '91.4

来島大橋主塔の耐風特性	大橋治一・楠原栄樹……………No.59	’91.7
来島大橋上部工の耐震性	大橋治一・中村哲也……………No.62	’92.4
来島大橋補剛桁の耐風性	大橋治一……………No.65	’93.1
来島大橋建設工事用海底ケーブルの敷設	中島国雄・矢野 稔……………No.67	’93.7
来島大橋下部工の設計概要	森 邦久・山田郁夫……………No.69	’94.1
来島大橋5Pケーソンの電気防食	高城信彦・金保 勉・清見博英……………No.69	’94.1
来島大橋主塔の景観設計	大橋治一・磯江 浩……………No.70	’94.4
来島大橋主塔の継手構造	大橋治一……………No.71	’94.7
来島大橋主塔の耐風・耐震設計	大橋治一・山口和範……………No.72	’94.1
来島大橋2P・9Pコンクリートケーソン設計・施工	富田大造・吉田茂司……………No.75	’95.7
来島大橋6P・7A山留工(鉄筋補強土工法)の設計・施工	伊藤稔明・金保 勉・遠藤和男……………No.79	’96.7
来島大橋主塔架設時耐風対策	鈴木周一・佐々木雅敏・山口和範……………No.80	’96.10
来島大橋10A高流動コンクリートの試験練り、現場施工実験および実施工	吉川章三・鳥羽保行……………No.80	’96.10
吊橋主塔の引張接合継手の製作架設	佐々木雅敏・宮口典博・山口和範……………No.82	’97.4
来島大橋3P・5P・6P・8P主塔基礎の設計・施工	高城信彦・伊藤稔明・遠藤和男……………No.83	’97.7
来島大橋4A・7Aケーブルアンカーフレームの設計・施工	伊藤稔明・五十嵐光徳・森 敦郎……………No.84	’97.10
来島大橋ハンガー・バンドの設計	平野信一・麓興一郎・薄井稔弘……………No.85	’98.1
来島大橋大型風洞試験報告	古屋信明・鳥海隆一・竹口昌弘……………No.88	’98.10
来島海峡大橋ケーブル製作・架設工事報告	平野信一……………No.91	’99.7
来島海峡大橋補剛桁架設	伊藤進一郎・大谷康史……………No.91	’99.7
来島海峡大橋10Aトンネルアンカレッジ工事報告	吉川章三……………No.91	’99.7
来島海峡大橋馬島高架部鋼上部工の設計・施工	伊藤稔明・祖父江泰孝……………No.91	’99.7
来島海峡大橋補剛桁の設計・製作	伊藤進一郎……………No.93	’00.4
来島海峡大橋の鋼床版舗装の設計・施工報告	伊藤稔明・日高裕司……………No.94	’00.8
来島海峡大橋南高架橋の図面にない溶接線に係わる現地調査と対策	斎藤哲男・大塚雅裕・田中輝良……………No.104	’05.3
実橋における工場板継ぎ溶接の品質の調査と考察	帆足博明・森山彰・大塚雅裕・田中輝良……………	
	……………No.104	’05.3
来島海峡大橋ケーブル送気システムによる防錆対策の評価	田向和則・横井芳輝・朝倉義博……………No.112	’09.3
来島海峡大橋鋼製ケーソン電気防食の現況調査	田向和則・川上明彦・横井芳輝……………No.117	’11.9
来島海峡大橋ケーブル送気設備の改善と効果	松葉真人・小野祥史……………No.119	’12.9
・その他		
道路のり面の植生試験	重村公登……………No.3	’78.1
岩塊を使用した高盛土の施工	榎原房之助・山中鷹志・芹川省三……………No.17	’81.7
宮窪トンネルの計測管理	有田 稔・中村富二夫・平塚義久……………No.38	’86.4
宮窪トンネルの施工	有田 稔・中村富二夫・平塚義久……………No.42	’87.4
尾道大橋橋体点検	上原靖視・杉山剛史……………No.53	’90.1
尾道大橋塗装工事	上原靖視・古家和彦・杉山剛史……………No.61	’92.1
尾道大橋塗装工事(その2)	古家和彦・杉山剛史……………No.66	’93.4
新尾道大橋の景観設計	武山哲郎……………No.79	’96.7
新尾道大橋の橋梁連続化の検討	鈴木周一・田口松義・大塚雅裕……………No.85	’98.5
多々羅大橋・来島大橋船舶緩衝工の設計	河口浩二・森山 彰……………No.89	’99.1
新尾道大橋2P鋼管矢板締切工事	金子正猪……………No.89	’99.1
西瀬戸自動車道の電気通信設備計画-交通管理施設の節減-	中島国雄・石川信人・明野晃治……………No.90	’99.4
多々羅大橋・新尾道大橋の橋面舗装	小松原仁・金子正猪・真辺保仁……………No.90	’99.4
新尾道上部工の設計	森山 彰……………No.90	’99.4
新尾道大橋の上部工架設報告	小松原仁・金子正猪……………No.90	’99.4
自航台船の開発	瀧下健二・亀井敏行・中村修……………No.91	’99.7
西瀬戸自動車道の維持管理用機械設備	田上幸雄・小林晃市・大崎弘道……………No.91	’99.7
曲線を持つ連続PC箱桁の押出し架設-下田水高架橋PC上部工	若月豊・川端淳……………No.91	’99.7
工事報告-		
小浦高架橋工事報告	村卸靖訓・加藤嘉朗……………No.91	’99.7
尾道小橋の補修改良検討及び工事報告	末廣弘靖・中村哲也……………No.92	’99.12
陸上部橋梁の電気防食工事	杉山剛史……………No.97	’01.8
新尾道大橋桁内除湿設備の最適運転の試み	廣田昭次・小島久邦・東 秀樹……………No.98	’02.3
芸予地震における多々羅大橋西高架橋横異動制限装置の挙動	古家和彦・磯江 浩・森 幸夫……………No.98	’02.3
芸予地震における海峡部橋梁の被災復旧状況及び橋体の挙動	古家和彦・磯江 浩・森 幸夫……………No.99	’02.9

