

## 道路橋における大偏心PCケーブル橋

小川 篤生<sup>\*1</sup>・本間 淳史<sup>\*2</sup>

### 1. はじめに

1951年(昭和26年)に日本初のPC橋である長生橋が誕生してから45年が経過した。その長生橋は支間がわずか3.5mであったが、その後、カンチレバー工法の導入など、さまざまな研究と技術開発に支えられてPC橋の長大化が進み、現在ではPC斜張橋のような支間200mを超えるPC橋が数多く建設されている。

PC橋の長大化にあたり必要不可欠なことが死荷重の軽減、桁の軽量化であり、これに伴い近年、外ケーブル構造の研究が盛んに進められている。外ケーブル構造は、その名のとおり主鋼材であるPCケーブルをコンクリート部材の外に配置することで、死荷重の軽減、施工性や経済性の向上などに加えて維持管理性の向上も図ろうとするものである。外ケーブル構造については、これまでも本誌で特集<sup>1)</sup>が組まれたのをはじめ、数多くの報告がされ、先日改訂された道路橋示方書<sup>2)</sup>にも新しく規定が盛り込まれているので参考にされたい。

本稿で述べる大偏心PCケーブル橋は、従来の外ケーブル構造に比べて、支点上に支柱を設けて桁高の範囲以上に外ケーブルを偏心させた構造であり、外ケーブル構造の一種ではあるが、景観上はむしろPC斜張橋に近い。この構造は、1988年にフランスのエンジニアJ. Mathivatによりエクストラドーズド(Extradosed)ブ

レストレスと名付けられ、桁橋と斜張橋の中間的な特徴を有すことから、一般的にはこれらの構造とは区別されている。

本文では、日本道路公団(以下、JH)において世界に先駆けて、このエクストラドーズド形式を採用した小田原ブルーウェイブリッジの検討経緯について記すとともに、今後の第二東名・名神建設に向けての検討状況などについて記述する。

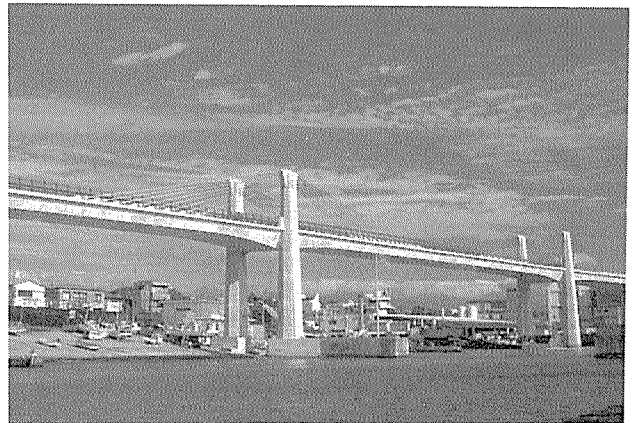


写真-1 小田原ブルーウェイブリッジ

### 2. 小田原ブルーウェイブリッジの計画<sup>3),4),5)</sup>

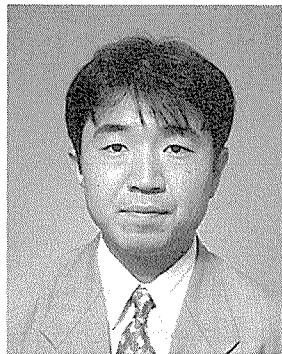
JHでは、1990年代の前半に、湘南と箱根および東伊豆とを結ぶ交通混雑の緩和を目的に西湘バイパスの改築事業を実施した。この事業は、既存の西湘バイパスを約1.9kmにわたり高架橋で延伸し一般国道135号の真鶴方面につなぐとともに、小田原厚木道路と直結するものであり、このうち小田原漁港内を通過する部分に計画された橋梁が、小田原ブルーウェイブリッジである。

この小田原ブルーウェイブリッジの形式選定にあたり考慮した事項(選定条件)は次のとおりである。

- ① 漁港施設の機能を阻害しないために、中央支間122m、両側径間74mの3径間とするとともに、航路制限 $H=20$ mを確保する。また、施工はカンチレバー方式による。
- ② 本区間の高架橋は、海岸部を通過することから維持管理の少ないコンクリート橋とする。



\*1 Atsuo OGAWA  
日本道路公団  
技術部構造技術課  
課長



\*2 Atsushi HOMMA  
日本道路公団  
技術部構造技術課

③ 箱根の連山と相模湾に望む小田原港周辺の良好な自然環境と調和し、前後の高架橋との連続性を損なわず、なおかつ漁港におけるシンボルとしても機能するよう、景観的に十分配慮する。

これらの条件にもとづき比較検討を行った形式が表-1である。

ここで通常であれば、鋼構造・コンクリート構造を問わず、最大支間 122 m 程度の橋梁を計画する場合には第一案の PC ラーメン箱桁橋を採用する例が多い。それは、耐久性や耐震性において有利だけでなく、経済的だからである。しかしながら、この小田原ブルーウェイブリッジでは、この案では漁港の航路制限により縦断線形の変更を余儀なくされ、全体計画に影響することになる。そしてこの「桁高の制約」が、エクストラード

