

米国研修旅行記

森本 喜典¹⁾

本文は、浅学な筆者が、大阪大学堀川助教授を団長とする米国研修旅行に参加し、ここで見聞きしたことを書き連ねたものである。

国際化した現在、アメリカの橋梁といっても特にめずらしいものではないかもしれないが、経験の浅い私にとっては、話に聞いたものを実際に見るといっただけで十分な刺激となった。7日間という短い期間ではあったが、その間にサンフランシスコ、シカゴ、ツーソンを訪問し、私の感じたことを以下に記す。読む人にとって何かの参考になれば幸いである。

はじめに

盆休み、正月休みと並ぶ大型連休である五月始めのゴールデンウィークを目前に控えた1986年4月25日、大阪大学堀川助教授を団長とする鋼構造製作技術研究会、米国研修旅行団一行13名は、大阪国際空港に集合した。

数名の渡米、滞在経験者を除き、私を含めた大部分の団員にとっては初めての渡米という、米国研修旅行団という名にふさわしいメンバーが、不安と期待とを持って出発ロビーで、ユナイテッド航空US 810便の搭乗案内を待っていた。そこへ突然のキャンセル案内。我々はその夜航空会社手配のホテルで一泊し、とんだ前夜祭で研修旅行は幕をあけた。

この研修旅行のテーマは「アメリカに学ぶものはほんとうにないのか？」である。そしてこのテーマについては「事前に研究会で調査した米国の研究機関の中から、次の3箇所を選定し、主として米国における鋼構造物の最近の話題を聴聞できる人を訪問し、直接ディスカッションを交わすことにより、団員それぞれがアメリカから何を学びとるか考えてもらうことにした」と公式の報告書に述べられている。訪問先の第1は北部のミシガン湖に隣接するシカゴ市内にあるAISC本部、第2は、南部メキシコ国境に近いツーソン市近郊にあるアリゾナ大学、そして第3は、アメリカ西海岸の臨海都市サンフランシスコにあるゴールデンゲート橋維持管理事務所である。

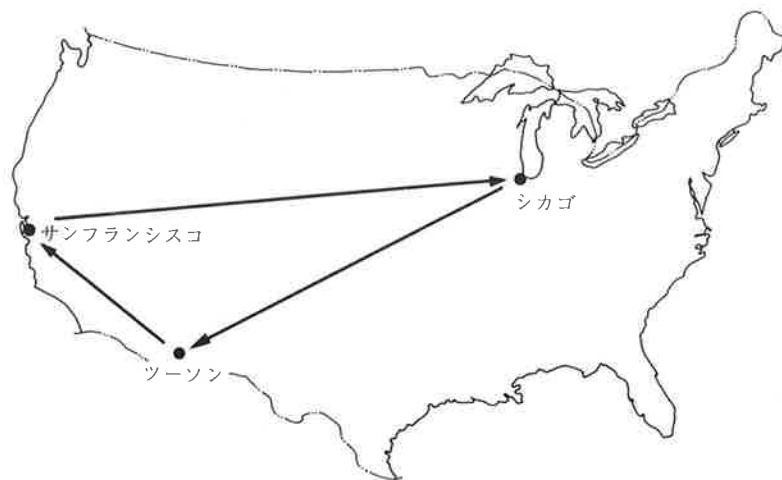


図-1 旅 程

1) 大阪工場橋梁課係長

団員の中で最年少である私は、この大テーマにめげながら、金魚の糞の如くせいっぱいみんなについていくのがやっとなのであった。図-1に訪問地の概略図を、表-1に研修団の旅程を示す。なお、鋼構造製作技術研究会(Study Group on Steel Construction)とは、やはり公式報告書から引用すれば、関西道路研究会道路橋調査研究委員会に昭和56年から60年にわたって設置されていた限界状態設計法研究委員会鋼材製作専門研究会が解散するにあたり、工場製作に携わる技術者の交流の場の少ないことを考え発足した、いわば同窓会のような勉強会”である。

