

fib シンポジウム 2008 とオランダ・エジプト における橋梁調査報告

吉沢 勝*1・倉田 幸宏*2・河邊 修作*3・大島 正記*4・藤代 勝*5

1. はじめに

オランダのアムステルダムにおいて、fib (federation internationale du beton) シンポジウムが、2008年5月19日から22日まで開催された。fib シンポジウム会場は、中央駅から西に10 kmほど離れた位置にあり、ホールと会議室を備えた文化施設「Meervaart」(写真-1)で行われた。航空会社のハブ空港であるスキポール空港からも近く、交通の便の良い場所に立地している。



写真-1 シンポジウム会場の Meervaart

本シンポジウムは4年に一度のfib コンgressが行われない年に開催される国際シンポジウムで、来年はイギリス・ロンドンで開催される予定である。なお、次回コンgressは2010年にアメリカ・ワシントンDCで開催される。

会議が行われたオランダの首都アムステルダムは、面積が218 km²、人口約70万人の都市であり、中央駅を中心として運河が張り巡らされ、歴史的建造物が水辺に多く立ち並ぶとともに、多彩な人種が往来する国際色豊かな雰囲気が感じられる街である。市内には、17世紀に作られたマヘレの跳ね橋(写真-2)をはじめ、運河に無数の橋がかかる街である。また、交通機関としてトラム(路面電車)が発達し、自転車が大変多いことも有名である。

今回、このfib シンポジウムに参加するとともに、プレストレストコンクリート技術協会の支援を受けて橋梁調査



写真-2 マヘレの跳ね橋

団を結成し、オランダ国内とエジプトにおける橋梁調査を行ったのでその概要について報告する。

2. fib シンポジウムの概要

2.1 テーマおよびプログラム

今回のシンポジウムは、「Tailor Made Concrete Structures - New Solutions for Our Society (テイラーメイドコンクリート構造物-社会のための新しい解決策)」というテーマのもとに基調講演8題、一般講演153題、ポスターセッション54題の講演が行われた。シンポジウムのプログラムを表-1に示す。今回のシンポジウムへは、41箇国、414名の参加があった。

2.2 基調講演

基調講演は、アメリカ IABSE 会長のコンボルト博士 (Dr. Combault)、開催国オランダのスカープ博士 (Dr. Schaap)、南アフリカワールドカップ事務局 CEO ジョーダン博士 (Dr. Jordaan)、アメリカ PCI のダーシー博士 (Dr. D'Arcy)、イタリアのメネゴット教授 (Prof. Menegotto)、ドイツのファルナー教授 (Prof. Falkner)、イギリスのエクベルグ博士 (Dr. Echberg)、スペインのセラーノ氏 (Mr. Serrano) によって行われた。基調講演のテーマは表-2に示すとおりであり、いずれも興味深い講演であった。

2.3 一般講演

一般講演は、46箇国394題の応募の中から153題の講演

*1 Masaru YOSHIZAWA : (財)首都高速道路技術センター 技術開発部 コンクリート構造物技術開発室

*2 Yukihiko KURATA : (株)IHI 社会基盤事業部 橋梁エンジニアリング部

*3 Shusaku KAWABE : (株)富士ビーエス 九州支店 土木技術部

*4 Masaki OSHIMA : BASF ポゾリス (株) 技術センター

*5 Masaru FUJISHIRO : 鹿島建設 (株) 土木設計本部 プロジェクト設計部

表 - 1 シンポジウムの日程

	5月19日(月)	5月20日(火)	5月21日(水)
09:00 ~ 10:30	オープニングセッション 授与式	基調講演 (セッション7)	基調講演 (セッション17)
	休憩		
11:00 ~ 12:30	基調講演	セッション8, 11, 14	セッション18, 20, 22 ポスターセッションE
	ランチタイム		
13:30 ~ 15:00	セッション1, 3, 5 ポスターセッションA	セッション9, 12, 15 ポスターセッションC	セッション19, 21, 23 ポスターセッションF
	休憩		
15:30 ~ 17:00	セッション2, 4, 6 ポスターセッションB	セッション10, 13, 16 ポスターセッションD	クロージングセレモニー 16:00 ~ 17:00
	レセプション 18:30 ~ 20:00		クロージングバンケット 19:00 ~ 23:00

