



プレストレストコンクリート合成構造へのアプローチ

泉 満明*

はじめに

建設事業に必要で不可欠な材料として、コンクリートと鋼材は、近代的な建設工事が行われて以来、各々の特性を活用されて広い意味で合成構造として一般的に使用されてきている。例えば、鉄筋コンクリート、鉄骨鉄筋コンクリート、さらに鋼合成桁等は現在建設工事に多用されている。これらの構造は、部材の耐力の増大、軽量化、さらに経済性を図ったものである。最近における建設工事の大規模化とともに構造物の大型化が進められてきている。特に、橋梁計画の規模の大型化とともに合成構造の軽量性と経済性に注目が集まってきている。海外における最近の傾向としては、構成材料をより有効に利用するためにプレストレストコンクリートと鋼材、さらに外ケーブルを組み合わせた合成構造が橋梁に採用されてきている。合成構造といってもその手法は種々雑多であり、断面的な合成あるいは支間によって鋼構造とプレストレストコンクリート構造を使い分けているものもある。いずれにしても、軽量化と経済性を目的として設計・施工されてきている。これらについて、主としてフランスにおける事例に基づいて述べたい。

1. 合成断面

鋼とコンクリートとの合成構造を構造物に適用することは、特に新しいものではない。しかし、技術的な進歩

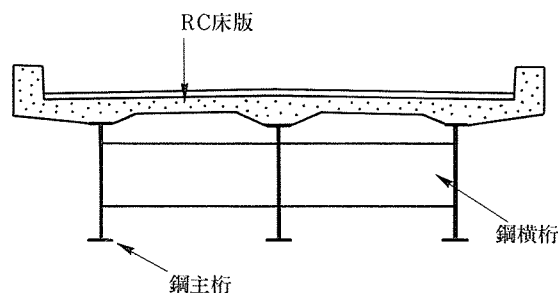


図-1 鋼合成桁

と最近のコンピューターを利用した構造設計および製作により合成構造が経済的に有利となってきている。この合成構造は現在、フランスでは中規模支間の橋梁に適用されてきている。

従来から橋梁に採用されている合成桁の断面は、図-1に示すような鋼桁と鉄筋コンクリート床版(RC床版)から構成されていた。この15年間に断面の単純化がはかられ、図-2のRhins橋のような2本の鋼桁とプレストレストコンクリート床版の組合せとなってきている。この場合、鋼桁のフランジ厚は150mm程度と相当に大きくなり、製作上あるいは工費の点、さらに軽量化のために横桁の本数を制限したので、橋桁全体の剛性が低下する問題が発生している。曲線桁あるいは美観が要求される場合には、鋼箱断面桁とコンクリート床版の組合せ構造が用いられている。

この構造で問題となるのは、連続桁の支点上、横桁上の負のモーメントに対するコンクリートの引張強度の低さであり、プレキャスト床版を採用した場合でも事情はあまり変わらない。したがって、ひびわれ発生による耐久性および維持管理に問題はのこっている。これらを解決する方策として、フランスにおいて1982~1985年の間に新しい考えを合成桁の断面に適用することが試みられた。新しい桁断面は、コンクリート箱形断面のウェブを鋼版で置き換えたもので、この新しい合成桁構造は外ケーブルによってプレストレスが与えられており、これにより作用しているせん断力および中間支点上等の床版の引張応力を減少させることができるようになった。

