

## 欧州建設技術交流会に参加して

鮫島 能章<sup>1)</sup>

本文は、ヨーロッパの大学における最近の鋼構造物分野の研究状況や、西ドイツおよびスイスにおける鋼橋の架設現場状況を中心に、イギリスのハンバー橋をはじめ、各国の代表的な橋梁を紹介するものです。

### はじめに

この度の欧州視察は、(社)建設コンサルタンツ協会・海外建設技術調査団主催で、欧州建設技術交流会として行われ、団長の中井大阪市立大学教授、副団長の栗田大阪工業大学講師以下総勢22名が参加した。視察は、9月7日から18日までの12日間にわたり、イギリス、西ドイツ、スイスの3カ国を訪問したものである。

今回の視察では、中井団長と栗田副団長のご協力によって、各国の鋼構造のトップレベルに位置する大学の研究室を訪問し、直接実験室で開発中の試験体や新素材を見学してきた。また、コンサルタントの方々や、橋梁技術者との意見交換も行う事ができ、実り多いものであった。以下に各訪問先の印象を記述する。

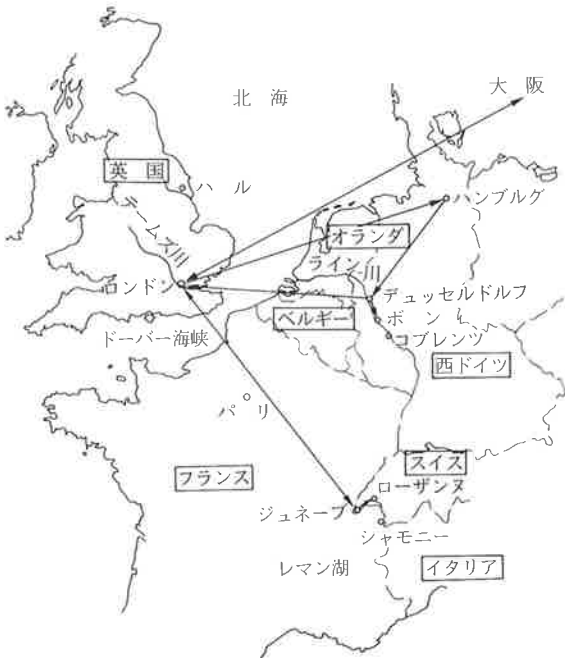


図-1 訪問先

### 1. イギリス

イギリスでは、ロンドン市内にある橋梁視察、インペリアル・カレッジ訪問、およびイングランド中東部のハル市に位置するハンバー橋の視察を行った。

#### (1) インペリアル・カレッジ訪問 (Imperial College)

これまでノーベル賞受賞者30余名を輩出し、英国の工学系では最高レベルに位置する、名門大学の鋼構造物実験室を訪問した。実験室では、鋼構造の責任者であるダウリング教授から直接説明を受けた。補剛板の座屈実験や、鋼とコンクリートとの合成構造、新素材を用いたケーブルなど、さまざまな研究課題に取り組んでいた。

表-1 旅程

月日	滞在地	訪問先・視察場所
9/7	大阪発	移 動
/ 8	ロンドン	Imperial College 訪問 Albert Br, Tower Br 視察
/ 9	ロンドン	Humber Br 視察
/10	ロンドン発 ボン着	移 動 Flehe Br 視察
/11	ボン	Emscherschnellweg A42 Br. Ruhr tunnel の現場視察
/12	ボン	Bochum 大学訪問
/13	ボン	コンサルタント協会・Lennertz 氏 の講演、Neuwieb Br 視察
/14	ボン発 ローザンヌ	移 動
/15	ローザンヌ	ローザンヌ工科大学訪問 Dala Br 現場視察
/16	ローザンヌ	モンブラン
/17	スイス発	移 動
/18	成田着	

1) 大阪橋梁技術部 設計二課副課長

特に、ケーブルの素線に鋼線ではなく、ガラス繊維を使用できないか、という実験には興味を覚えた。強度や定着部の構造は、十分実用化の段階に達しているが、火災やテロなどで、簡単に切断されてしまうという点が、まだ解決されていないとの事であった。



写真-1 ダウリング教授

#### (2) アルバート橋 (Albert Br)

斜張橋と吊り橋をミックスしたような、古い橋梁であったが、手入れは万全で、塗装も多少派手とはおもわれるものの、確実なメンテナンスが施されている橋梁であった。吊り材もアイバーが使用され、結合部は全てピン結合という、まことに構造力学に忠実な橋梁である。またタワー部の意匠は、建設当時の文化をしのばせる装飾が印象的であった。

