

## 1988年度ASCEセントルイス大会参加と橋梁の維持管理視察記

倉持 建三<sup>1)</sup>

アメリカ土木学会（ASCE）の年次大会に日本が参加するようになったのは1987年からで、今回は2回目である。前回は「青函トンネル」の発表を行い、非常に好評であり、最高の評価を得ることができた。今回は「本四連絡橋」の発表を行うことになり、このASCE大会への参加と同時に、社会資本の整備、とくに橋梁の維持管理に苦勞しているアメリカの現状を視察するために、視察団が結成された。

視察日程はASCE大会出席が4日間、現場視察が5日間と、広いアメリカを見るにはあまりにも短い期間ではあったが、初めてのアメリカ旅行であると共に、文献やニュースなどで見聞きしていた悩めるアメリカの現状を、この目で直接見る機会を持つことができた。その貴重な体験の概要を報告するものである。

### はじめに

1987年10月に、当社の中村取締役が「鋼橋のリハビリテーション」の視察団に参加され、本技報の前号（Vol.7 1988）でシカゴ、ベツレヘム、ニューヨーク、ニューオリンズ等アメリカ北東部および南部の報告をされている。今回もほぼ同じようなコースであったが、内容はやや趣を異にしている。

視察団メンバーは総勢52名であり、そのうち団長の伊藤学先生（東大教授）および副団長の三木千壽先生（東工大教授）を含む8名は、ASCEでの発表者でもあった。メンバーの内訳は、本州四国連絡橋のうち瀬戸大橋の建設に係わったコンサルタント、上部工業者および建設業者から構成されている。普段はお互いに接することの少ない人達との交流は、非常に楽しみであり、また得がたい機会でもあるように思われた。

短い期間にできるだけ多くの体験をさせてやろうという団長、副団長の心づくしか、連日朝は6時の

モーニングコールに始まり、夕方は18時頃まで学会やバスでの現地視察などがあり、非常に過酷なスケジュールであった。

表-1 旅行日程

昭和63年10月23日(日)～11月3日(木)		
月/日	都 市 名	日 程
10/23(日)	東京(成田)	発着
24(月)	セントルイス	着後ホテルへ 市内視察(Eads橋、Gateway Arch)
25(火)	セントルイス滞在	終日ASCE出席「本四連絡橋」発表
26(水)	セントルイス滞在	クインシー橋視察 ASCE交流会
27(木)	セントルイス	発着
28(金)	ニューヨーク	午前中ASCE出席 着後ホテルへ
29(土)	ニューヨーク	滞在中 ニューヨーク市DOT訪問 サークルラインでマンハッタン島周辺の橋梁視察
30(日)	ニューヨーク	発着
31(月)	オーランド	発着
11/1(火)	ニューオリンズ	発着
2(水)	サンフランシスコ	発着
3(木)	東京(成田)	着 通関後解散式

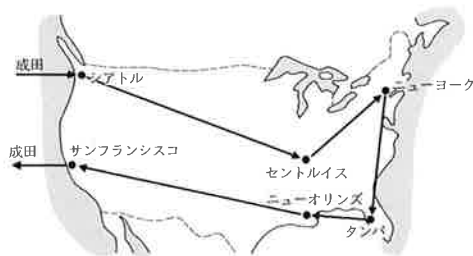


図-1 訪問地

1) 技術士 東京工場副工場長

1. ASCEセントルイス大会 (10/24 ~27)

セントルイスは、ミズーリ川がミシシッピ川に流れ込む合流点のわずか下流に開けた街で、ミシシッピ川流域中では最も早く発展した、極めて南部的な気風の都会で、1904年にアメリカで最初のオリンピックが開催された地としても有名である。しかしながら、ホットドッグやアイスクリームの発祥の地であるということあまり知られていない。

