

第二東名・名神高速道路の橋梁概要－名古屋建設局－

水口 和之*1・藤田 真実*2

1. はじめに

第二東名・名神高速道路の建設は、東京から神戸に至る総延長約502kmで、日本の三大都市をほぼ直線の最短距離で結ぶ計画になっており、現東名・名神の渋滞を緩和するとともに、高速性・安全性・快適性をさらにグレードアップした第2の大動脈としての役割を期待されている。

第二東名・名神では、橋梁比率が路線延長の約40%にも及び、その事業費が膨大となることから新技術・新工法の導入によりコスト縮減、省力化、工期短縮、施工の安全性など効率化・合理化を目指した設計・施工法の確立が必要とされている。

とくに名古屋建設局の担当する豊田JCT～四日市JCT間の約50km区間(図-1)は、ほぼ全線が連続高架構造であることから、とくに現場作業の省力化、工事費の低減を目的として、新技術・新工法の採用により合理的で経済的な橋梁

形式を導入している。

本文は、名古屋建設局管内の第二東名・名神の事業概要を紹介するとともに、橋梁の技術開発の課題とこの区間で採用した新工法・新技術・新橋梁形式についての概要を報告するものである。

2. 第二東名・名神の概要と橋梁計画

2.1 事業の概要

現東名・名神高速道路は混雑が著しく、その機能が年々低下してきている。一方、生活の質の向上に伴い、高いモビリティや快適性が求められている。今後ますます増加していくと想定される交通需要に対応しつつ、質の高い道路サービスを提供するためには、現東名・名神と一体となって機能する第二東名・名神高速道路の整備が重要であると位置づけられる。

また、リダンダンシーの観点も重要であり、異常気象・

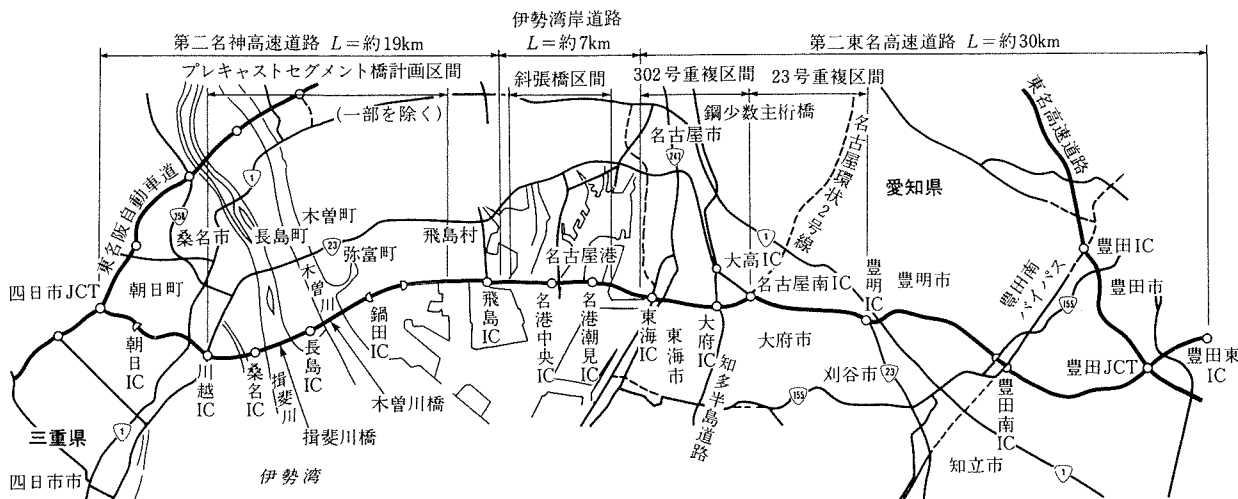
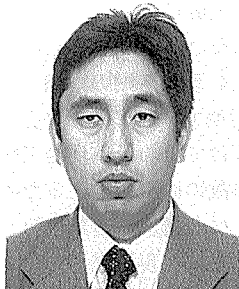


