

欧州長大橋調査団視察記

林 勝樹¹⁾

はじめに

本文は、第7回風工学国際会議への参加および欧州長大橋の設計法に関する調査団として、宮田团长（横浜国大教授）、岡内顧問（中央大教授）以下、総勢22名の一員として17日間にわたって西ドイツ、イタリア、イギリスの3国を訪問した記録である。

西ドイツは、20年程前には、橋梁技術においてただ教えを乞うだけの恩師であったが、現在では日本は、技術と実績において世界のトップレベルに勇躍し、師をしのぐように見うけられる。しかし、訪問した西ドイツは、粋を極めた達人のように、構造物と人との調和を目指して、まだまだ追い越せないものを感じた。

イタリアではメッシナ海峡連絡橋の早期着工にみなみならぬ熱意を示して、20世紀最大の遺産となる構造物はこれにするのだという意気込みが感じられた。

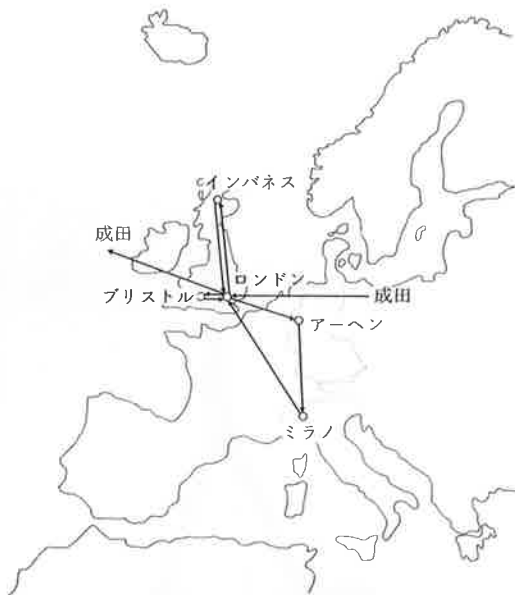


図-1 訪問地

イギリスでは、セバーン橋やハンバー橋に代表される箱断面補剛桁を有する吊橋を、世界の先駆けとして完成させ、その後色々な問題は生じたが、技術的根拠に基づく決断を下した事は世界の橋梁工学にとって大きな遺産であった。

いづれの国も、橋梁技術のみならず文化の面でも依然として日本の大先輩であり、まだまだ学ぶべき事の多さを感じさせられた。

表-1 旅 程

日次	月/日	発着地	備 考
1	7・14(土)	東京発 ロンドン着	移 動
2	7・15(日)	ロンドン発 デュッセルドルフ着 アーヘン着	移 動
3 } 7	7・6(月) } 7・10(金)	アーヘン	第7回風工学国際会議 ドイツ連邦道路試験所 Lebeck博士訪問 ライン川橋梁調査
8	7・11(土)	アーヘン発 デュッセルドルフ発 ミラノ着	移 動
9	7・12(日)	ミラノ	ミラノ市内構造物調査
10	7・13(月)	ミラノ	フィアット社風洞実験調査
11	7・14(火)	ミラノ	ミラノ工科大学 Diana教授訪問
12	7・15(水)	ミラノ発 ロンドン着	移 動
13	7・16(木)	ロンドン	ロンドン大学 Wyatt教授訪問
14	7・17(金)	ロンドン発 インバネス着 ロンドン着	ケソック橋調査
15	7・18(土)	ロンドン	セバーン橋調査
16	7・19(日)	ロンドン発	移 動
17	7・20(月)	東京着	移 動

1) 東京橋梁技術部 架設計画課課長



写真-1 ライン河畔にて Lebek 博士、伊藤教授と調査団

- ⑤ 耐風設計の方法論
- ⑥ 数値流体力学の適用事例
- ⑦ 対風挙動と風洞実験の関係

セッション 9

- ① 煙突の問題
- ② 塔状構造物の問題
- ③ 線状構造物の問題
- ④ ガスト応答問題
- ⑤ 風圧のガストファクター問題
- ⑥ 制振装置問題

1. 第7回風工学国際会議

国際会議は、西ドイツ、オランダと国境を接する古都アーヘンにて5日間にわたり開催された。アーヘンは絵にかいたような歴史都市であり、全てが悠悠として過ぎてゆくような街並である。

