

# 橋梁&都市 PROJECT

4  
VOL 39. No.4  
2003



P&Z協会会長  
榎波 義幸 清水建設専務取締役

特集

静岡県浜松土木 21世紀の挑戦

連載特集：都市再生シリーズ JR東日本の巻その1  
橋梁ルネッサンス 腹板の性能設計  
空間データの連携/活用(Ⅲ)  
Webサイト探訪(Ⅱ)



はまゆう大橋

発注者：静岡県浜松土木事務所  
静岡県道路公社

施工者：清水・大林特定建設工事共同企業体

特集 はまゆう大橋

静岡県浜松土木事務所 21世紀の挑戦

# 環境と経済性求め後ラーメン

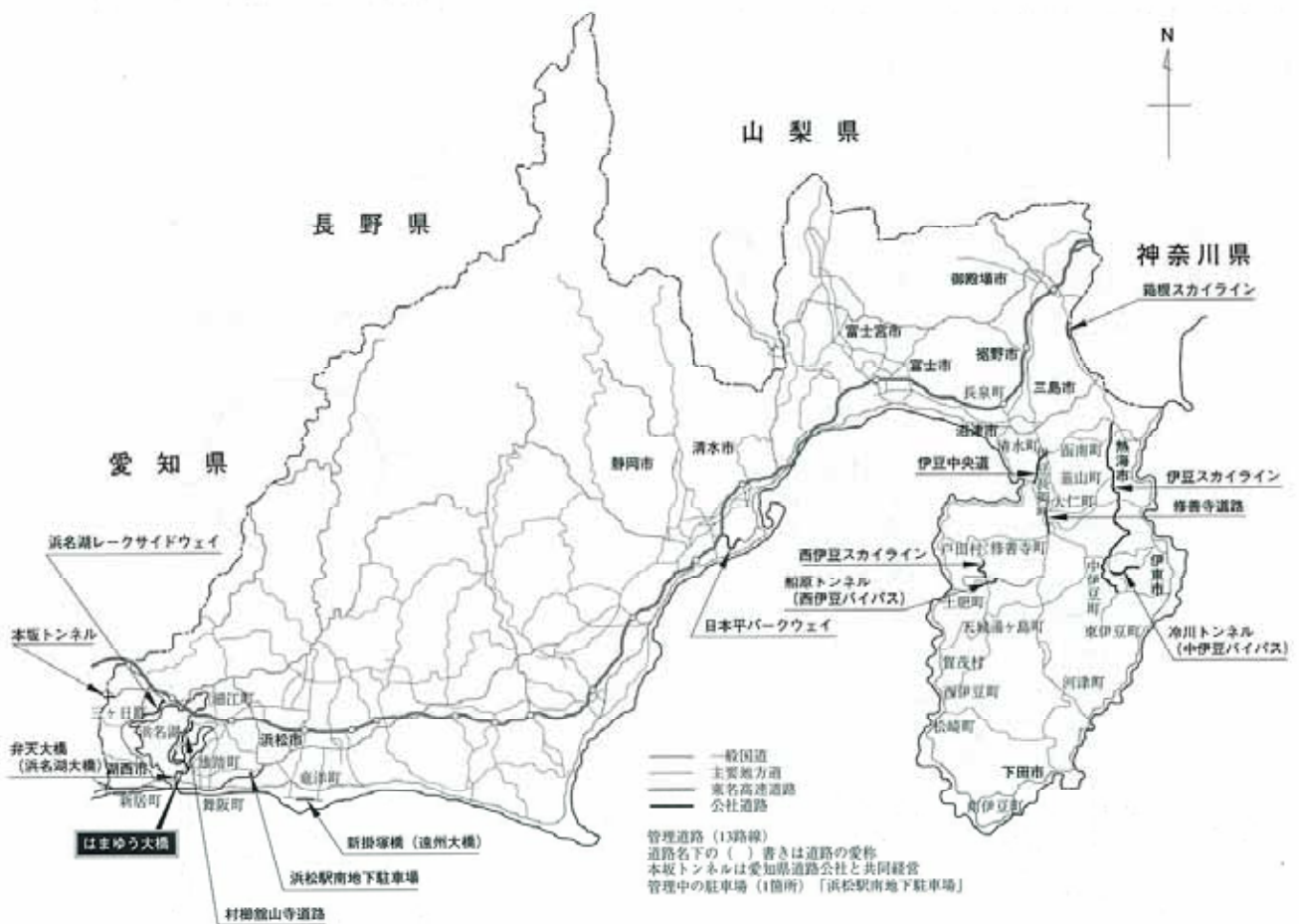
## 花博と共に咲く新橋梁技術

### 1. はじめに

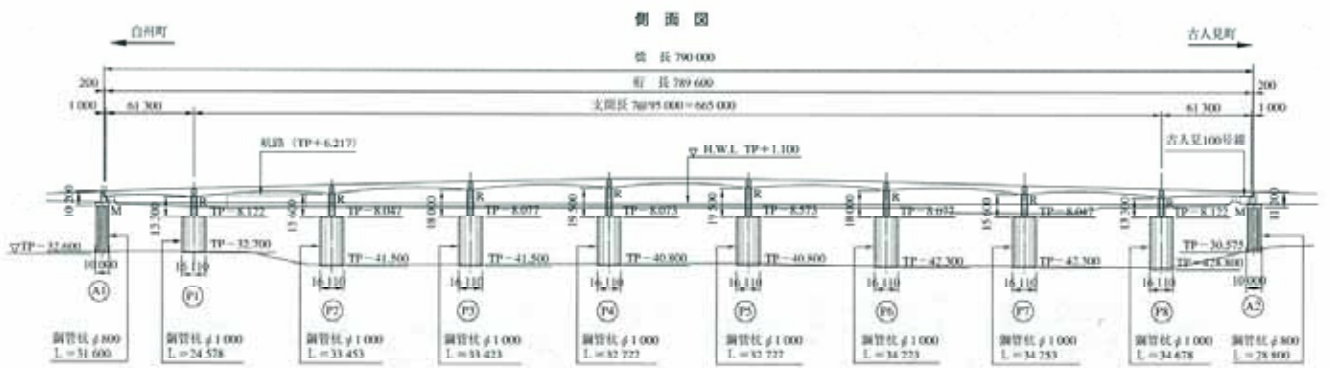
はまゆう大橋は仮称「浜名湖新橋」といい、静岡県西部に位置する浜名湖に北側から突き出た庄内半島で分け隔てられた庄内湖を跨ぐ。橋長790mのPC9径間連続ラーメン箱桁橋であり、「構造的には桁を架設後に全ての橋脚と剛結する後ラーメン方式

で、上部工は水面を使わないP&Z工法とヒュルストレガー工法で行っているところが特徴です」（静岡県浜松土木事務所技監村越金敬さん）と紹介する。橋梁のみの事業費は約120億円になる。

