

橋梁景観論の歴史的変遷と構造エンジニア

鈴木 圭*

はじめに

1890年代に鉄筋コンクリートが普及し、第一次、第二次世界大戦の間に発明されたプレストレストコンクリートの出現を経て、現在に至る1世紀の間、時代のシンボルとなる数多くの土木構造物が造られてきた。なかでも橋梁は、技術、材料の進化、文化の変遷とともに、新しい構造美が追及される土木構造物の一つであるといえる。

コンクリート橋の美しさには、背景とは独立した橋梁自身の美しさと、橋梁のフォルムとそれを取り囲む環境との関係から生じる美しさがある。美しいと賞賛される橋梁は、たいがいその両者が満足されているものである。

日本におけるシビックデザインについての論議は、高度経済成長時代の反省を踏まえ、『後世に残る景観的にも優れた土木構造物を建設するためには、エンジニアは何をしなければならないのか』を問うことになった。この本質的な命題は、鉄筋コンクリートが構造部材として使われるようになった1890年代から、それをういて新しい構造に挑戦してきたエンジニアが自ら問い、答を求めてきた、いわゆる歴史を越えた課題であったといえる。

橋梁景観の重要性は、常に偉大な橋梁エンジニアに

よって認識されてきた。彼らに共通なことは、長年、構造計算や現場管理を経験するなかで、その時代の要請に応じた施工技術や、新しい構造を考案する創造性と、構造物の景観、フォルムについて深い洞察力を備えていることである。彼らのエンジニアリングセンスは、示方書に精通し、これを遵守することから生まれたものではなく、技術的に新しい問題に挑戦し、それを解決する過程で生まれている。また、デザインセンスは、『建設する』という行為を通じて、RC、PC、複合材料の無限の可能性を認識し、技術的な問題解決のプロセスがどのような美的効果を生むのかを検討する過程において備わったものだといえる。ここでは、『橋梁の景観論が歴史的にどのように展開されてきたか』について、『景観的に優れた橋梁はどのような過程で生み出されていったか』について、代表的な橋梁エンジニアに焦点を当て述べることにする。

2. 次世代へのメッセージは、歴史の中にある

1992年10月、横浜で開催された国際斜張橋会議において、世界に名だたる構造エンジニアがスパン1000mを超える未来の長大斜張橋について講演されるなかで、ただ一人、歴史的なスイスの橋梁デザイナーの作品を紹介された方がいた。シェル構造物の研究者であり、橋梁の技術史家でもあるプリンストン大学のD.P. ビリングトン教授である。講演の最後に、会議の出席者に向けて述べられた言葉が印象的であった。

『次世代へのメッセージは、歴史の中にある。』

美しい橋を設計したいと望むエンジニアであるなら、歴史的に優れた構造デザイナーの作品を振り返り、なぜそのようなデザインが生まれたのかを分析することが大切である。特に、デザインに関する設計者の姿勢、思想、哲学をその時代の技術的、文化的背景を踏まえながら検証することが、時代の要請に応じた新しい橋梁の構造デザインを創造する切っ掛けとなるのではなかろうか。残念ながら土木の分野において、このような観点に立ち、歴史的土木構造物のデザイナーおよび作品が扱わ



* Kei SUZUKI

鹿島建設㈱

土木設計本部企画設計チーム 副主査

れたことはまれであったといえる。一方、建築においては、歴史的な建築家であるガウディ、フランク・ロイド・ライト (1887～1965)、ルイジ・ネルヴィ (1891～1979) を始めとして現代のノーマン・フォスターに至るまで、彼らの作品はいつでも見ることができ、デザインに対する姿勢も学ぶことができる。また、大学の技術教育においても、建築史または同類の講座において研究や講義が行われている。土木の分野においては、構造デザインと技術という観点から、歴史的な構造エンジニアの設計姿勢、思想をとらえ、さらにデザインを研究することが望まれる。

現在、世界的に活躍されている構造エンジニアの方々の話しを伺うと、彼等の思想や作品のなかに、このような歴史的なエンジニアの存在を感じることができる。まず、それを知る切っ掛けとなった歴史的な橋梁デザイナーの展示会のことから話しを進めることにする。

3. ロベール・マイヤールと我々？

1990年11月、チューリッヒにおいてスイスの生んだ橋梁デザイナー、ロベール・マイヤール (1872～1940) の没後50年を記念して展示会が開催された。

マイヤールは、鉄筋コンクリートがまだ新材料であった時代に、その材料の可能性と有用性を認識し、彫塑するかのごとく芸術的に、しかもユニークにその材料を用いた構造エンジニアである。箱桁 (写真-1)、2主版桁 (写真-2)、ピルツデッキ、およびコンクリートシェル構造 (写真-3) 等、わずか40年間に、現代のコンクリート橋の主流を占めるタイプを実現してしまった。しかも、構造力学が十分に発達していたとはいえない時代においてである。会場には、マイヤールの設計した橋梁の写真、模型、図面が展示され (写真-4)、次々と新しい構造フォルムを生みだしていった経緯が紹介されていた。この展示会は、翌年、ドイツのシュツットガルト工科大学と、ミュンヘン工科大学においても開催され、土

木、建築を専攻する学生の間でも歴史的な構造エンジニアであるマイヤールへの関心が高まった。

とりわけ印象的であったことは、ガンター橋のデザイナーとして知られているスイスのクリスチャン・メン教授や、吊り形式の橋梁に斬新なアイデアを提案するドイツのヨルグ・シュライヒ教授など、現役の構造デザイナーにも彼の設計姿勢と作品は高く評価され、多大な影響を与えていることである。1991年6月、シュツットガルトで開催されたマイヤール展の初日、シュライヒ教