表 - 2 基調講演

講演者名	講演タイトル	国名
Jacques Combault	Concrete bridges: New demands and solutions	USA
	コンクリート橋：新たな要求と解決策	
Sybe Schaap	How The Netherlands survive, a world wide example	The Netherlands
	オランダがどう生き残るか、世界的な事例	
Danny Jordaan	The World Champions in South Africa in 2010	South Africa
	2010年南アフリカのワールドチャンピオン	
Thomas d'Arcy	Prefab, the American Way	USA
	プレハブ・アメリカの道	
Marco Menegotte	The European Standard for Prefabrication	Italy
	プレハブのヨーロッパ規格	
Horst Falkner	Fibers in Concrete, Research, Rules, Practice	Germany
	コンクリートファイバー、研究、規則、実施	
Andrea Echberg	Public Private Partnership, tool or trend	UK
	公共の私的パートナーシップ、ツールまたは傾向	
Joseph Gomez Serrano	The construction project of the Sagrada Familia	Spain
	サグラダファミリアの建設計画	

が、3会場に分かれて、表 - 3 に示す 15 のテーマに分類されて行われた。テーマ別では、新材料 (Innovative Materials) に関する講演が 22 題と最も多く、ハイパフォーマンスコンクリートや高強度コンクリート、繊維補強コンクリートへの関心が高いことが感じられた。次いで規準 (Codes for Future) に関する講演が 21 題、ライフサイクルデザイン (Life Cycle Design) に関する講演が 16 題、極度荷重に対する構造設計 (Designing Structures Against Extreme Loads) に関する講演が 14 題となっており、関心の高さがうかがえた。

2.4 fib 表彰

シンポジウムの開会式では、ガンツ (Ganz) 会長の司会により fib 表彰が行われ、fib メダルがドイツのシースル教授 (Prof. Schiessl) に授与された。シースル教授は、永年にわたり fib, RILEM, ACI で活躍され、ドイツ鉄筋・プレストレストコンクリート連合 (DAfStB) の会長を務められた。その研究分野は、中性化、塩害の耐久性、補修、ひび割れ幅制限による耐用年数設計等多岐にわたっており、DIN 1045 にみられる教授の研究を基としたひび割れ幅制限のための施工規則や、耐久性設計の原理の開発を指導した国際的に著名な学者である。

表 - 3 一般講演

Oral Presentations	
セッション名	講演数
Life Cycle Design	16
Design Strategies for The Future	6
Underground Structures	9
Monitoring and Inspection	6
Diagnosis	9
Innovative Materials	22
Codes for Future	21
Modifying and Adapting Structures	10
Architectural Concrete	12
Developing a Modern Instructure	8
Innovative Materials	7
Increasing the Speed of Construction	5
Designing Structures Against Extreme Loads	14
Developing a Modern Instructure	8
Poster Presentations	
セッション名	講演数
Developing a Modern Instructure	7
Innovative Materials	12
Life Cycle Design, Design Strategies for The Future, Architectural Concrete	8
Designing Structures Against Extreme Loads, Increasing the Speed of Construction	12
Codes for Future	10
Monitoring and Inspection, Diagnosis and Modifying and Adapting Structures	5

3. 橋梁調査

今回の橋梁調査は、*fib* シンポジウムの開催国であるオランダとエジプトで実施した。

3.1 オランダ

オランダは国土のほとんどがライン河の河口に広がる海拔0mの低湿地帯であり、運河が都市内の至るところに整備されている。首都アムステルダムの周辺は規模の小さい橋梁が数も多く、世界最大級の貿易都市ロッテルダムの周辺は規模の大きな橋梁が多い。今回の調査においてはロッテルダム周辺の4橋について調査を実施した。



図 - 1 オランダ調査橋梁

(1) ティール橋

ティール橋はヨーロッパの中でももっとも船舶の交通が多いワール河に1974年に架設された橋梁であり、橋長612m、主径間267m、主塔高46.3mのPC斜張橋である。ティールの町とオランダ南部を結ぶ南北道路の一部を担っている(写真-3)。中央径間長267mは、完成すれば日本国内最大のPC斜張橋となる矢部川橋と同規模の橋梁である。