PC 橋に取り組むきっかけになった。

ここで、桁高制限ということで考えれば、従来の技術では第 4 案の PC 斜張橋という選択肢があり、実績という点で第 2 案や第 3 案よりも一般的であるが、本橋の最大支間 122 m という規模では経済性に劣るため採用を見送った。また第 3 案の斜版付き PC 箱桁橋は、スイスのガンター橋やアメリカのバートンクリーク橋に代表される形式であり、斜材がコンクリートで被覆されていること以外、第 2 案と基本的に構造は同じである。実のところ、小田原ブルーウェイブリッジは、ガンター橋をモデルに当初、この斜版付き PC 箱桁橋で検討を進めていたが、この斜版の評価についてクリープ・乾燥収縮等の挙動が不明確なこと、地震時の慣性力が增加すること、さらに走行時の視界を圧迫することなどが挙げられたこ

表-1 小田原ブルーウェイブリッジの型式比較

<p>第 1 案</p>	<p>3 径間連続 PC ラーメン箱桁橋</p>	
<p>第 2 案</p>	<p>3 径間連続エクストラード PC 箱桁橋</p>	
<p>第 3 案</p>	<p>3 径間連続 斜版付き PC 箱桁橋</p>	
<p>第 4 案</p>	<p>3 径間連続 PC 斜張橋</p>	

とから、新たにこの斜ケーブルをコンクリートで被覆しないタイプのエクストラードズド PC 橋が候補となった。当然ながら、この形式の採用は世界に例がなく課題も多く挙げられたが、これまで培ってきた技術の蓄積を背景に、特に PC 斜張橋や外ケーブル構造で研究した成果を反映し易く、またケーブル防錆技術の信頼性が向上したことも考慮されて、第 2 案が最終的に採用された。

### 3. エクストラードズド PC 橋の特徴

一般的にエクストラードズド PC 橋は、桁橋と斜張橋の中間的な構造特性を有すると言われているが、以下に小田原ブルーウェイブリッジで得られた知見やその他の施工事例を参考に、エクストラードズド PC 橋の構造特性について述べる。

#### 3.1 主桁の剛性と桁高

これまで施工されたエクストラードズド PC 橋の桁高 ( $H$ ) は、中央支間長 ( $L$ ) に対して中間支点上でおよそ  $H/L=1/30\sim 1/35$  となっており、通常のラーメン箱桁の  $H/L=1/15\sim 1/17$  に比べるとかなり低くなっている。また、支間中央では  $H/L=1/50\sim 1/60$  程度である。図-1 に最大支間長と主桁コンクリート平均厚 (コンクリート体積/橋面積) の関係を示し、図-2 に換算支間長と PC 鋼材量の関係を示す。

斜張橋の場合は、主桁は斜材に支持される梁であり、最低限必要な剛度を付与しておけば桁重量は軽いほどよく、支間長に関わらず  $H=2.0\sim 2.5$  m 程度の桁高が採用されている。一方、エクストラードズド PC 橋の構造は、通常の桁橋における外ケーブル構造を基本と考えられており、断面力に抵抗するのはあくまで主桁であり、斜材は主桁にプレストレスと偏心モーメントを与えることを目的としている点で、斜張橋とは概念が異なっている。このためエクストラードズド PC 橋の主桁は、一般的な桁橋と同様に支間長に応じた桁高 (剛性) を有することとなるが、斜材の効果 (大きな偏心モーメント) に

より主桁の軽量化や PC 鋼材の節減が図られるため、図-1 や図-2 に見られるように、数量的には桁橋と斜張橋の中間的な値になっていると推察される。

これらのことから、エクストラードズド PC 橋は、長大支間の PC 橋でありながら、桁高を小さく桁を軽くでき、移動作業車などの施工設備をあまり大きくする必要がないこと、および、桁の剛性が大きいため、通常のカンチレバー工法と同様の管理方法により施工することができることなどから、第二東名のような山岳道路では特に有効な形式と考えられる。

#### 3.2 主塔の高さ

エクストラードズド PC 橋の主塔高さ ( $h$ ) と中央支間長 ( $L$ ) の関係は、これまでの実績をみるとおよそ  $h=L/8\sim L/12$  となっており、PC 斜張橋の  $h=L/5$  に比べて低い。これは、エクストラードズド PC 橋における斜材が桁を吊るための弾性支点を供給するのではなく、主鋼材として桁にプレストレスを与えるものであり、主塔は大きな偏心曲げモーメントを生じさせるための有効高さの確保を目的としていることに起因する。