#### (3) タワー・ブリッジ (Tower Br)

テムズ川で最も河口に近い、あまりにも有名な橋梁である。塔の外観は石作りであるが、実際の骨組みは全て鋼製であり、外側を石で装飾したものであった。地震が少ないため、石やレンガで装飾を施す、ヨーロッパ文化の特色をかいま見た気がした。

また観光の名所ということもあり、我々のような橋梁関係者ばかりではなく、一般の観光客も多数訪れており、いかにシンボリックな構造物であるかが分かる。当然メンテナンスや塗装もアルバート橋と同様、確実になされていた。

#### (4) ハンバー橋 (Humber Br)

ロンドンから北へ約300km、イングランドの中東部、Humber Riverの河口に架かる本橋は、中央径間1410m、現在供用されている吊り橋の中で最大のものである。ロンドンから専用バスで、高速道路M1を利用したが、途中の景色はどこまでも平坦な丘陵地帯で、山岳地帯ばかりの日本とは、大きな違いを感じた。

ハンバー橋はセバーン橋と同様、吊り材に斜めハンガーを使用していたが、セバーン橋のように、定着部の疲労による亀裂補修跡は見当たらなかった。理



写真-2 アルバート橋



写真-3 タワーブリッジ



写真-4 ハンバー橋

由の一つとして、斜めハンガーの吊り角度が、セバーン橋ほど傾いていず、垂直に近いという事だそうである。ハンバー橋を見てまず感じたのは、全ての部分について経済性を極めた橋梁である。特に高欄の形状、タワーの外壁、ケーブル定着部等、装飾を施したところが一切なく、全くそっけないもので、ロンドン市内で装飾の贅を尽くした橋梁を前日に見学しただけに、大きなギャップを感じた。

市内に架ける橋は、外装や橋面工にお金をかけ、市民生活に潤いを提供するという目的があってしかるべきであり、また地域を結ぶ実用一本やりの経済的な橋もまた必要だと、ハンバー橋を見て改めて感じた次第である。

## 2. 西 ド イ ツ

西ドイツでは首都ボンで4泊した。その間にボーフム大学を訪問、西ドイツ・コンサルタント協会の技術者による、西ドイツにおけるコンサルタントの実情説明や、ライン川に架かる橋梁視察など、連日息つく間もないスケジュールであったが、充実した4日間を過ごした。

### (1) ボーフム大学

本大学は、西ドイツの北中部ルール地方に位置する、工学関係ではトップクラスの大学である。ここでは鋼構造分野において、高名なロイク教授から、大学のアウトラインと、西ドイツにおける鋼構造物の概要について直接説明を受け、その後実験室へと案内された。ここでもイギリスのインペリアル・カレッジと同様に、研究中の試験体は全くのオープンで、ひとつひとつに理路整然とした説明が加えられ、質問にも丁寧に受け答えをしてもらったことは、参加者一同深く感謝した次第である。

まず感じた事は、実験室は非常に清潔で広々とし、整理整頓も確実になされており、ロイク教授以下スタッフの性格をみるようであった。また壁には色鮮やかなデザイン画が描かれており、厳しい雰囲気の中にもゆとりを感じさせる実験室であった。

実験の一つとして、2000t プレスによる大型H鋼の疲労試験が行われていた。日本には土研に3000tの静的なプレスはあるものの、動的な大型プレスはなく、ボーフム大学の充実度が分かる。他にも動的な試験装置として、全方向変位可能な振動装置があり、将来6方向の振動実験も可能になる装置も建設中であった。この他、コンパクト断面を使用した合成桁の破壊試験、内部にコンクリートを充填した合成柱の座屈実験等々、意欲的な数々の試みがなされており、固定観念にとらわれず意欲的に取組んでいる姿は、我々が見習うべき点であると痛感した。しかも全ての実験は、そのまま実際の構造物に採用されるものばかりで、研究のための実験というものは、あまりないという事だそうである。

### (2) “A42橋”架設現場の見学

西ドイツ北中部、デュイスブルグ郊外で、ライン川に架設中の“A42”という名の橋の現場を、設計者のアルブレヒト博士の案内で見学した。本橋は、中央径間310mの斜張橋で、側径間はPC桁の多径間連続桁、中央径間と塔は鋼製で、本四尾道・今治ルートの生口橋と同形式であった。