第1の例として、図-3に示すLa Ferté Saint-Aubin



* Mitsuaki IZUMI
名城大学理工学部教授

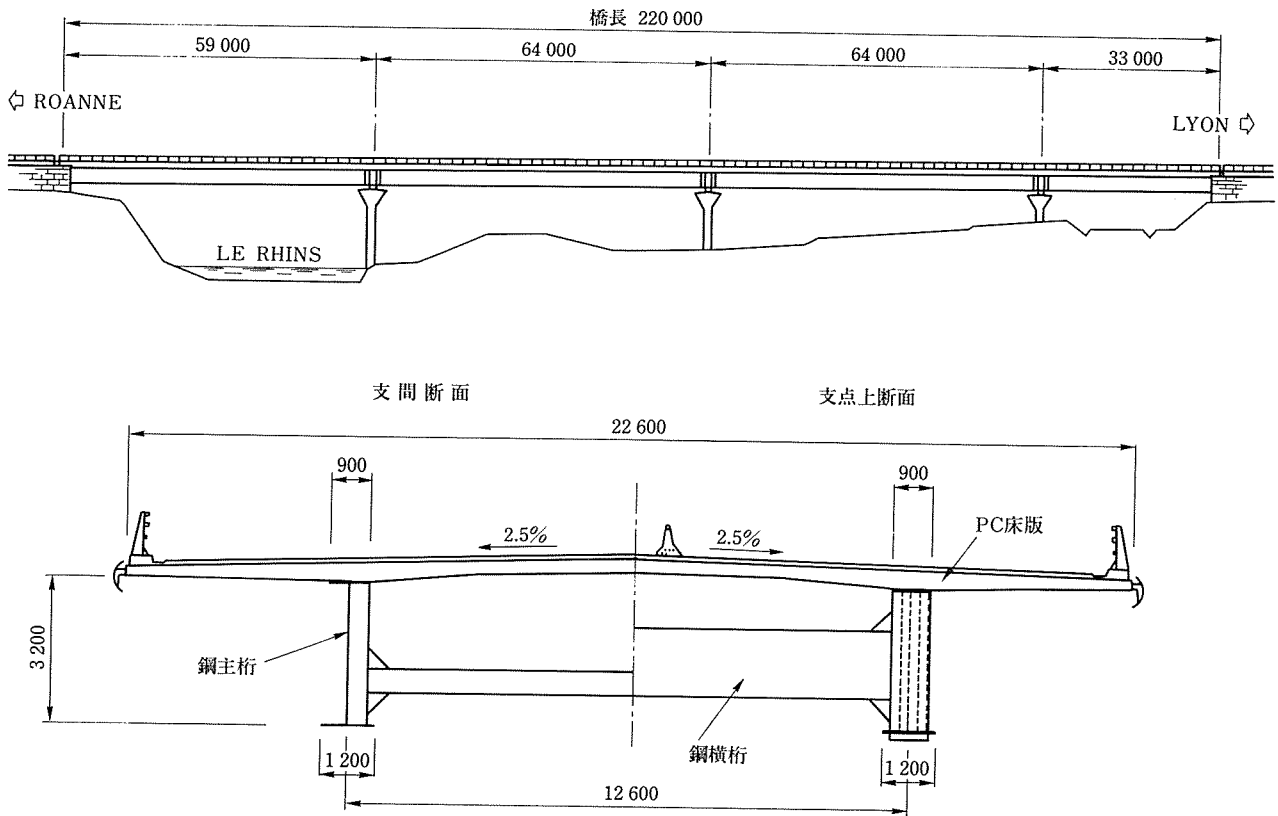


図-2 Rhins 橋

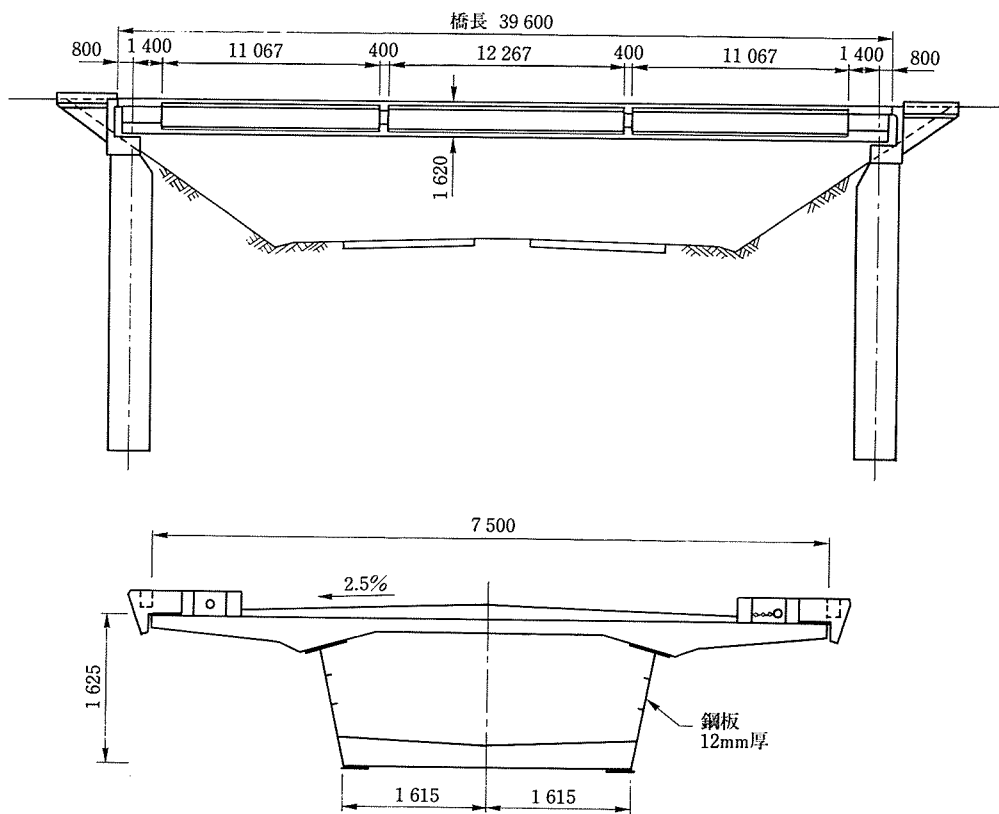


図-3 La Ferté Saint-Aubin 橋

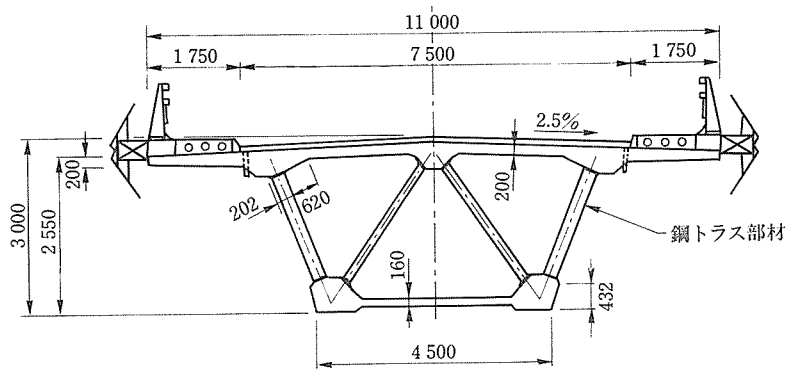
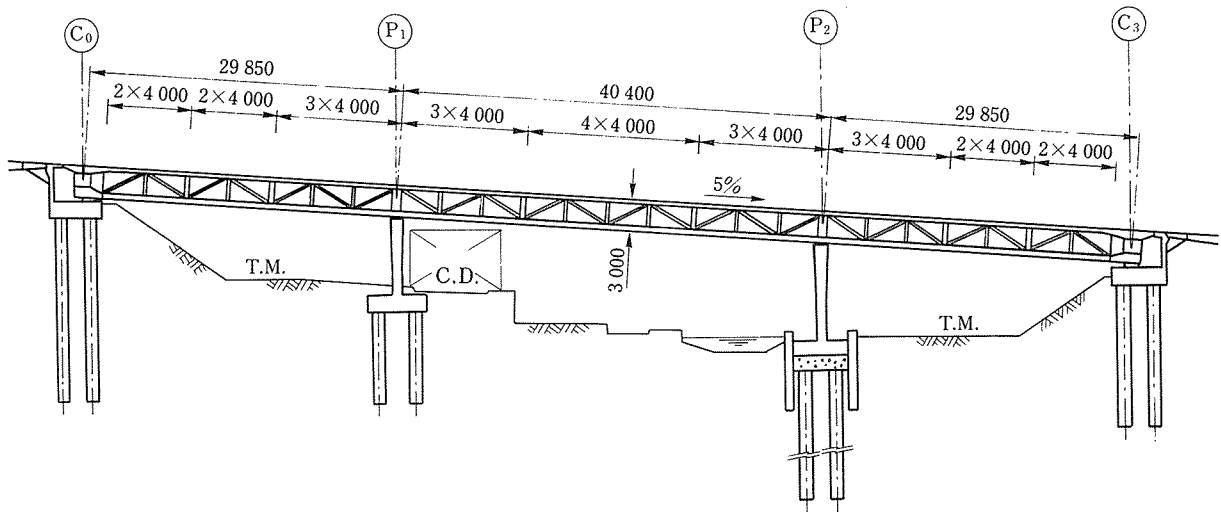


