

複合構造に関する国際会議とドイツ橋梁視察

石原 美光*1・栗林 武弘*2・高田 真人*3・中原 淳一郎*4

1. はじめに

1997年9月16～18日の3日間、インスブルック（オーストリア）において、複合構造物に関する国際会議が開催された。本会議には、構造物に携わる各方面の国際的な技術者が多数参加し、IABSE（主催）、CEB、FIP、RILEM等の土木、建築に係わる国際的な組織が協力して新旧の複合構造に関するテーマで会議を行い、次世代に向けた対応が協議された。

今回、9月11日～24日の2週間の日程（表-1）で、国際会議への出席と、ドイツ、オーストリアを中心とした橋梁をはじめさまざまな土木・建築構造物の視察とを目的とした、横浜国立大学の池田尚治教授を団長とする総勢20名の視察団（写真-1）が結成された。本報告は、同視察団による国際会議出席の模様と、視察した橋梁についての概要をまとめたものである。

2. 国際会議

2.1 会議概要

会議参加者は、コンクリート構造・鋼構造に関する土

木・建築分野の技術者ら約50カ国約700名に及び、このうち日本からは、本視察団をはじめ約160名が参加した。

現在、わが国では、特に橋梁分野において、コスト縮減を念頭においた鋼とコンクリートとからなる複合構造の合理的な設計・施工技術の確立を目指し、官学民一体となっ

表-1 会議・視察行程

日	視 察 行 程
9/11	成田発～フランクフルト経由～チューリッヒ着（チューリッヒ泊）
9/12	チューリッヒ市内構造物視察（ブレゲンツ泊）
9/13	タールオーベルアルゲン橋視察（ミュンヘン泊）
9/14	オリンピック競技場・ドイツ博物館視察（ ）
9/15	オーストリアへ移動 ヨーロッパ橋視察（インスブルック泊）
9/16	（ ）
9/17	国際会議出席（ ）
9/18	（ ）
9/19	ドイツへ移動 マングファール橋視察（デュッセルドルフ泊）
9/20	ライン川の橋梁視察（ ）
9/21	同 上（ヴイスバーデン泊）
9/22	ルードビッフィスハーフェン橋・クルトシューマツハ橋視察（ ）
9/23	フランクフルト発～
9/24	～成田着



写真-1 視察団(会議場入り口にて)

*1 Yoshimitsu ISIHARA：鹿島建設(株) 技術研究所
 *2 Takehiro KURIBAYASHI：住友建設(株) 名古屋支店 土木部 課長
 *3 Masato TAKADA：オリエンタル建設(株) 東京支店 設計課長
 *4 Junichiro NAKAHARA：横河工事(株) 技術本部 課長補佐

◆ 会議報告 ◆

て取り組まれている状況にある。日本からの参加者の全体に占める割合の高さは、本分野における関心度の高さを伺わせるものであった。

また、本視察団より、Working Sessionにおいて石原が、Poster Exhibitionにおいては栗原氏（JR東日本コンサルタンツ）・佐藤氏（大林組）・林氏（鉄建建設）が、それぞれ発表を行った。

2.2 Opening Session

Opening Sessionでは、CEB会長R. Rowe氏、オーストリアチロル州知事W. Weigartner氏、インスブルック市長H. Van Staa氏ら3氏による挨拶が行われ、会議開催にあたっての感想や会議の位置づけ、会議の成功を望む言葉や開催地インスブルックの紹介等が述べられた。3氏の挨拶の間に、地元チロル地方の民族音楽が奏でられ、セレモニーに華を添えた。

2.3 Plenary Session

Working Sessionに先立って行われたPlenary Session（全体講演）では、「複合構造の挑戦」や「複合建築」といった4つのテーマにおいて、学識経験者による講演が行われた（表-2）。日本からは、建築デザイナーの菊竹清訓氏（菊竹建築設計事務所代表）が、「建築的発想が創造するものとは」と題して講演された。