浜松市白州地区と古人見地区を結ぶ同橋は、浜松環状線を起点に庄内半島の中央部とを結ぶ西部放射状道路12.5kmとして整備中だったが、しずおか国



架橋位置図



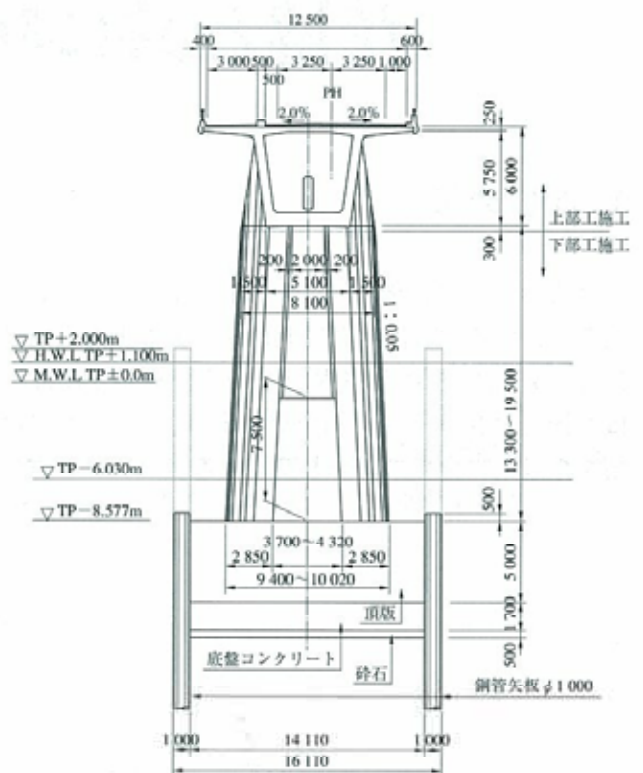
際園芸博覧会「パシフィックフローラ2004」のアクセス道路になったことから整備計画を前倒した。供用は平成16年4月を予定、花博の開催期間中にはJR浜松駅や舞阪駅などから同橋を経由、シャトルバスで観客をピストン輸送することになっている。

## 2. はまゆう大橋の設計

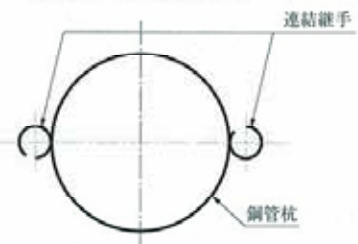
### 1) 計画上の留意点

はまゆう大橋の建設には多くの厳しい条件が立ちあがった。①予定地がN値1～5の軟弱地盤であること、②庄内湖が魚介類の良好な漁場である、③上部工は全て水上での架設となること、④花博のアクセスとして工事期間が限定されたこと、⑤美しい自然・景観との調和、⑥経済性の追求—などで、特に水深が浅くかつ、シルト層の軟弱地盤が約45mの深さに達していることから、栈橋施工は杭長が長くなって不経済になるばかりか、豊かな漁場の障害物になった。また浚渫を極力、避ける必要があるため、SEPや専用杭打ち船などの使用が不可能だった。経済性では建設費の縮減のみならず、維持管理

