

J-BEC

レポート 2013 Vol.8



目次

巻頭言

- (一財)橋梁調査会理事長、東京大学／埼玉大学名誉教授
伊藤 學
- (一財)橋梁調査会専務理事
西川 和廣
- (一財)橋梁調査会審議役（兼）企画部長
大石 龍太郎

離島架橋の事業報告

- 九島架橋事業について 3

助成研究

- ・ 光ファイバセンサによる分布ひずみデータを用いた橋梁支承モニタリング 7
- ・ 津波による橋桁の流出現象の解明に向けて 14

海外調査報告

- ・ 第18回IABSEソウル会議に参加して 21
- ・ IABSE 2013 ロッテルダム会議に参加して 23
- ・ PIARC TC4.3会議の報告 25

トピック

- ・ 国土交通行政関係功労者表彰の受賞について 28
- ・ 橋梁研究開発助成等について 29
- ・ 橋梁点検技術研修会の実績報告 30

古(いにしえ)の橋探訪

- 大都市のど真ん中に作られたコンクリートアーチ橋
東京・聖橋（ひじりばし） 33

特別講演会開催について報告

35

お知らせ

- 平成26年度 橋梁点検技術研修会 開催のご案内 36

新体制への移行を踏まえて

(一財)橋梁調査会理事長、東京大学／埼玉大学名誉教授
伊藤 學



前号(J_BECレポート2012 Vol.7)の巻頭言、理事長就任のご挨拶で予告申し上げたとおり、当調査会は公益法人改革三法に基づき、本年4月1日より一般財団法人に移行し、併せて名称変更を行いました。すなわち、「一般財団法人 橋梁調査会」が発足いたしました。この移行を機に、役職員一同、気持ちを新たに、目的とする「橋梁に関する技術、経済、環境その他の諸問題に関する調査研究、知識の普及を行うとともに、橋梁事業の円滑な発展を図ることによって国民経済の発展と国民生活の向上に寄与」して参りたいと存じます。この機会に、前号でのご挨拶と若干重複する部分もありますが、当調査会の事業並びに最近の動きをご紹介します。

まず組織ですが、当調査会は本部の下に東北から九州までの8支部と北海道駐在所を設けて活動しています。職員のほとんどは技術者で、組織の変遷に伴う盛衰はありましたが近年は業務の増大に伴ってその数を増し、本年8月現在86名、うち工学博士9名、技術士58名、土木学会特別上級技術者6名、RCCM 22名、一級土木施工管理技士55名で、米国連邦道路庁公認の橋梁検査員も2名含まれています。これらは本州四国連絡高速道路(株)や関連民間会社から移籍された方々が多く、それだけに現場を含めて経験豊富な技術者が大部分を占めています。役員及び役付職員につきましては組織の移行と軌を一にして異動があり、理事、評議員にも新たな顔ぶれが加わりました。本号でのご挨拶をお願いしていますが、わが国橋梁界で長年指導的役割を果たされてきた、国土交通省国土技術政策総合研究所の元所長西川和廣を専務理事・事務局長に、(独法)土木研究所構造物メンテナンス研究センター長などを歴任された大石龍太郎を審議役・企画部長に迎えることができました。

当調査会の現在の主たる業務は毎年5千を超える全国規模の直轄道路橋の検査(診断)で、併せて損傷事例を多数保有するとともに、最新データの収集と橋梁管理カルテの更新などを行っています。更に「橋梁定期点検要領(案)」に基づく橋梁点検技術研修会等、橋梁の点検・検査に関する人材育成にも長年努めてきました。この研修

会は年に数回行われ、修了者は平成6年度からの累計は9千名近くに達しています。

上述の橋梁検査(診断)業務により得られた知見および橋梁の計画から管理に至る一連の業務の実績を活用し、高度・特殊な技術を要する橋梁の維持・補修に関する検討業務も行っています。とくに三大損傷と言われる疲労、塩害およびアルカリ骨材反応に関する詳細調査、補修・補強対策の検討、そして大地震など災害時の橋梁調査等に豊富な実績を有しています。もちろん、当調査会の本州四国連絡橋プロジェクトの支援組織としての発足時の主業務であった海洋架橋、長大橋などに対する関心も持続しており、離島架橋の計画・設計も行っています。その他、橋梁関連発注者支援業務、技術基準検討業務、技術開発助成、出版、海外調査などについては当調査会のホームページ等を参照していただきたく存じます。

財団法人である当調査会は関連民間会社などに賛助会員となっただいただいています。このたびの改組を契機にこれら賛助会員へのサービス改善を図ることとしました。その一つは賛助会員限定の特別講演会/セミナーで、さる4月、第1回の講演会と交流会を開催し、藤井聡京大教授(内閣官房参与)および前出の西川和廣に講演をお願いしました。その他、会員限定特別相談室の設置、研修会会費・出版物の割引などを行っています。

ところで、当調査会の前身である(財)海洋架橋調査会の発足から本年度で35年となります。その記念事業として、本年11月に東京で橋梁調査会設立35周年を記念しての特別講演会「世界の橋梁建設とメンテナンス」を催します。これは当調査会の加島常務理事が委員長を務めているPIARC(世界道路協会)橋梁委員会の会合がその直前神戸で開催されるのを機に、内外の専門家を講師に招いて行われるものです。多くの方々のご参加をお願いする次第です。

専務理事に就任して



(一財) 橋梁調査会専務理事
西川 和廣

このたび、一般財団法人橋梁調査会の専務理事に就任いたしました。既に35年の歴史をもつ当調査会の一層の発展に微力を尽くしたいと考えておりますので、ご指導ご鞭撻のほどよろしくお願い申し上げます。

以下、これまで外部の人間としての調査会との関わりを紹介することで、就任のご挨拶に代えさせていただきますと思います。

財団法人海洋架橋調査会が発足した1978年は、私が大学院の修士課程を修了して当時の建設省に入省し、まだ千葉県の稲毛にあった土木研究所橋梁研究室に配属された年に当たります。若い頃の海洋架橋調査会との関わりは、疲労や維持管理関係の委員会への参加が主たるものでした。長大橋の点検車の設計検討に参加したときに、従来のやり方では日本中から塗装工を動員しても間に合わないなどと議論していたことを思い出します。

1996年、道路橋の重量制限がそれまでの20トンから25トンに緩和されることになり、橋の点検がにわかに重要視されることになりました。当調査会のもう一つの前身であった財団法人道路保全技術センターに橋梁構造部を新設して橋梁点検技術研修が行われることになり、土木研究所の橋梁研究室長として自ら講師をお引き受けするなど、深くかかわることになりました。研修の需要は多く、当初から現在と同様年間3回の研修を行っていました。この研修を現橋梁調査会が受け継いでいることはご存じの通りですが、今年の研修が19年目に当たり、修了者がすでに9,000人を超えたと聞き、大変驚いた次第です。それでもまだまだ専門技術者が足りないといわれており、今年も4回目の研修を追加したところですが、以前からの取り組みが役に立っていることをうれしく思っております。

現在では一般的な考え方になっていますが、将来のインフラの増加と高齢化を考えると、早急に維持管理体制を整える必要があること、そしてメンテナンスフリーを目指すのではなく、最小限の維持管理をすることで既設橋梁を含めた道路橋の長寿命化を図ることの大切さを研修の場で訴えていたことが懐かしく思い出されます。研修の教材の一つとして配っていたミニマムメンテナンスのパンフ

レットを、4,000部以上も増刷したことを記憶しています。

2004年、道路保全技術センターの橋梁部門が海洋架橋調査会と統合されることになり海洋架橋・橋梁調査会と名称も変更になりました。昨年、34年あまり勤務した国土交通省を退官し、11月から調査会に採用していただきました。ある意味では2001年の4月、行政改革により国土技術政策総合研究所が発足したことにともない、10年勤めた橋梁研究室長から企画部に移って以来、ほぼ12年ぶりの橋梁と名のつく勤務先に復帰したことになりますが、ある意味で念願が叶ったといっても良いと思います。長年、土木研究所、国土技術政策総合研究所で培った技術や経験を活かして、今度は当調査会の発展に寄与して行きたいと考えております。

現在、橋梁調査会は、直轄管理区間の国道橋のほとんどについての検査・診断業務を行っています。国の骨格となる路線の機能の継続性を確保するという重要な業務であり、今後も業務の信頼性を高めて行く不断の努力が求められています。同時に、国土交通省が地方自治体のメンテナンス業務の支援を打ち出していますが、数の上で95%、延長で79%の道路橋が地方自治体の管理に依っていることを考えれば、当調査会にも今後大きな役割が期待されているように思われます。始まったばかりのインフラの総点検に関わるデータベースの管理等と共に、要請に応えられるよう体制と実力を整えておきたいと考えます。

さらにこの4月1日から一般財団法人となるのにあわせて名称も変わりました。新たな財団の名称は橋梁調査会とシンプルですが、業務の対象が思い切り広くなりました。名称の変更により、これまで続けてきた海洋架橋関連の仕事をやめてしまったのではないかとと思われる方もおられるようですが、離島架橋などを中心に設計・施工支援の仕事も続けています。国土強靱化の流れで得意の長大橋にも動きが出始めていますし、これを受け止めるためにも技術力の維持に努めたいと考えております。

我が国の今後の発展が永く維持されるよう、財団としての立場でしっかり貢献できるよう努力して参りたいと考えていますので、引き続きご支援を賜れば幸いです。

審議役（兼）企画部長に就任して ～いつも安心して通れるように日本の橋を守りたい～

（一財）橋梁調査会 審議役（兼）企画部長
大石 龍太郎



私は、昭和55年に建設省に入省して以来、本省、国土庁、内閣官房、関東・北陸・近畿・中国地方整備局、JACIC等で仕事をさせて頂いた後、（独）土木研究所理事（兼）構造物メンテナンス研究センター長、国土交通大学副校長を経て、昨年12月から橋梁調査会で勤務させて頂いております。今までに橋梁を含む道路管理に関する仕事を、近畿地建道路管理課長、松江国道事務所長、東京国道事務所長、土木研究所構造物メンテナンス研究センター長等で、約10年間させて頂きました。それらの経験は当調査会の仕事に関連が深く、やりがいと使命感を感じております。また一方で、これまでの経験から日本の道路構造物の現状に強い危機感を感じております。と申しますのは、自ら管理していた道路や隣接する道路で、路上に照明灯が落下したり、標識が倒れたり、路面が陥没したり、水道管が破裂して交差点が水浸しになったり、地滑りで道路が埋まってしまうなど色々と経験しました。その時に現場で感じたのは、照明等の道路付属物は長年の繰り返し荷重や応力集中、腐食等の劣化により倒壊の危険性を孕んでいること、それらの数は膨大であり、管理が難しいということ、豪雨には脆弱であるということ等でした。

また、全国の道路橋の損傷事例の相談では、危機感迫るものがありました。例えば、長年使われていた道路橋の床版に穴が開き、車の事故が起きた事例では、コンクリートがバラバラになって橋の下に落ち、鉄筋だけが残っていて下から空が見上げれる状況でした。事前の兆候として穴が開く前に舗装がひび割れて窪んでいました。最近でも同様の状況が全国的に発生している状況ですので、早急に対処する必要があると考え、当調査会では全国事例の収集、原因分析、点検・診断における対処法等を検討し診断業務に活用しております。

さらに、30数年経ったPC橋では、内部でPC鋼材が破断していましたが、それらが外から全く分からず、表面コンクリートの補修工事の際に発見されました。その原因を探っていきますと設計上、施工上、管理上の問題が浮かび上がってきました。

外国では、近年落橋する事例が報告されており、ご存じ

の方も多いと思いますが、米国のミネアポリス市では、平成19年に高速道路が落橋し、多くの犠牲者が出ました。その原因として設計ミスや補修工事中の付加荷重等が指摘されていきました。カナダのモントリオール市では、平成18年に高速道路上の跨道橋が落橋し、死亡事故が発生しました。その原因として設計上の配慮不足、施工ミス、管理上の対応の不適切さが指摘されています。これらのことを考えますと、日本の道路橋でも設計、施工、管理上しっかりと対処していかないと落橋の危険性は拭えないと思われました。そのため管理技術力の向上と管理技術の質的向上が急務である旨を各方面にお伝えし、自らもその活動を続けております。例えば、上記の事例でもお分かりになりますように、鉄筋やPC鋼材等の構造物内部の状況が把握しにくいいため、それらを直接可視化できる技術の必要性を感じ、5年前から理化学研究所と共同で中性子エネルギーを活用した橋梁点検車の開発を進めております。この装置が使えますと構造物内部の鉄筋、PC鋼材、グラウト、腐食状況を可視化できる可能性があります。

また、上述しましたように道路橋や道路付属物の管理は、膨大なデータを扱わねばなりませんのでICT（情報通信技術）の活用が不可欠なことは申し上げるまでもありませんが、それらを利用しやすい形で提供できるデータベースの構築と利用システムの開発も急務だと思っております。

以上、私の経験から日本の橋や道路の問題の一部を記述致しましたが、国民の方々がいつも安心して通れる橋や道路にしていくためには、これからしっかりと道路構造物に手を入れていかないと危機的な状況を迎える可能性があると思っております。そのために橋等の点検・診断は重要な役割を持つと思っております。そして、それらの技術は豊富な知識と長年の経験が必要とされます。当調査会では、それらの技術と経験を持つ技術者が全国の道路橋（現在は主として国が管理するもの）の診断を行っております。これから、当調査会の職員とともに、賛助会員企業の皆様、関係者の方々と力を合わせて、日本の橋を守る仕事に貢献していきたいと思っておりますので、皆様のご支援、ご協力をお願い申し上げます。

九島架橋事業について

宇和島市 建設部 建設課

1. はじめに

愛媛県宇和島市は、四国の南西部に位置し、戦国武将伊達政宗（仙台藩祖）の長男秀宗が立藩した宇和島藩を基に発展した歴史ある市です。幕末に活躍した藩だけあり史跡も多く特に宇和島城は昔のまま現存する13天守の1つに数えられ、その美しい姿は近年マスコミにもよくとりあげられ闘牛と並んで広く知られたところですが、最近では平成17年8月に、旧宇和島市、旧吉田町、旧三間町、旧津島町の1市3町が合併し人口は8万3千人の新しい市として生まれ変わりました。主要な産業として、農業では、温暖な気候と傾斜地の多い地形を利用したミカンをはじめとする果樹栽培が盛んで、水産業においては、変化に富んだリアス式海岸を利用したマダイ・ハマチなどの魚類の養殖や真珠・真珠母貝の養殖が行われています。

この市域の中で今回 架橋事業が進められている九島は、市の有人離島5島の中で一番人口も多く本土から最短距離で320mと近い距離にあります。ま



た、先日絶滅を報じられたニホンカワウソが最後に捕獲された島として知られています。島の周囲は、約10km、面積3.37km²、人口は平成25年4月1日時点



図-1 九島架橋事業のあらまし

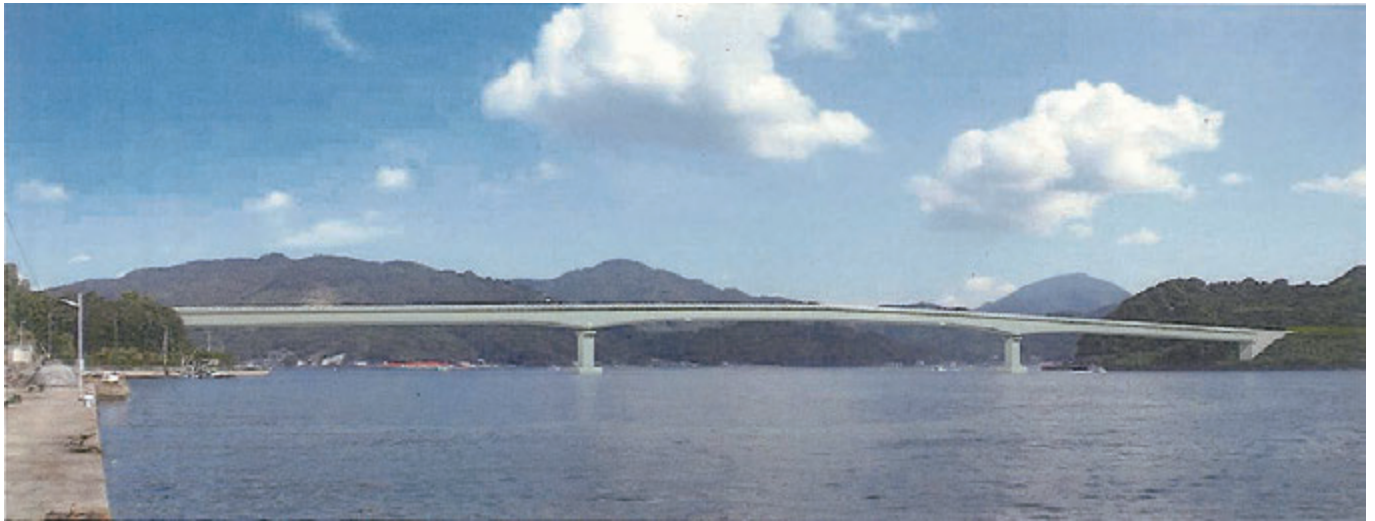


図-2 九島大橋完成イメージ

で989人、65歳以上の高齢者の人口は499人で高齢化率が50.5%となり平成元年の人口1,841人から比べると急速に過疎化が進んだ島です。

2. 九島架橋事業の概要について

九島架橋事業は、昭和62年に九島連合自治会からの市長への陳情から始まり、その後、県道や市道・農道として整備計画が検討され、平成14年には一般廃棄物処理施設と架橋を総合的に組み合わせた開発計画である「九島エコアイランド構想」が策定されました。

