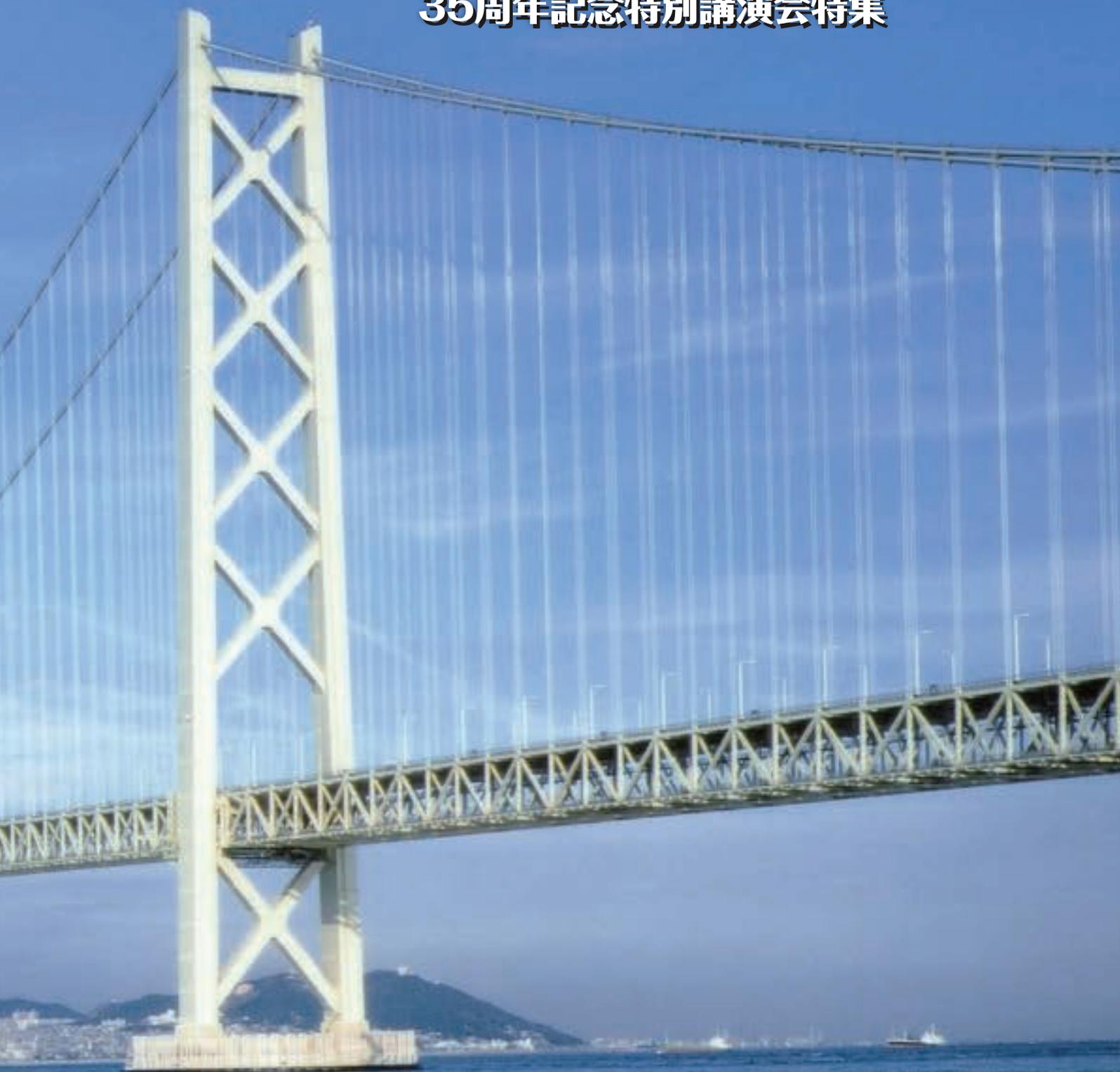


# J-BEC

レポート

2014 Vol.9

35周年記念特別講演会特集



一般財団法人 橋梁調査会  
Japan Bridge Engineering Center



イズミット橋（トルコ）



カントー橋（ベトナム）



ハーダンガー橋（ノルウェー）

# 目 次

---

## 口絵写真

- ・講演会 1
- ・交流会 5

## 特別講演会概要

- ・開催案内文 6
- ・プログラム 6

## 開会挨拶

- 一般財団法人 橋梁調査会 理事長 伊藤 學 7
- 公益社団法人 日本道路協会 会長 井上 啓一 8

## 講演概要

### 第一部 「世界の橋梁のメンテナンス」

- ・PIARC橋梁委員会の活動 加島 聰 9
- ・橋梁点検における世界の動向 今井 清裕 12
- ・アメリカにおける橋梁の維持管理 Scot Becker 15
- ・フランスにおける橋梁マネジメント Thierry Kretz 18
- ・明石海峡大橋におけるモニタリング 藤原 亨 21

### 第二部 「世界の長大橋建設」

- ・ベトナムにおける長大橋の建設 Pham Huu Son 25
- ・トルコにおける橋梁建設 柳原 正浩 28
- ・ノルウェーにおける長大橋建設 Borre Stensvold 32

## 閉会挨拶

- 一般財団法人 橋梁調査会 専務理事 西川 和廣 35

## 参考資料

- ・参加者及びアンケート結果 36
- ・新聞記事 39

## あとがき



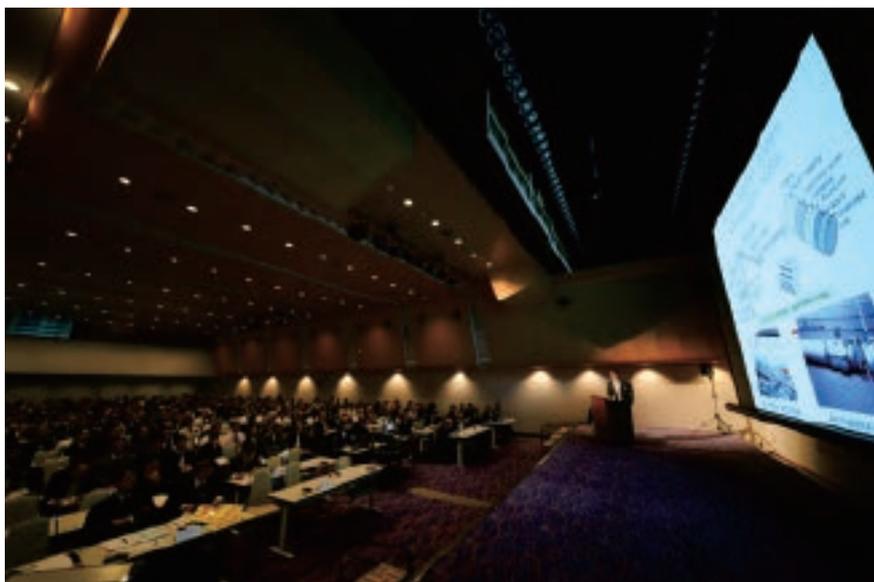
会場（海運クラブ）



講演会ホール（海運クラブ国際会議場）



受付風景



講演風景



聴講風景



萩原浩 橋梁調査会顧問の挨拶



藤川寛之 橋梁調査会顧問の挨拶

交流会風景

# 特別講演会概要

## 開催案内文

橋梁調査会（JBEC）は、昭和53年に設立された（財）海洋架橋調査会から数えて、本年で35周年を迎えます。この間、本四架橋をはじめとする多くの長大橋建設を支えるとともに、橋梁ストックの保守、管理業務を通じて、国土の発展と国民の安全に貢献して参りました。

今回、創立35周年を記念して、日本道路協会及び世界道路協会（PIARC）との共催で、世界の橋梁建設とメンテナンスに関する特別講演会を開催させていただきます。

橋梁調査会はこれまで培った長大橋の技術の更なる発展と継承、および橋梁ストックを健全、適切に維持することを使命とし、これからも情報を発信して参ります。

テーマ：第一部「世界の橋梁のメンテナンス」

第二部「世界の長大橋建設」

日時：平成25年11月22日（金） 13:30～17:20

場所：海運クラブ

主催：（一財）橋梁調査会

共催：（公社）日本道路協会、世界道路協会（PIARC）

後援：国土交通省、（公社）土木学会、（一社）日本橋梁建設協会

（一社）プレストレスト・コンクリート建設業協会、（一社）建設コンサルタンツ協会

## プログラム

- 13:30 開会挨拶 一般財団法人 橋梁調査会 理事長 伊藤 學
- 13:35 道路協会会長挨拶 公益社団法人 日本道路協会 会長 井上 啓一
- 13:40 第一部 テーマ：「世界の橋梁のメンテナンス」
- 1) PIARC橋梁委員会の活動
- PIARC橋梁委員長  
一般財団法人 橋梁調査会 常務理事 加島 聰
- 2) 橋梁点検における世界の動向
- PIARC橋梁委員会委員 今井 清裕
- 3) アメリカにおける橋梁の維持管理
- PIARC橋梁委員会委員 Scot Becker
- 4) フランスにおける橋梁の維持管理
- PIARC橋梁委員会委員 Thierry Kretz
- 5) 明石海峡大橋におけるモニタリング
- 本州四国連絡高速道路（株）長大橋技術センター長 藤原 亨
- 15:40 休憩
- 16:00 第二部 テーマ：「世界の長大橋建設」
- 1) ベトナムにおける長大橋建設
- General Director of Transportation Engineering Design Inc Pham Huu Son
- 2) トルコにおける長大橋建設
- 元PIARC橋梁委員会委員 柳原 正浩
- 3) ノルウェーにおける長大橋建設
- PIARC橋梁委員会委員 Borre Stensvold
- 17:15 閉会挨拶 一般財団法人 橋梁調査会 専務理事 西川 和廣

【交流会】 17:30～ 会場：海運クラブ 3階

## 開会挨拶

一般財団法人 橋梁調査会 理事長  
**伊藤 學**



皆さんこんにちは、本日は皆様方お忙しい中をかくも大勢の方においで頂き主催者として厚く御礼申し上げます。

本日のこの催しは今ご紹介がありましたとおり、橋梁調査会の設立35周年を記念してとうたっています。そもそもは1978年に本州四国連絡橋プロジェクトを支援するという目的で設立された海洋架橋調査会が母体で御座います。その本四架橋が完成し海峡横断橋プロジェクトが一段落し、そして財団法人道路保全技術センターから橋梁保全業務を移管される等の時代の変遷と、それから最近行われました公益法人改革の流れに基づいてこの4月から一般財団法人橋梁調査会なる名称の基に新たに発足をした、あるいはあらたに歩みを始めることになったという次第であります。

私どもの調査会はもちろん前身の海洋架橋調査の主旨を持ち続けてはいますが、現在の主たる仕事は、今や喫緊の課題となっています道路橋の点検診断であります。この点につき今後とも皆さまがたのご支援ご協力を是非お願いしたいと存じます。

さて本日のこの催しは当調査会の設立35周年を記念し、一般財団法人橋梁調査会の誕生を祝うとともに、今週神戸で開催された世界道路協会PIARCの橋梁委員会のため来日された海外の橋梁専門家にご講演をお願いするということで企画されたものであります。

内容は世界の長大橋建設および世界の橋梁のメンテナンスという2つの部分から構成されています。

もちろん時間の制約上世界におけるこれらの話題総てを網羅する事は出来ませんが、PIARCの会議に参加された様々な国の専門家を交えて、有益且つ興味あるお話が伺えるものと期待しております。

ご多忙の中貴重な時間を割いて頂いた内外の講師の方々に厚く感謝申し上げますとともに、この会合が有意義なものとなる事を祈って開会の挨拶と致します。

どうぞよろしくお願ひいたします。

# 日本道路協会会長挨拶

公益社団法人 日本道路協会 会長

井上 啓一



ただいまご紹介に預かりました道路協会長をしております井上です。皆さんこんにちは。橋梁調査会設立35周年特別講演会の開催に当たりまして共催団体の一人として一言ご挨拶させていただきます。

橋梁調査会の35周年大変おめでとうございます。

今伊藤理事長からお話がありましたように橋梁調査会が出来た35年前は本四架橋が始まった時期であり、その後橋梁調査会の技術等で本四公団を支えて本四連絡橋の建設が本格化し更に完成を見て今日に至っていると言うことですが、その間には平成7年1月17日の兵庫県南部地震も発生しました。明石海峡大橋も丁度建設の最終段階だったと思いますが明石海峡が1.1メートルも広がったと言う大変困難な状態であった訳ですが、本四の関係者のご努力によりまして明石海峡大橋も無事完成しました。兵庫県南部地震はこないだの東日本大震災よりも橋梁等に与える外力としては大きかったと伺っておりますが、そういう中でちゃんと完成

を見たということで大変橋梁調査会にご立派な成果をあげられたのではないかと思います。

話は変わりますが今日のメンテナンスの話ですが、1955年頃から大量に建設された橋梁が丁度老朽化が始まりだし道路構造物の維持管理が道路行政の主要課題になってきたと言うところで御座います

