

オセアニア視察記

吉村文達¹⁾

本文は、第6回風工学国際会議、およびオセアニア橋梁調査団に参加した浅学な筆者の視察記である。海外旅行初体験の者にとっては、オーストラリア、ニュージーランド両国で、垣間見たものは、全て新鮮で、大いに刺激を受けたものであった。1983年3月15日から4月2日までの短期間ではあったが、彼の地の雄大な国土と英国風と言われるこまやかな気質風土に接し、感激したり、戸惑ったり、羨やましく思ったり、あるいは、遠くにありて日本のことを省りみる事ができた貴重な体験であった。

我々橋梁技術者にとって、あまり知られていないオセアニアの実情を少しでもお伝えできればと思い、ここにその一部を紹介する次第である。

はじめに

1983年3月15日20:30、成田発カンタスQF22便は、空路オセアニアへ向って飛び立った。

東京大学伊藤教授を団長とする一行22名の訪問国は、時あたかも、夏から秋に移り変わろうとしている南半球の国、オーストラリア、ニュージーランドであった。

海外旅行ばやりの昨今、新婚旅行などで彼地へ出かける人が増えているようだが、まだ日本とは馴染の少ない国である。特に、我々橋梁技術者にとっては、欧米にくらべオセアニアの橋梁事情にはうとく、未知に等しいように思われる。このような折に、社団法人 日本橋梁建設協会 協賛のもとでオセアニア風工学・橋梁調査団が企画された。

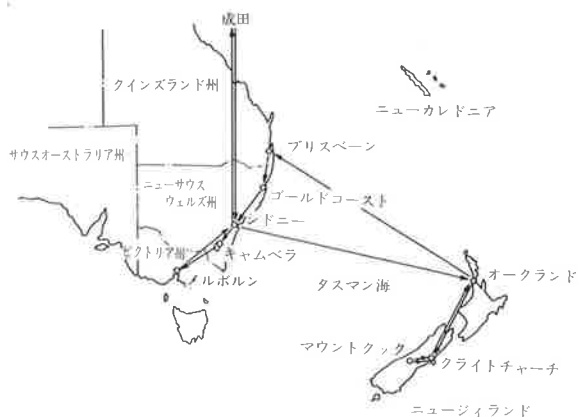


図-1 訪問地

今回の調査団のテーマは、4年に1回開催される風工学国際会議に参加し、他分野を含む世界各国の風工学の実態に接すること、更には、オセアニア地

域の橋梁技術を見聞し技術交流をはかることであった。調査団は、伊藤教授を団長とする一行22名でその構成は、大学関係3名、造船重機8名、橋梁メーカー10名、添乗員1名であった。そして、その旅程は、図-1、表-1に示す通りである。

表-1 旅程

日次	月/日 (曜)	発着地	訪問先	摘要
1	3/15 (火)	東京(成田発)		
2	3/16 (水)	シドニー経由 オークランド着 (ニュージーランド)		-
3	3/17 (木)	オークランド発 クライストチャーチ着	Auckland Harbour Bridge Authority	先方担当者の案内により、 オークランドハーバー橋の 工事経緯、管理状況など 視察
4	3/18 (金)	クライストチャーチ	University of Canterbury	Park 教授らによる耐震工 学セミナーおよび研究施設 紹介。
5	3/19 (土)	マウント・クック往復		休息(観光)
6	3/20 (日)	クライストチャーチ発 オークランド、プリズペー ン経由ゴールドコースト着		風工学会議登録
7 8 11	3/21 (月) 3/25 (金)	ゴールドコースト	・第6回風工学国際会議 ・Gateway Bridge	会議出席。この間半日ゲ ートウェー橋工事現場および プリズペー市橋梁視察
12	3/26 (土)	ゴールドコースト発 シドニー着		以後31日まで Post Conference Tour
13	3/27 (日)	シドニー		シドニーハーバー橋、シ ドニーオペラハウス視察
14	3/28 (月)	シドニー	University of Sydney	シドニー大学研究施設。 グレースビル橋視察
15	3/29 (火)	シドニー発 キャンベラ経由 メルボルン着		(移動)
16	3/30 (水)	メルボルン	West Gate Bridge	ウエストゲート橋視察
17	3/31 (木)	メルボルン	・Monash University ・CSIRO Project	モナッシュ大学にて研究施設 訪問およびCSIROによる 野外風観測実験訪問調査
18	4/1 (金)	メルボルン発 シドニー経由		(機中泊)
19	4/2 (土)	東京(成田)着		

