

# 欧州における複合構造橋梁の現況

山崎 淳\*1・花島 崇\*2・山根 隆志\*3

## 1. はじめに

複合構造橋梁の概念は広い範囲の構造を指すが、本稿では欧州のとくにフランスにおいて先進的な取組みがなされている“鋼・コンクリート複合PC橋（以下、「複合構造橋梁」という）”に限定することとする。

複合構造橋梁は、過去ほぼ10年の間にフランスで考案された新しい構造で、鋼とコンクリートのそれぞれの短所を補い、長所を生かすことによって、経済的で合理的な橋梁を建設する試みの中から生まれたものである。わが国においても日本道路公団を中心に供用時の耐久性や耐疲労性などの観点から調査研究が行われており、第二東名・名神高速道路では数多くの複合構造橋梁の建設が計画されている。

本稿は、これらの調査研究の一環として、高速道路調査会に設置された委員会を中心に実施された、フランスの複合構造橋梁の現状調査結果をもとに、欧州における複合構造橋梁の現況について述べるものである。

## 2. 複合構造橋梁のデザインコンセプト

フランスの設備省道路局の道路技術研究所であるセトラ (SETRA) や、現地機関での意見交換などを通して得た、フランスにおける複合構造橋梁のデザインコンセプトについて述べる。

### 2.1 橋梁計画

#### (1) 景観との調和

日本では、事業者が単独で橋梁形式を決定する 경우가多く、形式選定理由も経済性を最優先する傾向にあるが、フランスでは、ドール (Dole) 橋を例にとると、建築家によるコンペティションを行ったうえで市が数案の候補を選定し、市民に案を公開して地域住民参加のもとに周囲の景観との調和を重視して橋梁形式が選定されている。これは、歴史に支えられた自由で芸術的な国民性の表れのように思える。

#### (2) 積極性

フランスにおける複合構造橋梁の位置付けは、現在のところ、「経済性よりも実験的な取組み」とされており、新しい構造形式の橋梁についても積極的に採用していく姿勢が感じられる。

また新構造を採用する際、日本では事業者側が供試体の製作から構造解析に至る一連の業務を発注し、構造を決定する機会が多いが、フランスでは、供試体の製作は国からの補助で民間が供試体を製作し、実験を行うなど、国と民間とのパートナーシップにより行われるのが一般的であ

る。ただし、コニャック (Cognac) 橋やモープレ (Maupre) 橋などの実験橋は、全額国の補助金で賄われている。

### 2.2 設計・施工基準等

複合構造橋梁の設計・施工基準は、とくに策定されておらず、鋼とコンクリートのそれぞれの基準を適用用いている。また、維持管理に関する基準についても特別なものは存在しない。

## 3. 欧州における複合構造橋梁

### 3.1 波形鋼板ウェブ構造

波形鋼板ウェブ構造は、フランスのキャンプノンベルナル (Campenon Bernard) 社の技術陣によって考案された複合構造である。この構造は、波形に折り曲げた鋼板をウェブに使用したコンクリート箱桁で、コンクリート床版内に配置する内ケーブルと箱桁内空部に配置する外ケーブルを併用したPC複合構造である。

ウェブに使用する波形鋼板は、軸方向力にほとんど抵抗しないためプレストレスがコンクリート床版に効率よく導入されること、および自重が10%~20%軽減できることから、同じ桁高のコンクリート箱桁に比べPC鋼材量を削減できる。また、波形鋼板はせん断屈服耐力が高いため補剛材が不要であり、ウェブコンクリートの施工が省略できることによる施工の合理化や工期の短縮が可能となる。さらに、自重の軽減は下部工事費の低減にもつながる。

このような特性をもつ波形鋼板ウェブ橋は、まず、フランスで初めて1986年にコニャック橋が施工され、それをさらに発展させる目的でモープレ高架橋が施工された。さらに、アステリクス (Asterix) 橋を経験し、ドール橋では高い経済性と優れた景観性を実現している。ここでは、モープレ高架橋とドール橋を紹介する。

#### (1) モープレ高架橋

モープレ高架橋<sup>1)~6)</sup>は、リヨン (Lyon) 北方の都市マコン (Macon) から、国道79号線を西へ約50km離れた所にある丘陵地帯の小さな町シャロール (Charolles) 近郊に架かる橋梁で、現地ではシャロール高架橋と呼ばれている。

全長324.45m、最大支間長53.35mを含む7径間連続高架橋の設計をフランス国内で公募した結果、6社が応募し、最終的にキャンプノンベルナル社が設計した波形鋼板ウェブ構造が採用された (写真-1)。モープレ高架橋の構造諸元は以下のとおりである。