表-1 旅程

月日(曜)	天候	時刻	目 程
4月25日(金)	晴	14:00	大阪空港集合
		15:55	ユナイテッド航空UA810便にて出発予定であったが、エンジン故障のため出発は翌日に延期
		19:30	大阪ロイヤルホテル着 (ロイヤルホテル泊)
4月26日(土)	晴	11:00	ホテル発
		11:30	大阪空港着
		13:15	ユナイテッド航空UA810便にて大阪空港発
		国際日付変更線通過	
		7:00	サンフランシスコ空港着
		8:00	マイクロバスにてサンフランシスコ近郊の橋梁見学 (サンマテオ橋、ベイブリッジ、リッチモンド・サンラファエル橋、ゴールデンゲート橋)
		15:00	ビバリープラザホテル着
		16:00	サンフランシスコ港見学
		18:00	ホテル着 (ビバリープラザホテル泊)
		4月27日(日)	晴後曇
10:05	ユナイテッド航空UA126便にてサンフランシスコ発シカゴへ		
15:00	シカゴ着		
16:30	パルマーホテル着		
18:00	ジュリチャー氏と懇談 ジュリチャー氏の案内でシカゴ市内見学 (パルマーホテル泊)		
4月28日(月)	曇時々雨	9:00	アメリカ鋼構造協会(AISC)訪問 AISCよりチャールズ・バシェック ロバート・ディスク フレッド・ベックマンの3氏出席 ジュリチャー氏同席
		13:00	AISC退出
		14:00	ジュリチャー氏の案内でシカゴ市内Sears Tower 見学 (パルマーホテル泊)
4月29日(火)	晴	8:00	ホテル出発
		10:00	ユナイテッド航空UA257便にてシカゴ発ツーソンへ
		13:00	ツーソン空港着
		13:30	ハイウェイハウスホテル着
		19:00	アリゾナ州立大学、フホープデ教授と懇談 ジュリチャー氏同席 (ハイウェイハウスホテル泊)
4月30日(水)	晴	9:00	ハイウェイハウスホテル出発
		10:00	アリゾナ州立大学フホープデ教授訪問 ジュリチャー氏同席
		13:00	アリゾナ州立大学退出
		14:00	ツーソン空港にて解散 各自自由行動
5月1日(木)	曇	13:00	サンフランシスコ空港集合
		14:00	ゴールデンゲート橋維持管理事務所を訪問 デニール・E・モーン氏よりゴールデンゲート橋の歴史及び現在の維持管理状態について説明を聞く。途中、カナダの学生と同席する。 説明後、ゴールデンゲート橋を徒歩で渡る。
		17:00	ビバリープラザホテル着 (ビバリープラザホテル泊)
5月2日(金)	曇	12:00	ホテル出発
		14:25	ユナイテッド航空UA809便にてサンフランシスコ発 大阪へ 国際日付変更線通過
5月3日(土)	雨	18:00	大阪空港着。解散。

1. サンフランシスコ周辺の橋梁

仕切直しの4月26日、我々を乗せたUA810は、午後1時45分に大阪を出発し、日付変更線をこえて4月26日早朝にサンフランシスコに到着した。本来、第1日目はゴールデンゲート橋維持管理事務所を訪問する予定であったが、上記の事情により、これを最終日に回し、第2日目の予定のサンフランシスコ周辺の橋梁の見学から研修旅行は始まった。サンフランシスコにおける見学コースは、図-2に示す通りであった。