エクストラードズド PC 橋の主塔を低く抑えることによる利点は大きい。施工の面でみれば、主塔の施工はもとより、斜材の架設を橋面上の支保工により行うことが可能となること、そして斜材の角度が小さいため、グラウトの注入を一括して行えることである。設計の面では、次節で述べるように、斜材張力の鉛直成分が小さくなることにより、活荷重などによる応力変動を PC 斜張橋より小さくできることである。そして、さらに重要な利点として、主塔高さが低く斜材から受ける鉛直軸力も比較的小さいことなどにより、PC 斜張橋で必要となる主塔の座屈防止のための横梁が不要となることが挙げられる。これは単に施工性の問題だけでなく、道路橋では維持管理の難しさから車道上空に工作物を設けることを極力避け、特に積雪寒冷地では堆雪により氷柱が生じないよう配慮していることによる。道路橋で下路橋がほと

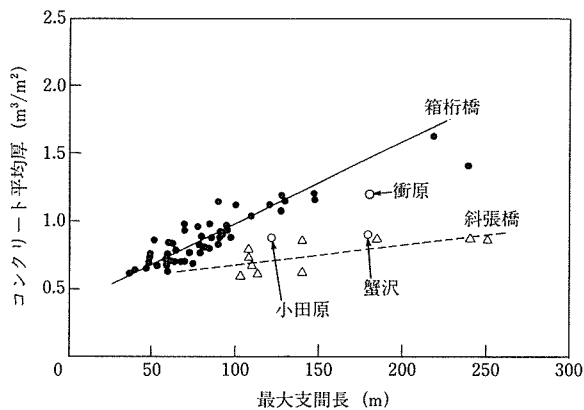


図-1 最大支間長と主桁コンクリート平均厚

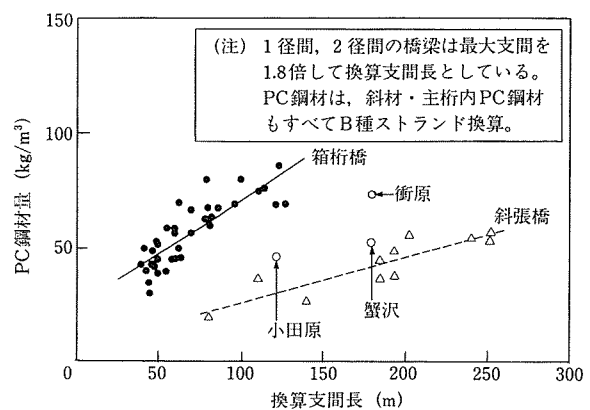


図-2 換算支間長と PC 鋼材量

表-2 主塔高さと主桁曲げモーメントの値

検 討 ケ ー ス	ケ ー ス 1	ケ ー ス 2	ケ ー ス 3	ケ ー ス 4
塔高さ : $h$ (m)	10.0	12.0	15.0	18.0
$h/L$	1/18	1/15	1/12	1/10
中間支点上最小曲げモーメント (tf·m)	-50 722 (1.0)	-42 159 (0.83)	-33 127 (0.65)	-28 436 (0.56)
支間中央最大曲げモーメント (tf·m)	14 651 (1.0)	13 845 (0.94)	12 850 (0.88)	12 073 (0.82)

$L$  : 中央支間=180 m

んど採用されないのはこのためである。したがって、エクストラードズド PC 橋が主塔に横梁を設けないことは、維持管理の観点でも大きな利点となる。

ところでこの主塔の高さについて、J. Mathivat によれば  $h=L/15$  程度と提案されていることから考えると、実際にはやや大きな主塔が採用されていることになる。表-2 および図-3 は、山陽自動車道衝原橋（後述 5.）において主塔の高さを検討した例である。表-2 によると、主塔の高さが大きいほど曲げモーメントの値は小さくなっており、特に中間支点上の減少量は顕著でケース 4 ではケース 1 の 56% となっている。また図-3 を見ると、斜材張力も主塔高さが大きいほど小さくなっており、力学的には主塔高さは高い方が有利である。しかしながら、あまり大きな主塔は前記の利点が失われるので、総合的に判断すると、エクストラードズド PC 橋

の主塔高さは提案されている  $L/15$  よりやや大き目の  $L/10$  程度が適当であると考えられる。

### 3.3 斜材の応力変動と安全率

道路橋示方書では、通常の桁橋等で用いる PC 鋼材の安全率を 1.67 ( $0.6\sigma_{pu}$ ) (設計荷重作用時) としており、一般的に外ケーブル構造においてもその安全率は準用されている。一方、PC 斜張橋の場合には、疲労に対して斜材および斜材定着体の安全を確保するために斜材の安全率を 2.5 ( $0.4\sigma_{pu}$ ) と大きく設定している。