図-1 第二東名・名神の橋梁計画イメージ



*1 Kazuyuki MIZUGUCHI

日本道路公団 名古屋建設局
建設第二部 構造技術課 課長代理



*2 Masami FUJITA

日本道路公団 名古屋建設局
建設第二部 構造技術課

事故・災害等の非常時におけるネットワークの信頼性向上のため、代替路線としての位置づけも大きい。

このような背景から、第29回および第30回国土開発幹線自動車道建設審議会(国幹審)において、第二東名・名神の総延長502kmのうち382kmの整備計画が策定された。名古屋建設局では整備計画区間のうち愛知県・三重県内の125kmを担当しているが、とくに伊勢湾岸道路として早期に都市計画決定された区間では、用地が先行して取得されていたことから、平成10年3月の伊勢湾岸道路の開通に併せて、第二東名名古屋南～東海IC間の約5kmが供用を迎えた。また、豊田JCT～四日市JCT間についても、早期に現東名と東名環道を接続すべく、事業を優先的に進めているところである。

2.2 路線の概要と橋梁計画

以下に、第二東名・名神の愛知県・三重県区間の計画概要と橋梁計画について記述する。

(1) 静岡・愛知県境～豊田間

豊田東ICで東海環状自動車道と連結し、豊田JCTで東名と連結する。

全線にわたり山岳地（一部丘陵地）を通過する計画となっており、片持ち張出し架設によるPC箱桁橋など、山岳部に適した橋梁が計画されている。また、途中矢作川などの大河川を横過することから、河川条件により橋梁形式が決定される。

(2) 豊田～四日市間

豊田JCTで東名と連結し、東海IC・飛鳥ICで一般有料道路伊勢湾岸道路と連結する。また、四日市JCTで東名阪道と連結する。

平野部の都市化した地域を通過する区間と木曾三川部の長大橋梁区間を抱えている。

平地部については、周辺の土地利用状況、交差物件等の関係から、高架橋構造で計画されている。第二東名については、国道23号（既設）、国道302号（新設）との、第二名神については、県道名古屋西港線（改良）、県道境政新田蟹江線（新設）、国道23号（既設）との二階建て構造となっている。

都市部では、プレキャストPC床版を用いた鋼少数主桁橋を中心に橋梁形式が決定されているが、第二東名の23号重複部では現地条件より、鋼床版箱桁橋が採用されている。また、縦断が低く支間長が30m程度の区間ではPC2主版桁橋も採用されている。

第二名神では、埋立て地にヤードが確保できることから、弥富～川越間でプレキャストセグメントによるPC箱桁橋を採用している。

なお、木曾三川部は、木曾川・長良川・揖斐川の河口部を横過するため、複合エクストラード橋を採用している。

(3) 四日市～菰野間

四日市JCTで東名阪道と、四日市北JCTで東海環状自動車道と連結する。

扇状地の茶畑・住宅地が混在する区間を通過している。

(4) 亀山～三重・滋賀県境間

亀山東JCT～亀山JCT間は東名阪道と第二名神を結ぶ連結路区間となっている。

三重・滋賀県境区間には、鈴鹿山脈を抜ける長大トンネル（鈴鹿トンネル）が計画されており、橋梁についても高橋脚を有する片持ち張出し架設によるPC箱桁橋などの山岳橋梁が計画されている。

3. 第二東名・名神の橋梁における課題

先に述べたように、第二東名・名神は幅員や線形などの幾何構造も従来の高速道路とは一線を画しており、現在計画中の橋梁の規模も非常に大きなものとなっている。

このような第二東名・名神の橋梁が克服しなければならない課題をまとめると以下ようになる。

3.1 事業費の節減

第二東名・名神に限らず、今後の高速道路建設における

事業費の削減は、これからの高速道路事業の健全経営を第一に考えなければならない課題である。とくに第二東名・名神では、数兆円に及ぶ建設費のうち約半分を橋梁建設費が占めることから、橋梁建設費をいかに節減するかが、今後の事業展開に大きく影響することとなる。

近年の労働環境の実態から、作業員の高齢化、人手不足等により、今後ますます人件費の高騰が懸念されるため、橋梁建設費の上昇に対する課題も解決しなければならない。

第二東名・名神の橋梁には、まず第一に「安い橋」であることが求められるが、そのためにはこれまでの建設費増加の分析を行い、人件費を抑えた効果的な建設費削減の手法を検討する必要がある。

3.2 高品質、高耐久性

ネットワーク完成後の第二東名・名神の推計交通量は、約5万～7万台であり、そのうち大型車混入率は6割を超えると推定されている。このような重交通を支え長期間の使用に耐える構造物は、従来の設計基準で作られた橋以上に、品質・耐久性に関する検討がなされていなければならない。それと同時に、これからの橋をどのようにメンテナンスしていくのかを、設計段階から十分に議論しておく必要がある。先に述べた、事業費節減と高品質・高耐久性とは相反することのように感じられるかもしれないが、構造的な無駄を省くより合理的な構造を追求することでこれらの課題は解決されるはずである。重い鈍重な橋が高耐久性を担保してくれるわけではないし、「経済的な橋＝寿命の短い橋」ということも決してない。安く、合理的で、寿命の長い橋は、土木技術者の努力により生み出されるものである。