1) 設計部大阪設計課副課長

(1) オークランドハーバー橋

調査団の第1訪問先は、ニュージーランドのオークランドであった。オークランドは、人口85万人の港町であり、ニュージーランド最大の商工業都市である。我々が視察したオークランドハーバー橋（写真-1）はこの町の南部の市街地と北部の住宅街とを2分するワイテマタ湾に架けられている。

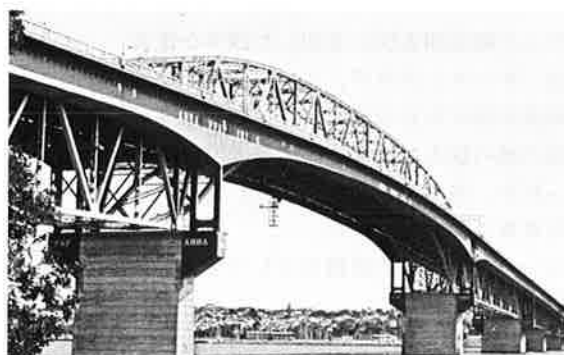


写真-1 オークランドハーバー橋

この橋は、1959年3月に4車線道路として、供用されたが、1969年に交通量が増えたために8車線に拡幅工事がなされた。特に、この2期工事を日本の企業（石川島播磨重工業㈱）が施工したことで有名である。

旧橋は、図-2に示すように4径間連続トラス橋とゲルバートラス橋とから構成されている。拡幅工事は、旧橋の橋脚を改造し支持構造を設けている。

すなわち鋼箱断面のブラケットを橋脚の両側に配置して張出しを作り、この上に各々8径間の連続鋼床版桁を新設している。

この結果、箱桁橋としては、世界第3位の長支間長 259m を有する大規模な鋼床版箱桁橋が完成された。当時としては、画期的な大工事で、その特色を列挙すると

- ・橋梁の海外建設工事では、初めての本格的な大工事であったこと。
- ・海洋上の橋梁であるため、重防蝕塗装を施してメンテナンスフリーをはかっていること。
- ・我国で初めてのフローティングクレーンを使用した大ブロック架設工法を採用したこと。

などである。

表-2に、この橋の第1期、第2期工事の諸元を示す。

表-2 オークランドハーバー橋諸元

	第1期工事	第2期工事
形式	4径間連続トラス橋 +ゲルバートラス橋	8径間連続鋼床版 箱桁橋
幅員	13.4m	2×17.3=34.6m
床版	R・C床版 171mm	鋼床版 11~18mm
舗装	アスファルト 13mm	アスファルト 25mm
工期	1955~1959	1966~1969
使用鋼重	5800t	8500t

我々は、この橋の管理事務所（Auckland Harbour Bridge Authority）を公式訪問し、維持、管理、運営などについて説明を受けた。その概要は次の通りであった。