その後も、様々なチャンネルを模索し続け、平成22年度には市道坂下津1号線の道路整備事業として国から予算化されることになりました。

本事業は、海上交通として唯一のフェリーに依存している不便さの解消や医療、福祉、消防等の行政サービスの地域間格差解消のため、社会資本整備総合交付金を活用し行っています。

図-1に示すように、本事業は、宇和島市坂下津から蛤に至る、全体計画延長1,678mを取付道路と海上橋梁（九島大橋：橋長468m）により整備するもので、片側1車線で歩道は設置せず橋梁部のみ路肩を1.25mと広めに確保し軽車両の通行に配慮しています。建設事業は平成22年度～27年度の6年間で完成を目指しております。

3. 九島大橋の特色

九島大橋の架橋条件は次の通りです。まず架橋地点の地理的特徴は足摺宇和海国立公園に代表されるリアス式海岸です。海底の最深部（TP-26m）が続く陸上付近で急に浅くなります。潮流速は5.1cm/s～5.3cm/sで比較的緩やかです。航行する船は、総トン数5～20トン未満の漁船が多く1日280隻程度です。この地理的条件を加味しコスト縮減の観点で検討し、九島大橋の橋梁形式は、3径間連続鋼床版箱桁で、主径間185m、側径間141.5mで橋長は468m

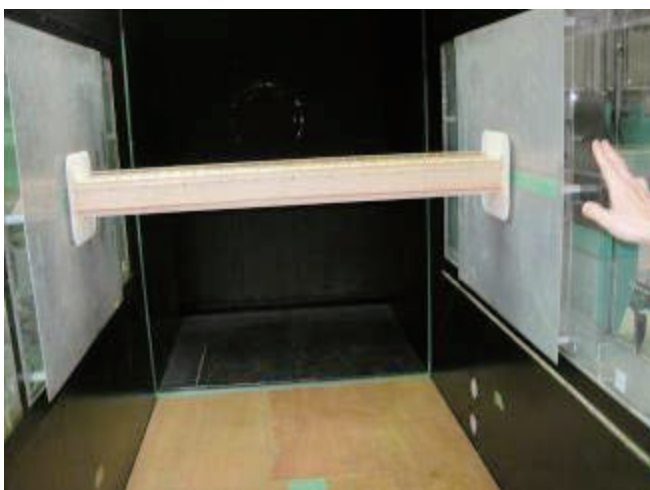


写真-1 二次元風洞実験



写真-2 三次元風洞実験

となりました。

今回の九島大橋の設計では平成24年度発刊の道路橋示方書（(公社)日本道路協会）を適用しています。

設計施工の特色は以下の通りです。

下部工では水深約30m、支持層TP-60mに構築する海中橋脚の施工ということになります。九島大橋では海上部に2箇所設けるコンクリート製の橋脚を陸上部で製作し大型起重機船（4,200t吊り）で曳航し、事前に打設した鋼管杭の上部に設置し水中不分離コンクリートで一体化する工法を採用しました。この工法の採用により海中工事の工期短縮と仮設備のコスト削減を図っています。

また上部工では、道路幅員が2車線しかないため耐風設計で重要な目安となる主桁断面幅（B）と桁高（d）の比（B/d）が2以下（ $8.25/5.3=1.56$ ）となっており、この比が小さいほど風に揺れやすい傾向であることから、耐風設計を如何にするかが重要ということになりました。特に、通常は道路橋耐風設計便覧（(公社)日本道路協会、平成19年改訂版）がこの比で2以上を想定していることで九島大橋は

かなり特殊なケースになることがわかります。

そこで九島大橋の耐風設計では、まず二次元風洞試験（写真-1）で、桁断面の形状を検討しました。断面を逆台形断面と張出断面（通常の箱桁断面）で耐風性を比較し、張出断面を選定し、今後の維持管理を考えTMDによる対策ではなく、空力対策で耐風性を満足するように検討しました。その結果、上下水平プレートと防護柵兼用のフラップの組み合わせによる対策を決定しました（図-3）。またこのような過去に例のない比（B/d）の断面であること支間中央部と支点部では桁断面寸法が異なる変断面であることも考慮し三次元風洞試験（写真-2）を行い、耐風性を満たすことを検証しました。

最後に、維持管理では、主桁の防錆方法として、アルミニウム・マグネシウム合金溶射を採用しました。また、今回の設計では先述したとおり平成24年度発刊の道路橋示方書を適用したこともあり、今後の橋梁点検を考慮した検査路などの維持管理施設を取り込んでいます。

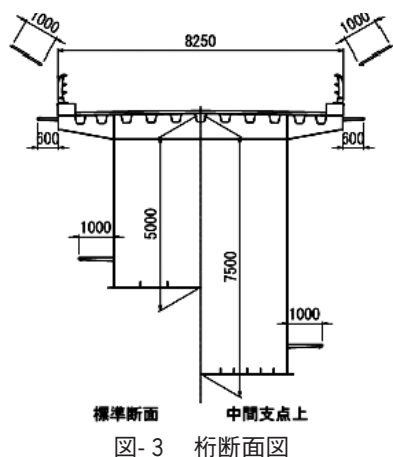


図-3 桁断面図



写真-3 協議状況



写真-4 下部工橋脚の製作現場



図-4 九島楽園案内人 九島楽園マップ

4. 業務の進め方と平成25年9月末の進捗状況

本事業の実施においては、宇和島市が海上橋梁の経験をもっていないことから、計画当初より、(財)海洋架橋・橋梁調査会に技術支援を得ることとし、技術検討委員会の運営、費用便益の算出、プロポーザル方式入札に関する発注者支援、橋梁詳細設計における計画検討、風洞実験における技術評価をして頂きました。また、橋梁本体の工事に関しては、平成24年に宇和島市と施工実績の多い愛媛県で基本協定を結び工事の実施を委託しています。そのようなこともあり、橋梁詳細設計の協議は、宇和島市、技術支援の(財)海洋架橋・橋梁調査会(平成25年4月から(一財)橋梁調査会)と設計業者だけでなく愛媛県も参加して進めました(写真-3)。

平成25年9月末現在、いよいよ工事に移っています。下部工については、2つの橋脚部について、平成24年度に発注を終え、現在陸上部で橋脚を製作中のところです(写真-4)。晩秋の頃から海上部で鋼管杭基礎の施工が始まり平成26年度中に完了を予定しています。

また、上部工については、今年度中に発注して、平成27年度末の供用開始に間に合うように予定しています。その他、取付道路の工事に関しては、平成25年8月現在、用地補償契約は70%程度で、工事の発注も計画通り進んでいるところです。

5. 今後の課題

宇和島市としては九島大橋がもたらすプラスの面、マイナスの面を考え、地域振興・地域活性化にどのように取り組んでいけるかが今後重要な課題となるものと考えています。特に、最初に述べさせていただいたように急激に進む過疎化に対して、効果のある施策が打ち出せるかが鍵になると考えており、地元では、地域振興・地域活性化を目的とする新たな組織が結成される見通しです。このように、行政と地元で協力し九島架橋事業が市の将来を明るくするきっかけになれるよう努力してまいります。

今後も九島大橋も含めてご意見ご指導いただきますようお願いいたします。

光ファイバセンサによる分布ひずみデータを用いた橋梁支承モニタリング

横浜国立大学大学院 都市イノベーション研究院 准教授 西尾 真由子

1. はじめに

橋梁において支承は、上部構造の死荷重を受け持ち、境界条件を与える重要な役割を担っており、さらに活荷重や温度変化などによって可動部での移動や回転を繰り返す、過酷な部材である。また、桁端部の狭小な空間に位置することが多いため、土砂や雨水がたまりやすく、メンテナンスも困難であることから、腐食や損傷による機能劣化が生じやすい¹⁾ (図1(a))。さらに地震時には、支承が揺れ・衝撃を吸収しながら上部構造に伝えるため、損傷事例が大変多い¹⁾ (図1(c)(d))。そして、支承に機能低下・損傷が生じると、上部構造の境界条件が変化することとなり、想定外の応力分布が発生することから、主桁に損傷を引き起こした事例も報告されている¹⁾ (図1(b))。現在この支承の維持管理は、主に目視点検によって行われている。しかし、例えば国土交通

省の橋梁定期点検要領²⁾では、その状態区分が「損傷無し」と「機能が損なわれている・著しく阻害されている可能性あり」の2段階であるなど、目視によってその機能を段階的・客観的に評価することが困難である。近年、構造物にひずみや加速度などのセンサを設置し、静的・動的な応答からその状態を客観的に評価する「構造ヘルスマモニタリング」に関する取り組みが、橋梁に対しても始まっている。支承のように、その機能の診断が困難な箇所にこそ、センサ技術を活用して客観的で定量的なモニタリングが可能となれば、大変有効である。

筆者らは、この支承機能の評価に、狭小な空間に配置が容易であり、分布的なひずみ計測が可能である光ファイバセンサを適用し、取得されるひずみ分布形状を用いるモニタリング手法の構築に取り組んでいる。支承の機能が低下すると、上部構造の境界



(a) 発錆・腐食による損傷



(b) 機能不全により主桁に亀裂が発生した事例



(c) 地震時ピン支承の損傷



(d) 地震時ゴム支承の残留変形

図1 支承部の損傷事例¹⁾

条件が変化し、その静的・動的挙動（変形や振動特性）に大きな影響を及ぼす。しかしこれらの挙動は、上部構造自体の構造状態や外力によっても変化するため、境界条件の変化のみを独立に評価することが難しい。筆者らはこれに対して、支承機能が増加することで、主桁の支点反力が変化することを、桁端部での比較的局所的なひずみ分布形状から捉えることができるのではないかと考え検証を行っている。光ファイバで得られる分布ひずみデータの特性を生かし、ひずみ分布形状の変化から境界条件を独立に評価する指標が得られれば、支承機能モニタリングに用いることができる。本稿では、構造ヘルスマニタリングへの適用が期待される光ファイバセンサについてはじめに紹介したうえで、その特長を生かしたモニタリング手法として筆者らが提案する、支承機能モニタリングの基礎検討結果、および実橋梁での計測による検討結果を報告する。

2. 光ファイバセンサの概要

光ファイバは、主に石英ガラスを繊維状として光伝播を行うケーブルである。屈折率の異なる材料を同心円状に構成し、コアと呼ばれる芯の部分で全反射して光が伝播する。構造モニタリングで使用する光ファイバセンサは、多くが基本的にひずみセンサであり、このコア内を伝播する光のさまざまな物理現象によってさまざまな計測原理がある。一般的に光ファイバセンサの利点には、小型・線状で軽量、高耐久性、電磁界の干渉を受けないためノイズが小さい、といった点が挙げられるが、なんといっても大きな利点は、1本の光ファイバ上に複数の計測点を分布的に配置できることであろう。基本的に、光がファイバ内を伝播できている限りこの多点計測が可能であるので、数kmオーダーで光ファイバセンサ網の敷設が可能である。さまざまな計測原理の中でも特に普及が進んでいるのが、回折格子の原理を利用したFBG（Fiber-Bragg grating）、そして、ブリ

ルアン散乱という散乱現象の一つを利用した分布型センサ（BOTDR/BOTDAなど）である。筆者らがモニタリング研究に用いているセンサは、このFBGセンサと、ブリルアン散乱式分布型センサの一つであるPPP-BOTDA（Pulse-prepump Brillouin optical time domain analysis）である。

FBGセンサは、光ファイバのコアに屈折率変調による回折格子を加工し、ある波長帯域の入射光のうち、回折格子幅に相当する波長の光が反射してくることを利用する（図2）。光ファイバにひずみが作用し格子幅が変化すると、反射光の波長がシフトすることから、ひずみ値を求めることができる。初めに与える回折格子の幅を少しずつずらし、同一光ファイバ上に複数のFBGを配置しておけば、1本の光ファイバで多点計測ができることが大きな特長である。FBGの位置は計測箇所に応じて決めることができ、実際の土木構造物の計測では1ラインに20点程度まで計測点を設けることが可能である。

ブリルアン散乱式分布型センサは、光ファイバにパルス履歴光を入射した際にあらゆる箇所で見られる、光の散乱現象を利用した計測手法である。前述したFBGのような光ファイバへの特別な加工は必要なく、ファイバ全体がセンサ部となって、ある空間分解能（ひずみゲージ長に相当）でのひずみが、ある計測点間隔で取得される。登場した当初は1mの空間分解能であったが、近年はcm/mmオーダーにまで向上した計測装置が市販されるまでになっている。その中でPPP-BOTDAは、cmオーダーの空間分解能を、高いひずみ計測精度で実現したセンサである³⁾。図3に、基本的な計測原理の概要図を示す。光ファイバの片端から、ある周波数のレーザー光をパルス履歴で入射すると、光ファイバコア内のあらゆる箇所です誘導ブリルアン散乱光が励起される。反対側の端部から入射される連続履歴光は、励起された微弱な散乱光を強める働きがある。計測装置ではまず、このブリルアン散乱光の強度を、計測点*i*につ

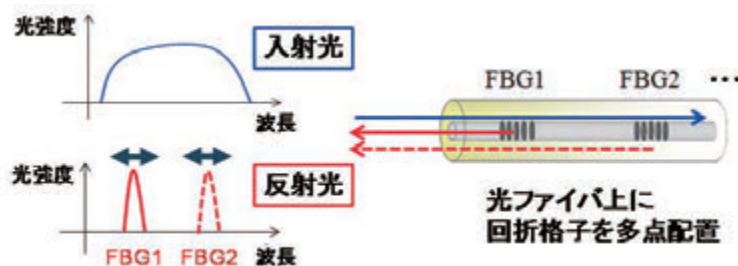


図2 FBGセンサの計測原理

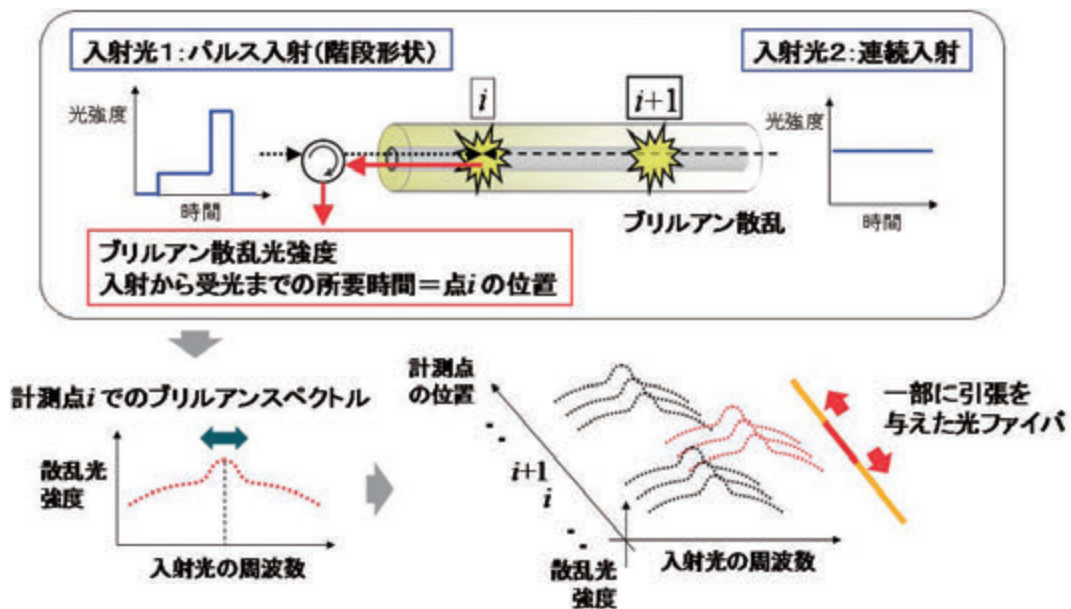


図3 PPP-BOTDAの計測原理

いて測定する。このとき、コア内を伝播する光の速度は既知であるので、ポンプ光を入射してから受光部で散乱光を検知するまでの時間も同時に計測することで、光ファイバ上における計測点*i*の端部からの距離も得られる。一定時間間隔でサンプリングを行えば、ある計測点間隔（cmオーダー）で、光ファイバ軸方向全体での散乱光強度が得られる。この計測を、入射光の周波数を変化させながら繰り返すと、各計測点で、入射光の周波数に対するブリルアン散乱光強度のプロットが得られる。これはブリルアンスペクトルと呼ばれる。このスペクトルのピーク値は、光ファイバのコア屈折率に依存しており、ファイバにひずみが生じることでこの屈折率が変化すれば、ピーク値はシフトする。そのシフト量からひずみを得ることができる。すべての計測点について、ピーク周波数を位置情報とともに得ることで、光ファイバ上のひずみ分布が取得できるのである。