3.3 労働力不足への対応

これまでの日本の橋は、多くの現場技術者に支えられてきた。勤勉で質の高い労働力が日本の経済を支えてきたのと同様、橋梁建設においても熟練労働者が豊富にいたからこそ、品質の高い橋梁を現場で作ることができたと考えられる。しかし、近年日本の労働力は高齢化の一途をたどり、現場の熟練労働者の数も年々減少してきている。これは、少子型の社会が逆ピラミッド型の人口構成を生み出しているのに加え、「3K」という言葉に代表されるように建設業から若年層労働者が離れてきていることに起因している。このような労働力の高齢化・熟練労働者不足が人件費の高騰を生み出し、品質の低下や工程の長期化を招いており、高速道路事業にも大きな影響を与えている。第二東名・名神の建設にあたっては、このような労働力事情に対応し、現場での労働力不足がコスト・品質・工程などに影響を与えないように、機械化・省力化を図らなければならない。

3.4 現場工期の短縮

労働力不足に伴う弊害は、単に品質の低下や建設費の高騰だけではない。現場工期が長くなることにより、現場での事故の確率も増えるため、安全対策上も望ましくない。とくに名古屋周辺では第二東名・名神が都市部を通過することから、現道交通への影響を最小限に抑え、工事を安全に進めるためにも、現場工期の短縮が必要である。

さらに、有料道路事業としての採算性を考えると、現場着手から供用までの時間は短ければ短いほどよい。早期に

ネットワークを完成し、料金を徴収することにより借入金の返済が早まり、採算性が向上するなどのメリットがある。

工期短縮のためには、橋梁建設における機械化を推進し、プレキャストセグメントなどの現場工期を短縮できる工法を採用することが必要となる。

3.5 環境対策

近年の高速道路の建設においては、地域の皆さまから環境対策に関する疑問・質問が多く寄せられる。環境対策に関する世論の関心は最近とくに高まっており、環境についての議論なくしては道路建設は有り得ない。高速道路が環境に与える影響は環境アセスメントにより事前評価され、問題がないことを確認して建設に移されるが、さらに少しでも環境にやさしい道路を作る努力が必要である。第二東名・名神においても環境にやさしい橋梁として、騒音・振動の少ない構造を目指すべきであり、騒音振動の発生源となる伸縮装置を少なくする超多径間連続橋や、剛性を高くして振動を抑制する構造の検討が必要と考えられる。

3.6 維持管理の軽減

高速道路の開通延長は平成8年度に6000kmを超えたが、これはまだ予定路線の半分であり、今後さらに残り半分の建設を進めていくことになる。現在供用中の高速道路の平均年齢は約15才であるが、今後約30年間でネットワークが完成されたとして、そのときは大部分の路線がすでに年齢30才以上の老朽化路線となっていることになる。現東名・名神の例を見ても、供用後20年以上を経過してすでに多くの橋が大規模改良の対象となっており、床版増厚や主桁の補強工事を進めているが、これらの補修補強工事は多くの労力・経費を必要とするばかりでなく、交通規制に伴う渋滞の発生など、利用者の皆さまへ多大なご迷惑をおかけすることになる。

これら維持管理における課題は、供用延長が伸び、橋梁の年齢が上がるにつれて年々深刻化してきており、日本道路公団（JH）では改良・維持に関する技術開発にも取り組んでいる。それと同時に、今後建設される橋梁については、これまでの維持管理の経験を活かした構造的な対策が必要と考えられる。第二東名・名神の橋梁についても、維持管理の軽減を目指した橋梁として、高耐久性・長寿命化を図るとともに、点検・補修の容易な構造を検討していく必要がある。

以上の6つのキーワード、① 経済性、② 高品質・耐久性、③ 省力化、④ 工期短縮、⑤ 環境対策、⑥ 維持管理の軽減が、第二東名・名神の橋梁技術開発におけるテーマであり、解決すべき課題である。実際には、橋梁の架橋地点の条件によりこれらキーワードの重み付けが違ってくことから、具体的な手法も違ってくる。以下に名古屋建設局での技術開発の具体例を紹介する。