エクストラードズド PC 橋は、一般的に PC 斜張橋に比べて活荷重による斜材の応力変動が小さい。これは、主塔が低く斜材の伸びの鉛直成分が小さいことに加えて、PC 斜張橋に比べて主桁の剛性が大きく斜材の荷重分担率が小さいことが影響していると考えられる。小田原ブルーウェイブリッジの場合、斜材の応力変動は  $1.5\sim 3.8$  kgf/mm<sup>2</sup> となっており、PC 斜張橋の斜材の応力変動が  $5\sim 13$  kgf/mm<sup>2</sup> の範囲でおおむね 10 kgf/mm<sup>2</sup> 程度<sup>4)</sup> であることを考えるとほぼ 1/3~1/4 に抑えられている。このため、小田原ブルーウェイブリッジでは、いくつかの構造モデルを用い、車種別交通量などのデータを考慮して斜材の疲労設計を行った結果を踏まえて、斜材の安全率を桁橋と同じ 1.67 ( $0.6\sigma_{pu}$ ) を採用した。ちなみに前述の衝原橋の斜材の応力変動もほぼ同じ値 ( $1.5\sim 3.7$  kgf/mm<sup>2</sup>) となっており、同様に 1.67 の安全率を採用している。

エクストラードズド PC 橋の斜材の変動応力の大きさは、主塔の高さ、斜材と主桁の剛比、支点上の支承条件などによって異なるものである。したがって斜材の安全率を「エクストラードズド PC 橋だから」という理由や、また応力変動の大小という定性的な指標だけで判断すべきではない。ここでポイントなることは、斜材の重要度である。すでに述べたように、エクストラードズド PC 橋では、主桁の剛性が大きく、PC 斜張橋に比べて斜材の荷重分担の割合が小さい。言い換えれば、斜材の破断が構造系の崩壊につながる斜張橋に比べると、エクストラードズド PC 橋の斜材の重要度は低いと考えられる。小田原ブルーウェイブリッジにおいて 1 本の斜材が破断した場合の影響を検討しているが、それによると、一番厳しいケースにおいても主桁のコンクリート応力が

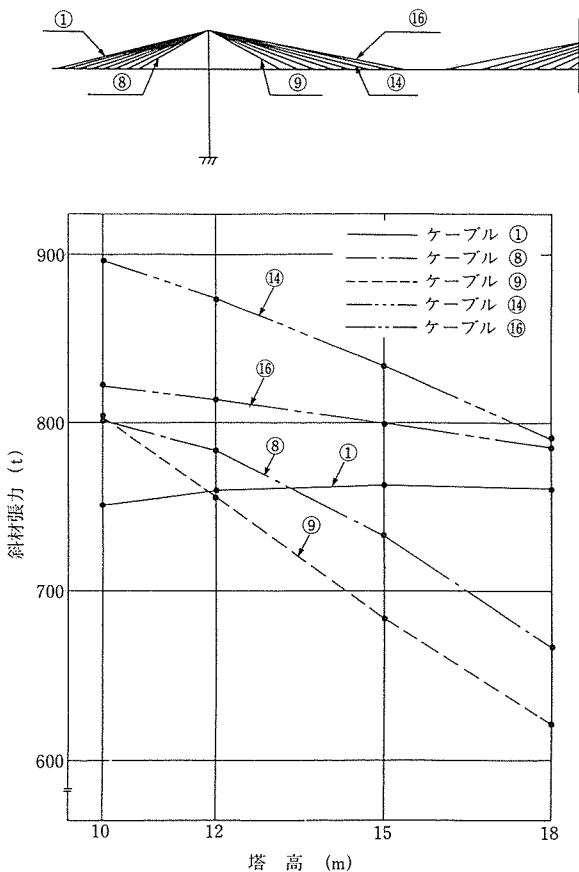


図-3 全死荷重+活荷重 (MAX) 作用時の斜材張力

一部許容応力度を若干超えるものの、ほかの斜材の張力増加は最大 2% 程度で許容応力度を超過することはなかった。このことは、斜材の安全率の問題だけでなく、通常の斜張橋では信頼性の高い工場製作ケーブルを使用しているのに対して、エクストラード PC 橋では、経済的な現場製作ケーブルを用いている要因ともなっている。

斜材の安全性については、今後、十分な検討が必要であるが、小田原ブルーウェイブリッジなどでは、斜材の PC 鋼材量が全体の約 1/2 を占めており、斜材の安全率を低下でき、現場製作ケーブルを使用したことによって、かなりの工費節減が可能となっている。またこのほかにも、エクストラード PC 橋における PC 鋼材の効率的な使用は、PC 斜張橋に用いられるような大容量の PC 鋼材を配置しないことから、斜材の架設や将来の取替えが比較的容易なこと、大きな緊張ジャッキを必要としないことなど、施工においても有利となっている。

#### 4. 今後の課題

これまで述べてきたように、エクストラード PC 橋は長支間を有する PC 橋の新しい構造形式として、今後、採用が増えていくものと思われるが、まだ実績も少なく、標準化・基準化のために検討すべき課題は多く残されている。特に最大の特徴である斜材の評価や設計方法については、その都度、手探りに近い状態であり、以下に今後の課題として列挙するので、参考にされたい。