3. 橋梁支承の機能評価に関する基礎検討

橋梁支承の可動機能が低下し境界条件が変化すると、主桁への支点反力が変化することから、曲げ変形に対する軸ひずみ分布が変化する。このことを利用すると、主桁の軸ひずみ分布から支点反力の状態が推定できると考えられる。しかし、ひずみゲージなど単一点で計測するセンサで分布形状の特徴を捉えようとする、多数のセンサを設置する必要があるため、実橋でのモニタリングには現実的ではない。一本の光ファイバを貼りつけることで、多点での計

測が可能な光ファイバセンサを用いれば、このような支承機能のモニタリングができると期待される。

筆者らは、支承可動部の動きを調整できる単純梁模型を作製し、この支承機能モニタリングに対する基礎検討を、分布型センサPPP-BOTDAを用いて行った。梁模型は、ローラー・ヒンジ支承を有する長さ1500mmのアルミニウム製I型断面梁であり、集中荷重載荷を行うことができる（図4）。支承部材は、ローラー・ヒンジの回転および並進機構をネジによって固定することで、可動部の機能不全を与えられる。データ取得には、直径150 μ mのシングルモード光ファイバを、I型断面の下フランジ上面軸方向にエポキシ接着剤で貼りつけた（図5(a)）。また、下フランジ上面の同じ軸上に、比較用のひずみゲージ（ゲージ長5mm）を10点貼り付けた（図5(b)）。そして、支承の可動機能を変化させながら、集中荷重載荷によるひずみをそれぞれのセンサで取得した。PPP-BOTDA（Neubrex(株)、NBX-6020A）で得られるデータは、空間分解能2cm、計測点間隔1cm、計測精度 $\pm 7.5\mu\epsilon$ （メーカー仕様）の分布ひずみデータである。図6では、単純梁の境界条件（可動部の固定なし）で得られたデータを、PPP-BOTDAとひずみゲージで比較した。PPP-BOTDAでは、1cmの計測点間隔で値が得られており、梁全体のひずみ分布が把握できるデータが得られていることがわかる。ひずみゲージの値とも概ね合致しているが、詳細な違いは、各センサの計測精度の違い（測定器の性能などにもよるが、実験室でのひずみゲージ計測

精度は $\pm 1\mu\epsilon$ オーダー)、そして光ファイバの接着状態にも影響をうけていることが考えられる。ただし、図5 (a)(b) の写真からもわかるように、ひずみゲージでは各計測点に導線があり、それぞれブリッジボックスに接続しなければならない。一方でPPP-BOTDAでは、一本の光ファイバの両端を測定器に接続すれば、150点の計測点が得られるのである。このようなデータ取得は、分布型光ファイバセンサの大きな特長といえるだろう。図7は、支承機能を変化させたときの、集中荷重載荷によるひずみ分布形状を比較したものである。特に並進可動部を固定した場合に、桁端部に近い位置で圧縮側のひずみを示し、分布形状が大きく変化していることがわ

かる。本研究では、このような分布形状の変化を評価するために、本研究では分布形状の「傾き」に関する指標化を提案した。これは、画像処理の分野で用いられるフィルタ処理を施して、支承付近のひずみ分布形状の変化を捉えるものであり、筆者が既往の研究で提案した方法に基づいている⁵⁾。この基礎検討では、分布データの取得によって初めて可能となる、支承機能の定量的な評価の可能性を示した。このように分布「形状」の変化を評価する方法は、分布型センサで得られるデータの特性を活用した、光ファイバならではのモニタリング方法といえることができるだろう。

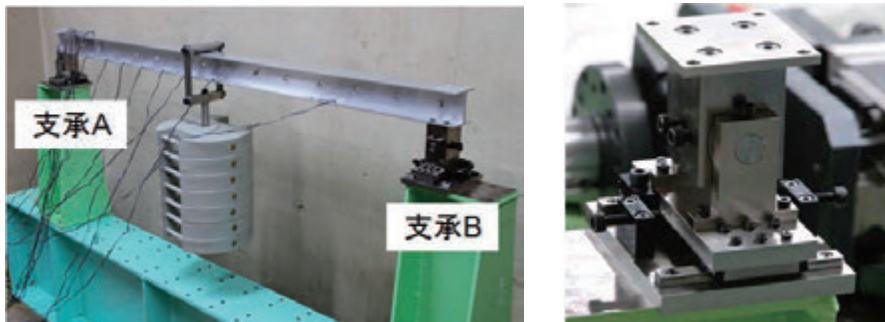


図4 梁供試体載荷試験の様子と回転・並進機構を固定できる支承部材



(a) PPP-BOTDA計測用光ファイバ (b) ひずみゲージ

図5 各センサの貼付けの様子

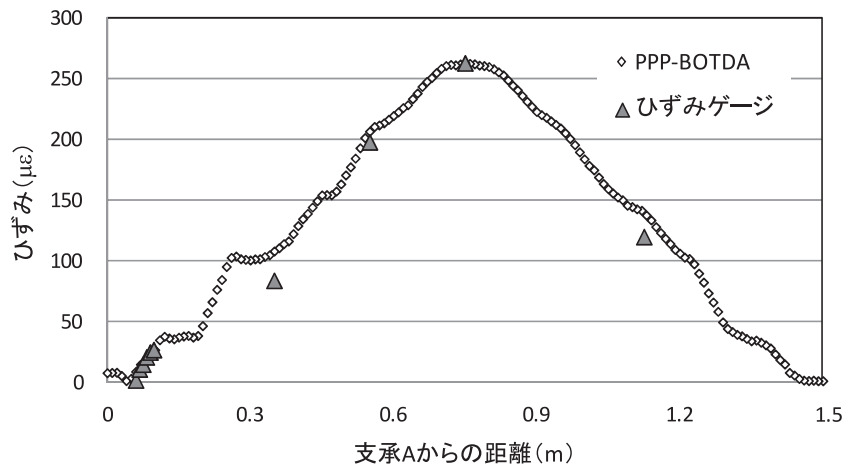


図6 PPP-BOTDAデータとひずみゲージデータの比較

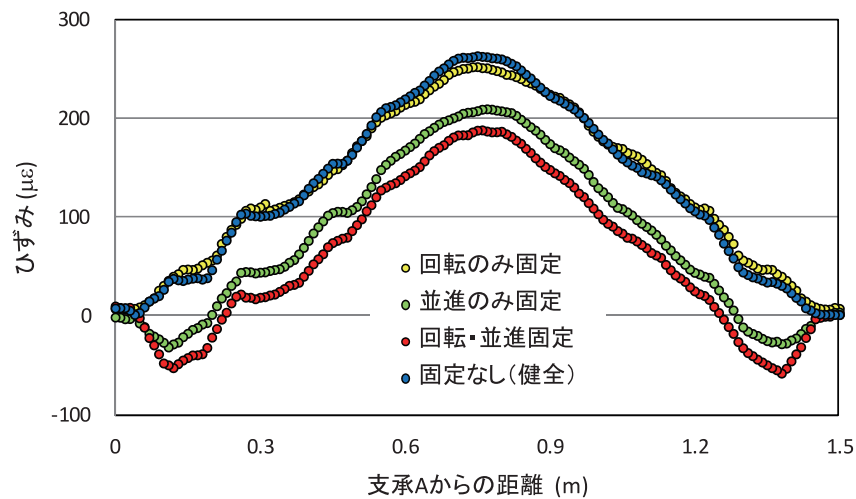


図7 各支承条件におけるPPP-BOTDAデータ

4. 実橋梁での光ファイバ計測実験

多点分布計測が可能という光ファイバセンサの利点を生かすと、構造のグローバルな挙動をみる計測点配置と、前項で示した支承機能のようにローカルな挙動をみる計測点配置が、同時に可能となる。筆者らは、このようなデータ取得の実証実験を、実橋梁の光ファイバ計測にて行った。対象とした橋梁は、北関東にある全長324mの中空床版PC連続高架橋のうち1径間（支間長21.7m）である。ここでは、ロングゲージFBG光ファイバセンサ⁵⁾を用いて、スパン全体のグローバルなひずみ分布を把握する計測と、支承機能モニタリングを念頭においた桁端部でのローカルなひずみ分布計測を同時に行った。グローバルなひずみ分布計測には、ゲージ長100cmのセンサを橋軸方向に、スパン1/4点、中央、3/4点を含む10点設置した。そして桁端部には、ゲージ長15cmのセンサを橋軸方向に15cm間隔で10点ずつ、上り／下り線側それぞれに設置した（図8）。設置方法は、表面処理を行ったところにセンサを瞬間接着剤で仮止めし、エポキシ接着剤で埋め込むようにして接着した（図9）。

この計30点のFBGセンサを3ラインのネットワークとし（すなわち、光ファイバ1ラインにFBG10点配置）、計測装置（Micron Optics, Inc., SM-130）に接続して、車両通過時の動ひずみ計測を行った（サンプリング周波数1kHz）。図10は、大型車両通過時

にスパン中央のFBGセンサで得られた時刻歴データである。この図中で、最大ひずみを示した時点について、全計測点のひずみをプロットすることで、径間中央を車両が通過した時点でのひずみ分布を得ることができる。図11（a）は、同じ大型車両通過時に、スパン1/4、中央、3/4地点のセンサで最大ひずみを示したそれぞれの時点での、100cmゲージセンサで得られたひずみ分布である。車両の移動に伴って、分布形状のピークが移動していく様子がわかる。一方、図11（b）は、同じ時点で15cmゲージセンサより得られた、支承近傍でのひずみ分布を示したものである。こちらでも、車両が桁端部から移動するにつれ、分布形状の傾きが小さくなっていく様子がわかる。ただし、この15cmゲージセンサで得られたデータでは、発生するひずみ自体が大変小さい。本計測で用いたFBG計測での精度が $\pm 3\mu\epsilon$ 程度であることから考えると、前項で示した支承機能モニタリングに用いるは、データ値の信頼性が十分とはいえない。ただし近年では、より高精度（ $< \pm 1\mu\epsilon$ ）での計測が可能な装置が、市販されるようになってきている。このようなセンサ技術の向上を逐次活用することで、支承機能モニタリングも含め、新たなモニタリング手法の検討をさらに進めていくことが可能であると考えている。

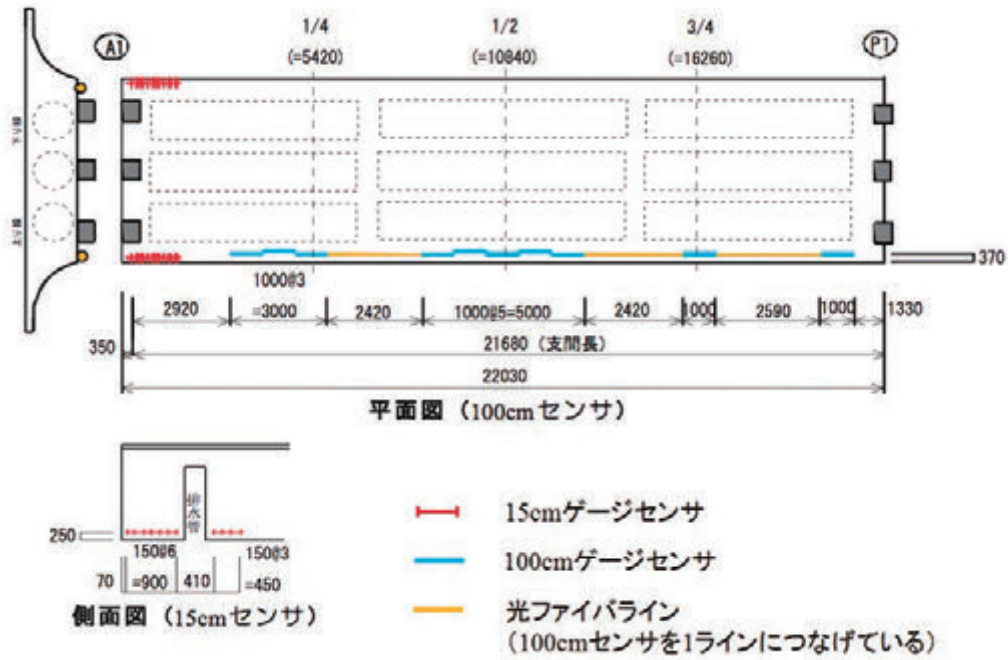


図8 光ファイバセンサ配置図



図9 光ファイバセンサ貼付けの様子

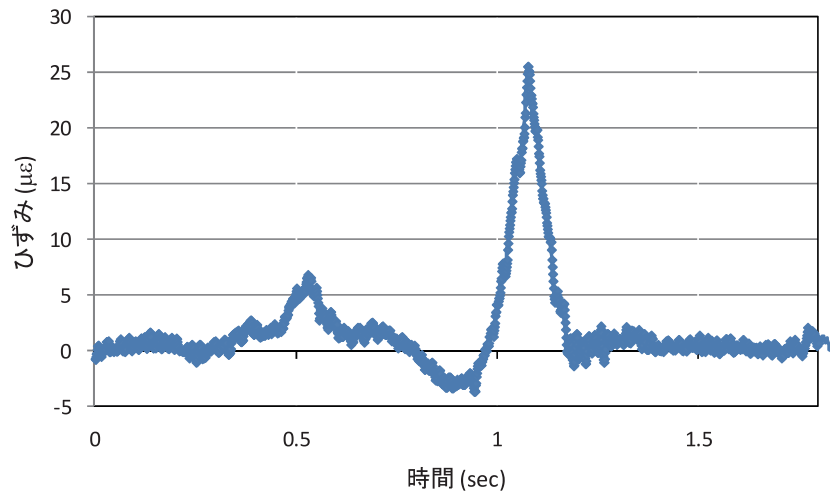
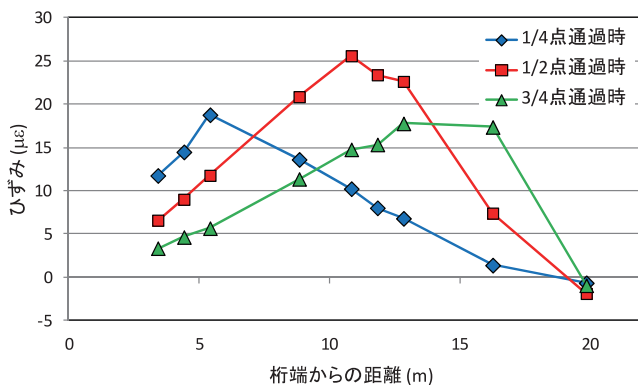
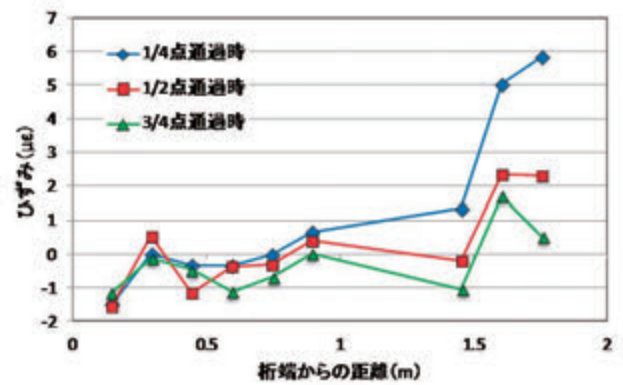


図10 大型車両通行時に支間中央 (1/2) 計測点で得られた動ひずみデータ



(a) 1m ゲージセンサによる橋梁全体でのひずみ分布



(b) 15cm ゲージによる支承近傍の桁端部でのひずみ分布

図11 大型車両通過時にロングゲージFBGセンサで得られたひずみ分布

5. おわりに

本稿では、筆者らが取り組んでいる支承機能モニタリング研究を、光ファイバセンサの分布的なデータ取得で初めて可能となるモニタリング手法の一つとして紹介した。ここで示したのはひずみセンサによるモニタリングだが、他にも温度センサ、加速度センサ、化学センサ（水分・塩分など）と、現在は多様な光ファイバセンサが登場している。今後は、このような多様なセンサを組み合わせることで構造物からの情報を取得し、多変量解析的な考え方でその状態を把握できる可能性があり、これも光ファイバセンサの利点となるであろう。しかし、実際に橋梁など社会基盤構造物の維持管理に寄与する構造モニタリングシステムを構築するには、まだ解決すべき課題がいくつもある。その中でも重要な課題の1つが、前章の実橋梁計測結果に対しても触れたように、センサを実際に構造物に設置して得られるデータの精度「保証」であると、筆者は考えている。