4. 橋梁の技術開発における取組み

4.1 橋梁計画・形式の選定

橋梁のコストダウンや施工の効率化のうえで重要なことは、まず現地条件に合った適切な橋梁形式の選定がなされていることである。第二東名・名神のうち豊田JCT～四日市JCT間の約50kmは橋梁高架構造で計画されていることはす

で述べたが、この区間においても地形条件や環境条件は大きく異なっており、それぞれの条件に応じたコスト削減策を検討することが大事である。さらに、このような連続高架区間では、マスメリットを活かした橋梁形式選定や発注単位の決定を行わなければならない。1橋（数百m）単位での狭小的な視野で橋梁の形式選定を行ってしまうと、どんなに新しい技術を採用しても路線全体としてのコストダウンの効果が薄れる恐れがある。

4.2 上部工構造における技術開発

(1) 鋼少数主桁橋

本路線の豊田JCT～四日市JCT間の約50km区間を上部工形式別で見ると鋼橋が63%と非常に高い比率になっている。中でも鋼橋全体の70%を占めている上部工形式がプレキャストPC床版を有する鋼少数主桁橋である。この橋梁形式は、豊明IC～東海IC間の大部分が国道との重複区間であり、現場工期の短縮を図ること、また、コスト縮減と省力化を目的として採用している。以下に、この形式の構造特徴を示す。

- ① PC床版を用いることにより、床版支間（主桁間隔）を大きく（標準6m）、主桁本数を減らすことが可能である。
- ② 横桁間隔を10m程度とし、横構を省略することにより、構造の単純化を図ることが可能である。
- ③ プレキャストPC床版の採用により、現場工期の短縮が図られ、工場製作なので、十分な品質管理が可能となり、耐久性のある部材とすることが可能である。

この鋼少数主桁橋とPC床版の組合せにより、従来の多主桁橋とRC床版形式に比べ約10%以上のコスト縮減と工期短縮が可能となった。鋼少数主桁と従来多主桁との構造比較を図-2に示す。

これは、PC床版が従来のRC床版に比べ、耐久性、剛性、信頼性がともに高く、このようなPC床版と少数主桁橋を組み合わせることで、鋼橋の構造をより合理的にすることが可能になったことによるものである。さらに、鋼橋全体の工場製作から現場架設に至るまでの施工の合理化・省力化・経済性の向上を図ったことにもよるものである。

現在、第二名神の飛鳥高架橋・楠高架橋では架設が最盛期を迎え、その中で今回紹介したPC床版を有する鋼少数主桁橋の設計・施工に関する更なる合理化・省力化に取り組んでおり、平成10年度に開通した区間のデータも含めて更なる改良を行っていく予定である。

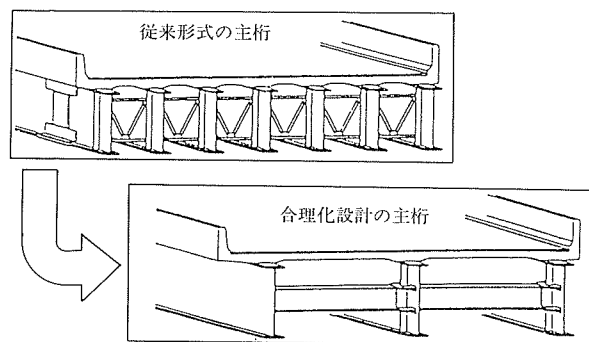


図-2 構造の比較

(2) プレキャストセグメント橋

第二名神の鍋田IC(仮称)～川越IC区間は、本線近傍に大規模なストックヤードの確保が可能であること、また、木曾川・揖斐川などの大河川部を除き支間をコントロールする大きな交差物件が少ないので、ほぼ同一支間・同一形式の橋梁形式を連続させることが可能となることから、橋梁形式としてプレキャストセグメント工法によるPC箱桁橋を採用している。

この工法の具体的なコスト縮減効果としては、従来の場所打ちと比べ、同一スパンで見ると、約15%～20%の建設費の縮減が期待できる。これは、大規模な単位で発注することにより、積極的な機械化の導入、作業の省力化・効率化を図り、人件費の占める割合を低くしたこと、また、コストミニマムを目指した設計・製作・架設を行うことにより工期短縮を図ったことによる。以下に弥富高架橋での施工事例を示す。