図-4 Arbois 橋

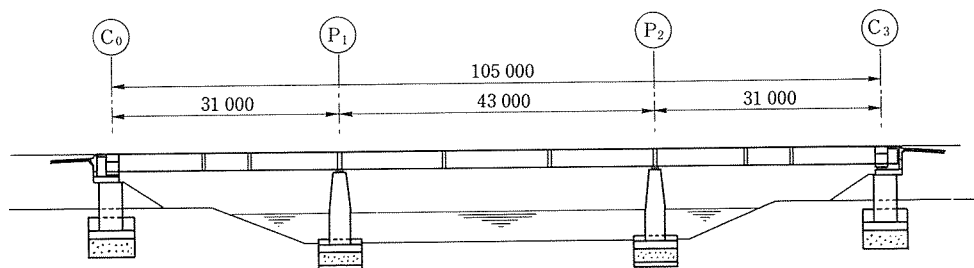
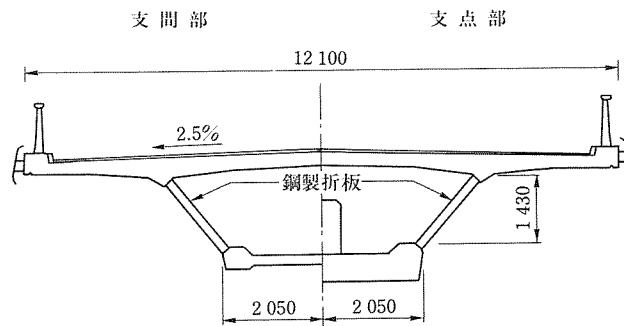


図-5 Cognac 橋

橋は、コンクリート断面のウェブをスティフナーで補強した平らな鋼板で置き換えており、外ケーブルによって導入されるプレストレスに十分耐えることができるようになっている。

第2の例として、図-4に示す Arbois 橋は、2つのウェブを2つの平面鋼トラスに置き換えたものである。それに加えて、床版を支持するための鋼ストラットが横方向に配置されており、立体トラス構造となっている。

第3の例として、図-5に示す Cognac 橋は、箱桁の2つのウェブを鋼製の折板で置き換えた断面構造となっており、このウェブは橋軸方向力に抵抗しないと仮定されているので、上下コンクリート床版へのプレストレスの導入効率は高い。

図-6に示す Maupré 橋は、鋼製の折板とコンクリー

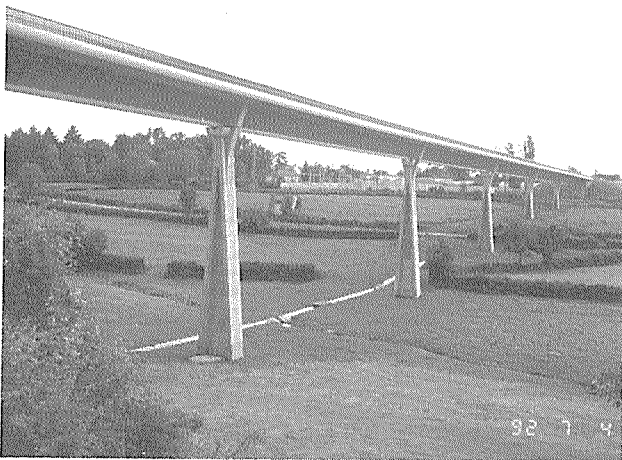


写真-1 Maupré 橋

トの上床版で三角形断面を形成し、コンクリートの下床版をコンクリートを充填した鋼製のパイプで置き換えたものとなっている。このコンクリートの充填は仮設中の支点反力の分配とパイプの安定性を賦与するためのものである。

以上の例は、特殊な条件の下で経済的であるが、一般的には従来からのプレレストコンクリート桁あるいは鋼成桁の方が経済的になるといわれている。その理由として、コンクリートと鋼工業との協力作業、詳細部の製作、現場組立作業等に予想外のコストがかかることである。しかし、種々の問題点があるにしても、紹介した例は橋梁の桁断面の進歩に大きく貢献したものである。

Maupré 橋の例に示すように、重いコンクリート床版のうち下床版を省略して、コンクリート上床版と鋼桁の合成桁構造が進められ、図-7に示す Sainte-Pierre 橋のように、景観への考慮も含めて、2つの桁高の変化する鋼トラス桁で鉄筋コンクリート床版を支持する形式となったものもある。

図-8に示す Roize 橋は、鉄筋コンクリート上床版を鋼立体トラスで支持する三角形断面構造で、外ケーブルによりプレストレスが与えられており、Maupré 橋と同じ設計思想で建設されていると考えることができる。トラス構造は鋼に限らずコンクリート構造そのものについても軽量化に有効である。高強度コンクリートを使用してブロック化あるいはプレキャスト部材を組み合わせ、図-9に示す Bubiyan 橋は立体トラス形式で、外