新しいセンサ技術が次々と登場し、計測装置の仕様はどんどん向上している。しかし実際に適用する段階になると、設置方法・計測システム構成・環境要因など、考慮すべきデータ精度への影響因子は数多くある。光ファイバセンサのように、これまでに適用例が少ないセンサを適用しようとするとき、その仕様に基づく一般的な利点を並べるだけでは不十分である。全ての影響因子を考慮した総合的なデータの精度と信頼性を、構造物の管理者や使用者にしっかり提示したうえでモニタリングシステムを提案していかなければ、せっかくの新しいセンサ技術の

活用が進まなくなる。これからは、モニタリング手法の構築とともに、実構造で得られるモニタリングデータの妥当性保証と、その方法の確立が必要となるのではないかと筆者は考えている。

謝辞

本研究は、(一財)橋梁調査会の橋梁技術に関する研究助成を受けて実施したものである。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 湯本大祐、柿沼努、村井向一、吉田昌由：支承部の損傷と対策事例—経年劣化から地震による被害まで—、日本橋梁建設協会、平成23年度橋梁技術発表会資料。
- 2) 橋梁定期点検要領（案）、国土交通省道路局、平成16年3月。
- 3) 李哲賢、津田勉、岸田 欣増ら：現場に適用した2cm空間分解能ブリルアン分布計測の実現、信学技報、OFT2010-12, 2010。
- 4) 西尾真由子、武田展雄：分布型光ファイバセンサを用いた変位同定法による境界条件変化を考慮した構造物の変形モニタリング、土木学会論文集A, Vol.66, No.2, 229-238, 2010。
- 5) 李素貞、呉智深、渡辺匠：ロングゲージFBGセンサの分布化によるRC曲げ構造物のヘルスマニタリング手法の構築、応用力学論文集、Vol.10, 983-994, 2007。

津波による橋桁の流出現象の解明に向けて

名古屋大学 高等研究院 特任講師 中村 友昭

1. はじめに

2004年スマトラ島沖地震や2011年東北地方太平洋沖地震では、津波により橋梁の桁が流出する被害が発生した。これまでに、津波による桁の被災についての研究が水理実験と数値計算の両面から進められてきており、桁に作用する津波による波力（以下、津波力と称する）の特性が明らかにされてきている。しかし、桁の移動現象を取り扱った研究は限られており、桁に作用する津波力の発生機構とそれが桁の移動に与える影響について十分な知見が得られているとは言えない。これに関連して、著者ら¹⁾は津波と桁の相互作用を解析できる3次元数値計算モデルの開発を行っている。同数値計算モデルでは、非圧縮性粘性流体からなる気液相の流体運動を計算する連続式とNavier-Stokes方程式を支配方程式とするLES (Large-Eddy Simulation) に、気液界面を追跡するMARS (Multi-interface Advection and Reconstruction Solver) と、流体と構造の連成計算を行う体積力型埋め込み境界法が組み込まれている。詳細は中村・水谷²⁾を参照されたい。

本稿では、著者の取り組みのうち、固定した桁を対象に津波を模擬した段波の作用に伴う津波力の検討を行っている水理実験²⁾に対して上述の数値計算モデルの再現性が確認されていることから、その桁を移動可能なものに取り替えた数値実験を行うことで、桁の移動に与える津波力の影響とそれに及ぼす津波力低減対策の効果を検討した事例^{3),4)}を紹介する。

2. 桁の移動に与える津波力の影響

2.1 計算条件

水理実験²⁾をモデル化した計算領域の概略図を図-1に示す。同図に示すように、貯水部（長さ2.0m、奥行き0.6m）の下流側に設けられた水路（長さ4.0m、奥行き0.2m）の内部に、ボックスガーター橋を想定した移動可能な矩形断面の桁（幅80mm、高さ20mm）を設置した。そして、貯水部の初期静

水深を0.25mとした水柱崩壊に伴う段波を作用させた。ここで、桁は密度 ρ_b の剛体とし、密度 ρ_b を4種類（ 1.0×10^3 、 1.5×10^3 、 2.0×10^3 、 $2.5 \times 10^3 \text{kg/m}^3$ ）変化させた。また、桁が計算開始とともに落下しないように桁の初期設置位置の下面（ $1490 \leq x \leq 1570 \text{mm}$ 、 $z = 65 \text{mm}$ ）に仮定の透過な橋脚を設定した。ここで、桁と橋脚の静止摩擦係数 μ_s は幸左ら⁵⁾を参考に0.6とした。水理実験がFroudeの相似則に基づいて約1/50の縮尺で行われたこと⁶⁾を考慮すると、実スケールでは幅12.0m、高さ3.0mの矩形断面の桁に高さ37.5mの水柱を崩壊させた段波を作用させたことに相当する。

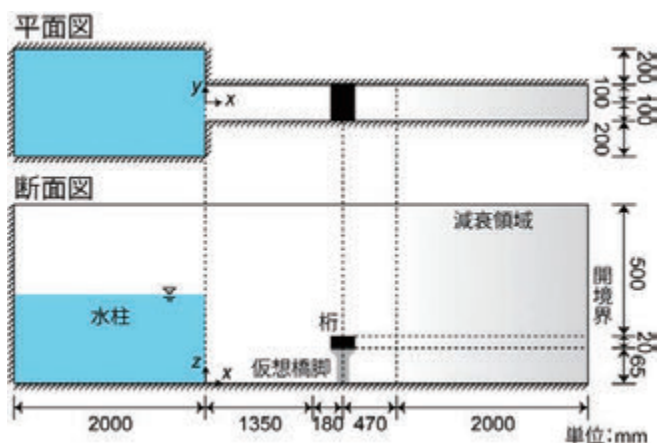


図-1 計算領域の概略図

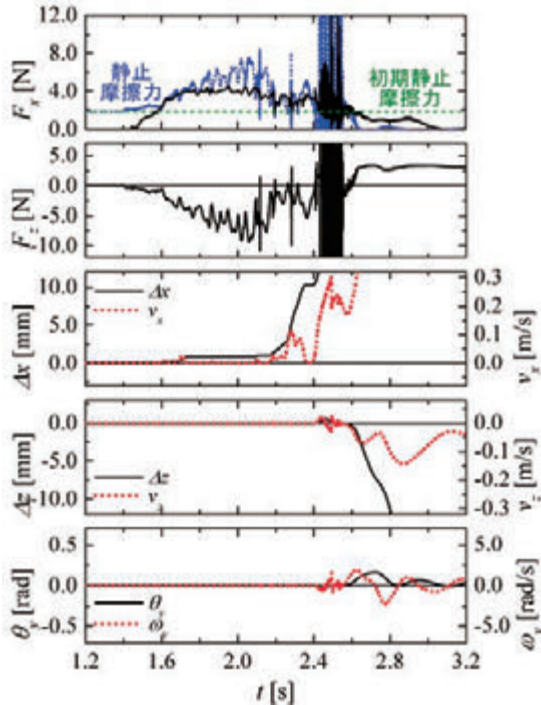
2.2 計算結果および考察

津波力と桁の移動の関係を図-2に示す。ただし、 F_x と F_z は桁に作用するx軸方向とz軸方向の津波力、 Δx と v_x は桁の重心位置のx軸方向の変位と速度、 Δz と v_z は重心位置のz軸方向の変位と速度、 θ_y と ω_y は重心位置のy軸回りの回転角と角速度である。また、図-2の F_x のグラフには、桁の重量を W としたとき、 $\mu_s (W - F_z)$ より求めた静止摩擦力を青色の点線で、その初期値を緑色の破線で示した。また、 $\rho_b = 1.0 \times 10^3 \text{kg/m}^3$ と $\rho_b = 2.0 \times 10^3 \text{kg/m}^3$ での桁の様子を図-3と図-4に例示する。ここで、図-3や図-4の左図において水色は水を、緑色は桁を表している。また、

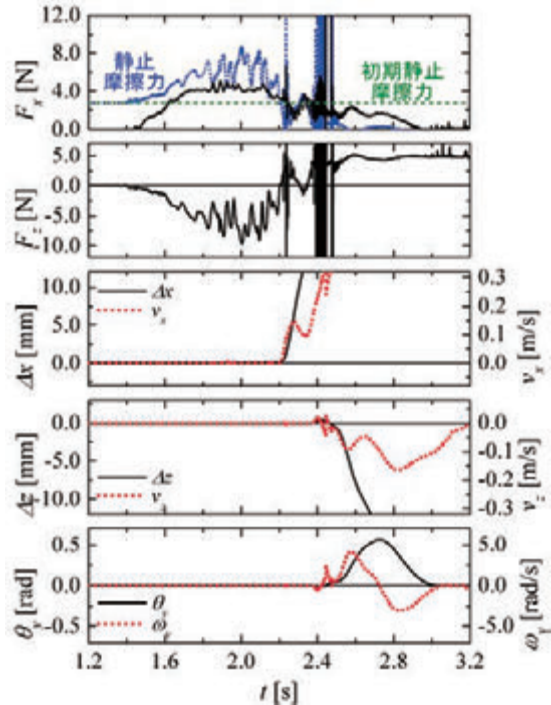
図-3や図-4の右図において細い実線は水面を、太い実線は桁を表しており、 p は初期の圧力を基準とした圧力変動である。

図-2 (a) と図-2 (b) より、 $\rho_b = 1.0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ と $\rho_b = 1.5 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ の桁に大きな Δx が生じ始める約2.2秒までは、 F_x 、 F_z ともに ρ_b による差は顕著には認めら

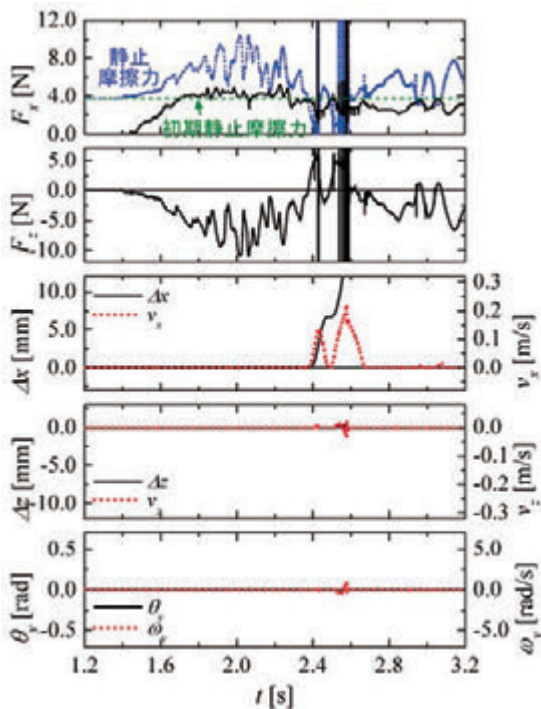
れないことが分かる。具体的には、 F_x は1.4秒過ぎから徐々に増加し始め、1.7秒過ぎにはほぼ一定値に達していることが確認できる。その一方で、 F_z は1.4秒過ぎから徐々に低下し、2.0秒過ぎには最小値に達しているものの、その後は逆に増加し始めていることが分かる。このように F_x や F_z に ρ_b による差があ



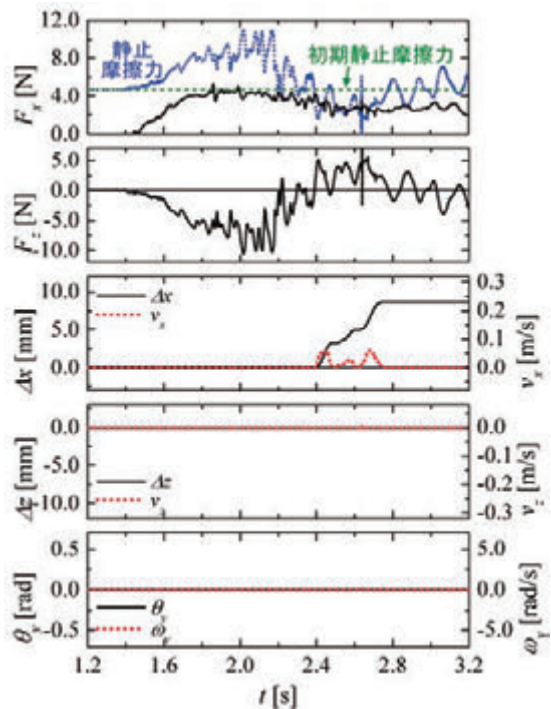
(a) 密度 $\rho_b = 1.0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$



(b) 密度 $\rho_b = 1.5 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$



(c) 密度 $\rho_b = 2.0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$



(d) 密度 $\rho_b = 2.5 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$

図-2 津波力と桁の移動の関係

まり認められなかったのは、桁の大きさを ρ_b によらず一定としたため、また上述したように約2.2秒までは ρ_b による桁の位置の差が顕著ではなかったためと考えられる。

このとき、図-2 (a) と図-2 (b) の F_x のグラフに示した静止摩擦力に着目すると、 ρ_b による F_x の差が小さいことから ρ_b による静止摩擦力の変化量の差も小さく、いずれの場合も1.4秒過ぎから徐々に増加していることが確認できる。ただし、 ρ_b によって W が異なることから静止摩擦力の大きさには差がみられ、 ρ_b の増加とともに静止摩擦力の大きさも大きくなっていることが分かる。そのために、上述したよ

うに ρ_b による F_x の差は小さいものの、 W が小さい $\rho_b = 1.0 \times 10^3 \text{kg/m}^3$ や $\rho_b = 1.5 \times 10^3 \text{kg/m}^3$ の場合には、図-2 (a) や図-2 (b) に示すように、約1.6秒には F_x が静止摩擦力の初期値を上回っているものの、 F_x と同時に静止摩擦力も F_x の低下に伴って増加していたことから、桁に顕著な移動が生じなかったことが確認できる。ただし、約2.2秒になったときには F_x の増加に伴って静止摩擦力が減少し始めており、 F_x がその減少した静止摩擦力を上回ることによって桁が大きく移動し始めたことが分かる。そして最終的に、図-3に示すように桁が流出したことが確認できる。

次いで W が大きい $\rho_b = 2.0 \times 10^3 \text{kg/m}^3$ の場合には、

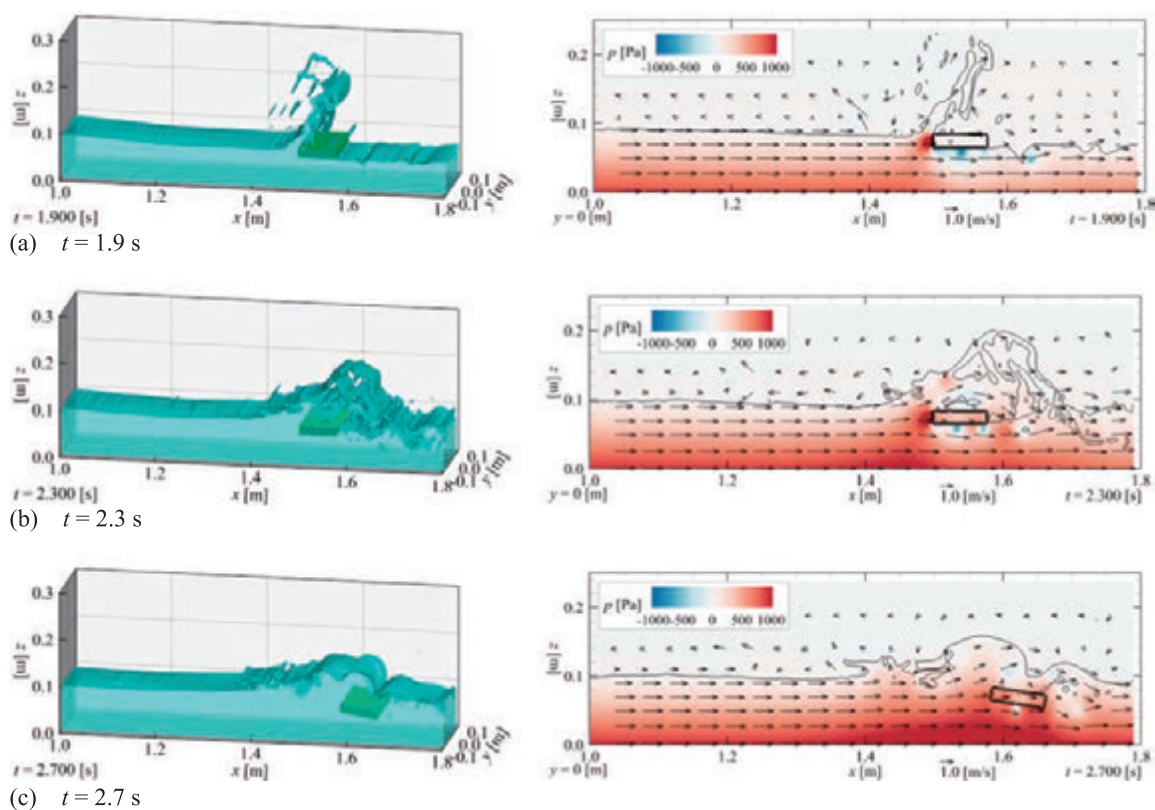


図-3 流出が生じたときの桁の様子 (密度 $\rho_b = 1.0 \times 10^3 \text{kg/m}^3$ 、左図：全断面、右図： $y = 0 \text{m}$ 断面の圧力変動 p)