形 式：PC7径間連続波形鋼板ウェブ橋  
橋 長：324.45m  
支 間：40.95m+44.10m+47.25m+50.40m+53.35m+

\*1 Jun YAMAZAKI: 日本大学 理工学部 土木工学科 教授

\*2 Takashi HANAJIMA: (株)日本構造橋梁研究所 設計第二部 設計第五課 係長

\*3 Takashi YAMANE: 極東工業(株) 技術部 課長

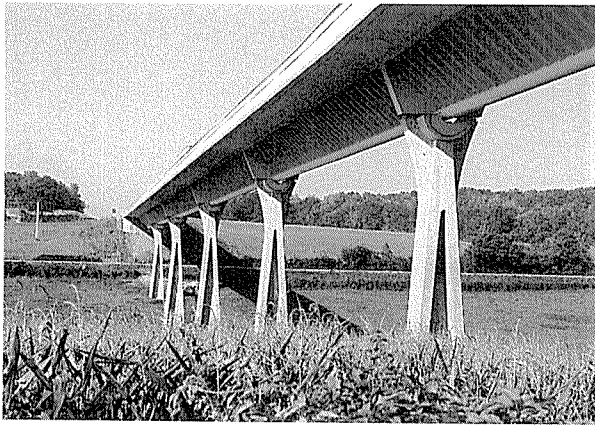


写真-1 モープレ高架橋

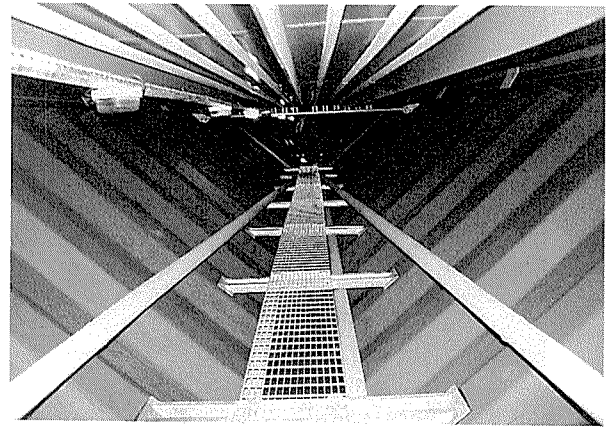


写真-2 モープレ高架橋桁内部

47.25m+40.95m

全幅員：10.75m

断面形状：三角形箱断面

施工方法：押し架設工法

完成：1987年

本橋は、コンクリート床版、波形鋼板、およびφ610mmのコンクリート充填鋼管からなる三角形箱断面構造とすることによって、優れたねじり特性と上部工の軽量化を図ったものである。さらに、この三角形箱断面にマッチしたスレンダーな橋脚の建築美的構造により、優れた景観性も実現している。

また、維持管理面で特筆すべき点として、「管理のしやすさ」と「長寿命化」に対する配慮が挙げられる。前者は、桁内の管理用通路と照明設備の設置および外ケーブルの半透明の保護管の採用などであり(写真-2)、後者は、橋台部のメンテナンスルーム(写真-3)と桁内の結露防止用の空調設備の設置などが挙げられる。

## (2) ドール橋

ドール橋<sup>7)~9)</sup>は、フランス東部の古都ディジョン(Dijon)の東にあるドール市郊外のドウ(Doub)川とラインローヌ(Rhin-Rhone)運河に架かる橋である。また、波形鋼板ウェブを有する橋としては、初めて張出し施工された橋である。

この橋の構造形式を決定するにあたり、ドール市は市民を含む審査委員会を設置し、コンペティションを実施した。このとき、複合構造11件、コンクリート橋7件の合計18件の応募があり、この中から、審査の結果5つの案が選ばれた。そして、経済性、景観性などの総合判断や市議員の投票結果から、工事費約5800万フラン(12億5300万円)で提案された波形鋼板ウェブ橋が選定された(写真-4)。それまで、フランスにおける複合構造橋は、経済性よりも実験的な橋梁として施工されてきたことから、この橋は、経済的にも優れていたことになる。本橋の橋梁諸元は以下のとおりである。