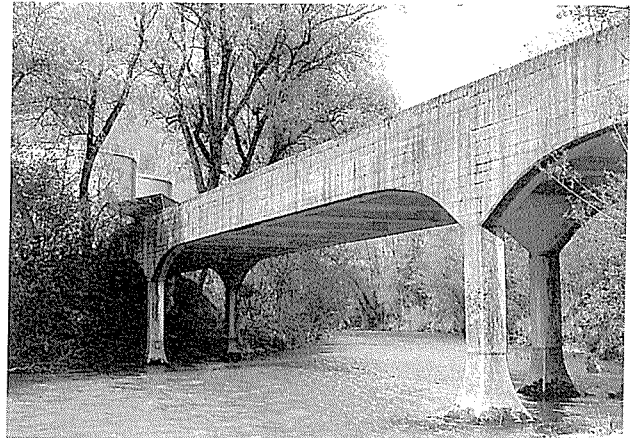


写真-2 ビルス川橋 (2主版桁構造, 1935年)

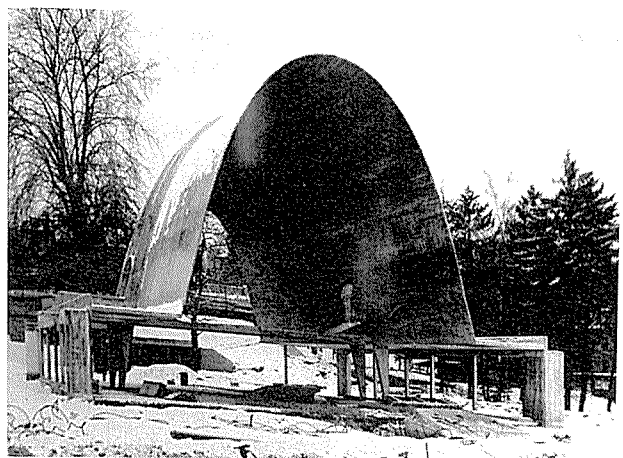


写真-3 セメントホール (シェル構造)



写真-1 トゥール川橋 (箱桁構造, 1904年)

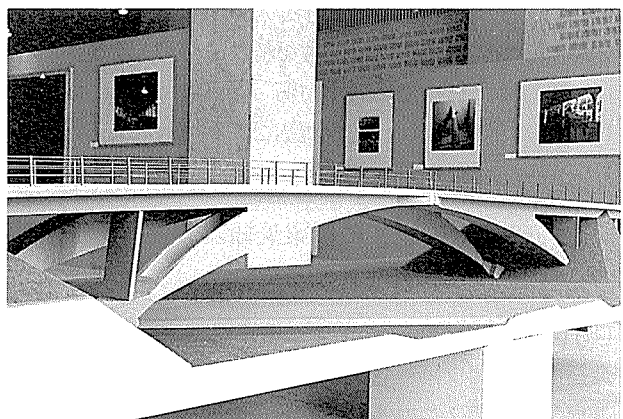


写真-4 マイヤールの展示会

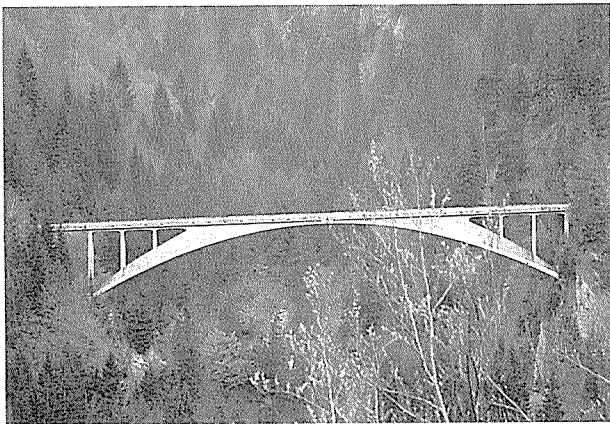


写真-5 サルギナトーベル橋 (3 ヒンジアーチ)

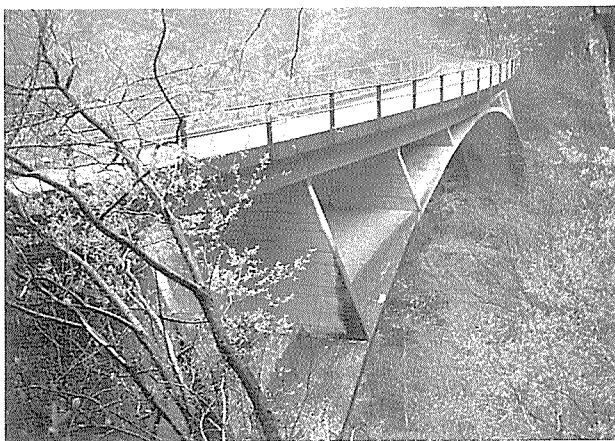


写真-6 シュバントバッハ橋 (補剛アーチ)

授は『マイヤールと我々?』¹⁾と題して講演を行い、『現代は施工技術、新材料が高度に発達した時代でありながら、なぜマイヤールがかつて実現したように、新しい橋梁フォルムが生まれぬのか?』と聴衆に問い掛けた。シュライヒ教授は、現代の歴史的観点に立ってマイヤールの業績を明らかにするとともに、創造的なエンジニアの生涯の彼の発想を振り返ることの重要性を明らかにしたのである。

