

## 木曾川橋・揖斐川橋の計画 ——第二名神高速道路——

角谷 務<sup>\*1</sup>・酒井 秀昭<sup>\*2</sup>

### 1. まえがき

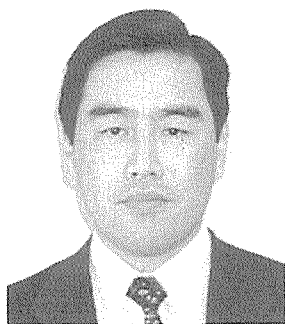
第二名神高速道路は、第二東名高速道路と一体となって、今後のわが国の道路網の根幹をなし、産業、文化、社会経済活動の振興に寄与するために計画された夢のスーパーハイウェイである。本高速道路に構築される橋梁は、新技術・新工法を導入し、種々の課題を解決するとともに有料道路事業としての採算性確保のため、事業費の削減が可能となるものとする必要がある。

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を横過する箇所は、河口部付近となるため、それぞれの河川を横過する橋梁は、1 km を超える橋長となり、特に堤体を横過する箇所が河川管理条件等から 160 m 程度以上の径間長となることから長大橋として計画する必要がある。この場合、当該河川の架設条件からは、鋼箱桁橋、鋼トラス橋、鋼斜張橋、PC 斜張橋、PC エキストラード橋、PC 箱桁橋等が想定されるが、経済性および施工性等から世界で初めての PC・鋼複合連続エキストラード橋を計画している。

本文は、この PC・鋼複合連続エキストラード橋として計画された木曾川橋および揖斐川橋の概要を特に上部工について述べるものである。架橋箇所の位置図を、図-1 に示す。



\*1 Tsutomu KADOTANI  
日本道路公団  
名古屋建設局  
四日市工事事務所 所長



\*2 Hideaki SAKAI  
日本道路公団  
名古屋建設局  
四日市工事事務所  
工務課 課長

### 2. 橋梁形式

#### 2.1 上部工形式

上部工は、河川条件から堤体部の径間長が 160 m 程度以上となることから、下記の 3 案を比較し、PC・鋼複合連続エキストラード橋としている。

- ① PC・鋼複合連続エキストラード橋（最大径間長 275 m）
- ② PC 連続エキストラード橋（最大径間長 206 m）
- ③ 鋼連続箱桁橋（最大径間長 165 m）

また、本橋の形式を採用した理由は下記のとおりである。

#### (1) エキストラード構造の採用

エキストラード構造は、比較的長径間の橋梁において、外力を主桁と斜ケーブルで適切に分担し、外力のほとんどを斜ケーブルで分担している斜張橋と比較して、建設コストの低減を図ることが可能となる。また、斜張橋と比較して、斜ケーブルに作用する応力変動を低減できるので、斜ケーブルの引張応力度の許容値を増大させ斜ケーブル量を低減することが可能となるとともに、より安価な定着構造を有する斜ケーブルの採用が可能となり、建設コストが低減される。

#### (2) 複合構造の採用

側径間および中間支点部付近を PC 箱桁に、中央径間中央部付近（約 100 m）を鋼箱桁とし、一体化を図ることにより、死荷重が減少し径間長の増大が可能となり、下部工と上部工のトータルコストが最も少ないバランスのとれた設計が可能となる。

#### (3) 外ケーブル構造およびプレキャストセグメント工法の採用

PC 箱桁部に外ケーブルと内ケーブルを併用することおよびプレキャストセグメント工法とすることにより、部材の軽量化・施工の省力化および建設コストの削減が可能となる。