形式：PC7径間連続波形鋼板ウェブ箱桁橋

橋長：497.56m

支間：48.00m+5@80.00m+48.00m

全幅員：14.50m

断面形状：1室箱断面



写真-3 モープレ高架橋 橋台部のメンテナンスルーム

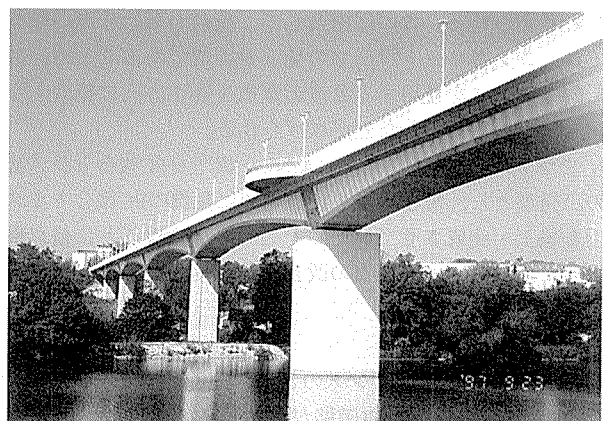


写真-4 ドール橋

施工方法：張出し架設工法

完成：1995年

キャンプノンベルナル社の技術者によると、「ドール橋が施工された地域は地震の発生確率が低く、下部工の設計には地震時水平力を考慮していないため、自重軽減による下部構造の合理化のメリットはない」とのことであった。

また、ドール橋でも「管理のしやすさ」と「長寿命化」に対する配慮がなされていた。前者は、モープレ高架橋と同様、桁内の管理用通路と照明設備であり(写真-5)、後者は、波形鋼板継手スカーラップ部の鳥の進入防止網、下床版の水抜き穴、鋼板とコンクリート接合部の樹脂コーキン



写真-5 ドール橋桁内部

グなどである。

### 3.2 PC複合トラス構造

PC複合トラス構造も、上部工重量の軽減による施工の合理化やコストの縮減が期待できる構造である。この構造は、高い桁高を必要とする長大支間橋梁において有利となると考えられる。この理由として、桁高が著しく高い断面では、コンクリートウェブの施工が困難であることや、波形鋼板ウェブを使用すると波形鋼板を高さ方向に接続しなければならないことなどが挙げられる。

フランスでは、アルボワ (Arbois) 橋<sup>10)</sup>をPC複合トラス橋の出発点とし、現在に至る10数年間に数橋のPC複合トラス橋を施工・完成させている。そして、その橋ごとに格点構造の合理化など、問題点の改良と技術的な発展ならびに長大化が図られてきた。

#### (1) アルボワ橋

アルボワ橋は、フランスのジュラ (Jura) 県アルボワ町の郊外西北に位置し、N83道路がカサン (Cuisance) 川と一般道路とを横断するために建設された橋梁である。

本橋は、全長2926.5mのレ (Re) 島橋に新しい構造を採用するための実験橋として建設されたものであり、主桁自重の軽減を主な目的として、コンクリート箱桁のウェブを鋼トラスに置き換えた世界最初のPC複合トラス橋である(写真-6, 7)。本橋の構造諸元を以下に示す。

形式：PC3径間連続合成トラス橋  
 橋長：100.10m  
 支間：29.85m+40.40m+29.85m  
 全幅員：11.00m  
 断面形状：4面トラスによるW形断面  
 施工方法：支保工施工  
 完成：1986年

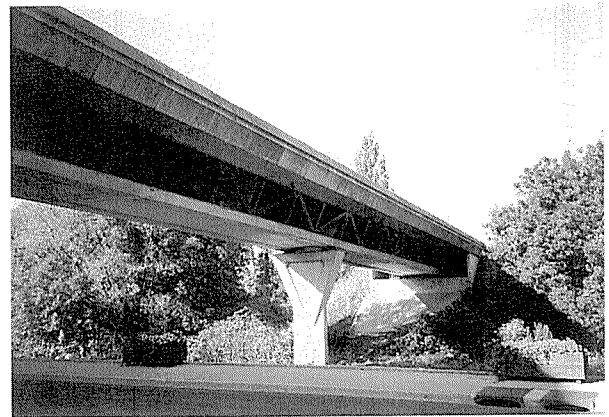


写真-6 アルボワ橋



写真-7 アルボワ橋 中間支点部

本橋のトラス格点は、大型で複雑なガセットを使っており、橋軸方向には外ケーブル方式によるプレストレスが導入されている。なお、レ (Re) 島橋の構造形式は、経済比較の結果、最終的にプレキャストセグメントを使った張出し架設によるPC連続箱桁となっている。

#### (2) ロワーズ橋

ロワーズ (Roize) 橋<sup>11), 12)</sup>は、リヨンの東南約100 km、ジュネーブの南約120kmに位置するグルノーブル (Grenoble) 近くのヴォレップ地区にあり、イゼール川支流のロワーズ川に架かる複合トラス橋である。本橋は、中小規模橋梁の軽量化、省力化を目的に、経済性のある程度無視した実験橋として採用された(写真-8)。本橋の構造諸元は以下のとおりである。