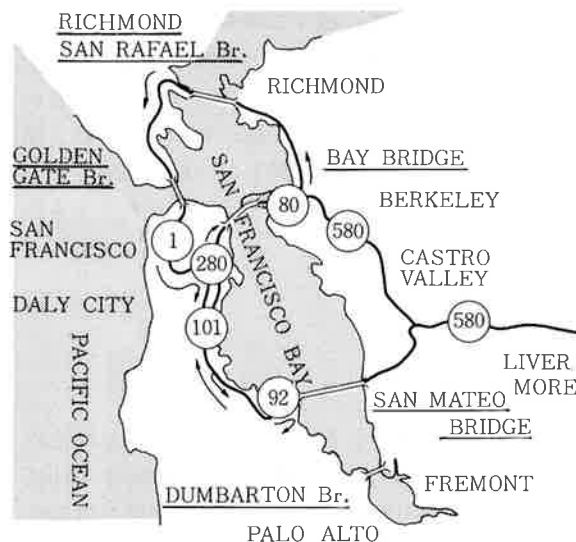


図-2 サンフランシスコ周辺の橋梁

(1) サン・マテオ橋

まず第一に訪れた橋梁は、サン・マテオ橋である。時差の関係で、眠い目をこすりながら、それでも強い陽射しでさわやかな気分で、この橋梁をゆっくり見学した。その全景を写真-1に示す。遠目には、その色彩からコンクリート橋かと思ったが、近くで見ると、2BOXの鋼製箱桁であった。橋長は23kmに及ぶという。写真-2に、その中央区間付近を下から見上げた状況を示す。この橋の現場接合部は、写真-3に見る様に、日本ではほとんどみられない吊構造となっており、斜めに切り込まれたウェブはボルトでカバープレートがつけられていた。このため、一見連続桁のように見え、外観的にはすっきりしたものになっている。しかし素人目には、この構造で大丈夫かという不安感をいだかせるものであった。

その他この橋梁について気付いたことを二、三述べる。まず、写真-2および写真-4に見られるように点検補修用作業車が下面に設けられていたが、それは、見るからに簡単な構造で、我国の本四連絡橋のようなりっぱなものではなかった。しかし、実際にさかんに使用されているようであり、また、コンパクトに橋梁に納まっており、実用的なものである

との印象を受けた。費用のかからない作業車を、多くの橋梁に設けることは、今後の橋梁の維持、補修



写真-1 サンマテオ橋全景



写真-2 サンマテオ橋中央付近



写真-3 ジョイント部



写真-4 内面作業車

の問題を考えると、真剣に考えていく必要があることであると思われる。次に路面排水についてであるが、この橋梁には排水管というものが見られなかった。よく見ると、地覆部のすき間からたれ流しのようである。このすき間から下へアキカン等が落下すれば、我国では問題になるところであり、考え方のちがいを感じさせられた。なお、この様な形式は、後に述べる橋梁でも多く見られた。

(2) オークランドベイブリッジ

次に見学した橋梁は、サンフランシスコとオークランドを結ぶ、オークランドベイブリッジである。この橋梁は、途中に人工島がつくられ、サンフランシスコ側が双子の吊橋、オークランド側がトラス橋である。全景を写真-5および写真-6に示す。

この橋梁は上下二段のダブルデッキ構造で、上段はサンフランシスコへ入るときに、下段はサンフランシスコから出るときに利用され、料金所は上段のみにあるので、サンフランシスコから出るときは無料である。これは、橋を通過して出ていった車のほとんどがまた戻ってくるという調査結果からとられた措置だそうで、人件費の節約となり、有効な考え方だと思った。

双子の吊橋やトラス橋が連なる風景はなかなか壮大なものであった。これを見ると、現在建設中の本四連絡橋の南北備讃瀬戸大橋等の児島一坂出ルート



写真-5 ベイブリッジ(サンフランシスコ側)



写真-6 ベイブリッジ(オークランド側)

を思い出すが、ここの風景と同じように壮大なものになるだろうと、その時が楽しみである。

(3) リッチモンド・サンラファエルブリッジ

オークランドベイブリッジをオークランド市の方へ抜け、カリフォルニア大学のあるバークレー市などを通り、次に、リッチモンド・サンラファエルブリッジを見学した。その全景を写真-7に示す。この橋は、航路となる部分を2ヶ所高くあげ、トラス構造としたものであるが、写真に見るように、その中間部は垂れ下った縦断がつけられている。何もこのようにややこしい縦断をつけずに真直ぐにしたらいいのと思うが、脚の重量の低減の目的のためだろうか？

この橋を渡ってみるとやはり写真-8のように、地覆と路面との間にすき間があった。本当にアキカンの落下は心配ないのだろうか。それとも、道路に物を捨てる不心得者はアメリカにはいないのだろうか。

この他、市街地を通り抜けるとき、多くの高架橋等を見たが、気をついたことをあげると、例えば、落橋防止にワイヤが用いられていたこと。コンクリート橋の建設に、木製の足場・型枠などが使用されていたことなどである。また、高速道路の広さなど、さすがに車社会の国であることを実感させられた。なお、この日、ゴールデンゲート橋にも立ち寄ったが、ここは、最終日再び訪れてじっくり見たので、