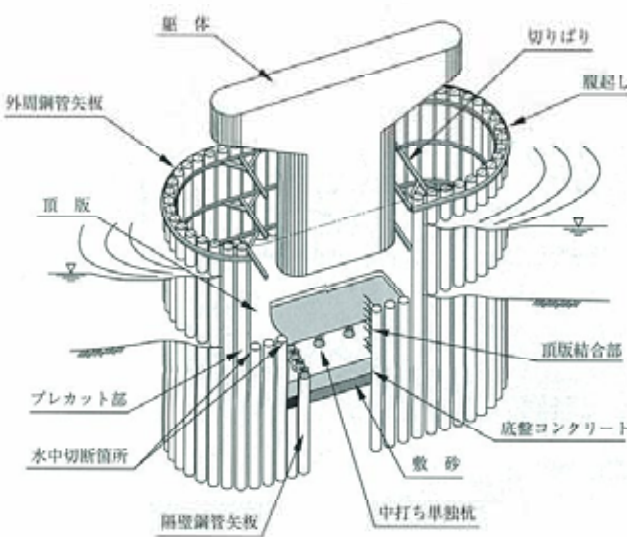
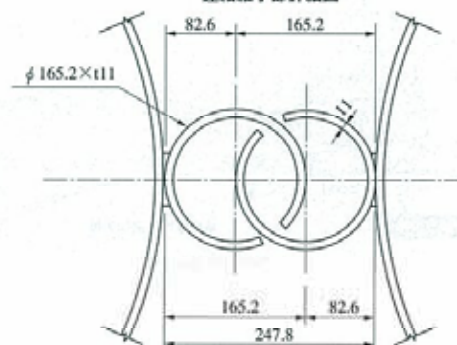
橋脚



鋼管矢板=鋼管杭+連結継手



連結継手部詳細図



鋼管矢板基礎イメージ図

費等を含めてライフサイクルコスト (LCC) を意識した。

## 2) 下部工の設計

庄内湖は河川に位置付けられ、橋脚は小判型を採用することが義務付けられた。同湖周辺は風光明媚であるため、漁船のみならずレジャーボート等の使用も多く一部で航路に対応するが、全体的には平面的な広がりを持ち、橋脚も低くなる。太く短い橋脚では周囲の景観にも影響することから、橋脚をスレンダーにできる多径間PCラーメン構造を採用し、さらに細く見せるためにスリットを入れることとした。

また井筒断面は単体の杭基礎に比べて基礎全体の剛性が大きく、平面形状を小さくできる特長がある。このため鋼管矢板基礎を採用したが、多径間PCラーメン構造とすることで橋脚に44本のPCケーブルを配置、柱頭部の構造が複雑になっている。

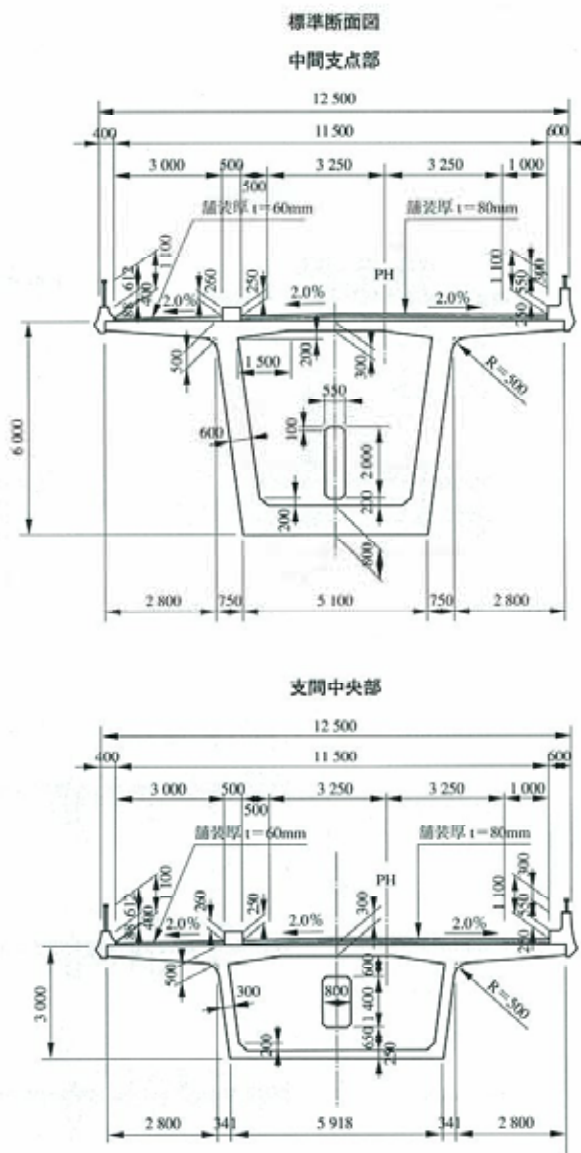
はまゆう大橋の後ラーメン方式は、中央部のP4とP5で橋脚と桁を予め剛結し、他の橋脚では橋脚天端と桁の間にスライド板を挟み、施工中に生じた軸変形を吸収することで橋脚を保護する技術である。完成後に橋脚をジャッキで押し戻して、橋脚にセットしていたPCケーブルを緊張、桁と橋脚を剛結することになっている。

## 3) 上部工の設計

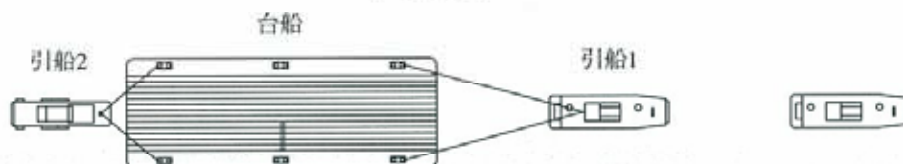
これまでの耐震設計、上部工・下部工の設計などが個別に考えられ対応されてきた。今回、同橋では発注者と設計者が一体となって橋全体を同一システムとして考え、トレードオフの問題に取り組んできた。この結果、単径間から23径間に適合する案の中から構造的に特長のある4案を抽出、最終的には橋脚をスレンダーにデザインできる構造となる多径間PCラーメン箱桁を採用。支間長は最長支間95m