図-2 (c) に示すように、2.4秒の手前で F_x が正となり桁に鉛直上向きの力が作用したことから、静止摩擦力がその初期値を下回るまで減少したことが分かる。このとき、 F_x はほぼ一定値であったものの、低下した静止摩擦力が F_x を下回ることによって図-4 (b) に示すように桁が移動し始めたことが確認できる。ただし、2.6秒過ぎには静止摩擦力が F_x を再び上回ることによって桁の移動が止まり、図-4 (d) に示すように桁の流出は生じなかったことが分かる。さらに W の大きい $\rho_b = 2.5 \times 10^3 \text{kg/m}^3$ の場合にも、図-2 (d) に示すよ

うに、上述した $\rho_b = 2.0 \times 10^3 \text{kg/m}^3$ の場合と同様に、約2.4秒になったときに F_x の増加に伴う静止摩擦力の減少のために静止摩擦力が F_x を下回り桁が移動し始めたものの、2.7秒過ぎには静止摩擦力が再び F_x を上回ることによって桁の移動が止まり、最終的に桁の流出は生じなかった。また、図-2 (c) に示した $\rho_b = 2.0 \times 10^3 \text{kg/m}^3$ の場合には約1.7秒、図-2 (d) に示した $\rho_b = 2.5 \times 10^3 \text{kg/m}^3$ の場合には1.8秒過ぎに F_x が静止摩擦力の初期値を上回っているものの、図-2 (a) に示した $\rho_b = 1.0 \times 10^3 \text{kg/m}^3$ や図-2 (b) に示した $\rho_b = 1.5 \times$

10^3kg/m^3 の場合と同様に F_x の減少に伴い静止摩擦力も増加していたことから、上述したように約2.4秒まで桁に移動が生じなかったことも確認できる。

以上より、桁の自重を大きくしたり、桁に作用する浮力を小さく抑えられる形状にしたりするなど、 W をできる限り増加させたり F_x をできる限り減少させたりして静止摩擦力を増加させることによって、

またその静止摩擦力を上回らないように津波の作用面積や抗力係数を減らす形状にするなど F_x の増加をできる限り抑えることによって、津波の作用に伴う桁の移動を抑えられることが明らかになった。また、 F_x を考慮しない静止摩擦力では桁の移動を適切に評価できないことから、静止摩擦力を評価する際における F_x の考慮の重要性が判明した。

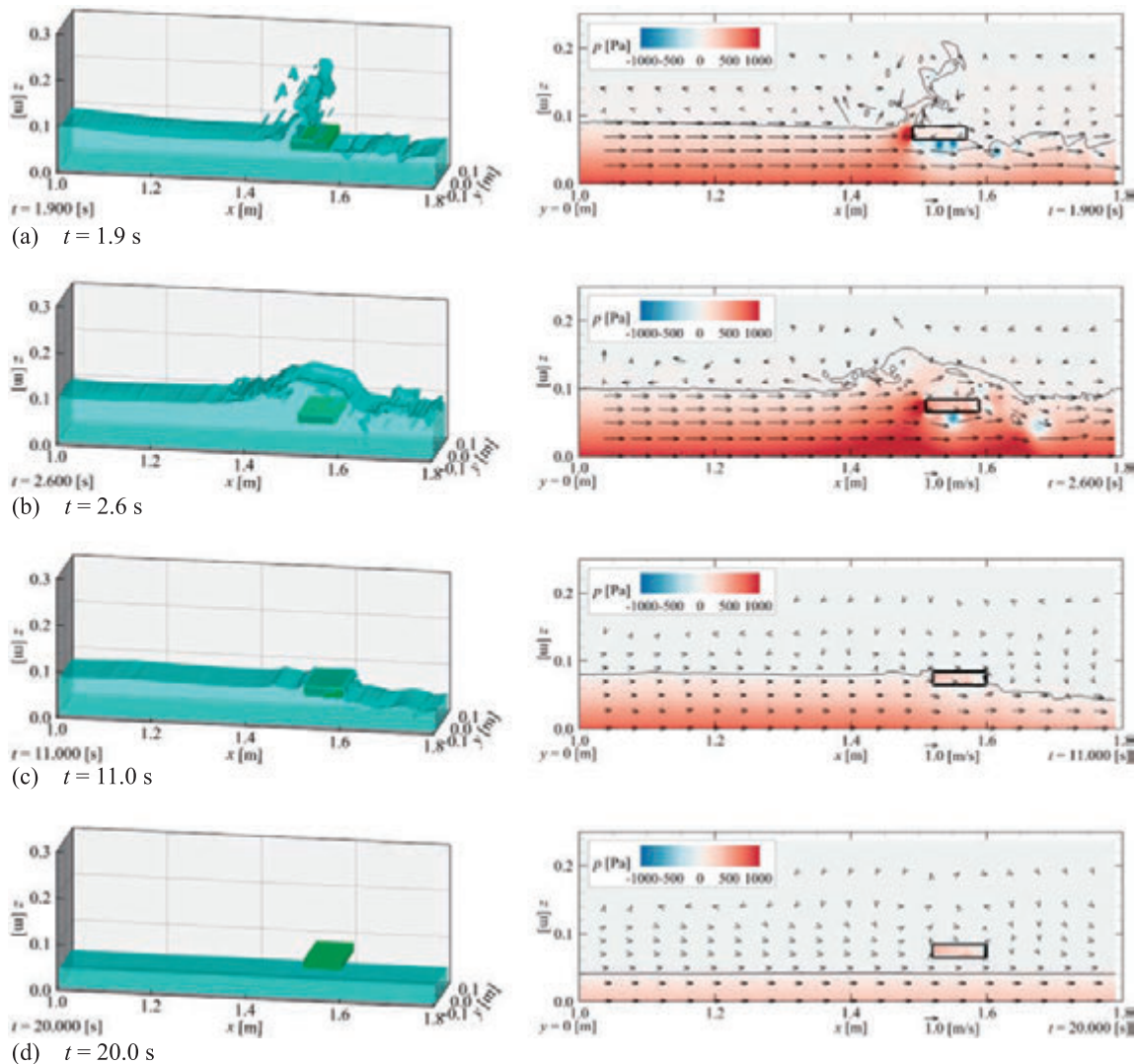


図-4 流出が生じなかったときの桁の様子（密度 $\rho_b = 2.0 \times 10^3 \text{kg/m}^3$ 、左図：全断面、右図： $y = 0\text{m}$ 断面の圧力変動 p ）

3. 桁の移動に与える津波力低減対策の効果

3.1 計算条件

前章の計算条件のうち、移動が最も生じやすかった密度 $\rho_b = 1.0 \times 10^3 \text{kg/m}^3$ の桁を対象に、津波力低減対策の効果を検討した。その津波力低減対策としては、 F_x の増加を抑えることを目的に、桁の側面にフェアリングを取り付けたケースと桁の横に防衝工を固定したケースを対象とした。図-5 (a) にフェア

リングの概略図を示す。フェアリングとして、張ら ρ を参考に決定した桁高と同じ長さだけ張り出した三角形の3パターン（Case A-1～Case A-3）と、Case A-3の先端を切り落として台形とした1パターン（Case A-4）を対象とし、現地での引き波の作用を考慮して桁の左右両側に取り付けた。また、フェアリングの有無とその形状が桁の移動に与える影響に絞って検討を行うために、フェアリングの密度は仮

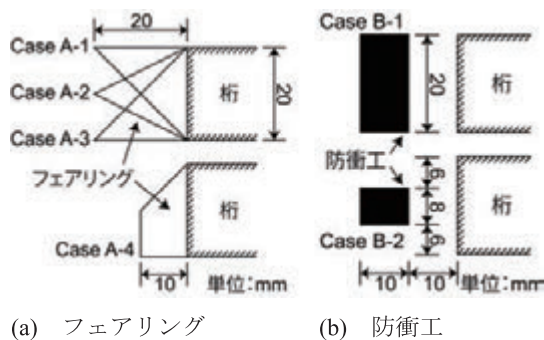


図-5 津波力軽減対策の概略図

想的に 0.0kg/m^3 とし、桁の質量と慣性モーメントはフェアリングがない場合と同じとした。図-5 (b) に防衛工の概略図を示す。同図に示すように、桁から10mm上流側に幅10mmの防衛工を固定し、その高さは桁高と等しい20mm (Case B-1) とその約半分の8mm (Case B-2) の2パターンを対象とした。

3.2 計算結果および考察

図-6と図-7に Δx 、 Δz 、 θ_y の時間変化に与えるフェアリングと防衛工の影響を示す。同図には、比較のために津波力の低減対策がない場合の結果も同時に示した。また、Case A-2とCase A-3での桁の様子を図-8と図-9に、Case B-1での圧力変動の分布を図-10に例示する。ここで、図-8と図-9において水色は水を、緑色は桁を表している。また、図-10において細い実線は水面を、太い実線は桁を、黒の矩形は防衛工を表しており、 p は初期の圧力を基準とした圧力変動である。

まず、フェアリングを取り付けたときに着目すると、図-6 (a) に示したCase A-2の場合には、 $t = 2.0$ 秒過ぎに Δx が増加し始めたのに続いて、 $t = 2.2$ 秒過ぎに Δz と θ_y も増加し始めたことが確認できる。そして、 $t = 2.3$ 秒での桁の様子を示した図-8からも分かるように、桁の上流側が大きく持ち上げられた状態

になった。これは、フェアリングがない場合との比較より、上流側のフェアリングの斜め下を向いた面に鉛直上向きの力が作用したために生じたと考えられる。そして、フェアリングがない場合よりも桁の流出が早く生じたことが分かる。なお、斜め下を向く面が同様にあるCase A-1のフェアリングの場合には、図示しないが、Case A-2よりもさらに早く桁の流出が生じることを確認した。

Case A-3の場合には、図-6 (b) や図-9に示すように桁の沖側下部を中心とした回転運動を繰り返しつつ、 Δx が徐々に大きくなり、桁がゆっくりと下流側に移動したことが確認できる。そして、 $t = 3.6$ 秒過ぎに Δx が急激に大きくなり、最終的に桁の流出が生じた。ただし、 Δx が大きく増加した時刻はフェアリングがない場合よりも1.2秒ほど遅れていることから、Case A-3のフェアリングには流出を遅らせる効果があると示唆される。

Case A-4の場合には、Case A-3のフェアリングの先端を切り取った形状のために、図-6 (b) のCase A-3と似た傾向が図-6 (c) より確認できる。そのため、Case A-4のフェアリングにも桁の流出を遅らせる効果があると示唆されるものの、 Δx が大きく増加した時刻はフェアリングがない場合と比較して

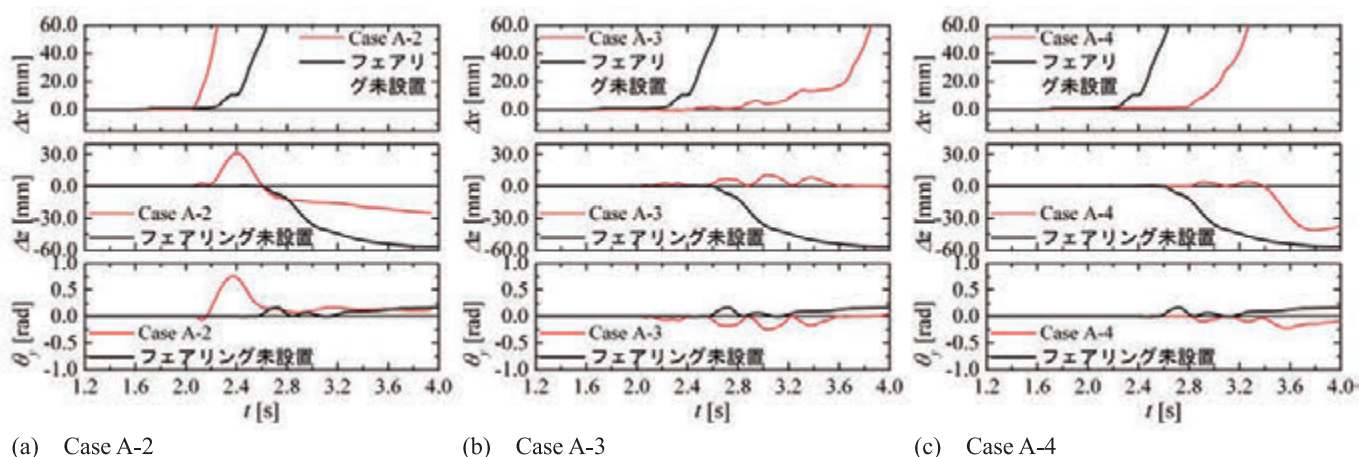
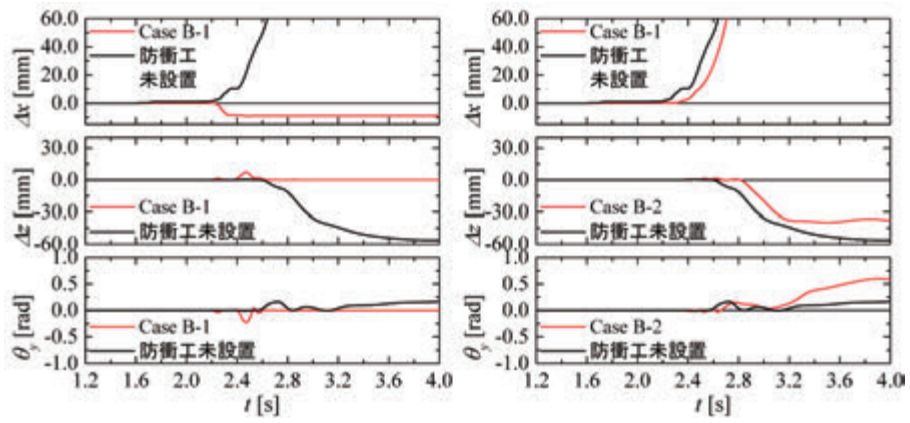


図-6 桁の移動に与えるフェアリングの影響



(a) Case B-1

(b) Case B-2

図-7 桁の移動に与える防衛工の影響

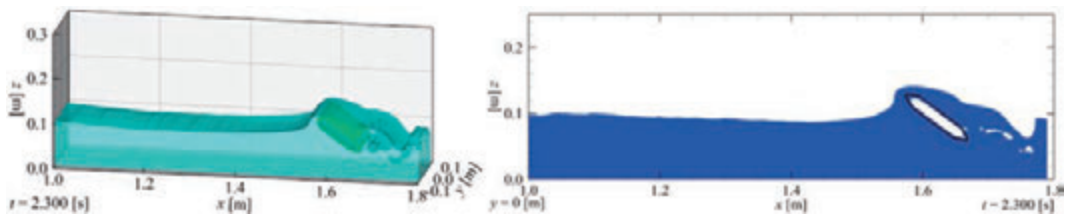
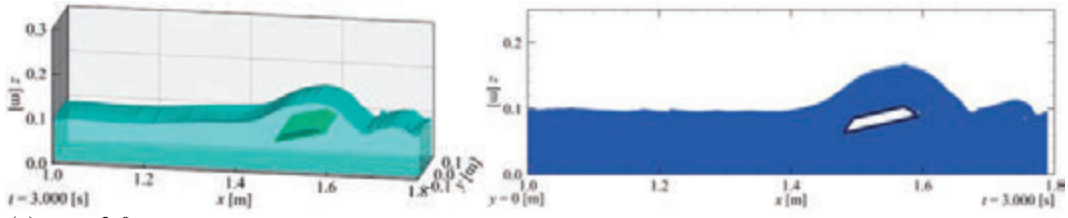
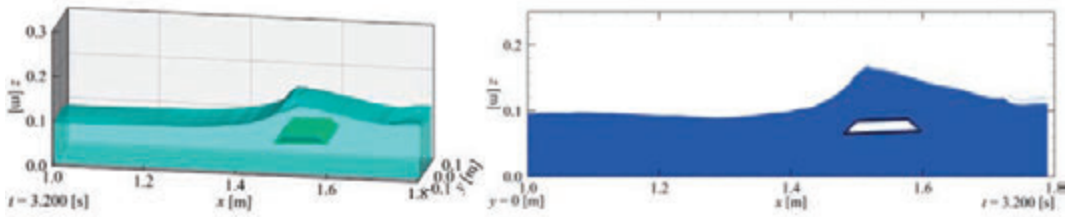