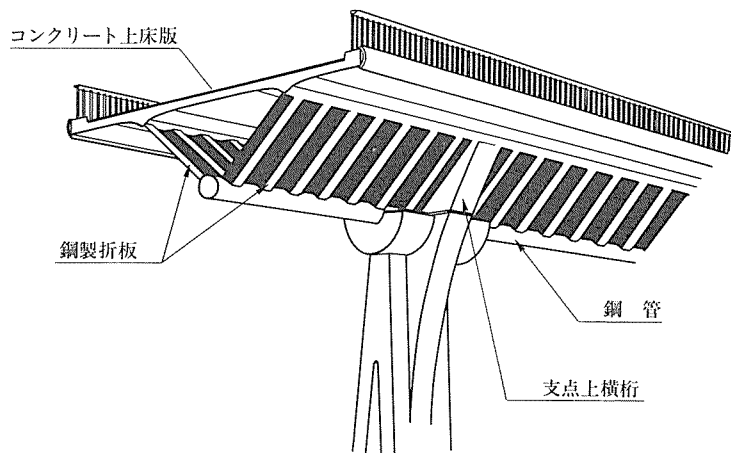
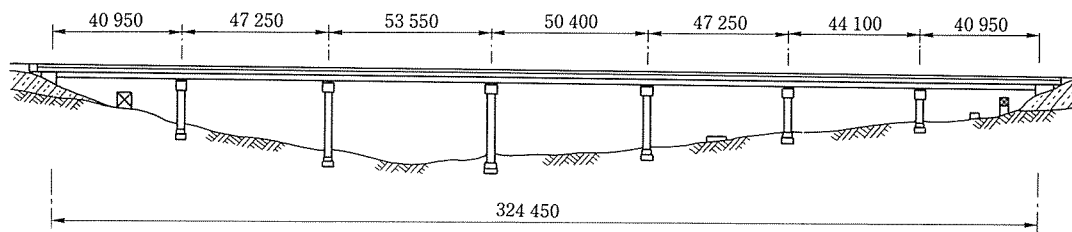