表-2 会議スケジュール

日 時	会議スケジュール
16日(火)	
13:00～18:30	Poster Exhibition
14:30～15:00	Opening Session
15:00～16:00	Plenary Session “複合構造の挑戦”
16:30～18:30	Working Session “材料間の接合” “安全性と有効性” “解析と設計”
19:45～21:30	Reception at Castle Ambras
17日(水)	
8:30～18:30	Poster Exhibition
9:00～10:30	Plenary Session “複合建築”
11:00～13:00	Working Session “構造設計” “耐火” “部材接合”
14:30～18:30	ECCS Award Session
14:30～16:30	Plenary Session “複合構造”
16:30～18:30	Working Session “施工” “規準” “耐震”
19:45～22:30	Conference Dinner Dogana Hall
18日(木)	
8:30～13:30	Poster Exhibition
9:30～10:30	Plenary Session “既存建造物の強度”
11:00～13:00	Working Session “診断、メンテナンス、復元、補修” “将来の複合構造” “モデル化による挙動追跡”
13:00～13:30	Closing Session
14:30～18:30	ASCCS Technical Columnns

2.4 Working Session

Working Session（個別講演）では、「構造設計」、「施工」、「耐震」といった12セッションに分かれて、101編の報告が行われた（表-2）。そのうち、日本からの報告は17編であっ

た。報告内容としては、模型を用いた部材実験による検知から、実建造物の設計・施工に至る幅広い分野において、鋼とコンクリートとからなるさまざまな複合構造（合成構造、混合構造）について取り上げられており、それぞれに活発な議論が交わされた。

特に、「耐震」のセッションでは、兵庫県南部地震における複合建造物の被害状況や、複合建造物の耐震性といったテーマを中心に全9編のうち5編が日本からの報告であった。

視察団からは、石原が、「施工」のセッションで、MMST工法に関して「継手を有する二重鋼殻サンドイッチ部材の曲げ特性¹⁾」の報告を行った（写真-2）。MMST（Multi-Micro Shield Tunneling）工法²⁾とは、複数の小型トンネルを組み合わせることで、矩形の大断面トンネルを非開削で構築する新しいシールドトンネル工法であり、現在首都高速道路公団の川崎縦貫線に採用が検討されている。報告では、工法の概要を中心に、同工法で構築されるトンネル躯体の部材特性について述べられ、プレゼンテーション中、スライドを映したスクリーンを写真におさめたり、発表内容についてメモを取る光景が見られた。

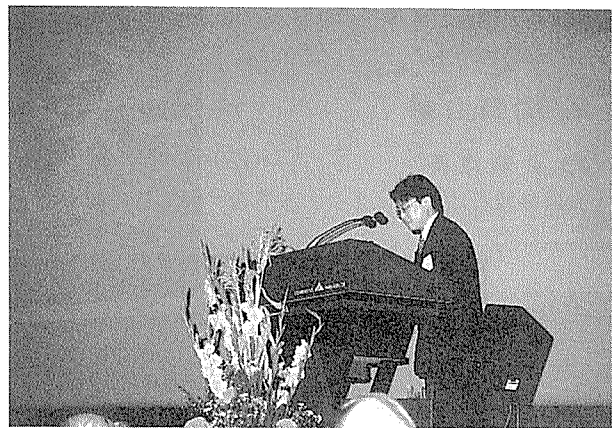


写真-2 石原のプレゼンテーション

2.5 Poster Exhibition

会議場フロアにおいて、「構造設計」や「施工」といった11のセッションに分かれて、47編の技術紹介のパネル展示が行われた（写真-3）。そのうち、日本からの展示は17編であった。展示内容としては、複合橋梁の施工実績の報告を中心とした出展が多く、ヨーロッパを中心とした積極的な取り組みが感じられた。

日本からは、当誌'95年版の37号表紙を飾った東京駅の複合建造物や、現在計画中の第二東名高速道路における複合トラス橋が注目された。

視察団からは、JR東京駅改築工事の設計に関わった栗原氏や施工に関わった佐藤・林氏が、ポスターやパンフレットによって東京駅で構築された複合構造の紹介を行った。その概略を以下に述べる。