阿方高架橋すべりゴム支承の変状と対策	
西瀬戸自動車道の維持管理	
しまなみ尾道管理センターでの長大橋の維持管理	
西瀬戸自動車道（瀬戸内しまなみ海道）・愛媛県区間の維持管理	
新尾道大橋箱桁内除湿管理	

藤田 太	No.107	'06.9
毛利徳成	No.112	'09.3
吉川章三	No.112	'09.3
平原伸幸	No.112	'09.3
末廣弘靖・吉丸直明・橋本 龍	No.112	'09.3

■海外報告

欧米長大橋視察報告（1）	
欧米長大橋視察報告（2）	
第50回IABSEシンポジウムに参加して	
欧州レーダ対策視察報告	
米国の航行安全に関する調査報告	
Humbert橋訪問記	
オーストラリアの橋梁	
UJNR・橋梁ワークショップの報告	
アメリカ土木学会発表報告	
第6回日中道路交流会議報告	
北欧5カ国の国際橋梁会議“Bridge88”	
第11回IRF世界道路会議報告	
米国長大橋の維持管理	
ヨーロッパの長大橋調査－橋梁計画と景観設計について	
ロマプリータ地震調査報告	
イラン国際橋梁会議報告	
ノルマンディー橋の近況	
第二回海峡部横断シンポジウム	
ホンジュラス国を訪ねて	
平成2年度 海外調査団報告	
中国への橋梁技術協力	
チュニジアを訪ねて	
米国の道路関連事業に関する調査報告	
IABSE出張報告	
ネパールでの基本計画調査報告	
中国の幹線道路網計画	
トルコでの有料道路セミナー報告	
インドネシア4島連結計画	
ニカラグアを訪ねて	
厦門西通道橋梁建設計画	
内戦終結後のエル・サルバドルを訪ねて	
発展途上国での橋梁技術指導に関する一考案（ケニア共和国での勤務経験から）	
ノースリッジ地震調査報告	
インド国ボンベイ市を訪ねて	
ニューヨーク市橋梁リハビリテーション視察報告	
インドネシアと私（雑感）	
ミンダナオ島探訪記	
オマーンを訪ねて	
トルコの道と橋	
スエズ運河に架ける	
エチオピア国にて	
アメリカ留学報告	
新チョルテカ橋基本設計調査（ホンジュラス）	
カンボジアのメコン河架橋計画	
モザンビーク国幹線道路橋再建計画基本設計調査	
モロッコを訪問して	
アジアの橋梁の現状	
インドネシアの吊橋	
鋼橋の耐震設計、評価、補修に関する米国の最近の情報（セミナー報告）	
タンザニア動物保護区における道路及び橋梁の建設・補修工事の	