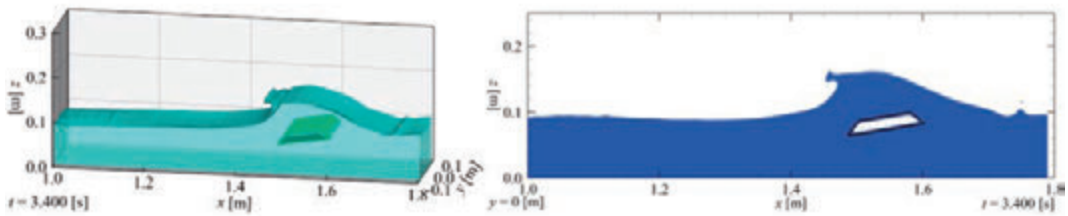
図-8 桁が流出する様子 (Case A-2、左図：全断面、右図： $y = 0$ m断面)



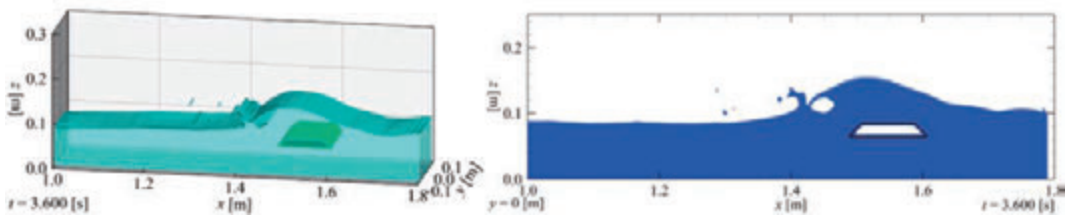
(a) $t = 3.0$ s



(b) $t = 3.2$ s



(c) $t = 3.4$ s



(d) $t = 3.6$ s

図-9 桁が回転する様子 (Case A-3、左図：全断面、右図： $y = 0$ m断面)

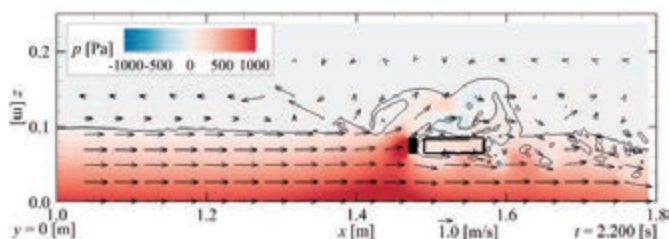


図-10 桁周辺の圧力変動 p (Case B-1、 $y=0$ m断面)

0.4秒ほど遅れるに留まっていることから、Case A-3と比較してその効果は限られている。

一方、防衛工を設置したときに着目すると、図-7 (a) に示したCase B-1の場合には、 $t=2.2$ 秒過ぎに防衛工がない場合とは逆に Δx が減少し始め、桁が上流側に移動したことが分かる。そして、 $t=2.3$ 秒過ぎに防衛工に近づいた状態で止まったことが確認できる。図-10に Δx が減少し始める直前の $t=2.2$ 秒における $y=0$ m断面での圧力変動 p の分布を示す。同図より、防衛工と桁の間に水塊はほとんど入っていないものの、桁の下流側の面には水塊が作用しており、そのために桁に上流方向の水平力が作用し、上述したように桁が上流側に移動したと考えられる。そして、一時的に Δz が増加、 θ_y が減少し、桁の下流側が持ち上げられる現象が生じているものの、その後は桁の移動は生じていないことから、Case B-1の防衛工には桁の流出を抑える効果があると示唆される。

最後に、図-7 (b) に示したCase B-2の場合にも、桁の流出を遅らせる効果が若干ながら確認できる。しかし、 Δx 、 Δz 、 θ_y が変化し始めた時刻は防衛工がない場合と比較して0.1秒ほどしか遅らせられていないことから、その効果は非常に小さいと言える。

以上より、フェアリングのうち、Case A-3には桁の流出を遅らせる効果が認められ、その先端を切り取った形状のCase A-4にもその効果が若干確認できた。逆に、斜め下を向く面があるCase A-1やCase A-2を取り付けた場合には、桁の流出がフェアリングがない場合よりも早く生じることが判明した。一方、防衛工のうち、桁高と同じ高さのCase B-1には桁の流出を抑える効果があることが明らかになった。ただし、Case B-2のように桁高の半分程度の防衛工ではその効果は限られており、桁の流出をわずかに遅らせるに留まることが判明した。

4. おわりに

本稿では、桁の移動に与える津波力の影響とそれに及ぼす津波力低減対策の効果を、津波と桁の相互作用を解析できる数値計算モデルにより検討した取り組みを紹介した。この取り組みで着目した移動時の桁に作用する津波力は水理実験では計測が困難であり、その評価を行える本数値計算モデルの有用性を示すものである。ただし、対象とした津波や桁の諸元が限られていることから、本数値計算モデルを用いてより広汎な条件に対する検討を行うなど、津波による桁の流出現象の解明とそれに基づく流出防止技術の確立に向けてさらなる取り組みが望まれる。

謝辞

本研究の一部は、一般財団法人橋梁調査会の橋梁技術に関する研究開発助成の補助を受けて実施したことを付記し、謝意を表する。

参考文献

- 1) 中村友昭、水谷法美 (2012) : 3次元流体・構造・地形変化連成数値計算モデルを用いた海上を浮遊するコンテナの風による漂流挙動に関する数値シミュレーション、第26回数値流体力学シンポジウム、E07-1, 10 p.
- 2) 中尾尚史、伊津野和行、小林紘士 (2010) : 橋梁基本断面に作用する流体力と流速・波高の関係に関する基礎的検討、構造工学論文集、Vol. 56A, pp. 564-575.
- 3) 中村友昭、水谷法美、Xingyue REN (2013) : 橋桁へ作用する津波力と桁の移動に与える津波力の影響に関する数値解析、土木学会論文集A1 (構造・地震工学)、Vol. 69, No. 4 (地震工学論文集第32巻)、pp. I_20-I_30.
- 4) 中村友昭、水谷法美、Xingyue REN (2013) : 津波による桁の移動に与える津波力低減対策の影響に関する研究、土木学会論文集B3 (海洋開発)、Vol. 69, No. 2, pp. I_359-I_364.
- 5) 幸左賢二、二井伸一、庄司 学、宮原健太 (2010) : スマトラ沖地震に伴う津波による橋梁の被害分析、構造工学論文集A、Vol. 56A, pp. 454-463.
- 6) 中尾尚史、伊津野和行、小林紘士 (2009) : 断面形状の異なる橋桁に作用する津波の流体力に関する実験的研究、土木学会論文集A1 (構造・地震工学)、Vol. 65, No. 1, pp. 892-898.
- 7) 張 広鋒、薄井稔弘、星隈順一 (2010) : 津波による橋梁上部構造への作用力の軽減対策に関する実験的研究、土木学会論文集A1 (構造・地震工学)、Vol. 66, No. 1 (地震工学論文集第31巻)、pp. 425-433.

第18回IABSEソウル会議に参加して

1. はじめに

国際橋梁構造工学会（International Association for Bridge and Structural Engineering：略称IABSE）第18回会議が平成24年9月19日～21日に韓国・ソウルで開催された。以下にその概要を報告する。

韓国では、南部麗水での国際博覧会（2012年開催）周辺地域での斜張橋、吊橋などの長大橋建設をはじめ、近年数多くの長大橋建設の実績が重ねられてきている。さらに、新しい形式の高層建築物への挑戦、新都市の建設計画、ソウル市内での高速道路の一部を潤いのある河川構造に戻すプロジェクトなど、目新しい建設プロジェクトも注目される。これらの建設実績や計画、設計の考え方などについてIABSE国際会議の場で発信する意義を強く意識して、会議開催が企画された背景があったと思われる。

IABSEは1929年に設立され、80余年の歴史を持つ土木と建築を包含する、橋梁および構造工学の分野では最も長い歴史と伝統を継続した国際的な学会組織である。世界の百数ヶ国からの約四千人の個人及び団体会員により、研究、計画、設計、施工、維持管理などの各分野での先進的な研究成果の発表の場として活発な活動が続けられてきている。

2. ソウル会議

韓国での建設分野における上記の背景から、基本テーマを「新技術による社会基盤施設の整備—人間

的な都市生活に向けて—」として、以下の4つのサブテーマが掲げられ、個々のセッションでは技術の進展を示す発表と活発な討議が行われた。

- ・持続可能な社会基盤施設—寿命の視点から—
- ・新しい都市交通施設の構造
- ・構造と材料—限界を伸ばす—
- ・新しい設計の考え方

会議の参加者は、おひざ元韓国から247名、中国から45名、日本から33名、その他の国から214名、合計539名、発表論文数は、韓国76編、中国23編、日本20編、その他107編の合計226編であった。

IABSE韓国グループとソウル国立大学による組織委員会の会議運営面では、開会式、閉会式、各セッションの発表会場の設営、論文報告書等の配付、開催期間中の参加者への的確な情報提供、現地見学会の実施など、行き届いた運営がなされていた。

使用言語は英語のみであり、国際会議で一般的である通訳者を介した多言語への同時通訳はなかった。発表された論文は出版報告書とともに、USBフラッシュメモリーにて電子媒体による論文集が参加者に配布された。

論文の分野別テーマでは、長大橋を主とする新設橋の計画、設計、施工をはじめとして、新材料、維持管理における新技術の適用など、各国からの発表者の報告に特徴が見られた。



写真一 会議会場に掲げられた看板



写真二 開会式でのソウル会議実行委員長の挨拶



写真—3 発表セッション

〈維持管理についての発表課題〉

維持管理についての発表内容は、招待講演「落橋・建造物崩壊直後の余波と調査」で、構造技術者が取るべき救助と応急措置、現場管理、関係機関との調整、現場安全、調査チームの立上げ、情報の共有、報告書作成、材料試験と構造解析などについての発表のほか、ウェストゲイト橋（オーストラリア：鋼斜張橋848mを含む橋長2.5km、完成年1978年）の補強工事プロジェクトについて1セッション8編、補修・補強なども多くの発表があった。構造物モニタリングでは、スマートフォン端末の各種センサーを橋梁点検などに活用する方法の提案（カメラビデオ撮影、音声メモ、加速度計・傾斜計、GPSによる位置、無線による送受信など）の発表が目をひいた。

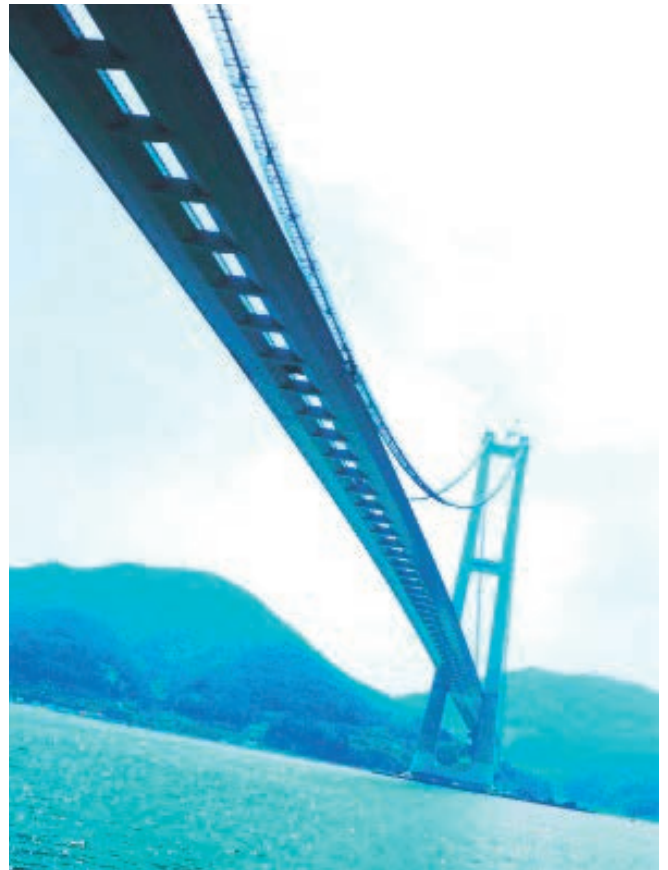
〈日本からの発表論文課題〉

日本からの主な発表課題は以下のとおりである。

- 西名阪道路橋梁RC床版の短期取替工事
- JR東北縦貫線・既設新幹線上の鋼桁架設
- イメージプロセスと赤外線サーモグラフィ技術による橋梁アセスメント
- 東日本大震災による地震：橋梁ゴム支承の耐震性能、免震構造建築物の地震応答解析
- 炭素繊維シートの実用（鋼構造およびコンクリート構造）
- 吊橋ケーブル：新形式ストランド、架設法

3. 会議に参加して

IABSE会議の韓国ソウルでの開催は、長大吊橋や



写真—4 現地見学会のイスンシン橋（中央支間長1,545m）
2012年供用

長大斜張橋、新形式の高層建築物、新都市建設プロジェクトなどの最新の目覚ましい韓国の設計施工技術を世界に発信するよい機会となった。

長大橋を例にとれば、発表論文数の約3割が産官学一体となって進められた長大橋の設計施工技術を中心とする韓国からの論文であったこと、完成間近であった長大吊橋Yi Sun Sin Bridge（イスンシン橋）（中央径間1,545 m）の設計施工に関して1つのセッション（7課題の発表）と現地見学会がプログラムに含まれたこと、また、最近の長大橋を主とした24橋の設計施工技術が掲載された冊子"Korean Bridge Technology"が会場で配布されていたことなどからも主催者の意図がうかがえる。

我が国の橋梁技術を継続して世界に示すためにも、更なる技術的な進展を常に図る努力を積み重ねるとともに、このような国際会議の場を通じて、その成果を世代の若い技術者が世界に発信していくことを強く期待したい。

文責：北陸支部 原崎 郁夫

IABSE 2013 ロッテルダム会議に参加して

1. IABSE 2013 ロッテルダム会議の概要

IABSEとはThe International Association for Bridge and Structural Engineering（橋梁と構造工学に関する国際協会）の略称であり、橋梁と構造に関する最も著名な国際団体である。

この度、同協会が主催する会議が5月6～8日の3日間にわたり、オランダ第二の都市であるロッテルダムで開催され、多くの講演などが行われた。同協会の発表によると、このロッテルダム会議への参加者は同業者を含めて560名、参加国の総数は48ヶ国に及んだ。

当調査会の特別技術アドバイザーである藤野陽三東大名誉教授・特任教授は、2005年よりIABSE副会長として精力的に活動されている。

2. 基調講演（6編）

今回のロッテルダム会議のサブタイトルは、「インフラ構造の評価、品質向上及び改善」である。したがっていずれの基調講演も維持管理、補修補強、計測、品質などに焦点を当てている。たとえばイタリア・ミラノ工業大准教授のCarmelo Gentile氏は「歴史的な“San Michele”鋼橋（1889）の長期動的モニタリング」について講演を行った。

アメリカ土木学会（ASCE）会長のHerrmann氏は、よく準備された資料を用いて講演を行った。米国におけるインフラ施設の維持管理状態をA（大変よい）からF（危険）まで5段階に分類し、空港、ダム、上水、公園、道路、鉄道などほとんどの分野でC（普通）あるいはD（やや危険）としており、その中で橋梁もCに位置付けていた。

3. 一般講演（255編）

全ての講演はAからHまで8つのカテゴリーに分類され、更に細分化されて各会場で実施された。細分化されたグループの主なタイトルを以下に示す。

・耐荷力、残存寿命、評価（アセスメント）、機能回復と補修、FRP補修、モニタリングとセンサー、動的挙動、歴史的かつ建築的価値、コンクリート劣化、補強、地震、スマートビルディング、支承と伸

縮装置、疲労、アセットマネジメント、鋼床版、コンクリートのせん断、腐食、橋梁の拡幅、など

配布されたReport（講演概要集）に基づいて、筆頭執筆者により参加国を整理すると、参加国総数は33ヶ国であった。その内訳はやはりヨーロッパが多く、21ヶ国を占めた。

論文数を国別で見ると、開催国であるオランダが圧倒的に多く56編にのぼった。我が国は17編で堂堂4位であり、国際社会の中でよく健闘しているといえよう（表-1）。なお、複数国の執筆者から成る論文は26編あり、ほぼ全体の10%を占めた。

筆頭執筆者が高等教育機関（University, 教育機関としてのInstituteなど）関係者である論文は129編で、全体の50.6%となり、ほぼ半数に達している。残りの約半数は政府機関（大学等以外）、自治体（市など）、公的機関（鉄道など）、民間企業（建設会社、材料会社、設計コンサルタントなど）などによってまとめられたものである。