マイヤールのデザインした橋梁の傑作は、サルギナトーベル橋 (1930 年) (写真-5)、シュバントバッハ橋 (1933 年) (写真-6)、テス川橋 (1934 年) 等、1930 年代に集中している。これは、彼の橋梁の景観に関する思想に、影響を及ぼした出来事があったからである。それは 1928 年に開催された国際会議に出席したことに発端があったのではなかろうか。

4. 1920～30 年代の橋梁景観論

1928 年 9 月 24 日、第二回国際橋梁・構造工学会議 (IABSE) がウィーンにおいて開催された。この会議の会長であったウィーン工科大学のフリードリッヒ・ハルトマンは、テクニカルセッションのオープニングにおいて『橋梁の景観』²⁾について講演し、橋梁設計における

エンジニアと建築家の役割について論じた。テクニカルセッションの部門で橋梁の景観を論じた意義は大変大きい。つまり、景観論を技術論と同等に論議する基盤を築くとともに、IABSE では欠かすことのできないテーマとなったからである。この問題は、今日においても共通で、橋梁構造と景観は切り離すことはできない。

ハルトマンは鋼製アーチ橋のスプリングの部分に中世の城門を取り付けたデザインを例にあげ、19 世紀の建築家によってデザインされた過度に装飾的な橋梁を批判した。こうした風潮は、残念ながら 1 世紀以上も続いたのである。橋梁設計の仕事に建築的な要素も含めてエンジニアの手に復権させようとしたのがハルトマンであり、彼の論旨は以下に示す彼自身の言葉の中に表されている。『今日、橋梁デザインの傑作は、エンジニアと建築家の密接な協力関係のもとに生まれたというドグマがある。しかしながら芸術分野において、傑作といわれる作品は協力によって成しえたものがあるだろうか。今日、建築家は自分ひとりで、橋梁デザインの傑作を実現することはできないのである。橋梁デザインは、エンジニアだけが理解しえるそれぞれ異なった条件のもとで実施されなければならないがゆえに、エンジニア自身が橋梁構造に関する景観的な部分も扱わなければならない。』

また、大学教育における景観の位置付けについても次のように述べている。『エンジニアが橋梁の景観について責任を持たなければならないと同様に、橋梁工学の教授についても同じことがいえる。景観を独立した科目とするのではなく、構造工学の中に統一することが重要である。』

彼の指摘したコンクリートアーチ橋の景観的な問題点に着目すると、当時最大のスパンを誇るスイスのグミュンダートベル橋 (写真-7) を例にとり、アーチリングや鉛直壁がマッシブで重々しい感じを与え、周辺の渓谷には合わないことを指摘し、むしろ鋼製アーチ橋のようにスレンダーで、軽快な印象を与える構造が望ましいことを述べている (写真-8)。ハルトマンの論文は、多くの

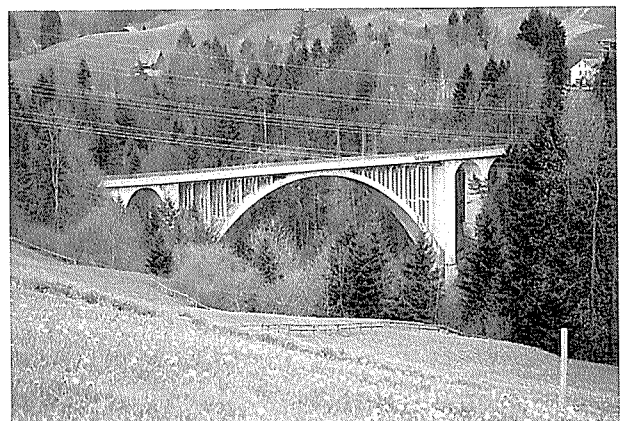


写真-7 グミュンダートベル橋

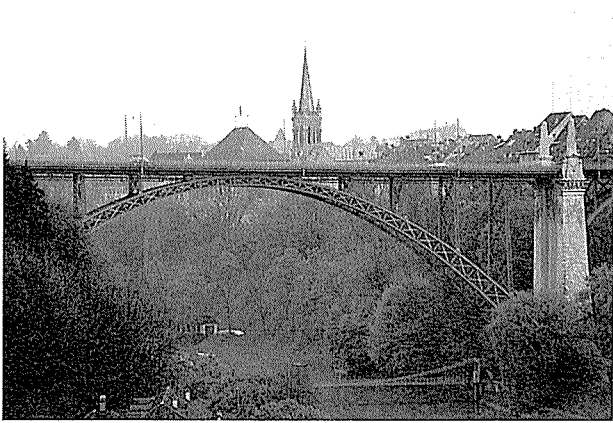


写真-8 ベルンの鋼製アーチ橋

イラストや橋梁の写真をもとに、批判的なコメントを述べているが、この姿勢は現在でも橋梁景観を論議する場合に、大切なことではないだろうか。ハルトマンは会議の開催された1928年に、『橋梁の景観』³⁾と題する本を出版している。彼の景観論の特徴は、系統的に事例を扱うのではなく、景観について一定のガイドラインに従った議論を避けているところである。ハルトマンの講演後、参加者の間で討議が進められているが、おそらくこの中に、マイヤールの顔があったと思われる。