多田安夫・松崎 実	No.8	'79.4
多田安夫	No.10	'79.10
旭 一穂	No.11	'80.1
北風 潔	No.13	'80.7
小川英信	No.16	'81.4
奥川淳志	No.24	'83.4
辰巳正明・山縣 守	No.27	'84.1
秋山晴樹	No.48	'88.10
辰巳正明	No.49	'89.1
山根哲雄	No.50	'89.4
加島 聡	No.51	'89.7
飯島武明・秦 健作	No.52	'89.10
藤井秀夫	No.53	'90.1
馬場賢三・吉田好孝・原崎郁夫	No.54	'90.4
辰巳正明	No.55	'90.7
北川 信	No.55	'90.7
奥川淳志・原崎郁夫	No.56	'90.10
吉田 修	No.56	'90.10
有田 稔	No.57	'91.1
高木 浩	No.58	'91.4
田島照義	No.59	'91.7
森谷俊美	No.60	'91.10
谷中幸和	No.61	'92.1
松本弘輝	No.62	'92.4
山縣 守	No.63	'92.7
毛利徳成	No.64	'92.10
吉川章三	No.65	'93.1
河口浩二	No.66	'93.4
山中鷹志	No.67	'93.7
高澤 勤	No.68	'93.10
越智啓登	No.69	'94.1
栗野純孝	No.70	'94.4
吉田好孝	No.70	'94.4
中村 守	No.71	'94.7
古家和彦	No.72	'94.10
奥田 基	No.73	'95.1
金澤克義	No.74	'95.4
高島 豊	No.74	'95.4
岡野 哲	No.75	'95.7
平原伸幸	No.75	'95.7
日里正夫	No.76	'95.10
荻原勝也	No.76	'95.10
岡本泰臣	No.77	'96.1
神 弘夫	No.78	'96.4
佃 長次	No.79	'96.7
酒井和吉	No.80	'96.10
栗野純孝	No.81	'97.1
松本 毅	No.81	'97.1
秋山晴樹	No.82	'97.4
藤田 太	No.82	'97.4

