

第10回 世界地震工学会議に参加して

長谷川 敏之¹⁾

1992年・夏、オリンピックおよび万国博覧会で沸いたスペインにおいて、第10回世界地震工学会議が開催された。

本文は、この会議の様子と、会議後視察したスペイン・ドイツの橋梁を中心とした構造物について報告するものである。

はじめに

1992年夏、スペインは世界中の注目をあびていた。バルセロナではオリンピック、セビリアでは万国博覧会、と大きなイベントが行われる時期に、首都マドリードでは第10回世界地震工学会議が開催された。

この国際的に非常に権威のある世界地震工学会議で発表する機会を与えられ、京都大学渡邊教授以下11名のグループで7月17日～7月31日までの15日間スペイン・ドイツの2ヵ国を訪ねた。

本文では、第10回地震工学会議の様子とスペイン・ドイツの橋梁を中心とした構造物について報告する。

1. 参加者および日程

今回の発表および橋梁視察参加者は、表-1に示す11名であった。

また、旅程を表-2に、訪問先を図-1に示す。

表-1 参加者

氏名	所属
団長 渡邊 英一	京都大学工学部土木工学教室
澤田 勉	徳島大学工学部建設工学科
平尾 潔	徳島大学工学部建設工学科
神山 真	東北工業大学工学部土木工学科
森地 重暉	東京理科大学理工学部土木工学科
杉戸 真太	京都大学工学部交通土木工学教室
篠崎 祐三	京都大学工学部建築学科
釜江 克宏	京都大学原子炉実験所
田居 優	大阪土質試験所
長谷川敏之	駒井鉄工(株)橋梁設計部
山口 岳	京都大学大学院環境地球工学専攻

表-2 旅程

月日(曜)	滞在先	行動内容
7/17(金)	大阪発	移動(大阪→フランクフルト)
7/18(土)	マドリード	移動(フランクフルト→マドリード)
7/19(日)	マドリード	第10回世界地震工学会議レセプション
7/20(月)	〃	第10回世界地震工学会議出席
7/21(火)	〃	〃
7/22(水)	〃	〃
7/23(木)	〃	〃
7/24(金)	〃	〃
7/25(土)	〃	アビラ, セゴビア橋梁視察
7/26(日)	〃	トレド橋梁視察
7/27(月)	マドリード発	移動(マドリード→フランクフルト)
7/28(火)	フランクフルト	フランクフルト橋梁視察
7/29(水)	フランクフルト	ハイデルベルグ橋梁視察
7/30(木)	フランクフルト発	移動(フランクフルト→大阪)
7/31(金)	大阪着	



図-1 訪問先

1) 大阪橋梁設計部設計二課係長

2. 第10回世界地震工学会議(スペイン・マドリッド)

「赤茶けた荒涼とした大地、まるで西部劇のロケ地の様…。これが日本を飛び立って24時間後に見るスペインの第一印象であった。

このスペインの首都マドリッドで第10回地震工学会議が開催された。

4年に1度、オリンピックの開催される年に、その開催国で行われるこの国際会議は、地震工学に携わっている研究者にとって、1つの節目となる重要な会議である。今回の第10回会議には、世界各国から約1,500人の参加者があり、その約1/3が日本からの参加者であったことから、地震国日本を象徴している。

会議の期間は、7月19日～7月24日の6日間で、各研究部門に分かれて活発な討論がなされた。会議はマドリッド市内の国際会議場でおこなわれた。

会議の議題としては、以下のとおりであった。

- ① Damage in recent earthquakes.
- ② Earthquake observation and data processing.
- ③ Seismic risk and hazard.
- ④ Strong ground motion. Site effects.
- ⑤ Dynamic properties and response of soil.
- ⑥ Soil structure interaction. Foundations.
- ⑦ Seismic isolation.
- ⑧ Constitutive modelling under earthquake loading.
- ⑨ Experimental methods and tests of structure and elements. Benchmarks and databanks.
- ⑩ Structural analysis and design.
- ⑪ Special structures and industrial facilities.
- ⑫ Repair and retrofit of structures.
- ⑬ Lifeline systems.
- ⑭ Seismic codes and standards.
- ⑮ Seismic risk mitigation and socioeconomic issues.
- ⑯ Urban planning. Microzonation.
- ⑰ Expert systems applications.