#### 2.2 下部工形式

下部工形式については、支持層までの深さが 40 m を

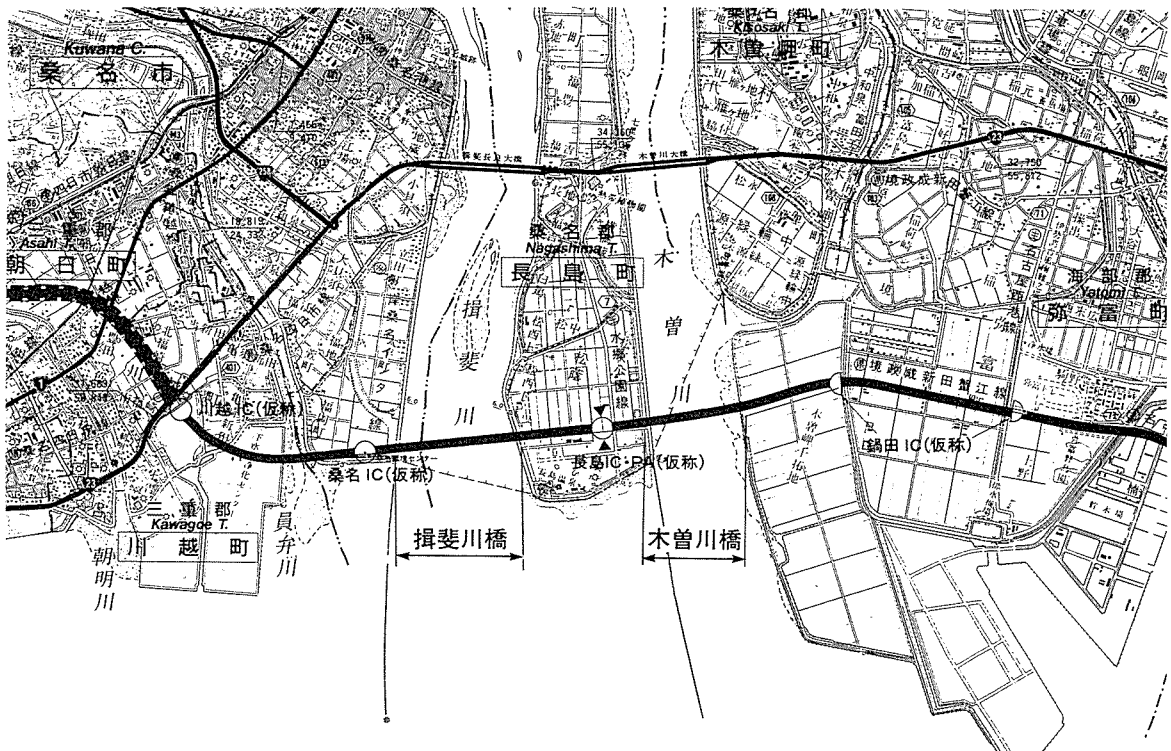


図-1 橋梁位置図

超えること、河川内であることなどから、非洪水期施工および洪水期の阻害率（7%以下）を考慮し下記の2案を比較検討し、工期および経済性等から鋼管矢板基礎としている。

- ① 鋼管矢板基礎（ $L$ ＝約45 m）
- ② ニューマチックケーソン基礎

2.3 支承条件

支承条件については、メンテナンスおよび走行性を考慮し連続桁とすること、耐震性の向上を図ることなどから反力分散型ゴム支承としている。

3. 橋梁概要

前述のとおり、木曾川橋および揖斐川橋はPC・鋼複合連続エクストラードロード橋としているが、両橋の概要は表-1に示すとおりである。また、木曾川橋および揖斐川橋の概略図を図-2, 3に示す。また、完成予想図を図-4に示す。

表-1 木曾川橋と揖斐川橋の概要

項目	木曾川橋	揖斐川橋
形式	PC・鋼複合5径間連続エクストラードロード橋	PC・鋼複合6径間連続エクストラードロード橋
橋長	1 145 m	1 397 m
最大径間長	275 m	271.5 m
桁高	4~7 m	

4. 設計施工方針

4.1 設計方針

(1) 構造

- 1) 図-2, 3に示すとおり、斜ケーブルの主桁定着部付近まではPC箱桁とし、径間中央部は死荷重低減のため鋼床版箱桁（約100 m）とすることにより、全体の低コスト化を図る。
- 2) PC箱桁と鋼箱桁との接合部は剛結構造としPC鋼材で補強するとともに、鋼箱桁内部にもPC箱桁と連続して外ケーブルを下フランジ側に配置することにより、鋼重の減少および接合部の安全性の向上を図る。
- 3) 斜ケーブルは一面吊りとし、中央分離帯側に設置することにより、低コスト化を図る。
- 4) 主塔高さは、斜張橋の1/2以下（30 m）とし斜ケーブルの応力変動の低減を図る。