5. アーチ橋のスレンダーネスを巡る論議

ハルトマンの景観論は、ヨーロッパ各国に影響を及ぼした。ドイツのヘルマン・ルックヴィードは、当時、アウトバーン建設局のエンジニアであったが、1933年に『橋梁景観』⁴⁾を出版した。この本には、1925年から1933年の間に唱えられた橋梁景観論が概説されており、ルックヴィードの橋梁の景観に関する考え方も述べられている。彼は、橋梁の景観は建築の分野の一つであると考えていたが、橋梁の景観を分析するにあたって『統一性、対称性、直線性、コントラスト、プロポーション』に着目することを唱えた。おそらくこの本が最初に橋梁の景観特性を明確に表現したものではないだろうか。しかしながら着目すべき項目の中に、スレンダーネスが含まれていない。当時はまだプレストレストコンクリートが発明されていなかったために、コンクリート橋のスパンを飛ばす橋梁形式はアーチであった。また、アーチの構造系としては固定式アーチが一般的であったため、スパンが大きくなればなるほどアーチ部はマッシブにならざるを得なかったのである。勿論、アーチの構造形式としてヒンジ形式と固定式のどちらが良いかという議論は1900年から40年代にかけて行われている。ヨーロッパのアーチ橋を視察したアメリカ人のデイビッド・モリトーは、1889年に『3ヒンジ式石層アーチ』と題して論文を発表し、3ヒンジ式アーチの特徴として、以下の4点を挙げている。

- ① コンクリートのひびわれに対して有利であること。
- ② 維持補修費が少ないこと。
- ③ 構造景観が優れること。
- ④ 不静定次数が少なくなるために、部材の応力を算定する可能性が高まったこと。

一方、1930年のアメリカの教科書においては、固定式アーチがもっとも一般的であり、ヒンジ付きアーチの場合には材料を低減することはできても、ヒンジの施工によって経済性が損なわれるという考えかたが主流であった。しかし、アーチのスレンダーネスを追究することができなかった根本的な原因は、これを理論的に解明することができなかったことである。特に、アーチ橋に荷重が作用した時の桁とアーチの荷重分担性能の解明は、より進んだ解析手法の出現を待たなければならなかった。

6. 補剛アーチの出現

このような状況で、1925年にマイヤールが設計したファルツシールバッハ橋(写真-9)は、大きな反響を巻き起こした。この橋は、アーチスパン43.2m、スパン/ライズ比も8.3:1というフラットなアーチ橋である。さらにアーチリングは薄い板状であり、これまでのマッシブなアーチ橋に比較して想像を絶するほどスレンダーであった。これが、現在の補剛アーチであり、当時としては初めて出現した構造形式であった。この構造的な特徴は、活荷重が片側載荷された時に、桁の部分の剛性が高いために、桁とアーチの変形が小さくなることである。マイヤールが、この構造に対して大きな自信を持つことができたのは、1901年以来、自分の設計したアーチ橋に対して荷重載荷実験を行い、3ヒンジ式アーチ橋の挙動を把握してきたからである。1933年10月のスイス建設工業新聞において、前述のルックヴィードがヴァルツシールバッハ橋を評して、あまりに薄く、あま

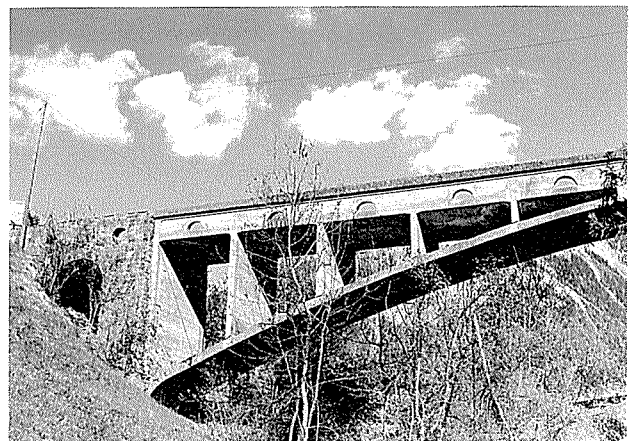


写真-9 ファルツシールバッハ橋

りにフラットな橋梁であると批評した⁵⁾。彼にしてみれば、アーチは重厚であることが望ましく、そのほうが均整のとれた構造であると考えていたのである。

しかし、マイヤールの考え方はこれとは異なっていた。それは、次に示す彼の言葉からでも分かる。

『構造物はマッシブであるがゆえに予測できないひびわれが発生しやすくなる。構造物のスレンダーネスを追求することは、耐久性の向上のみならず経済性の向上にもつながるのである』⁶⁾。

マイヤールは、さらに補剛アーチ構造を曲線橋と斜橋に応用することを試みている。曲線橋と斜橋にアーチ構造を適用する場合、アーチのねじりなど構造的な問題に直面する。1931年のスピタール橋(写真-10)は、マイヤールが初めて補剛アーチ構造を斜橋に適用した事例であり、技術的に新しい問題に挑戦した結果、動きのある構造美が実現された橋である。床版を支持するのは1本のアーチではなく、2本の同じ形状のアーチとし、アーチを橋軸方向に互いに3mずらして配置した。2本のアーチは互いに独立した構造ではなく、鉛直壁を介して相互に一体化されているために、鉛直壁の橋軸直角方向のラインが3次元的に変化する結果となり、動きのある構造景観を演出することになった。1934年のシュバントバッハ橋(写真-6)は、補剛アーチ構造を曲線橋に適用した事例である。構造的なねじりの問題は、アーチを直線配置とし、床版部分を道路線形に沿って曲線に配置することによって解決された。