形式：PC3径間連続合成トラス橋  
 橋長：112.00m  
 支間：36.00m+40.00m+36.00m  
 全幅員：12.20m  
 断面形状：2面トラスによる三角形断面  
 施工方法：支柱式支保工施工  
 完成：1990年

本橋は、鋼製のウェブトラスと下弦材、および高強度プレキャストPC床版を採用して重量の軽減を図っている。下弦材の断面形状は、製造上の理由から六角形とし、工場で生産した逆三角形立体トラス (スペーストラス) ユニットを使用することによって、現場作業が削減され、工期も短縮

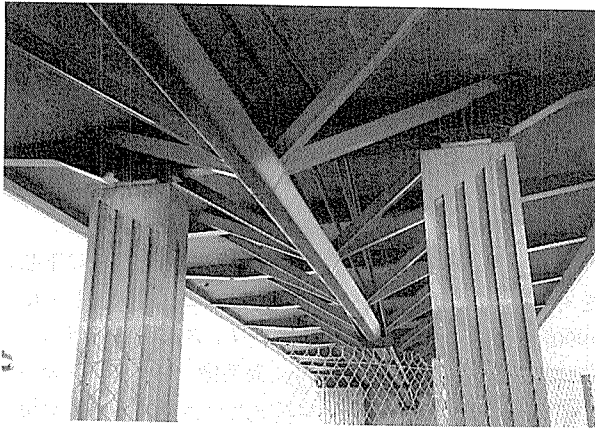


写真-8 ローズ橋

されている。また、橋軸方向には、外ケーブル方式によりプレストレスが導入されている。

### (3) ブローニュ高架橋

ブローニュ (Bouloonnais) 高架橋<sup>13)</sup> は、パリとユーロトンネルを結ぶA16道路 (Mortorway) の一部であり、標準支間77mのクエンヘン (Quehen) 高架橋とヘルクリング (Herquelingue) 高架橋、および標準支間110mのエッチンゲン (Echinghen) 高架橋の総称である (写真-9, 10)。本橋の構造諸元は以下のとおりである。

形 式：PC連続複合トラス橋

橋 長：全長2 021.0m

支 間：クエンヘン高架橋 44.5m+5@77.0m+44.5m  
ヘルクリング高架橋 52.5m+2@77.0m+52.5m  
エッチンゲン高架橋 44.5m+3@77.0m+93.5m  
+5@110.0m+44.5m

全 幅 員：19.24m

断面形状：4面トラスによるW形断面

施工方法：張出し架設工法

完 成：1997年

本橋の施工にあたり、フランスの北東部高速道路公社 (SANEF) は、デザインビルド方式の入札の結果、建築家の Pierre-Louis Carlier と、施工会社である Bouygues 社、Norpac 社、Demathieuet Bard 社からなる国際共同企業体に設計・施工を委託した。

ブローニュ高架橋は、ショートラインマッチキャスト方式のプレキャストセグメントによる張出し架設方式で施工されたPC複合トラス橋である。本橋の設計は、環境、景観性、革新性、経済性の4つの要求基準をベースに、デザインコンセプトを「付近の景色にとけ込んだ、透明感のある構造物」とし、建築家と建設会社の設計部門が共同で作業し、本橋の構造形式をトラス構造としている。トラス斜材は青く塗装された鋼管で、景観上の配慮からコンクリート床版との接合装置が見えないような工夫もなされている。

本橋の設計で最も特徴的な点は、トラス斜材とコンクリート床版の結合方法である。この接合部は、鋼管の両端部に溶接したエンドプレートに、ねじ切り加工した異形鉄筋を取り付け、コンクリート床版に埋め込んだものである。これは、ブローニュ高架橋より前に施工された同じ複



写真-9 ブローニュ高架橋

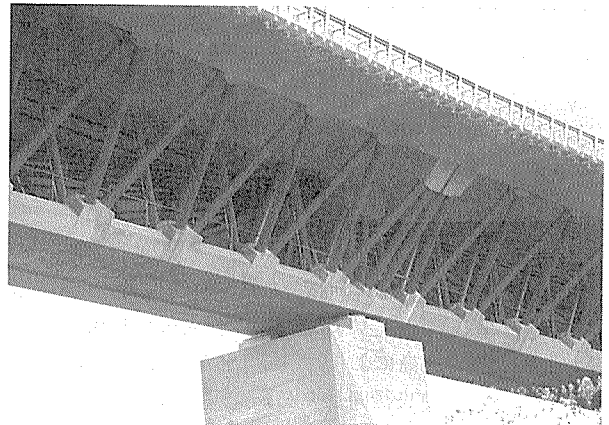


写真-10 ブローニュ高架橋 中間支点部

合トラス橋であるアルボワ橋やローズ橋の格点構造に比べ大幅に合理化されている。

接合部の設計は、エンドプレート部を鉄筋コンクリート断面に置き換えて通常のRC断面として設計し、構造解析時にはこの部分を完全固定と仮定して弾性解析している。また、橋軸方向プレストレスは、内外ケーブルを併用して導入され、外ケーブルの一部は、プレキャストセグメント架設時に緊張されている。