##### 4.1 各 PC ケーブルの構成

エクストラード PC 橋に配置される PC 鋼材は、主桁に配置される主ケーブルと、主桁を支持する斜ケーブルとに大別される。そしてまたその主ケーブルについても、今後は外ケーブル構造が取り入れられて、いわゆる内外ケーブル併用構造になると想定される。内外ケーブル併用構造を設計する場合に、常にその鋼材比率が検討課題となるが、エクストラード PC 橋の場合には、さらに斜ケーブルも含めて検討しなければならない。

「大偏心外ケーブル」という名称からすると、外ケーブルの一部（あるいは全部）を大きく偏心させたイメージとなるが、実際には斜ケーブルが主桁の剛性を補完した構造になっている。つまり主桁と斜ケーブルの鉛直荷重の分担率をどのように設定するかにより、斜ケーブル鋼材量が決定される。その場合には主桁の剛性（桁高）や主塔の高さといった要素を含めて総合的に判断しなければならないが、主桁の剛性については、桁高と PC 鋼材量が考慮され、そしてその PC 鋼材量の内外ケーブル比の設定といった課題がある。

このように、エクストラード PC 橋をより合理的

に経済的に設計するためには、これらの様々な要素を比較検討して、より効率的なケーブル配置計画を模索していく必要があると考えられる。

##### 4.2 斜材の安全率について

小田原ブルーウェイブリッジでは、斜材の安全率について種々の検討結果を踏まえて、通常の PC 鋼材と同じ 1.67 ( $0.6\sigma_{pu}$ ) を採用し、経済性をはじめ多くの利点を生んだ。しかしながら、これがイコール「エクストラード PC 橋の斜材の安全率」として妥当か否かについては、今後、大きく議論されるところであろう。確かにエクストラード PC 橋は、PC 斜張橋に比べて応力変動が小さく、荷重負担率が小さいことなど疲労に対して有利であるが、それを理由に PC 斜張橋より安全率を下げてよいか、また下げたとしても 1.67 まで低減してよいかは、現段階で画一的に判断することは難しい。

道路橋示方書では、PC 斜張橋の安全率について「斜材の安全率は、死活荷重比（活荷重応力／死荷重応力）、活荷重応力の発生頻度、二次応力の影響、応力の不均一性などを考慮して決定されるものである」と解説に示している。本文 3.3 でも述べたように、現在、斜材の安全率の目安となっている斜材の応力変動の大きさは、主桁の剛性、支承条件、主塔の高さなどによって変化するものであり、また安全率の決定には、荷重の負担割合などに伴う斜材の重要度も考慮されるべきである。

今後、数多くのエクストラード PC 橋が計画されていく場合、その中には構造特性が桁橋に近いものから斜張橋に近いものまで様々になるとと思われるが、エクストラード PC 橋の明確な定義がされない状態において、一概に「エクストラード PC 橋の斜材は」という区分で安全率を決定することは危険である。JH としては、エクストラード PC 橋の設計基準の確立に不可欠な斜材の安全率について、桁橋や斜張橋という構造形式にとらわれず、十分な議論を重ねていきたいと考えている。

##### 4.3 主塔における斜材の定着

小田原ブルーウェイブリッジでは、日本の PC 橋で初めて主塔の頂部にサドル構造（図-4）を採用しているが、これまで国内で施工されたすべてのエクストラード PC 橋にも、同様にサドル構造が採用されている。一方、斜張橋の場合、主塔にサドル構造を採用した例は、国内では初期の鋼斜張橋に見られるだけであり、通常は主塔に定着装置を設けて斜材を定着している。

サドル構造の採用による利点は、定着装置における大きな切欠き部がなくなるため、煩雑になりやすい主塔を簡素化して施工性が向上すること、および、塔頂部の斜材間隔（定着間隔）を小さくできるため、高さの低い主塔でありながら斜材の偏心量を大きく確保できることで

ある。

しかしながら、これらのサドル構造は、定着装置として左右の張力差により斜材が滑らず、なおかつ斜材の取替を可能とする特殊な構造となっており、その観点からすれば、主塔の定着構造についてまだまだ見直す余地があると考えられる。また、防食の観点から、斜材にエポキシ塗装 PC 鋼材や被覆鋼材を用いる場合には、サドルによる偏向は問題が生じる可能性もある。そのため、PC 斜張橋のように左右の斜材をそれぞれ定着した方が、少なくとも、斜材の左右の張力差への対応、および斜材の取替えや再緊張の面では合理的であり、その前提で主塔頂部の構造や定着装置を検討してみる必要がある。ここで、斜材を個々に定着する場合にはサドルを用いた場合より主塔が高くなると思われるが、3.2 で述べたように、主塔の高さを低くすることが必ずしも有利な構造にならないことを考えると十分検討に値する。またその場合には、定着部の切欠きおよび補強に対して、鋼製フレームを用いた SRC 構造について検討する必要がある。