(a) メンテナンス

先に述べたように、本橋は海洋上にあるため塩害湿度等塗装には、厳しい環境にあるがAHBAは、19名の塗装工を常用し、その点検、補修を実施しているとのことであった。

(b) 舗装

本橋は、現場溶接の鋼床版で、舗装厚 25mm と薄く、かつトラフリブ支間が 4.6m と大きいため、舗装の損傷が問題となると思われたが、特にトラブル

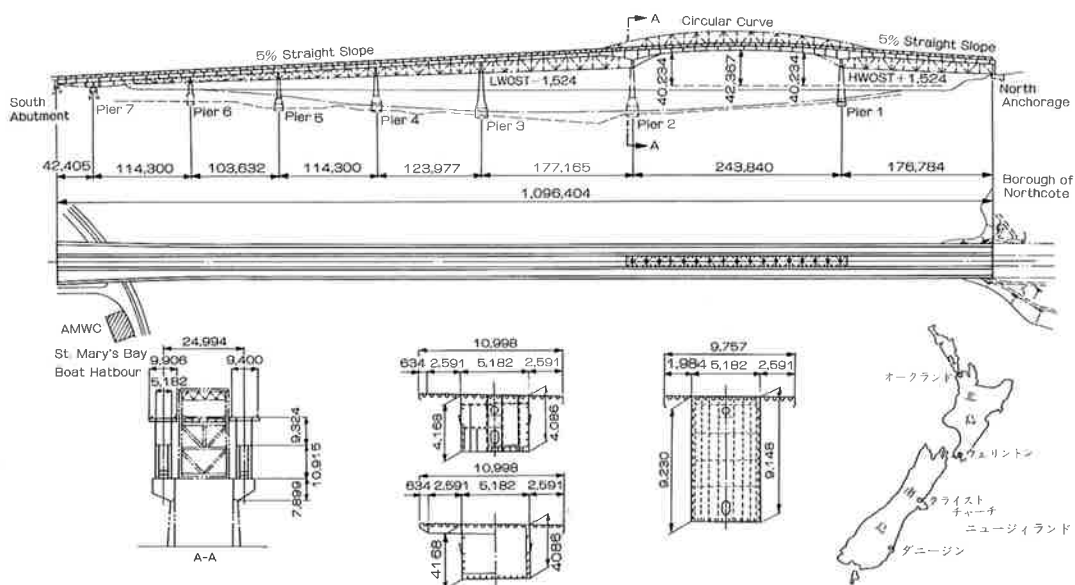


図-2 オークランドハーバー橋

がないとの説明があった。

(c) 交通管理

テレビモニター、電光警示標式などの十分な設備を有し、橋面上の事故、橋梁付近の風速などの諸情報を集中管理できるシステムを誇らしげに説明していた。

このように、メンテナンスには、かなりのエネルギーを注いで橋を大切にしており、橋体を築後20年を経過したものとは思えないほどの新鮮さを保っていた。また、ここに働く人達の仕事に対する誇りみたいな心意気が、その説明の中にあふれていて、我々もよい印象をもってこの橋の見学をすることができた。

(2) クライストチャーチ

我々の第2の訪問都市クライストチャーチは、英国よりも英国的な町と言われる程、美しい落ち着いた町である。その名が示す通り、教会の多い町で市の中心には、ゴシック調のクライストチャーチ大寺院をはじめ、多くの教会が集められ荘厳な雰囲気をもたせていた。(写真-2)



写真-2 大寺院

このニュージーランド南島を代表する町は、別名ガーデンシティとも呼ばれ、家々が街路に面する前庭に(もちろん後庭が別にある)草花を植え街並を緑豊かに美しくととのえている。

また、市内にはエイボン川が蛇行し、河畔には樹木が茂り、いくつかの小支間のアーチ橋がかけられている。これらは全て石造りのゴシック調に飾り立てられたもので、周囲の景観とよく調和するものであった。(写真-3)



写真-3 クライストチャーチの橋

概して、この町では鋼橋は少なくコンクリートあるいは、石造りの橋であった。しかし、橋の美、デザインの面では見るものが多く、1つ1つの橋で親柱、高欄などに意匠をこらし、見るものを楽しませてくれるものであった。風土、国情などの違いからであろうがこのような橋を設計した人達は、きっと自分の納得のいくところまで設計を吟味しているものと思われ、設計者の余裕みtainなものを感じとられた。

(3) 第6回風工学国際会議

今回の調査団のメインテーマの1つであるこの会議は、我々の第3番目の訪問地であるオーストラリアのリゾート地ゴールドコーストで開催された。

筆者は、特に風工学を専門とするものではなく、この会議の模様を伝えるには、いささか能力不足を感じるが、調査団の調査報告書を参考引用させていただき、概要を紹介することにする。

会議は、工学にかかわる風に関する広範な問題を対象に、4年に1回開催されるもので第1回が英国(1963年)で開かれて以降、カナダ、日本、英国と続き、今回に至っている。

今回の会議は、1983年3月21日から25日までで、日本をはじめ、諸外国から111編の論文が発表された。発表論文数からみると、この風工学の研究は米国、英国、日本で活発であるようである。