### 3.3 鋼・コンクリート混合主桁構造

主桁断面の一部に異種材料を用いた波形鋼板ウェブ構造や複合トラス構造に加え、異種材料による主桁構造の連結を図った鋼・コンクリート混合主桁構造も複合構造物の形態の一つである。わが国では、本州四国連絡橋生口橋・多々羅大橋、第二名神高速道路木曾川橋・揖斐川橋に同様の構造が採用されている。

ここでは、ノルマンディー橋 (Normandie)<sup>14)</sup> を紹介する。

ノルマンディー橋 (写真-11) は、鋼・コンクリート混合主桁構造の代表例として特筆すべき構造物で、セヌ (Seine) 川河口のルアーブル (Le Havre) とオンフルール (Honfleur) を結ぶ、中央径間長856mの世界最長の斜張橋である (多々羅大橋が完成すれば、中央径間長890mで本橋を超える)。本橋の構造諸元は以下のとおりである。

形 式：複合斜張橋

橋 長：2 141.25m (斜張橋区間1 570m)

支 間：27.75m+32.50m+9@43.50m+96.00m+

856.00m+96.00m+14@43.50m+32.50m

全幅員：22.30m

断面形状：逆台形箱桁

施工方法：押出し工法（側径間PC桁部）

バランスドカンチレバー工法（PC桁部）

カンチレバー工法（鋼桁部）

完成：1994年

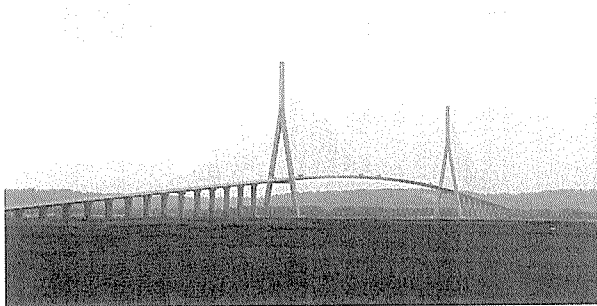


写真-11 ノルマンディー橋

本橋は、当初計画では河口部に人工島を設け、主塔の位置を航路に接近させていたため中央径間長が510mであった。しかし、人工島により河口部に堆砂が生じるなどの影響が懸念され、中央径間長を856mまで伸ばすこととなった。

本橋の両側径間部は剛性が高く重量が大きいPC構造、中央径間は軽量の鋼構造となっているため、中央径間に活荷重が載荷されたときの主塔や中央径間部の変位を抑えることができる。また、側径間を多くの橋脚に支持された連続PC構造とすることにより、側径間に活荷重が載荷されても中央径間は大きな影響を受けない。これに伴って、バックステーカブルの張力変動も小さくなり、疲労に対する安全性も向上するなどの利点が生まれる。また、施工面でも、PC桁の架設や中央径間の張出し架設が容易となる。

本橋では、設計に携わった技術者が、現在管理事務所各種計測を行いデータの収集・蓄積を行っている。

#### 3.4 補強のため主桁断面に一部異種材料を用いた構造

波形鋼板ウェブ構造、鋼トラスウェブ構造は、主桁断面の一部に異種材料を用い、構造部材としての役割を担わせた複合構造である。同様に、主桁断面の一部に異種材料を取り込み、断面を補強・支持する部材として、張出し床版を鋼製のストラットで支持した例がある。本構造の特徴は、張出し床版の断面力性状の改善のほかに、鋼製化による軽量化、施工時のハンドリングに優れる点などが挙げられる。

同種の構造として、古くは1979年に完成したコンクリートストラットで張出し床版部を支持したドイツのコハタール（Kochertal）橋がある。近年では鋼製ストラットを用いた事例が多く、フランスのピウ（Piou）橋・リウロン（Rioulon）橋、スイスのポミー（Pomy）高架橋等がある。ここでは、ポミー高架橋の事例を紹介する。

ポミー高架橋は、コンクリート箱桁の張出し床版部を250mm×250mmの角形鋼管ストラットで支持した構造を主桁断面とする高架橋である（写真-12）。支間長約30m～40m、桁高2.5m、ストラットは2.5m間隔で配置されている。下床版中央には、約20cmのコンクリートの打継ぎ目があり、主桁断面が2つに分割され施工されたものと推測される。