(2) PCケーブル

- 1) 斜ケーブルは、応力変動が小さいので現場製作ケーブルを基本とする。
- 2) 防錆に十分配慮した外ケーブルおよび内ケーブルを併用することおよび変断面構造とすること等により、斜ケーブルがすべて破断しても落橋しない程度の斜ケーブル量（中間支点上で斜ケーブルの分担率は約50%）とすることで低コスト化を図る。
- 3) 外ケーブルおよび内ケーブルを併用することによ

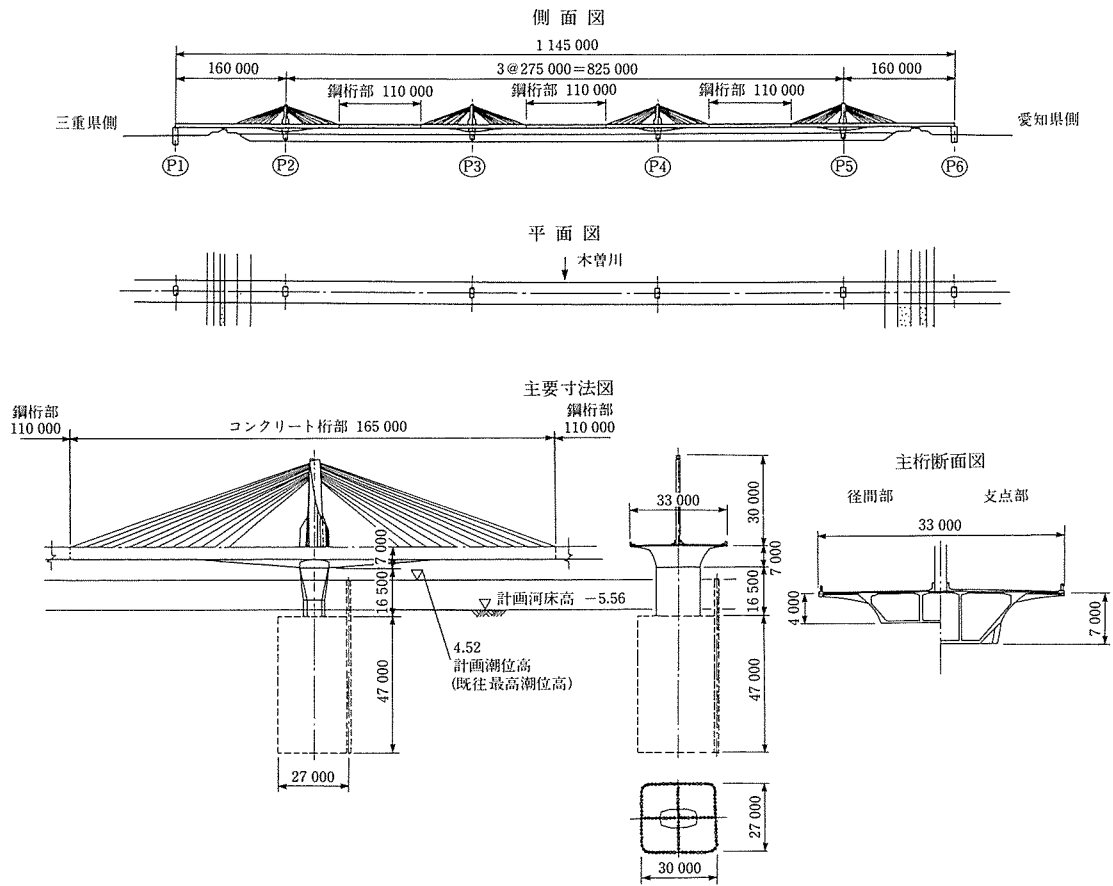


図-2 木曽川橋概略図