先ず第一日目 (10/24) の午前中は、海外での初日ということもあって視察団一同やや緊張の面持ちで、セントルイスの名所の一つである Gateway Arch の見学を行った。これは基部の径間長が630ft. (192m) で、高さも630ft. というステンレス製のアーチの記念碑である。内部にはカプセル型のエレベータが設置されており、屋上の展望台からの眺望は絶景であった。

午後から ASCE の第一会場で、橋梁関係のセッションが開催された。

内容は

- ① Seismic design of cable-stayed bridge.
- ② How far can the cable-stayed bridge reach ?
- ③ Seismic effects on highway bridge.
- ④ Wind engineering and the design of long-span bridge.

など、タイトルを見ただけでも非常に興味を持ってそうなテーマであった。各々15分程度の発表と5分程度の質疑応答が繰り返された。

特に②の「斜張橋はどれ位の支間まで可能か」という研究発表では、「現実的には支間3,200m 塔高700~800mであれば実現可能であり、無風状態で振動なしという仮定が実現できれば、支間長8km、塔



写真-1 Gateway Arch

高2.1km までは理論上可能である。」というような一見、夢物語のような印象を受ける発表が、有名なデンマークの N. J. Gimising 教授からあり、発表後も真剣な質疑応答がかなりなされていた。

我々が馴染んでいる日本の土木学会での発表のイメージとは全く異質で、世界各地から教授クラスの人達が集り、サロン風に議論を楽しみあっているというような印象を受けた。

夜は、Ice - Breaker と呼ばれるパーティーに参加した。アメリカ人のお節介とお喋り好きには困ったもので、目と目が合おうものならすぐに喋りかけてくるので、おちおちと料理やウイスキーなどの味を楽しんでいるような気分にはなれなかった。

ASCE第2日目 (10/25) は、いよいよ日本グループによる「本四連絡橋」の発表である。アメリカの発表が大部分スライドだけであるのに対して、日本グループは立派な配布用の冊子も用意してあった。前回の評判がよかったのか、聴衆も他の会場よりも群を抜いて多く、約200名くらいはいたように思う。

発表は松崎氏 (本四公団第2建設局長) の「概要説明」、伊藤教授の「上部工」、山城氏 (鹿島建設) の「下部工」、最後に松浦氏 (鉄道総研次長) の「鉄道」と4名の発表者が、分担して発表された。

発表後の質問は、塗装と維持管理、疲労、鉄道の伸縮装置の構造、供用線のスピードなど、活発に行われた。今回も日本グループの発表は、前回に引き続き好評のうちに終了した。



写真-2 本四連絡橋 発表

2. ニューヨーク市交通局 (New York City Department of Transportation) 公式訪問

日時 10月28日 (金) AM9:00~10:40

出席者 ニューヨーク市交通局

Mr. Samuel I. Schwartz, P.E.

(交通局主席副局長)

Mr. Riccio, Mr. Joe Hong Kong

Miss. S. Burger

日本側視察団 26名

## 2.1 Mr.Schwartz および Mr.Riccio の話

① ニューヨーク市は、東京都と姉妹都市の関係にあり、数週間前にも日本へ行ったが、東京では当市ほど重傷な橋にはお目にかかれなかった。いま我々が一番頭を痛めているのは、橋梁を初めとする道路の維持補修である。

これらには莫大な補修費がかかるばかりでなく、補修中の経済的な損失を見積もると、思うように事業を進めることができない。また技術者も少なく、とても手が回らないのが現状である。

② 過去から現在に至るまで、アメリカは外見ばかりを気にしすぎて、見た目の「かっこ良さ」に注意を払ってきた。事業の執行に際しても、経済性が優先され、機能面や耐久面での検討が十分になされないで、エンジニアリングが軽視された面があった。現在ニューヨーク市は、財政難から技術者の補充も思うようにゆかず、その数も質も低下してきている。

