

第3回 fib コンgressと 米国における長大橋調査報告

酒井 秀昭*1・大久保 高秀*2・池田 尚治*3

1. はじめに

fib 主催のコンgress (The Third International fib Congress) が、米国の Washington D.C. において、2010 年 5 月 29 日から 6 月 2 日に開催された。本コンgress は 4 年に 1 回開催され、第 1 回の大坂大会から 3 回目となった。コンgress のテーマは「Think Globally, Build Locally」である。開催地である米国のオバマ政権は、「グリーンニューディール政策」を標榜しており、基本的には社会インフラ整備には期待できる政策を行っている。一方、米国の東海岸および西海岸の大都市は歴史上多くの長大橋が建設され、そのほとんどが年代を経て補修・維持管理の時期を迎えている。本調査は、2010 年 5 月 28 日から 6 月 6 日まで、コンgress 参加および図 - 1 に示す New York, Washington D.C., San Francisco, Seattle 近郊において表 - 1 に示す長大橋の現地調査により実施した。本調査の目的は、コンgress に参加しコンクリート構造に関する世界の現状と最新の技術や研究などの情報を収集するとともに、世界の技術者や研究者と交流することと、米国の長大橋の現地調査を行い、これらの維持管理状況などから、今後の橋梁の計画や維持管理に関する知見を得ることである。

2. コンgress

2.1 概 要

今回のコンgress は、PCI (Precast/Prestressed Concrete Institute) の年次大会と共同で、Washington D.C. 近郊のゲイロッドナショナルリゾートホテルにおいて開催された。

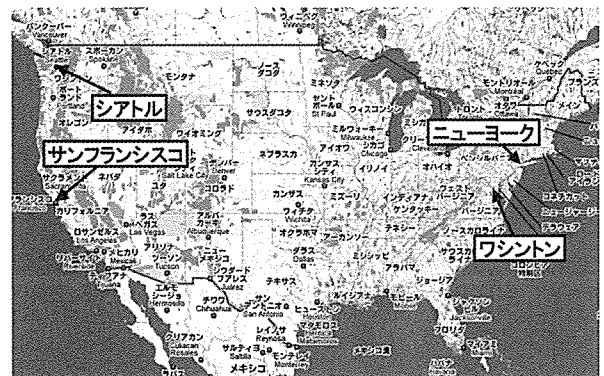


図 - 1 米国の調査都市位置図

表 - 1 現地調査対象橋梁の概要

No.	橋梁名	所在地	交差箇所	形 式	橋 長 (m)	最大径間長 (m)	幅員 (m)	開通年 (年)	備 考
1	Brooklyn Bridge	New York	East River	鋼吊橋, 斜材併用	1 053	486	26	1883	主橋梁
2	Manhattan Bridge	New York	East River	鋼吊橋	890	448	37	1909	主橋梁
3	Williamsburg Bridge	New York	East River	鋼吊橋	671	488	36	1903	主橋梁
4	Queensboro Bridge	New York	East River	鋼トラス (Cantilever)	1 135	360	30	1909	主橋梁 (3主塔)
5	Verrazano-Narrows Bridge	New York	The Narrows	鋼吊橋	2 039	1 298	31	1964	主橋梁
6	George Washington Bridge	New York ~ Fort Lee	Hudson River	鋼吊橋	1 451	1 067	36	1931	
7	Chesapeake Bay Bridge	Maryland	Chesapeake Bay	鋼吊橋 鋼トラス・鋼鈎桁	6 946	490	8.5 11.5	1952 1973	東行き 西行き
8	Golden Gate Bridge	San Francisco ~ Marin County	Golden Gate	鋼吊橋	1 970	1 280	27	1937	主橋梁
9	San Francisco - Oakland Bay Bridge	San Francisco ~ Oakland	San Francisco Bay	鋼吊橋 鋼トラス	3 141 3 102	704 427	17.5 17.5	1936 1936	西側橋 東側橋
10	Carquinez Bridge	Crockett ~ Vallejo	Carquinez Strait	鋼トラス 鋼吊橋	1 056	728	25 25	1958 2003	東行き 西行き
11	Tacoma Narrows Bridge	Tacoma ~ Gig Harbor	Tacoma Narrows	鋼吊橋	1 822	853	17	2007 1950	東行き 西行き
12	Lacey V. Murrow Memorial Bridge	Seattle	Lake Washington	浮き橋, 一部鋼橋 (Pontoon bridge)	2 020			1940	東行き
	Homer M. Hadley Memorial Bridge				1 771			1989	西行き

※ 橋梁の規模などについては、概略調査であるので実際と相違する場合がある。

*1 Hideaki SAKAI: 中日本高速道路 (株) 東京支社

*2 Takahide OKUBO: 首都高速道路 (株) 東東京管理局

*3 Shoji IKEDA: (株) 複合研究機構 代表取締役

開催初日の5月30日は、早朝の7時から受付が始まり、開会式は7時30分から朝食付きで10時30分まで行われた。開会式の風景を、写真-1に示す。一般講演は、5月30日の午後から6月2日にかけて、5分野で466題の発表が行われた。開会式に先立って前日の土曜日には、fibの理事会および総会が開催された。また、fibの各種の委員会はその前々日から行われた。

