

## 伊勢湾岸自動車道の建設

— 新たな橋梁技術を駆使して名古屋港を横断し新東名と新名神を連結する —

### はじめに

伊勢湾岸自動車道は、豊田東ジャンクション（以後 JCT）から四日市 JCT 間の 56.4 km の高速道路で、新東名と新名神を連結し、東西交通をつなぐ我が国にとって重要な路線であるとともに、東海環状道路や名古屋二環にも接続し、中京圏の主要な高速道路ネットワークの一部にもなっている。



図 1 位置図

延長の約 9 割が橋梁で、大きなスパンを要求される名古屋港や木曾三川・矢作川という大河川を横過する橋梁は、景観と合理性を追求し、前例のない橋梁形式に挑戦した技術の結晶と言える。

周辺に大型集客施設が造られるなど開通後の整備効果や課題も併せ、特徴ある橋梁にスポットを当てて紹介する。

### 1. 計画・建設の経緯

1967(昭和 42)年の中部圏基本開発整備計画の中で、名古屋市から四日市市に至る伊勢湾岸工業地帯の背骨として渋滞していた名四国道のバイパスとして第二名四国道が計画され、1969(昭和 44)年

から建設省により海上区間の調査が開始された。

1973(昭和 48)年以降は、伊勢湾全体を環状に連結する伊勢湾岸道路の一部と位置付けられ、1979(昭和 54)年に海上部が都市計画決定された。同年、先行して名港西大橋の事業許可が日本道路公団に下り、当時世界最大級のスパンのマルチケーブル斜張橋として建設されることとなり、翌年着工され、1985(昭和 60)年 3 月に暫定二車線で開通した。

1987(昭和 62)年には、東海～金城ふ頭間の事業許可が下り、名港西大橋と同形式の名港中央大橋と名港東大橋の建設が始まり、1993(平成 5)年には、名港西大橋の暫定解除(二期線、6 車線化)にも事業許可が下りて、この区間は全面着手となった。

1998(平成 10)年 3 月には、名港中央大橋、名港東大橋が完成して、名古屋南 IC～名港中央 IC 間が開通し、名港西大橋も 6 車完成形となり、名古屋南 IC～飛島 IC 間が完成した。これら 3 橋は、名港トリトンと命名された。

これと並行して、第二東名(新東名)と第二名神(新名神)が 1987(昭和 62)年の第四次全国総合開発計画に盛り込まれ、1989(平成元)年基本計画が策定された。これに対応して、新東名と新名神の整備を早めるため、先行整備されていた名古屋南 IC～飛島 IC 間を含む豊田東 JCT～四日市 JCT 間が、伊勢湾岸自動車道として、新東名と新名神を結ぶ役割を果たすこととなった。

1993(平成 5)年には、名古屋南 IC～飛島 IC 間以外の区間に施行命令が出された。この間には、木曾三川の河口部を横過する世界初の PC・鋼複合エクストラード橋の湾岸木曾川橋・湾岸揖斐川橋

(併せてトゥインクルと呼ばれる)及び、矢作川を横断する世界初の波形鋼板ウェブ PC 鋼複合斜張橋の豊田アローズブリッジが計画された。

建設は、2005(平成 17)年 3 月開催の「愛・地球博」に間に合うよう促進がかかり、1998(平成 10)年 3 月の名古屋南 IC～飛島 IC 間をはじめとして順次開通し、2005(平成 17)年 3 月に豊田東 JCT～豊田東 IC 間が開通して豊田東 JCT～四日市 JCT 間 56.4 km 全線が完成した。

## 2. 名港トリトン

名港西大橋、名港中央大橋、名港東大橋を総称して名港トリトンと呼ぶ。いずれも 3 径間連続 2 面吊りマルチケーブル斜張橋である。先行着手された名港西大橋は、建設当時この形式では世界最大級の橋長

で、当初暫定施工されたため、世界的にも珍しく、上りと下り 2 橋が並列する形となった。



写真 1 名港トリトン

名港西大橋：橋長 758m、最大支間 405m

主塔高さ：122m

名港中央大橋：橋長 1170m、最大支間 590m

主塔高さ：190m

名港東大橋：橋長 700m、最大支間：410m

主塔高さ：125m

### 2-1. 名港西大橋

#### 2-1-1. 設計

通過する船舶の大きさを考慮し、橋長 758m、最大スパン 405m、桁下高さ約 30m のマルチケーブルの斜張橋形式が採用された。斜張橋は、長スパン

でも斜材ケーブルによる応力調整で主桁を経済的に設計でき、吊り橋に比較して橋全体の剛性も高い。耐風安定性のため 2 面吊りとした。

世界でも例がない規模のため、多くの外部専



写真 2 名港西大橋

門家が参加する名港西大橋調査特別委員会(委員長：乙藤憲一)を設け、設計から施工完了まで、課題が生じる都度議論をして解決していった。

基礎は、海面から 45m 下の砂層とし、ケーソン基礎とした。

耐震設計は、100 年に一度の地震にも耐えられるよう過去の日向灘地震を参考に、地盤応答解析、地盤の FEM 解析、ケーソン基礎の時刻歴応答解析等を行い、加速度応答スペクトル法で実施した。