#### 3.5 スペーストラス構造

スペーストラス構造は、コンクリートの上床版に下弦材を有する鋼トラスを合成した構造である。事例としては、1990年にフランスで施工されたロワーズ橋、1997年にスイスで施工されたルーリー（Lully）高架橋、同年にシンガポールで施工され、初めて斜張橋にスペーストラス構造を用いたSBSリンクウェイ橋がある。

ここでは、ルーリー高架橋<sup>15),16)</sup>（写真-13,14）を紹介する。

ルーリー高架橋は、スイス高速道路AutorouteN1号線のローザンヌ～ベルン間に位置する高架橋である。本橋の主桁構造は、逆三角形の骨組み断面からなり、2本のパイプ上

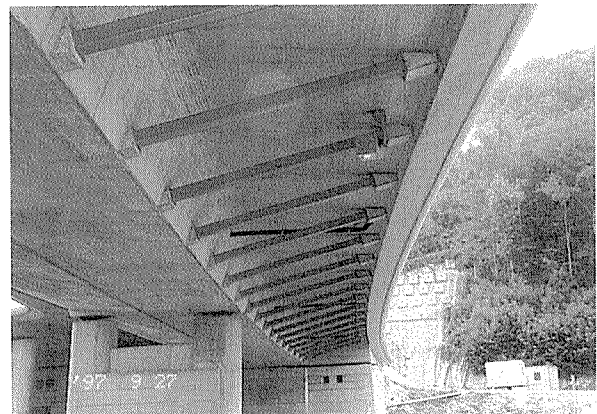


写真-12 ポミー高架橋

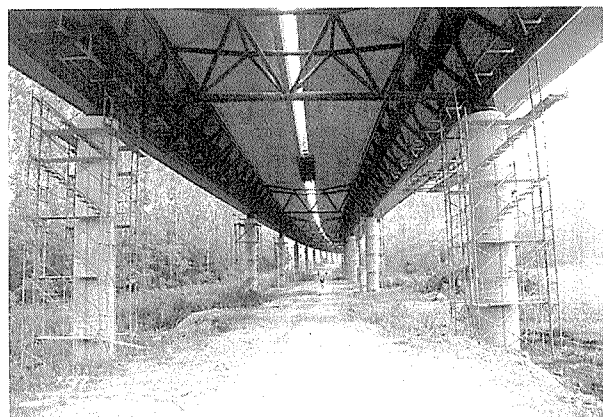


写真-13 ルーリー高架橋



写真-14 ルーリー高架橋

弦材(φ323.9mm)と、1本のパイプ下弦材(φ508mm)および橋軸方向、直角方向にプレストレスされた床版にて構成される。本橋の諸元を以下に示す。

形式：合成スペーストラス橋  
橋長：963.398m  
支間：29.925m+21@42.750m+29.925m  
幅員：27.02m

断面形状：合成トラス

施工方法：主桁工場製作した主桁をクレーンによる分割架設

床版移動型枠による場所打ち施工

完成：1997年

本橋は上下線分離の構造であるため、主桁転倒防止のために、支点部にパイプトラスの横桁が設けられている。また、床版とパイプトラスとは、上弦材のパイプ上に3列に溶接されたスタッドジベルにより合成されている。

本橋の施工は、工場にて分割製作した主桁をトレーラーにより運搬し、現場溶接にて接合を行っている。床版部の施工は、上下線を跨ぐ移動型枠によって一括施工され、その施工速度は1径間2週間の速さ(移動型枠1サイクルが1週間、すなわち1径間を2サイクル)で架設されている。

本橋は、コンベによって選ばれた橋梁形式であり、橋長約1km上下線2連が2500万ドル(27億5000万円、上下部基礎含む)の額で建設された。この金額は、スイス国内における従来の高架橋建設費の約半分である。