2.2 fib表彰

コンgresでは、開会式においてfibによる表彰式が行われるのが恒例となっている。今回のコンgresにおいては、Freyssinet Medal, Honorary Members, fib Awards for Outstanding Concrete Structuresの表彰式が行われた。

Freyssinet Medalは、4年に1回のコンgres開催時に表彰されるものである。今回は、Nigel Priestley教授（ニュージーランド）およびJiri Strasky教授（チェコ共和国）が受賞した。

Honorary Membersは、コンgresやシンポジウム開催時に表彰されるものである。今回は、日本大学理工学部山崎 淳教授（写真-2）およびHans Ulrich Litzner教授（ドイツ）が受賞した。

fib Awards for Outstanding Concrete Structuresは、4年に1回のコンgres開催時に表彰されるものである。今回は、日本のアイランドタワースカイクラブを含め2つの建築物（日本、オーストラリア）と3つの橋梁（スペイン、チェコ共和国、ヨルダン）が受賞した。なお、当調査団のメンバーでは春日、大植、坂田、星野、酒井が論文を発表した。

2.3 一般講演

一般講演は、5分野で行われ、Building Systemsで52題、Engineering and Designで161題、Materialsで86題、Ultra-High Performance Concreteで25題、Bridges and Transportationで142題、合計466題の発表が行われた。5つの分野は、分野ごとに種々のテーマを設定し、おおむね5題をひとつのセッションとして実施された。



写真-1 開会式



写真-2 山崎教授のHonorary Member受章

2.4 技術展示

コンgresの開催期間中に、技術展示として14カ国から90社の出展（fib, PCI, ACI含む）があり、日本からは、PC鋼材メーカー1社の出展があった。出展内容は、材料や機械設備に関するものが多く見られた。

2.5 National Reportほか

fibコンgresの恒例の行事として5月31日にCommission Report、6月2日午後にNational Reportの報告があった。わが国からは、PC技術協会常務理事の二羽淳一郎東京工業大学教授が報告を行った。同日の午前にはfib Model Codeの最終案の報告があった。

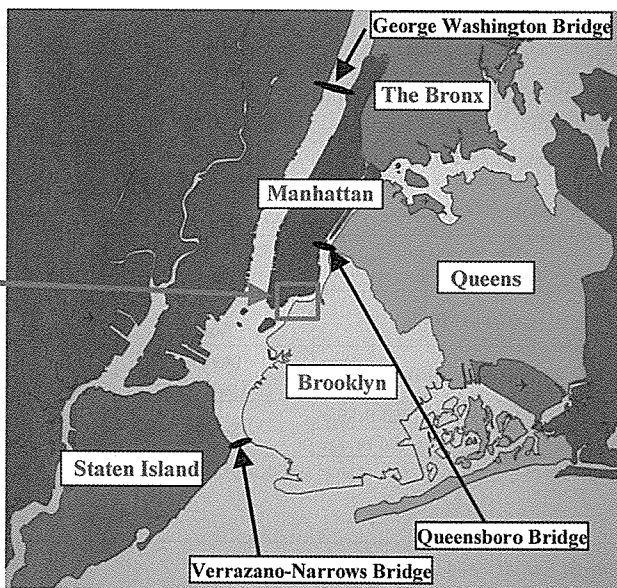
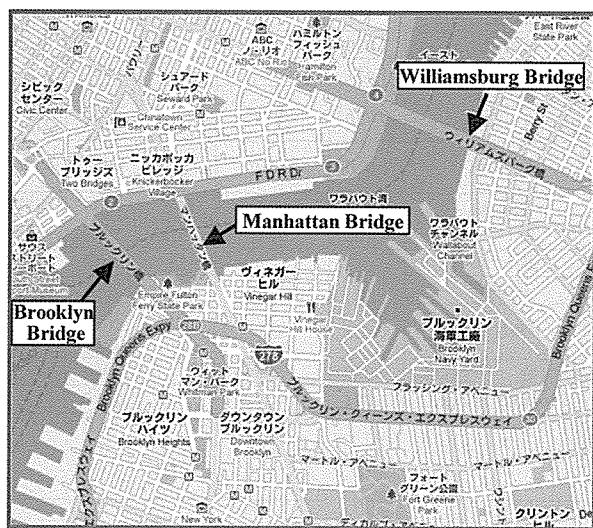


図-2 ニューヨーク近郊の調査対象長大橋の位置

3. 米国の東・西海岸における長大橋の調査

3.1 概 要

米国の東・西海岸における長大橋梁・歴史的橋梁・補修に関する調査を目的として、表 - 1 に示した New York 近郊の 6 橋、Washington D.C. 近郊の 1 橋、San Francisco 近郊の 3 橋、Seattle 近郊の 2 橋の合計 12 橋において、現況および維持管理状況の調査を行った。

3.2 ニューヨーク近郊の長大橋

(1) 概 要

ニューヨーク市は、Bronx, Brooklyn, Manhattan, Queens, Staten Island という五つの行政区からなっている。このうち Manhattan のある市の中心 Manhattan 島は、東側は Hudson 川に、西側は East 川に挟まれている。