写真-7 リッチモンド・サンラファエル橋

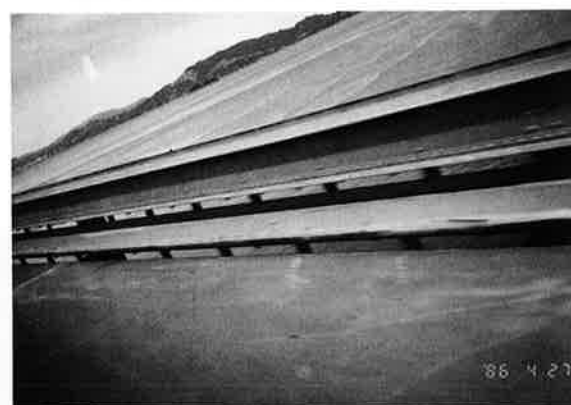


写真-8 地覆部

その時の状況を後述する。

2. シカゴAISC

次の日はシカゴへの移動日である。アメリカでは4月の第4日曜日からサマータイムが始まり、なおかつ、サンフランシスコとシカゴの時差が2時間あり計3時間時計を進めた。先日からの時差ボケとこの日の時差で、完全に時間感覚が狂ってしまった一日であった。

4月28日はあいにく小雨ではあったが、シカゴの街中を歩いて、AISCの事務所を訪れた。ここでのディスクッションでは、AISCの品質認定制度、橋梁のメンテナンスについて、などが、英語のできる人の中で活発に意見の交換があった。AISCの工場認定制度は1975年に発足して以来、150の工場が認定されており、日本では3事業所、その他の国で2事業所、残りが米国の工場である。この認定制度の目的は「この制度によって認定を受けた鉄骨加工工場が、認定された鉄骨加工作業分野において所要品質の製品を加工するに必要な人員・組織・経験・手順・知識・機器・能力および責任遂行力を有することを建設業界に対して確認することにある。しかし、この制度は個々のプロジェクトにおいて製品の品質を検査したり、あるいは判定したりすることまで含めようとするものではなく、また特定の加工品の品質までも保証しようとするものではない」としている。

一方、橋梁のメンテナンスについて、次のような話があり、おもしろいと思った。「アメリカの多くの州では、現在耐候性鋼材の使用を控えて模様ながめをしている。この理由のひとつは凍結防止のために使用する塩分による腐食の問題、もうひとつは非常に少数意見ではあるが、耐候性鋼材が疲労に弱いという人がいる。但しニューヨーク州、オハイオ州では今だに耐候性鋼を使用した橋梁を建設している。この様な問題の対策として耐候性鋼では、伸縮継手を減らすため連続橋を採用し、また伸縮継手の周囲を塗装するなどの対策を実施した例もある。」

このことは、今後日本でメンテナンスフリーの橋梁として注目されている裸仕様の耐候性橋梁を建設していくうえで覚えていなければならない問題だと考えられる。

AISCの訪問の後、予定ではバスでシカゴ市内の観光となっていたが、時間がずれ込み、キャンセルとなってしまった。それで、ジュリチャー氏の案内で、シカゴ市内を歩き、世界最高の建物であるシアーズタワーに登ることになった。シカゴのビルは写真-9に見るように、なかなか古風なデザインのものが多かった。写真-10はシアーズタワーの103階の展望台から見たミシガン湖を望む風景である。ちなみに、

シアーズタワーは110階建てで高さが443mである。

その他、シカゴ市内でみた二、三の風景を紹介する。写真-11はシカゴ市内の橋梁で、写真-12はその伸縮継手部である。このちょっとした状況からもアメリカの橋梁がメンテナンスの必要にせまられていることがわかれると思う。写真-13、14は地下鉄の駅とその高架である。歴史が感じられるところである。

なお、AISCの事務所を訪れた際「Steel Bridges' The Best of Current Practice」というパンフレットを入手した。この資料には米国における最近の鋼橋について、設計・製作・架設・施工例などの技術的な話題が盛られているということで、浅学ながら私のところに訳がまわってきた。帰国後、堀川先生をはじめいろいろな方々の助けをかりながら、とにかく訳すことができた。SGSCのLibrary No.2としてまとめられているので参考にしていただければ幸いである。本文の末尾にその目次を載せておく。