ここで述べたことは、エクストラードロード PC 橋におけるサドル構造の採用を否定するものではないが、JH として、主塔の定着構造については、安全性、経済性、施工性、さらには景観性を考慮して、サドル構造にとらわれずに判断していく必要があると考えている。

### 5. 現在計画中のエクストラードロード PC 橋

今後、第二東名・名神をはじめ構造物比率が高くなるとともに、山岳道路が多くなることにより、長大橋梁の建設を余儀なくされている。特に山間部においては資材搬入などの工事用進入路の確保が困難なケースが多いこともあり、カンチレバー工法による PC 橋が計画される

機会は多くなると想定される。これに伴い、JH では、小田原ブルーウェイブリッジで培ったノウハウをもとに、いくつかのエクストラードロード PC 橋を計画している。

高速道路として 2 橋目に計画された衝原橋（図-5）は、兵庫県神戸市北部の衝原湖上を通過する中央支間 180 m を有する橋梁である。本橋の位置する山陽自動車道（三木～木見間）は、現在の山陽自動車道と明石海峡大橋を結ぶ関連路線として、現在、急ピッチで建設が進められており、本誌が発刊される頃には主桁の架設も本格化していることと思われる。この衝原橋は、小田原ブルーウェイブリッジの技術を受け継ぐとともに、中央支間が 180 m と大きいこともあり、PC 斜張橋との比較をはじめさらに検討を行っている。特に明石海峡関連事業として施工期間が制約されており、工期短縮を図る目的から、中間ウェブを省略した床版支間 9 m を有する 1 室構造としたこと、桁内ケーブルを内外ケーブル併用にしたことなどが特徴として挙げられる。加えて、設計期間中に兵庫県南部地震が発生したことにより、耐震性の検討については動的解析をはじめ様々な解析を行っている。

第二東名高速道路が通過する浜松市に計画された都田川橋（写真-2）は、T 型ラーメン構造の箱桁にエクストラードロード形式を採用した橋長 268 m の橋梁である。本橋の支間 133 m は、張出し支間長としては前述の衝原橋を超えて小田原ブルーウェイブリッジの 2 倍に達しており、従来の PC 斜張橋と匹敵する大規模なものとなっている。3 車線幅員となる主桁の構造は 3 室 1 主桁形式で、主桁の軽量化と施工性の向上を図る目的から、上下床版内に配置された内ケーブルと連続ケーブルとして配置される外ケーブルの併用を行っている。また上部

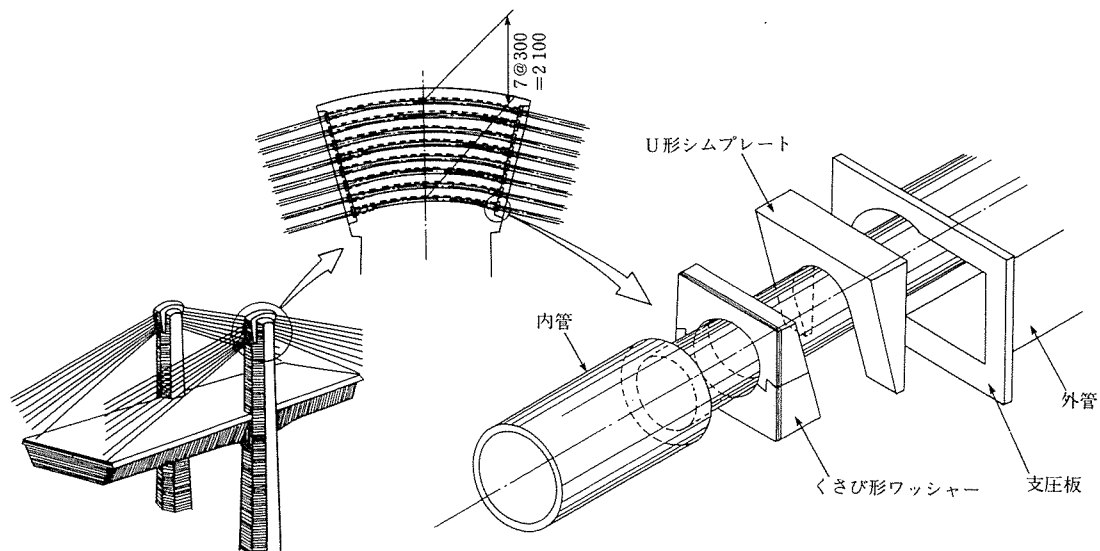


図-4 小田原ブルーウェイブリッジのサドル構造



写真-2 第二東名 都田川橋 (完成予想図)