橋梁調査会は本四架橋事業に加え引き続き日本の道路橋を支えるという重要な課題をになっております今後益々御活躍されることを期待しているところです。

若干私ども道路協会について述べさせていただきますが、道路協会をご承知の方も多いと思いますけれども広く道路に関する技術指針等の出版等で知られておりますが、先月末には日本道路会議と言う会議も開催させて頂きました。そういう会議等で色々技術者の方々にお役に立とうということですが、道路会議は2200名以上の参加を得まして大変盛況の内に行われました。この様に道路協会関係団体と連携して道路の知識普及、道路及び構造の発展に寄与していきたいと考えています。

またもう一つの共催団体であります世界道路協会ですが、通常PIARCと呼んでいますがこの団体は1909年、もう百年ほど前に設立された道路関係の世界最大の技術者の団体でありまして、現在は120カ国以上の正会員が入っています。世界の道路技術の発展に貢献すると言うことで日本はこの世界道路協会が設立された年の1年後に入りまして既に100年以上会員として活躍しています。日本道路協会はこの会議の日本国内委員ということで1956年に正式に認証されまして活動しています。PIARCは17の技術委員会がありましてその中で橋梁委員会も一つの重要な委員会で御座いますが、橋梁調査会の加島常務理事がPIARCの橋梁委員会の委員長として活躍されていることをご報告申し上げます。

本日の講演はメンテナンスと長大橋建設であります。残念ながら日本では長大橋建設はあまり有りませんがメンテナンスはこれからの主要課題でもありますし太田国土交通大臣も今年がメンテナンス元年と位置づけておられますように重要な課題であります。この2つのテーマでPIARCの委員の方、ベトナムあるいは本四高速道路会社の方々が講演して頂けると聞いておりますが大変興味あるテーマで色々お話しして頂けるのではないかと期待しております。

簡単ではございますがご挨拶とさせていただきます。

どうもおめでとうございます。

# 第一部「世界の橋梁のメンテナンス」 PIARC橋梁委員会の活動

PIARC橋梁委員長、(一財)橋梁調査会 常務理事 加島 聰



ただいまご紹介いただきました加島でございます。

私の方から「道路橋委員会」の活動について報告させていただきます。

道路橋委員会の名称はターム毎に変わっておりまして、2008年から2011年の期間はTC

D.3で2012年から2015年の期間はTC4.3です。

## 1. 世界道路協会の概要

世界道路協会は1909年に設立されまして、日本は翌年の1910年に加盟しております。本部はパリにあり約120カ国が加盟しております。

常設の委員会が17ありまして、その内の一つが道路橋委員会です。

また、大会が4年毎に開催されておりまして、2011年の世界道路会議メキシコ大会には約4000名の参加がありました。2015年には韓国で開催される予定です。

## 2. 道路橋委員会の経緯

道路橋委員会の目的は社会経済活動を支える道路ネットワークにある道路橋が、長期的に効率良く機能を継続させていくための課題について各国の知識を共有することであり、当時の高野日本道路協会会長の提案によって1980年からスタートしております。

歴代の委員長は表-1に示しておりますが、日本からは成田先生が1992年から2期委員長を務められております。私は2008年から委員長を務めさせていただいております。

表-1 歴代の委員長

1980～1983	Medeot (イタリア)
1984～1987	Medeot (イタリア)
1988～1991	Medeot (イタリア)
1992～1995	成田信之 (日本)
1996～1999	成田信之 (日本)
2000～2003	Mahut (フランス)
2004～2007	Astudillo (スペイン)
2008～2011	加島 聰 (日本)
2012～2015	加島 聰 (日本)

## 3. 道路橋委員会 (TC4.3)

道路橋委員会は委員長の他に3名のセクレタリーがおりまして、英語はギリシャ人、フランス語はカナダ人、スペイン語はスペイン人が務めております。

メンバーは43カ国から78名おりますが、委員の構成を見ますと道路局の橋梁部長など政府機関の委員が全体の8割を占めておりまして、後の2割は大学教授とコンサルタントです。

## 4. 世界の橋梁建設

図-1には世界の橋梁建設について完成年と全体橋梁数に対する比率の関係を示しております。これによりますと現時点では概ね90%の橋が建設後50年以内ですが、1960年以降に多くの橋梁が建設されておりますので、今後急激に50年を経過した橋が増加することになります。

## 5. 道路橋委員会の課題 (2012-2015)

この様な背景の中で今期の道路橋委員会のIssueは下記のように4つあります。

1. 気候変動への適応
2. 新しい補修方法、修復方法
3. 道路橋のリスクベースマネジメント
4. 損傷や欠陥に基づく橋梁の耐荷重能力の推定

## 6. 課題の検討方針及び体制

4つのIssueを検討するために表-2に示しますように3つのグループが作られております。その進め方はIssue毎に調査内容を決めて質問事項を各国へ送り、各国の回答を分析して報告書を作成します。また、各国でそれをサポートするために国内委員会が作られておまして、日本では日本道路協会に表-3に示すように国内委員会が作られております。

## 7. TC D.3 (2008-2011) の報告書

TC D.3におきましては5つのIssueが与えられておりましたが、それらについて以下の4つの報告書に

まとめております。

レポート1：橋梁点検員の認定、非破壊検査、橋梁の状態評価

橋梁点検員の認定の考え方、29種類の損傷に対する適用可能な非破壊検査の紹介、橋梁の状態評価に関する各国の考え方をまとめております。

レポート2：大規模橋梁のマネジメント

長大橋を管理する各国の管理体制等についてまとめております。

レポート3：橋梁群のマネジメント

ブリッジマネジメントシステムを活用するには、点検結果の質が大切で橋梁点検員の経験や研修が重

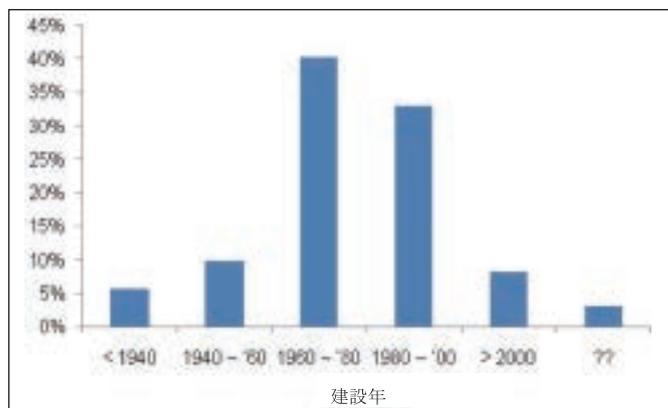


図-1 世界の橋梁建設 (22カ国)

表-2 Issueの検討体制

グループ	担当 Issue	委員数	リーダー	サブリーダー
1	4.3.1、4.3.3	14	Babcock(アメリカ)	Stensvold(ノルウェー)
2	4.3.2	16	Gilles(ベルギー)	Mele(イタリア)
3	4.3.4	12	今井(日本)	Becker(アメリカ)

表-3 国内委員会 (TC4.3)

玉越 隆史	国総研 道路研究部 道路構造物管理研究室長
小田原 雄一	国道・防災課 道路保全企画室 企画専門官
寺沢 直樹	国道・防災課 道路保全企画室 課長補佐
白戸 真大	国総研 道路研究部 道路構造物管理研究室 主任研究官
石田 雅博	(独)土研 橋梁構造研究グループ 上席研究員
西田 秀明	(独)土研 橋梁構造研究グループ 主任研究員
本間 英貴	(独)土研 橋梁構造研究グループ 主任研究員
青木 圭一	佛高速道路総合技術研究所 道路研究部 橋梁研究室長
齊藤 一成	首都高速道路㈱ 保全・交通部 点検・保全計画課長代理
今井 清裕	本州四国連絡高速道路㈱ 保全部 道路保全課長
紅林 章央	東京都建設局道路管理部 橋梁専門課長
籾 真一郎	一般財団法人 橋梁調査会 企画部 企画課長
佐藤 陽一	一般社団法人 日本橋梁建設協会
角田 隆洋	一般社団法人 プレストレスト・コンクリート建設業協会



写真-1 中国でのセミナー

表-4 道路橋委員会の開催

回	開催年月	場所	同時開催のセミナー等
1	2012.3	パリ（フランス）	—
2	2012.10	マドリード（スペイン）	—
3	2013.6	ベルゲン（ノルウェー）	海峡横断シンポジウム（ベルゲン）
4	2013.11	神戸（日本）	国際シンポジウム（東京）
5	2014.2	アンドラ	国際冬期道路会議
6	2014.10	上海（中国）	セミナー（上海）
7	2015 春	ルーマニア	セミナー
8	2015.10	ソウル（韓国）	世界道路会議

要であるというような事をまとめております。

#### レポート4：気候変動への適応

現時点では気候変動を基準に考慮している国は殆どありませんが、気候変動は重要なテーマであり、TC4.3（2012-2015）でも引き続き検討することになっております。

### 8. 道路橋セミナー

4年間に2回セミナーを開催することを要請されておりまして、TC4.3は2014年10月に中国の上海で、2015年春にはルーマニアで開催する予定です。中国から要請されているトピックは「長大橋の建設・維持管理・防災技術」です。TCD.3（2008～2011）では2009年11月に中国の南京でPIARC道路橋委員会と

中国交通部の共催で「コンクリート橋」に関するセミナーを開催しました（写真-1）。中国の場合は橋梁全体の95%はコンクリート橋が占めているようで全国の自治体から技術者が参加されておりました。

### 9. 道路橋委員会（TC4.3）の開催

表-4には委員会の開催状況及び今後の予定を示しております。その中で今月の19日から21日にかけて神戸で第4回委員会を開催しましたが、委員会に出席した委員の中から4名に東京へ来ていただいて本日のシンポジウムで講演していただくことになりました。

委員の皆様よろしく申し上げます。

# 第一部「世界の橋梁のメンテナンス」

## 橋梁点検における世界の動向

PIARC橋梁委員会委員、本州四国連絡高速道路(株) 道路保全課長 今井 清裕

ただいまご紹介いただきました今井でございます。  
橋梁点検における世界の動向について報告させていただきます。

### 1. 2008-2011 期間に与えられた課題

橋梁委員会には下記の5つのIssue (課題) が与えられました。

- Issue D.3.1 点検及び非破壊検査
- Issue D.3.2 道路橋の状態評価
- Issue D.3.3 最新の維持管理技術
- Issue D.3.4 橋梁ストックのマネジメント
- Issue D.3.5 気候変動への対応

これら5つのIssueを3つのグループで検討しました。私が所属したグループはIssue D.3.1とD.3.2を担当しました。それらを報告書にまとめましたが、内容は1.橋梁点検員の認定、2.道路橋の状態評価、3.非破壊検査についての調査です。各PIARC加盟国に橋梁の使用年数や種類、橋梁点検研修、橋梁点検員の認定、更新研修、橋梁の状態評価、非破壊検査等に関する質問事項を送りました。その結果、22機関から回答がありました。アンケートに回答のあった国は図-1に示しますように世界に分散しております。

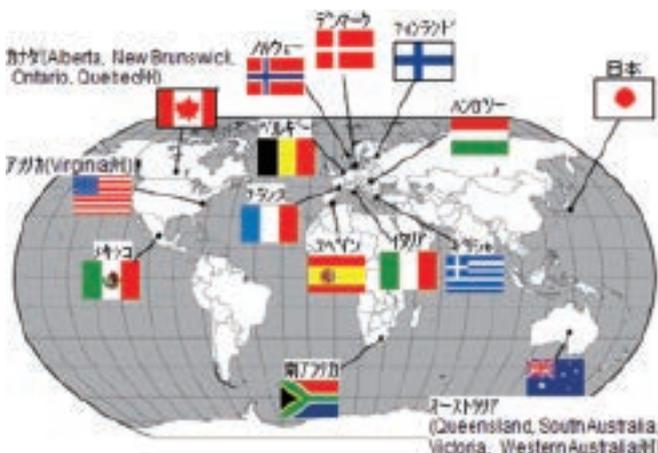


図-1 アンケートに回答した国

### 2. 橋梁の完成年

各国の橋梁の完成年を図-2に示しますが、概ね90%程度の橋が建設後50年以内です。しかし、1960年代以降多くの橋梁が建設されておりますので、今後50年を経過する橋が急激に増加していきます。



### 3. 詳細目視点検の頻度と橋梁点検員

橋梁の詳細目視点検の頻度を図-3にまとめておりますが、点検間隔が5年というケースが最も多くありました。日本も直轄国道は5年の頻度で定期点検を実施しております。

次に詳細目視点検を、各国で誰が実施しているかということをもとめたのが図-4で、インハウスおよびコンサルタントのケースが多くありました。又、点検員に求める要件は図-5に示すように、実務経験、点検研修、学歴の順になっております。橋梁点検研修で実施している内容を図-6に示しておりますが、材料、構造、補修に関する事項が殆どの国で実施されておりました。また、研修期間は図-7に示すように、10日以上実施している国もありますが、