総幅員は31.5mで高さ3.5mの2主箱桁により構成されている。中央径間部については軽量コンクリートを用いた4ブロックのプレキャスト桁で構成されている。斜材ケーブルはコンクリートで被覆されており、大きな特徴となっている。なお被覆コンクリートに目立ったひび割れは生じていなかった。

(2) エラスムス橋

エラスムス橋はロッテルダム市内のマース河を南北に結ぶ1996年に架設された鋼斜張橋であり、主径間長284mは日本国内の鋼斜張橋では小鳴門橋と同規模である。支間長や規模についてはとくに大きくはないが、その特徴ある



写真 - 3 ティール橋

外観には、多くの建築雑誌に紹介されるほど有名であり、「SWAN」のニックネームとともにロッテルダムの近代化のシンボルとしての存在感が大きな橋である(写真-4)。

また、エラスムス橋はロッテルダム市内の重要な交通手段である市電と自動車道路を兼ね備えた併用橋であり、マース河を運行する航路を確保するため、南側の支間(89m)は可動橋となっている。開閉式パネルの可動橋としては西ヨーロッパではもっとも長く、パネル重量も重いものとなっている。特徴的な三角形の主塔は、主径間に張ったケーブルからの軸力をトラスの原理により自定式塔を成立させたものとなっている。



写真 - 4 エラスムス橋

(3) ウイレムス橋

ウイレムス橋はロッテルダム市内を流れるマース川に1981年に架けられた橋であり、そのシルエットの美しさから絵葉書やクリスマスカードによく使われている。エラスムス橋と同様にロッテルダムの象徴的な鋼斜張橋である(写真-5)。

中央径間長は270m、総幅員34.3mであり、断面は鋼床版2箱桁で構成されている。側面から見るとケーブルを鋼製門型主塔の先端ですべてのケーブルをまとめた放射形式の配置構造を採用していることが特徴的である。このケー



写真-5 ウイレムス橋

ブル配置により全景からは曲面を描くような印象を与え、しかも見る角度によって複雑に変化するため、独特のシルエットをもつ橋梁となっている。一般的に、放射型はケーブルの塔頂でのとりまとめ構造が複雑になるのでケーブルの本数の少ない小型の橋にしか用いられないのであるが、そういった意味では特異な斜張橋である。

(4) ファンブリネンノード橋

ファンブリネンノード橋はロッテルダム市南部の運河に架かる主径間長が 275 m のアーチ橋である。本橋は上下線並列に並んだニールセンローゼ構造であり、それぞれ 1965 年と 1990 年の 2 期に分けて架設された (写真-6)。

アーチ橋の北側には、船舶の通航のため支間長 60.3 m の片持ち式開跳式の可動橋がある。本橋はロッテルダムとオランダ南部を結ぶ高速道路の一部を担っており、大型交通量が 7 000 台 / 日を超えるという重要路線となっている。本橋は日本国内においても鋼床版の疲労損傷で有名である。それは、1997 年に発見された鋼床版のデッキプレート貫通型クラックであり、わが国でも同様の問題が、供用後 20 年程度が過ぎた鋼床版を中心に疲労損傷の報告がなされている。これらの損傷はデッキプレートと縦リブのすみ肉溶接部からデッキプレートを貫通する方向に進展する疲労損傷で、デッキプレートを貫通するまで目視点検で発見でき