床版とアーチをつなぐ鉛直壁は、曲線の外側に向かって末広がりとなっているために、曲線外側からの景観がユニークである。一方、曲線内側からの景観は、床版はアーチの曲率と一致しているために、あたかもアーチ全体が曲線状に配置されているかのような錯覚に陥る。マイヤールの構造は斬新であるがために、彼の設計した橋のほとんどが、あまり裕福ではないスイスの山村に架けられている。しかし、ほとんどが民主的な設計競技によって低価格で入札されている。これは、マイヤールが新し



写真-10 スピタール橋(補剛アーチ)

い構造に挑戦しながらも、絶えず経済性を追及していたことを物語っている。そうした意味において、マイヤールは構造エンジニアと建築家の両面を兼ね備えたエンジニアであったということが出来る。

鉄筋コンクリートを用いた場合、スパンを飛ばすにはアーチ構造が適切な構造であったが、ユージェヌ・フレシネー(1879-1962)によるプレストレストコンクリートの発明によって、次第にPC箱桁構造に移り変わっていく。次に、こうした新しい材料が出現した時期の構造デザイナーの設計姿勢について振り返ってみたい。

7. PC時代の構造エンジニアの設計姿勢

1928年にプレストレストコンクリートが発明されて以来、コンクリート橋は新しい時代を迎えることになった。さらに時代は、世界大戦を迎えるが、橋梁架設技術も加速度的に向上することになる。この時代に活躍した構造エンジニアとしては、ユージェヌ・フレシネー(1879~1962)、ピエール・ルイジ・ネルビィ(1891~1979)、ウーリッヒ・フィンスターバルダー(1897~1988)、フリッツ・レオンハルト(1909~)が挙げられる。

ユージェヌ・フレシネー(1879~1962, フランス)

フレシネー工法の発明者であるユージェヌ・フレシネーは、1828年以前には、コンクリートアーチ橋の設計も行っていた。1907年、当時、28歳でフランスの高速道路部で働いていたが、アリエ川に架かっていた古い3本の吊り橋の架替に際し、3径間のトラス・ウェブ構造を有する3ヒンジ式アーチ橋を提案した。ル・ヴル・ドゥル橋はスパンが72.5mで、これは当時、世界最長のスパンであった。高速道路部では、建設コストとして63万フランを考えていたが、石橋は採用すると1スパンしか建設できなかった。しかし、フレシネーは、1910年にはその1/3の21万フランで3橋分を完成させた。その完成直後の1911年にはアーチクラウンが13cmも沈下するという事態が発生する。これは、コンクリートのクリープ現象によるものであったが、彼はフラットジャッキを用いてアーチに圧縮力を与え、たわみをもとに戻すことに成功した⁷⁾。この経験が切っ掛けとなって、コンクリートのクリープ現象の発見とプレストレッシングの発明がなされる。失敗から学んでいくフレシネーの姿勢は、私達にエンジニアリングセンスとは何かを教えてくれる。フレシネーは、構造エンジニアであるが『架設の魔術師』ともいわれている。特に、1930年に完成したエルロン橋(写真-11)は、アーチスパン180mの3径間連続コンクリートアーチ橋で、海上で架設されたものである。架設において、1本の巨大な支保工を、2隻の台船に載せていききに架設地点へと海上輸送

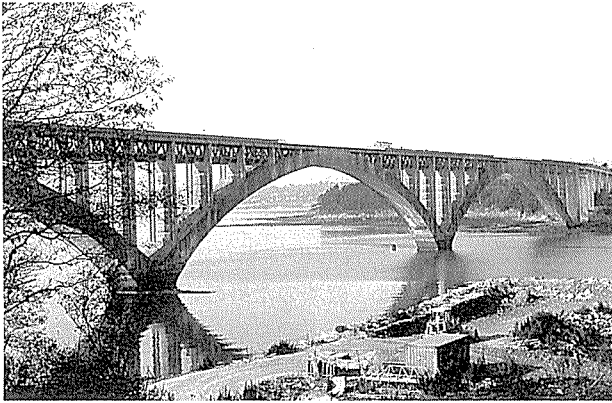


写真-11 エルロン橋

し、経済性を考慮してこれを転用したことは有名である。プレストレッシングの技術は、1946年に完成したマルヌ川に架かるルザンシー橋に適用された。この橋の歴史的な意義は、桁のプレキャスト化、機械化施工とともに、桁のスレンダーネス化を実現したことであり、その後の構造デザインの可能性を大きく拡大したといえる。

■ピエール・ルイジ・ネルヴィ (1891～1979, イタリア)

大規模建築物、リブ付き薄肉シェル構造物のパイオニアである。長年、構造設計や現場管理に従事し、その経験を重ねるうちに、鉄筋コンクリート、プレストレストコンクリートの魅力を認識し、その利点を活かした施工技術を開発するようになった。特に、シェル構造物のプレキャスト化に貢献した1940年の飛行機格納庫は有名である。橋梁構造物では、1958年に施工したフランチャの高架橋に着目すると、鉄筋コンクリートの特性の一つである『造型の自由さ』を追及したネルヴィの姿勢が理解される。上部構造には連続したV字形の薄肉断面を有するプレキャスト桁を採用し、T形橋脚の柱の部分は、コンクリートの可塑性を活かして、柱の断面形状を下から上に向かって十字形から長方形に変化させる心憎い演出をしている。デザインは構造物力学的に裏付けられたものでなければならないという基本思想は、ネルヴィのすべての構造物に共通している。大スパン構造物である飛行機の格納庫の設計プロセスについて、ネルヴィは『最初に、理論的な検討を実施した。次に模型実験等によって技術的な問題が明瞭になるにつれて、その技術上のプロセスがどのような美的効果を生むのか、再度検討した。』⁸⁾と述べている。自らを建築家ではなくエンジニアであると考え、建築家、エンジニア、施工者との共同作業によって『強さ、実用性、エレガントさ』のある構造物を実現した作品と思想は、世界で高い評価を受けた。