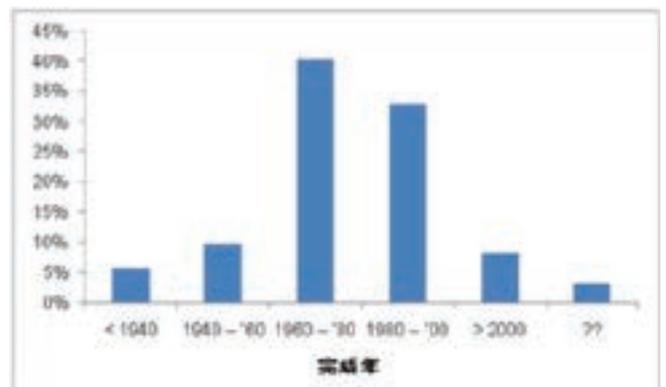


図-2 橋梁の建設年

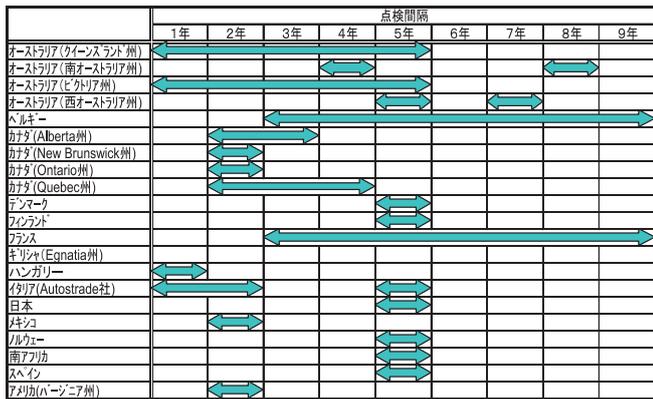


図-3 詳細目視点検の頻度

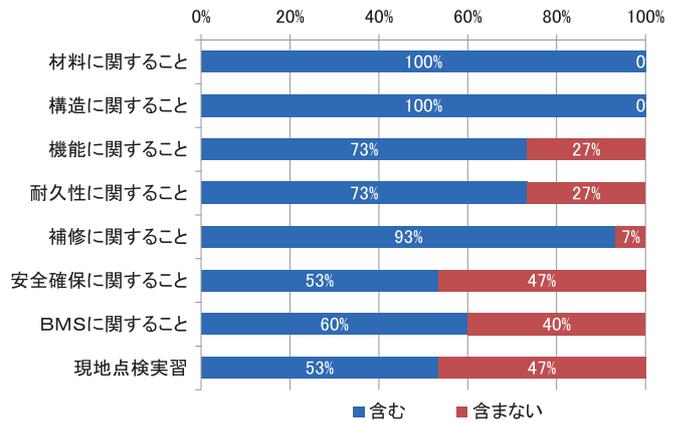


図-6 点検研修で実施している内容

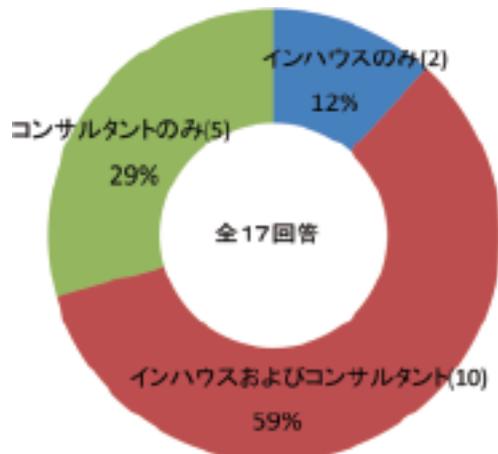


図-4 橋梁点検員について

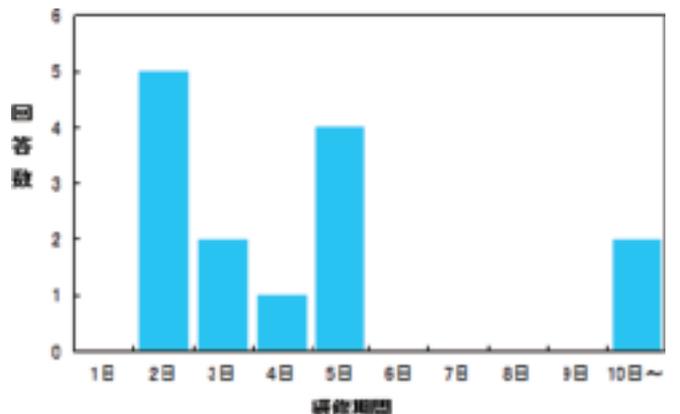


図-7 橋梁点検研修期間

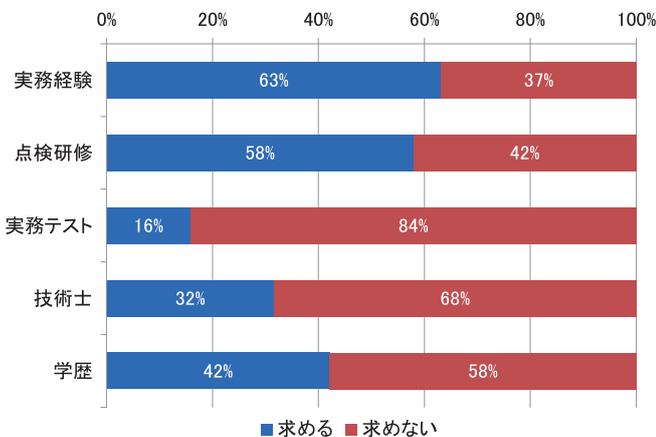


図-5 点検員に求められる事項

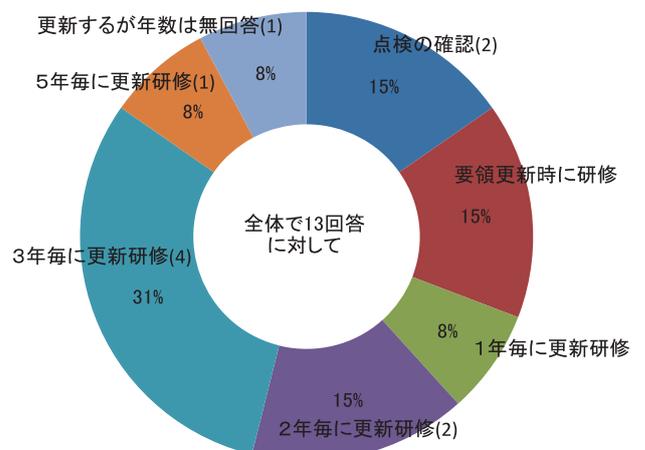


図-8 橋梁点検の更新研修

多くは2日から5日となっております。日本は橋梁調査会で3日間の研修を実施しております。

継続的に信頼できる橋梁点検結果を得るには橋梁点検研修の質の確保と更新制度が必要です。更新研修については13機関から回答がありましたが、図-8に示すとおり2~3年で資格更新しているケースが多いようです。

#### 4. 橋梁の状態評価

橋梁の状態評価につきましては、損傷事例集の有

無、部材・部位の状態評価指標、橋梁の全体評価指標の有無と方法、状態評価指標の利用方法について質問しました。その結果、回答のあった国の95%が

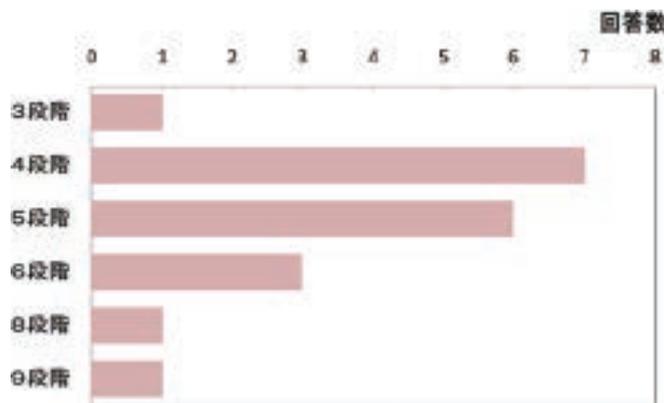


図-9 部材評価の評価段階数

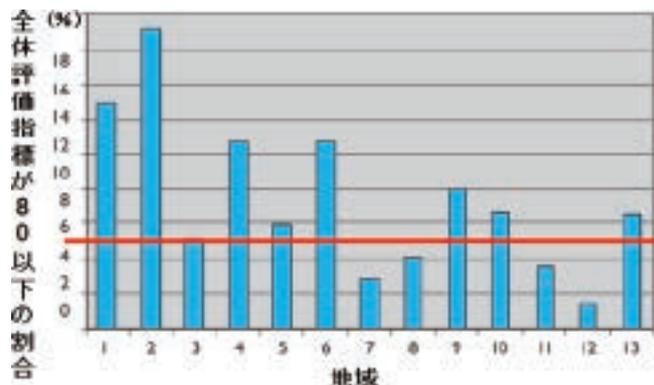


図-11 橋梁全体評価指標の利用例

表-1 対象とした材料と非破壊検査項目

種別	非破壊検査項目
コンクリート	弾性係数、鉄筋位置、空洞、剥離、表面劣化、鉄筋腐食、ひび割れ、耐久性
鋼材	き裂、硬さ、板厚、ひずみ、塗膜厚さ、塗膜付着力、ボルト軸力
ケーブル	破断・き裂、腐食・断面欠損、軸力
木材	損傷箇所特定、劣化
石	ひび割れ、空洞、風化、変形、剥離
橋梁全体	洗堀、空隙、湿度、全体挙動

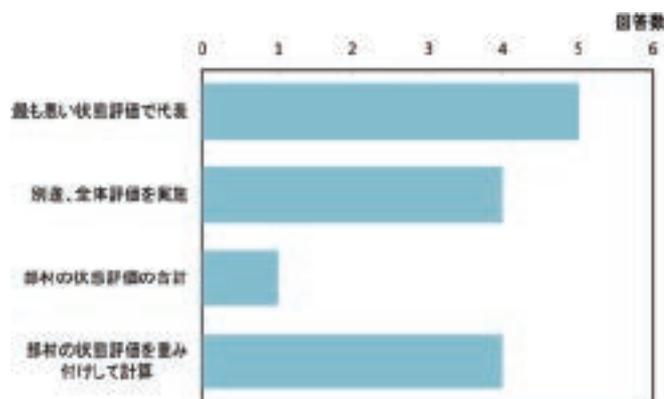


図-10 橋梁全体評価の評価方法

損傷事例集を備えておりました。損傷事例集には、典型的な損傷の種類、損傷の範囲、損傷の原因、損傷程度と損傷に伴う問題が入っております。

橋梁部材の状態評価の評価段階数については図-9に示すように多くの国で4又は5段階評価が用いられすべての部材に対して同一の部材評価方法を適用しておりました。

橋梁の全体評価には次の4つのアプローチがありました。(1) 最も悪い部材の状態評価で代表、(2) 部材評価とは別に全体評価、(3) 部材毎の状態評価の合計、(4) 部材毎の状態評価を重み付けして計算、があり各国がどの方法で橋梁全体評価しているかをまとめたのが図-10です。かなりばらつきがありますが、委員会では部材の状態評価を重み付けした橋梁の全体評価が最も有効な手法としております。

状態評価指標の利用方法の点では部材評価は維持管理計画、ライフサイクルの計画、劣化度の評価、設計や工事へのフィードバック、点検標準への反映、橋梁の余寿命の推定などに使われております。また橋梁の全体評価につきましては、橋梁補修の順位付け、ネットワーク上の予算割り付け、予算立案・資

金調達、効果的な補修計画などに利用されております。

図-11にアメリカのCaltranの事例を紹介しておりますが、カリフォルニア州内で13の地域別に全体評価指標が80を下回る橋梁数の全橋梁数に対する割合が5%以下となるように各地域に予算配分するよう計画を立てることにしているようです。

## 5. 非破壊検査

非破壊検査につきましてはテクニカルレポートの中で表-1に示しますように各材料を対象に29種類の適用可能な非破壊検査を紹介しております。

非破壊検査の有効な点は、損傷を与えないまたは限定的な損傷、様々な構造物に適用可能、さらに詳細な調査をするために損傷位置を特定できるという事があげられます。

一方、課題として検査機器のキャリブレーションが重要で、結果のデータ処理が必要という事があげられました。

ご静聴有り難うございました。

# 第一部「世界の橋梁のメンテナンス」

## アメリカにおける橋梁の維持管理

PIARC橋梁委員会委員、アメリカ ウィスコンシン州 道路局 構造部長 Scot Becker

アメリカにおける橋梁の維持管理について説明します。

### 1. アメリカの橋梁の現状

最初に全米及びウィスコンシン州の橋梁の現状についてですが、表-1に全米の橋梁に関する基本的な数値を示しています。全米には約600,000の橋梁がありその総橋面積は3億5,850万㎡に及びます。また1日の平均交通量は44億8,500万台でそのうちトラックの交通量は4億521万台であります。

橋梁の平均年齢は建設後43年になります。

次に私の勤務していますウィスコンシン州の橋梁について詳しく説明します。

ウィスコンシン州には橋長6m以上の橋梁が14,000橋あり、図-1に示すようにそのうち州の橋が全体の37%で5,196橋、地方自治体の橋が63%で8,803橋となっています。

また図-2に橋梁の築後年数の分布を州と地方自治体に分けて示しましたが、州の橋梁の平均年齢は33年で地方自治体は38年であります。50年以上経過した橋梁は州の橋は944橋で20%、地方自治体の橋は2,443橋で25%を占めることになります。

橋梁の耐荷力が基準以下の場合には荷重制限の表示をしています対象となる橋は州の橋で1.2%の58橋、地方自治体の橋では9.1%の803橋あります。

全米のどの州でも同様ですがウィスコンシン州ではすべての橋梁に対して2年に1度定期点検を実施し

ています。点検の結果から構造に欠陥のある橋は州の橋では166橋、地方自治体の橋では1,068橋であり、機能の陳腐化した橋は州の橋で393橋、地方自治体の橋で369橋となっています。