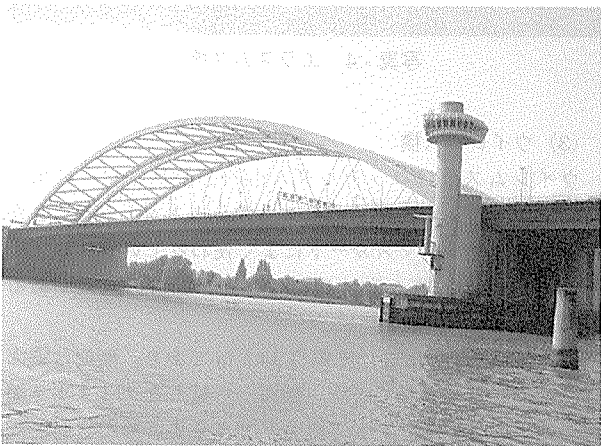


写真-6 ファンブリネンノード橋

ないことが特徴となっており大きな問題となっている。ファンブリネンノード橋については、重要な交通路線の一部であることと疲労損傷のメカニズムの問題より、1998 年にオランダ運輸省を中心とした特別検討プロジェクトが緊急的に組織され、原因の究明と対策の検討を実施した。応急的な対策としては切削加工+サブマージアーク溶接による補修を実施して、最終的にはデッキプレートの板厚を増厚した鋼床版を再製作して一括架設により取り替えた。日本においても SFRC による増厚補強などの対策が現在行われている。

3.2 エジプト

(1) スエズ運河

スエズ運河は紅海と地中海、アジアと欧州を結ぶ全長 195 km を誇る世界最大の水平海上運河である。着工は 1859 年、10 年の歳月をかけ 1869 年 11 月 17 日に開通し、建設には約 150 万人のエジプト人が動員され、うち約 12 万人がコレラによって亡くなるほど多大の犠牲が払われた。当初はフランスとエジプト政府が株を所有していたが、エジプト政府の保有株をイギリス政府が取得、1956 年に国有化されるまでイギリスが軍隊を駐留させ実効支配していた。

スエズ運河の開通により、喜望峰経由にくらべて約 7 400 km も航海距離が短縮される。開通当時の水路幅は 44 m、水深は 10 m。1975 ~ 80 年までのスエズ運河第一次拡張計画には日本政府も有償資金協力を行っている。その後の拡張工事を経て、現在は水路幅 200 ~ 210 m、水深は 22.5 m となっている。

気になる通行料であるが、2005 年では約 18 000 隻の船が通行、運河庁の収入は 32 億ドルに上った。1 ドル 120 円として 3 800 億円、1 隻あたり 2 100 万円になる。大型コンテナ船 4 000 個積ならコンテナ 1 個あたり約 5 000 円。それほど高くはないように思える。また、最近では重油の値上がりにより、喜望峰回りからスエズ運河経路に変える船舶が多くなったことや、中国と欧州の貿易拡大などにより航行する船舶が増加している (図-2、写真-7)。

(2) フェルダン鉄道橋

フェルダン鉄道橋は、イスマイリア市の北約 20 km に位置し、カイロとシナイ半島を結ぶ鉄道でスエズ運河を横断する鉄道橋である (図-3、写真-8)。橋長は 640 m、スエ