会議は、論文1件につき、15分程度の発表を、4~5編行い、その後には討議する形式で進められた。討論は、各国なまりの英語(各国の母国語のように聞こえる英語?)でやりとりされ、概して活発なものであった。しかし、特定の常連何人かの発言が、目立ち、会議とは、古今東西を問わず、同じような傾向があるものと妙に感心したりしたが、日本人の積極的な発言もあり、同胞として心強く感じられるものであった。

次に、発表論文の概要を紹介すると

(a) 風の特長、設計風速に関するもの

入力としての風について、測定した風のデータから風の特長を明らかにしようとするもので、気象学の分野に近い論文や、確率、統計的手法による設計風速の評価に関する論文が発表された。

(b) 空力学に関するもの

構造物、構造部材が風の中で弾性体として振動する現象は、空力学の問題であり、この種の研究は、従来から多くなされてきている。

今回発表されたものは、①剥離境界層問題 ②空気力や応答に及ぼす乱流効果 ③渦励振 ④物体の飛散 ⑤ガスト応答 などに関するものであった。

従来この種の研究は、作用空気力の特長から現象を判別しようとする立場であったが、最近の研究はより基本的な立場から、現象発生メカニズムを明らかにするような試みに推移してきていると言われている。

(c) 塔状構造物

本分野に関する論文は、構造物別に ①高層建築物 ②煙突とクーリングタワー ③タワーと海洋プラットフォームなどが発表された。

塔状構造物は、鉛直方向に長く、風の鉛直方向の速度分布を考慮する必要があるのが特徴で、各構造物ごとに、耐風工学上の問題点が異っている。

発表された論文は ①現象の発生機構の解明 ②設計風荷重、風圧力の推定 ③応答推定 ④制振の問題点に着目し、風洞実験、実物観測による応答の測定値と設計示方書等の推定式との比較、渦励振応答の簡易推定式の提案、設計風荷重の検討などの設計示方書にかかわる研究が多かった。

(d) ケーブル

発表された論文は、すべて円断面の渦励振に関するもので、①モード干渉 ②乱れの影響 ③応答の数値解析 ④せん断流中の同期現象などであった。

この分野では、送電線の風による振動現象から、送電線の支点、あるいは金具の疲労が問題となり、これに対してダンパーを取り付けるなどの一応の対策を施こしているものの、現象そのものについては、未だ研究の余地が多いということであった。

(e) 橋梁

近年、構造物の長大化、軽量化の傾向、あるいは材料、溶接技術などの進歩に伴う、可撓性の増大、構造減衰の低下の傾向が著しいことから、耐風設計が重要視されるようになってきている。しかし、この種の問題は、理論解析のみから解決できない部分が多く、風洞模型実験および実構造物における経験の蓄積に依存せざるを得ない実情である。

この橋梁の対風応答をテーマとするセッションでも、現在、橋梁の耐風設計上関心が寄せられている重要な問題点についての報告がされた。すなわち、

①乱れた気流中でのバフェティング応答の計算手法を追求したもの ②にぶい物体にみられる渦励振ギャロッピング、ねじれフラッターなどの不安定振動現象の発生メカニズム、および乱れが振動現象に及ぼす影響を検討したもの ③渦励振、バフェティング、ギャロッピングなどの振動抑制対策としての Dynamic Vibration Absorber を提示したもの ④自然風中の実橋の対風応答をより忠実に再現するための風洞実験手法を模型化の方法、作用させる気流の両面から検討したもの、などであった。

(f) 設計基準

本セッションでは、風荷重の決定に信頼性解析 (Reliability Analysis) を導入し、結果の信頼性を高め、不必要な安全率を取り除き経済的な設計を行なおうとしている。

一般に風荷重は、風速、風の乱れ度、風速のスペクトル密度などの「気象データ」、構造物の剛性、減衰パラメータなどの「構造特性」、抗力係数、レイノルズ数、ストローハル数などの「気体と構造物との