2年に1度の定期点検の結果は全米橋梁台帳(National Bridge Inventory)に記入し、連邦政府に報告するとともに、各橋梁の床版、上部構造、下部構造等の健全度を評価しています。AASHTOの点検マニュアルでは100種類以上のエレメント別の点検が

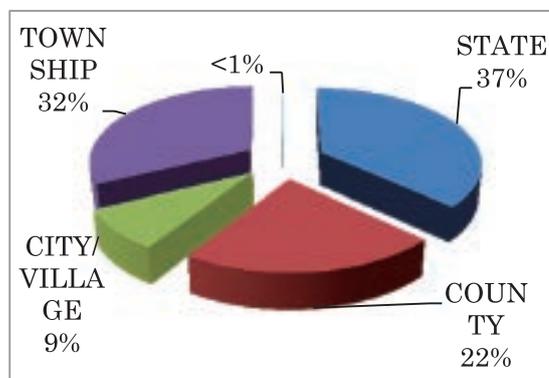


図-1 ウィスコンシン州の橋梁

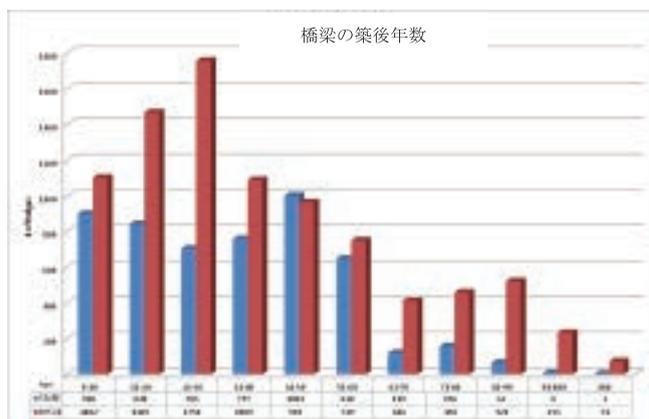


図-2 橋梁の築後年数

表-1 全米橋梁の現状

項目	内容
全橋梁数	607,340 橋
合計橋面積	3 億 5,851 万㎡
日平均交通量	44 億 8,500 万台
日平均トラック交通量	4 億 521 万台
平均築後年数	43 年

行われるようになっていきます。

## 2. 橋梁の管理と技術基準

米国では連邦政府、州政府、地方政府の3つのレベルがあり、橋梁の管理者は、連邦、州、地方政府のすべての法令に従って橋の安全を保証し維持管理する責任があります。

道路に関連する機関として連邦道路管理局 (FHWA) と米国全州道路交通運輸行政官協会 (AASHTO) がありますが、AASHTOには20の技術委員会がありそのうち高速道路技術委員会の下に橋梁構造物小委員会が設けられています。この小委員会が荷重抵抗係数設計法による橋梁設計指針や橋梁エレメント点検マニュアル等をはじめとする75の図書を発行しています。写真-1はその一例を示したものです。

## 3. 橋梁保全の基本政策

AASHTOとFHWAによる橋梁保全の定義は以下のとおりです。

橋梁の保全とは、「橋梁または橋梁エレメントの劣化を防止、遅延または軽減し、既存の橋梁の機能を回復させ、橋梁を良好な状態に維持してその寿命を延ばす行為もしくは戦略である。」というものです。

米国では政府の予算逼迫により、インフラへの財源も減少している一方で既存のインフラは老朽化の傾向にあります。そこで、政府がインフラ財源について大幅な変更を行ない新しい政策としてMap-21を策定しました。

新政策は橋梁に特化したプログラムはなくなり、全米高速道路性能プログラムの中の1つとして橋梁

を扱うことになるとともに保全に重点を置いた方針となっています。また橋梁の性能に基づいて各州は資産管理計画を策定することが要求されています。

ウィスコンシン州の道路局も、次世代橋梁管理イニシアティブを開始しており、図-3に示すように、Map-21の政策に従い経済性の観点から架け替えや改修でなく保全に力を入れるものとなっています。

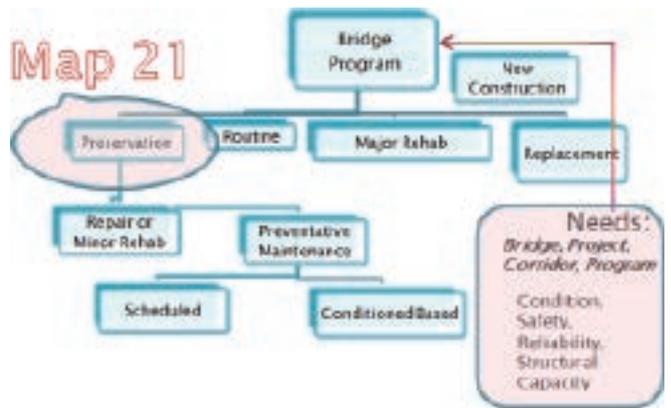


図-3 ウィスコンシン州での橋梁管理プログラム

表-2 予防保全事例

予防保全事例	実施周期
床版と橋梁全体の清掃	1～2年
コンクリート床版のオーバーレイ	
—ポリマー系の薄膜オーバーレイ	10～15年
—防水メンブレンによるアスファルトオーバーレイ	10～15年
—シリカフェーム、ラテックスなどの剛性オーバーレイ	20～25年
防水シーラントによるコンクリート床版のシーリング	3～5年
鉄骨、橋桁端部のゾーンコーティング	10～15年
支承の潤滑油塗布	2～4年
木構造部材の保護シーラントのコーティング	1～2年

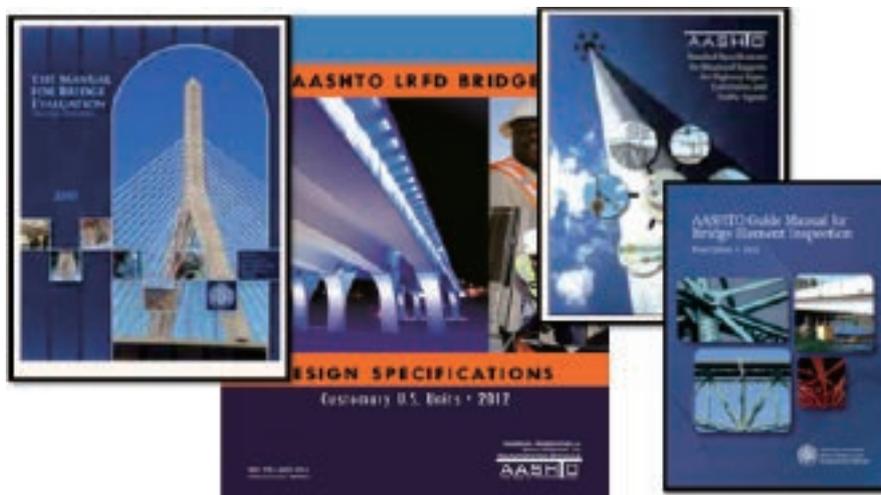


写真-1 ASSHTOの発行文献の例

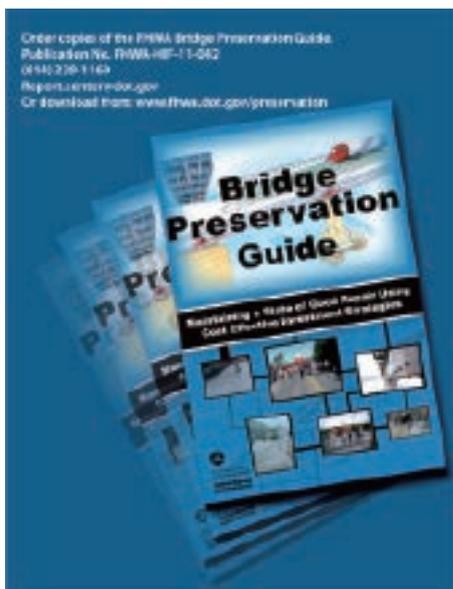


写真-2 FHWA発行のガイドブック



写真-3 沈下が発生した道路橋

#### 4. ウィスコンシン州の保全事例

ウィスコンシン州で実施している保全の事例を紹介します。そのうち定期的に行っている予防保全事例を表-2に示します。また写真-2にFHWA発行のガイドブックを示します。

保全活動をまとめると

- ・ 橋梁保全是橋梁管理の基本である。
- ・ 保全、架け替え、改修などのニーズのバランスをとったプログラム
- ・ 体系的な予防保全を実施することによって連邦政府の予算を獲得する。
- ・ 適切な橋に適切なタイミングで保全を行うことで効果が上がる。
- ・ 保全活動の目的は橋の寿命を延ばすことである。
- ・ 改修や架け替えに比べて保全活動に要する費用は大幅に少ない

ことが言えると思います。

#### 5. 道路橋の損傷事例

最後に橋梁の損傷事例を紹介します。

今年9月、ウィスコンシン州グリーンベイ市のフォックス川にかかる州間道路43号の道路橋が沈下していることが発見されました。この橋は幹線道路で交通量が多い。橋梁管理者として崩落の危険性はないが安全面から橋を閉鎖する対応をとることとしました。



写真-4 基礎杭の損傷状況

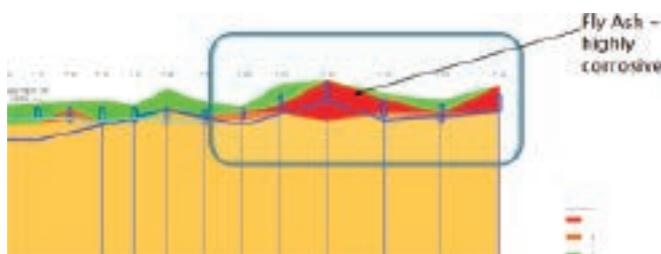


図-4 地質断面図

写真-3に橋の沈下した状況を示しています。

調査の結果、写真-4に示すように橋脚22の基礎部の杭が損傷していたことがわかった。更に土質調査により、問題の橋脚基礎の土質は腐食性が高いフライアッシュであることがわかった。土質断面図を図-4に示す。

補修方法としてフーチングの補強及びジャッキによる持ち上げを行い2014年1月に工事完了し橋の開通を予定している。

真剣な聴講に感謝します。

# 第一部「世界の橋梁のメンテナンス」 フランスにおける橋梁マネジメント

PIARC橋梁委員会委員、フランス土木研究所 材料構造部長 Thierry Kretz



ただいまご紹介いただきましたKretzです。私からフランスの橋梁の維持管理、PIARC道路橋委員会では私がグループリーダーとして担当しました大規模橋梁のマネジメントそしてフランスの吊橋で腐食したケーブルの架替工事について報告させていただきます。

ていただきます。

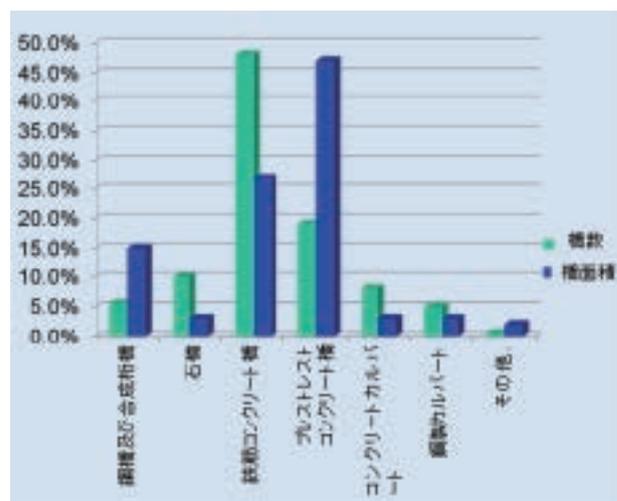


図-1 橋種とその割合

## 1. フランスの橋梁と点検

フランスの橋梁は表-1に示しますように国が管理する橋梁は12000橋ですが、市町村管理の橋梁も含めると235,000橋あります。

これらの橋種毎の割合を示したのが図-1です。これによりますとフランスではRC橋とPC橋が多くを占めております。

図-2には橋梁点検の種類と頻度を示しております。詳細な点検は橋梁によって3年または6年の頻度で行っております。

橋梁点検員の研修と資格については、通常の点検については土木に関する経験が2年、地方の橋梁管理組織が実施する研修と資格が必要で、詳細点検に



図-2 橋梁点検の種類と頻度

ついては3日間の特別な研修、ベテランの点検員のもとでの点検実績、そして理論と現場での試験に合格して国の認定を受けている事が点検員に要求されます。

フランスには橋梁の詳細評価ガイドラインが28あります。点検は5段階評価(表-2参照)で行っており、点検結果は国のデータベースに入力され、橋梁の補修優先順位や橋梁の品質の分析を行います。

状態の悪い橋梁について、損傷が発生しているところは近くで定期的にチェックし、更に短期に崩壊する可能性がありそうな橋梁については恒久的なモニタリングを実施します。

表-1 管理者毎の橋梁数

管理者	橋梁数(支間 2m以上)
国 (国道)	12,000
国 (高速道路)	7,000
県	95,000
地方	115,000
鉄道	6,000
合計	235,000