ニューヨークの橋梁は、the King's Bridge という Manhattan と Bronx を繋ぐ木橋が市で最初に作られた橋梁であった（1693 年に建設 1917 年に撤去済み）。1800 年代後半には、鋳鉄に代わり製造が可能となった鋼鉄を利用した Brooklyn 橋をはじめ多くの橋梁の建設が始まっている。

ニューヨーク市にある橋梁数は 2 027 あり、うち交通局 (DOT) が管理しているものは 788 橋ある。今回の調査では East 川に架かる橋梁を中心に、主に橋梁下護岸付近から遠方目視による調査を行った。調査橋梁は、表 - 1 に示した Brooklyn 橋、Manhattan 橋、Williamsburg 橋、Queensboro 橋、Verrazano-Narrows 橋、George Washington 橋の 6 橋である。おのおのの橋梁の位置図を図 - 2 に示す。

(2) Brooklyn 橋

Brooklyn 橋（写真 - 3）は、1883 年に開通した Manhattan と Brooklyn を結ぶために East 川に架かる車道 6 車線の世界初の鋼吊橋（斜ケーブル併用）で、Williamsburg 橋が完成するまで世界最長記録を維持していた。設計は、ドイツ系移民技師 John Roebling により行われ、基礎はニューマチックケーソンである。最近の補修状況としては、1999 年に点検員が床版の損傷を発見し、コンクリート床版の打換えがなされている。また、桁下面には移動作業足場（写真 - 4）が常設されている。

2001 年には、Brooklyn 橋の Brooklyn 側で BMW と並び称されている Brooklyn 橋、Manhattan 橋、Williamsburg 橋というニューヨークの歴史的な三橋を一望に見渡せる公園が整備が始まっており、市民の憩いの場となっている。本橋は、米国の歴史的建造物および ASCE の国家歴史的土木建造物に指定されている。とくに主塔は、石積み独特の凹凸があり、近代的なニューヨークの街並みを代表するシンボリックな存在となっている。また本橋は、4 年間、約 3 億 \$ をかけて改修する計画が 2010 年 6 月 2 日に発表されている。

(3) Manhattan 橋

Manhattan 橋（写真 - 5）は、1909 年に開通した Manhattan と Brooklyn を結ぶために East 川に架かる鋼吊橋で、車道上層 4 車線、下層 3 車線、鉄道 4 線、歩行者および自転車道併設橋である。1901 年ニューヨーク市橋梁委員の Gustav Lindenthal が「第 3 の吊り橋」と称し、ピン構造の

鋼バー、ケーブルはワイヤーの代わりにニッケル鋼のアイバーとなる吊橋を計画したが、最終的には Lindenthal の案は採用されず、後に記述する 1940 年に落橋した Tacoma Narrows 橋を設計した Leon Moisseiff によるたわみ理論による吊構造となった（鉄塔の陸側のアプローチ部は、吊ケーブルが無く、橋脚 + 桁構造としている）。本橋は、Williamsburg 橋と同様に、石積みのアンカレイジと鉄骨トラス造の主塔で構成されている。

最近の補修状況としては、本橋が下層の鉄道によるねじりを考慮してなかったため桁に大きなたわみが生じること

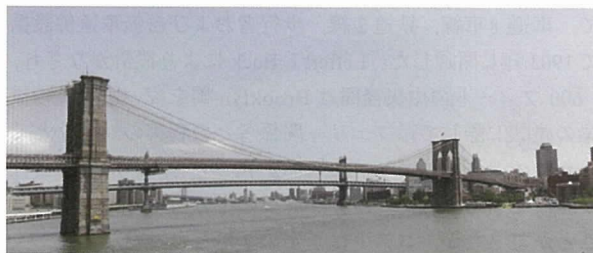


写真 - 3 Brooklyn 橋

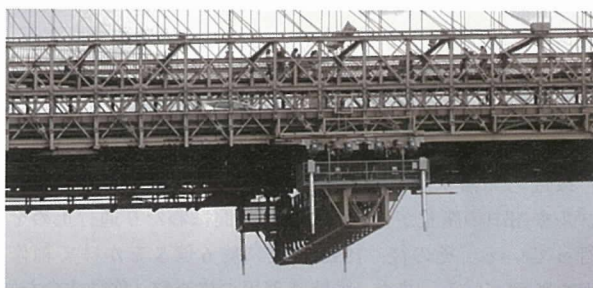


写真 - 4 Brooklyn 橋移動作業足場



写真 - 5 Manhattan 橋



写真 - 6 Williamsburg 橋

が明らかになり、その後の調査で橋の亀裂が拡大し橋梁の閉鎖をしなければならないことが分かり、ニューヨーク市での検討の結果 1982 年に現 Manhattan 橋を補強することを決定した。このため、1985～2004 年にかけて通行止めにより補修工事がなされている。Manhattan 橋の補修はほかの East 川の橋（Queensboro, Williamsburg, Brooklyn 橋）のそれとリンクしており州橋梁補修法（FBRA）のなかで実施しなければならないと定められている。