相互効果を考慮したパラメータ」などによる。

しかしながら、これらのほとんどのパラメータには多くの変動性が含まれており、加えてデータ不足はパラメータを評価する場合、一層不確実性を増す。

したがって、時間的、空間的に変動する自然風を考慮して設計された構造物の評価において、不確実さは避け難く、構造物に対し、信頼性または安全性の度合を絶対的な尺度で表わしにくい。このため、各国の設計基準では多くの安全率を見込んでいるのが実情である。今後は、風に対する構造物の信頼性を高め、経済的な構造とするために、信頼性解析手法およびその結果が設計基準に取り入れられるものと思われる。

(4) シドニー

オーストラリアで最も古く、最大の都市で、町はポートジャクソン湾により、南の官庁街、繁華街のある中心部と北の住宅街とに二分されている。これらをシドニーハーバー橋がつないでいる。この橋は、橋の近くにあるオペラハウスやダウンタウンにあるセンターポイントタワーと並んで町のシンボルとなっている。

(a) センターポイントタワー

このタワーは、地上15階建のビルの上に建てられ、高さは250mである。その特徴は、構造的には写真1-4にみられるようにテンションケーブルを用いていること、耐風工学的には、渦励振に対してダムパーを採用していることなどが挙げられる。



写真-4 センターポイントタワー

ダムパーは、主ダムパーと2次ダムパーとから成る。主ダムパーは、展望台に設けてある防火用水タンクの180tonを活用したもので、これを展望台の構造梁から長さ10mのハンガーでタンクを吊り、このタンクを8本のオイルシリンダーダンパーで結合している振子型構造である。2次ダムパーも同じ振子型構造で40tonを高さ90mの位置に取付けている。

(写真-5 参照)



写真-5 ダンパー

(b) シドニーハーバー橋

シドニー港にかかるこの橋は、シドニーの象徴というよりもオーストラリアの国家的モニュメントといった観を呈している。この橋は、約50年前の1932年に完成したものであるが、現在でもアーチ橋として最大級のもので、周囲の景観にマッチした雄大な構造美で世界の名橋の1つに数えられている。(写真-6 参照)



写真-6 シドニーハーバー橋

主径間が503mの2ヒンジアーチ橋とそれぞれ5連の単純ワーレントラス橋から成る左右両側径間とから構成されるこの橋は、橋長1,149m、幅員49m、総鋼重3万9千トンとのことである。

本橋の美観上の特徴は、写真-7にみられるように、アーチ支承部上にみかげ石で化粧された高さ89mの巨大なパイロン（橋門）が建ち上っており、それがアーチ部と側径間トラスとの調和を与えるアクセントとなって美観を一層きわだてていることである。このパイロンは構造的には、トラス橋を支持するアーチアンカーとしての役割と、その自重をアーチの支承部に伝え安定に寄与させていることである。図-3に主径間アーチ橋の概要を示す。

完成後50年を経た今日、なお十分な機能と安全性を有するこの橋を見て、当時の技術者のエネルギー

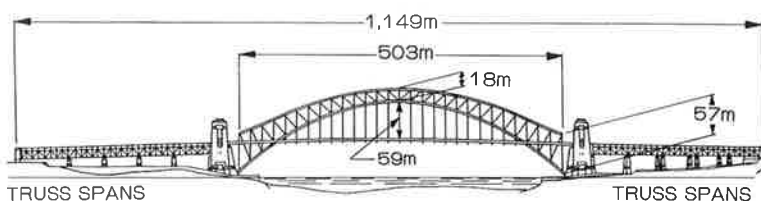


図-3 シドニーハーバー橋



写真-7 橋門(パイロン)

ーが感じられ、その先見性、景観に対する配慮など全てに敬意を表したくなるものであった。

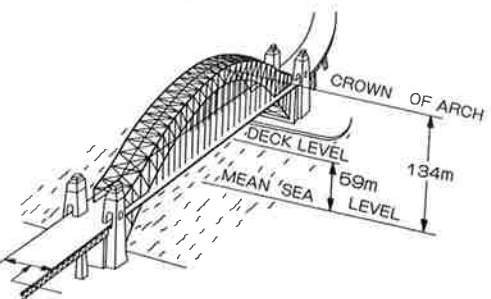
そして、1930年以降、数多くの長大橋が完成してきている中で、支間長が500mを越えるものは、技術の進歩により吊橋などになっていることを思うと、この種のアーチ形式の最大級の成果は、この橋の完成により、すでに50年前に達成されたものと思われる。