表一2 橋梁点検結果の5段階評価

評価レベル	状態
1	良好
2	装置の損傷又は構造上の軽微な損傷
2E	上記の損傷で緊急対応が必要
3	構造の劣化
3U	上記で緊急修繕が必要。安全上のリスク有り

橋梁の損傷が非常に悪い場合にはリスク分析を行います。

図-3のように危険度の点数、耐荷力の点数、サービスレベルの影響点数をつけます。

図-4に危険度と耐荷力のリスクマトリックスを示しております。そして図-5にサービスレベルの影響マトリックスを作って非常に危険度の高いものをリストアップして補修順序を決めます。またグラフはフランスの橋梁のリスクレベル毎の橋梁数の割合を示しています。

## 2. 大規模橋梁のマネジメント

PIARC道路橋委員会 (TC D.3) の課題の一つは大規模橋梁のマネジメントでして、私はそのグループ

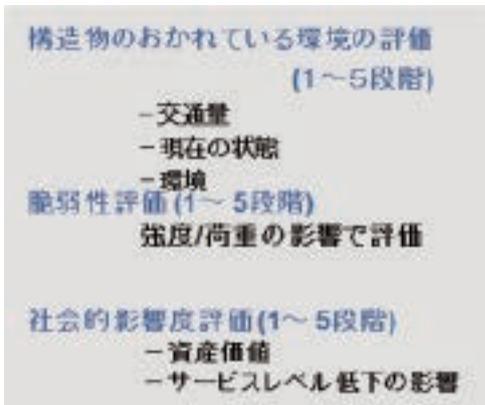


図-3 単径間PC桁のリスク分析

Criticality	Vulnerability				
	Low	Moderate	Acceptable	High	Very high
Hazards	1	2	3	4	5
0-20 Low	C1	C1	C2	C3	C3
20-40 Moderate	C1	C2	C2	C3	C3
40-60 Strong	C2	C2	C3	C3	C4
60-80 High	C3	C3	C3	C4	C4
>80 Very High	C3	C3	C4	C4	C4

図-4 リスク分析一1

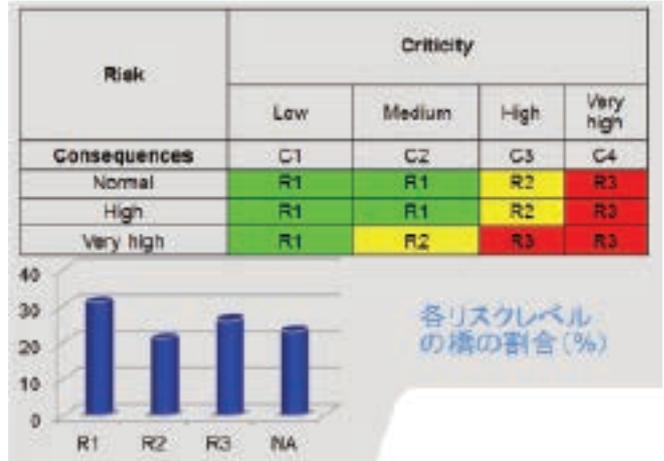


図-5 リスク分析二

リーダーを務めました。世界の11か国からアンケートに回答がありました。大規模橋梁の定義は各国によって違いますが、どの国も大規模橋梁には専門のチームが専属的に管理しております。

フランスのミヨー橋 (写真-1)、ギリシャの Harialaos Trikoupis橋 (写真-2)、日本の明石海峡大橋 (写真-3) もアンケートに回答がありました。

大規模橋梁にはモニタリングが必要であるという



写真-1 ミヨー橋



写真-2 Harialaos Trikoupis橋



写真-3 明石海峡大橋

事でした。

モニタリングの目的は内的・外的危険度の発見、構造物が予測通りに挙動しているか、材料特性や耐久性の管理のための気候、交通量、凍結の観測があります。各橋では桁の変位、伸縮装置の移動等構造面のモニタリング、鋼構造の疲労、鉄筋の腐食等材料面のモニタリングがあります。

### 3. 吊橋ケーブルのモニタリングと補修

最後にフランスの吊橋でケーブルを取り替えた事例を紹介します。

写真-4に示すフランスのAquitaine橋で、1967年に建設された中央支間長394mの吊橋です。この吊橋については2003年に吊橋ケーブルの取り替えと桁の拡幅を実施しました。それまでの経緯は次の通りです。

- ・ 1983年：68ワイヤーの破断が確認



写真-4 Aquitaine橋

- ・ 1985年：瀝青の塗装を実施
- ・ 1993年：178本の外側のケーブルの破断を確認（全ワイヤーの1%に相当）
- ・ 1995年：
  - ・ 近接目視点検を6か月ごとに実施
  - ・ ケーブルの最も損傷の大きいところでアコースティックモニタリングを実施
- ・ 1998年：5か所でケーブル固定クリップを開放
  - (1) ある個所では37ストランドのうち2ストランドが破断
  - (2) 殆どの外側2層のケーブルのワイヤーが破断
  - (3) 残留強度は初期強度の80%と推定

そのようなことから写真-5に示すように塔頂を拡幅して、61ストランドの新しいケーブルを新設し、ケーブルの外周をポリエチレンシースでカバーで防水してケーブル内を乾燥させました。通行車両に影響を与えないで3年で工事を完成させました。写真-6は新しいアンカレイジチャンバーを示しております。

ご清聴ありがとうございました。



写真-5 ケーブルを新設するための塔頂の拡幅



写真-6 増設したエアタイトのアンカレイジチャンバー

# 第一部「世界の橋梁のメンテナンス」 明石海峡大橋におけるモニタリング

本州四国高速道路(株) 長大橋技術センター長 藤原 亨



ただいまご紹介頂きました本州四国連絡高速道路株式会社の藤原でございます。

これから「明石海峡大橋におけるモニタリング」というタイトルで発表致しますが、内容は、橋の安全性を確認する上で継続的に観察を行っております地

震時や強風時の橋の挙動の観測と主ケーブルの防食対策として導入しました送気乾燥システムのケーブル内の湿度計測を中心にお話いたします。

## 1. 明石海峡大橋主要諸元

明石海峡大橋は写真-1に示すように、3径間2ヒンジ補剛トラス吊橋で車線数は6車線、1998年の4月に開通し今年で開通後15年余りが経過したところです。

中央支間長は1991m、橋長は3911mで現在世界最長の吊橋です。

塔は鋼製で高さは約283mです。



写真-1 明石海峡大橋

## 2. 維持管理の基本方針

本州四国連絡橋は、海上と言う厳しい腐食環境に置かれていますが、代替道路がなく超長期にわたり橋を健全に保つ必要があるため、いわゆる予防保全を維持管理の基本方針としています。

海峡部長大橋の定期的に行う点検としては、橋に設置した管理用通路等から目視による点検を日常的に行う巡回点検、打音や触指により近接して行う基本点検、橋全体や構造部材の形状測定を主体とした精密点検があり、基本点検は2年毎、精密点検は5年毎に行うことを原則としています。

また異常時点検は、自然災害や事故等が生じた場合に行う緊急に行う点検であり、臨時点検は定期点検の結果、追跡調査が必要となったものや、通報などにより臨時的に行う点検であります。

点検結果から劣化を予測し、対策の要否を判定し、対策の実施、その評価というサイクルで維持管理を実施していくとともに、点検データや補修記録をデータベース化して活用しています。

## 3. モニタリングの全体像

表-1は、明石海峡大橋で継続的な変化に着目し実施している観測及び点検項目について、分類して示したものです。

本日はこれらの項目の中で、常時観測が可能なシステムを構築している動態観測と主ケーブル内の湿度管理についてご紹介します。

## 4. 明石海峡大橋の動態観測

図-1は明石海峡大橋に設置している動態観測の観測機器の配置を示しています。

外力の観測としては、風については神戸側の塔頂と補剛桁上、具体的には照明柱の上部に風向風速計を赤い星印で示すように設置しており、地震についてはアンカレイジ位置に地震計を設置しています。

中央径間中央部の風速計は、自然風の空間相関を

表-1 観測及び点検項目

分類	種別	対象	測定項目	測定間隔
構造物	詳細点検	橋梁全体	橋梁全体形状 基礎の変位 ハンガーロープ張力	1回/5年
	動態観測	橋梁全体	風速及び風向 変位、速度、加速度	常時
材料	詳細調査	鋼部材の塗装	塗膜厚、光沢度付着性	概ね1回/5年
	観測	主ケーブル	温度及び湿度 ケーブル内及びスプレー室	常時
	詳細調査	コンクリート構造物	塩素イオン濃度 中性化深さ	1回/5年
その他	詳細調査	2P主塔基礎	海底洗堀	1回/5年以上

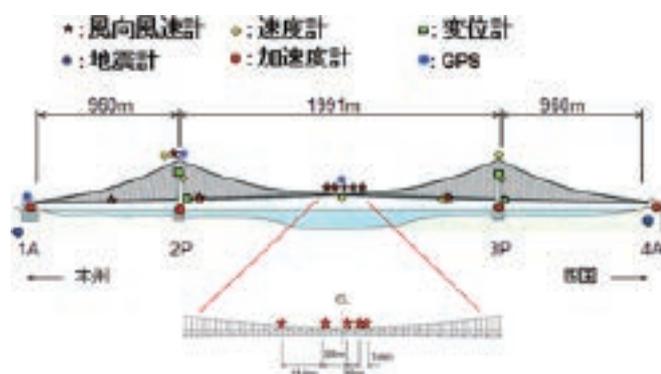


図-1 観測機器の配置

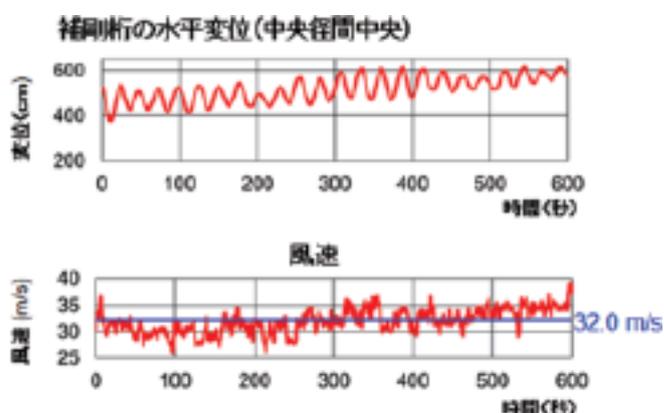


図-2 観測された補剛桁の水平変位と風速

評価するため図に示すような間隔で5台を配置しています。

橋の挙動については、塔と補剛桁に速度計を設置し、塔部の桁端には変位計を設置しています。また神戸側のアンカレイジと神戸側主塔の塔頂及び中央径間中央にGPSを設置し、変位が連続的に計測できるようになっています。

それでは次に、強風時及び地震時の代表的な観測結果を紹介します。

図-2は1998年の台風7号による強風観測のうちほぼ橋軸直角方向から風が吹いていた10分間の風速と中央径間中央の補剛桁の水平変位の変化を示したものです。

上のグラフはGPSで観測された水平変位を示しており、下のグラフは中央径間中央に設置した風速計で観測された風速を示しています。この10分間の平均風速は32.0m/sでした。

補剛桁の水平変位は風速の増大とともに漸増しています。またその変位は周期的に変動しています。この変位の平均値が風による静的変位、変動分が風速変動による動的変位、いわゆるガスト応答による

変位と考えられます。

なおこの補剛桁の水平変位の変動をスペクトル分析すると0.04Hz付近に明確なピークがあり、これは明石海峡大橋の補剛桁の水平曲げ1次振動の固有周期と一致しており、最低次の振動モードで応答していることが分かります。

図-3は、明石海峡大橋でこれまでに観測された10分間の平均風速が約15m/s以上の強風時の風速と中央径間中央の補剛桁の水平変位の関係をプロット

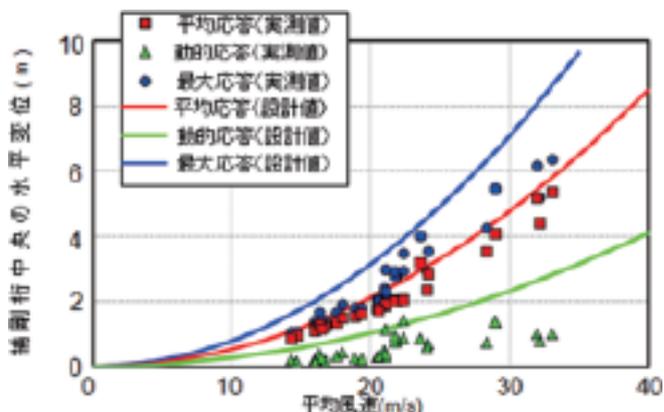


図-3 風速と応答の関係 (明石海峡大橋)



が、その結果、図-5のグラフに示すように、相対湿度を60%以下にすれば錆の発生を抑制できることが分かりました。

これらの結果から、送気乾燥システムは、安全側にケーブル内の相対湿度が40%以下の状態を保てるように設計し、実際のケーブル内の相対湿度をモニタリングすることによりその効果を確認しています。