■ウーリッヒ・フィンスターバルダー (1897～1988, ドイツ)

ドイツにおけるディビダーク工法の発明者であると同時に、たる形シェル構造の理論的な解明をした構造エンジニアである。景観的にも優れた形態は、技術革新と密接な関係にあることを以下に紹介する。1950年、バルドゥインシュタインのラーン橋において、世界で初めてPC鋼棒を用いた現場打ち張出し架設工法を開発した。ワーゲン(架設台車)を使うことによって、支保工が不要で、型枠も1ブロック分ですむために、この工法は、経済性、施工性を求める時代の要求に合致し、以後、世界的にPC橋の施工技術として普及することになる。ラーン橋はスパンが62mであったが、2年後のヴォルムスのニーベルンゲン橋ではスパンが114mに伸びる。さらに、1965年にはベンドルフのライン橋がスパン200mを超えた⁹⁾。

フィンスターバルダーは、マイヤールの発明したピルツデッキ構造を高速道路橋に応用し、1965年には広幅員30mのエルトツール橋を完成させた。構造は支間37.5mの9径間連続橋である。ピルツデッキ構造は橋脚1本で広幅員の床版を支持することができるため、桁下空間の透視性に優れることから、特に都市の高架橋に用いられた。この頃になると施工性、経済性は重要なファクターとなり、架設工法も高度に機械化されていく。例えば、エルトツール橋の床版の施工には、ゲリューストワーゲン(移動式架設台車)が開発された。これは1スパンを移動式支保工上で一度に架設する工法で、現在のスパン・バイ・スパン工法の原点となった。また、高橋脚の施工には、工期短縮のためにコンクリートを連続して打設するスリップフォームが開発された。吊床版橋は1958年にボスポラス海峡プロジェクトとしてスパン400mの3径間吊床版橋を提案したが実施されなかった。フィンスターバルダーは、上記以外にも、PC斜張橋(第二メイン橋)(写真-12)や、PC卵形消化槽の開発を手掛けている。このようにPC構造物の可能性を追及したエンジニアであるが、橋脚やタワーの造形



写真-12 第二メイン橋

にも優れたものが見える。

フィンスターバルダーの橋梁計画には、建築家ゲルト・ローマーの協力があったことを無視することはできない。橋梁の景観について、フィンスターバルダーは次のように語っている。『私がこれまで景観的に新しい形態を開発できたのは、技術革新による所が大きく、建築家ゲルト・ローマーとの共同作業によってデザインは洗練されていった。鉄筋コンクリートからプレストレストコンクリートへの進化によって、美しい橋梁を創造するための可能性が広がった』¹⁰⁾。フィンスターバルダーはさしずめPC橋時代のマイヤールといえる。

■フリッツ・レオンハルト (1909～)

シュツットガルト工科大学の名誉教授でコンクリートの大家である。PC工法の一つであるバウル・レオンハルト工法の開発や、PC橋の押し出し工法の開発等、革新的な技術を世界に広めるとともに、アメリカのパスコケネビック橋(写真-13)の指導にあたったように長大PC斜張橋の先駆者であることはよく知られている。橋の景観についても造詣が深く、国際プレストレストコンクリート連盟(FIP)やIABSEにおいて国際的な景観分野の指導者としても活躍した。コンクリート橋の景観について論じた『Brücken』は、歴史的な橋梁から近代の斜張橋に至る、あらゆる橋梁タイプを対象としており、景観工学の名著である。レオンハルトの業績については、特に、IABSEの景観委員会における役割について着目したい。それは約50年前に同じウィーンで開催された第2回IABSEにおけるフリードリッヒ・ハルトマンの立場とよく似ているからである。レオンハルトは、1976年9月、東京で開催された第10回IABSEの閉会式で、景観委員会の設立を提案した。このメンバーの中に前述のD.P. ビリングトン教授、日本からは土木学会『美しい橋のデザインマニュアル』編集分科会委員長であった田原保二氏が参加している。