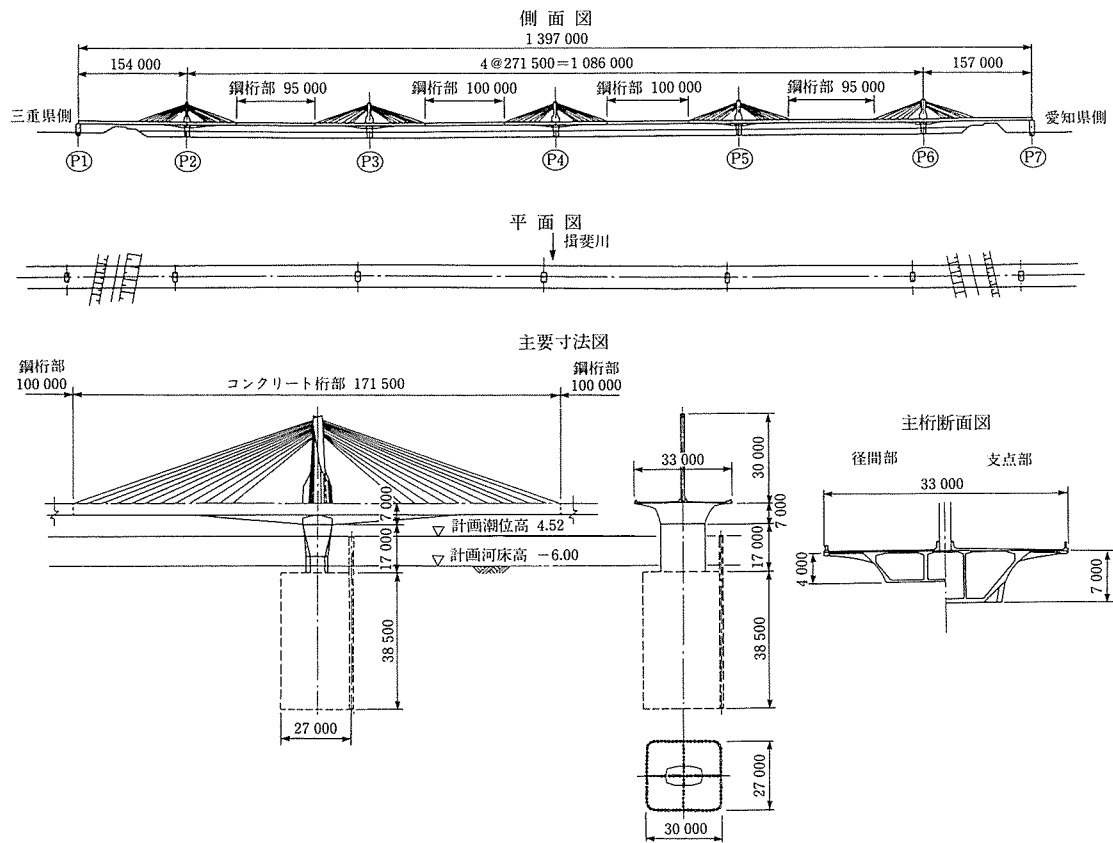


図-3 揖斐川橋概略図

り、PC箱桁部の軽量化を図るとともに、低コスト化も図る。

#### 4.2 施工方針

- 1) PC箱桁部はプレキャストセグメント工法とし、架設は図-5に示すようにヤードで製作されたセグメントを台船で運搬しエレクションノーズによるキャンチレバー架設とする。
- 2) 鋼箱桁部は、図-6に示すように台船による一括吊り上げ架設とする。
- 3) 鋼管矢板基礎は、杭打ち船による水上施工を基本とする。