日本の行政者は、橋のことは土木技術者に聞くであろうが、ニューヨーク市では科学的な判断が必要な場合でも、橋の専門家以外の経済専門家に聞いて、まず経済的な判断をしてしまうケースが多い。これは大きな問題である。

## 2.2 Williamsburg 橋の改造と補修

### (1) 概要と現況

本橋はLeffert L.Buckの設計によるもので、世界最初の鋼製の塔を用いた吊橋として有名である。補剛桁の主構高さが大きく、全体的に重苦しい感じがする。Brooklyn橋が1883年に建設され、その数年後に全ての面においてBrooklyn橋を意識しながら計画が進められた。

建設スローガンが「Longer, Cheaper and Half of the Time」であったことから窺えるが、本橋の中央径間は488mであり、Brooklyn橋より僅かに2m長いだけで当時は世界一長い吊橋ということになった。

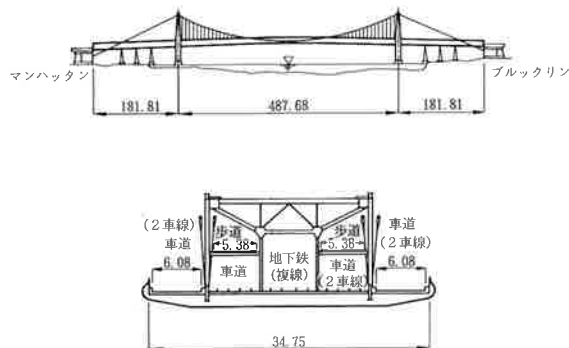


図-2 Williamsburg 橋

架橋地点	N.Y.市イースト河口から3番目の橋
形式	ストレートバックステー2ヒンジ吊橋
完成年度	1903年
スパン	182 + 488 + 182m
ケーブル	φ 476mm (φ 18¾in.) × 4本/橋
素線数	208 <sup>ply</sup> × 37 <sup>strand</sup> = 7696本/ケーブル
	素線は亜鉛メッキされておらず、代わりに亜麻仁油と黒鉛の混合物を塗布

ラッピングワイヤー 亜鉛メッキ処理

メインケーブルの素線はメッキされていないが、ラッピングワイヤーがメッキされていたために、電気的化学反应が生じ、メインケーブルの腐食が進んだ。そして、腐食した部分からの浸食が進んだ結果、アンカレッジ内部にまでも雨水が侵入し、腐食による素線の破断が発生している。

これらの現象に対処するために、1987年8月にTAC (Technical Advisory Committee) が設立された。この日の説明役であるMr. Schwartz が、その委員長に任命された。

委員会活動は約10カ月間ケーブルに対する各種の調査や実験を行い、次の結論を得た。

- ① アンカレッジの最小安全率は3.5 であるが、これは全素線数 7696 本のうち 500本が破断した時でも確保される安全率である。現在アンカレッジの内部で破断しているワイヤーを補修すれば、4.0 以上の安全率が確保できる。
- ② ラッピングワイヤーの安全率は3.4 確保されており、これはアメリカの最近の設計仕様に定められている2.5 をかなり上まわっている。



写真-3 メインケーブルの補修

③ 今回の調査から総合的に判断すると、建設当時メインケーブルの安全率は4.0以上あったが、現在は3.7である。このまま放置すると、100年後には2.3まで低下することが予測される。

(2) アプローチ部の現況

アプローチ部は鉄桁であるが、腐食が激しく各所に断面欠損が生じている。ひどい箇所では、この4年間に1/4 in. (約6mm) も腐食が進行している場所さえもある。ウェブおよびフランジで腐食によって孔のあいてしまっているところが、全橋で400以上もある。

また、可動部は錆びて動かなくなってしまう、温度変化による主構造の伸縮が軸力として橋台に伝わり、大きなクラックが生じている。

別の箇所では、下を通る街路の舗装を無計画に繰り返し施工したために、建築限界を確保できなくなった。そのため、下側の街路を通行したトラックがアプローチ橋梁の主桁に接触し、主桁下フランジとウェブが大きくはみ出したような形状になっていた。このような部分でさえも、角材で一時的な支保工がなされているだけで放置されている。