私の発表は、3日目の7月21日であり、発表の題名は「The Effective Cross Section for Strength and Ductility」で、鋼製橋脚に着目して、どのような断面形状が地震に対して有効なのかを研究したものである。なお、論文の内容については、本技報の「強度・ダクティリティに基づく鋼製橋脚の有効な断面形状に関する研究」を参照願いたい。発表するまでは、不安な気持ちでいっぱいであったが、渡邊教授直伝のジョークのおかげで、発表はスムーズに行うことができた。そして余程説得力があったのか、全く理解されなかったのか、発表に対する質問はなかった。

世界的には鋼構造の耐震設計分野は、まだまだ進んでおらず、発表件数もコンクリートと比較して少なかった。

発表後も主に耐震構造に関する研究発表を注目したが、アクティブダンパーを使った制震構造など実用的な研究がみられた。また、他のセッションでは、1989年のロマプリータ地震や1990年のフィリピン地震など地震の調査結果の生々しい報告やファジー理論を用いた危険度解析など興味深い研究もみられた。

日本の研究は、世界各国の研究者から注目されているようで、日本の研究者の発表に対しては質問が集中していたようであった。



写真-1 国際会議場前で渡邊教授と筆者



写真-2 開会式



写真-3 論文発表

3. スペイン マドリードの橋梁

真夏のマドリードは非常に暑い町であった。強烈な陽射しの中で重厚な中世の建造物が近代的な建物に見事に溶け込んでいた。王宮やスペイン広場など歴史的建造物にふれる度に、過去と現在が交錯した不思議な感動を覚えた。

マドリードの橋梁は主に高架橋であり、主要な橋のほとんどがコンクリート製で、鋼製は横断歩道橋の一部にみられるだけであった。

その中で最も印象的だったのが王宮の近くでセゴビア通りに架けられているアーチ橋である(写真-4)。3連のライズの高いアーチ構造を有するこの橋は王宮などの歴史的建造物にとけ込むような景観的配慮が感じられ、橋梁の規模以上に大きく、迫ってくるものを感じた。強烈な陽射しに、その真っ白な橋体がまぶしく光っていた。

マドリード市内の道路横断施設については、その中心部では横断地下道がつくられており、横断歩道橋は効外において鋼製のものがかなりかけられている。これらは、構造的に特色はそれほどみられないが、主桁については、継手位置が分からない程であり、美観には相当気配りをしていることが感じとられた。また、両側には緩いスロープが設けられているものが多く、使用上の気配りも充分行われているようだった。そして、その支柱は、日本では考えられないくらい細いものであり、日本の歩道橋を見なれている目には怖くて渡れない程の感じを与えるものであった(写真-5)。

日本とスペインの地震に対する考え方が全く異なることを目のあたりにし、地震が建造物に与えるであろう大きな力をまざまざと感じたものである。

4. スペイン マドリード近郊の橋梁

(1) セゴビアの橋梁

マドリードから北西へ約90km、グワダラマ山脈を越えたところに位置するセゴビアにある巨大な水道橋に、私は呆然と立ちつくしてしまった。

悪魔の橋と呼ばれるこの水道橋は、古代ローマ時代から都市として栄えていたセゴビアの街の入口にそびえ立っている(写真-6)。

全長728m、幅4m、高さ約30mで167径間のアーチにより構成されており、2世紀の初め頃に、町に水を供給するために造られた水道橋である。

この橋は、グワダラマ山の花崗岩だけで造られており、セメントなどの接着剤は一切使用されていないとのことである。

現在は、一部修理中とのことではあったが、2000



写真-4 セゴビア通りのアーチ橋



写真-5 マドリードの横断歩道橋



写真-6 悪魔の橋



写真-7 アルカンタラ橋

年もの年月の間、ほぼ原形のままで残っている姿にローマ時代の土木技術の水準の高さを感じずにはいられなかった。

これも、日本と違い、大きな地震が発生しなかったことによるものであり、あらためて自然環境と歴史的構造物とのかかわり合いを痛感したものである。

(2) トレドの橋梁

紀元前2世紀、ローマ時代に建設された城砦都市トレドは、マドリードの南、約70kmに位置している。

外部からの侵入を最小限に食い止めるため、3方をタホ川に囲まれていながら主要な橋は少なく、14世紀に建造されたアルカンタラ橋(写真-7)とサンマルティーン橋(写真-8)の2橋が東西に城塞橋として建設されているのみである。それぞれが橋の両側にどっしりとした橋門を有しており、より一層の重圧さをかもしだしている。

単に交通手段としての橋ではなく、城塞としての橋に重厚感を覚えたのは私だけだろうか。橋の持つ役割を忠実に設計・施工に反映させることの重大さをしみじみと感じた。

(3) アビラの橋梁

11世紀キリスト教徒がイスラム教徒の侵入を防ぐために建造した城壁は、全長2,500m、高さ12m、幅3mの規模で市街を囲んでいる。

このアビラの街へのアプローチ部に建造されている石造アーチ橋(写真-9)も歴史を感じさせるものであった。2橋の石造アーチが平行にかかっており、手前に崩れ落ちそうな、今では歩道橋として利用されている古いアーチ橋があり、そのすぐ後方に現在