と61.3mの9径間とした。河川構造令に従えば支間は23m以上であれば良かったが、漁場への配慮やコスト削減に勘案したもの。

また、PC橋梁における多径間ラーメン構造の問題点として、死荷重や活荷重ではない常時の変位、即ち温度・クリープ・乾燥収縮・弾性短縮による橋



平面図

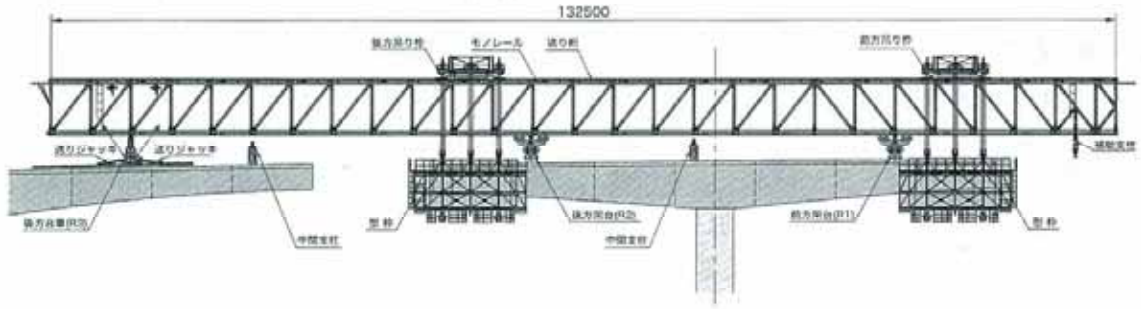


側面図



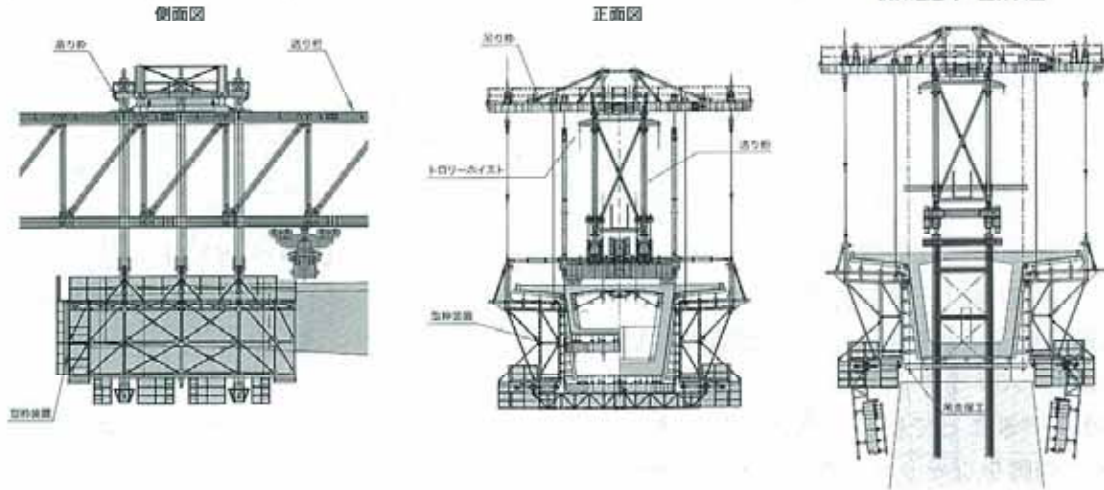
外洋から搬入する資機材等の運搬

装置全体図



型枠装置

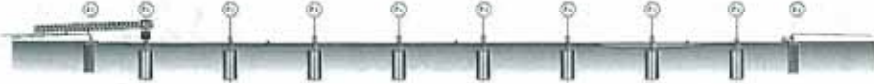
柱頭部施工時及び橋脚通過時の型枠装置



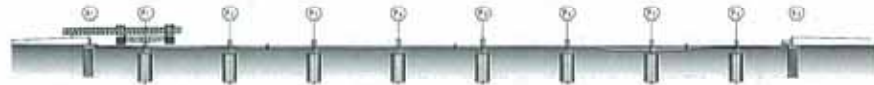
1. 下部工の施工  
P&Z装置の組立



2. 柱頭部の施工



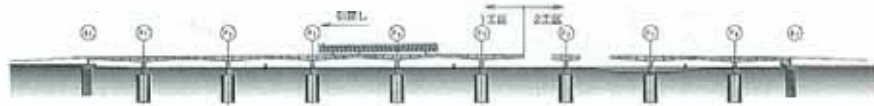
3. 1P 張出し施工



4. P&Z装置による側区間の吊り施工



5. 張出し施工、他工区との施工、装置の引き戻し、解体



6. 他工区との閉合  
橋面工、剛結工の施工



施工ステップ図



完成予想図 (タイプ1)

脚に作用する不静定断面力が端部に近い橋脚に大きく働くことから、施工中は連続桁の挙動とし、桁の閉合後にラーメン化する後ラーメン方式とした。

#### 4) 景観設計

浜名湖周辺は平面的で、開放的な空間を形成しているため、790mの長大橋が水面を這うように設計されると風景を重々しくする恐れがあった。このため橋の中間点をピークとした2.5%程度の凸型の縦断勾配を中央に入れ、橋脚についても当初は2柱式の家もあったが、河川区域であり小判型で中央部にスリットの入ったデザインを採用した。