詳細構造でまず目についたのは、現場継手は高力ボルトを一切使用せず、全て現場溶接にて施工されていたということである。話として聞いてはいたが、

対傾構の斜材一本一本まで現場溶接している姿を目のあたりにすると、やはり驚かざるを得ない。まるで屋根のない工場が現場に引っ越してきたという感じであった。設計者のアルブレヒト博士の話では、これは経済性のためであり、溶接の信頼性については、管理を確実にやっているのだから全く問題ないとの事であった。しかし現場で見た溶接は、必ずしも優秀なものではないと感じたのは、私だけでなく同行者共通の意見であった。

またケーブルは、日本ではもうほとんど使用されていないロックドコイルを使っていた。理由は防錆力に優れており、クリープの問題も設計時に考慮しているのだから、一番良いとの事であったが、このあたりも日本における常識とはずいぶん異なっていると感じた。



写真-5 ボーフム大学 実験室



写真-6 A42橋 架設現場

### (3) 西ドイツ・コンサルタント協会 照査技師otto・レンネルツ氏による説明

西ドイツ・コンサルタント協会の方との話し合いが持たれるという事で、出発前にあらかじめ質問事項を送っておいた。参考にしたのは土木学会誌(1972年5月号)の中に、成岡先生(現名古屋大学名誉教授)によって紹介されていた「西ドイツのコンサルタントについて」の記事で、その当時と現在とは、どのように変わったかという事を中心に質問をした。

レンネルツ氏の説明の内容は、主に照査技師につ

いてであった。照査技師とは、西ドイツだけに制度化されたもので、エンジニアのうち10年以上の経験者で、かつ年に一回の試験に合格し、国家から公式に認可を受けたものを言い、現在約700名登録されているとの事である。照査技師は「鋼」「石・コンクリート」「木」の3分野に分かれており、1人の技師が複数の分野に登録する事も可能である。配布された一覧表で調べると、ホンベルグ博士やロイク教授も名を連ねており、現役の教授の副業も許されるようで、日本では考えられない制度である。

照査技師の主な任務は、建設局から、一つの建設プロジェクトについて、安全性は十分かどうかの依頼を受けたとき、コンサルタント業務を行うものであるという、17年前の資料と同じ答えが帰ってきた。特に重要な建設物については、国家としてのチェック機能という事から、照査技師の任務は重いそうである。



写真-7 レンネルツ氏

#### (4) ライン川の橋梁

視察した橋梁の中で、最も現代美を感じたのは、デュッセルドルフに架かるフレ橋 (Flehe Br) と、ノイビート地区に架かるノイビート橋 (Neuwied Br) の2つの斜張橋であった。共にファン式の一面ケーブルで、ケーブルの色も同じ鮮やかな赤ということが、特に印象に残った。ライン川下りの遊覧船からながめたノイビート橋は、塔の足が橋軸方向に開いており、優美な姿に興味を持たれる。

他の橋梁で目に付いたものとして、デュッセルドルフに架かるハープ式の2面ケーブルを有する斜張橋のクニー橋 (Knie Br)、ハープ式で1面ケーブルを有する斜張橋のオーバーカッセル橋 (Oberkassel Br)、エンゲルス地方に架かる古いロンビクトラス形式の鉄道橋など、ライン川を渡る橋の様々な容姿に、我々設計技術者は大いに興味をそそられた次第である。

また、西ドイツの橋梁の外観は、鋼製、コンクリート製にかかわらず非常にすっきりしていることに気が付いた。理由は、先に述べたように継手が全て溶



写真-8 ノイビート橋

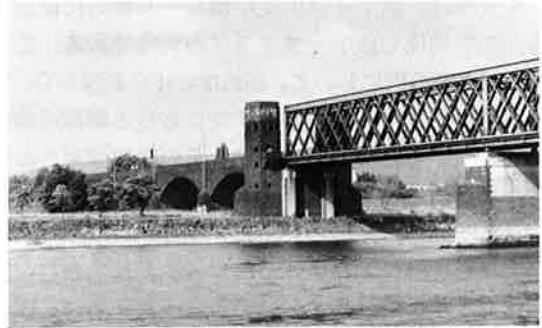


写真-9 古いトラスの鉄道橋



写真-10 クニー橋



写真-11 支承のゲージ



写真-12 排水管の配置

接で行われている事、端支点の支承がアバットのコンクリートで綺麗に隠されており、排水管や他の付属物も一切外面に出していない事である。架設中の“A42”についても同様であり、配水管のメンテナンスよりも、外観を重視している西ドイツのポリシーをみたようである。そして可動支承には、ゲージが備え付けられて、移動量が一目でわかるようになっており、これは我々も見習うべき詳細構造であると思った。