写真-8 サンマルティーン橋



写真-9 アビラの石造アーチ橋

の比較的新しい石造アーチ橋がある。この二つの橋をながめると、歴史の重みを感じる。時代を超えた2橋が同時期に供用されているのである。なんとすばらしいことだろう。

実際に歩いて渡ってみたところ、石造の高欄の低さが気にかかった。今後このような歴史上の橋梁を現在の時代に供用してゆくためには、安全面からある程度の構造変更は、やむを得ないのかも知れない。

5. ドイツ フランクフルトの橋梁

情熱の国スペインを離れ、東西統一がなされたドイツへと向かった。

私達が訪れたのは、ヨーロッパの金融の中心地として繁栄する都市、フランクフルトである。高層ビルが林立する中にも歴史的なたたずまいが残るこの街を静かにゆったりと流れるのがライン川の支流にあたるメイン川である。

このメイン川にもたくさんのユニークな橋が架かっており、歴史を感じさせる古い橋と近代的な橋とがミックスされていた。河川に架かる橋ということで、鋼橋が主流であった。

(1) フリーデンス橋

プレートガーダー橋の本橋の横にラティストラス構造の仮橋(写真-10)を設けて、本橋の補修を行っていた。全てが同形状のボルト継手のプレファブ構

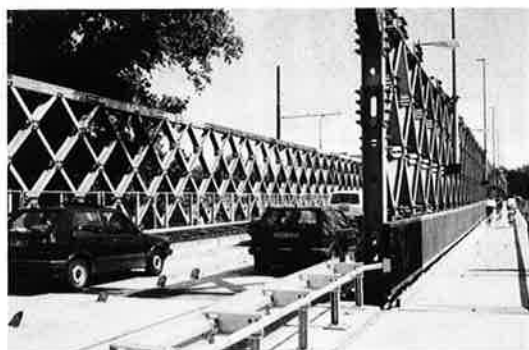


写真-10 フリーデンス橋の仮橋



写真-11 ホルバイン橋

造となっており、必要に応じてつき足せる合理的な構造となっていた。

路面を走る市電も通っており、非常に交通量も多い区間での工事であり、交通の切り換えに苦労があるようであった。

(2) ホルバイン橋

非常にシンプルでおしゃれな歩道橋(写真-11)であった。

構造的には、斜めケーブルで主桁を吊り下げた珍しい吊橋である。ただし、細部構造はいたってシンプルであり、ケーブル定着構造は非常に単純なものである。ケーブルアンカー部も表面に見える範囲では非常にコンパクトな構造をしている(写真-12)。

この橋のもう一つの特徴は、その豊かな色彩である。主塔は青、主桁は赤、主桁をはさむ化粧板は白、そしてケーブルもメインケーブルは赤、ハンガーケーブルは白と実に見事なまでにカラフルである。

この大胆な色使いがこの橋にピタリと合っているのである。

(3) アルテ橋

昔からの石造りのアーチ橋を途中で切って、中央径間部分をプレートガーダーにおきかえたようにみえる(写真-13)。そのように造っているのかどうかは定かではないが、昔ながらの石造りアーチと現代のプレートガーダーとのとり合わせが斬新である。

これは、いわゆる旧橋の有効利用であり、メイン川には他にアイゼルナー小橋が完全に川からとりはずされ、補修された後、陸地での横断歩道橋に生まれ変わるとのことである。非常に合理的な考え方である。

(4) オーバーメイン橋

リンゴ酒で有名なザクセンハウゼンへの侵入路にあたるのがこの橋(写真-14)である。

一見、鋼製に見えるこの橋は、2主桁のコンクリート箱桁が主要部分で、両外側をスパンドレルブレースドアーチで支えている。

また、レンガ色の下部工と上部工の緑色とが調和している。これも非常におもしろい構成である。

(5) フロッサー橋

メイン川に架かる橋で最も印象的だったのがこのコンクリート斜張橋(写真-15)である。

主塔上部のゴツゴツした形状がいかにもドイツの(堅い)であった。

3径間のうち斜張橋としての構造は中央から片側のみで、もう一方は変断面箱桁構造となっている。



写真-12 ホルバイン橋のケーブルアンカー部



写真-13 アルテ橋



写真-14 オーバーメイン橋



写真-15 フロッサー橋

主塔の扇のように見える部分に日の丸が上がっているように見えたことが非常に印象的であった。

6. ドイツ ハイデルベルグの橋梁

フランクフルトの南方、約100kmのところにあるハイデルベルグは、中世が香る城下町である。

緑に包まれた小高い丘に建つハイデルベルグ城から見たネッカー川に架かる18世紀に建造されたカール・テオドル橋(写真-16)はレンガ色の家並みと緑に包まれ、実に幻想的で中世から時の流れが止まっているかのようで非常に印象的であった。