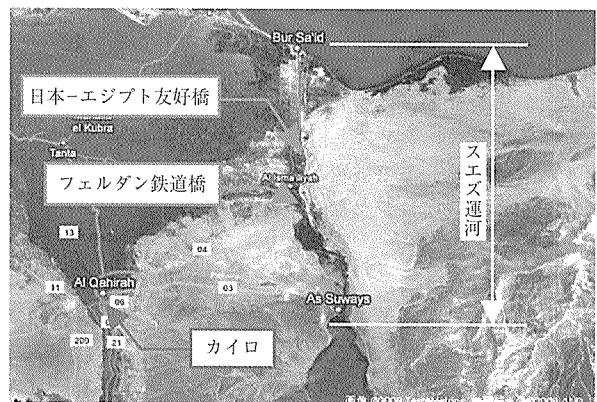


図-2 スエズ運河周辺の地図

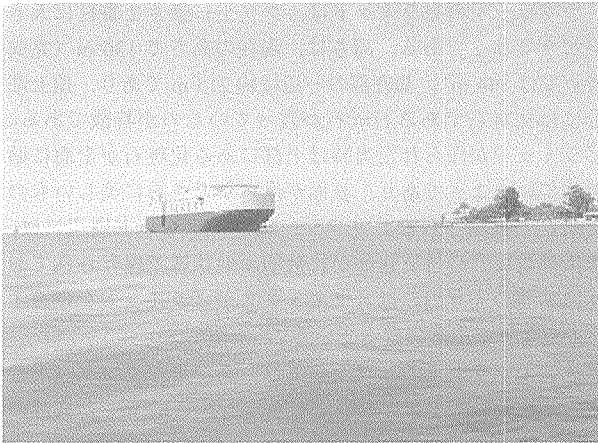


写真 - 7 スエズ運河

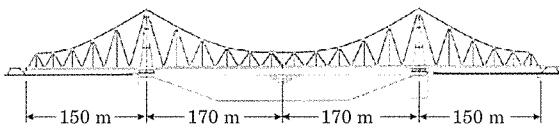


図 - 3 フェルダン鉄道橋一般図



写真 - 8 フェルダン鉄道橋

ズ運河部支間が 340 m の鋼トラス旋回橋で、世界最長の旋回橋である。本橋は鉄道橋として、幅員 9.2 m の中央に軌条 (1 435 mm) が敷かれ、両側は車両も通行することができる。常時は運河を航行する船舶のために開橋されており、朝夕のみ閉橋されて列車が通過する。開閉にかかる時間は

12 分間と短い。本橋は、1920 年に最初に架橋され、1956 年の第 2 次中東戦争時に 3 代目が、1962 年の第 3 次中東戦争時に 4 代目が破壊され、本橋は 5 代目であり、2001 年に供用を開始した。また、本橋は軍隊が管理しており、橋梁まで近づくことができなかった。

(3) 日本 - エジプト友好橋 (ムバラク平和橋)

日本 - エジプト友好橋は、スエズ運河を横断し、アフリカ大陸のエジプト本土とアジアのシナイ半島を結ぶ高速道路の一部として、日本政府の無償資金協力により架設された橋梁である (図 - 4、写真 - 9)。架橋地点は、地中海から約 49 km のカンタラ市近郊で、運河を跨ぐ主橋梁は、大型船の航行を考慮して世界最高の桁下空間 70 m を有する中央支間 404 m、橋長 730 m の鋼斜張橋である。両側径間は 163 m で、側径間比が小さいため中央径間満載時に生じる負反力を側径間の 3 本の橋脚上に設置したペンデル支承で負担する構造である。

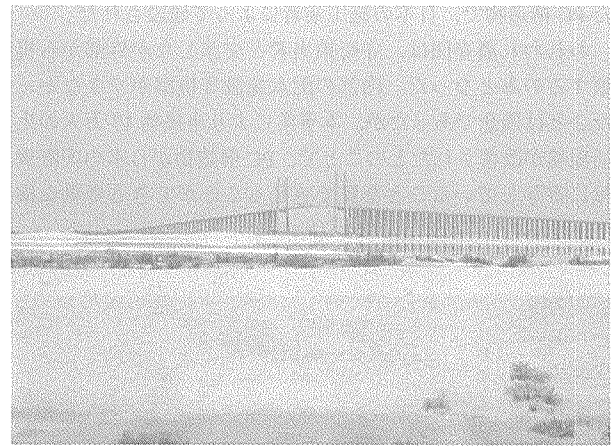


写真 - 9 日本 - エジプト友好橋

主塔は古代エジプトの石塔“オベリスク”をイメージした高さ 154 m の準 H 形 RC 主塔であり、主桁を支える下段横梁は PC 構造となっている。主塔基礎は杭径 1.5 m の場所打ち杭、76 本からなっている。鋼主桁の断面は、幅 22.8 m、高さ 2.6 m で両端に 3 角形状のフェアリングを有する流線型の断面により、耐風安定性を高めている。ケーブルは 2 面吊り構造で、側径間が 10 m、中央径間が 10 m の間隔に各 16 段に配置されるオーソドックス構造である。主桁側のケーブル定着部は、両端の定着ウェブに定着鋼管を貫通さ