構造は上下線分離形式であるが、橋脚は上下線一体の3柱形式、主塔高さ20m(約L/7)を含めて全高約90mとなっている。

木曾川橋・揖斐川橋(写真-3)は、第二名神高速道路

のうち三重県内の木曾川および揖斐川の河口部付近を横過するため、最大支間長275m、橋長1kmを超える長大橋梁である。本橋の最大の特徴は、世界で初めてPC・鋼複合連続エクストラード形式を採用したことであり、支間中央の110m(揖斐川橋は100m)部に鋼箱桁構造を用いることで死荷重の軽減と耐震性の向上を図っている。またこのほかにも、上部構造は上下線一体形式で幅員33mとなるため、エクストラード形式としては初めて1面吊り構造を採用し、下部構造の軽量化を図っていること、さらにPC桁部は1セグメント約400t(ブロック長5m)となる国内最大のプレキャストセグメント工法による架設など、様々な特徴を有している。このように木曾川・揖斐川橋は、世界でもほかに類を見ない新しい形式の橋梁であり、設計および施工上の多くの課題を克服するため、PC橋に限らず現在の橋梁技術を結集して検討を進めている。本橋の完成は、21世紀の橋梁建設に大きく貢献すると言えよう。

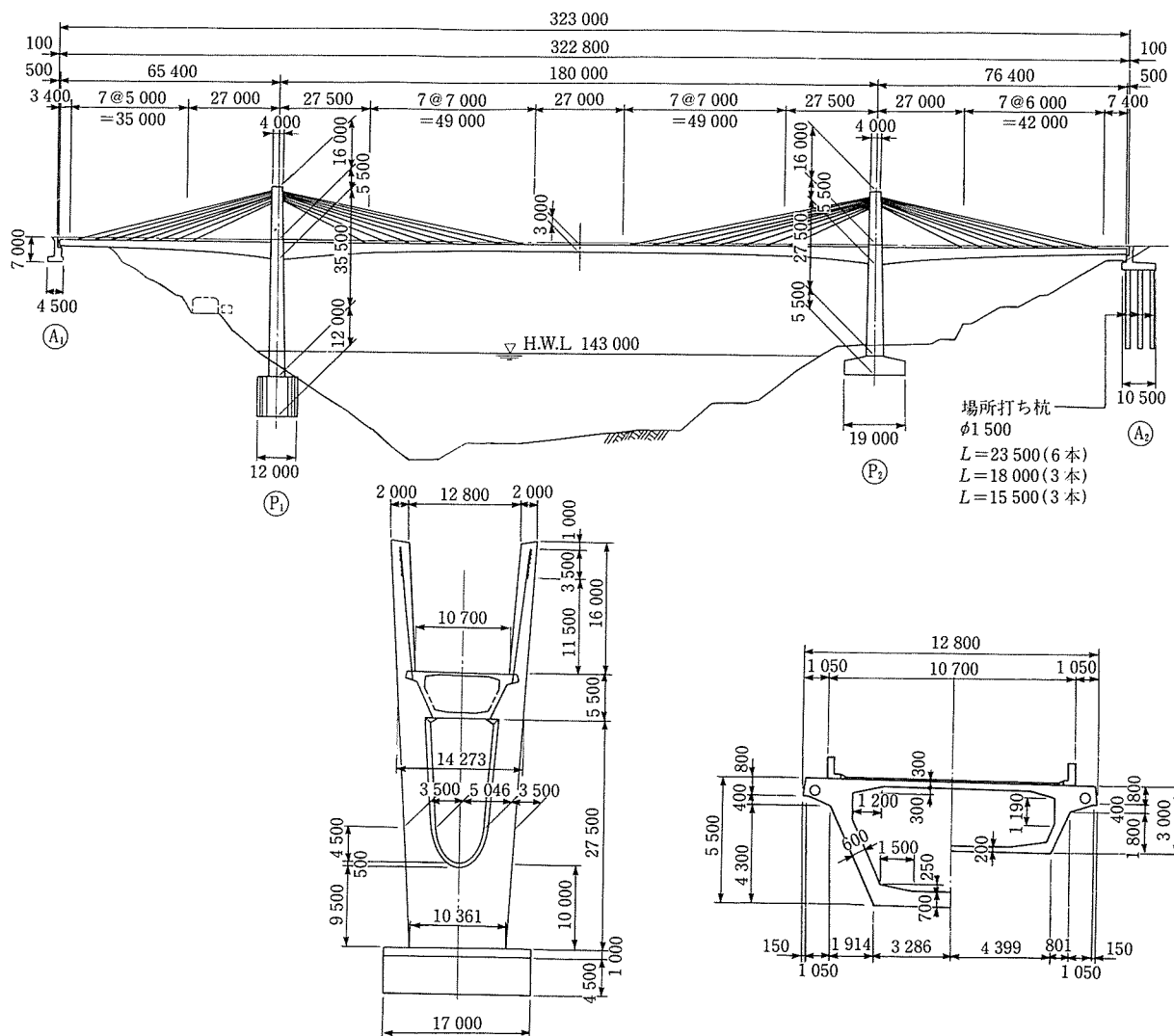


図-5 山陽自動車道原稿一般図



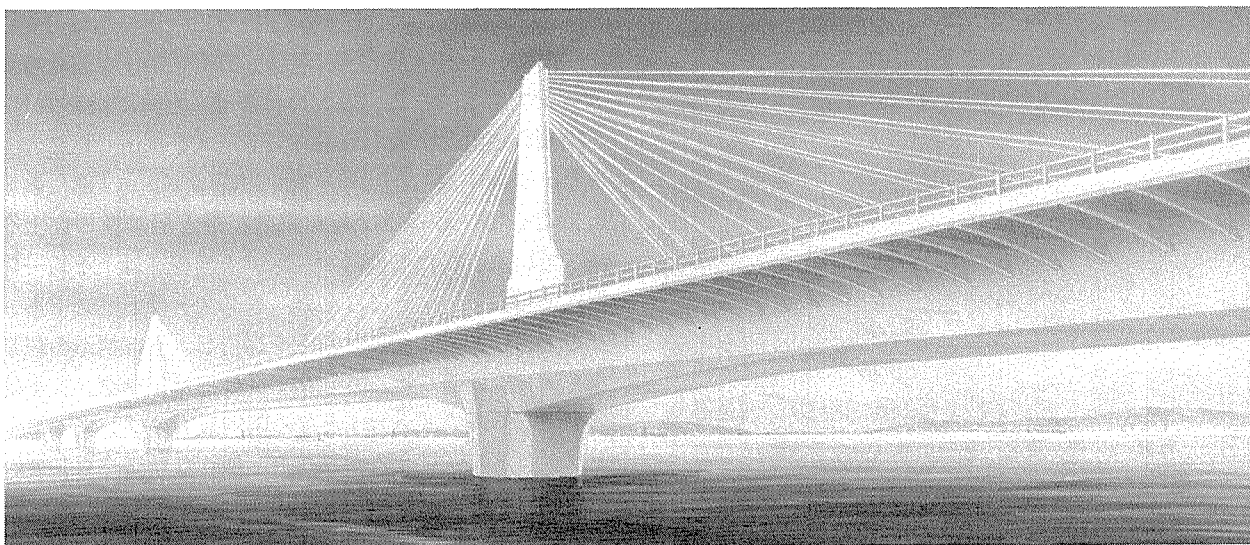


写真-3 第二名神 木曾川橋・揖斐川橋（完成予想図）

## 6. おわりに

小田原ブルーウェイブリッジの建設により、エクストラードードPC橋は、構造力学的合理性、施工性、経済性、景観性などの観点から世界各国の注目を受け、日本国内だけでもすでに数橋の計画または施工事例があり、今後、ますます増えるものと予想される。

本文でも述べたように、エクストラードードPC橋は従来の桁橋とPC斜張橋の中間的な構造特性を有するとされ、100～200 m程度の支間を有する橋梁を補完する形式として考えられている。本文で述べた、エクストラードードPC橋の特徴をまとめると、以下のとおりとなる。