壁高欄や地覆の形状については、遠州地方が風の強い地域であり湖上は風通しが特に良いため、壁高欄はRC壁、上の部分を金属性高欄とした。歩行者をはじめ、車からの眺望確保を重視したものだ。また地覆では橋の水平ラインを陰影効果で強調するた

め折り目を入れ、浜名湖一帯が塩水湖であることから、地覆の耐久性向上と橋の陰影を一段と高める効果を狙って、コンクリート塗装が提案されている。

### 3. はまゆう大橋の諸元

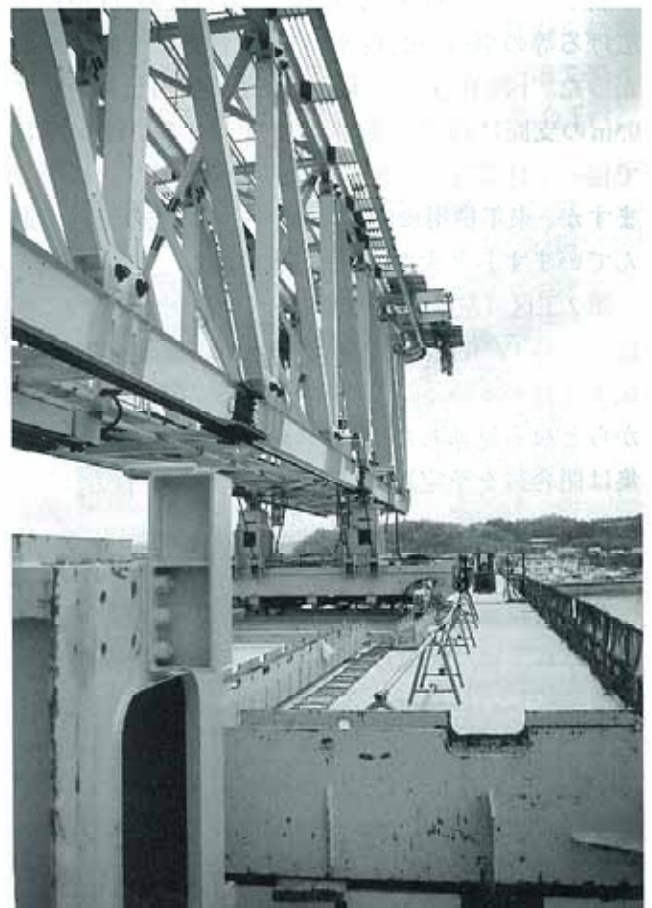
はまゆう大橋の諸元は表-1の通り。

#### 4. 架設工法

周辺水域が良好な漁場であり、軟弱地盤でもある

表-1 はまゆう大橋の諸元

道路規格	第3種 第2級
荷重	B活荷重
構造形式	PC9径間連続ラーメン箱桁橋
橋長	790m
桁長	789.6m
支間長	61.3+7×95.0+61.3
幅員	幅員12.5m 有効幅員11.5m 車道3.25m×2+3.5m
縦断勾配	5.00%~2.5%~2.5%~0.24%
横断勾配	歩道2.00% ← 車道2.00% → 2.00%
平面線形	R=200 (L=59.732) ~ A=100 (L=50.00) ~ R=∞ (L=715.890) ~ A=360 (L=129.60)
舗装	車道部80mm,歩道部60mm
下部形式	A1、A2：逆T式橋台 P1~P8：小判式橋脚
基礎形式	A1、A2：鋼管杭D800 P1~P8：鋼管矢板井筒基礎D1000



活躍する P&amp;Z 工法

ことから栈橋による施工を行わず、大型移動式架設桁によるP&Z工法としたが、左岸側については資材運搬用の補助桁を使ったヒュルストレガー工法とした。これらの工法により、漁業等に支障を与えることなく上部工工事を行っている。

P&Z工法はドイツ生まれの工法で、張出し架設の施工ブロック長は10mと通常の3倍近い。このため、施工も3倍近いスピードが可能で、地上や水面を使わずに施工できるメリットがあるため、環境に配慮した工法として特に近年、注目され始めた。大型移動式架設桁による工事例は日本道路公団山形自動車道の月山橋に続いて2例目。一方、ヒュルストレガー工法はカンチレバー工法の派生型であり、予め桁の上に補助桁を架設し、運搬台車で資材等を運搬するものであり、わが国では初めてお目見えする工法である。