図-6は、明石海峡大橋の送気乾燥システムの運転開始から31ヶ月間のケーブル内と外気の相対湿度の推移を示したもので、青色が外気、赤がケーブル内を表しています。

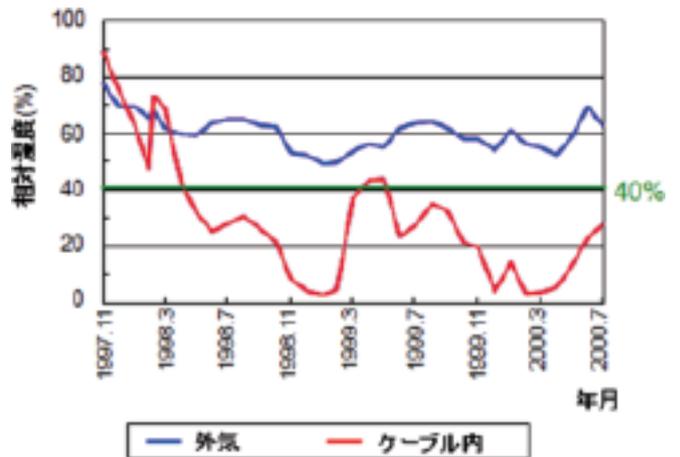


図-6 ケーブル内と外気の相対湿度の推移 (運転開始直後)

測定は淡路島側の側径間に設けた測定点で行い、月ごとの計測値の平均値をプロットしています。

送気設備を稼働する前に90%近くあったケーブル内の相対湿度が半年後には目標の40%まで下がり、その後、一時的に送気を停止した期間に40%を上回った時がありますが、運転を再開するとすぐに低下し、良好な状態を保っています。

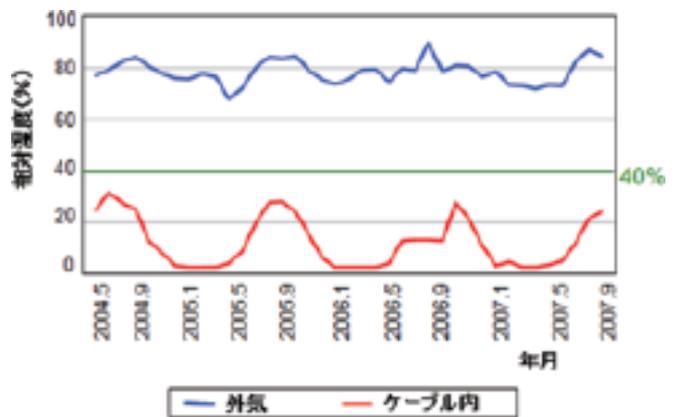


図-7 ケーブル内と外気の相対湿度の推移 (定常状態)

図-7は、システムの運転開始から6年余りが経過した2004年5月から40ヶ月余りの定常状態のケーブル内外の相対湿度の推移を示したものです。

ケーブル内の湿度は外気の湿度より大幅に小さく、目標の40%を下回る状態が保たれている状況を示しています。

図-8は、明石海峡大橋の完成後9年余りが経過した2007年度に、中央径間中央部の排気カバーとその近傍のラッピングを取り外し、ケーブル内部の状況を調査した時のものです。調査時には図に示すように素線間にクサビを打ち込み内部の状況も調査しましたが、錆の発生はなく良好な状態に保たれていることが確認されました。

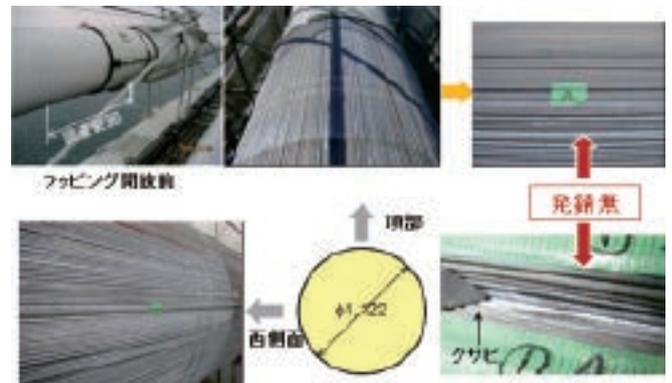


図-8 開放調査の状況

明石海峡大橋では、このようなモニタリングの結果を踏まえ、相対湿度を目標値の40%以下に保ちつつ、より経済的な運転を図るための、一部の除湿機の停止や送気圧の調整などシステムの改良に取り組んでいます。

明石海峡大橋で開発されたこの送気乾燥システムと同様な方法は、吊橋の主ケーブルの防食手法として、国内のみならず国外でも広く普及してきています。

以上で、私の発表を終わりますが、明石海峡大橋の

ような大規模な橋梁では、点検や調査による損傷の発見や劣化の評価と継続的に観測を行うモニタリングを適切に組み合わせて、橋全体の健全性を確認していくことが重要であると思います。ご静聴ありがとうございました。

# 第二部 「世界の長大橋建設」

## ベトナムにおける長大橋の建設

TEDI社 社長 Pham Huu Son

### 1. ベトナムの長大橋と建設の歴史

ベトナムに長大橋建設の技術が無い頃は、最大支間長63m程度のTラーメン橋やRC橋が建設されており、ソ連、ブルガリア、ドイツ、中国から導入された鋼トラス橋が多数存在しています。

最初のPC箱桁橋はPhu Luong橋で中央径間は102mであり、その後技術の蓄積がなされ、ベトナム人技術者もプレストレスコンクリート箱桁橋の設計・建設ができるようになり現在橋の最大径間は150mまで拡大されました。

最近では、斜張橋、吊り橋、鋼管アーチ橋などの建設が中心に進められています。

ベトナムの長大橋を表-1に示します。  
最初に斜張橋について説明します。

斜張橋は、長大橋に適しており、橋の下のクリアランスが大きくとれること、ケーブルの張力を調整することで橋脚やパイロンの部材力を調節できること、また景観上の配慮により美しい設計が可能であることなどの長所があります。但し初期の投資費用がかかること、技術と経験が必要であること、維持管理のコストが高いことなどの短所があります。



表-1 ベトナムの長大橋

Type of structure	Name of bridge	Location (province / City)	Span of main bridge (m)
Cable stayed bridge	My Thuan	Vinh Long – Tien Giang	150+350+150
	Kien	Hai Phong	85+200+85
	Binh	Hai Phong	100+260+100
	Rach Mieu	Tieng Giang – Ben Tre	117+270+117
	Can Tho	Can Tho	230+550+230
	Bai Chay	Quang Ninh	40+81+129.5+435+129.5+86
	Nhat Tan	Ha Noi	150+4x300+150
	Tran Thi Ly	Da Nang	(4x50+250) + (45+ 4x50 +28.8 +27.2)
Suspension bridge	Thuan Phuoc	Da Nang	125+405+125
Cantilever bridge	Thu Thiem	Ho Chi Minh city	45+80+120+80+45
	Thi Nai	Binh Dinh	69.8+3x120+69.8
	Ham Luong	Ben Tre	90+3x150+90
	Pa Uon	Son La	75.5+4x130+75.5
	Vinh Tuy	Ha Noi	90+6x135+90
Steel arch bridge	Rong (Dragon)	Da Nang	64+128+200+128+72
Filled concrete steel tubular arch bridge	Dong Tu	Ha Noi	80+120+80



写真-1 Can Tho橋



写真-2 Ham Luong橋

ベトナムで最初の斜張橋は、My Thuan橋で中央径間350mの景観的にも美しい橋であります。

Kien橋は中央径間200mで日本とベトナムの共同プロジェクトで建設されました。

Rach Mieu橋は設計から建設までベトナム人だけで実施した最初の斜張橋で、ベトナムにおける長大橋建設の大きな節目と考えられる橋であります。2009年に開通。塔はA字型で、補剛桁は風の影響を考慮した断面設計がなされました。コンクリートの施工では鋼管に冷水を流して温度管理をする等の技術が使われました。

Can Tho橋（写真-1）はベトナムで最初の鋼コンクリート複合斜張橋で中央径間550mあります。この橋は日本人の設計で、補剛桁としてPC箱桁の中央部に長さ210mの鋼箱桁を挿入しています。

Bai Chay橋は開通当時世界で最も長い中央径間をもつ一面ケーブルの斜張橋でありました。

Nhat Tan橋はベトナムで最初のマルチスパン斜張橋で現在建設中です。

Tran Thi Ly橋はベトナムで最初の傾斜塔を持つ斜張橋で塔の支承は、25,000トンまで耐えられる。

吊橋についてですが、吊橋は長大橋に適していて美しい景観をもつ設計が可能ですが、設計施工に最新の技術が必要で、設計計算が複雑であり変位計算には特殊なソフトウェアが必要であります。また、維持管理のコストも大きいと考えています。

Thuan Phuoc橋はベトナムで最長のつり橋で補剛桁は偏平六角形断面の鋼箱形を使っています。橋面舗装はエポキシアスファルトが使われたが、高温と振動、過積載車両のために損傷が激しく修復中であります。

PC箱桁橋はベトナムに多い橋の種類で現在の最大径間は150mです。施工は現場打ちカンチレバー工法を採用しています。

Thu Thiem橋は美しい設計のポータルラーメン橋でホーチミン市のシンボルになっています。

Ham Luong橋（写真-2）はベトナム最長の径間150mを持つ橋梁です。



写真-3 Rong橋（フェスティバル時の演出）

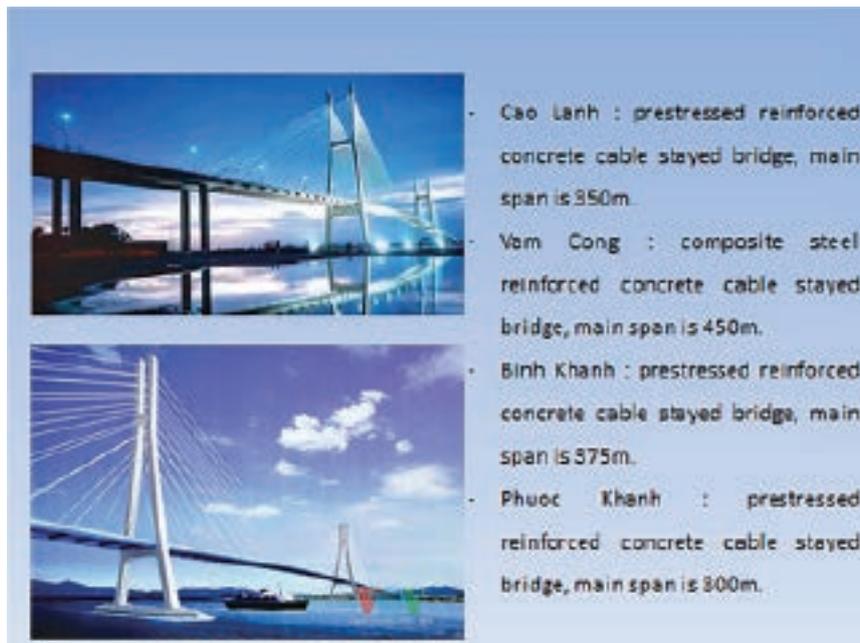


写真-4 ベトナムで進行中の長大橋プロジェクト

Pa Uon橋は橋脚高さが90mでベトナムで最も高い橋脚を有する橋です。

Thi Nai橋はベトナム初の海上の橋で中央径間120mです。

ベトナムにはアーチ橋が多い。

Rong橋はベトナムで最も長いアーチ橋であり中央径間200mで龍の形をしています。写真-3に示すとおりフェスティバルのときには龍の口から火が噴き出て観光客を楽しませています。

## 2. 長大橋建設及び維持管理の技術

ベトナム人技術者は、長大橋の設計計算技術を学び設計ソフトRM Bridge v8iを使用し斜張橋の設計を行っています。

また耐風設計やケーブルの振動を抑える各種ダンパーの開発、構造物健全性モニタリングシステムが実施されています。

但し、まだ技術力が不足していて、カンチレバー橋の径間は現在150mが最大であります。

維持管理に関しては、現在ベトナムでは、まだ維持管理の重要性が認識されていない状況にあると言えます。その理由として、管理システムや検証システムがまだ存在していない、長大橋の維持管理マニュアルや仕様がない、適切な投資が行われていない、経験が不足していることなどが考えられます。

Thuan Phuoc橋の橋面舗装は気温が高いことと桁の振動により、鋼床板のアスファルトの損傷が激しいことも問題であり修復方法を検討しているところでもあります。長大橋の維持管理の経験が少なく、健全性モニタリングもまだ普及していません。

## 3. 進行中の事業

写真-4に示すように長大橋の建設事業が進行中であります。

また計画段階の大型事業が数箇所計画されており、先進国の資金援助が必要と考えています。

維持管理の分野において日本の協力を期待しています。

# 第二部 「世界の長大橋建設」

## トルコにおける橋梁建設

(株)IHIインフラシステム理事 イズミット橋副プロジェクトマネージャー  
前PIARC橋梁委員会委員 柳原正浩



### 1. トルコの概要

トルコは図-1に示すように南東ヨーロッパと南西アジアにまたがっています（地形的にボスポラスの西側はヨーロッパに位置している）。

トルコの概要は表-

1に、トルコの道路網は図-2に示しております。

イスタンブールのボスポラス海峡（図-3）には道路橋として既に吊橋が2橋架かっていますが、2橋の橋上交通量は1日当たり40万台に達しております。渋滞緩和策として、11月に地下鉄が一部開通し、更に第3ボスポラス大橋やトンネルの建設が進んでいます。