写真-4 アプローチ橋台のクラック

(3) 国際コンペによる架け替え案

TACの調査と同時に、ニューヨーク市およびニューヨーク州では、広く世界的に新橋の設計案を募集した。1988年3月の締切りまでに、全部で25案が寄せられた。応募されたもののうち、大部分は斜張橋で、吊橋、カンチレバートラス、複合アーチ、トンネル等の案があった。

(4) 改造と補修の結論

架け替え案、補修案をまとめると表-2のようになる。

多数の調査と比較案を検討した結果、TACは吊橋メインケーブルおよび主構造の改造と補修、そして、アプローチ橋梁の架け替えをニューヨーク市に提案した。

表-2 比較案

方 法	費用 (万ドル)	工期 (年)
架け替え案	725~875	10~12
全橋補強	300	6~7
アプローチ部は架け替え 吊橋は補強	350	6~7

この案によれば、財政的には大都市としては、負担に耐えられる範囲内であり、マンハッタン島およびその周辺の人々の経済活動にさほど大きな支障をきたすことなく施工することが、技術的に可能である。

これ以下の不十分な投資では、橋の寿命を危うくすることになるという結論を出した。これを受けて、ニューヨーク市長はこの案の実施を承認した。

3. マンハッタン島周辺の橋

視察第6日目(10/28)は、午前中のニューヨーク市交通局訪問に続いて、午後は13時30分出航予定のマンハッタン島巡り観光船「Circle Line」によって、ニューヨークの橋梁を見学するというスケジュールである。

昨日までの好天とはうって変わり、今にも雨が降り出しそうな空模様で、気温も低く、Sightseeingとしてはあまりいいコンディションとはいいがたい天候であった。しかしながら、天気は文句ばかりも言っておれないので、視察団一行はたっぷりと写真撮影用のフィルムを用意して観光船に乗り込んだ。

ニューヨーク市のマンハッタン島は、図-3に示すようにハドソン河とイースト河およびハーレム河に囲まれている。

観光船「Circle Line」は、マンハッタン島内のPier83を定刻よりやや遅れて出航し、全行程約3時間の島巡りを開始した。船はまずハドソン河口に向けて南行し、自由の女神(State of Liberty)をめ



写真-5 観光船サークルライン

ざした。リバティ島で向きを東にかえる頃には、翌日見学することになっている Verrazano Narrows 橋の優美な全景が見え、右側方には Bayonne 橋の雄大なアーチが、もやの中に霞んで眺望することができた。この頃には雨足が強くなりはじめ、写真撮影はどちらの橋も翌日まで持ち越すことにした。

船は向きを180度反転させ、イースト河を上流に向かって航行を始めた。このポイントからはニューヨークの観光名所の数々が一望できる素晴らしい場所である。まず後方には、先ほど通過した State of Liberty と Verrazano Narrows 橋が見え、前方には、世界一の高さを誇る World Trade Building や Empire State Building がそびえ立っている。さらに右前方には、これから我々がその下を通り過ぎようとしている Brooklyn 橋と Manhattan 橋が見え、揃って「WELCOME」と言って歓迎してくれているように感じられた。

まもなく、石造りの主塔に支えられ、Stay と Suspenders が重なりあって重厚な感じのする Brooklyn 橋の下を、観光船が通り過ぎたと思うやいなや、すぐに Manhattan 橋の下を通過してしまった。

写真ばかりに気をとられて、肝心の橋を見るのを忘れてしまっただけは何にもならないと思直し、以後は出来るだけ写真撮影を少なくして、心の中に焼き付けることにした。そうしてみると、今度は橋の方から語りかけてくるような気がして、橋を鑑賞する余裕が出てきた。