会議は24カ国、213名の参加者があり、そのうち日本は58名で国別では最大参加者数であった。会議は全て英語であり、論文発表は断片的にししか理解できなかったが、討論の場では激しい応酬があり身振り手振りで示されるので、比較的よく理解できた。今まで名前を見ただけの著名な Davenport 教授や Novak 教授なども数多くの質疑をされ、目の前で見る迫力には感動した。東大の伊藤教授も西ドイツ滞在中は終始我々調査団と共に過ごされて色々と教えを頂いた。また、次回の第8回風工学国際会議は、カナダのオンタリオ州ロンドンにて、Davenport教授を Chairman として開催されることに決定した。

今回の会議は、論文は10のセッションに分けて発表され、そのうちセッション4、セッション8、セッション9の3つが長大橋梁問題に関係している。

以下に各セッションの概要を示す。

セッション 4

- ① 構造減衰量等構造的な特性評価の問題
- ② 風による振動応答量の評価
- ③ 制振方法による問題
- ④ 常時振動の限度、使用性の問題
- ⑤ 耐風設計にエキスパートシステムを導入した事例
- ⑥ 風荷重コントロールの事例研究

セッション 8

- ① 乱流効果とその評価の問題
- ② 2次元3次元問題も含めた実橋応答評価と問題
- ③ 空力振動発生機構の問題
- ④ 耐風設計の実際

2. 西ドイツ

西ドイツでは、アーヘンでの国際会議のあい間に、ドイツ連邦道路研究所の Lebek 博士を訪問し、またライン川の橋梁群を見学した。

Lebek 博士は度々来日され、日本では非常に顔なじみで温厚な方である。博士による橋梁研究の主題は、コンクリートおよび鋼材表面の腐食であり実験は実際の橋梁の使用状態に近い環境下で行われている。耐候性鋼材は実験段階であり、実橋への応用は未だなされていないようだった。

またドイツでは、コンクリート橋と鋼橋との割合が9:1であるが、今後鋼橋の割合が増加するであろうとのことである。それは、コンクリート橋では拡幅や補強が困難であり、撤去に費用がかかり過ぎるとの理由である。

さらに橋梁設計は、「設計者は自分の為でなく、次の世代が見て素晴らしいと思うものを設計すべきである。心のこもった橋、心で計算した橋が理想である。」という博士の思想に、一同感動すら覚えた。

その後博士自身の運転によるマイカーに先導されてライン川の橋梁群を見学し、非常に親切な解説をして頂いた。



写真-2 Flehe 橋

① Flehe橋（デュッセルドルフ）

本橋は主径間（368m）が鋼桁、側径間と塔がコンクリート製の複合斜張橋で、現在では世界最大級のものである。なお最長ケーブルにおいて振動が発生したので、ダンパーを設置している。



写真-3 ケーブルダンパー

② Knie 橋（デュッセルドルフ）

ハープ式ケーブル2面をもち、主径間が319mの斜張橋であり、桁、塔ともに全てが現場溶接である。



写真-4 Knie 橋

③ Oberkassel 橋（デュッセルドルフ）

ハープ式ケーブル1面をもち、主径間が258mの道路鉄道併用の斜張橋である。側面的には Knie 橋とほぼ同一の形状であり、すぐ下流にある Theodor Heuese 橋と Knie 橋の3斜張橋の中では最も新しい橋梁である。Lebek 博士によると、この3斜張橋は家族構成をなすように設計したということである。

④ Hammer 橋（デュッセルドルフ）

本橋は主径間250mの補剛アーチを有する連続トラス橋であり、本年に完成したライン川では最も新しい橋梁である。本橋の特徴は、トラスとアーチを組み合わせたユニークな構造と、全溶接による鉄道橋ということである。

アーチはバスケットハンドル型であり、ハンガーによってトラス上弦材と連結されている。また、架設方法は、中間仮橋脚を利用して送り出しでトラスを架設した後、仮橋脚を解放しトラス上でアーチを架設しているため死荷重はトラスのみで抵抗し、活荷重のみ完成系で抵抗する設計となっている。全溶接ということで非常にすっきりした景観を持っているのが印象的であった。