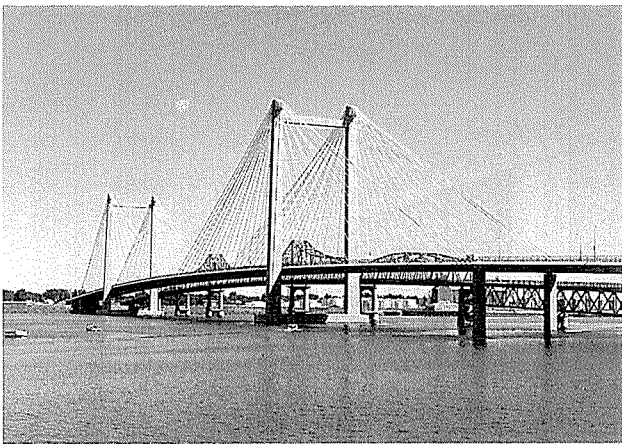


写真-13 パスコケネビック橋

8. 1980年代の橋梁景観論

レオンハルトは、1980年にウィーンで開催された第11回IABSEのオープニングセレモニーにおいて、景観委員会を代表して『構造工学における景観論』¹¹⁾を発表した。科学技術の発展によって人々の生活水準は以前にも増して高まり、物質的には満たされるようになった。しかし、一方では『破壊のための建設』と揶揄されたように、自然の生態系や人間を取り巻く環境の質の重要性に気付きはじめた時期といえる。レオンハルトは、エンジニア、建築家、発注者の置かれた状況を次のように語った。『私達の健康と私達の感じる心地良さというものは、環境の質に依存しており、環境を良くするも悪くするも建築家、エンジニアのみならず発注者に責任を負うところが大きい。構造物の景観的な特性は、個人によっても程度の差こそあるが、無意識のうちに人間の行動に影響を与えるものである。不幸なことに、これまでに多くの醜悪な構造物が造られてきたために、私達の美意識の向上が妨げられ、さらに景観的価値の判断能力を育成することも無視されるようになった。』

このような環境を改善するためにIABSEの中に構造物の景観を扱う景観委員会が組織されたのである。委員会では、景観的な価値をどう判断するか？なぜ、対象物は美しいのか？景観的価値の判断能力はどうしたら得られるのか？といった基本的な命題にまで遡って議論が行われた。そして、橋梁の景観設計について以下に示すガイドラインを提案した。

- ① 以下の関係において均整のとれたプロポーションであること。

構造本体-空間/高さ-長さ-幅/桁の高さ-スパン/光と影による明るい面と暗い面

- ② 外観を決定する構造物の全てのライン、およびエッジが一定の秩序を保っていること。
- ③ 同じ要素が繰り返されること。
- ④ 構造物を環境に調和させること。

この場合、材料の選択が重要である。

- ⑤ 構造物の形は、機能の目的に従って決定する。

『形は機能に従う』というスローガンは、上記のガイドラインが認められない場合は、正しくない。

- ⑥ 橋梁構造物に用いる桁の形状としては、純粋に基本的な桁のタイプ(梁、アーチ、格子、吊り構造、シェル構造、折り板)を用いる。

- ⑦ 景観的な効果を考えると色は重要な要素である。私達の構造物にはもっと色を使うべきである。

使用する色は周辺環境にマッチしたものでなければならない。

このガイドラインに従えば構造物の『美』が保証され

るものではない。また、ガイドラインは厳格な基準として存在するのではなく、根底には常に個人の自由が存在しているのは当然である。しかし、模型等を使って自分でデザインを分析する場合や、批判的にデザインを見る場合には、大変有効であり、景観上の誤りを無くすることに役立つに違いない。

この景観委員会によるガイドライン作成の提案に対して、いち早く対応したのが日本の土木学会であり、1982年には『美しい橋のデザインマニュアル』を出版した。

9. 環境保護を達成した PC 技術

プロトンヌ橋、サンシャインスカイウェイ橋といえ、ジャン・ミューラーの名前が浮かぶ。プレキャスト・ブロック工法を世界的に普及させた構造エンジニアである。フランスのカンペノンベルナル社時代にユージェヌ・フレシネーの一番弟子として活躍し、そのエンジニアリングスピリットを今も継承している。経済性と施工性の合理化を徹底的に追及し、架設工法として・パン・バイ・スパン工法や外ケーブルを用いた構造等、斬新な技術を次々と提案している。アメリカのノースカロライナ州にあるリンコーブ高架橋¹²⁾は、橋長 378.8 m の 8 径間連続箱桁構造であるが、国立公園内に位置するパークウェイであったために、建設のための自然破壊は一切許されなかった。したがって、このような厳しい建設条件のもとでは、誰も手をつけることができなかつたのである。しかし、1978 年、ミューラーはプレキャスト・ブロック工法によって、目的を達成した。頂上の展望台からは橋が見えないようにできるだけ崖に沿って道路線形をいじめたために、カーブが多くなるとともに、曲率はさらに厳しくなった。プレキャスト・ブロックのメリットは、同じ形状のブロックを制作することによって、施工速度を早め、工期を短くすることができる。しかし、リンコーブ高架橋の場合は、曲率や縦断勾配の異なる部分が多いために、ブロックの形状・寸法はそのつど変化させて制作しなければならず、きめ細かい施工管理が要求された。さらに、架設道路を設置することができなかつたために、標高の低い橋台からブロック架設をするとともに、橋脚の施工も桁の上から橋脚用ブロックを吊り下げて施工したのである。景観的な配慮として参考とする点は次の 2 点である。

① 橋脚の断面形状は基本的に 8 面体であるが、内型枠を内に凸の曲面とすることによって、太陽の位置にかかわらず、橋脚表面の陰影効果を狙ったこと。

② 岩肌の色に対して高架橋が自然の一部となるように、コンクリートに酸化鉄を混入し、高架橋の表面を背景の色に合わせたこと。

リンコーブ高架橋は、環境保護と建設という相反する

命題を同時に満足させた事例として、技術的、社会的に評価の高い橋である。

10. 1990 年代の景観論

1990 年にドイツのハンブルグで開催された第 11 回 FIP 大会において、スイスのクリスチャン・メンは『橋梁設計における景観と経済性』¹³⁾について論文を発表した。クリスチャン・メンはガンター橋の設計者としても知られる構造エンジニアであり、チューリッヒ工科大学の教授でもある。マイヤールの橋梁に感銘を受け、彼の補剛アーチ橋構造に PC 桁を適用することによって、鉛直壁のスパンを飛ばすことが可能となった。こうして、アーチスパン 100 m のライヒェナウ橋を完成させた。桁とアーチと空間の構成については大変造詣が深い。これはガンター橋の桁と斜板と橋脚および空間の関係についても同じことがいえる。つまり、景観を除いた構造フォルムとしても美しいということができる。