### 3.6 欧州におけるエクストラードロード橋

現在、わが国においてエクストラードロード橋の建設が盛んである。ここでは、最近の事例として、欧州における同構造の事例を2つ紹介する。

#### (1) ズンニベルグ(Sunniberg)橋<sup>17)</sup>

ズンニベルグ橋は、スイス東部ダボス市北にて建設中の5径間連続PCエクストラードロード橋である(写真-15)。本橋の構造諸元を以下に示す。

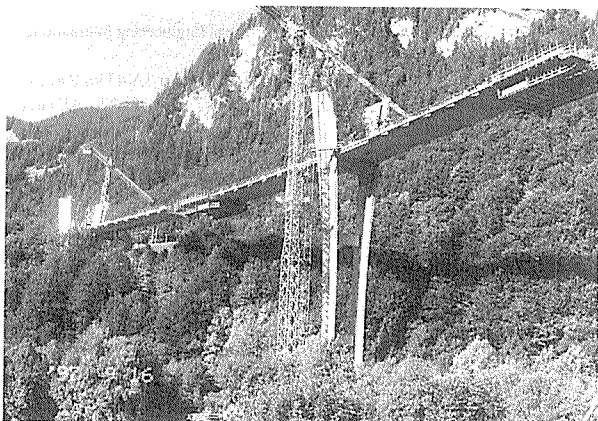


写真-15 ズンニベルグ橋

形式：5径間連続エクストラードロード橋  
橋長：526m  
支間：59.0m+128.0m+140.0m+134.0m+65.0m  
全幅員：12.37m  
断面形状：エッジガーダー

施工方法：張出し架設工法

完成：1998年

本橋は、ガンター(Ganter)橋(スイス・斜版橋)の設計者クリス・チャン・メン教授が20年間考えを温めてきた構造であり、Conceptual Designerとして本橋の建設にかかわっている。構造上の特徴は、以下のとおりである。

- ① R=500mの平面曲線を有し、橋体は両側の橋台に完全固定され伸縮装置等がない。
- ② 不静定力に対する伸縮変形は、主桁・主塔の水平方向へのアーチアクションで吸収している。
- ③ 主桁はエッジガーダー形状を有し、桁高85cmの等桁高である。主方向の桁内PC鋼材は、支間 $1/4 \cdot L \sim 3/4 \cdot L$ の範囲に配置している正の鋼材のみである。
- ④ 斜材は、φ7mm亜鉛メッキワイヤーを120本~160本平行に束ね、PE管に収納している。
- ⑤ 斜材形状はハープ形状を有している。エクストラードロード橋では、構造上偏心量をできるだけ有効にとるという理由から、ファン形状が選定されることが多いが、本橋のハープ形状は構造上から決定したのではなく、景観上から決定したとのことである。
- ⑥ 斜材の設計荷重時許容引張応力度は $0.5 \sigma_{pu}$ である。なお現地技術者によれば、本橋は斜張橋の部類に属するとのことである。

#### (2) サンレミ・ド・モーリエヌ橋<sup>18)</sup> (St. Remy de Maurienne)

サンレミ・ド・モーリエヌ(St. Remy de Maurienne)橋は、フランス東南部のA43高速道路上を横過するフランスで最初の2径間連続エクストラードロード橋である(写真-16)。

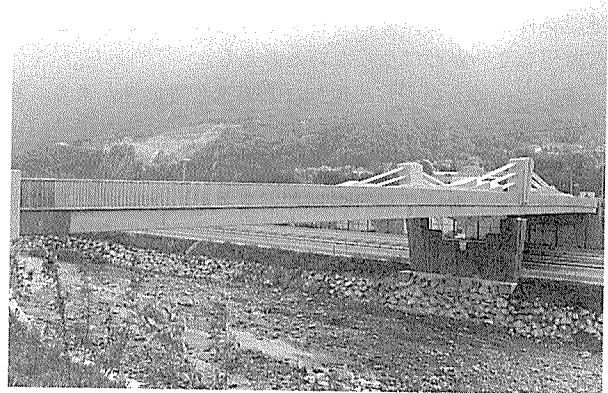


写真-16 サンレミ・ド・モーリエヌ橋

構造諸元を以下に示す。

形式：2径間連続エクストラードロード橋  
橋長：101.00m  
支間：50.00m+50.00m  
全幅員：13.595m  
断面形状：エッジガーダー  
施工方法：支保工架設  
完成：1996年  
構造上の特徴は以下のとおりである。

- ① 主桁は、車道部90cm厚、両端2.15mの高さを有する下路桁形式のエッジガーダー構造を採用している。
- ② エクストラドーズドケーブルは、アンボンド式の34S15をエッジ片側あたり6本導入し、主塔部に2列3段で偏向、エッジ内を通過し桁端部で定着されている。配置形状は、不静定モーメントを生じないコンコダントな配置になるように決定されている。
- ③ 本橋の主塔高は約5m、主塔高-支間比は約1/20で、わが国の事例に多い1/13~1/12に対し約60%程度と小さい。

#### 4. おわりに

複合橋の先駆者的存在と考えていたフランスにおいても、その橋梁数は全体の5%にも満たない程度であり、複合橋は、まだ実験的な取組みの段階と位置付けられていた。また、日本と同様その採用を、今後も積極的に行っていく方針であることが、今回の調査で明らかになった。