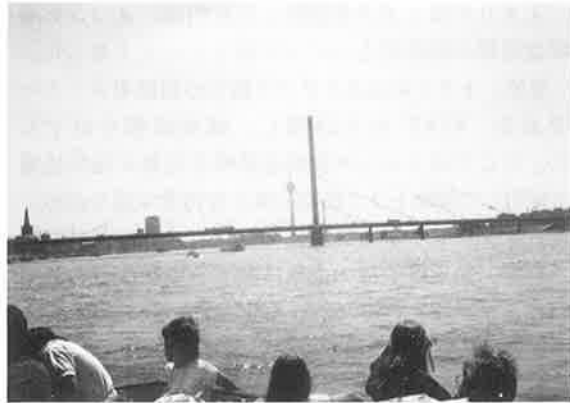


写真-5 Oberkassel 橋



写真-6 Hammer 橋

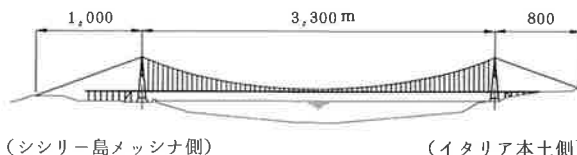
⑤ Hohenzollen 橋（ケルン）

有名なケルン大聖堂のすぐ近くに、ライン川の上流側から道路橋、鉄道橋、現在架設中の鉄道橋の3橋が並列している。3橋ともに戦災前の旧橋の形状を全く踏襲しており、架



写真-7 Hohenzollen 橋

設中の新橋は全溶接の鉄道橋である。最近のドイツの鋼橋は、鉄道橋においても全溶接が非常に多く、景観とメンテナンスに重点を置いた設計となっている。疲労に対しては「自信がある」ということであった。



(a) 一般側面図

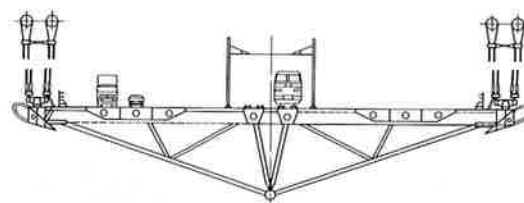
3. イタリア

イタリアのミラノを訪問した目的は、メッシナ海峡連絡橋の関係者とのディスカッションであった。

まず、トリノにあるイタリア最大の自動車メーカーである FIAT 社を訪問し、風洞設備を見学した。ここではメッシナ海峡連絡橋を対象に風洞設備を使用して補剛トラス模型に様々な角度で風を送り、オープングレーチング配置の確認、走行車輛に対する影響、暴風壁設置の効果に関する実験が行われていた。

自動車メーカーの風洞設備は規模が非常に大きい。それは、実際の車を実験対象としているため、風速も実際の風速を必要とし、橋梁における模型の縮尺率による風速の低減が出来ないからである。

翌日は、ミラノ工科大学の Diana 教授を訪問し、メッシナ海峡連絡橋の説明を受けた。メッシナ海峡連絡橋は図-3 に示すように、中央径間3,300m、塔高400m、デッキ幅54mで、明石海峡大橋をはるかに凌ぐ巨大構造物である。



(b) 標準断面図

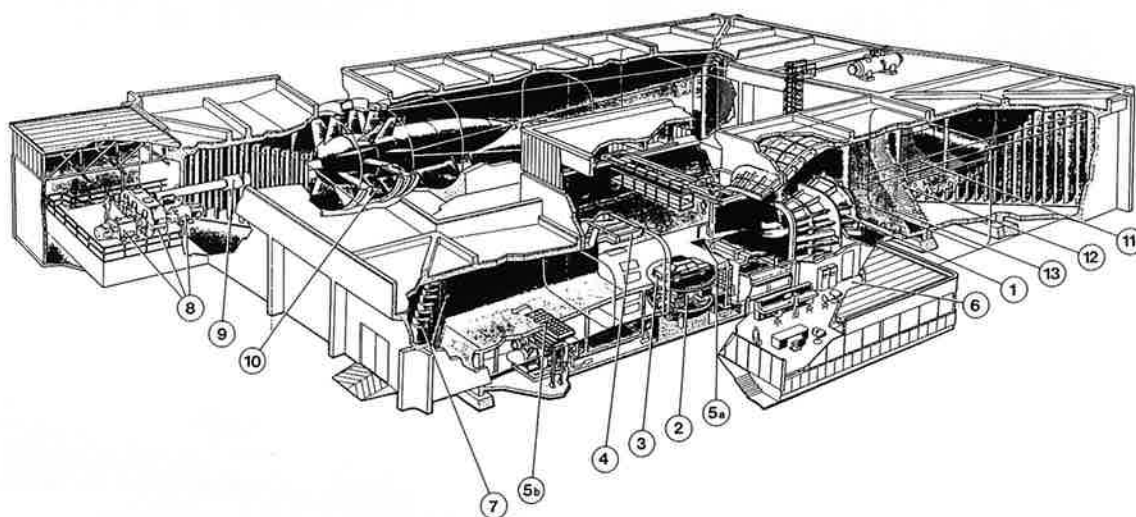
図-3 メッシナ海峡連絡橋 (案)