(4) Williamsburg 橋

Williamsburg 橋（写真 - 6）は、ニューヨークと Brooklyn の急増する人口に対処するため Brooklyn 橋の次に Manhattan と Brooklyn を結ぶために East 川に架けた鋼吊橋で、車道 8 車線、鉄道 2 線、歩行者および自転車道併設橋で 1903 年に開通した。Leffert L. Buck により設計がなされ、1 600 フィートの中央径間は Brooklyn 橋を凌いだ。この橋梁の建設に際してはフェリー関係者との利害の対立などではなかなか実現しなかったが 1892 年、イースト川橋梁会社が建設を許可された。Brooklyn 橋の半分の七年で完成することができたが、コストは予定の 3 倍となった。

本橋と Brooklyn 橋とを比べた場合は、主塔構造に大きな相違があり、Brooklyn 橋の石積みに対して鋼トラス構造となっている。ただし、市街地に位置する橋台およびアンカレージは石積みとなっている。本橋も吊橋構造であるが、吊橋構造の構成要素のひとつであるハンガーロープが 2 本の主塔間のみに配置されており、主塔からアンカレージまでの範囲には配置されていない。

最近の補修状況としては、1988 年 4 月の点検時にケーブルや部材の腐食が見つかり 2 ヶ月間にわたり通行止めを行っている。その後、1990 年代に約 6 億 \$ をかけて補修がなされている。また、維持管理用の検査路（移動式含む）が、非常に多く後付けされており、桁下からの遠方目視による調査では錆がほとんど見られない状態であり、維持管理が適切に行われていることが推察される。

(5) Queensboro 橋

Queensboro 橋（写真 - 7）は、Manhattan と Queens を結ぶ East 川（中洲となる Roosevelt 島を挟んで西運河と東運河がある）に架かる橋梁で、車道上層 4 車線、下層 5 車線、歩行者道併設橋で 1909 年に開通した。本橋に関しては、1856 年頃に Brooklyn 橋を設計した John Roebling が 800 フィートと 500 フィートからなる二つの吊橋形式案を提案している。1902 年にニューヨークの橋梁建設委員会の委員長となった Gustav Lindenthal が East 川を越える橋梁を提案し、Williamsburg 橋を設計した Leffert L. Buck と Henry Hornbostel と協力してアイバーを繋げたカンチレバー形式の橋梁を設計することとなった。1907 年には同様の形式の橋梁がカナダケベックで倒壊したことから設計が不適切ではないか、鋼重が過大ではないかがコンサルタントでチェックされ余分な鋼材が削減され 2 000 万 \$ で完成した。本橋は、鋼トラス構造の橋梁であり、上弦材からピン結合された斜材構造となっている。

最近の補修状況としては、ニューヨーク交通局が 1980 年頃から本橋の改修のための長期プロジェクトを発表し、

それを監督させるため Steinman, Boynton などエンジニアリング会社の技術者を傭っている。また、維持管理用の検査路（移動式含む）が、非常に多く後付けされているなか、鋼材には錆がほとんど見られない状態であり、維持管理が適切に行われていることが推察される。

(6) Verrazano-narrows 橋

Verrazano-narrows 橋（写真 - 8）は、Brooklyn と Staten Island を結ぶ鋼吊橋で車道上層 6 車線、下層 6 車線である。本橋の形式は、1900 年はじめからアーチ橋あるいは吊橋案が提案されていた。世界大恐慌や大戦により実現されなかったが、1946 年ニューヨーク州議会において、Brooklyn と Staten Island の駐屯地の間に橋梁を建設することが決定された。設計は著名な橋梁設計家の Othmar Ammann が行っている。1959 年に建設が開始され 1964 年に上層部のみ供用を開始した。1981 年までは世界最大の中央径間（4 260 フィート）を誇っていたが現在では第 8 位である。

最近の補修状況としては、1998 年に 4 千万 \$ をかけて塗装の褪色対策のため塗替えが行われている。2002 年にはアンカレッジとアプローチ部の改修工事を行っている。本橋の主塔は塗装の補修中であり、未塗装部には発錆が見られ、また、アプローチの高架橋部においても、支承取替えやコンクリート補修がされており、河口部の橋梁として



写真 - 7 Queensboro 橋



写真 - 8 Verrazano-Narrows 橋

塩害の影響が推察された。

(7) George Washington 橋

George Washington 橋（写真 - 9）は、ニューヨークの Manhattan とニュージャージー州の Fort Lee を結び Hudson 川に架かる鋼吊橋で、車道上層 8 車線、下層 6 車線で歩行者および自転車道併設橋である。1927 年にこの橋は着工され、1931 年 10 月 24 日に完成し、翌日から一般に供用された。設計者は米国国家科学賞を受賞した Othmar Ammann である。完成当時は、主径間長が世界一（1 067m）を誇っていたが、1937 年に Golden Gate 橋（1 280m）にその座を譲った。開通当初は、Hudson River Bridge と呼ばれていたが、のちに初代大統領ジョージ・ワシントンにちなみ現在の名前がついた。当初この橋は 6 車線であったが、1946 年、2 車線を追加し 8 車線となった。これは、そのまま現在の橋の上層車線となった。1962 年、交通量の増加に伴い、下層車線が追加され、交通量は 75% 増加した。このダブルデッキの考えは、設計当時から想定していたものであった。