耐風設計は、60m/秒の一様流と現地の特性を考慮した乱流を想定し、将来の二期線との並列状態や施工中の主塔の自立時を含めて風洞実験で安定性を確認した。

主桁は、重量を軽減し、耐風安定性を増すため、鋼床版、薄型扁平六角形の 3 室鋼箱桁とし、両端にフェアリングをつけて、全体的に風がスムーズに流れる形にした。ケーブル定着部は、外側ウェブに割り込ませるように配置し、この個所は三次元 FEM 解析で安全性を検討した。

主塔は、高さ 122m あり、安定した A 型の形状とした。施工中の単自立時に最も不安定になるため、高層ビルで使われている、揺れに同調する錘で揺れを制御する装置(TMD)を取り付けた。ケーブル取り付け部や TMD 定着個所は、局部応力が発生するので、立体 FEM 解析を実施した。

主塔と主桁は弾性ケーブルで連結した。地震時等の主桁の動きが主塔に与える影響を緩和するため、ゴム支承がない時代の工夫だった。

ケーブルは、桁の安定性を考慮して桁の両端にケーブルを設置する二面吊りで12段とした。ケーブル自体は、直径5mmの亜鉛めっき鋼線を平行に束ねたストランド(PWS)をポリエステル樹脂で被覆してポリエチレン管の中に通し、管内にセメントペーストを注入した構造にした。二期線の施工では、その後開発されたグラウトを必要としないケーブルを使用し、7mmの亜鉛めっき鋼線を平行に束ねたPWSをフィラメントテープと高密度ポリエチレンで被覆した。

### 2-1-2. 施工

ケーソン基礎は、鋼製函体を地上で製作し、設置場所まで海上を浮かせて運搬した。掘削は、函体中に圧縮空気を入れて止水するニューマチックケーソン工法とディーブウェル工法を併用して実施し、支持地盤まで沈下させた。二期線では、一期線への影響がないようディーブウェルは併用せず、より高圧な圧縮空気では止水するニューマチックケーソン工法を採用し、ヘリウム混合ガスを呼気とするシステムを併用した無人ケーソン工法を日本で初めて導入した。

主塔と主桁は、航行船舶への影響を少なくするため、大ブロック架設とした。

主塔は、3ブロックに分け、2ブロック架設後に上部A型の超大ブロックを一括架設した。工場内で製作されたブロックを、近傍の湾岸地帯のヤードで横に並べて溶接し、重さ1,350t、長さ109mという前例の



写真3 主塔の架設

ない大ブロックを、完成したての3,000t級のフローティングクレーン「武蔵」で一括架設した。先行して据え付けられたブロックと上部の大ブロックの連結部には、100tジャッキを取り付け、仕

口合わせの迅速化を図った。

主桁は、側径間に2基、中央径間に主塔部側に1基ずつステージングを設置し、約50mの大ブロッ



写真4 主桁の大ブロック架設

クで、800tフローティングクレーンで架設した。中央径間の併合部は小ブロックをデリッククレーンで吊り上げて閉合した。ケーブルは、架設ごとに張力を導入。張力導入時にケーブル角度が変化するため、主桁との定着部は球面加工した。主塔の傾き、主桁の浮き上がりを計測しながら、また、設置済みのケーブルにはテンションメーターを設置して、ケーブル張力を導入・管理した。

ケーブル架設が完了する頃、降雨時にケーブルが上下に大きく振動する想定外の現象が生じた。海外でも前例がないこの現象(レインバイブレーション現象)に対処するため、振幅の大きなところでケーブル同士を連結した。これは長くもたず、現在ではケーブル基部に制振装置を取り付けている。

前例のない構造だったため、点検やメンテナンスに役立つよう維持管理の手引きを作成した。その後、名港トリトン全体の維持管理要領となり、NEXCO中日本の斜張橋・エクストラロード橋維持管理指針へと発展してゆくことになる。

この工事を工事長として担当した川人達男は、次のように語っている。「世界的に有名なドイツの橋梁技術者フリッツ・レオンハルトが視察に来た際に、「この橋はマルチケーブル斜張橋の特性を生かした世界的にも素晴らしい橋だ。」と言われたことが強く印象に残っている。日本初の本格的マルチケーブル斜張橋だったので、多くの計測機器で膨大なデータを蓄積でき、その後につながった。無事故・無災害で労働大臣賞を受賞し、土木学会の田