(c) ニューグレイズビル橋

シドニー湾には、もう一橋の世界最大級のコンクリート橋が架っていた。それは、写真-8に示すように主径間304.8mの美しいサイドビューを誇っている。また、コンクリート表面にも細かい加工が施され陰影をつけるなどの美観的な配慮がされている。しかし一方では、地震荷重などの設計条件の相違からであると思われるが、アーチの鉛直材や、アプローチの橋脚などが、きわめてスレンダーで地震国の日本人からすると、少々、気になるものであった。



写真-8 ニューグレイズビル橋



(5) ウェストゲート橋

「1970年10月15日午前11時50分、橋は崩壊し、作業員35名は、川の中に消えた。事故原因を調査したところ、カムバー調整のため、支点上でジャッキ操作をし、鋼床版のバルブプレートのボルトを緩める作業をした。すると、そのジョイント部で座屈が起り、1時間後に、橋は崩壊した」

これは、我々が訪問したメルボルンのモナシュ大学の構内に展示してあったパネルに記された事故当時の記事である。また、落橋した桁の残骸の一部もディスプレイしてあり、写真-9にみられるように上フランジの座屈跡などが見ることができた。



写真-9 落橋した桁の残骸

ウェストゲート橋は、メルボルンを流れるヤラ川にかかる鋼箱桁の斜張橋で、コンクリート橋のアプローチを含み橋長2,583m、幅員37mの橋である。主径間の斜張橋は、主塔高102mスパン割は112+144+336+144+112となっている。(写真-10)



写真-10 ウェストゲート橋

この橋の話題は何といても上述の落橋事故であり、我国でも当時大きく報道され事故原因なども周知の通りである。ここに再びその概要を記すと次のようである。

落橋した桁の断面は逆台形の3室の箱桁で、完成時にはRC床版と合成させる設計であった。また、その架設工法は、箱断面中央で2分割された桁を、支間全長(336m)に亘って地組し、各ブロックを支承にセットした後に、縦シームをボルト結合する工法がとられた。

しかし、両ブロックを支承にセットした時点で、各桁にカムバー差約10cmが生じたため、荷重を載荷して高い方の桁を下ろし、そのギャップをなくそうとした。その時に、載荷桁の支間中央付近の上フランジに局所的な座屈変形が生じた。そこで、今度

は、クロス方向のボルトを抜き取り、上フランジの座屈変形をなくそうとしたところ、座屈は上フランジ全般に伝播し、ウェブも座屈し1時間後に落橋したと報告されている。

事故後は、架設工法は通常のカンティレバー工法で施工され、RC床版も鋼床版に変更され、落橋から8年後の1978年10月15日に開通している。

この橋のもう一つの話題は、写真-11にみられるようにケーブルの制振装置である。これは2本のケーブルをつないだ上に照明柱を利用して桁に設けられているオイルシリンダーに取付られている。

案内役のモナシュ大学のメルボルン教授の説明によると、この制振材は、ケーブル架設途中において上段の2本のケーブルウェイクバフエッティングが起こったため、架設時に工事関係者の不安を除くため設置したとのことであった。



写真-11 ケーブル制振装置

おわりに

今回の旅行では、わずか19日間で春夏秋冬を体験し、天候にも恵まれ彼の地の風土に接し、多くの構造物の見学、国際会議の参加など大いに見聞を広めることができました。

広範囲に渡る風工学の現況を知り、世界的な研究動向が知りえたことは、技術者としては、大いなる糧になると思えます。また、橋を設計する者としては、見学した橋全般を通じて、これらの設計者の余裕が感じられ、それが橋の各部ににじみ出ている、うらやましい限りであった。さらに、橋を道路の一部としての機能だけではなく、景観の一部としてとり入れていることが垣間見られた。国情、風土、設計者の社会的地位の相違によるものと納得しながらも経済大国日本と異なる考え方もあるものだと複雑な思いが残る。

おわりに、今回の調査団派遣にご尽力くださった関係者各位、ならびに、またと無い機会を与えるために、年度末の多忙の折に、不在をリカバリーして下さった職場の皆様へ感謝し、この報告を終えます。