最近の補修状況としては、1977 年前半に、46 年経過した上床版の取替えを開始し、1978 年後半までに 1 850 万 \$ かけて補修した。

3.3 ワシントン近郊の長大橋

(1) 概 要

Washington, D.C. は、アメリカ合衆国の首都であり、法律上の正式名称は District of Columbia（コロンビア特別区）だが、歴史的に The City of Washington と Territory of Columbia が統合されて成立した経緯から、一般にはワシントン D.C.、ワシントン、コロンビア特別区または単に D.C. と通称される。今回の調査は、メリーランド州の Chesapeake 湾に架かる Chesapeake Bay 橋について実施した。

(2) Chesapeake Bay 橋

Chesapeake Bay 橋（写真 - 10）は、ワシントン D.C. の東側に位置（図 - 3）し、メリーランド州の Chesapeake Bay に架かる U.S.Route 50 および U.S.Route 301 の一部を成す海上橋梁である。東行きと西行きの橋梁からなり、東行きの橋梁は 1952 年竣工であり、建設当時においては世界最長の海上横断連続鋼橋であった。西行きの橋梁は 1973 年竣工である。両橋ともに、鋼吊橋や鋼トラス、鋼桁などから構成されている。中央の主径間は船舶航行を考慮して 490 m で最大クリアランス 56.7 m を確保している。構造的には当時の努力を感じる組合せ合成断面部材を活用したシンプルな吊構造やトラス構造で基礎もきわめてシンプルなコンクリート構造、アプローチ部には比較的細い RC 斜杭を活用している。

西行き橋梁は、2006 ～ 2009 年にかけて床版の補修工事が実施されている。これは、橋梁点検により、クラックやコンクリートの劣化、コンクリートオーバーレイのはく離が見つかったためである。床版の劣化は、床版厚 6.5 インチの箇所に発見されているものの、床版厚 7.0 インチ箇所には発見されなかった。補修工法としては、損傷の程度に応じて、コンクリートオーバーレイ部の打替えや、床版の

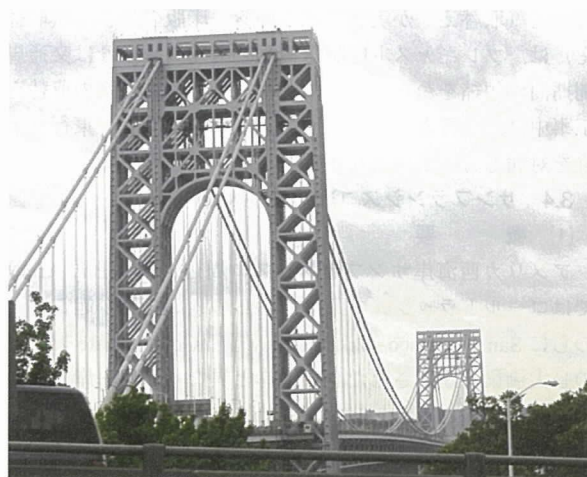


写真 - 9 George Washington 橋



図 - 3 ワシントン近郊の調査橋梁位置



写真 - 10 Chesapeake Bay 橋



図 - 4 サンフランシスコ近郊の調査橋梁位置

打替え（取替え）が実施されている。床版の打替え（取替え）は、プレキャスト床版を採用しており、これは交通規制期間の短縮をねらったものと推察される。床版の取替え工事中は、西行き橋梁の全面交通止めを実施し、東行き橋梁を対面通行で供用しながら行った。

3.4 サンフランシスコ近郊の長大橋

(1) 概 要

アメリカ西海岸サンフランシスコ周辺（通称 Bay Area）ではゴールドラッシュで東海岸からの人口移動が起こったのちに San Francisco-Oakland Bay 橋、Golden Gate 橋などの長大橋梁が建設された。東海岸と異なり、西海岸のこの地区は活断層を有し、1906 年のサンフランシスコ大地震、1989 年のロマ・プリエタ地震などが発生している。ロマ・プリエタ地震、1994 年のノースリッジ地震後に、カリフォルニア州では州内橋梁の耐震診断を実施し橋梁の補修、補強、更新の必要性を決定した。今回の調査対象橋梁は、表 - 1 に示した Golden Gate 橋、San Francisco-Oakland Bay 橋、Carquinez 橋の 3 橋である。おのおのの橋梁の位置図を図 - 4 に示す。

(2) Golden Gate 橋

Golden Gate 橋（写真 - 11）は、1937 年に開通した San Francisco 湾と太平洋の間の Golden Gate（金門海峡）に架かる鋼吊橋で、車道 6 車線、歩行者および自転車道併設橋である。車道部は、上下線の交通量によって片側の車線数を変更可能であり、朝の通勤時間帯であれば南行きが 4 車線となる。主橋梁である鋼吊橋部の橋長は 1 970 m で、中央径間長は、1 280 m である（図 - 5）。今回の調査では、橋上の歩道を全径間徒歩で渡ることができた。