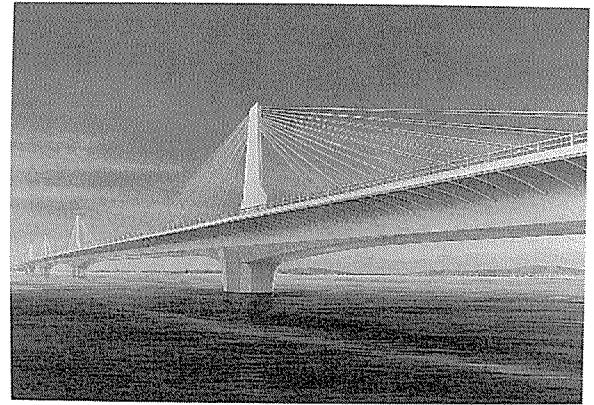


図-4 木曾川橋完成予想図

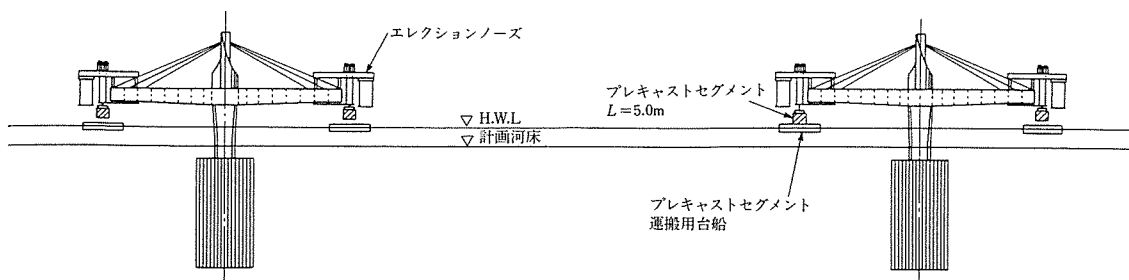


図-5 PC箱桁部架設図

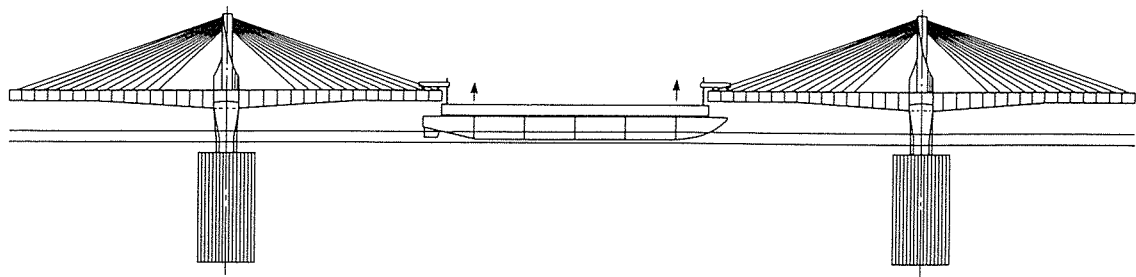


図-6 鋼箱桁部架設図

### 5. 設計の概要

木曾川橋および揖斐川橋の上部工については、主要断面寸法および鋼材料等を決定するための計画設計を実施しているため、その概要について以下に述べる。

#### 5.1 PC箱桁と鋼箱桁の接合位置

PC箱桁と鋼箱桁の接合位置は、以下の理由により中間支点から80m付近とする。

- 1) 本橋においてはPC箱桁は鋼箱桁より経済的なため、PC箱桁を可能な限り長くする。
- 2) 主塔高さをケーブルの架設が容易な30mとし、桁高を交差条件等から支分部7m、径間部4mとしたことにより、エクストラドーズド構造として設

計可能な程度までPC箱桁を延長させる。

- 3) エクストラドーズド構造は斜張橋と相違し、斜ケーブルの水平分力が鉛直分力より卓越するため、斜ケーブルの設置範囲までは、圧縮力に対して抵抗力が大きいPC箱桁構造とする。
- 4) 接合位置を桁上縁側が圧縮となる正の曲げモーメント区間とすることにより、接合部の床版の耐久性の向上を図る。

#### 5.2 主桁断面形状について

本橋においては、エクストラドーズド橋であるので桁の断面剛性が斜張橋と比較してかなり大きいこと、および経済性等から斜ケーブルを一面吊りとしている。また、プレキャストセグメント工法として経済性および施