写真-11 シカゴ市内の橋梁



写真-12 伸縮継手部



写真-9 シカゴ市内のビル



写真-13 地下鉄の駅



写真-10 シアーズタワーよりミシガン湖を望む



写真-14 地下鉄の高架

3. ツーソン・アリゾナ大学

強い陽射しのなか、ノーネクタイでOKだと配慮いただいた Reider Bjorhovde 教授のおられるアリゾナ大学土木工学科を訪れた。(写真-15)



写真-15 アリゾナ大学

ここでは図-3に示すような建築物のトラス構造の屋根に用いられた極厚H鋼に発生した割れの事例を中心に、ディスカッションが行われた。割れの状況は

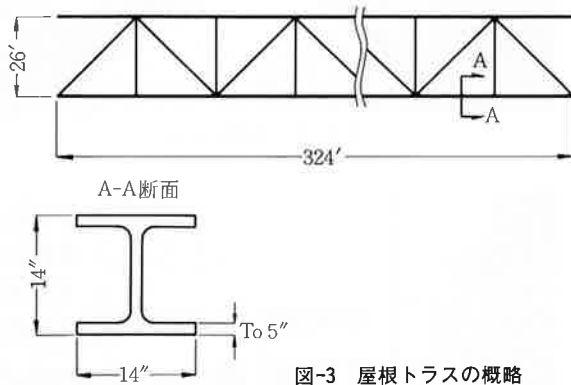


図-3 屋根トラスの概略

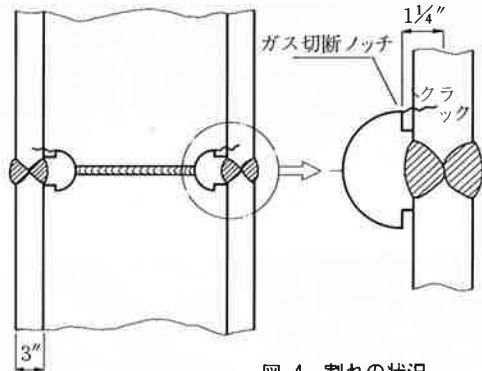


図-4 割れの状況

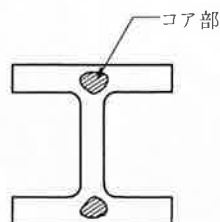


図-5 形鋼の断面

図-4に示すように、少し特異なスカラップの切欠きのところに発生したガス切断ノッチから、H鋼のフランジへ亀裂が発生している。また、この材料の図-5に示すコア部の炭素当量が 0.55~0.66 で、コア部以外の0.44程度に比べて大きな値であったそうである。この事例をもとに、材料の品質管理の問題・施工上の問題等について、日米の考え方の相違点などが議論された。

また、この他にオーバーサイズホールについて、またHTBのガス孔、接合のディテイルの問題についてなどが話題にのぼった。

このツーソンから再びサンフランシスコへ戻る途中に、上空からフーバーダムを見ることができた。(写真-16) グランドキャニオンから流れ出る水をせき止め、土砂をも止めている。有効貯水量は400億m³、最大発電能力は132万KWだそうである。このダムのため、コロラド川のたい積土砂によって保護されていた河口の低地帯は、土砂の供給がないため、しだいに海水に侵され、ダム完成後5年で、カリフォルニア湾の突端は25kmも陸地へ進入したそうである。この川の上流のグランドキャニオンの景観とともに自然の力の大きさを感じさせるところである。



写真-16 フーバーダム

4. ふたたびサンフランシスコ

ゴールドゲート橋

予定では初日に訪れることになっていたゴールドゲート橋維持管理事務所は、当研修旅行訪問地の締めくくりとなった。橋梁に関係する者なら誰でも知っているこの橋を実際に見るといのは、いささかの感激であった。管理事務所では、やはり見学者が多いせいか、討論というよりは専ら説明を聞くという感が強かった。現に我々が訪れたときもカナダの学生と同席となり、いっしょに説明を受けたものであった。ここでの話題は、床版の架け替え工事と補修に関することが中心であった。架け替え工事の概要は次のとおりである。