- JR東京駅改築の変遷紹介
- 北陸新幹線乗入れによるプラットホーム改築工事の紹介

- ひかり号の開通から長野新幹線”あさま”までの変遷紹介
- 重層化された中央線部PRC高架橋や、鋼管巻きRC橋脚（景観よりエンタシス柱）の設計・施工紹介

以上を網羅したパンフレットは要領よくまとめられており、JR東京駅の改築工事がいかに複雑で高度な技術を要したかを伺い知ることができた。

その他では、円柱複合構造物や鋼板、繊維等によって補強された構造物の基礎実験、解析報告などが多く出展されていた。

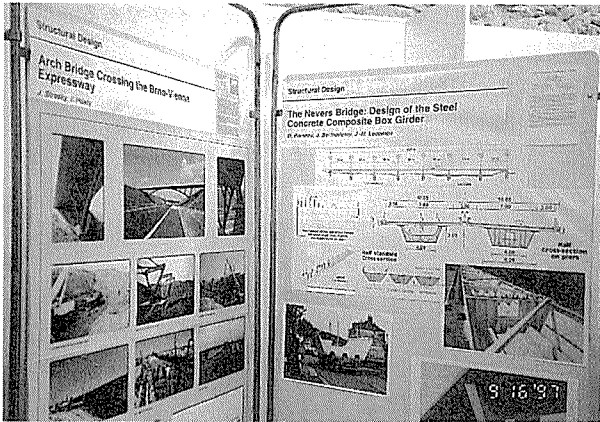


写真-3 Poster Exhibition状況

2.6 Closing Session

Closing Sessionでは、本会議のScientific Committee Chairman M. Braestrup氏、IABSE会長J. M. Hanson氏による挨拶が行われ、これにより、国際会議は幕を閉じた。

3. 橋梁視察

今回、視察を行った主な橋梁の位置を図-1に、橋梁リス

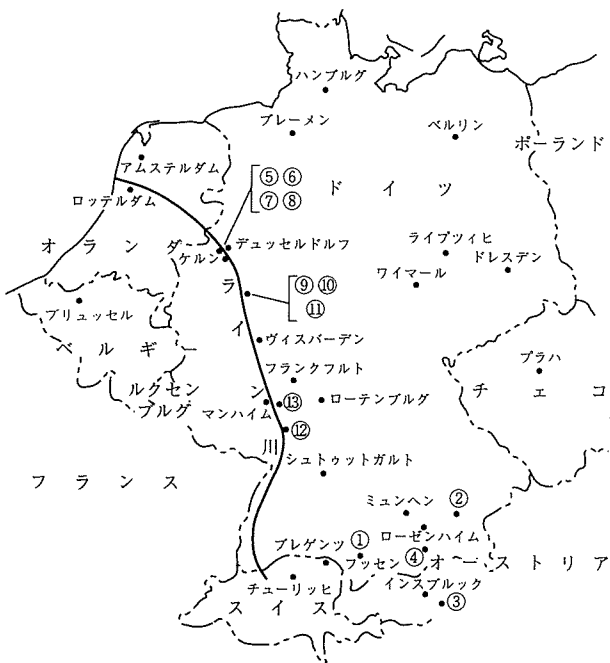


図-1 視察橋梁位置図

トを表-3に示す。ここでは、このうち代表的な4橋について、その概要を簡単に紹介する。

表-3 視察橋梁一覧

	橋 梁 名	国 名	構 造 形 式
①	タールオーベルアルゲン橋	ドイツ	鋼斜張橋+ケーブルトラス橋
②	インブルッケエニクスワルト橋	ドイツ	鋼複合トラス橋
③	ヨーロッパ橋	オーストリア	鋼連続箱桁橋
④	マンガファール橋	ドイツ	PCトラス橋
⑤	テオドールホイス橋	ドイツ	鋼斜張橋
⑥	オーバーカッセラー橋	ドイツ	鋼斜張橋
⑦	クニー橋	ドイツ	鋼斜張橋
⑧	フレ橋	ドイツ	複合斜張橋
⑨	ホーエンツォレン橋	ドイツ	鋼アーチ橋
⑩	ツオー橋	ドイツ	鋼連続橋
⑪	エムシャーシュネルベック橋	ドイツ	複合斜張橋
⑫	ルードビッフィスハーフェン橋	ドイツ	鋼斜張橋
⑬	クルトシューマツハ橋	ドイツ	複合斜張橋
⑭	ペンドルフ橋	ドイツ	PC橋

3.1 マングファール橋^{3), 4)}

マンガファール橋は、ミュンヘン（ドイツ）とザルツブルグ（オーストリア）とを結ぶアウトバーンA8が、ミュンヘンの東南でマンガファール渓谷を横切る地点に架設されている橋梁である（写真-4, 5）。