日本からの講演の内訳は大学関係が12編、その他は本四高速、阪神高速、JR東日本、建築設計会社などからであった。強いて内容を分類すると、劣化解析5編、補修・補強3編、耐震・免震3編、高力ボルト2編、そのほか維持管理、疲労、耐荷力、建築設計などであり、多岐にわたっている。藤野先生は「2011年東日本大地震における横浜ベイブリッジの

表-1 論文筆頭者の所属国と論文数

順位	論文筆頭者の所属国	論文数
1	オランダ	56
2	ベルギー	27
3	ドイツ	18
4	日本	17
5	スイス	13
〃	イギリス	〃
7	アイルランド	9
〃	デンマーク	〃
9	アメリカ合衆国	8



写真-1 橋梁の地震応答に関する藤野先生の講演

応答特性」について発表された（写真-1）。

4. 展示ブース

会議場では橋梁や構造に関係する各社が展示を行った。業種は橋梁施工会社、設計コンサルタント、各種建設材料や部品会社、構造解析ソフト会社などであり、それぞれ斬新なデザインの橋梁の写真などを掲げ、また新製品のモデルなどを並べていた（写真-2）。

日本でも知られている会社としては、PCのフレッシュネー社、伸縮装置のマウラー社などが出展し、活発な情報交換が行われていたが、日本企業は1社も参加していないのが少し残念であった。

5. 閉会式

閉会式では、将来を嘱望される若い技術者の表彰が行われた。一人はスウェーデン王立技術研究所のA. Andersson 研究員（33才）で、今回、鉄道コンクリートアーチ橋の耐荷力など3編の論文の筆頭執筆者として講演を行った。もう一人はスイスのエコール・ポリテクニク博士課程に在籍中の女性M. Bastien-Masseさん（29才）である。彼女の講演は超高強度繊維補強コンクリートを用いた床版の破壊メカニズムに関するものであった。我が国の若手技術者も、もうひと頑張りです受賞の可能性があると思う。

6. おわりに

講演終了後に、急いでエラスムス橋を見に行った（写真-3）。エラスムスとはロッテルダムに生まれ、15～16世紀にかけて活躍した著名な宗教家で文人の名である。この橋は1996年開通、デザインはベン・

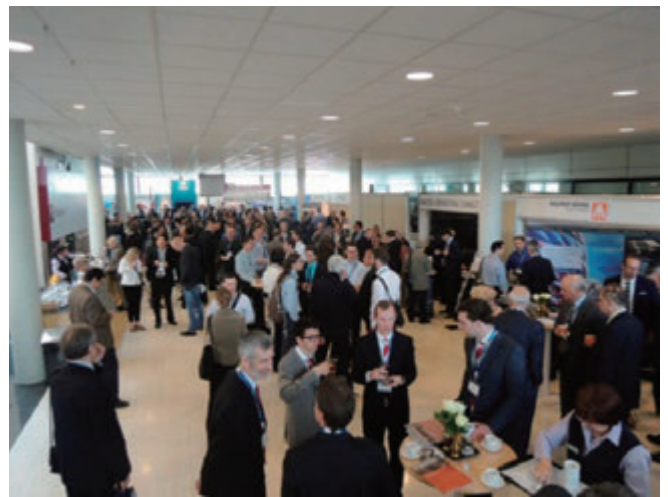


写真-2 休憩時間、右側に展示ブースが並ぶ

ファン・ベルケルというカラトラバにも学んだことのある建築家で、力学的な合理性よりは造形の美を重視した結果、このような塔形状とケーブル配置になったらしい。本橋は現在、ロッテルダム市のシンボルになっている。

橋梁などインフラ構造物の維持管理は世界各国の大きな関心事である。日本の橋梁技術者が世界の情報を吸収し、また、世界に向けて情報を発信していくことができれば、我が国の橋梁界にとって新たな可能性が開けるのではないかと思う。

文責：企画部 吉田 好孝

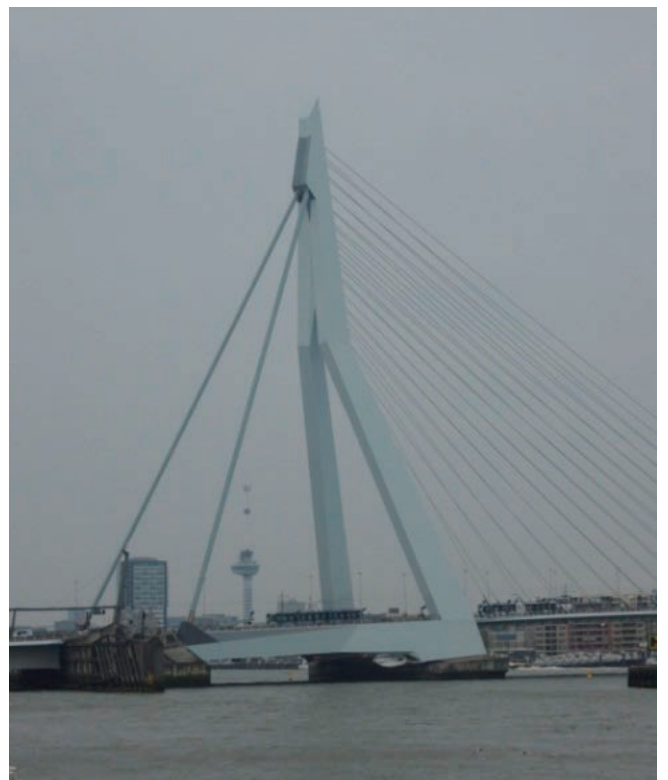


写真-3 特異な塔形状のエラスムス橋

PIARC TC4.3会議の報告

1. はじめに

2013年6月13日から15日にかけて、ノルウエー、ベルゲンにおいてPIARC（世界道路協会）TC.4.3（道路橋委員会：委員長 加島当調査会常務理事）の第3回会議が開催された（写真-1）。PIARCでは4年ごとに戦略テーマが設定され、それに基づき複数の「技術委員会（TC: Technical Committee）」を組織し、技術委員会のもとで戦略テーマの各分野における最新の研究事例などを踏まえた勧告報告書やガイドラインが作成される。通常、4年に1度開催される世界大会にあわせて、その期間が設定されており、今回の期間は2011年～2015年となっている。TC.4.3「道路橋委員会」は技術委員会の1つであり、ここでは委員会の紹介と共に今後の活動予定を紹介する。

2. TC4.3（道路橋委員会）の活動予定

今期の道路橋委員会のテーマは以下の4つである。

Issue 4.3.1 気候変動への適応

Issue 4.3.2 新しい補修方法、修復方法

Issue 4.3.3 道路橋のリスクベースマネジメント

Issue 4.3.4 損傷や欠陥に基づく橋梁の耐荷重能力の推定

この4つのテーマに対して表-1のメンバーで取り組んでいる。

今回の会議では成果のとりまとめに必要な各国の取組みを調査する調査票をどのようにするか議論が行われた。

委員会は年2回のペース開催し、議論を深めている。2012年3月にフランス（パリ）で第一回会議を開催したのを皮切りに、2012年10月に第二回をスペイン（マドリッド）で開催してきたところである。今後の予定としては、2013年秋には日本（神戸）で開催する。その後、2014年はアンドラ（PIARC冬期大会と同時開催）と秋に中国、2015年には春にルーマニアで委員会を開催し、成果をとりまとめ、同年9月に韓国で開催される世界大会で成果を公表する予定となっている。

3. ノルウエー（フィヨルド地域）版の離島架橋

今回会議開催後、開催地ノルウエーの委員の厚意により、フィヨルドに浮かぶ島々を連絡する橋梁群



写真-1 PIARC TC4.3（全体写真）

表-1 委員会の構成

委員長	日本委員(加島当調査会常務理事)	
各言語担当	英語	ギリシャ委員
	フランス語	カナダ・ケベック委員
	スペイン語	スペイン委員
メンバー 44 国 64 名	参加国	
	ヨーロッパ	イギリス、イタリア、ギリシャ、スイス、スウェーデン、スペイン デンマーク、ノルウェー、ハンガリー、フィンランド、フランス ポルトガル、ルーマニア、オーストリア、ポーランド、スロバキア
	北米	アメリカ、カナダ、カナダ・ケベック
	中南米	メキシコ、アルゼンチン、ボリビア、チリ
	アフリカ	南アフリカ、コンゴ、ニジェール
	アジア・オセ アニア	日本、中国、韓国、マレーシア、ニュージーランド

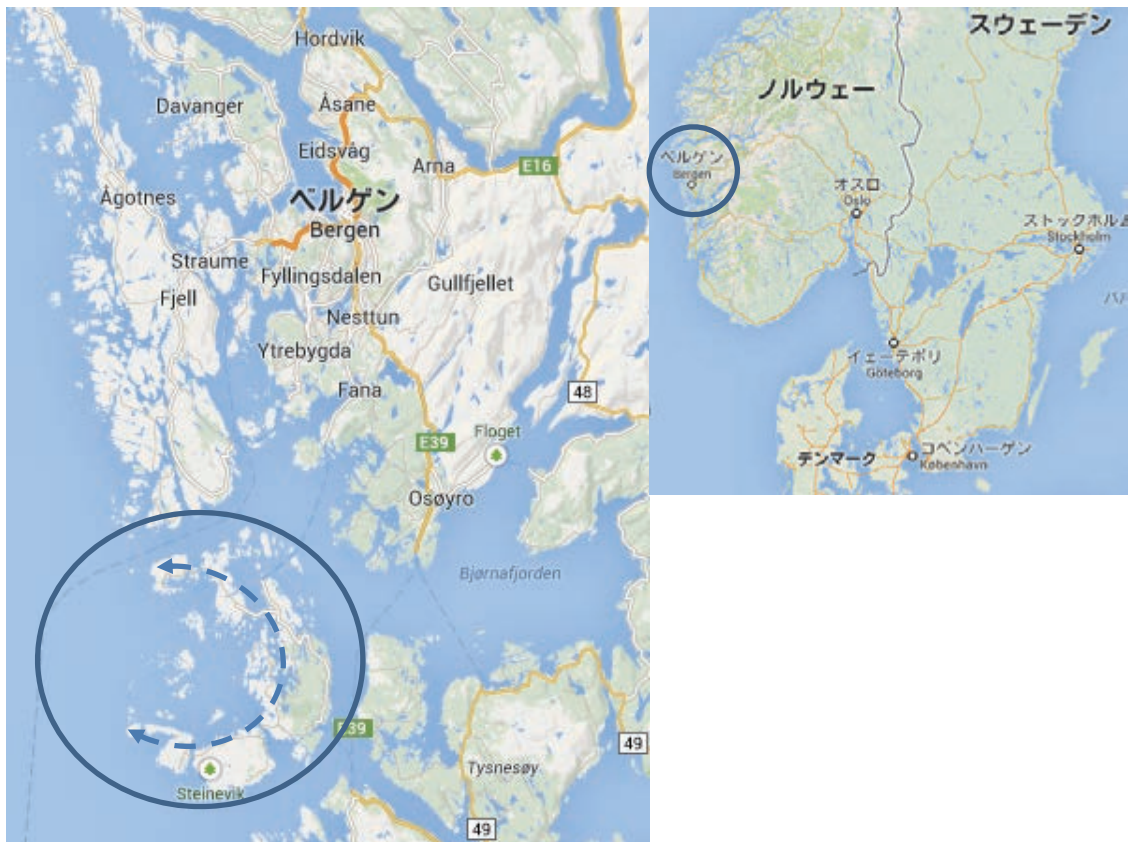


図-1 橋梁を視察した地域

を見る機会をえた。幹線道路ではなく地域にかかる橋である。日本で言えば離島架橋といったところである。建設時期は比較的新しく2000年に入ってから建設した橋梁群である。場所は図-1となる。地図ではわかりにくいだが島づたいに円弧状に道路がたな

がるように橋を建設している(図-1の破線矢印参照)。人口は見た限りは多くない。

橋梁形式であるが、コストを抑えたからだと思うがどの橋も大変よく似ている。具体にはコンクリートの箱桁橋で、中央支間長は150~200m程度である



写真-2 標準的な橋



写真-3 橋脚と灯台

(写真-2)。また、日本では考えられないが橋脚がとても華奢なのがみてわかる。これは地震がないからのものである。

あと、特徴的なことといえば、国が変わればとい

うところなのだろうがこちらでは灯台を橋脚につけている (写真-3)。日本ではお目にかかったことがないが、こちらではこのような橋を多く見かけた。

文責：企画課長 麓 興一郎

国土交通行政関係功労者表彰の 受賞について

国土交通行政関係功労者表彰とは、国土交通省から発注された工事や業務等に関して、その施工や成果が特に優秀で他の模範となるものが選定され、企業又は技術者について、発注者より表彰が行われる

ものです。当調査会におきましては、平成24年度の以下の業務及び職員に対して、事務所長表彰を頂きました。

文責：企画課長 麓 興一郎

業務名	表彰者	表彰対象
平成 24 年度 四国管内橋梁診断業務	四国地方整備局 四国技術事務所長	一般財団法人 橋梁調査会
〃	〃	江戸 範夫（四国支部 橋梁課長）
中国管内橋梁点検評価業務	中国地方整備局 中国技術事務所長	一般財団法人 橋梁調査会
〃	〃	北山 耕造（中国支部 橋梁第一課長）
平成 24 年度 管内橋梁診断等調査検討業務	関東地方整備局 関東技術事務所長	一般財団法人 橋梁調査会
〃	〃	新沼 俊治（本部 調査部 調査課長）



四国支部



関東支部



中国支部



橋梁研究開発助成等について

当調査会では、平成20年度から「橋梁技術に関する研究開発助成」及び「国際会議等への参加に関する助成」を始めており、年に一度、助成対象者を決定しております。今迄「橋梁技術に関する研究開発助成」は7件、「国際会議等への参加に関する助成」は14件の助成を行ってきたところです。この度、平成25年度分の助成が決定となりました。

なお、助成対象者の選定にあたり、橋梁研究開発助成等審査委員会（(独)土木研究所 魚本 健人 理事長、東京大学 藤野 陽三教授、長岡科学技術大学 丸山 久一教授）を設け、審査委員会での審査を経て、それぞれの助成を決定しました。

平成25年度の助成対象者は以下の通りとなりました。

橋梁技術に関する研究開発助成

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

平成25年度

木下 幸治氏（岐阜大学工学部社会基盤工学科 准教授）

- ・ 研究計画：「世界最大橋梁震動台実験を基にした橋梁システムの数値解析技術の高度化とそれに基づく橋梁上部構造2次部材を利用したダンパーの効果」

廣畑 幹人氏（名古屋大学大学院工学研究科 准教授）

- ・ 研究計画：「接触電気抵抗を指標としたアンカーボルトの緩み点検手法の開発」

国際会議への参加に関する助成

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

平成25年度

該当者なし

橋梁点検技術研修会の実績報告

1. これまでの経緯

当調査会が主催しています橋梁点検技術研修会は、平成6年度に当時の（財）道路保全技術センターによって始められました。そのきっかけは橋梁の損傷による影響が次第に深刻化し、また平成5年に道路橋の活荷重がTL20からB活荷重に変更になったこともあり、橋梁保全の重要性が強く認識され始めたためです。そのため「橋梁点検要領（案）」（昭和63年7月、建設省土木研究所）の普及と周知徹底を図り、研修会を継続的に開催していくことになりました。

その後、平成15年に（財）道路保全技術センターの橋梁部門が（財）海洋架橋調査会と合併し、

（財）海洋架橋・橋梁調査会となりました。また、16年間にわたり適用されてきた「橋梁点検要領（案）」が改訂になり、平成16年度より新たに「橋梁定期点検要領（案）」（平成16年3月、国交省国道・防災課）が発刊されて現在まで使用されています。

（財）海洋架橋・橋梁調査会は平成25年4月より新たに一般財団法人 橋梁調査会として発足しましたが、橋梁点検技術研修は引き続き同調査会が実施しています。

この研修会は、当初より、ある程度橋梁の知識のある技術者を対象として始められました。橋梁の業務に何らかの形で携わっておられた方々が、新たに「橋梁定期点検要領（案）」（平成15年以前は「橋梁