メンの景観論は、実証主義的で明解である。『構造エンジニアの仕事は、実用的な目的を満足させるために建設することであり、常にある許容範囲以内でコストに対する利益が確保されなければならない。』そして景観の位置付けを次のように定義している。『人間は美しいけれども危険な橋は渡ろうとはしない。つまり、橋梁の耐久性は芸術的な審美性にとって代わられてはならないのである。したがって、橋梁の設計目的は、重要度に応じて以下のようなピラミッドになる。

①安全性→②使用性→③経済性→④景観

これらの関係は、相互補完的であるがために、例えば、設計において景観を無視できるということではなく、良いデザインというのは、これらの要素が満足された時にはじめて達成されるのである。』

橋梁デザインにおけるフォルムの選択について、考慮すべき点は、次の 2 点であると指摘する。

① 構造フォルムと環境の関係

② 背景とは独立した橋梁自体のフォルム

①について、周辺環境のなかに構造物を調和させる場合、最初の課題となるのは路線選定であるが、これは橋梁デザイナーの仕事というよりは道路計画者の仕事にかかわる問題であろう。橋梁デザイナーは、基本的に水平方向と鉛直方向の部材構成を背景に対してどのように調和させるか？という課題に取り組まなくてはならない。その良い例としてスイスのガンター橋(写真-14)を挙げる事ができる。当初、ガンター橋の構造は桁橋が計画されていたが、桁橋の場合は橋脚が高く、桁がスレンダーであるために、鉛直方向の橋脚のラインが強調されてアンバランスに見える。そこで、水平方向ラインを強調するために PC 斜板と塔を取り付けると、橋全体の

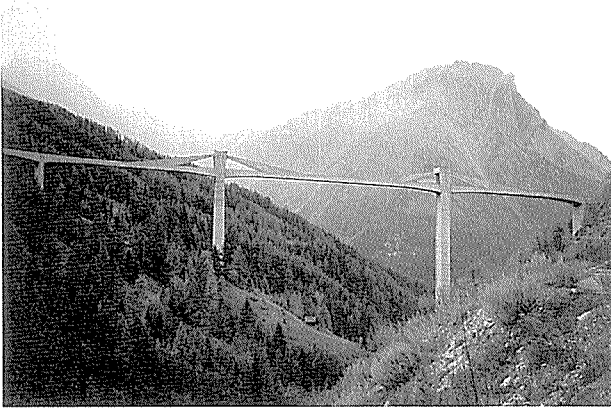


写真-14 ガンター橋

フォルムがスイスアルプスを背景に安定して見えるのである。ガンター橋は、遠景、中景、近景においては、周辺環境に調和した構造といえるが、渡橋時の景観を考えた場合、はたして大きなPC斜板が橋上からの自然景観を妨げないだろうかという疑問も拭えない。ここがデザインの難しい点でもあるといえないだろうか。

②について、メンが着目するのは、空間透視性に優れスレンダーであること（橋脚の配置と桁との関係）、シンプルで規則性があること（スパン割り）、芸術的な造形であることの3点を挙げている。

また、経済性については、最も経済的なシステムに対して10%増以内のコストであれば許容されるという考えを示した。

11. おわりに

橋梁の景観論について歴史的な変遷と、それぞれの時代のエンジニアの設計姿勢について述べてきたが、最も大切であることは、自分自身が様々な橋梁を見た時に、『なぜその橋梁が景観的に優れているのか？』について客観的に判断することができるかどうかであると考え

る。そして、この能力は自分で開発しなければならないがゆえに、時間を要するものである。イギリスの王立美術委員会は、優れた公共構造物の実現のために、70年にわたってプロジェクトの景観問題を審議してきたが、現在、国民のデザイン教育の一環として『Learning to see』プロジェクトを展開している。『見ることを学ぶ姿勢』の重要さは、近代デザイン発祥の地であるイギリスにおいて、今も唱えられている。『新しい構造デザインを実現するために、新しい技術、工法、材料を開発致しました。』というように、デザインが技術をリードする日もそう遠くはないかも知れない。

参 考 文 献

- 1) Maillart und wir ?, Beiträge zur Geschichte des Bauingenieurwesens, 1991
- 2) Friedrich Hartmann, Ästhetik im Brückenbau, Bericht über die II International Tagung für Brücken und Hochbau 1928
- 3) Friedrich Hartmann, Ästhetik im Brückenbau, 1928
- 4) Herman Rukwied, Brücken Ästhetik, 1933
- 5) Herman Rukwied, Gekrümmte Eisenbeton-Bogenbrücken, Schweizerische Bauzeitung, 1933
- 6) Robert Maillart, Schweizerische Bauzeitung, Sep. 19 1931
- 7) David P. Billington, Tower and the Bridges, 1983
- 8) ピエール・ルイジ・ネルビ：プロセスアーキテクチャ, No. 23, 1981年4月
- 9) Hans Wittfoht, Building Bridges, 1984
- 10) Finster Walder, Beauty and the Bridges, ACI, 1990
- 11) Fritz Leonhart, Aesthetics in Structural Engineering, 第11回 IABSE 論文集, 1980
- 12) Jean M. Muller, Construction and Segmental Bridges, 1982
- 13) Christian Menn, Aesthetic and economy in bridge design, 第11回 FIP 論文集, 1990

【1994年9月16日受付】