## 5. 施工

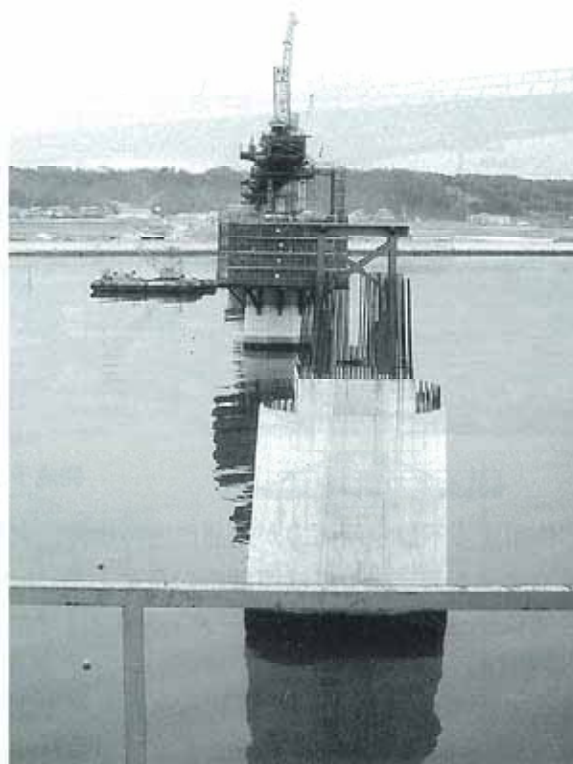
第1工区（右岸側）は清水・大林JVが施工を担当、現在、P5柱頭部を施工中。静岡県発注分は既に竣工、静岡県道路公社発注の中央径間の工事を急いでいる。

斜ウェブの桁高変化の断面であるため、底型枠を広げる等の事前の改良等があり、習熟にも時間がかかった。「約10mづつ4回、前後に張出していくと95mの支間に到達します。1ブロックの工程は12日で他の工法に比べて3倍近いスピードアップになりますが、来年供用に向けては、ギリギリの工程で進んでいます」と大西直巳所長は語る。

第2工区（左岸側）の鹿島・ピーシー橋梁JV、鹿島・三井JVも夏場の閉合をめざして、急ピッチの施工を進めている。後ラーメン調整力導入は秋口からとなる見通しだ。（ヒュルストレガー部分の特集は閉合後を予定）

## 6. 後ラーメン工

施工中は連続桁として、橋脚に生じる不静定力を減少させていた構造系を最終的に後ラーメン構造にするために、柱頭部にスライド板と鉛直PCケーブルを施工する。スライド板はステンレスとテフロン製の2枚の板を重ね合わせ、橋脚と桁の間にセットするが、架設時ストッパーが切断されると水平方向への滑り機能が発生する仕組みだ。また、鉛直ケーブルは各橋脚に19S12.7が44本づつ配置され、そのう



補助桁を乗せたヒュルストレガー工法

ち一部が仮固定される。ラーメン構造に移行する時、残りを緊張しグラウトする仕組み。

ラーメン移行後の不静定力に対して、P1、P2、P3およびP6、P7、P8の各橋脚につき、剛結する前に予め橋脚を橋台側に傾ける調整力を与える。調整力の導入はジャッキで行うが、調整力を与える順序については、「単位調整力を100tとして、他の橋脚の影響値を拾いながら必要な係数を見定めて決定していきたい」（小林秀人監理技術者）とする。

## 7. おわりに

21世紀の環境施工とライフサイクルコストを競って、はまゆう大橋建設現場ではP&Z工法とわが国初見参のヒュルストレガー工法が凌ぎを削る。供用されると何時の間にか忘れ去られる架設技術だが、新道路橋示方書ではようやく性能設計や疲労に焦点が当たることになり、ライフサイクルコストが最重視され始めた。何かと華々しい“最新橋梁技術”さえ、「ライフサイクルコストにどう配慮したか」の問いにも、実はまともな答えが帰えらない場合が多かった。はまゆう大橋の架設工法と後ラーメン技術の挑戦は、日本の橋梁技術を最高水準へと導く確かな“足音”である。

（文責＝編集部）

# 浜名湖名物 ウナギと後ラーメン橋

## 経済性とのトレードオフにチエ絞る

新構造技術(株)取締役 岡戸 三夫氏

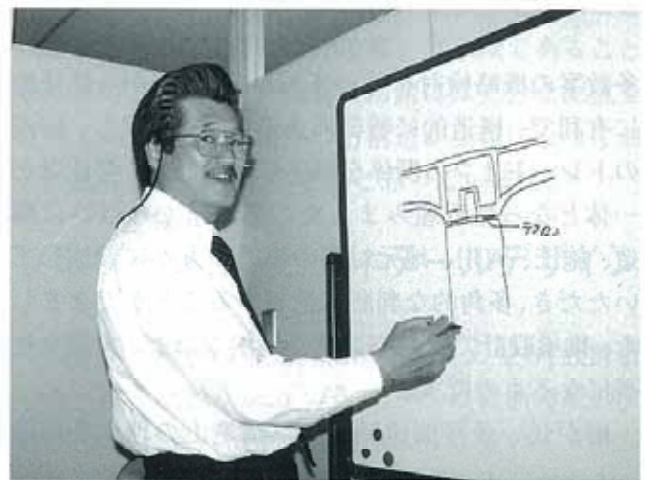
### 9 径間に秘めたラーメン物語

はまゆう大橋(工事名=浜名湖新橋)建設予定地は浜名湖の入江の一つ、庄内湖の開放的な空間にありました。2004年の春から6ヶ月間開催される『しずおか園芸博覧会』(パシフィックフローラ2004)の開幕に向け、浜松市街地と会場をショートカットして結ぶ橋になる予定です。

日本人なら浜名湖と聞けば、ウナギや車エビ、カキ、アユの稚魚など魚介類の養殖が思い浮かぶように、遠州灘や館山寺温泉など近在の温泉郷を加えて東海道を代表する海浜リゾートゾーンを形づくっています。東名ハイウェイを通るドライバーにとっても、浜名湖サービスエリアで注文するウナギが、全ハイウェイのレストラン人気レシピの筆頭に上がるほどだそうです。