橋そのものの石造りの造形美にも増して、ハイデルベルグ全体の風景、雰囲気非常にすばらしくとけ込んでいた。

あとがき

今回の世界地震工学会議出席およびスペイン・ドイツ視察は、団長 渡邊英一教授のおとりはからいのおかげで、専門分野が異なる方々が多い中、団体としての行動は最小限におさえ、各人の専門とする分野により、興味ある項目についての視察を行うことが出来たことが非常に有意義であった。

また、現地に来るだけふれるという意味から、現地での移動もチャーター便ではなく、地下鉄、鉄道、バスなど現地での通常の交通手段を多く使うことを心がけた。おかげでいろいろな角度から町の様子や構造物をとらえることが出来、非常にユニークでダイナミックな視察を行うことが出来た。

今回の参加者は大学の先生方が主体であり、皆様英語が堪能な方ばかりで私一人がうろろうしていた印象が強く、先生方にはたいへんご迷惑をおかけした。これからの橋梁技術者は外国企業参入、技術交流などの観点から外国語が必要になることは必至である。必要になってからでは遅く、やはり英語は日常会話程度までは話せるようになりたいものである。

なお、今回、地震工学会議で発表した論文は、平成2年度、平成3年度と2年間京都大学工学部の受託研究員として研究させて頂いた内容を英文にまとめあげたものであり、2倍の競争率で査読に合格したものである。私にとっては非常に光栄なことである。この間大変お世話になった渡邊教授をはじめとする京都大学工学部構造力学研究室の皆様には、心からお礼を申し上げます。

またこのような、貴重な体験の場を与えて下さった会社や職場の皆様には感謝の意を表します。

最後になりましたが、地震工学会議、およびスペイン・ドイツ橋梁視察調査の間中、非常にお世話になりました団長 渡邊英一教授、幹事役を行って頂いた杉戸真太先生、また同行させて頂いた方々に、感謝致します。

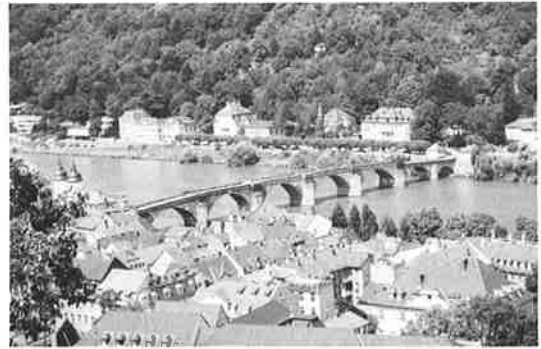


写真-16 カール・テオドル橋

なお、最も印象に残ったのは、最終日、フランクフルトのホテルで行った反省会での渡邊教授のドイツ語による美しきローレライの歌声と、杉戸先生の奏でるギターのしらべであったことを付記しておきます。

本当にすばらしく有意義な体験でありました。

雑記

① マドリードはPM10:00頃まで明るく、街角では歩道に露店を出して夜おそくまでお酒を飲みながら楽しんでいる。その生活状態に余裕さを感じられる。次の日の発表のためにあたふたとホテルへ急ぐ我が身をなさげなく感じたものである。

要するに価値感の違いなのだろう。

② スペインで道を尋ねたら、地元の人に話すようにスペイン語で答えてくれた。日本人と分かるはずもないのだから当たり前のことではあるが、こちらがよく分からない様なしぐさをして、おまいなしにとことんまで教えてくれる。

解放的で親切な国である。

③ ドイツは車優先社会であると感じた。一方通行が多く、歩行者の青信号が何と短いことか。また、日本とちがって赤信号の次に黄色信号がきて青へと変わる。すなわち、もうすぐ青信号になりますよと知らせて準備をうながしている訳である。

直交方向の信号をかくそうとしている日本では考えられないシステムである。

④ スペインとドイツの2ヶ国の訪問だったが、非常に対象的な国だったがために両国の特色をとらえることが出来た。

人によっていろんなとらえ方があるかもしれないが、私なりに感じたところによると、スペインの赤に対してドイツの緑、また暖かさに対してクールさ、そして泥臭さに対して洗練であった。