図-6 Maupré 橋

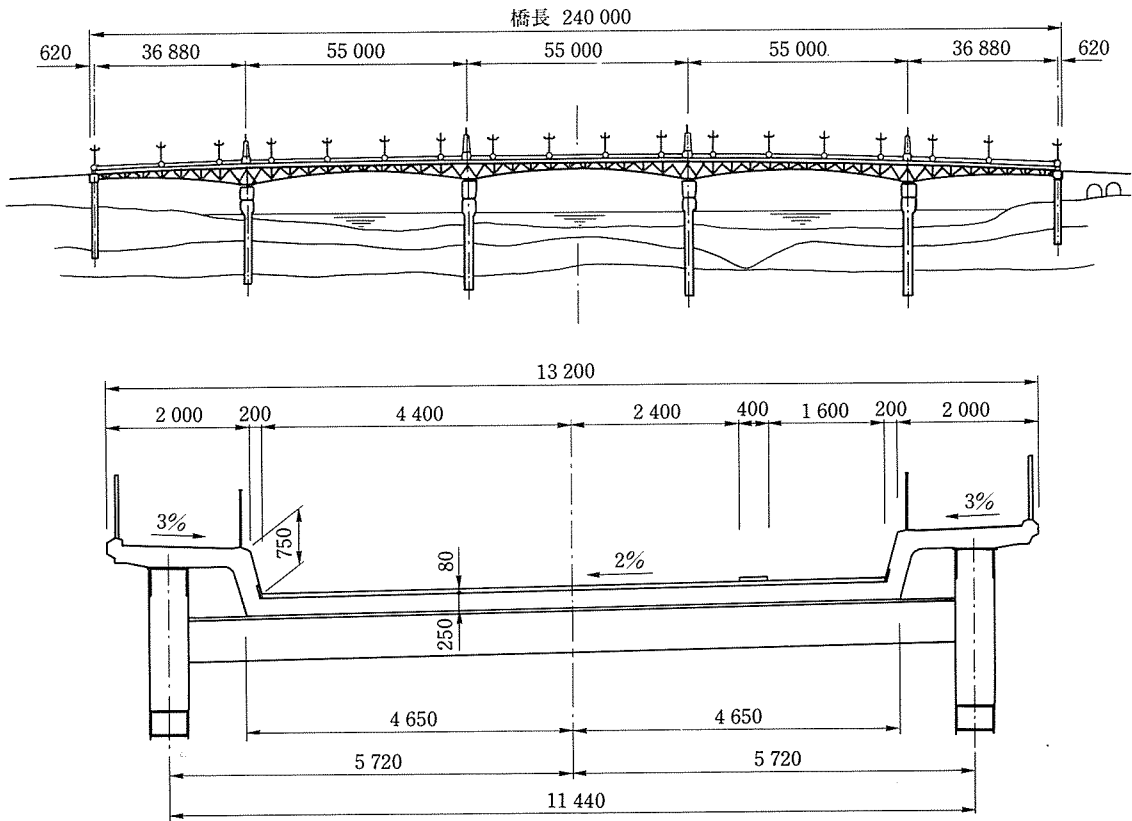


図-7 Saint-Pierre 橋

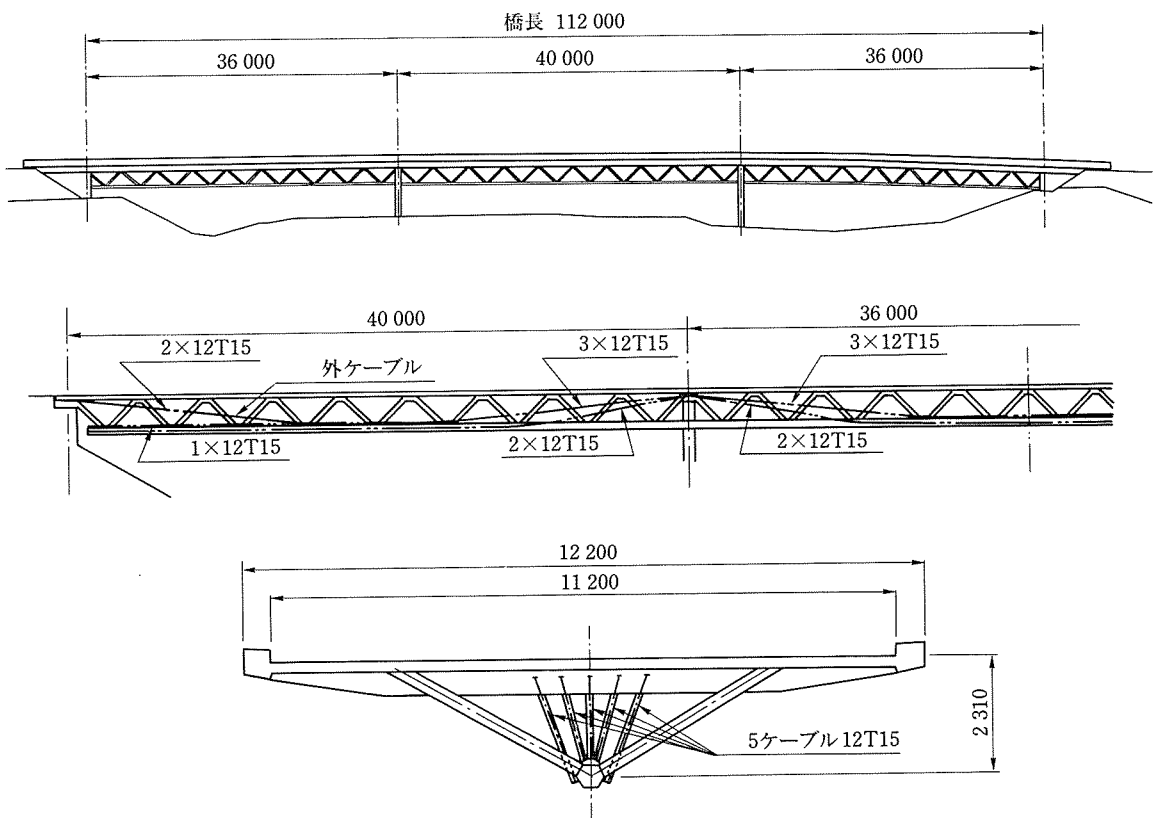


図-8 Roize 橋

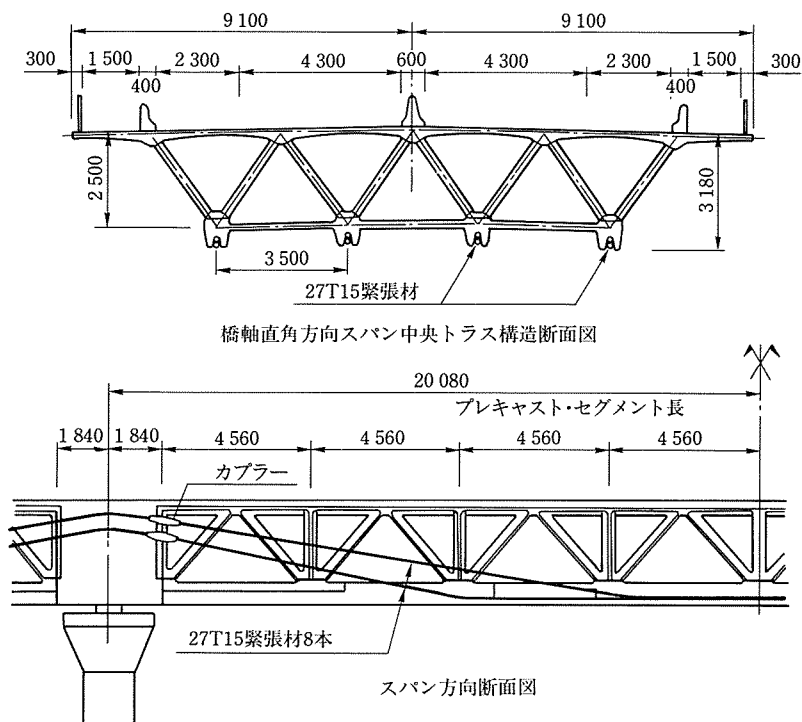


図-9 Bubiyan 橋

ケーブルを併用している。さらに、図-10 に示す Sunshine Skyway 橋、図-11、写真-2 に示す Sylans 高架橋のように、軽量化の方向に向かって種々の工夫が行われ、施工法、経済性も含めて試行作業が盛んに行われてきている。

斜張橋においても、鋼・コンクリート合成構造が採用されており、代表的なものとして、図-12 に示す East Huntington 橋 (274 m+184 m) がある。これは高強度コンクリート ($\sigma_{ck}=562 \text{ kgf/cm}^2$) のプレキャストセグメントを用い鋼製のフローアービームの使用により重量の軽減を行っている。その後、この種の形式で主桁、横桁

