

Air Mail to Hokkaido

IABSE シンポジウムと欧州構造物調査団

— 環境と構造性能・欧州の設計思想に学ぶ —



株式会社構研エンジニアリング
技術士（建設部門）

和田 隆 利

1. 調査概要

(1) 調査の目的

IABSE とは、国際構造工学会（International Association for Bridge and Structural Engineering）の略称である。スイス民法（Swiss Civil Law）により 1929 年に設立された土木と建築を包含する、この分野では最も長い歴史と伝統をもつ学会組織で、現在世界の 100 数ヶ国から約 4,100 の会員（個人・団体）が加入しており、日本は会員数約 370 でスイスに次ぐ多数の会員を擁している。

2005 IABSE シンポジウムは “Structur and Extreme Event” と題し、“Natural disasters” “Man-made events” “Human errors”などをテーマに、ポルトガルのリスボンで開催された。

調査内容は、このシンポジウムを核に、フランス、スペイン、ポルトガルにおける橋梁構造物を中心とした、近年の特徴のある構造物、歴史的建造物を調査するとともに、バルセロナの設計コンサルタント PDELTA 社との技術交流、フランス Advitam 社との技術交流によって欧州における設計・施工・維持管理に関する思想の一端をヒアリングした。

限られた工程の中で、多くの構造物を視察したため、結果的に絞り込んだテーマの調査とはならなかった面もあるが、新たな発見が数多くあり、有意義な調査であった。

(2) 工程

調査工程を図-1、図-2に示す。

日本を9月9日に出発してアムステルダム空経由



図-1 工程表(1)



図-2 工程表(2)

でパリ空港に到着。そこからモンペリエ、バルセロナ、リスボン、セビリア、マドリッドを回り、またアムステルダム経由で成田着の工程であった。

この中から、すべてを紹介することは、紙面の都合上難しいので代表的な訪問箇所の概要を述べたいと思う。

2. フランスの橋梁

(1) Meaux 高架橋

視察初日、我々はセーヌ川 (la Seine) に架かる橋梁を視察する「セーヌ部隊」とパリ近郊もー市内の高架橋を視察する「もー部隊」に分かれそれぞれホテルを出発した。

現地の交通事情に疎いもー部隊は迷わずタクシーでこの橋にアプローチすることを選択した。海外に慣れている方は当然のことであろうが……タクシー運転手には全く英語が通用しない。まずは宿泊したホテルのスタッフの力を借りて行き先を説明した。運転手の自信ありげなりアクションに安心し、一路目的地に向かった。パリ中心部からもー市まではA4号高速道路で約40分くらいである。車内の弾む会話とパリ近郊の風景に心が和んだもの束の間、もー市内までは来たものの肝心の橋が見つからない。片言のフランス語すら話せない我々の唯一の頼みの綱は「迷子」のタクシー運転手である。初日にして心細い状況に追い込まれながらも、ようやく現地にとどり着いた次第である。



写真-1 全景

Meaux 高架橋は、橋長 1,200 m、桁長 1,196 m、22 径間連続鋼コンクリート複合構造の PC 橋である。標準支間長は 49~55 m であり、マルヌ (Marne) 川渡河部のスパンは本橋最大の 93 m である。数値で書けばこのような内容であるが……遠景からこの橋梁を見てまず驚くのがその「長さ」である。この辺りは、小高い丘をマルヌ川が削り両岸に平野が広がった地形となっている。その丘と丘の間 1.2 km

を Meaux 高架橋で繋いでおり、河川敷からの橋軸景観は見渡す限り「橋脚」といった印象である。

次に目を惹くのが桁である。ウェブには波形鋼板と同様にアコーディオン効果を有する「プレート・鋼管ウェブ」(鋼板と鋼管を交互に配置したウェブ)を用いており、張出し部には鋼管がストラッド部材として採用されている。マルヌ川に向かって歩を進めると、大偏心ケーブルとそれを支える鋼管が最大支間部の桁下から目立たぬよう「生えて」いた。桁は 1.2 km の間その幅・高さを変えずに緩やかな曲線で橋脚を結んでおり、大偏心ケーブルは、その連続性を損なわないよう配慮した設計者の工夫と筆者は受け止めた。

桁の曲線に合わせて 21 基の橋脚が立ち並んでいる。高さが 15~35 m であり、「V字」にデザインされた頭部が印象的である。基礎には、 $\phi 1,800$ mm の場所打ち杭が用いられているとのことである。