① セグメントの製作

セグメントは、製作方法として、ショートライン方式とロングライン方式とがあるが、当該区間では、地盤改良に経費を要することから、ショートラインマッチキャスト方式を採用した。セグメントの形状としては、製作設備および運搬設備の条件より、標準ブロック長3m、最大重量を80tとした。総個数は約1300個である。セグメントは、3基のショートライン設備、1基の柱頭部専用設備および拡幅部専用設備で製作される。製作に要する時間は、標準部で1日、柱頭部で3日を標準としている(図-3、写真-1)。

② 架設方法

標準部架設は、工期短縮・施工性・経済性等からスパンバイスパン架設工法を採用している。架設桁の形式としては、サポートタイプとハンガータイプがあるが、当該区間が県道と重複し、下部工に3柱式ラーメン橋脚を用いている

ことから、わが国で初めてのハンガー方式を採用した。一部スパンが長い区間については、カンチレバー架設やオールステージング工法も採用している。架設は、1径間あたりスパンバイスパン工法で5日を標準としている(写真-2)。

今後は、弥富高架橋において、プレキャストセグメント工法における設計・施工の課題を実験・実施工により解明していく予定である。

(3) エクストラロード橋

第二名神のうち三重県内の木曾川および揖斐川河口付近

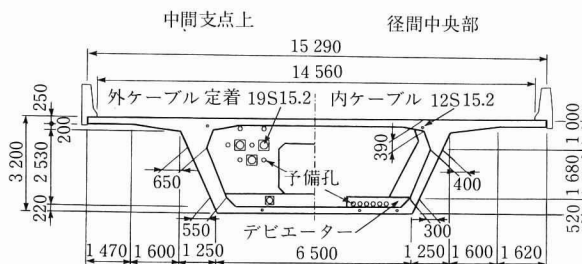


図-3 弥富高架橋標準断面図



写真-1 セグメント製作状況



写真-2 スパンバイスパン架設状況

を横過する橋梁は、1 kmを超える橋長となり、支間長が200 mを超える長大橋として計画する必要があるため、経済性・施工性から世界で初めてのPC・鋼複合エクストラード橋を採用した。

エクストラード橋とは、桁橋と斜張橋の中間的な特徴をもつ構造形式であり、従来の桁橋において支点付近に配置されていた負の曲げに対する桁内PC鋼材を、より効率的に用いるために桁外に配置し、大きい偏心量でプレストレスを主桁に作用させたものである。

本2橋は、世界的にも類例のない構造であり、次のような特徴を有している。

① 図-4に示す概略図のとおり斜めケーブルの主桁定着

付付近までは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100m)としたPC・鋼複合構造である。

② 斜めケーブルは、6車線断面を中央分離帯側で一面吊りした構造である。

③ 主塔高さは、斜張橋の1/2(約30m)であり、斜めケーブルの応力変動を低減できる。

④ コンクリート桁部には、高強度コンクリート($\sigma_{ck}=600 \text{ kgf/cm}^2$)を用いるほか、内ケーブルおよび外ケーブルを併用することによりPC箱桁部の軽量化を図るとともに、プレキャストセグメント工法とすることにより低コスト化を図っている。