表-1 トルコ共和国の概要

Capital city	Ankara
Dec. of Republic	October 29, 1923
Population	79,749,561 (as of July 2012)
Area	783,562 km <sup>2</sup> (37 <sup>th</sup> in the world, 2xGermany, 2x Japan. )
Ethnic Group	Turkish (75%) /Kurdish (18%) /others (7%)
Language	Turkish (official) / Kurdish / others
Religions	Muslims (99.8%) / others (0.2%)
Major cities	Istanbul / Ankara / Izmir / Bursa
GDP per capita*	\$ 10015 ('10) / \$ 10477 ('11) / \$10526('12)
Inflation ratio*	8.6% (2010) / 6.5% (2011) / 8.9% (2012)

\*IMF World Economic Outlook Database



図-1 トルコ位置図



図-2 道路網図（赤線は高速道路）

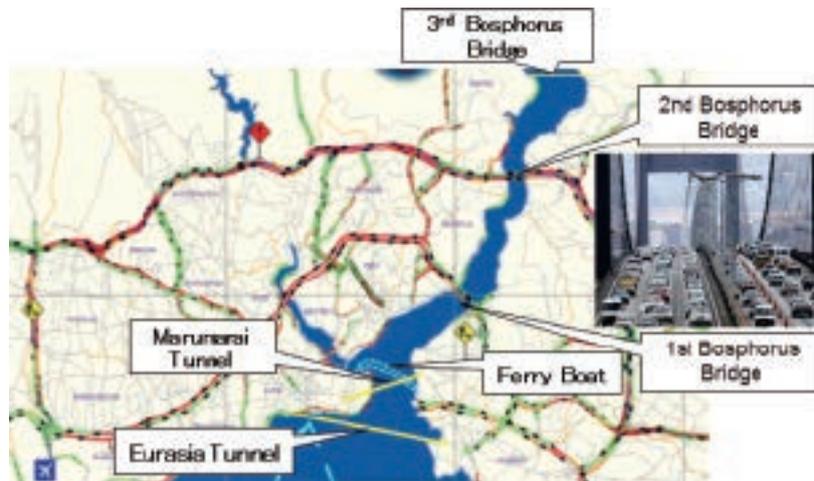


図-3 ボスポラス海峡の交通

表-2 日本のODA

NO.	CITY	CLIENT	NAME OF PROJECT	YEAR
1	ISTANBUL	GENERAL DIRECTORATE OF HIGHWAYS	GOLDEN HORN BRIDGE	1974
2	ISTANBUL	GENERAL DIRECTORATE OF HIGHWAYS	GOLDEN HORN BRIDGE REPAIR WORK	1983
3	ISTANBUL	GENERAL DIRECTORATE OF HIGHWAYS	INSPECTION WORK FOR NO.1 BOSPHORUS BRIDGE	1985
4	ISTANBUL	GENERAL DIRECTORATE OF HIGHWAYS	SECOND BOSPHORUS BRIDGE	1988
5	ISTANBUL	GENERAL DIRECTORATE OF HIGHWAYS	RENOVATION AND WIDENING PROJECT FOR GOLDEN HORN BRIDGE	1999
6	ISTANBUL	GENERAL DIRECTORATE OF HIGHWAYS	THE SEISMIC REINFORCEMENT PROJECT FOR LARGE SCALE BRIDGES IN ISTANBUL	2013



図-4 Gebze-Izmit自動車道ルート図

## 2. 日本のODA

表-2に示すように日本は1974以来ODAでトルコに貢献してきました。

それらはゴールデンホーン橋の耐震補強、第2ボスポラス大橋の建設、イスタンブールにおける大規

模橋梁の耐震補強プロジェクトなどです。

2011年までに供与したODAの総額は25億7800万ドルになります。

2006年にトルコは中所得国になり、円借款は環境、人的資源、災害に限定されています。



写真-1 架橋地点の衛星写真と道路計画



写真-2 イズミット橋完成予想図

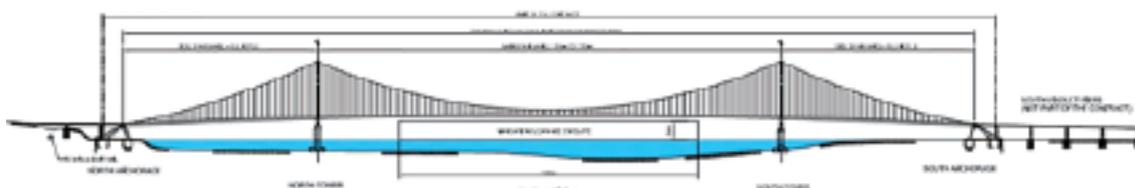


図-5 イズミット橋一般図

### 3. PPPインフラ整備

最近では港湾、空港、道路、鉄道をPPPで整備しております。その中には第3ボスポラス海峡大橋、イズミット橋を含むGebze-Izmir自動車道プロジェクトがあります。Gebze-Izmir自動車道はトルコ最大の都市イスタンブールと第三の都市イズミールを結んでいます（図-4参照）。

橋梁を含むイズミット湾にかかる道路は写真-1に示すように12kmあります。

現在はフェリーで45～60分かかっていますが、道路が完成すると所要時間は6分に短縮されます。PPPの難しさは交通量の予測でありまして、予測交通量より下回った場合はKGM（高速道路局）によって損失補填されることになっています。



写真-3 アンカレイジ完成模型

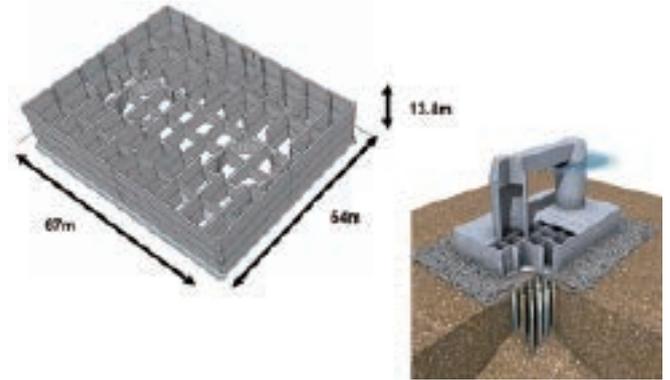


写真-5 主塔基礎模式図



写真-4 アンカレイジ工事の現況



写真-6 ドライドックで製作した主塔基礎の引き出し状況

#### 4. イズミット橋の建設

イズミット橋は写真-2に示すように中央支間長1,550mのトルコ最大の長大吊橋です。橋梁の近くには断層がありますが、吊橋一般図は図-5に示しておりますが主塔基礎の水深は40mあります。建設工期は37ヶ月と非常に短期間です。

アンカレイジの完成模型は写真-3に示しており

ますが、工事の現況は写真-4の通りです。主塔基礎の模式図は写真-5に示しておりますが、ドライドックで製作したケーソンを引き出している状況を写真-6に示しております。工場では主塔の製作を行っておりますが、まだ初期の段階です。

ご静聴ありがとうございました。

# 第二部 「世界の長大橋建設」

## ノルウェーにおける長大橋建設

ノルウェー 道路局橋梁部長     Borre Stensvold

### 1. 橋梁の国ノルウェー

ノルウェーの地形は独特で山、谷、川そして島がありそのような地理的条件下で橋梁等のインフラ整備が行われており、端的にいうとノルウェーは橋梁



写真-1 厳しい海象条件にさらされる橋梁



写真-2 中央支間長世界一のPC箱桁橋



写真-3 完成時世界一の斜張橋Skarnsundet橋

の国とすることができません。本土の海岸線は28,953km、島の海岸線は71,963kmあり、人口500万人の国です。

海岸沿いの多くの橋梁は写真-1に示すように厳しい海象条件にさらされています。

ノルウェーの橋梁管理は、オスロの道路局の他に殆どの市に橋梁計画を担当する部署があり、インハウスエンジニアが橋梁建設の監督、維持管理、洪水等の災害時の対応にあたっています。



### 2. 世界一規模の各種橋梁

ノルウェーでは色々な形式の橋梁を建設してきましたが、写真-2は中央支間長世界一のPC箱桁橋です。又、写真-3は中央支間長530mの斜張橋で、1991年の完成時には世界一でした。

フィヨルドを渡るために浮橋も建設されており、1992年にノルウェーで初めて全長931mの浮橋が建設されました。写真-4は1994年に完成した浮橋と

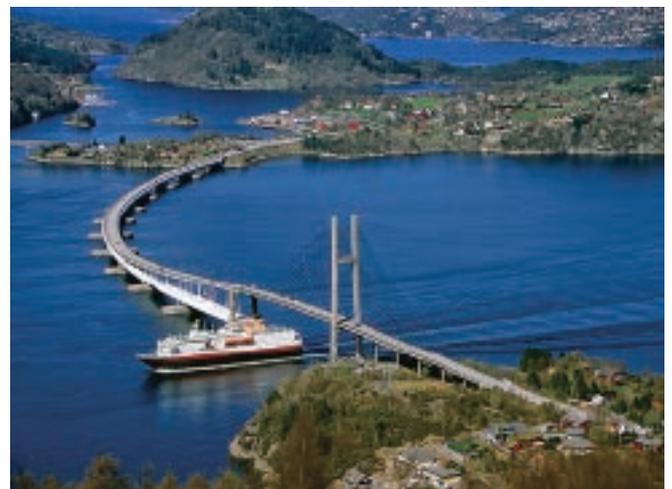


写真-4 浮橋と斜張橋を組み合わせたNordhordlands橋



写真-5 トラス補剛桁を用いた初期の吊橋Sotra橋



写真-6 箱桁を最初に用いた吊橋Askøy橋



写真-7 中央支間長1310mの吊橋Hardanger橋

斜張橋とを組み合わせた橋で、全長が1614m、浮橋が1246mでサイドアンカーのない世界一の浮橋です。斜張橋の部分が航路になっております。

### 3. 吊橋建設

フィヨルドを渡るために多くの吊橋が建設されており、1931年に最初の吊橋が建設され、現在吊橋は12橋あります。当初の吊橋の桁は写真-5に示すようにトラス形式ですが、1992年ノルウェー第2の都市のベルゲンに完成した中央支間長850mのAskøy橋には初めて箱桁形式が採用されました(写真-6)。

そして今年8月には中央支間長1310mのHardanger



図-1 海岸沿い高速道路E39のルートとフィヨルド横断箇所

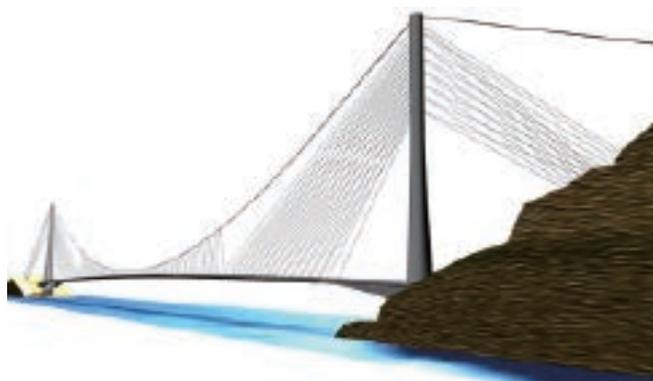


写真-8 混合吊形式の橋梁案

橋(桁は箱桁形式)が完成しました(写真-7)。

この橋の完成によって首都のオスロとベルゲン間の所要時間が短縮されました。

Hardanger橋の建設にあたって材料はすべて海外で調達しました。又、日本で開発されましたケーブル送気システムを採用しております。

フィヨルドに吊橋を建設することに伴い両端は山腹に取り付くことになるため、吊橋ケーブルはトンネルアンカーで定着され、路面はトンネルからいきなり橋になるのでトンネルの出口は光が急に明るくならないようにトンネル断面形状を斜め上方に広げる工夫をしております(写真-7)。

### 4. 海岸沿いのE39の事業構想

今後の事業として、図-1に示すように海岸沿いにフィヨルドを渡るフェリールート



写真-9 フィヨルド横断手段の方法



写真-10 中央支間長3700mの吊橋案

短縮のためにトンネルか橋にする計画があります。

そこには超長大吊橋計画があり、写真-8のような複合形式も検討しています。

フィヨルドを渡る構想は写真-9に示すようにいくつかの方法が考えられています。

その中でも最大幅のフィヨルドは3700mあります。このフィヨルドでは中央支間長3700mの吊橋（写真-10）、浮基礎の連続斜張橋（写真-11）又は桁橋、浮橋、水中トンネル（写真-12）が検討されています。