いま通過した Manhattan 橋は、この前後にある Brooklyn 橋や Williamsburg 橋などと同じ年代の完成でありながら、その外観には非常な違いがある。他の2橋に比べて、この橋が一番すっきりしていて、近代吊橋としての外観を呈しているように思われた。

Manhattan 橋に続いて、午前中に訪問したニューヨーク市交通局で話題にあがった Williamsburg 橋が見えだした。心なしか、重い病を患い長期療養中の重症患者というような感じがした。補修用のネットや足場など、老朽化していく社会資本の維持管理の大変さが、ひしひしと伝わってくるような気がした。

次にあらわれたのは Queensboro 橋であり、ここはケネディー空港からニューヨークに入るときに渡った最初の橋でもあるので、なんとなく懐かしいような気がした。この橋の横には、マンハッタン島とルーズベルト島との間をつなぐ Tramway としてのロープウェイが運行されている。幸いにも観光船が橋の下を通過中にロープウェイが通りかかり、橋とロープウェイを同時に一枚の写真に納めることができた。

まもなく左側に、Grace Mansion と呼ばれるニューヨーク市長官舎が見えてきた。日本ではマンシ

ョンと呼ばれる住宅は多いが、「本当のマンションとはこんなのを言うのだぞ」といったげに、深い緑の森に包まれて威厳を呈していた。

この辺りから川幅は狭くなり、ハーレム河をさかのぼることになる。やがて、ライトバイオレット色の塔と黄色の橋桁を有する、Wards Island 橋が姿をあらわした。この橋は中央径間が300 ft. (約100 m) の昇開橋であり、人道橋ではあるが世界一を誇っている。

ハーレム河は、長さ約10km弱の間に、17橋ものいろいろな形式の橋が架けられており、まるで橋の教科書でも見ているような感じがある。

連続して架けられているアーチ橋で、High 橋は3ヒンジアーチ橋、Alexander Hamilton 橋は固定アーチ橋、さらに続いて目の前に現れる Washington 橋は2ヒンジアーチ橋である。これらの橋の前後には昇開橋や旋回橋などが、これでもかこれでもか、という感じで眼前に現れてくる。

この頃には、時計の針もいつの間にか午後3時を過ぎており、次から次へと現れる橋の眺めに気を取られていたが、疲れと寒さで体が冷えきってしまったことにやっと気がつき、船室に入り熱いコーヒを一杯飲んだ。腹の中まで暖めてくれる美味しいコ