本橋は、1936年に鋼橋として建設されたが、第二次世界

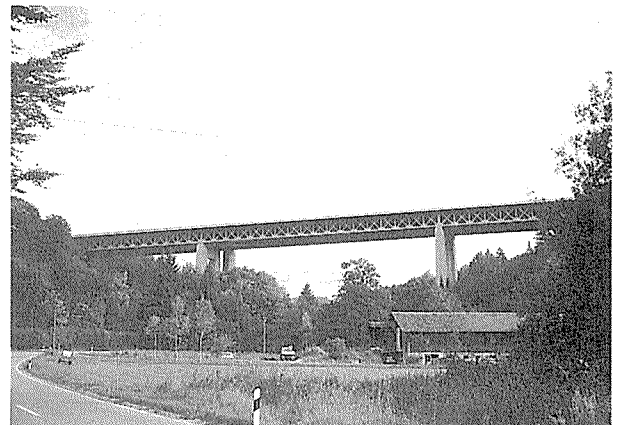


写真-4 マングファール橋 全景-1



写真-5 マングファール橋 全景-2

大戦によって爆破されたため、残った下部工を利用して再度建設されたものであり、橋梁は、PCトラス橋とPC箱桁橋との2橋がある。PCトラス橋の橋梁諸元を以下に示す。

- 形式：3径間連続PCトラス橋
- 支間：90m+108m+90m
- 幅員：23.5m (図-2)
- 主桁：2主構トラス
- 設計：Dr. Finsterwalder
- 施工：Dywidag社
- 竣工：1959年

断面図

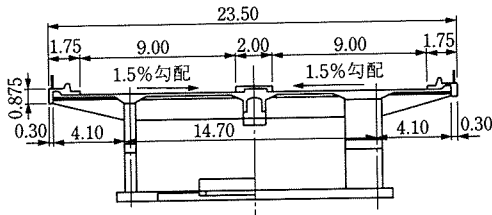


図-2 マングファール橋 桁断面図

本橋におけるPCトラスの骨組みは、景観上の配慮から、垂直材をもつダブルワーレン型式が採用されている。トラス部分は、格点間隔6.0mごとに横桁が設けられ、床版は、2方向にプレストレスが導入されている。

PC鋼棒には、Dywidag工法のφ26 (強度特性：80/105) が用いられ、使用コンクリートは、B45 (日本では $f'_{ck}=400\text{kgf/cm}^2$ に相当) となっている。

下弦材に沿った両側が歩行者・自転車用の通路となっており、橋台の側面にその出入口が設けられている。

3.2 エムシャーシュネルベック橋⁵⁾

エムシャーシュネルベック橋は、ドイツ西北部のライン川右岸ドルトムント・エッセン・デュイスブルグを含む東工業地帯と左岸メールス工業地帯をつなぐアウトバーンに1990年に架けられた複合斜張橋である (写真-6)。

斜材配置が1面吊ハープ形で、4ケーブルを1つのケーブル群とした3段配置となっており、その景観はシンプルで繊細な感を与えている。また、彩色は豊かで、塔全体とケーブルは朱色、塔の斜材定着部ブラケットはブルーがかったグレー、地覆は白、桁はグレーであり、秋の青空に鮮やかに映える印象深い1橋となった。