現状報告		
スリ・ランカ国全国橋梁改修計画調査に参加して	山本茂樹	No.83 '97.7
チリ国全国橋梁補修整備計画調査フェーズ2	長尾日出男	No.83 '97.7
グレナダ国道路整備計画調査	佐野幸洋	No.84 '97.10
ブータン王国を訪ねて	有田 稔	No.84 '97.10
4月25日橋の鉄道載荷および車線拡幅に伴う改築工事	原崎郁夫・大橋治一	No.85 '98.1
中南米道路調査の旅	徳永剛平	No.85 '98.1
海外報告(ベトナム)	加島延行	No.87 '98.7
ザンビア・ジンバブエ国 チルンド橋の建設計画調査	吉田好孝	No.87 '98.7
オープングレーチング床版を用いた橋梁の調査	仁木清貴	No.88 '98.10
デンマーク・スウェーデンの海峡連絡路ーグレートベルト橋、	鳥海隆一	No.88 '98.10
オーレスン海峡連絡路ー		
エチオピア国橋梁現況調査	長尾日出男	No.89 '99.1
海外報告(サウディ・アラビア王国)	山田和彦	No.89 '99.1
パラオ国新KB橋建設計画	村田正信	No.90 '99.4
マラウイ国マンガチ道路橋架替計画調査	山岸一彦	No.90 '99.4
マレーシアの道路と橋	高城信彦	No.91 '99.7
海外報告(トルコ共和国)	川上賢明	No.91 '99.7
海外でのBOT事業	佃 長次	No.92 '99.12
エジプト報告	新田篤志	No.92 '99.12
海外報告(ジンバブエ) ヴィクトリア フォールズ橋	飯塚力也	No.93 '00.4
日本・ペルー友好橋建設計画	天野耕一	No.93 '00.4
第2回国際吊橋管理者会議報告	川上賢明	No.94 '00.8
ジブラルタル海峡横断路構想の現状	星野 満	No.94 '00.8
海外報告(ジンバブエ) 新チルンド橋の建設	飯塚力也	No.94 '00.8
トルコ地震による道路施設の被害	帆足博明	No.94 '00.8
海外報告(バングラデシュ)	大川宗男	No.94 '00.8
海外報告(ラオス)	高城信彦	No.96 '01.4
海外報告(ザンビア共和国)	竹内政彦	No.96 '01.4
海外報告(エチオピア)	長尾日出男	No.97 '01.8
海外報告(エジプト) スエズ運河連絡橋	金沢克義	No.97 '01.8
海外報告(ケニア)	徳永剛平	No.98 '02.3
海外報告(ミャンマー)	大川宗男	No.98 '02.3
海外報告(マレーシア、橋には花が咲き乱れ)	吉田好孝	No.100 '03.3
海外報告(フィリピン橋梁事情)	奥田 基	No.100 '03.3
海外報告(雷龍の国ブータン橋梁事情)	佐々木政敏	No.101 '03.9
海外報告(トルコ報告)	新田篤志	No.101 '03.9
海外報告(シバの女王の国エチオピア便り)	林 昌弘	No.102 '04.3
海外報告(バングラデシュの道路及び橋事情)	塚原 修	No.102 '04.3
海外報告(カンボジア)	大川宗男	No.102 '04.3
海外報告(フィリピンの鋼橋の品質管理・維持に関して)	栗野純孝	No.103 '04.9
海外報告(ケニア共和国における道路維持管理プロジェクト)	竹内政彦	No.103 '04.9
海外報告(エチオピア/新青ナイル橋計画)	林 昌弘	No.104 '05.3
海外報告(東ティモール国の道路分野概要)	上村博文	No.105 '05.9
海外報告(トルコ事情)	松本 毅	No.106 '06.3
海外報告(バングラデシュ事情)	西谷雅弘	No.107 '06.9
海外報告(インド)	森山 彰	No.107 '06.9
海外報告(エチオピア)	石原和幸	No.108 '07.3
海外報告(ケニア)	荻原勝也	No.109 '07.9
海外報告(バングラデシュ)	栗原敏広	No.111 '08.9
海外報告(フィリピン国)	長尾日出男	No.113 '09.9
海外報告(エチオピア)	高城信彦	No.114 '10.3
海外報告(コンゴ マタディ橋の現況)	荻原勝也	No.115 '10.9
海外報告(インドネシアの道路事情)	塚原 修	No.116 '11.3
海外報告(ミャンマーの橋梁)	高木 浩	No.116 '11.3
海外報告(エジプト橋梁維持管理能力向上プロジェクト詳細	川上賢明	No.117 '11.9
計画策定調査)		
海外報告(ベトナム ニャットン橋の現況について)	上村博文	No.117 '11.9
海外報告(ケニアの道路維持管理行政)	梁取直樹	No.118 '12.3
海外報告(バングラデシュの道路・橋梁事情)	伊藤豊秋	No.119 '12.9
海外報告(カザフスタン イルティシュ川橋梁維持管理支援)	遠藤和男	No.120 '13.3

■講演会等

ニューヨーク市での経験に基づく橋梁の維持管理システム
国際化の中での技術とその課題
道路橋の最適保全計画
アジア大洋州橋梁交流フォーラム開催報告
第3回国際吊橋管理者会議報告