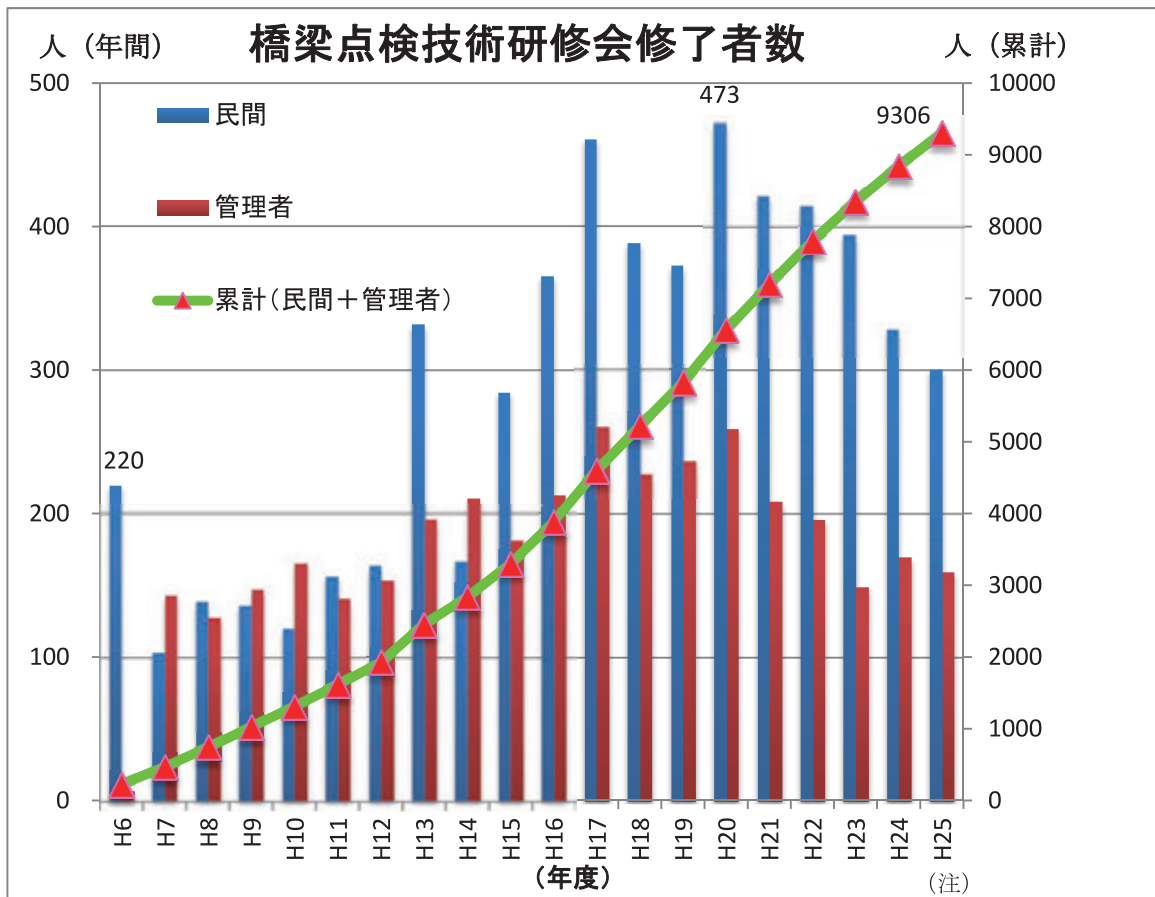


図-1 橋梁点検技術研修会修了者数の推移

表-1 橋梁点検技術研修会プログラム

第1日目	
13:00～13:05	オリエンテーション
13:05～13:10	開会挨拶
13:10～14:10	基調講演
14:20～15:00	「橋梁定期点検要領(案)」の解説
15:10～16:30	「損傷評価基準」(付録1)の解説
16:40～17:40	「点検結果の記入要領」(付録3)の解説
第2日目	
09:00～10:00	鋼橋の点検(RC床版を含む)
10:10～11:10	コンクリート橋の点検(下部工を含む)
11:20～12:00	「対策区分判定要領」(付録2)の解説
14:00～16:30	現地研修(実橋の点検)
第3日目	
09:00～11:00	試験(点検結果の整理)
11:10～12:00	「点検結果」の解説
13:00～13:55	鋼橋の補修補強
14:05～15:00	コンクリート橋の補修補強
15:10～16:00	試験(基本知識)

点検要領(案)」に基づいて橋梁の点検を実施しようとするときに必要となる知識・知見を理解していただくことを目的としています。

2. 研修修了者数の推移

橋梁点検技術研修会は過去19年にわたり開催されています。1回当たりの受講者数は概ね180名で、年に3～5回程度の開催頻度でしたが、近年はほぼ4回/年です。

研修修了者は今年の第67回(平成25年7月開催)までで民間技術者5,749名、道路管理者3,557名、合計9,306名に達しています。図-1に研修会終了者の累計の推移を示します。

3. 研修のプログラム

プログラムの概要を表-1に示します。第1日目には大学教授等の有識者の方からの基調講演があります。示唆に富む貴重なお話をお聞きすることができます。写真-1に室内講義の状況を示します。

第2日目は調書の記入方法を学んだあと、現地で講師の指導により高所作業車に乗り損傷図と調書を作成します(写真-2)。地上には調査会のベテラン

検査員を多数配置して、地上で実習されている受講者の方々からのご質問に速やかに対応できるように配慮しています。

第3日目は前日の現地点検結果を整理し、正式な調書として作成し提出します。その後、講義により、具体的な損傷の確認とそれらの評価方法についての理解を深めます。午後は補修補強についての講義の後、橋梁構造など基本知識に関する試験があります。

3日間の全講義を受講され、試験の回答も提出された方には、3日目の最後に「受講証明書」とCPDプログラム認定通知書をお渡ししています。その後、調査会では答案の採点を行い、所定の点数に達した方には、後日「橋梁点検技術研修修了証」(名刺サイズのカード)を送付しています。この方々が正規の研修修了者となります。なお、3日間にわたる当研修は、土木学会からCPD14単位として認定されています。

3. 研修修了者が所属する企業名簿の活用

当調査会では、この研修会が橋梁の保全業務に少しでも貢献することを望んでいます。その一環として、道路管理者(国交省、自治体、高速道路管理会



写真-1 室内講義の状況



写真-2 近接目視点検の現地実習

社など) から要請があった場合、当研修を修了した方々が所属する企業名のデータの提供を行っています。

今年5月に、当研修会に参加して頂いた道路管理者の方々を対象に、この情報提供サービスに関するアンケートを実施しました。その結果、多くの道路管理者の方々はこのようなサービスをまだご存知ありませんでした。しかし、その中で3割以上の方々が、今後、橋梁点検業務の発注などに際してこのサービスを活用していきたいと回答されていました。

また、当研修会及び情報サービスに関するご意見は全て好意的であり、「このような研修の必要性を

認識している」「研修修了者の所属する企業名簿の情報提供は、自治体にとって大変参考になる」といったご意見やご感想が寄せられました。

3. おわりに

昨今、橋梁保全の重要性はますます高まってきていることは衆知のとおりです。当調査会では、橋梁点検技術研修を終えられた方々が、橋梁保全という重要な社会的役割の一端を担われ、ご活躍されることを願っています。

文責：企画部 吉田 好孝

いにしえ
古

大都市のど真ん中に作られた コンクリートアーチ橋 東京・聖橋(ひじりばし)

の橋探訪 シリーズ第8回



お茶の水界隈の今と昔

首都東京の中心部、千代田区駿河台と文京区湯島にまたがり、本郷通り（都道403号）をつなぐ聖橋。神田の台地を南北に分断して流れる神田川に架けられた橋の一つである。

すぐ下にはJR中央線・総武線および地下鉄丸ノ内線が3段に立体交差している。中央線のホームから見上げると、聖橋が聳えるように見える。橋の上から駅を見下ろすと、頻繁に発着する電車とホームの乗降客がミニチュアのようなものである。この立体的で活気ある景観は、まさに大都会型空間の様相を呈す。大学、病院、古書店が集中するお茶の水の街にあって、聖橋はシンボリック存在の一つである。

聖橋でつながれた駿河台と湯島台は、もとは本郷台地の南端部の地続きで、神田山といわれた台地であった。江戸幕府が開かれてすぐに、江戸城地域への洪水防止用放水路と城の外堀を兼ねて台地の掘削工事を行い、神田川の水を引いて溪谷が形作られた。大工事は仙台藩の伊達家に割り当てられたため、この辺りを仙台堀（伊達堀）とも呼んでいた。

当時の海岸線は日比谷辺りであったが、この掘削工事が出た膨大な土砂で入り江を埋め立て、大名屋敷や町屋用の敷地をつくった。現在の皇居前や銀座から東側辺りは、これによって生まれた新地である。

聖橋を設計した2人の技術者

1923（大正12）年に発生した関東大震災の復興の一環として、復興局はお茶の水界隈の区画整理と本郷通りの整備を行い、駿河台と湯島台を結ぶ橋を設けることとなった。橋の設計は土木技術者の集まる復興局橋梁課が受け持ち、デザインは山田守、構造設計は成瀬勝武が担当した。



- 1 大きなサグを取り入れた重厚なアーチと腹部のパラボラアーチの切り取りがデザインの特徴
- 2 アーチ構造で確保された歩道と側壁に空けられたパラボラアーチ
- 3 橋名版と防護柵、ここにもパラボラアーチが使われている
- 4 JR御茶ノ水駅のプラットフォームに設置されている中間橋脚
- 5 万成石を使ったシンプルな壁式の高欄、遠景はニコライ堂
- 6 夜間の景観を創造するライトアップ

所在地：東京都千代田区神田駿河台4丁目～文京区湯島1丁目

構造形式：RC（鉄骨）上路固定オーブンスパンドレルアーチ橋
橋長：91.8m（アーチ部31.4m（サグ10.9m）、プレートガーター部21.2m、15.2m）
幅員：22m

竣工：1927（昭和2）年7月
設計者：山田守、成瀬勝武

当時、通信建築の先駆者的存在の山田は、大正末から国内の建築界においてモダン建築家としての地位を不動のものにしていた。1924（大正13）年から復興局に所属し、永代橋、聖橋などの復興橋梁のデザインを担当した。彼はこのほか、流麗で個性的なデザインの作品を多く手掛け、京都タワー、日本武道館などを残した人物である。

成瀬も同じく復興局で田中豊のもとで復興橋梁の設計のとりまとめを行った。その後、日本で最初の私立工学部である日本大学工学部の土木工学科の教授となり、プロフェッサー・エンジニアとして多くのアーチ橋の設計に生涯を捧げた。聖橋のほか八重洲橋、栃木県的那珂川橋、東京奥多摩の中山橋、深山橋などを残している。

復興橋梁の多くは鋼橋であったが、聖橋は当時の東京市内に架けられた橋としては珍しい鉄筋コンクリート製である。曲線的なアーチ型にしたのは鉄筋コンクリート構造の特徴を生かすためでもあった。重厚な親柱や装飾的な高欄（欄干）は付けずに、親柱、高欄を一体化して素朴な印象を残すとともに当時建築界で表現手法として用いられ始めた「コンクリート打放し」を採用したモダニズムの影響を感じるデザインとなっている。

橋長は92.47m、幅員は22m。神田川に架かる橋のなかで最も長い。これは、JR御茶ノ水駅、神田川、さらに北側を走る外堀通りを跨ぐため、神田川に架かる大アーチ部分と、外堀通りや中央線の線路を跨ぐ小アーチ橋部分が付属した構成となっているからである。なかでも中央の川部分のアーチの造形は美しい。船から見たときに最も美しく見えるようにデザインされているのである。

山田と成瀬の合作であるこの聖橋の総工費は72万4807円。当時の金額としてはかなり高額であるが、2年8カ月の歳月をかけて1927（昭和2）年に完成した。

2つの聖堂に由来

橋の名はかつての東京市が一般から懸賞募集して付けられた。北側にある湯島聖堂と南側にあるニコ

ライ堂という2つの聖堂を結ぶことに因んだものである。

湯島聖堂は、儒学に傾倒した5代将軍綱吉が上野忍ヶ岡にあった孔子廟を移したもので1922（大正11）年に国の史跡に指定されている。

南側のニコライ堂はロシア人修道司祭聖ニコライによって1891（明治24）年に建てられたロシア正教会の教会である。日本最大のビザンチン式建造物で、ドームと尖塔状の鐘楼を備えていて美しい。1962（昭和37）年には文部省指定の重要文化財に指定された。

これら風情溢れる2つの聖堂を結ぶのが聖橋であり、日本文化と西洋文化の聖なる架け橋のようにも思える。

聖橋は現在、近くの御茶ノ水橋、昌平橋、万世橋とともに東京の著名橋に選定され、夜間はライトアップされ神田川の名所の一つとなっている。聖橋の上を歩くと、街灯がノスタルジックなデザインで人目を引く。橋上から眺める起伏に富んだ景観は都会的かつレトロな雰囲気、周辺を観光する人も多く、またいくつものドラマなどの舞台となっている。



特別講演会開催について報告

2013年4月8日（月）に当調査会の賛助会員を対象とした特別講演会を日本教育会館において開催しました。これは、4月に一般財団法人 橋梁調査会に組織替えした記念と賛助会員との懇親をかねて企画開催されたものです。

特別講演会は2部構成で前半は講演会、後半は懇親会で開催されました。参加者は前半の講演会が131名、懇親会は99名でした。

前半の講演会では、伊藤理事長の挨拶に始まり、特別講演として内閣官房参与でもある藤井聡京都大学教授から「国土強靱化について」の講演と西川専務理事から「インフラの価値とメンテナンス」の講演がありました。最後に大石審議役から「橋梁調査会の役割と業務」の紹介があり講演会は終了しました。

特別講演会に際し、アンケートをとらせて頂きました、その結果を以下に紹介します。

Q 調査会といえば何を連想されますか。下記からお選び下さい。**複数回答**

- 橋梁診断 **(87名)**
- 離島架橋 **(25名)**
- 発注者支援 **(24名)**
- 橋梁点検研修 **(42名)**
- その他 **(4名)**

Q. 調査会に今後何を期待されますか。下記からお選びください。

- 現状でよい。 **(65名)**
- もっと業務の幅を広げた方がよい。 **(50名)**

アンケートの結果を留意しながら、今後とも業務を進めていきたいと考えております。

文責：企画課長 麓 興一郎

お知らせ

平成26年度 橋梁点検技術研修会 開催のご案内

1. 主催 一般財団法人 橋梁調査会
2. 開催予定日
 - ①第69回 平成26年 4月 8日(火)～10日(木) 場所(東京) 民間・道路管理者
 - ②第70回 平成26年 5月 20日(火)～22日(木) 場所(東京) 民間・道路管理者
 - ③第71回 平成26年 7月 1日(火)～3日(木) 場所(東京) 道路管理者のみ
 - ④第72回 平成26年 7月 29日(火)～31日(木) 場所(東京) 民間・道路管理者なお、第71回は道路管理者のみの対象となり、研修内容の変更を検討しております。詳細な内容は別途ホームページに掲載します。
3. 研修会参加者の募集時期
各研修会開催予定日の約2ヶ月前に、当調査会ホームページに「募集案内」を掲示します。研修会参加希望者は「募集案内」をご覧ください。所定の様式に従って入力を行い、申し込んでください。

ホームページアドレス <http://www.jbec.or.jp/>
問合先 TEL03 (5940) 7746 企画部 研修担当

連絡先

本部 〒112-0013
東京都文京区音羽2-10-2 (音羽NSビル8階)
TEL : 03-5940-7788 FAX : 03-5940-7789
URL : <http://www.jbec.or.jp> E-Mail : info@jbec.or.jp

東北支部 〒980-0014
仙台市青葉区本町2-1-29 (仙台北町ホンマビルディング3階)
TEL : 022-221-5301 FAX : 022-221-5302

近畿支部 〒540-6591
大阪市中央区大手前1-7-31 (OMMビル12階)
TEL : 06-6944-8551 FAX : 06-6944-8556

関東支部 〒330-0802
さいたま市大宮区宮町4-123 (大栄ツインビルS館6階)
TEL : 048-657-6085 FAX : 048-645-2167

中国支部 〒730-0012
広島市中区八丁堀15-10 (セントラルビル8階)
TEL : 082-511-2203 FAX : 082-225-4745

北陸支部 〒950-0965
新潟市中央区新光町10-2 (技術士センタービル3階)
TEL : 025-281-3813 FAX : 025-281-3818

四国支部 〒760-0026
高松市鷹屋町3-1 (マニユライフプレイス高松2階)
TEL : 087-811-6866 FAX : 087-811-6867

中部支部 〒460-0002
名古屋市中区丸の内1-16-15 (名古屋フコク生命ビル6階)
TEL : 052-218-3151 FAX : 052-218-3153

九州支部 〒812-0013
福岡市博多区博多駅東2-9-1 (東福第二ビル2階)
TEL : 092-473-0628 FAX : 092-473-0629

北海道駐在所 〒003-0804
札幌市白石区菊水4条2丁目1番6号 (政陽ビル2階)
TEL : 011-867-9255 FAX : 011-832-0606

J-BEC レポート 2013 Vol.8 平成25年11月発行

編集・発行 一般財団法人 橋梁調査会

印刷 (株)大 應

表紙撮影：初芝成應