これはメッシナ海峡を渡る次の3案のうち最有力案であり、ほぼこの案に固まっているとの説明があった。

- ① 海底トンネル案
- ② 水中橋梁案
- ③ 橋梁案

ただ、補剛トラスは3角形で下面に横構を持たない振り剛性の非常に小さなトラスであり、振り安定性について質問したところ、振り剛性は必要ないとのことであった。

夕刻、メッシナ海峡公社の Gilardini 総裁から突然に、ミラノ市最高級のレストランに招待を受け歓待された。非常に印象的な一日であった。



Wind Tunnel

- 1 - Nozzle
- 2 - Six-component balance
- 3 - Full size vehicle
- 4 - Diffuser
- 5 - Boundary layer control system of suction panel by air re-inlet
- 6 - Control room

- 7 - Corner with flow straightening vanes
- 8 - Propulsion unit
- 9 - Propeller shaft casing protector
- 10 - Fan
- 11 - Heat exchanger
- 12 - Honeycomb flow straightener
- 13 - Turbulence screen



図-2 FIAT 社の風洞設備

4. イギリス

イギリスでは、ロンドンの宿舎を足がかりに、テムズ川の橋梁見学、スコットランド最北端のネス湖付近に架かる斜張橋であるケソック橋の見学、ウェールズとの州境のセバーン橋の見学を行なった。

① タワーブリッジ

本橋はテムズ川では最も河口に近い橋梁で非常に有名である。タワー内部には資料が陳列され、苦労して架設された模様を見ることが出来る。目の当りに側径間のチェーンの状況や開閉のメカニズムを見てみると、絵葉書で見たものとは違って、技術の粋を集めたものであるということを知ることが出来る。



写真-8 タワーブリッジ

② ケソック橋

ロンドンから空路インバネスへ、イギリスを南の端から北の端へ飛ぶと、有名なネス湖がある。その河口部にあるのがケソック橋である。

この橋梁は2主桁から成る鋼床版鋳桁を補剛桁とする斜張橋で、主径間240mのわりには非常に単純でスレンダーな構造である。ただ、完成間近の状態ですら風により大きな振動が発生し、急拠、主径間中央部にTMD (Tuned Mass Damper) を取り付けて振動を



写真-9 ケソック橋

抑えたものである。それゆえに風工学の研究者には世界的に有名になった橋梁である。



写真-10 TMD

③ セーバン橋

本橋はイングランドとウェールズとの州境に架かる箱断面補剛桁と斜めハンガーを有する吊橋である。

風対策を理論的に考慮した箱断面吊橋では世界で初めての決断によるものであるが、完成後に数々の問題点が発生した。それは、急激に増大した重車輛の交通量による耐荷力の問題であり、斜めハンガーの疲労強度の問題である。現在では、ほとんどのハンガーで定着部の補修が行なわれている。