本橋のプロジェクトは、Joseph B. Strauss をチーフエンジニアとして、Charles Alton Ellis および Leon Moisseiff など多くのエンジニアの参画のもとに実施された。本橋のアールドデコ調のデザインと色彩は、Irving Morrow を中心に行われ、彼の意見により自然との調和と霧の多いこの地域での視認性を考慮してインターナショナルオレンジという鮮やかな朱色（緊急事態を表す色でもある）が選ばれた。使用された主ケーブルは、直径 92.4 cm、長さ 2 331.7 m で 1 ケーブルあたり 27 572 本のワイヤーで構成されている（写真 - 12）。

本橋は、1964 年にニューヨークの Verrazano-narrows 橋が完成するまで世界一の吊橋であった。1989 年のロマ・プリエタ地震では被害を受けなかったものの、耐震補強策が検討され、3 フェーズに分けた補強が実施されている（第 2 フェーズまで終了。第 3 フェーズの後半は今年から実施中で（株）大林組と米国の会社との共同企業体で受注）。

(3) San Francisco-Oakland Bay 橋

San Francisco-Oakland Bay 橋（写真 - 13, 14）は、1936 年に開通した San Francisco 湾を東西に横断する橋梁で通称ベイブリッジと呼ばれている。当初は道路・鉄道併設橋であったが、1963 年に改造されて車道上層 5 車線（西行き）、下層 5 車線（東行き）で、San Francisco から Yerba Buena 島までの西側が鋼吊橋、Yerba Buena 島から Oakland までの東側が鋼トラス橋となっている。鋼吊橋部は、瀬戸

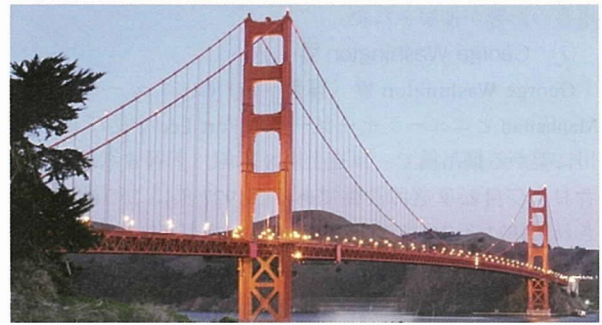


写真 - 11 Golden Gate 橋

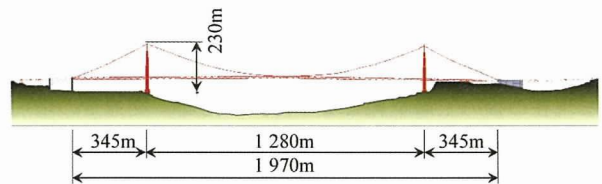


図 - 5 Golden Gate 橋側面図



写真 - 12 Golden Gate 橋主ケーブル



写真 - 13 San Francisco-Oakland Bay 橋（吊橋）



写真 - 14 San Francisco-Oakland Bay 橋（トラス）

大橋が開通するまでは世界一長い吊橋であった。

1989年のロマ・プリエタ地震では東側の鋼製トラス橋（ダブルデッキ）の上層桁が落橋した。その後の検討により、この東側スパンに関しては現橋に沿い新橋を建設することとなり、現在工事中である。新橋はアプローチ部（Sky Wayと称す）がPC構造（プレキャストセグメント）、航路部は鋼製自碇式吊橋（Self Anchored Suspension Bridge, “SAS”）である（写真 - 15）。各種の耐震性能を有する新橋の建設はアプローチ部の桁架設が終了し、航路部のSAS部が建設中である。

西側の2連の吊橋は耐震補強としてリベットから高張力ボルトへの変更、ローラー、ダンパーの取付けなどが実施された。

(4) Carquinez 橋

Carquinez 橋（写真 - 16）は、Carquinez 海峡を横断する東行き5車線、西行き5車線、歩行者および自転車道併設橋である。現在は1958年に建設された鋼トラス橋（第二橋、東行き）と1927年に建設された第一 Carquinez 橋が耐震性確保のため架替えとなった鋼吊橋（正式名称 Alfred Zampa Memorial Bridge, 西行き）の2橋が併設供用されている。新橋の桁は、アメリカ初の鋼床版箱桁構造（24ブロック、日本製）を有する吊橋である。

3.5 シアトル近郊の長大橋

(1) 概 要

Seattle は、ワシントン州を含めた太平洋岸北西部地域の最大の都市で、カナダとの国境まで約180 kmに位置する。「シアトル」は、この地に先住したインディアン部族、「スクアミッシュ族」のシアトル酋長の名に因んでいる。今回の調査対象橋梁は、表 - 1 に示した Tacoma Narrows 橋および Lacey V. Murrow Memorial 橋の2橋である。おのおのの橋梁の位置図を図 - 6 に示す。

(2) Tacoma Narrows 橋

Tacoma Narrows 橋（写真 - 17）は、ワシントン州ピュージェット湾にある Tacoma 海峡に架かる中央径間853 mの片側4車線の鋼吊橋2連で、太平洋側有数の港湾都市のタコマ市とその対岸に位置するキットサップ半島を結んでいる。

1940年に架橋された最初の橋は、Leon Moisseiffにより設計されたが、開通から4ヵ月後の1940年11月、風の影響で橋桁が上下に大きくねじれ、最終的に崩落した。この崩落は、横風により発生したカルマン渦と橋の振動の共振（自励振動）が原因とされ、剛性の小さいプレートガーダー