構造は、中央径間が鋼桁、側径間がPC桁、塔は鋼製となっており、生口橋・多々羅大橋と同タイプである。本橋の橋梁諸元を以下に示す (図-3)。

- 形式：3径間連続複合斜張橋
- 支間：6@50m+310m+8@52.5m
- 幅員：41m

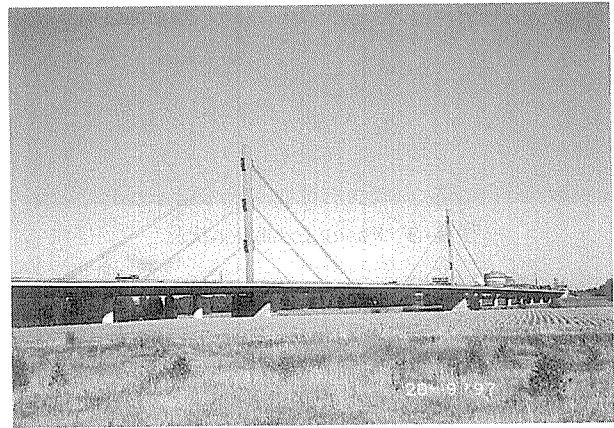
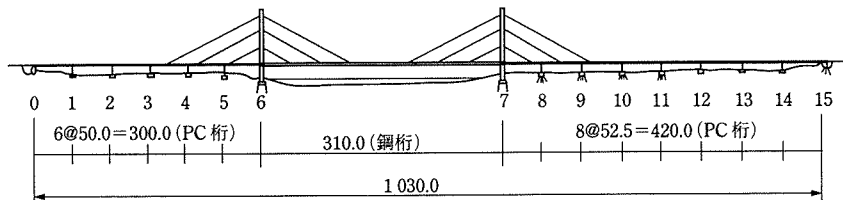
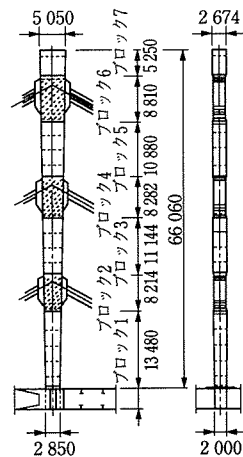


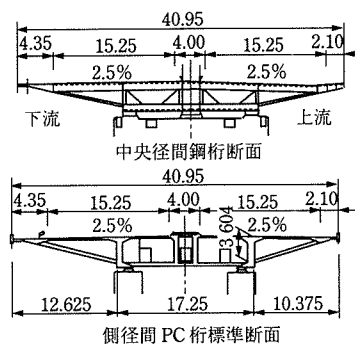
写真-6 エムシャーシュネルベック橋 全景



(a) 側面図



(b) 塔詳細図



(c) 主桁断面図

図-3 エムシャーシュネルベック橋 一般図

主 桁：3室箱桁＋ストラットによる張出床版
 斜 材：ロックドコイル(660t)
 設 計：HRA建築技師事務所

本橋の特徴として、保守・補修に配慮しケーブル・支承の点検・交換が容易なこと、現場における接合はすべて溶接としたことがあげられる。また、鋼桁とPC桁との接合部構造はPC接合であり、生口橋・多々羅大橋に採用されている中詰コンクリート後面プレート方式である、まさにわが国の複合斜張橋の先駆的橋梁といえる。

3.3 ベンドルフ橋⁴⁾

ベンドルフ橋は、ドイツのコブレンツ市近郊で国道48号線がライン川を越える地点に架設された道路橋である(写真-7)。本橋の橋梁諸元を以下に示す。

形 式：PC7径間連続有ヒンジラーメン橋
 支 間：43m+44m+71m+208m+71m+44m+43m
 幅 員：30.9m(図-4)
 主 桁：1室2主桁箱桁，上下線分離にて並列
 桁 高：スパン中央部 4.4m，橋脚上 10.5m
 竣 工：1964年