⑤ PC箱桁と鋼箱桁との接合部は、剛結構造としPC鋼材

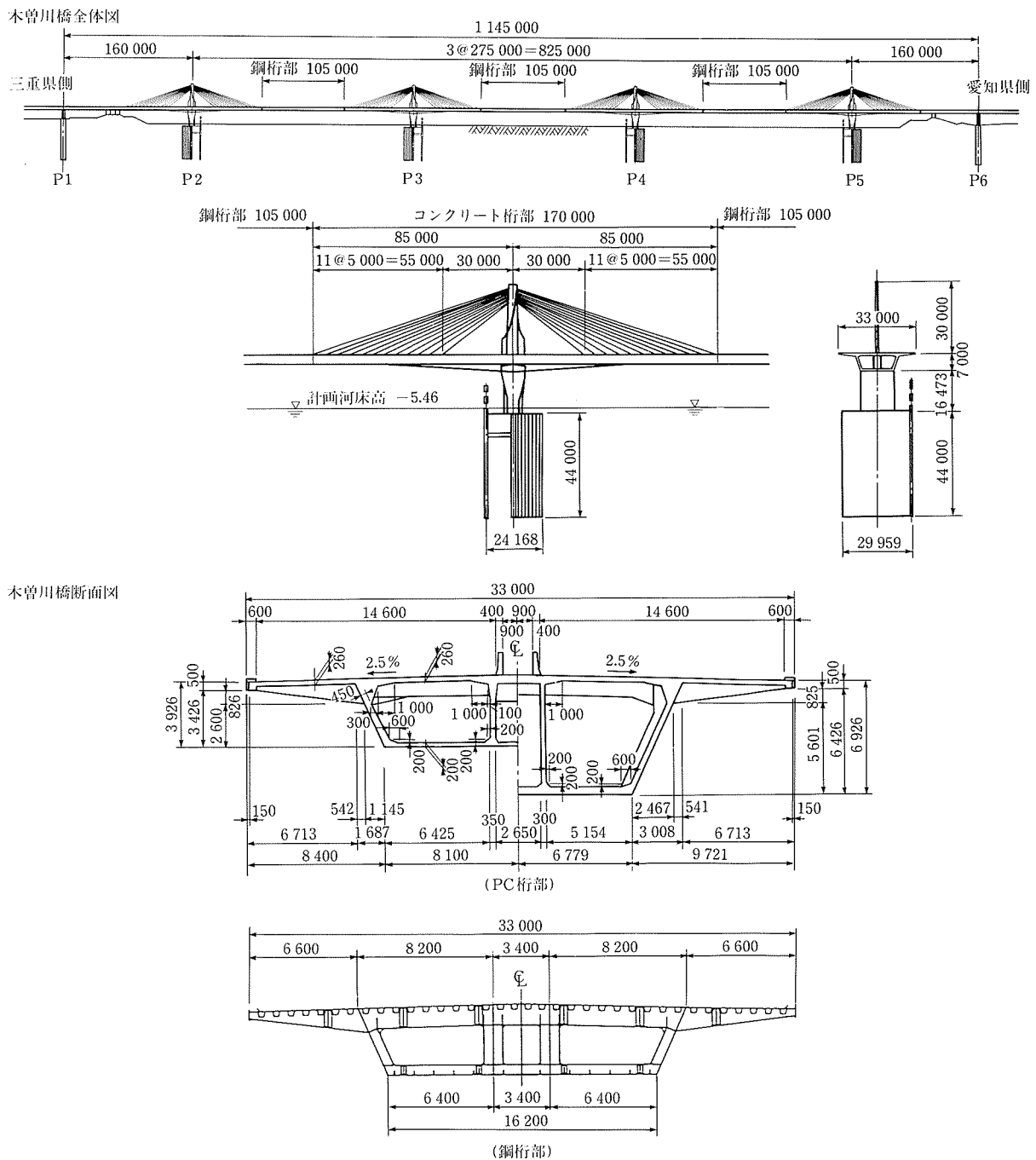


図-4 木曾川橋の概略図

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、鋼重を減少し、接合部の安全の向上を図っている。

以上の最新技術を導入することにより、経済性、施工性の向上を図っている。

また、本2橋の施工については、PC桁部と鋼桁部に大別される。

① PC 桁 部

PC桁部は、現場製作ヤードでブロック長5m、幅員33m、重量400tのプレキャストセグメントとしてショートラインマッチキャスト方式により製作し、台船により架設地点まで海上運搬した後、エレクションノーズによるカンチレバー架設を行う(写真-3、4)。

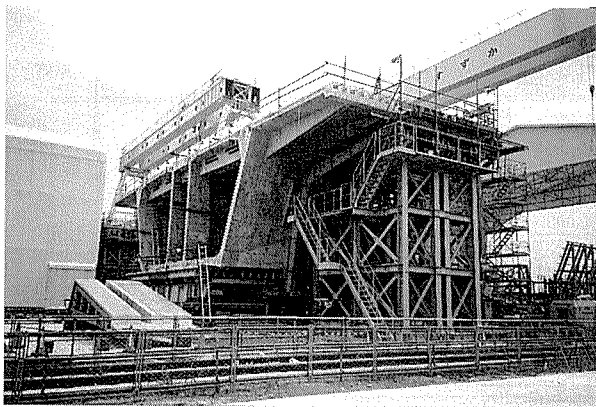


写真-3 柱頭部セグメント製作状況



写真-4 柱頭部セグメントFC架設状況

② 鋼 桁 部

鋼桁部は、工場にて地組みをした大ブロックを台船により海上運搬した後、マルチストランドジャッキにより一括架設を行い、PC桁と接合する。

現在、柱頭部セグメントの架設が始まり、大型セグメントの製作・架設が本格的に始動し始めた。今後は、実施工を踏まえ、本2橋における設計施工技术の確立に向け総合的な検討を行っていく予定である。