写真-11 セーバン橋

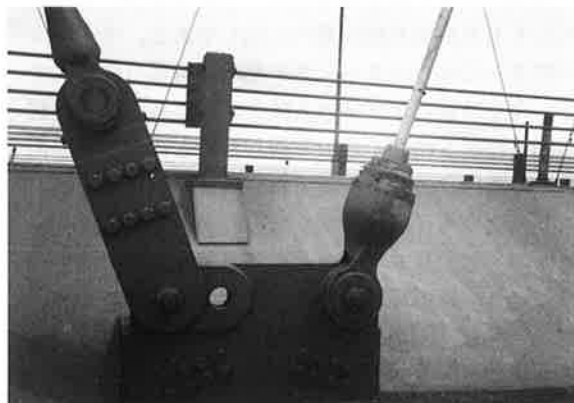


写真-12 ハンガー定着部の補修跡



写真-13 ハンガー定着部の補修跡

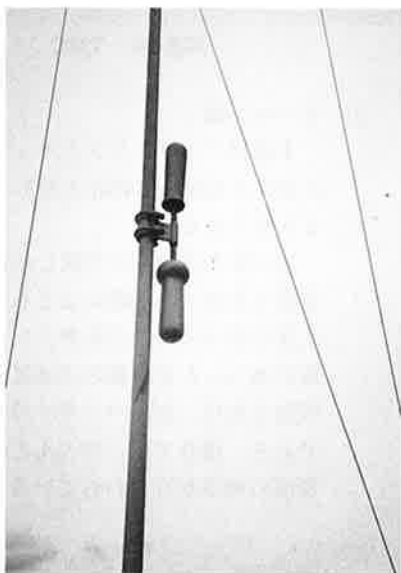


写真-14 ハンガーのダンパー

5. 雑記

今回の旅程ではほとんどが全員で行動する日程で詰まっています、個人でぶらつく時間は少なかったが、それでも時間と体力の続く限り足を棒にして動き回った。夏でもあり緯度の高さもあって、日照時間が異常に長く、ロンドンの日没は10時頃である。ロンドンには緯度にして樺太の中央部くらいであり、ミラノにしても北海道北端の稚内と同じである。インバネスに至ってはカムチャッカ半島の付根部分に位置する。東京は実はアフリカ大陸北部に位置する。睡眠時間はほぼ5時間くらいで通したことになる。やたらと歩き回り、バスや地下鉄や国鉄を乗り継いだ。大して必要もない道順をやたらと訪ねてみて、ブローケンイングリッシュの通用度を確認もした。

アーヘンは国境付近であり、ドイツ、ベルギー、オランダの3国を山の手線ですら1周するような気軽さで3時間程度で回ることが出来る。ただ国境を通過する度に車掌が変わり、言語も変わる。料金体系もよく理解できず、相当余分に支払ったような気がする。



写真-15 アーヘン市街

ドイツでは、あこがれのライン川下りをやりたかったが時間がなく、高速艇でライン川上りとなった。時速65kmで約4時間、ケルンからコブレンツ、ローレライを経て終点マインツまで200kmを上ったことになる。行き交う観光船は川の流りにまかせてゆったりと、皆でビールを飲んで日光浴をしている。多分途中で2泊くらいして、のんびり下って行くのであろう。それでもこの200kmは、ライン川の中流域のまたそのほんの一部であり、日本にはない大河の雄大さを思い知らされた。



写真-16 ライン川の船下り

またケルンにある大聖堂は約600年をかけて建造され、大陸の広さ、歴史の長さを思い知らされた。

イタリアでは、まず度肝を抜かれたのが、宿舎のまん前にあるミラノ中央駅である。ムッソリーニがイタリアの威信をかけて建造したヨーロッパ最大の駅舎である。現在では泥棒の巣窟になっているとのことで、駅舎に入る度に皆が泥棒に見えた。

ミラノの大聖堂も500年くらいをかけて建設された総大理石の建造物で、古き良き偉大なイタリアの根拠を見ることが出来る。



写真-17 ミラノ中央駅

ミラノのマリア・デレ・グラツィエ教会にある「最後の晩餐」はレオナルドダヴィンチの最大傑作である。15分だけしか観賞できないが、これが絵かと思う程に立体感があった。戦災でこの絵の壁一枚だけを残して建物が倒壊したことにより、神の啓示を受けたものとして、さらに神秘性を増している。

イタリアは改修好きである。古えの偉大なるローマへの郷愁か、街中のいたる所で建物や美術品の改修が行なわれている。新しいものへ脱皮しないこの国の頑固さが、現在の経済困窮につながっているような気がした。



写真-18 ゴーダ城



写真-19 ストーンヘンジ

ロンドンの中心はピカデリーサーカス。彼らはここを地球のへそと考えている。あらゆる人種の若者がこの小さな広場に昼夜たむろし、世界のファッションや音楽の発祥の地となっている。ここに居ると、とてつもない非条理の世界を見るようである。

ネス湖の近くでは、ゴータ城を訪れた。ネスカフェの宣伝で登場した古城である、その「王妃」に握手をしてもらったが、私の生涯で接触した最も気品のある美しい女性であった。

巨石文明の遺産であるストーンヘンジ。この悠久の謎を思い浮かべながらイギリスを後にした。

おわりに

今回の調査団に参加して、風工学の実態を知り、ゆっくりしているが着実なヨーロッパの橋梁技術の進展を見て、非常に感慨深いものがありました。

日本では本四架橋のように、非常に華やかな橋梁技術の進展が目立ち、とかくヨーロッパでは沈滞しているように見受けられますが、現実には目立たない所で着実に発展を遂げていることを知りました。今後の業務の糧になるものと思います。

最後に、このような調査団に参加させて頂いた会社や職場の皆様に感謝する次第です。