本橋の上部工は、フォルパウワゲンをを用いた片持張出し工法によって架設され、長大PC橋の基本となる橋梁形式であった。

本橋の最大支間長208mは、1972年に日本の浦戸大橋が完成するまでは、PC橋として世界最長を誇っていた。

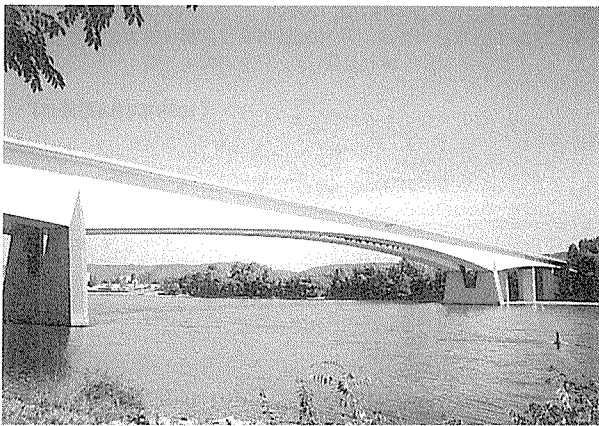


写真-7 ベンドルフ橋 全景

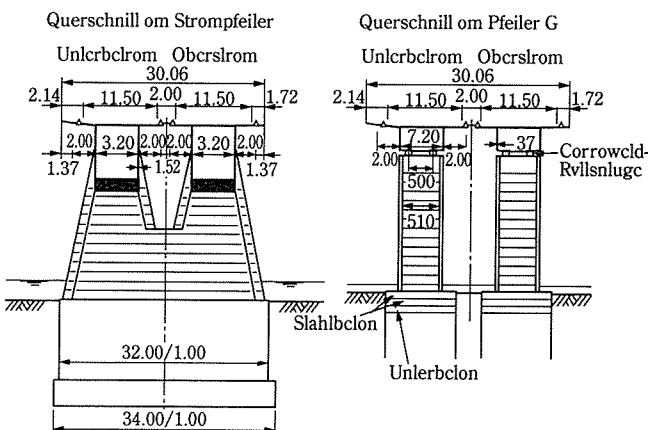


図-4 ベンドルフ橋 桁断面図

また、本橋梁の特色としては、コンクリート表面の塗装と移動検査車の常設、さらに、カウンターウエートのな役目を果たしているアプローチ部のPC鋼棒によるアップリフト止め等があげられる(写真-8)。

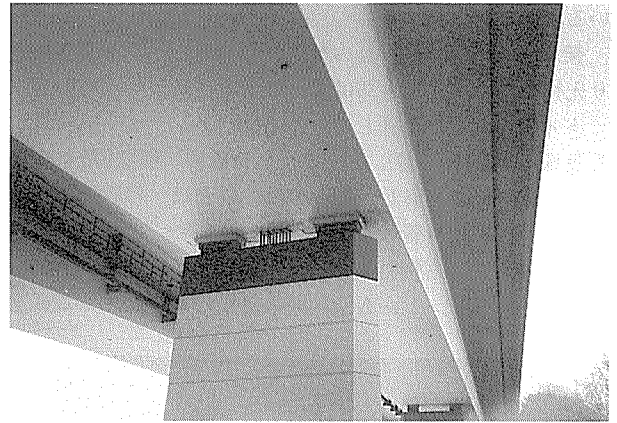


写真-8 移動検査車軌条とアップリフト止め

3.4 タールオーベルアルゲン橋⁵⁾

タールオーベルアルゲン橋は、ドイツ南部の都市メミンゲン～リングウ間を結ぶアウトバーン(A-96)の、リングウから北東に約10km離れたところに位置し、ドイツの黒い森に覆われた景観美しい場所である。本橋の橋梁諸元を以下に示す。

形 式：鋼2径間連続新型斜張橋
 支 間：258m+80m
 幅 員：28m
 主 桁：鋼床版箱桁
 竣 工：1990年

橋梁形式は、世界で初めて斜張橋とケーブルトラスとを組み合わせた構造の非常にユニークなものである(図-5)。これは、左岸傾斜部が氷河堆積地層の影響により年間約10cmの地滑りが予想され、この位置への基礎構造物の設置が困難であったためである。

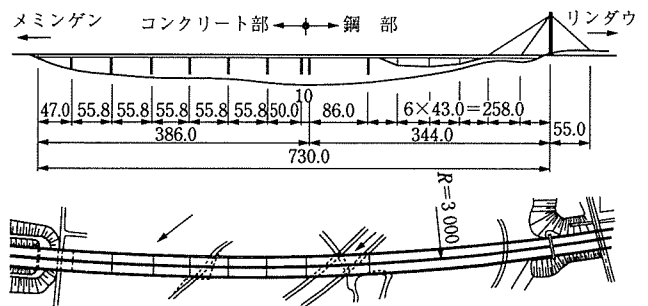


図-5 タールオーベルアルゲン橋 一般図

形式の選定にあたっては、周囲の景観との調和を考え、低い主塔が採用された。確かに、背の高い森の木が橋梁を包むような形で茂っているために、アウトバーンを走行する車の中からも、橋梁区間であることに気付かずに通過してしまいそうである。主塔と斜材がわずかに斜張橋である

ことをアピールしている感がある(写真-9, 10)。

斜張橋の斜材ケーブルには、 $\phi 126\text{mm}$ のロックドコイルロープが使用され、高さ55mのコンクリート製主塔から、メミンゲン側に10段、リンダウ側に12段配置されている。また、ケーブルトラス部には、6本のケーブルが配置されている。

鋼床版箱桁部は、トラベラー・クレーン・ベント工法により先行架設され、継手部はすべて溶接構造となっている。

ドイツの橋梁に共通している点は、メンテナンスに対する設備、施設が充実していることである。前記2橋を含めて、われわれが視察した橋梁のほとんどは、移動検査車による供用後の維持管理が可能となっていた。