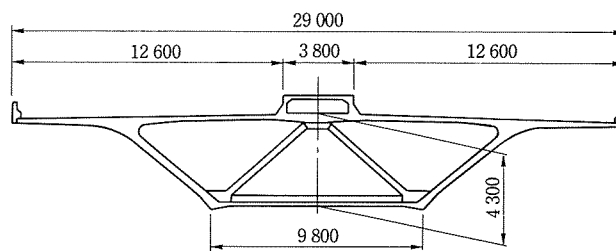


図-10 Sunshine Skyway 橋

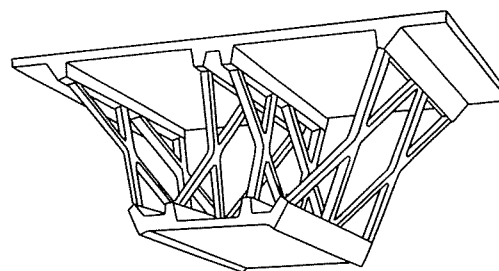


図-11 Sylans 高架橋のプレキャストブロック



写真-2 Sylans 橋

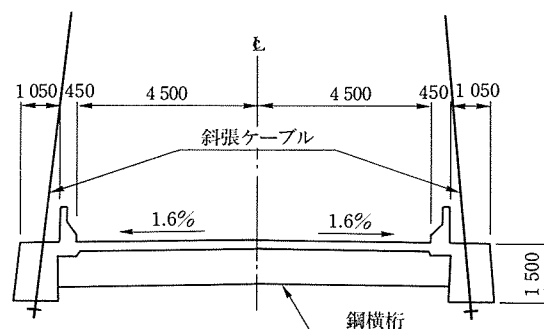


図-12 East Huntington 橋

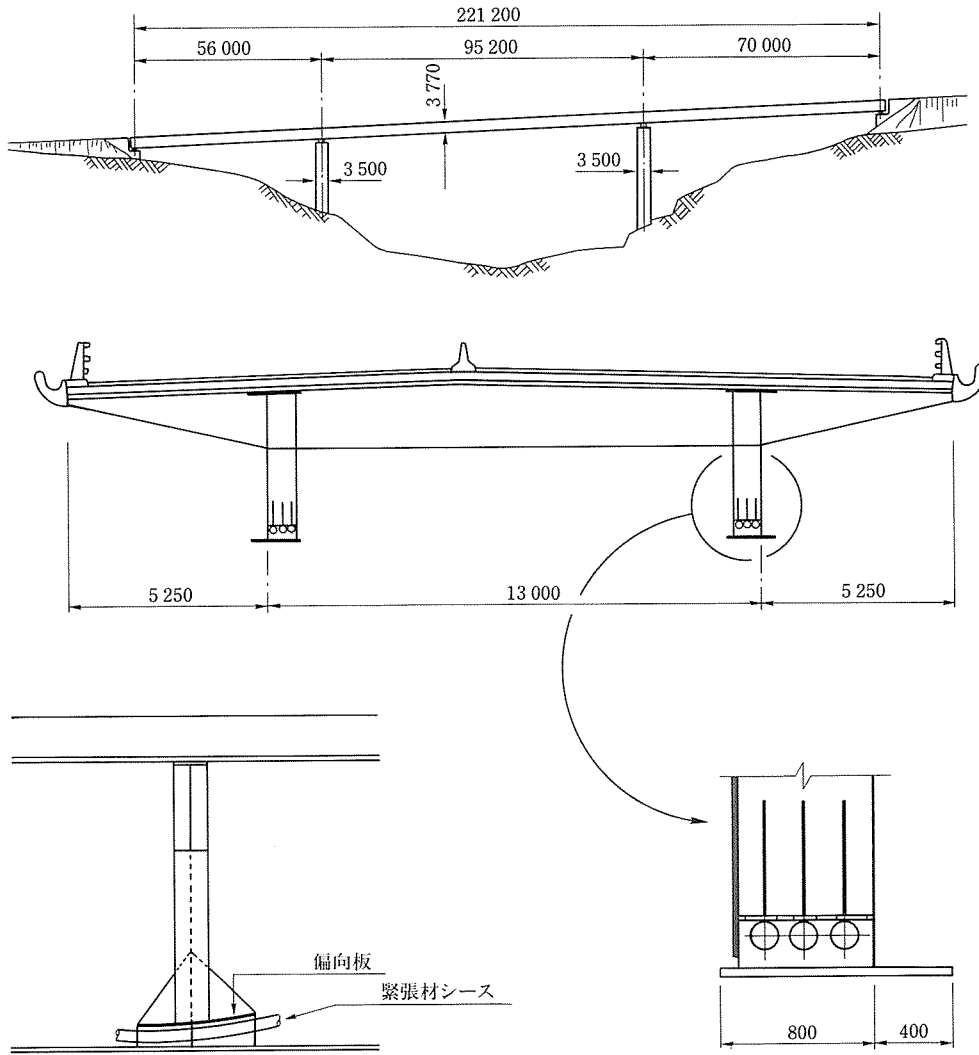


図-13 プレストレスト合成桁橋

に鋼材を用い床版をプレキャスト化した Annacis 橋 (465 m) が建設されている。

前述の新しい形式の合成断面とは異なり、図-13に示すような従来の鋼合成桁にプレストレスを導入した構造形式が、Rins 橋、Planchette 高架橋に適用されている。プレストレスの圧縮力により、鋼桁のウェブの安定のために厚さを増加させる必要が生じている。

2. 橋梁の橋軸方向についての合成構造

橋桁断面において、コンクリートと鋼の合成構造は一般的なものとなってきているが、別の組合せとして、材料の重量差を活用して橋の支間別に鋼桁とコンクリート

桁を組み合わせる考え方もある。これは、1970年代の軽量コンクリート橋の発展にともなって、オランダおよびフランスで生まれてきたものである。オランダにおいて、3径間連続桁の中央支間に比較して端支間が短い場合、負の反力を低減するために中央支間を軽量コンクリートで、端支間を普通コンクリートで建設した例がある。この方法は、張出し架設工法による橋梁にも適用されている。さらに小規模な斜張橋、歩道橋にも適用されている。

フランスにおいて、片持ち梁に支持された鋼吊桁の形式の橋梁は3橋あり、1970年代に最初に Ile Lacroix 橋が、引き続き図-14に示す Mathilde 橋が建設された。

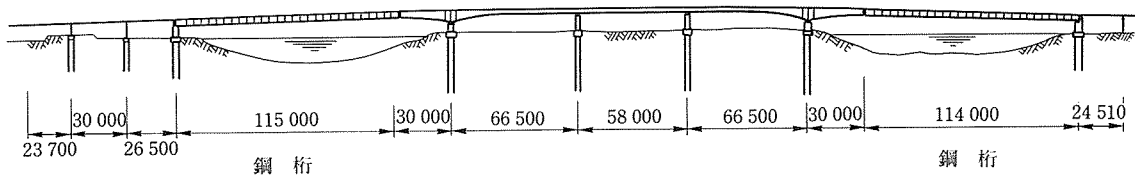


図-14 Mathilde 橋

Mathilde 橋の鋼桁は 2 本の I 桁を上床版で連結したもので、この鋼桁と中央部のコンクリートの箱桁の重量差が負の反力の発生を抑えることになっている。この工法では、鋼桁は工場で製作するので工期の短縮につながるものである。図-15 には同様な構造で建設された Fre-

jus 橋が示してある。図-16 に示す Cheviré 橋は、すでに述べた 2 例とは異なり、プレストレストコンクリート桁と鋼桁は同一断面形状となっている。この程度の規模と支間になると通常は斜張橋あるいは吊橋が計画されるが、ナント空港に近接しているためピロンを建てること