写真 - 15 SAS 部の模型

が振動や渦の発生を助長したともいわれている。この教訓を活かし、その後の耐風設計は、静的な検討のみならず動

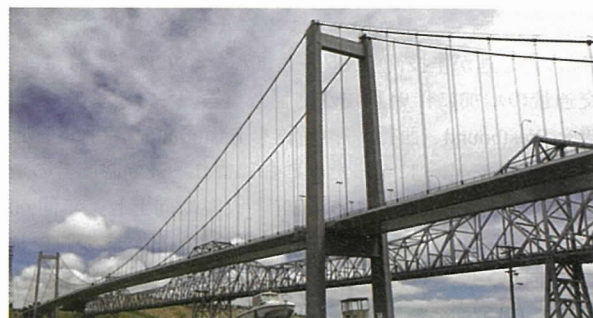


写真 - 16 Carquinez 橋

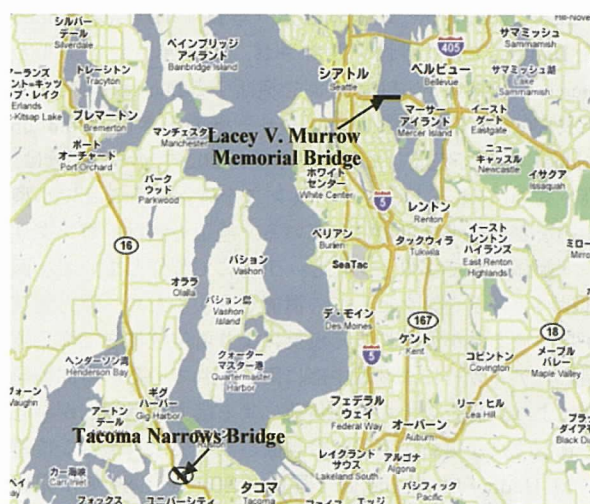


図 - 6 シアトル近郊の調査橋梁位置



写真 - 17 Tacoma Narrows 橋



写真 - 18 Tacoma Narrows 橋（左が新橋）

的な振動に対しても検討が行われるようになり、これらは風洞実験によって確認されるようになった。現存する橋は1950年に再建されたもの（写真 - 18 右側）で、風洞実験の結果をもとに、ねじれ剛性の高いトラス補剛桁を採用することや、オープングレーチングによる風抜けを確保した「風の力を逃がす技術」が取り込まれた。2007年7月には、交通量の増加に伴い新橋が開通し（写真 - 18 左側）、旧橋を Westbound（西行き）、新橋を Eastbound（東行き）として供用するようになった。これにより、通勤時間帯の走行速度は 30 km/h から 100 km/h と大幅に向上し、年間 60 件ほど発生していた橋上での衝突事故は 6 件にまで減少した。新橋の主塔はコンクリート構造で、橋桁は旧橋と同様トラス補剛桁であるが、将来のさらなる車線増加を想定し、ダブルデッキ構造として設計されている。

(3) Lacey V. Murrow Memorial 橋

Lacey V. Murrow Memorial 橋（写真 - 19）は、Homer M. Hadley により計画・設計され、1940 年、シアトルと Mercer 島の間の Washington 湖を横断する Interstate 90 上に、橋長 2 020 m の世界初のコンクリートの浮き橋（Pontoon bridge）として完成した。橋梁の前後 202 フィート部分は、高さ約 30 フィートのクリアランスを確保することで小型船舶などの往来を可能にしている。施工方法は、コンクリート函体としてブロック化し、工場にて製作している。函体はバラストタンクとしての機能を有するため、浮力調整が自由であり小型船による曳航により所定位置まで海上運搬し、アンカーにより湖中部に固定されている。時間の経過により、想定以上の交通負荷による応力超過傾向が確認され、改良か更新が不可欠と判断された結果、平行な位置に M. Hadley Memorial 橋（写真 - 20）を 1989 年に完成させると同時に補強工事に着手した。その工事中、1990 年に Lacey V. Murrow Memorial 橋は人為ミスと判断遅れなどの複数要因のため沈下・崩壊した。

崩壊に至る過程としては、必要車線幅を拡張するため、橋梁の歩道を取り除くのにウォータージェット工法の採用を使用すると決めたが、その排水は汚染物質扱いとなりワシントン湖に流すことができない状況となり、この汚染水を一時的にコンクリート函体内に格納する判断を下し、函体部分に孔をあける工事を実施した。そこに運悪く、大嵐の影響を受け函体内部に湖水が満水状況となり崩壊に至った。現在の橋梁は 1993 年に再建設されたものである。新橋架設にあたり、風と波などの流体の影響とを組み合わせで交通負荷への構造の応答を事前に把握するため、実物大の載荷試験が実施されている。試験では、荷重載荷時の曲げおよびせん断応力レベルを確認するとともに流体の影響によるねじれを評価している。載荷試験の結果、設計で想定したレベルとほぼ同じ傾向が確認でき、問題ないものと判断され供用に至っている。