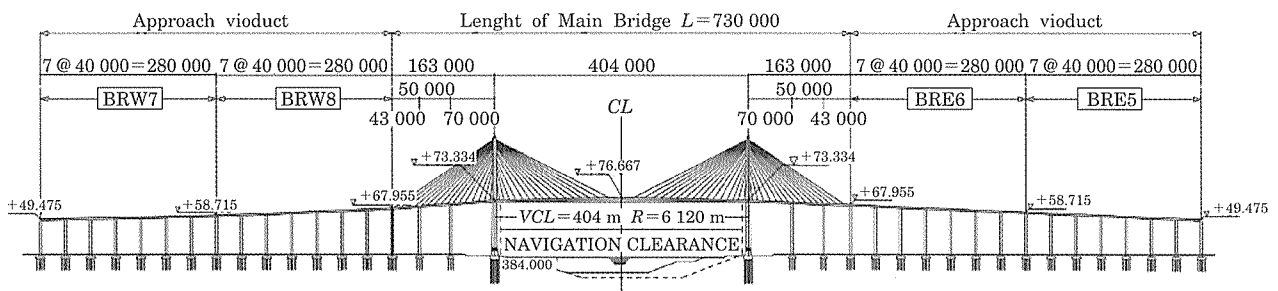


図 - 4 日本 - エジプト友好橋 (ムバラク平和橋) 一般図

せる形式である。

RC主塔の施工にはスリップフォーム工法、斜張橋部の鋼主桁の架設は、主塔からの張出し架設工法で、運河内は、南向き船団と北向き船団の間の2時間以内の架設とするため、主桁ブロックを台船で架設位置まで移動し、高速ウインチで一気に巻き上げる直下吊り架設で行われた。取付け高架橋はスパン40mの7径間連続PCラーメン橋であり、橋脚は高さ42.6～60.3mの高橋脚であり、橋脚はスリップフォーム工法、主桁は大型移動支保工で施工された。

(4) PC水タンク

政府開発援助（ODA）のピラミッド南部地区上水道整備計画（無償資金協力）によって建設されたPC配水タンク（写真-10）を視察した。本事業では上水道の整備によって住民の居住環境を改善するために配水ポンプ場2箇所の建設の他、送水幹線の敷設、配水管の供与が行われ2000年に完工した。この配水タンクは、鉛直方向にPC鋼棒、円周方向にPCケーブルが配設され側壁のスリム化が図られたPC構造物で、日本の施工業者によって建設された。

われわれ調査団は、守衛担当者と交渉したが外部から視察するのみとなった。内部の配水施設等視察ができなかったことは残念であったが、本事業により市民約17万人の生活環境が改善されたとのことで、PC構造物が日本の国際貢献に寄与していることを肌で感じる事ができる貴重な機会となった。



写真-10 PC水タンク

(5) ギザの3大ピラミッド

クフ王のピラミッドは高さは137m、基底部の一辺は約220mであり全ピラミッド中最大となっている。ピラミッド高さは完成時には146.6mであったようである。内部は女王の部屋、大回廊、王の遺体を収める玄室から成っている。クフ王は父のスネフェル王の後を継いで王となり、在位はBC2589年からBC2566年ごろと考えられている。ピラミッドを構成する巨大な石をほとんど隙間無く積んでいることに驚かされた。また、内部の回廊や石室内部の石はさらに直線的に隙間無く積み、その表面が滑らかに仕上げられており、その規模とともに石積技術の高さに驚かされた。

カフラー王のピラミッドは、クフ王に継ぎ2番目に大きいピラミッドである。高さは、現在の高さで136m（完成時点では144m）、基底部の一辺は約215mであり、頂上部分には化粧石である石灰石が残っているのが特徴である。ピラミッドが作られた当時は上部にある化粧石が全面に貼られていたようであり、表面が滑らかでさらに美しいものだったと推測される。カフラー王のピラミッド周辺には、河岸神殿などの付属建物が比較的よい状態で保存されており、参道の入り口にはスフィンクスがピラミッドを守護するかのような位置に建っている。

メンカウラー王のピラミッドは、クフ王やカフラー王のものと比較して小さなものであり、高さで67m、基底部の一辺は約109mである。

スフィンクスは、カフラー王のピラミッドの東側に位置し、このピラミッドに背を向けて守護するかのような位置に建っている。大きさは、高さが約20m、長さは約73mである。スフィンクスは、全貌が明らかになったのは100年にも満たない近年になってからであり、それまでの長い間砂漠の砂に埋もれていた。顔は、付け髭が無くなり鼻も欠けている状態であったが、下側である尻尾や足の部分は非常に綺麗な状態であった。