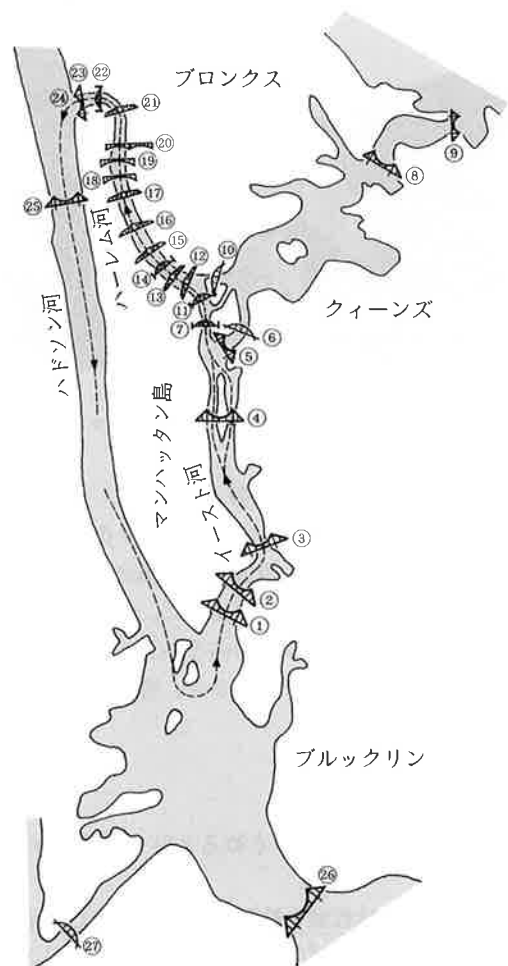


図-3 マンハッタン島周辺の橋

ーヒであったが、ふっと外をみると、あの有名な Henry Hudson 橋の美しいアーチが目に入り、また、あわててデッキへかけのぼった。この橋は D.B. Steinman の設計になる美しい橋であり、是非この目でみておきたいと思っていた橋のうちの1つであった。

船はやがて再び河幅の広いハドソン河に出てから向きを南に変えて、スタート地点に向けて帰路についた。最後の橋である George Washington 橋が見えだす頃には、辺りは夕闇が立ちこめ、十分橋を堪能した仲間と話をしている間に船は出発地点の Pier83 に到着して、「Circle Line」の楽しかった旅の幕は降りた。

表-3 マンハッタン島周辺の橋

NO	橋名	形式	建設	備考
1	Brooklyn	Suspension	1883	L=258+486+258 (m)
2	Manhattan	Suspension	1909	L=221+448+221
3	Williamsburg	Suspension	1903	L=182+488+182
4	Queensboro	Cantilever Truss	1909	L=143+360+192+300
5	Triborough (East)	Suspension	1936	L=215+421+215
6	Hell Gate	Arch (Rail)	1916	L=298
7	Wards Island	Lift	1951	
8	Bronx-Whitestone	Suspension	1959	L=224+701+224
9	Throgs-Neck	Suspension	1961	L=169+549+169
10	Triborough (Bronx)	Truss	1936	L=117
11	Triborough (Harlem)	Lift	1936	L=105
12	Willis-Ave.	Swing (Truss)	1901	L=979
13	3rd. Av.	Swing (Truss)	1898	L=853
14	Pan-Central RR	Lift (Rail)		
15	Madison	Swing (Truss)	1910	L=579
16	14th. Street	Swing (Truss)	1905	L=489
17	Macombs Dam	Swing (Truss)	1895	L=774
18	High	Arch (3桁)	1927	
19	Alexander Hamilton	Arch (固定)		L=155
20	Washington	Arch (2桁)	1989	L=155
21	207th. Street	Swing (Truss)	1908	
22	225th. Street	Lift (Truss)	1905	
23	Henry Hudson	Arch	1936	L=244
24	Spuyten Duyvil	Swing		廃 棄
25	George Washington	Suspension	1931	L=186+1067+198
26	Verrazano Narrows	Suspension	1964	L=370+1298+370
27	Bayonne	Arch	1931	L=511

おわりに

今回の視察旅行に参加して、アメリカの自由な気風に触れる機会を持つことができ、自分の人生にとって大きな刺激を受けたように思う。

例えば、国の恥といえるような社会資本の維持管理の悪さを学ぼうとする者には門戸を開放してくれる心の広さ、見知らぬ他人にも話しかけて知り合いになろうとする積極性など、数え上げれば切りがない。

ASCE大会で、昼間は喧嘩のような激論を交わしていた同士が（議論の内容がよく理解できないのでそう思っただけかもしれないが？）夜のパーティではうって変わったなごやかさ、それも夫婦同伴で楽しんでいた。なかには、少しばかりのアルコールではしゃぎ過ぎ、夫人に窘められている世界的に著名な教授の姿も拝見できたりで、ほほえましく好感がもてた。人生を楽しもうとする姿勢に感動さえ覚えた。

この旅行でひとかたならぬお世話を頂いた伊藤団長、三木副団長をはじめ同行の皆様方に楽しく有意義な日々をすごさせていただいたことを感謝します。また、会社と職場の皆様方には、毎日忙しさに追い立てられている中であって、このような貴重な体験の機会を与えて下さったことを感謝します。