Washington 湖には、同様なコンクリートの浮き橋として本橋のほかに 4 車線の Evergreen Point Floating 橋（正式名称 Governor Albert D. Rosellini 橋）が 1963 年に開通しており、橋長が本橋を超える 2 310 m となっている。また、シアトル郊外には橋長 2 398 m の海上橋であるコンクリート製の

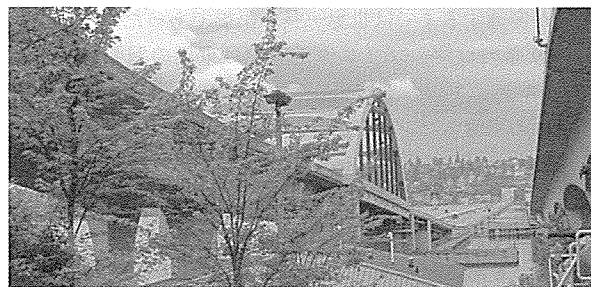


写真 - 19 Lacey V. Murrow Memorial 橋（左側）

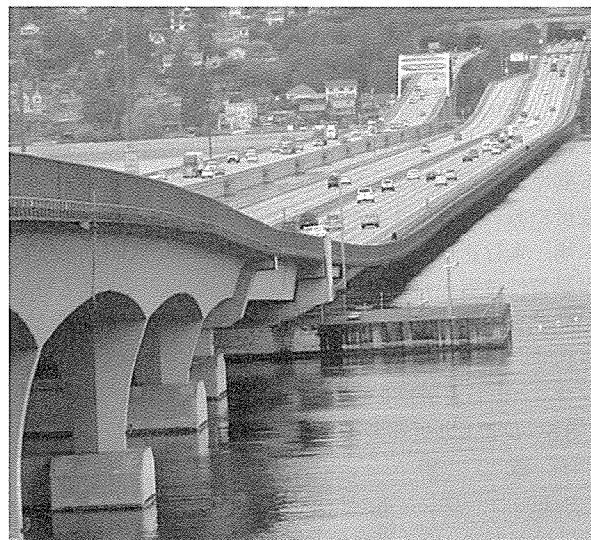


写真 - 20 Homer M. Hadley Memorial 橋（右側）

表 - 2 調査参加者

氏 名	所 属	担 当
池田 尚治	(株) 複合研究機構	団 長
坂田 弘安	東京工業大学	とりまとめ
春日 昭夫	三井住友建設 (株)	コングレス
大久保高秀	首都高速道路 (株)	ニューヨークの橋梁
前川 元伸	(株) 竹中工務店	ニューヨークの橋梁
黒和 亮介	極東鋼弦コンクリート振興 (株)	シアトルの橋梁
浦嶋 義文	(株) エイト日本技術開発	ニューヨークの橋梁
高木 正行	(株) エイト日本技術開発	ワシントンの橋梁
太田 誠	大成建設 (株)	サンフランシスコの橋梁
古賀 敬之	(株) 富士ピー・エス	コングレス技術展示
星野 康弘	住友電工スチールワイヤー (株)	コングレス
大植 健	川田建設 (株)	コングレス
石井 伸	(株) 川金コアテック	コングレス技術展示
糸日谷淑光	(財) 海洋架橋・橋梁調査会	コングレス技術展示
黒沢亮太郎	黒沢建設 (株)	サンフランシスコの橋梁
谷山 慎吾	エステーエンジニアリング (株)	ワシントンの橋梁
村坂 宗信	(株) 水空舎	シアトルの橋梁
岡村 希望	(株) オリエンタルコンサルタンツ	シアトルの橋梁
渡邊 芳樹	VSL JAPAN (株)	サンフランシスコの橋梁
酒井 秀昭	中日本高速道路 (株)	コングレス
小倉 篤	(株) ユーレックス	全 般

Hood Canal Floating 橋（正式名称 William A.Bugge 橋）がある。1961 年に開通し、1979 年の嵐による沈没事故を経て 1982 年に供用が再開された。

4. おわりに

本調査は、表・2 に示す 21 名が参加した。本報告書についても、表・2 に示す調査参加者が担当べつにとりまとめた報文を基に作成した。

米国で調査した 12 橋は、いずれも社会基盤として重要な役割を果たしており、建設当時から長期的な計画に基づ

き整備され、必要に応じて改良や拡張などを行うとともに、その維持管理も適切に行われており、今後のわが国の橋梁などの社会基盤整備やその維持管理の大きな参考になるものと思われる。また、オバマ大統領の就任演説の "We will build the roads and bridges" に示されるようにアメリカでは着々と道路建設が進められていることを実感できた。

最後に、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す次第である。

【2010 年 7 月 18 日受付】



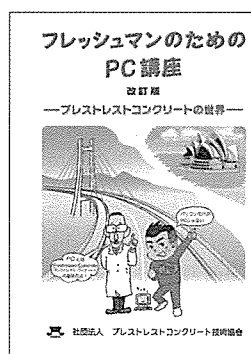
図書案内

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

定 価：3,600 円／送料 400 円／冊

会 員 特 価：3,000 円／送料 400 円／冊

体 裁：A 4 判、140 頁

申 込 先：社団法人プレストレストコンクリート技術協会