フランスをはじめとする欧州では、1980年代から複合橋を計画・研究し、理論に裏付けられた合理的な発想と、実験橋を実橋に採用するなど大胆な発想をしてきた。その反面、着実に計測データを収集し、新規の構造にその成果をフィードバックさせるなど、綿密な技術者の姿勢もうかがえる。この姿勢こそが、現在建設ばかりに負われる日本の技術者に今後最も必要なものではないか、とひとしきり感じた次第である。

現在わが国においても、複合構造に対する注目度は非常に高い。しかし時代の流行を追うがごとく、何が何でも複合構造を採用するのではなく、とくに我々橋梁技術者が橋梁形式を選定する際に、従前の鋼構造、コンクリート構造に新たな複合構造を加えたフィールドの中から、わが国の建設条件に見合い、その特性を十分発揮できる形式を見極め採用していかなければならないと考える。

さらに、複合構造には未知なる構造の可能性がある。複合構造は、なにも波形鋼板ウェブやトラスウェブ構造に限られたわけではない。鋼とコンクリートあるいはその他の材料を複合、合成、混合することで、それぞれの材料がもつ長短の特徴を補い合い、あらゆる構造形態を生み出せる可能性がある。そのためにも、未知なる構造の可能性を有する複合構造に対し、柔軟な発想とその的確な選定とができる技術力を備えることが、我々技術者として急務である

と考える。

最後に、現地での調査および本文のとりまとめにご協力いただいた、日本道路公団本社構造技術課長の小川篤生氏と同試験研究所橋梁研究室主任の上東泰氏、および高速道路調査会<sup>19)</sup>に、誌上を借りて厚くお礼申し上げる次第である。

#### 参考文献

- 1) J.Combault, ほか: Viaduc du Vallon de Maupre A Charolles, Travaux, 1989.10
- 2) 成瀬輝男: 視察記 フランスの橋 CharolleのMaupre高架橋, 土木技術, Vol.45, No.11, 1990
- 3) Campenon Bernard SGE: Corrugated Steel Web in Maupre Viaduct, キャンブノンベルナル社テクニカルシート
- 4) Direction Departementale de l'Equipement de Saône et Loire: Le Viaduc de Maupre, Charolles Pont mixed acier-beton Precontraint Avec Ames Plisses, 1988
- 5) Express Highway Research Foundation of Japan: モープレ高架橋, Report on the 1993 EHRF Tour of European Bridge
- 6) Jacques Combault (大浦隆 訳): シャロール近くのモープレ高架橋, プレストレストコンクリート, Vol.34, No.1, pp.63~71, 1992
- 7) Jacques Combault, Jean Daniel Lebon: Box Girders Using Corrugated Steel Webs and Balanced Cantilever Construction, Proceedings FIP Symposium '93 Kyoto Prestressing Concrete Engineering Association, pp.417~424, 1993
- 8) コロント会: ドール橋, 斜張橋と吊り橋に関する国際会議およびフランスとギリシャの橋梁視察報告書, 1995
- 9) J.D.Lebon, A.Levaille: Le Pont De la Corniche A Dole, La Technique Francaise du Beton Precontraint Twelfth Congres de la FIP, 1994
- 10) Michel Placidi: Le Pont d'Arbois la Cuisance (Jura), Technique Genere de la Construction 105, No.459, 1996.11
- 11) S.J.Monten: Roize River Experimental Bridge, Engineering Structures, Vol.18, No.11, pp.842~844, 1996
- 12) Express Highway Research Foundation of Japan: ロワーズ橋, Report on the 1993 EHRF Tour of European Bridges
- 13) Pham Xuan Thao, Jean-Pierre Viallon: A New Generation of Composite Bridges, International Conference, "New Technologies in Structural Engineering", Lisbon, 1997
- 14) 橋梁と基礎海外文献研究グループ: ノルマンディー橋の設計・施工, 橋梁と基礎, pp.54~56, 1994.9, pp.50~52, 1994.10
- 15) Viaduc de Lully, Direction des Travaux Publics du Canton de Fribourg, N1 Autoroute Geneve-St Margrethen Section 8 Cheyres-Cugy
- 16) F.R.Mandat: Viaduc de Lully, Ing Archi Suisses, Vol.120, No.17, pp.290~297, 1994
- 17) Figi, Menn: Sunniberg Bridge, Structural Engineering International, pp.6~8, 1997.1
- 18) G.Arnaud: Le Pont de St Remy de Maurienne Sur 1A 43 un Pati Original la Precontrainte Extradosse, Ouvrages' d Art No.27, SETRA, 1997.7
- 19) 高速道路調査会: Report on the 1997 EHRF Study Mission of Composite Bridges, Express Highway Research Foundation of Japan (平成9年度海外複合構造橋梁調査団報告書), 1997

【1998年10月16日受付】