写真-13には他のフィヨルドで計画されている中央支間長2000mの吊橋を示しております。

今後フィージビリティスタディを進めて形式を決めて行く予定です。

ご静聴有り難うございました。



写真-11 浮基礎の連続斜張橋案

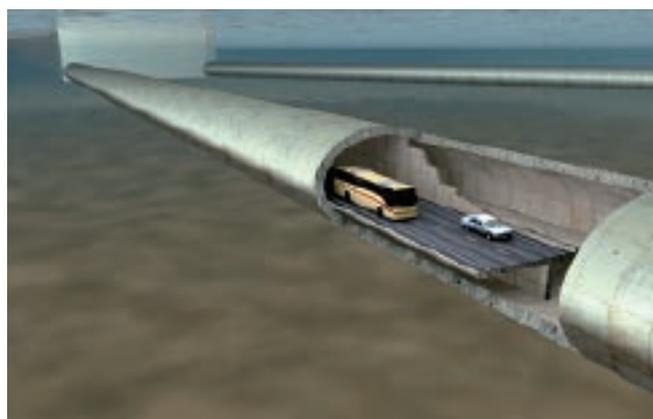


写真-12 水中トンネル案



写真-13 他のフィヨルドで計画されている2000m支間の吊橋案

## 閉会挨拶

一般財団法人 橋梁調査会 専務理事  
**西川 和廣**



西川で御座います。

閉会に当たりまして、一言ご挨拶を申し上げます。

本日は、橋梁調査会35周年記念特別講演会「世界の橋梁建設とメンテナンス」をテーマに開催いたしましたところ、ご多忙の時期にもかかわらずたくさんの方々にご来場いただき、主催者を代表して心から感謝申し上げます。

開催に当たり様々な媒体を使ってご案内を差し上げようとしていたのですが、実はすべてが公表されないうちに申し込みが定員を超えてしまい、多くの方々には大変申し訳ないことになってしまいました。

本日のテーマがいかに我が国の橋梁関係者に求められていたか、痛感させられる出来事でした。

今回、PIARC世界道路協会の橋梁委員会が我が国で開催されるのに合わせまして、同委員会の委員の方々を中心に、本日のプログラムを組むことが出来ました。貴重なご講演をいただいた方々に、改めて御礼申し上げたいと思います。

ご案内のとおり、当調査会は、35年前に財団法人海洋架橋調査会として発足し、その後財団法人海洋架橋・橋梁調査会、更に本年4月には一般財団法人橋梁調査会へと名称は変わりましたが、橋梁技術に関して、その時々求められる重要な仕事をして参りました。

今後も期待される役割を果たせるよう努めて参る所存でございますので、いっそうのご支援をいただければ幸いです。

おわりに世界道路協会とともにご共催いただいた公益社団法人日本道路協会、ご後援をいただいた国土交通省道路局をはじめとした各機関に御礼申し上げるとともに、ご参会の皆様と我が国の橋梁技術の益々のご発展を祈念いたしまして、はなはだ簡単ではございますが、閉会の言葉とさせていただきます。

本日は誠にありがとうございました。

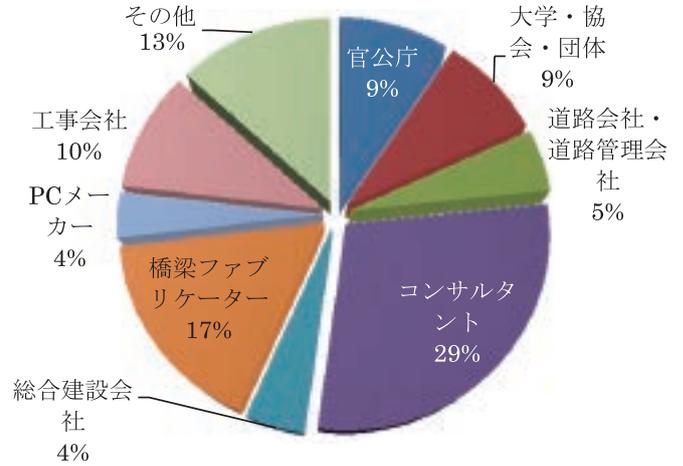
# 参 考 資 料

## 参加申込者と参加者

### 【参加申込者】

単位：人

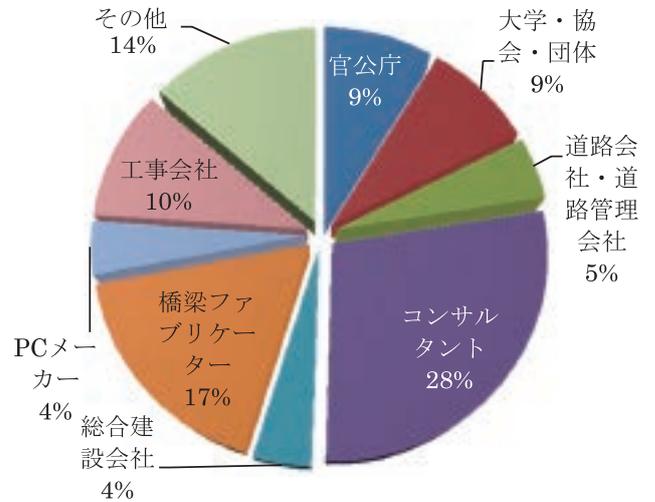
属性	講習会のみ	交流会まで	合計
官公庁	41	5	46
大学・協会・団体	28	16	44
道路会社・道路管理会社	21	5	26
コンサルタント	112	31	143
総合建設会社	18	4	22
橋梁ファブリケーター	66	16	82
PCメーカー	8	11	19
工事会社	39	11	50
その他	34	31	65
合計	367	130	497



### 【参加者】

単位：人

属性	講習会のみ	交流会まで	合計
官公庁	30	5	35
大学・協会・団体	22	14	36
道路会社・道路管理会社	16	4	20
コンサルタント	88	26	114
総合建設会社	13	4	17
橋梁ファブリケーター	55	15	70
PCメーカー	7	10	17
工事会社	31	11	42
その他	26	29	55
合計	288	118	406



## アンケート調査と結果

1) 下記のアンケートを配布し一般参加者370名の内110名から回答を得た。

### (一財) 橋梁調査会特別講演会「世界の橋梁建設とメンテナンス」 アンケート

本日は、特別講演会「世界の橋梁建設とメンテナンス」にご来場いただきまして、誠にありがとうございました。

今後の橋梁調査会活動の参考とさせていただくため、アンケートにご協力をお願い致します。

1. 今回の特別講演会の開催を何でお知りになりましたか。

- |  |                                     |                                      |
|--|-------------------------------------|--------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> ダイレクトメール                  | <input type="checkbox"/> 所属協会等からの案内 | <input type="checkbox"/> 橋梁調査会ホームページ |
| <input type="checkbox"/> 雑誌または新聞                   | 雑誌または新聞名(                    )      | <input type="checkbox"/> ポスターを見て     |
| <input type="checkbox"/> その他(                    ) |                                     |                                      |

2. 主にどの講演に興味がありましたか。

- 第一部「世界の橋梁のメンテナンス」  
第二部「世界の長大橋建設」  
第一部、第二部とも

3. 講演内容の感想をお聞かせ下さい。

4. 今後、講演会などで聴講を希望されるテーマ等をお聞かせ下さい。

5. ご所属をお聞かせ願います。

- |                                  |                                   |                                      |
|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> 官公庁     | <input type="checkbox"/> 大学・協会・団体 | <input type="checkbox"/> 道路会社・道路管理会社 |
| <input type="checkbox"/> コンサルタント | <input type="checkbox"/> 総合建設会社   | <input type="checkbox"/> 鋼橋ファブケーター   |
| <input type="checkbox"/> PC メーカー | <input type="checkbox"/> 工事会社     | <input type="checkbox"/> その他         |

どうもありがとうございました。  
今後ともよろしくお願い申し上げます。

## 2) アンケート結果

### 1. 今回の特別講演会の開催を何でお知りになりましたか。

属性	ダイレクトメール	所属協会からの案内	橋梁調査会ホームページ	雑誌または新聞	ポスター	その他※	単位:人
							合計
官公庁	0	2	1	0	1	3	7
大学・協会・団体	3	5	3	1	1	2	15
道路会社・道路管理会社	2	1	2	0	0	3	8
コンサルタント	1	18	6	0	0	6	31
総合建設会社	2	5	2	0	0	0	9
橋梁ファブリケーター	0	15	3	0	2	2	22
PCメーカー	0	4	0	1	0	1	6
工事会社	0	2	1	0	0	0	3
その他	0	7	1	0	0	1	9
合計	8	59	19	2	4	18	110

※その他の回答では「職場内での情報」が多く、ダイレクトメールなどを情報源としたものと推測される。

### 2. 主にどの講演に興味がありましたか。

第一部「世界の橋梁のメンテナンス」…………… 29人  
 第二部「世界の長大橋建設」…………… 14人  
 第一部、第二部とも…………… 63人

### 3. 講演会の感想をお聞かせ下さい。

多くの感想が寄せられたが下記に集約される。

- ・ 全般的に興味深く有益な講演であった。
- ・ 橋梁のメンテナンス及び建設の海外情報の入手に対し有益であった。
- ・ メンテナンスについてももう少し具体的な内容を説明して欲しい。

### 4. 今後、講演会などで聴講を希望されるテーマ等をお聞かせ下さい。

多くの希望が寄せられたが集約すると下記の様なものとなる。

- ・ 今回のテーマの継続
- ・ 国内の中小橋梁のメンテナンスに関するテーマ
- ・ 点検・診断手法や補修技術等のメンテナンス技術に関するテーマ
- ・ 事業手法や契約方式に関するテーマ

### 5. ご所属をお聞かせ願います。

受付時に把握された所属に基づき整理した結果を1. 参加申込者と参加者にまとめた。

# 世界の橋メンテ学ぶ

## 橋梁調査会から特別講演会

橋梁調査会伊藤理事長(講演会「世界の橋梁建設とメンテ」)  
 は、日本道路協会、世界道路メンテナンスを期した、「世界  
 大会(PARC)」と東京地区「世界の橋梁のメンテナン  
 ス」と  
 千代田区の海運ビルで、特別「世界の長大橋建設」の2部



構成で、前半の「メンテナンス」ではPARC橋梁委員会の活動報告など、後半の「長大橋建設」ではベトナム、トルコ、ノルウェーの事例が紹介された。  
 講演に先立ちあいさつした伊藤理事長は「世界の専門家をお招きしての講演会であ

り、有様かつ貴重な話が聞けることを期待している」と述べ、写真、次いで共同団体を代表して日本道路協会の井上啓一会長が「1975年ごろから大躍進建設された橋梁の維持管理が、道路行政の重要な課題になってきている。橋梁調査会は、日本の道路橋を支えること、役目を担っている。ことにはメンテナンス元年といわれており、講演会のテーマも興味深いと思った。このあとPARC橋梁委員会、委員長の佐藤、橋梁調査会の川島理事が、委員会活動について報告。続いて同委員会の今井清裕委員長が「橋梁建設における世界の動向」を紹介した。この中で今

建設通信新聞 2013年11月27日版

# 橋梁調査会35周年記念講演

## メンテと長大橋建設アーマで



伊藤理事長

橋梁調査会は11月26日に設立35周年を記念して「世界の橋梁建設とメンテナンス」とする特別講演会を東京千代田区の海運ビルで開催した。伊藤理事長が

「前身の海洋気候・橋梁調査会から、4月1日に橋梁調査会に名称変更し、喫緊の課題である点検と点検断に取組んでいくので、引き続き支援をお願いしたい」と挨拶した。

講演「世界の橋梁のメンテナン」は、PARC、世界道路メンテナンス、世界大会(PARC)が共催。約400人が参加し、P

# 初志持ち続け、新たな歩み

## 橋梁調査会 35周年記念講演会



橋梁調査会(伊藤理事長)は26日、東京都千代田区の海運ビルで設立35周年記念特別講演会「世界の橋梁建設とメンテナンス」を開催した。伊藤理事長は「世界大会(PARC)が共催。約400人が参加し、P

「世界の橋梁のメンテナン」は、PARC、世界道路メンテナンス、世界大会(PARC)が共催。約400人が参加し、P

毎日建設工業新聞 2013年11月26日版

橋梁新聞 平成25年12月1日版

# あ と が き

本レポートは、平成25年11月22日に開催された一般財団法人橋梁調査会特別講演会「世界の橋梁建設とメンテナンス」の内容を主催者の橋梁調査会事務局がまとめたものです。

講演にあたっては、参加者の理解を容易にするため事前に写真や図表等の説明資料を提出して頂き小冊子として参加者に配布しました。

本レポートの作成に際しては説明資料及び発表時の音声、画像をもとに講師の発言趣旨を損なうことのないよう配慮し、事務局で文章を作成しました。従って、最終的な文責は橋梁調査会事務局にあることをお断りします。

特別講演会の実施に当っては下記の体制によった。

- 1) 準備担当
- |    |            |
|----|------------|
| 加島 | 常務理事       |
| 大石 | 審議役(兼)企画部長 |
| 藤原 | 開発課長       |

2) 当日の体制

役割	担当者	
総括運営	大石 審議役(兼)企画部長	藤原 開発課長
進行	麓 企画課長	
受付	平田 総務課長 渡辺 経理課長	黒田調査役 谷中調査役 柚調査役 安徳 佐々木 大槻 竹下 村山 橋口
会場	桐原 構造課長 狩野 技術課長	吉田調査役 鈴木調査役 山本所長 原崎調査役 中川調査役 高橋
機材		木村
司会	白井香奈子 (株式会社 菊理MCD)	
同時通訳	保坂アイヴァー (有限会社エグゼカティブリンク) 結城直美 (同上)	
写真撮影	清水正幸 (株式会社DAYS)	

**J-BEC レポート 2014 Vol.9 35周年記念特別講演会特集** 平成26年2月発行

編集・発行 一般財団法人 橋梁調査会

印刷 (株)大 應

# J-BEC

橋をかける  
橋をまもる