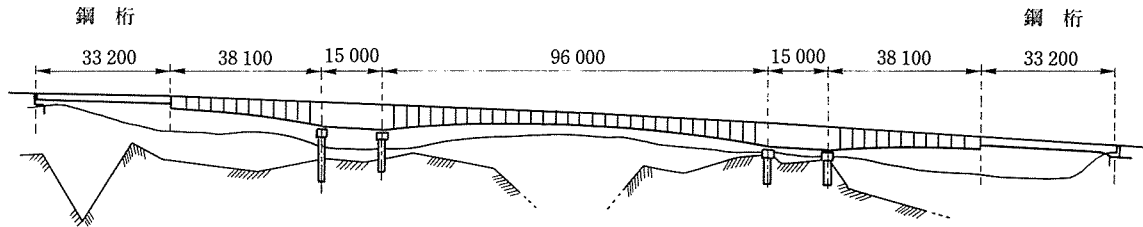
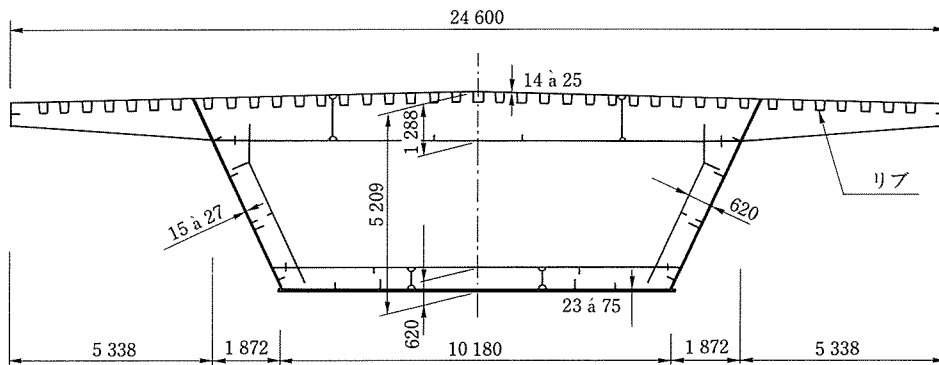
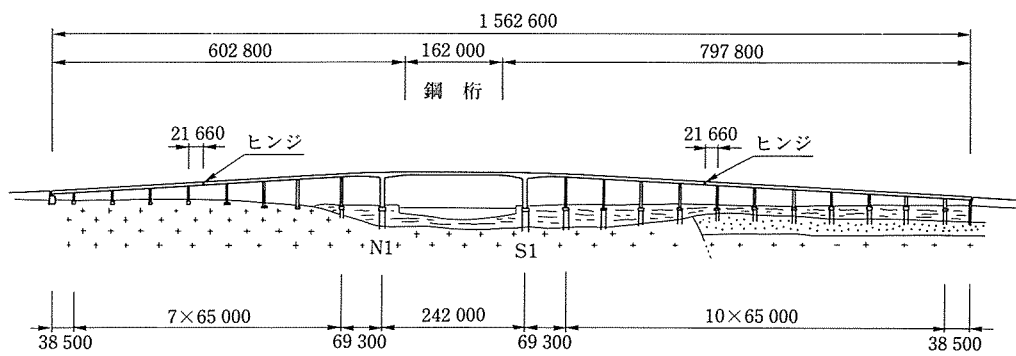
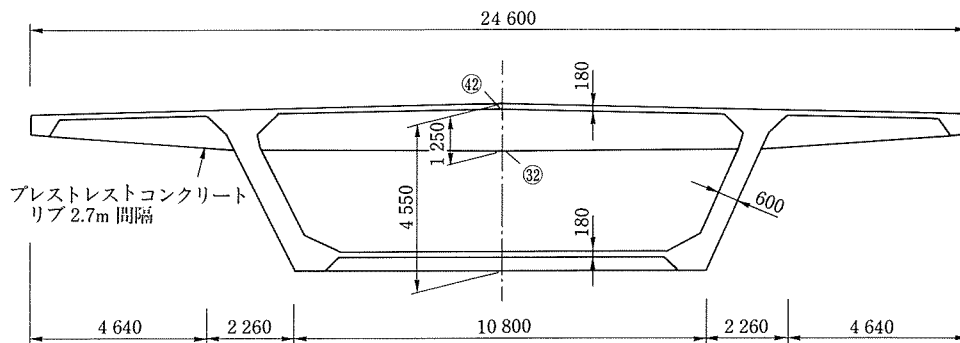


図-15 Frejus 橋



鋼桁断面



プレストレストコンクリート桁断面

図-16 Cheviré 橋

が禁止されたので、前の2例と同様に、中央支間部に軽い鋼桁を採用して負反力の発生を防止したものである。

同じような構造は、斜張橋においても通用されているが、当初、普通コンクリートと軽量コンクリートとの組合せによって計画されてきている。しかし、最終的には、図-17に示す Tampico 橋のように、側径間の負反

力を防ぐために中央径間は軽い鋼構造で建設された。この方法は、メキシコの技術者によって発展し、図-18に示す Normandie 橋に引き継がれ、中央支間 856 m にまで拡大した。この構造形式はコンクリート桁と鋼桁の結合部における両構造の一体化、局部応力の問題の解決のために多量で複雑な鋼材の配置が必要となっている。