(4) 工場製プレキャストセグメント橋

第二名神の川越IC～朝日IC間の古川高架橋では、現地の条件から現場製作ヤードの確保ができないが、現地近郊にセグメント製作が可能な工場が多数立地している。また、

大型支保工との経済性と施工性からの比較結果を踏まえて工場製プレキャストセグメント工法を計画している。

工場製プレキャストセグメントを採用した理由は以下のとおりである。

- ① 現場周辺(60km圏内)にセグメント製作が可能な工場が多数存在する。
- ② 施工区間が大規模(約1.4km)なので、設備等の転用から経済性に有利である。
- ③ 現場作業が短縮できるので、施工工程および安全管理上で有利となる。

セグメントの構造としては、輸送の制約条件、経済性から図-5に示す桁高2.6m、ブロック長2m、リップ付き構造断面とし、最大重量を30tとした。

架設は、ハンガー方式によるスパンバイスパン工法(図-6)にてコアセグメントを架設後、張出し部にプレキャスト版を設置し、張出し床版部を打設した後ポステン方式で一体化する工法を採用する。

今後は、現時点での設計・施工上の課題について、早急に解決することにより、工場製プレキャストセグメント工法がより効果的かつ合理的な工法として確立できるように検討していく予定である。

(5) 波形鋼板ウェブ橋

第二名神の鍋田地区を通過する鍋田高架橋では、一般部は、弥富高架橋と同形式のプレキャストセグメント工法による箱桁橋であるが、県道交差箇所部は、中央径間90mを有する3径間の橋梁であり、主桁の軽量化が必要となることから、波形鋼板ウェブ橋を採用した。

波形ウェブ構造の特徴としては、以下のようである。

- ① PC橋死荷重の20%程度を占めるウェブを軽量の波形鋼板にすることにより、自重の大幅な軽減が図られ、スパンの長大化と施工の省力化が可能となる。
- ② 鋼板を波形にすることにより、高いせん断座屈耐力が得られる。
- ③ 軸力に抵抗しない波形鋼板のアコーディオン効果によって、コンクリート床版のみに効率よくプレストレスを導入できる。
- ④ 主桁自重が軽量化され、下部工への荷重負担が軽減されることにより、下部構造をスレンダーにすること