写真-2 大偏心ケーブル

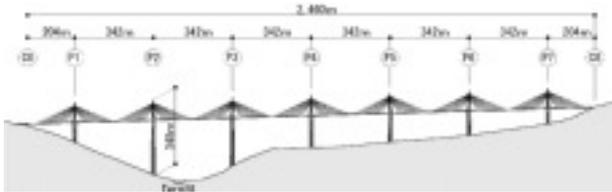


写真-3 プレート・鋼管ウェブとストラッド

Meaux 高架橋を後にしたもー部隊は、セーヌ部隊との最も確実な待ち合わせ場所=宿泊したホテルへと向かった。約 3 時間の行程で支払ったタクシー代は € 180 (約 ¥25,000) であった。

(2) Millau (ミヨ一) 高架橋

ミヨ一市 (Millau) は、モンペリエから北西に約 120 km、フランス中央山岳地帯のほぼ中央に位置する、人口約 2 万人の小さな町である。Millau 高架橋はこの町の中心から西方約 10 km にある Tarn 渓谷に建設された。パリから地中海方面に向かう A 10 号高速道路の延伸として建設が進められている A 75 号高速道路の一部であり、バカンスシーズン中の交通渋滞緩和が期待されている。



図一 3 Millau 高架橋側面図

この規模をどう表現して良いか判らない。「beyond description」とはまさにこのことであろう。敢えて言うなら、東京タワー (全高 333 m) から直線距離にして約 2.5 km 先の銀座線青山一丁目駅にパリのエッフェル塔 (全高 321 m) を建て、東京タワーの特別展望台 (地上高 250 m) の高さを空中遊泳する感覚である。

我々一行は、A 75 号高速道路からこの巨大構造物にアプローチし、橋上からの眺望に感激した。高架橋を通り過ぎて直ぐの料金所からミヨ一市内に「着陸」し、車内から遠巻きに見たこの橋の全景に驚嘆した。市内を通り、プレゼンテーションルームのある P 4 橋脚下から見た橋脚の高さに言葉を失った。

プレゼンテーションルームには、我々を含め家族連れの観光客で賑わっていた。担当の方の配慮で、特別に記録映画を見せていただいた。橋の模型や桁のモニュメントなど橋梁技術者必見の品々を見ることができる貴重な空間である。

プレゼンテーションルームを出発した我々は、この橋の全景をカメラに納めることができるビューポイントに移動する予定であった。バスに乗り込み巨大構造物を車窓から眺めながら期待を膨らませていた。しかし、バスはなかなか止まらない。どんどん

橋から遠ざかっていく。とうとう視界から Millau 高架橋が消えた。言葉の壁である……我々のオーダーがバスの運転手には通じなかったようである。後戻りする時間もなく、釈然としないまま国境を越えバルセロナ (Barcerona) に向かうこととなった。



写真一 4 バスの車窓より

3. Advitam 社との技術交流 (リスボン)

(1) Vasco da Gama 橋

Vasco da Gama 橋は、リスボン市内の東を流れるテージョ川を横断する橋である。これまで、リスボン市街とテージョ川対岸とを結ぶ橋は 13 km 程下流の「4 月 25 日橋 (ダガス橋)」のみであったが、激しい渋滞の解消と 1998 年開催の万博への対応を目的として工事が行われ、1995 年 2 月の着工からわずか 3 年、1998 年 3 月 31 日に開通した。総工業費は約 1,260 億円である。

全長約 18 km、水上部 10 km に及ぶ Vasco da Gama 橋は、異なる形式を有する五種類の区間 (The North Viaduct、The Expo Viaduct、The Main Bridge、The Central Viaduct および The South Viaduct) から形成されており、さらに北端と南端にはインターチェンジ (The Sacavan and EN 10 Variant Interchange および The South Access) が接続する。The Main Bridge はメインスパン 420 m、サイドスパン 203 m、主塔高 150 m を有する斜張橋にて構成されている。