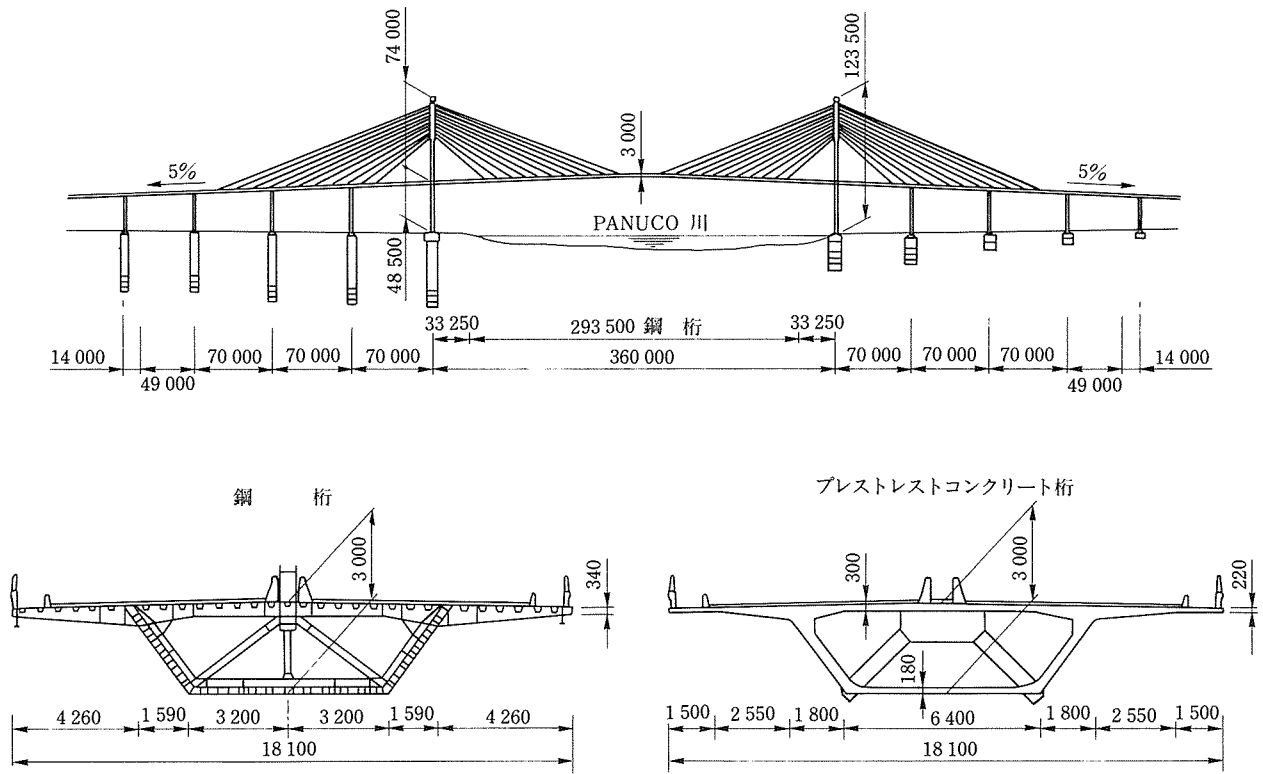


図-17 Tampico 橋

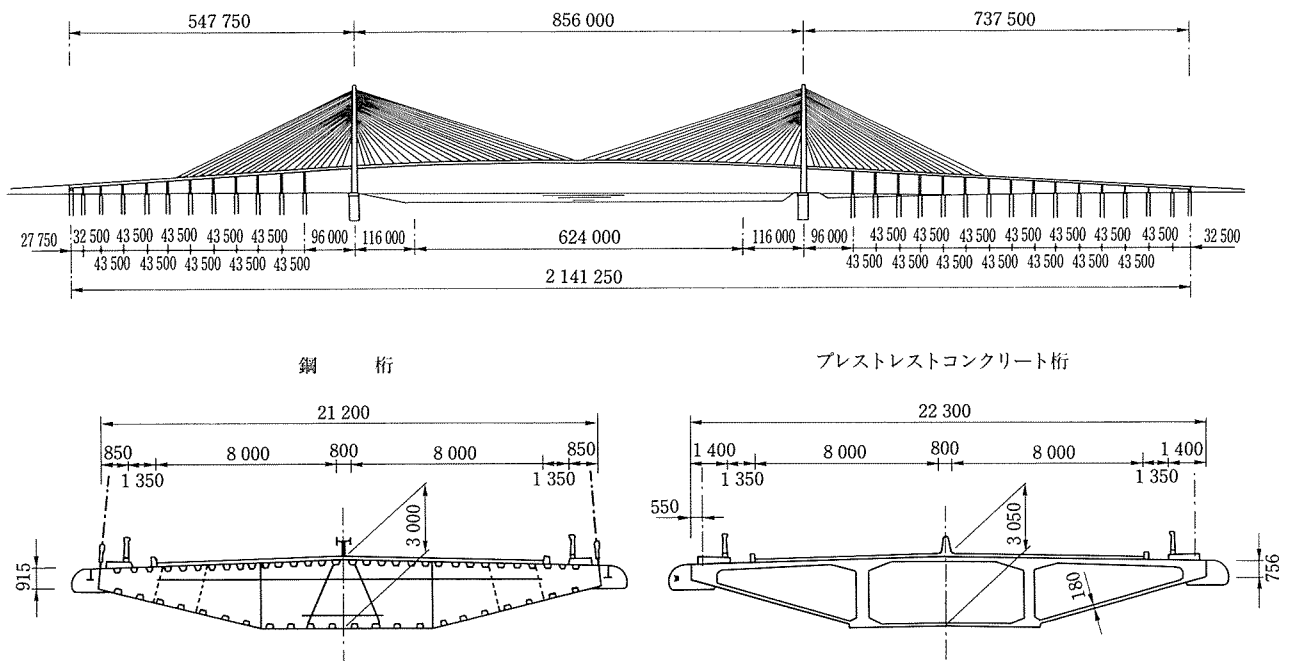


図-18 Normandie 橋