それだけに湖面の利用者は多種多様で、その数も多くなります。この庄内湖ですが法律上は河川に位置付けられ、小さいながらも航路があります。設計する時点で景観を意識するばかりでなく、水面をできる限り阻害しない工法を念頭に置いたのはこのためです。

橋梁の設計とは、常にコスト縮減への挑戦です。下部工や上部工、耐震設計や景観などを別々に考えているのはロスのみが多くなります。即ち、橋梁全体をトータルシステムと考えるべきであり、経済性とトレードオフの関係になっている安全性や景観的要請を安易に受け入れてしまえば、技術の発展もないでしょう。このトレードオフこそが、エンジニアの腕の見せどころになると信じています。前置きが



「軟弱地盤の見かけ上の橋脚剛性で固定支間長を長くしました」と岡戸取締役

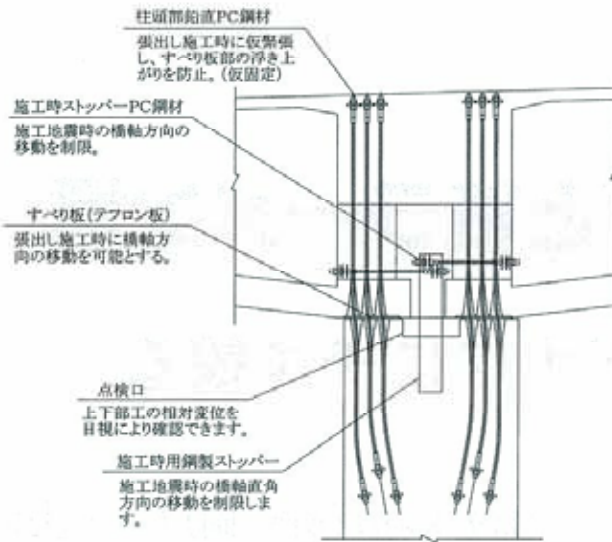
少し長くなりましたが、はまゆう大橋の橋梁形式選定の具体的な取組みをご紹介します。

はまゆう大橋は大型移動架設機を用いた「9径間連続ラーメン箱桁橋」に決定しましたが、ここに至る経緯が最も大変でした。スパン割は河川構造例に照らして約23mの規準径間長以上あれば良くても、現場は水深が1~2mと浅く干満の影響があり、また厄介なことにN値1~5程度の軟弱な砂質シルト層が地表面から45mの深さまで続いているためSEPや杭打ち専用船などの機材が使用できません。ただ栈橋施工では杭が長くなり過ぎて不経済になり、周辺水域の漁場に影響を与えることとなります。