### 3. ス イ ス

#### (1) ローザンヌ工科大学

未来都市を思わせるユニット式の住宅を組み合わせた学舎で、清潔感の漂うカレッジであった。この大学の鋼構造分野にはバドュー博士とヒルト博士の2人教授がおられ、我々が訪問した時には、バドュー博士に大学の説明と実験室の案内をしていただいた。

実験室は、インペリアル・カレッジやボーフム大学ほど規模は大きくなかったが、非常に清潔でスイス人の潔癖さを反映しているようであった。インペリアル・カレッジやボーフム大学でも、研究課題のひとつとなっていた、「RC床版と鋼板との合成構造」が、ここでも実験されていた。また斜張橋の模型実験では、床組をプレキャスト床版のみで受け持たせ、補剛桁は設けないと叫んだ大胆な構造も実施されていた。これは実橋にも応用されるらしく、ここでも実用に結び付いた研究がなされていた。

#### (2) グラ橋 (Dala Br) の架設現場

レマン湖東側の渓谷に架かる、大規模な方杖ラーメン橋の現場を見学した。驚いたのはその規模の大きさではなく、あまりにも奇抜な架設工法であった。日本では、峡谷に架かるこのような橋梁の架設は、まずケーブルエレクションを考えるが、ここでは脚部を先に仮固定した後、隅角部からチルホールによって主桁部を引っ張り出す工法を用いていた。グラ橋の隅角部分が現場溶接になっており、主桁を閉合後、脚部と主桁を溶接する構造ゆえに、このような工法を採用する事ができることが分かった。この工法は、ケーブルエレクションよりはるかに経済的であろうことは、容易に想像できる。我が国の、高力ボルトを使用した現場継手では、採用し難い工法ではあるが、一つの考えとしてとらえると興味深い。

また、現場には見学者の我々もヘルメットなしで、気軽に案内されたのであるが、安全に対する意識も、日本どの大きなギャップを感じた。



写真-13 ローザンヌ工科大学 実験室



写真-14 グラ橋架設現場

#### ステップ①

橋台後方にて主桁の地組立する。  
方杖の足元の基礎の上の方杖を  
垂直に地組立する。



#### ステップ②

主桁と方杖をトラス構造の治具で連結する。(ピン構造)  
桁を中央(谷間の方)へ押し出ししながら方杖を倒して  
下げていく。

(アンカーとしてアースアンカー  
を使用している。)



#### ステップ③

方杖が所定の高さになったらケーブルを固定する。  
トラス構造の治具上にとりつけたチルローラーの上を  
主桁を滑らせながら中央へ送り出していく。

主桁を送り出しては、後方に  
新たな主桁を地組立し、さら  
に送り出す。



#### ステップ④

主桁が中央に到達したら、主桁と方杖を溶接する。  
中央閉合ジョイント部に設けた閉合治具により仕口合  
わせを行って、溶接にて閉合する。  
ケーブル等の架設治具を撤去する。



図-2 グラ橋の架設

## (3) Z. M. 社の工場見学

スイスでは橋梁のトップメーカーである“Z. M. (Zwahlen & Mayr) 社”の工場見学を行った。工場は20m×100m程度の建屋1棟と部品工場、それに塗装工場だけで、比較的小規模であると感じられた。欧州では現場溶接が主流のため、仮組み立ての必要がなく、工場規模は小さくて良いのであろう。工場見学時、作業員は全てヘルメットを着用せず、我々もヘルメットなしで工場内へ入ったのは、どうも勝手が違うように思われた。



写真-15 Z. M. 社

## おわりに

この度の技術交流会では、初日、ヒースロー空港で16人分のバッグが行方不明になり、夜の9時すぎになって、やっとホテルに届くというハプニングが発生した。しかし、むしろそれが厄払いになったのか、あとの行事はすべて順調に運び、ひとりの病人も出さずに視察を終えることができた事は、大変喜ばしい事であった。

大学や架設現場における技術者とのコミュニケーションと、レンネルツ氏の話しの中から、欧州では、エンジニアの考えが非常に柔軟な事、そして社会的地位が高いことは、うらやましく感じられた。

今回の視察は、大学・コンサルタント・メーカーと、堅い場所ばかりであった。しかしその合間のライン川下りや、最終日のシャモニーからモンブランへのロープウエーは、ヨーロッパの雰囲気や、束の間味わった気分である。そしてホテルでの食事は、本場のモーゼルワインや、ドイツビール、スイスのチーズなど、日本食を恋しく思うこともなく、たっぷり味わった。

このように、実り多い欧州との技術交流会に参加させて頂けた事に、関係各所の方々や、職場の皆様へ感謝致します。どうも有り難うございました。