まず工場で鋼床版パネル(20ton程度)を製作し、アスファルト舗装までする。そして片側ずつ通行規制しながら、トラッククレーンにより架設する。というものである。見せてもらったビデオでは、既設の床版はリベットをガス切断して縦桁ごとはずしていた。

1937年に完成したこの橋梁が50年近くたった今、このような大規模な補修が行なわれながらもその機能を十分維持しているのを見るにつけ、メタルの橋梁に対する点検・維持補修がいかに重要であるかがよくわかった。

管理事務所を出たあと、我々は歩いてゴールデンゲートを渡り、じっくりとこの橋梁を見た。まず最初に目についたのは、中央分離帯がないことである。

(写真-18)、通行量によって上り下りの車線数をかえることにより、限られた幅員を有効に利用するシステムになっている。バイパスのない橋梁では、将来の交通量の増加に対応する手段として、最初から中央分離帯を設けない橋というのもっと建設されてよいのではないだろうか。日本の本四連絡橋は全て中央分離帯があるが、これは少々の渋滞は生じても交通の安全を優先する日本人との国民性のちがいだろうか。

写真-19、20に点検補修用作業車を示す。専ら塗装工事に用いられているようであるが、比較的良好に目につき、また作業用のケーブル、機械関係が歩道上に放置されているところもあった。絶えず補修中という感じがした。写真-21は側縦桁の補修あとで



写真-17 ゴールデンゲート橋全景



写真-20 外面作業車



写真-18 中央分離帯のない道路部



写真-21 側縦桁の補修のあと



写真-19 ハンガーケーブルの作業車



写真-22 高欄

あるが簡単な当板ですませている。また写真—22は高欄の一部を示す。このように、機能上問題のないところは、外観を気にせず適当にすませているというのは、やはり国民性のちがいか、それともこの程度にしておかないときりがないためか、そのへんのところはよくわからない。たぶん両方だろうが。

おわりに

この研修旅行は、わずか7日間でアメリカを駆け回ったという感じではあったが、初めての渡米である私にとっては、全て目新しい体験であった。研修のテーマとしては「アメリカに学ぶものはほんとうにないのか？」であったが、私個人としてはアメリカの大陸的な空気にふれるだけでも十分に学ぶものがあつたと感じた。また、こまかいところは気にしない合理的な橋の設計、日本ではやっと本四連絡橋で見られるようになった長大吊橋が何十年も前に完成し、現在もその役目を立派に果していること、またその維持補修の状況など、橋梁の製作に関係している者としていろいろ勉強になった。

最後になったが、堀川先生、大村氏をはじめとする団員の方々、この研修旅行に参加させていただいた会社の関係各位に感謝してこの報告を終る。また、図や文章の一部を米国研修旅行団報告書“米国に学ぶもの”より引用させていただいたことを付け加えておく。

付録—AISC Steel Bridges

The Best of Current Practice の目次

- 米国における最近の鋼橋の動静
- 橋梁の建設における鋼材の有利性
- プレートガーダーとH形鋼を用いた橋梁
 - 桁数の削減
 - 負方向への曲げにおける合成作用
 - 風荷重のための横構の除去
 - 鋼材の発達
 - 発達した支承
 - 継目のない橋
 - クリアランスを減らすための一体形の橋脚上部構造
 - プレキャスト・プレストレス床版
 - 大きな横分配
 - 短いスパンの橋梁
 - 簡単な構造
 - 経済的な製作および架設
 - 曲線ガーダー橋
- 箱 桁
- ケーブルストレス鋼橋
 - Bonnars Ferry 橋
- 斜 張 橋
 - ケーブル
 - 定 着
 - Luling-Destrehan 橋
 - Weirton-Steubenville 橋
 - Annacis 橋
 - Quincy 橋
- トラス橋
 - 個々のトラス部材の経済性
 - Greater New Orleans 橋
 - Sewickley 橋
- 設計と評価方法
 - L F D
 - A S D
 - 横分配係数
 - コンピューター解析と設計
 - 確率論的手法
 - 疲労破壊
 - レダングンシイ
 - 新しい設計の考え方
 - Ontario Bridge Code
 - 曲 線 桁
- 参考文献
 - 参考文献
 - 図 集