4. おわりに

今回、fibシンポジウムへの参加により海外の技術動向を知ることができ、橋梁調査団に参加できたことは大変有意義であった。

オランダは土地が低いことから、古くから堤防や運河、大小の橋梁など土木技術が発展した国柄であることを感じた。橋梁調査の合間にユネスコ世界遺産の風車小屋やその内部なども見学でき、その一端を垣間見ることができた。またエジプトでは、古代文明最大の土木遺産にも触れることができ大変貴重な経験であった。

最後に、本報告は本調査団の団長である魚本健人先生の

表-4 調査団員名簿

氏名	所属
魚本 健人 *1	芝浦工業大学 工学部 土木工学科
池田 尚治	(株) 複合研究機構
山崎 淳 *1	日本大学理工学部 土木工学科
和泉公比古	(財) 首都高速道路技術センター
大島 正記	BASF ポゾリス (株) 技術センター 混和剤開発グループ
大城 壮司 *1, *2	西日本高速道路 (株) 関西支社 構造技術グループ
岡田 凌太	(財) 海洋架橋・橋梁調査会 神戸本部 神戸事務室
春日 昭夫	三井住友建設 (株) 土木管理本部 PC設計部
河邊 修作	(株) 富士ビーエス 九州支店 土木技術部 土木技術チーム
倉田 幸宏	(株) IHI 社会基盤事業部 橋梁エンジニアリング部
佐藤 英和	オイレス工業 (株) 第三事業部 技術部
瀧本 清二	神鋼鋼線工業 (株) PC加工品製造室
西野 元庸	住友電工スチールワイヤー (株) PC技術部
藤代 勝 *2	鹿島建設 (株) 土木設計本部 プロジェクト設計部
松田 哲夫 *1	西日本高速道路 (株) 技術部
吉沢 勝 *2	(財) 首都高速道路技術センター 構造管理部 管理第一課
松沢 均朗	(株) グロリアツーリスト

*1：シンポジウム参加のみ

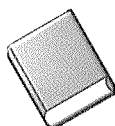
*2：シンポジウム発表者



写真 - 11 調査団メンバー

ご指示のもとに、調査団員の代表が執筆した。本調査は、計画段階より魚本先生に多大なご尽力をいただいております。現地調査においても事前にご指導をいただいた。この場をお借りして厚く御礼を申し上げます。また、本調査はプレストレストコンクリート技術協会のご支援をいただいていることをご報告するとともに、ここに深く感謝の意を表したい。本報告書は、作成にあたり表 - 4 および写真 - 11 に示す本調査団員の調査報告に基づき取りまとめたものである。付記して厚く御礼を申し上げ、本報告を終える。

【2008年7月25日受付】

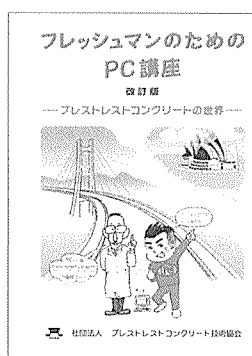


新刊図書案内

フレッシュマンのためのPC講座・改訂版 — プレストレストコンクリートの世界 —

大変ご好評をいただいております「フレッシュマンのためのPC講座」も平成9年に第一版が発刊されてから約10年が経過いたしました。

その間に、基準値・規格値をはじめとした技術基準が従来単位系からSI単位系に移行しました。また、プレストレストコンクリート構造物においても、複合構造等の新しい構造物が誕生しています。そこで、これらの項目を新しく見直して、改訂版を発刊することにいたしました。これからの技術者を育てるためには、大変有意義な図書であると確信しておりますので、是非有効利用されることをお勧めいたします。



主な改訂項目

- ・従来単位系からSI単位系に変更しました。
- ・PCを利用した構造物の紹介に、最近の新しい構造物を盛り込みました。

発刊日：2007年3月

頒布価格：会員 3,000円（非会員 3,600円）郵送料 400円/冊

体裁：A4判、140頁

申込先：(社)プレストレストコンクリート技術協会