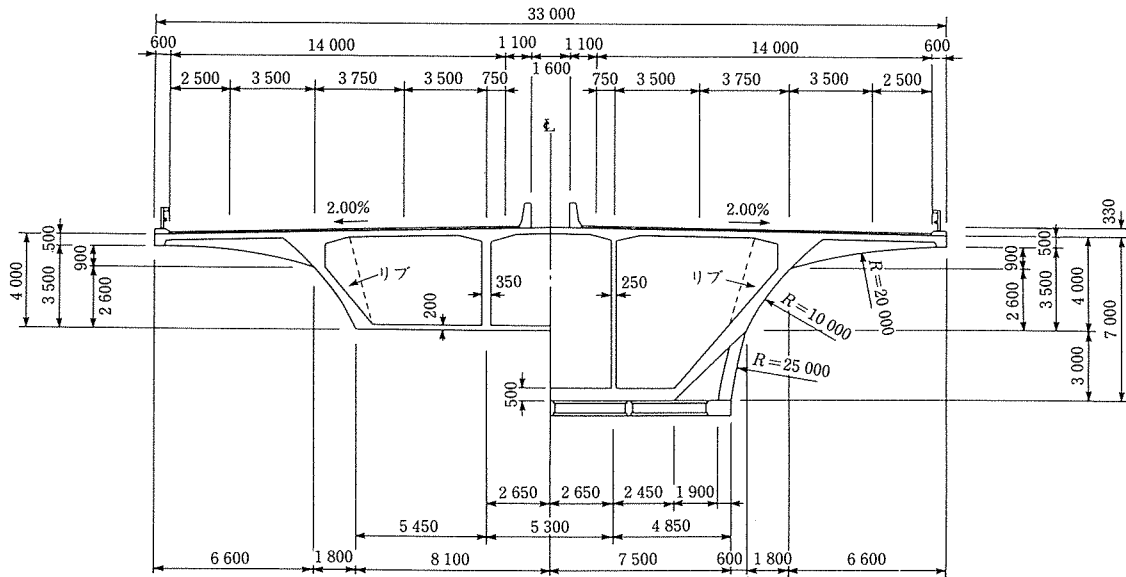


図-7 PC桁部断面図

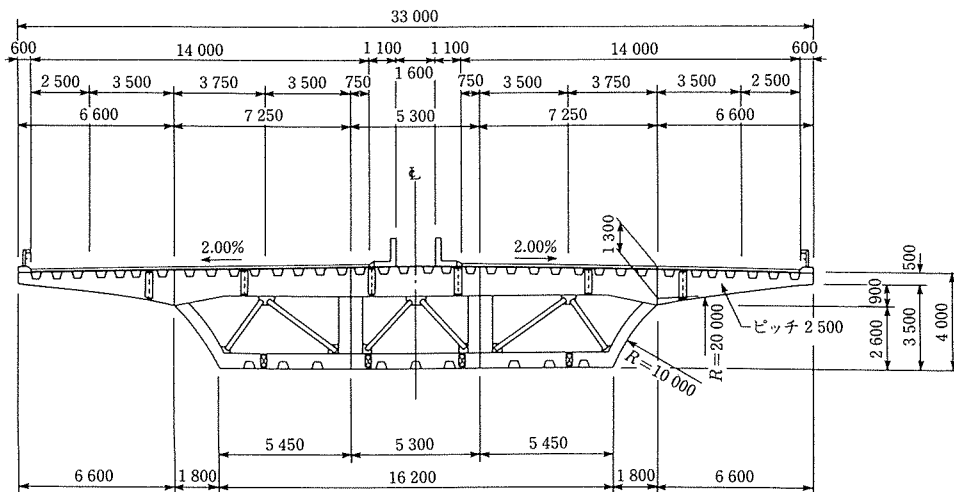


図-8 鋼桁部断面図

工の省力化を図っていることなどから、図-7、8に示すリップ付き床版を有する3室1主桁断面としている。PC箱桁部および鋼箱桁部の主桁断面形状の決定における主要な点を以下に述べる。

(1) PC箱桁

- 1) プレキャストセグメント工法を採用することから、軽量化を図る必要があるため、外ケーブルと内ケーブルを併用し、ウェブ厚さを低減する。
- 2) リップ付き床版を採用することにより軽量化を図る。
- 3) 高強度コンクリート (60 N/mm<sup>2</sup>) を採用することにより、断面厚さの減少による軽量化を図る。

(2) 鋼箱桁

- 1) コンクリート床版では重量が増大し、複合構造とした利点が減少するため、鋼床版箱桁とする。

- 2) デッキプレート厚を18 mmとし、大型リップを用いることにより、鋼床版の製作費の低減を図るとともに舗装に発生する局所ひずみを減少させ、舗装の耐久性の向上を図る。
- 3) PC箱桁部と同一の外観形状とし、景観性の向上を図る。

5.3 斜ケーブル

斜ケーブルは、設計方針で述べたとおり、エクストラドーズド橋としての利点を十分に生かすため、外ケーブルと内ケーブルを併用し、疲労のため許容値が低減されない程度の分担率として設計を行っている。斜ケーブルの設計における主要な着目点を以下に述べる。

- 1) 斜ケーブルの自動車荷重による応力変動は、B活荷重に対しても11 kgf/mm<sup>2</sup>程度であること。疲労の検討においても十分に安全であること等から、