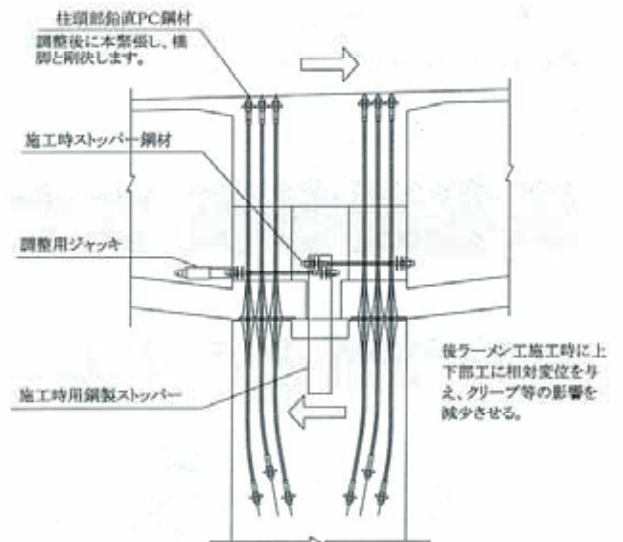
### 立地条件に適合した構造

こうした諸条件のため検討ケースが多くなり、単径間から23径間までに適合する橋梁形式について





張出し施工時



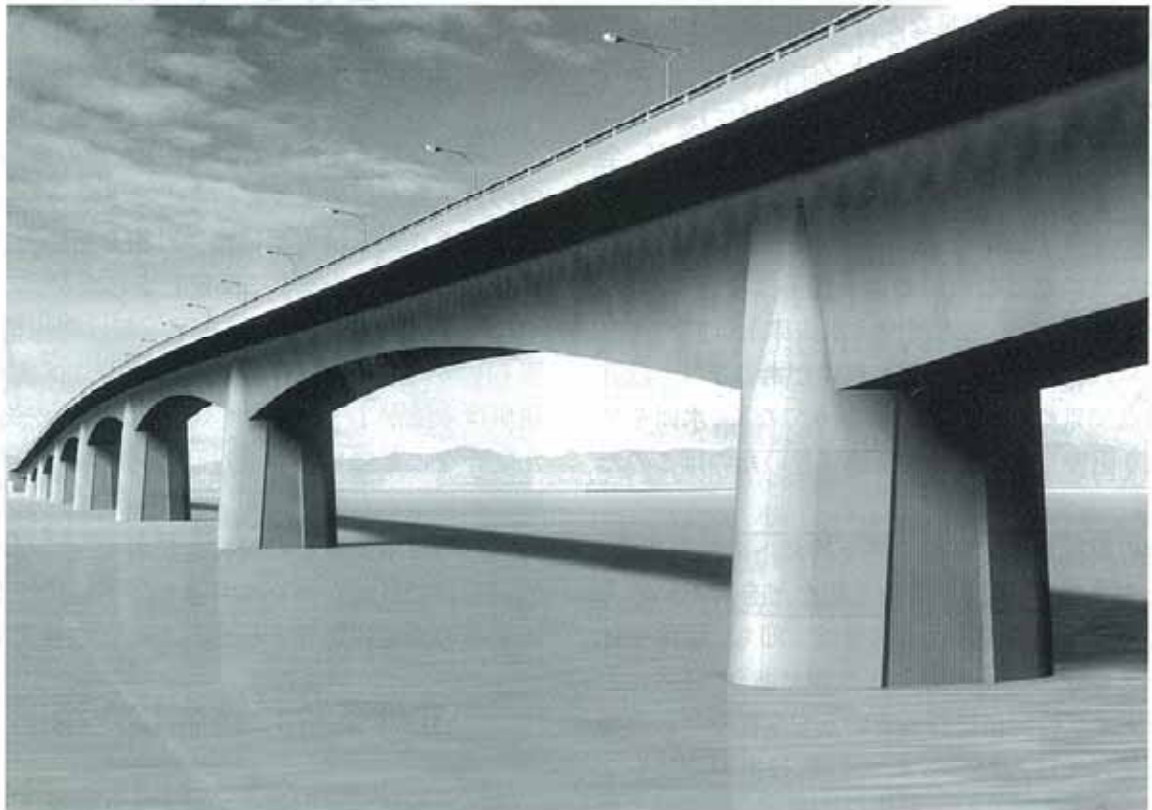
後ラーメン施工時

多数案の概略検討を行いました。この中から経済的に有利で、構造的に特徴のある4案を抽出し、前述のトレードオフの関係を解決させる工夫を発注者と一体となって取り組みました。静岡県からは特に構造、施工、河川、地元対応の専門の方々に参加していただき、多角的な判断で検討することができました。橋梁設計ではスパン割が自由なほど、大変な仕事になるものです。

桁が長い多径間連続桁では構造上の理由から通

常、弾性支承を用いた構造が多くなりますが、レベル2地震動に対応するには支承費の増大に頭を悩ますことになります。私はかつて信越大橋を設計した際、反力分散型の大きなゴム支承を採用しましたから、今回は橋全体の剛性を高め地震時の変位を少なくするとともに、橋脚に作用する断面力を低減し柱をスレンダーにできるラーメン構造を想定しました。

「航路を確保する」といっても、ここでは小型の



タイプ1のバース



タイプ1



タイプ2



タイプ3

漁船やレジャーボートが航行する程度のクリアランスですから、決して高い橋脚を必要としません。ただ深い軟弱地盤を利用すれば見かけ上の橋脚剛性が低くなるので、固定支間長が長くできるという読みがあったからでした。

当初は全橋脚を剛結できると考えました。しかし、細部を検討していくとこの考え方には限界がありました。PC橋における多径間ラーメン構造で問題になるのは、やはり常時の変位である温度の変化による伸縮、クリープ、乾燥収縮、弾性短縮による橋脚に作用する不静定断面力が端部に近い橋脚ほど大きくなることで、構造が成立しなくなる場合が発生します。

このような場合には、端部に近い橋脚を桁と分離させ、支承に置きかえる方法を取る場合があります。本橋の場合、橋脚形状が剛結した橋脚と変わってしまうのでこの方法を採用せず、中央連結部にジャッキを設置し、変形分を押し戻す方法も検討しましたが、ジャッキ能力に限界があり不可能でした。

そこで考えついたのが『後ラーメン方式』でした。この方法は常時状態で断面が決まってしまう両端部から3橋脚づつ、合計6橋脚を施工中に生じた桁の軸変形を橋脚天端に設置したスライド版で吸収、完成後にPC鋼線で桁と橋脚を緊結する工法です。つまり施工中は連続桁の挙動とし、後からラーメン構造とするので『後ラーメン方式』と呼ぶことにしました。浜名湖は塩分の薄い汽水域であることから、鉛直方向のPC鋼材の防錆には十分な配慮を行っていますが、柱頭部の桁構造が複雑になっており、施工者に苦勞をかけたと思っています。

## プロポーションとディテールデザイン

はまゆう大橋は普通の箱桁橋に見えても、設計者の色々なこだわりがあります。一つは縦断勾配の決定で、水平にすれば水面を這うような重いイメージになりますから、中央部に緩い凸型のカーブを入れています。二つ目は、橋脚形状および桁と橋脚の連結部の形状です。当初は2柱式を推薦しましたが、河川区域であり小判型でなければならないということでした。そこでスケッチ、CG、模型により視覚的な検討を加え、小判型でもきれいに見えるデザインを決めました。三つ目は壁高欄や地覆形状で、水上部で風通しが良いことから歩行者への風の影響を弱める工夫や、その一方で走行車両からの眺望を確保するため下方をRC壁、上方を金属製高欄とすることにしました。地覆外面は水平ラインを陰影効果で強調するため、折り目を入れています。

現在、架設工事中ですが、計画から施工まで順調にこられたのは、振り返ってみると計画に当たっての我々の基本的な考え方を、発注者に良く理解していただいたことが大きかったと思っています。

(談=文責・橋梁編集部)