Bojidars Yanev……………No.92 '99.12
日下部治……………No.93 '00.4
Dan M. Frangopol……………No.94 '00.8
酒井和吉……………No.95 '00.12
吉川章三・鈴木周一・伊藤豊秋……………No.99 '02.9

■インタビュー

道路橋示方書の改訂作業への取り組み

西川和廣……………No.92 '99.12

■長大橋技術センター アニュアルレポート

新材料を活用した橋梁付属物の検討（FRP製橋梁管理路の適用性検討）
鋼橋の疲労に関する検討
ケーブルバンドすべり安全性の検討
円形断面ケーブルの制振対策検討
海峡部橋梁の耐震補強検討
新材料を活用した橋梁付属物の検討
円形ケーブルの制振対策検討
門崎高架橋の動態観測結果報告
耐震性能評価用大規模地震動の設定（瀬戸大橋）
海峡部橋梁の耐震補強検討
鋼橋の疲労に関する検討
ケーブルバンドすべり安全性の検討
塗膜劣化の面的評価方法検討
明石海峡大橋主塔の制振対策再評価
瀬戸大橋の耐震補強検討
画像を用いた点検手法の適用性検討
鞍掛け方式ケーブルバンドのすべり安全性の検討
マスコンクリート塗装の健全度調査
動態観測の成果と更新計画
明石海峡大橋主塔の制振対策再評価
赤外線サーモグラフィ法による疲労亀裂の検出
工業用内視鏡の狭隘部の点検への適用性検討

荻原勝也・森下尊久……………No.113 '09.9
山田郁夫・森山 彰・山口和範……………No.113 '09.9
山田郁夫・森山 彰・山口和範……………No.113 '09.9
福永 勸・楠原栄樹……………No.113 '09.9
福永 勸・竹口昌弘・遠藤和男……………No.113 '09.9
荻原勝也・森下尊久……………No.115 '10.9
福永 勸・楠原栄樹……………No.115 '10.9
福永 勸・竹口昌弘・遠藤和男……………No.115 '10.9
福永 勸・竹口昌弘・遠藤和男……………No.115 '10.9
福永 勸・竹口昌弘・遠藤和男……………No.115 '10.9
山田郁夫・山口和範・川端 淳……………No.115 '10.9
山田郁夫・山口和範・川端 淳……………No.115 '10.9
荻原勝也・森下尊久……………No.117 '11.9
福永 勸・角 和夫・竹口昌弘……………No.117 '11.9
福永 勸・角 和夫・遠藤和男……………No.117 '11.9
伊藤進一郎・川端淳・池田秀継……………No.117 '11.9
伊藤進一郎・川端淳・池田秀継……………No.117 '11.9
荻原勝也・古村 学・花井 拓……………No.119 '12.9
福永 勸……………No.119 '12.9
福永 勸・竹口昌弘……………No.119 '12.9
小林義弘・川端 淳・溝上善昭……………No.119 '12.9
小林義弘・川端 淳・溝上善昭……………No.119 '12.9

本四技報編集委員会・幹事会名簿(五十音順)平成25年2月28日現在

委員長	藤原亨	幹事長	萩原勝也
委員	有村真二	幹事	石原和幸
	今井清裕		糸日谷淑光
	萩原勝也		遠藤和男
	川上賢明		大塚雅裕
	木村一也		萩田隆行
	小林義弘		川端淳敦
	小井和吉		後藤剛史
	西谷雅弘		杉山政彦
	福永勸潔		竹内昌弘
	政田保仁		竹口淳史
	真田知司		布廣浩史
	村田一彦		平下典博
	山田和彦		宮口正生
			森脇賢晃
			矢野

本四技報 第120号

発行 平成25年3月15日
編集・発行 本州四国連絡高速道路株式会社
印刷 有限会社 セキグチ

本州四国連絡高速道路株式会社
Honshu-Shikoku Bridge Expressway Company Limited
〒651-0088 神戸市中央区小野柄通4-1-22
アーバンエース三宮ビル内
電話番号：078(291)1000 (代表)
<http://www.jb-honshi.co.jp>



古紙/PLP配合率70%再生紙を使用