斜ケーブルの設計荷重時の応力度の制限値を一般の PC 鋼材と同様に  $0.6 \sigma_{pu}$  以下とし、経済性の向上を図る。

- 2) 定着部の疲労の影響が少ないことから、経済的な現場製作ケーブルの使用を可能とする。
- 3) 斜ケーブルの緊張力を 550 tf/本とすることにより、定着部を経済的なコンクリート構造とする。
- 4) 主塔高さを 30 m としたことにより、一般的なクレーン設備で施工が可能となり、斜ケーブルの経済的な施工を可能とする。

#### 5.4 外ケーブル

外ケーブル構造の設計にあたっては、「外ケーブル構造・プレキャストセグメント工法設計施工規準(案)」(社団法人プレストレストコンクリート技術協会)を参考としている。外ケーブル構造の設計における主要な点を以下に述べる。

- 1) PC 桁部は、プレキャストセグメント工法によりキャンチレバー架設を行うため、架設時は定着構造が簡便な内ケーブルと斜ケーブルで耐荷力を確保し、後死荷重および自動車荷重は、外ケーブルで耐荷力を確保することを基本とする。
- 2) 外ケーブルの防錆は、一般的な PE 管を使用しセグメントグラウトを充填する方法ではなく、経済的でメンテナンスが容易なエポキシ樹脂塗装をした PC 鋼材をそのまま使用する方法を基本とする。

#### 5.5 プレキャストセグメント

PC 箱桁部は、プレキャストセグメント工法により施工する計画としている。プレキャストセグメント工法の設計にあたっては、「外ケーブル構造・プレキャストセグメント工法設計施工規準(案)」(社団法人プレストレストコンクリート技術協会)を参考としている。プレキャストセグメント工法の設計における主要な点を以下に述べる。

- 1) ヤード製作のマッチキャスト方式とし、接合目地部は、エポキシ樹脂接着剤を塗布しプレストレスを導入することにより架橋位置で一体化を図る。
- 2) 接合部には、セグメント相互間のせん断力を伝達するために、施工が比較的容易な多段式波形せん断キーを設置する。
- 3) セグメントの接合部は、鉄筋が連続して配置されないため、設計荷重時にフルプレストレスとする。
- 4) セグメントの規模は、架設条件を考慮し、1セグ

メント当たり 300~400 t 程度とするため、橋軸方向の長さを 5 m とする。

#### 5.6 支承構造

主桁と橋脚の結合形式(支承形式)は、耐震性および主桁たわみ等に着目し、以下に示す 3 ケースで検討を行った。

- ① ゴム支承による反力分散構造(弾性結合)
- ② 連続ラーメン構造(剛結合)
- ③ 1 橋脚 2 支承線の反力分散構造(弾性結合)

検討の結果、①のケースでは活荷重によるたわみが制限値(径間長の 1/400 以下)を大幅に超過し、斜ケーブルの応力変動も大きいことから採用できない。②のケースは、橋長が長い揖斐川橋では橋脚の断面力が増大し連続化が困難となること、および橋脚の剛性が高いため大規模地震時の耐震性に課題があること等から採用が困難である。

③のケースは、1 橋脚に 2 支承線を設けた案であり、鉛直荷重に対してはラーメン構造と類似の挙動を示し、水平荷重に対しては反力分散支承を有する連続桁として挙動する構造である。この構造は、ケース①および②の課題を解決し耐震性も向上することから、本橋において採用することとする。

## 6. あとがき

木曾川橋および揖斐川橋の主な特徴は、以下に示すとおりである。

- ① PC 構造と鋼構造の利点を生かした複合構造
- ② エクストラドーズド構造
- ③ 反力分散型ゴム支承を用いた多径間連続構造
- ④ 外ケーブル構造
- ⑤ プレキャストセグメント工法

これらの採用により、同程度の径間長の他形式の橋梁よりも、省力化および工事費の削減が可能な設計となっている。

これまでの検討結果からは、前述のとおり、当初の目的である経済的かつ合理的な構造とすることが十分に可能であることが確認できた。ただし、この特徴を十分に生かすためには、国内外の最新の研究成果および技術資料等を参考とし、さらなる設計施工技術の確立が必要となるので、耐震性・耐風性も含めた設計施工に関する総合的な検討を行っているところである。

【1996 年 12 月 16 日受付】