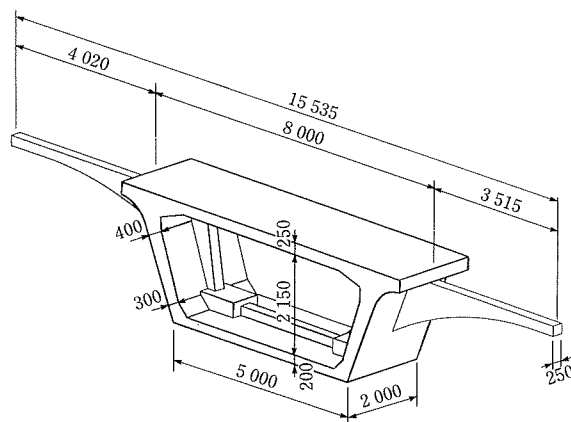


図-5 古川高架橋標準断面図

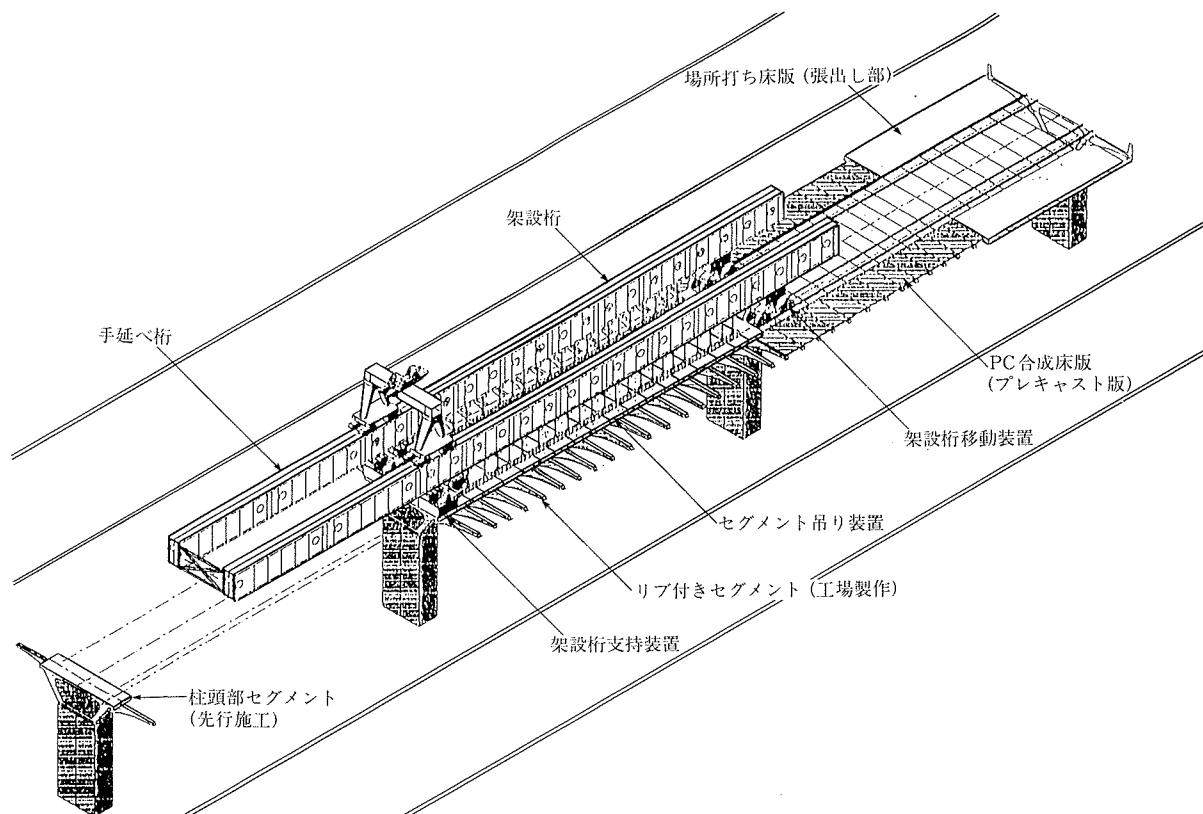


図-6 古川高架橋架設概念図

が可能となる。

また、本橋の特徴としては、さらに以下に示す構造特徴を有している。

① 製作

主桁断面構造は、図-7に示すとおり広幅員の1室箱桁で斜めウェブ構造を有し、自重の低減と箱内作業の効率化を図っている。また、等桁高にすることにより、セグメント製作の省力化を図っている。

製作方法としては、コンクリートウェブ橋と同様にショートラインマッチキャストによるプレキャストセグメント工法を採用する。

② 架設

セグメントの現場における波形鋼板どうしの継手方法は、波形状の統一と接合部の景観を考慮して、完全溶込み突合せ溶接を計画している。溶接作業の安全性、品質管理、施工性については、実物大供試体で実験を行い確認し、実施工に反映する予定である。

架設方法としては、固定支保工上にトラッククレーンを用いて3径間分のセグメントを全数並べて緊張し、上り線は、交差条件から下り線の固定支保工上で緊張した3径間連続桁を上り線へ一括横取りする計画である。

プレキャストセグメント工法による波形ウェブ構造の適用は、日本において例がなく、今後は、模型実験等により施工性・安全性を確認し、実施工に向けて設計施工技術の課題について検討を行っていく予定である。

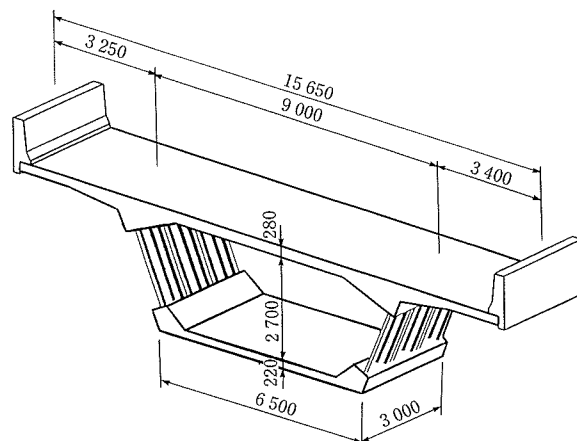


図-7 鍋田高架橋標準断面図

5. まとめ

第二東名・名神の建設事業は、単なる大プロジェクトではなく、将来の高速道路を踏まえたスーパーハイウェイとして期待されており、早期の整備が不可欠である。とくに、橋梁については、新工法・新技術としてさまざまな橋梁形式を採用しているが、まだ解決すべき課題は多く、各種の実験および実施工を踏まえてそれらの課題を解決し、更なる合理化・省力化に向けて努力を行っていく予定である。

最後に、JHのPC橋の技術開発に対して今後とも皆さまのご支援とご協力を賜るようお願い申し上げます次第である。

【1998年11月18日受付】