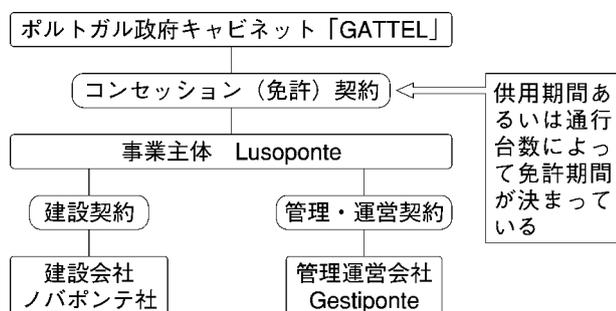


写真－5 Vasco da Gama 橋

(2) Vasco da Gama 橋の運営方法

Vasco da Gama 橋は国の特別キャビネット「GATTEL (Cabinete da Travessia do Tejo em Lisboa)」とコンセッション(免許)契約を締結した Lusoponte (ルソポンテ社) が事業主体となる BOT 方式を採用している。建設工事や維持補修工事についても、Lusoponte に業者選定の権利がある一方、33 年間(あるいは、前述のダガス橋と Vasco da Gama 橋の合計利用台数が 2,250 百万台に達した時点)にて償還され、ポルトガル政府に移管されるため、それまでの期間は Lusoponte の責任にて運営が行われることとなる。

Lusoponte は Vasco da Gama 橋の管理・運営を行う会社として Gestiponte (ゲスティポンテ社) を採用し、Vasco da Gama 橋の通行料金回収や、維持、点検および補修に関する業務を委託している。

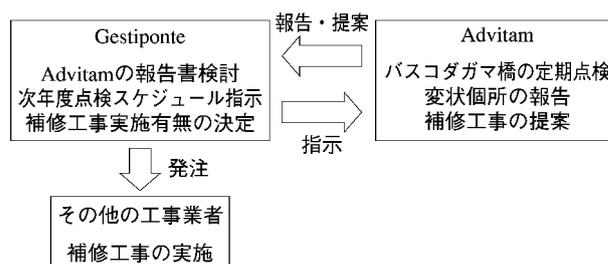


図－4 Vasco da Gama 橋の事業スキーム

(3) Gestiponte による橋の維持管理

Gestiponte は Vasco da Gama 橋の維持を行うために、Advitam (アドビタム社) を起用している。

Advitam は Vasco da Gama 橋の点検作業を日常業務として実施し、併せて自社独自の映像解析技術 (Scan Print™) を活用することで、同橋の劣化や損傷の状況をデジタル的に分析している。Advitam による調査報告書は Gestiponte に提出され、Gestiponte はその報告書をもとに、次年度における Vasco da Gama 橋の点検スケジュールの立案や、状況によっては補修工事の計画を立てる。



図－5 Vasco da Gama 橋の維持業務のスキーム

(4) Advitam によるリスクマネジメント

Advitam はリスクを「起こることは想定されるが、時間や場所などを詳細に予測できない災害」と定義し、リスクが発生した際に被害を最低限にとどめるシステムを展開している。日本は「予防策(地震の場合は耐震補強)」に腐心する傾向が強いが、Advitam (あるいはポルトガル社会) は被災後の復旧策や応急処置に重きを置く傾向が強いようである。地震に限って言えば、日本の様な地震大国と異なり、ポルトガルに発生する地震は震度 3 以下であり、構造物は損傷を受けたとしても倒壊の危険性は低い点も影響していると推測される。

4. リスボン市内の橋梁

(1) 4月25日橋

本橋は、1966年に4年の歳月を掛けて建設された全長 2,278 m、最大支間 1,013 m からなる 3 径間連続の吊り橋で、ヨーロッパ最大である。その偉業をたたえ、当初は建設当時の独裁者 Salazar (サラザール) にちなんで Salazar 橋と呼ばれた。その後、1974年4月25日に始まったカーネーション革命によって民主主義がもたらされたことを記念して4月25日 (25 de Abril) 橋と呼ばれるようになった。また、

工事の開始日が4月25日であったことに由来するとの説もある。タホ川 (Tagus River) 橋が正式名称と思われる。

開通当初は4車線の橋梁であったが、本橋の開通による経済効果は大きく、交通量は増加の一途をたどり、渋滞が激しくなった。このため、1990年には中央分離帯を撤去して1車線をリバーシブル化し、5車線としたが、抜本的な解決とはならなかったため、6車線化と橋梁下路の補剛トラスの中に鉄道を敷設するという大規模改修工事を行うこととした。



写真-6 追加ケーブル (上段)。吊り材は新旧

この改修計画は、開通当初より計画されていたものであり、将来の6車線化と鉄道荷重を考慮して設計されていた。しかし、設計荷重が当初想定した荷重より重くなっていることから、現状荷重を通すには補強を行う必要が生じた。設計は、当初の設計も担当したアメリカのSteinman (シュタインマン) 社であり、地震国であることによる耐震設計が行われるとともに風洞実験による検討も行われ、設計風速60 m/s に対して72 m/s まで不安定で無いことを確認している。施工はドイツのDSD社をメインとするアメリカとポルトガル企業のJVである。