本橋においても例外ではなく、桁下のケーブルトラスを巧みにかわして、しかも全区間の点検が可能と思える非常

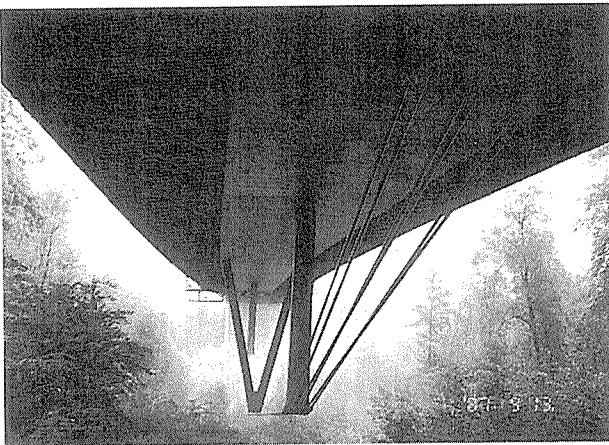


写真-9 タールオーベルアルゲン橋 (ケーブルトラス部)

に複雑でメカニカルな検査車が設置されていた。検査車の構造から、ドイツ人の機械に対するこだわりの気質も感じられた。

4. あとがき

国際会議の開催されたインスブルックは、“イン川にかかる橋のある町”という意味からきており、その名のとおりイン川沿いの街で、周りをチロルの山々に囲まれている。市内は半日も歩けば回れる程度の大きさである。会議場は旧市街のはずれにあり、道路をはさみ王宮庭園に面し、隣はハプスブルク家の王宮というまさに伝統を重んじるヨーロッパの国際会議場というものであった。

橋梁視察はドイツのライン川に架かる橋を中心に行った。古くは40年以前に作られた橋梁もあるが、今日でもその斬新性、かつ、構造的合理性には、技術者として敬服するばかりであった。その半面、ほとんどの橋梁において、下部コンクリートに石積みを擬した化粧が施されるなど、繊細で環境を大切にする気質が垣間見えた。

新しい技術を進んで取入れながら伝統を重んじる、そんなヨーロッパの技術者の姿を感じた視察であった。

参考文献

- 1) Ishihara, Y. et al. : Bending Behaviour of Sandwich Member Using Steel Shell with Joint, Composite Construction, pp.495-500, Sept.1997
- 2) 桜井順, 他 : MMST工法の実用化に関する研究, 土木学会第51回 年次学術講演会, pp.224-225, 1996.9
- 3) RSESグループ : 欧州土木構造物補修・補強調査報告(その3), 土木施工36巻7号, pp.103-104, 1995.9
- 4) 欧州PC斜張橋調査団 : 欧州PC斜張橋技術調査報告書
- 5) 海洋架橋調査会 : 橋と景観 ヨーロッパ編Ⅰ・Ⅱ

【1998年3月4日受付】

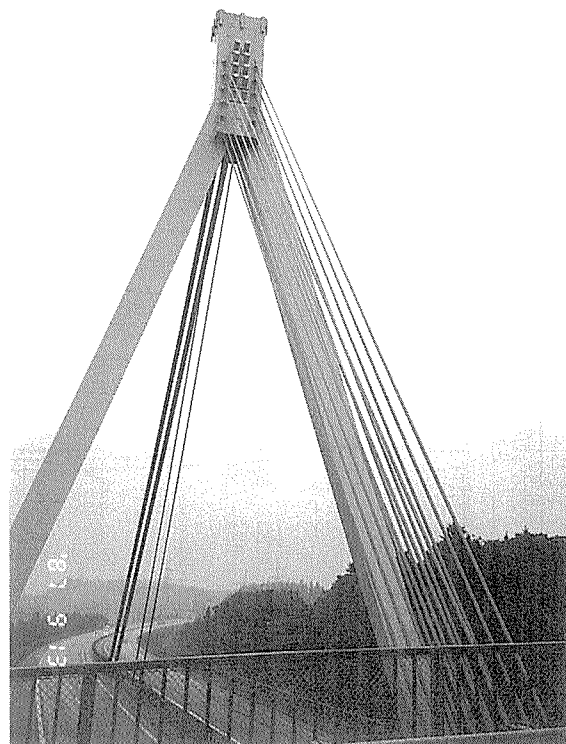


写真-10 タールオーベルアルゲン橋 (斜張橋部)