- ① 中央支間長に対して、中間支点上の桁高は1/35程度、主塔高さは1/10程度が適当と考えられる。
- ② PC斜張橋に比べて斜材の応力変動が小さく、また斜材の荷重分担率も小さいことから、安全率を通常の内ケーブルと同様とできるため、PC鋼材を効率よく使用できる。
- ③ 主塔高さを低くできるため、主塔および斜材の施工が容易となり、また横梁が不要となるため、維持管理の面でも有利である。
- ④ 斜材の防錆・防振方法、塔頂部の定着方法、および拡幅計画に対応した構造などについて、今後、検討する必要がある。

これらの特徴を踏まえ、エクストラードードPC橋の適用性については、今後、PC構造だけでなく鋼構造も含めて、経済性、施工性、耐久性などから総合的に判断され、採用基準が明確化していくと考えられる。さらに、PC橋において新技術といわれている、プレキャストセグメント工法やPRC構造、あるいは鋼構造との複合構造など、さまざまな技術と組み合わせることにより、合理的で経済的な21世紀の橋梁形式を模索していくことも必要である。また一方で、このように橋梁構造が合理化かつ複雑化されていく状況においては、設計や解析で想定されていた構造物の品質を確保することが重要であり、それは新材料の開発に限らず、施工段階における品質管理・施工管理がこれらの技術開発を支えていくと言っても過言ではなからう。

### 参 考 文 献

- 1) 特集「外ケーブル構造」、プレストレストコンクリート、Vol. 32, No. 5, 1990
- 2) 道路橋示方書・同解説Ⅲコンクリート橋編、日本道路協会、平成8年12月
- 3) 城野、多久和、春日、岡本：エクストラードード橋の計画と設計、橋梁と基礎、1992年12月
- 4) 小野寺、今泉、春日、岡本：エクストラードードPC橋の計画と設計（西湘バイパス小田原港橋）、プレストレストコンクリート、Vol. 35, No. 3, 1993
- 5) 小野寺、相葉、木水、松井、春日：小田原港橋の施工、橋梁と基礎、1994年7月

【1997年1月28日受付】