道路部の車線増加に当たっては、深夜から午前6時までの間に既設道路を閉鎖して行った。6車線化に関しては、2.1 m のデッキを両側に追加して対応している。また、鉄道桁デッキに関しては、既設道路を閉鎖せずに、施工ヤードから資材を吊り上げて施工を行った。これらの工事は、1996年から3年間

の歳月を費やして行われ、1999年に鉄道が開通して工事を終了した。

橋のたもとにある港、Doca de Santo Amaro (ドッカ・デ・サント・アマーロ) は、リスボンで人気のナイトスポットといわれている。バルセロナでお世話になったPEDELTA社のSobrinho (ソブリノ) 博士をお誘いしてライトアップされた橋を見ながら食事会を行った。



写真-7 Sobrinho 博士との食事会

5. IABSE シンポジウム

(1) シンポジウム概要

1755年の悲劇的なリスボン地震・津波の250年後、そして最近の東南アジアにおける地震・津波による重大な人命と財産損失のショックがまだ覚めやらぬこの時期、リスボンにおいてIABSEシンポジウムが開催され、まさしくその実際のテーマである「構造物と予期せぬ事象」が議論された。

この重要なフォーラムにおいて、世界中から集



図-6 Symposium Report

まった研究者、設計技術者、および施工技術者の間で、土木建築構造工学に残されたある種の「最後のフロンティア」といえるこのテーマに対し、議論が深められた。

(2) シンポジウム日程

本シンポジウムは、2005年9月14日(水)～17日(土)の4日間にわたり、国立土木研究所(National Laboratory for Civil Engineering: 略称 LNEC)において開催された。会議は、初日のオープニングセレモニーと一部の全体セッションおよび3日目のクロージングセレモニーを除き、3会場に分かれて平行セッションとして行われた。

2日目午後にはバザーとして、6つのテーマに関するケーススタディと討論(Case Studies and Controversial Issues)が行われ、最終日には Technical Visits として、2つの見学コース(TV1-競技場見学、TV2-橋梁(ヴァスコ・ダ・ガマ橋、4月25日橋)見学)が用意されていた。

3日間の会議は、午前・午後各1回のコーヒープレイクとバイキング形式の昼食を挟み、終始リラッ

クスした雰囲気が進められた。また、初日には Castelo de S. Jorge においてレセプションパーティーが、2日目には Tapada da Ajuda においてシンポジウムディナーが開催され、各国からの参加者と交流が深められた。



写真-8 セッション風景

6. 謝辞

本報告書を執筆するにあたり、本調査団の団長である北海道大学 上田教授をはじめ、調査団の方々から多大なるご支援をいただきました。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 睦好: 最近の海外橋梁事例(Meaux 橋、Millau 高架橋)、プレストレスコンクリート技術協会第33回技術講習会(2005年)
- 2) Dubreuil: Le Viaduc de Millau、COMELLI, Villejust, France
- 3) Genzo/Kawara/今日のニュース/過去のニュース 2004年12月
- 4) 辻: fib シンポジウムとフランス・スペイン・ハンガリーにおける橋梁調査報告、プレストレストコンクリート(2005.9-10)
- 5) 大島邦彦他、ヴァスコ・ダ・ガマ橋-BOT プロジェクト、海峡横断、pp.6-11、Vol.10、1997

	Sept. 13 Tuesday	Sept. 14 Wednesday	Sept. 15 Thursday	Sept. 16 Friday	Sept. 17 Saturday
9:00		Registration	Parallel Sessions D1/D2/D3	Parallel Sessions F1/F2/F3	Technical Visits
9:30		Closing Ceremony			
10:45		Coffee	Coffee	Coffee	
11:15		Plenary Session A	Plenary Session E	Plenary Session G	
12:45					
	Registration	Lunch	Lunch	Lunch	
14:00		Parallel Sessions H1/H2/H3	SAGARR Part 1	Parallel Sessions H1/H2/H3	
15:45		Coffee	Coffee	Coffee	
16:15		Parallel Sessions I1/I2/I3	SAGARR Part 2	Closing Ceremony	
17:30					
18:00					
18:00		Reception			
20:30			Dinner		
23:00					

図-7 シンポジウム日程