中賞も受賞した。多くの設計検討や夜を徹してのケーブル緊張管理が続き大変だったが、頑張り甲斐があった。」

### 3. 豊田アローズブリッジ

矢作川に架かる橋長 820m、最大支間 235m の 4 径間連続 PC・鋼複合斜張橋で、上下一体 8 車線の広幅員の波形鋼板ウェブ PC 箱桁を一面吊りする

世界初の形式であり、多くの実験と解析が行われた。また、「矢作川橋の設計・



施工に関する技術検討委員会 写真 5 豊田アローズブリッジ会」(委員長; 池田尚治)を設置して技術的課題を適宜検討した。

#### 3-1. 設計

耐震設計は、道路橋示方書の地震動に加え、架橋地点付近の活断層から想定される地震動を使い、非線形動的解析で実施した。

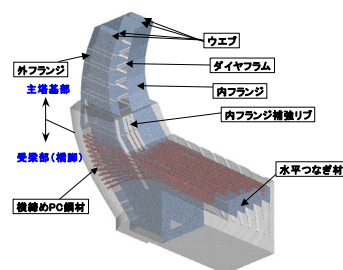
耐風設計は、架橋地点の風況観測データを参考に、風洞実験を行うとともに、施工中と完成時の耐風安定性を検討した。

主桁のケーブル定着部は、鋼製横桁と鋼製定着梁を用いてユニット化し、三次元 FEM 解析、耐荷力確認実験、疲労実験を行い、安全性を確認した。これにより省力化と工程短縮が可能となった。

PC 桁と鋼桁の接合構造は、応力伝達が円滑に行えるよう両桁端にプレートを取り付け、PC 桁に補強横桁を追加、プレート間にコンクリートを打ちせん断力を伝達させることとし、三次元 FEM 解析で検証した。

主塔は、交差条件の制約により、水滴をイメージした優美な曲線で主桁を包み込むような形状をし

ている。この湾曲した部分に高断面力が作用するため、鋼殻構造により終局耐力を保持、併せて横梁を PC 鋼



材で横占めする 図 2 主塔湾曲部鋼殻構造

ことでひび割れを制御した。この構造は、世界でも類を見ないため、耐荷力確認試験、非線形 FEM 解析等で安全性を確認した。

#### 3-2. 施工

主塔は三次元的に変化する断面形状を持つコンクリート構造で、鉄筋をプレハブユニット化し、型枠も大型パネルとし、複雑な形状に対応したクライミング足場を開

発して施工の迅速化を図った。コンクリートには、耐久性の確保を目的に、低熱セメント、高強度コンクリー



写真 6 クライミング足場

ト、高流動コンクリートを使用し、材料選定には細心の注意を払った。

主桁は、主塔部分から張出し架設をしたが、張出しブロック長を 8m とする超大型移動作業車の開発や、外側と中央の箱部分の鋼部材・鉄筋・型枠を桁下ヤードで組み立てるプレハブユニット化で大幅な工期短縮を図った。

本橋は、世界初の構造であり、様々な新技術を導入しているため、維持管理マニュアルを作成し重要点検ポイントを明示した。

### 4. トウインクル

木曾三川の河口部を横過する湾岸木曾川橋と湾

岸揖斐川橋を総称してトゥインクルと呼ぶ。前者は5径間連続、後者は6径間連続で、共に支間中央部の約100mを死荷



写真 7 湾岸揖斐川橋

重軽減のため鋼床版箱桁としたPC・鋼複合の一面吊りエクストラドーズド橋とした。これも世界初の形式であり、「木曾三川橋の設計・施工に関する技術検討委員会」（委員長；池田尚治）を設置して技術的課題の検討を行った。

湾岸木曾川橋：橋長 1145m、最大支間 275m

湾岸揖斐川橋：橋長 1397m、最大支間 271.5m

#### 4-1. 設計

基礎については、支持層が深いので、施工性と経済性から鋼管矢板基礎とした。

耐震設計は、活断層や過去の地震を特定して動的解析等を実施して安全性を確保した。

主桁は、PC部は、高速道路で初めて高強度コンクリート(60N/mm<sup>2</sup>)を採用して軽量化を図り、鋼桁部は鋼床版とし、幅440mmの大型Uリブを使って耐久性と施工性を向上させた。

PC桁と鋼桁部の接合部は、両端に鋼板パネルを設置し、間に中詰めコンクリートを打って接合する方式とし、輪荷重載荷試験により疲労安全性を確認している。

#### 4-2. 施工

PC桁は、伊勢湾内に約80,000 m<sup>3</sup>(東京ドーム2

個分)の広い製作ヤードを確保して、幅33m(上下線一体6車線)、長さ5m、高さ4~7mで最大重量400tという



写真 8 セグメント製作ヤード

大規模なセグメントを4~5日サイクルで製作した。4つの製作ラインを作り、計375個のセグメントを製作し



写真 9 張り出し架設

た。仮置き中の変形を心配したが、CCDカメラで3次元的に把握した結果、問題なかった。

架設は、支点部の3分割したセグメントを600t吊りフローティングクレーンで橋脚上に架設して一体化し、セグメント内部の横桁を後打ちした。その後、主塔を立ち上げ、PC桁を張り出し架設した。海上輸送されたセグメントを420t吊りのクレーンで吊り上げ、PC鋼材で緊張し、順次ケーブルで吊っていった。中央径間の鋼桁部は、長さ約100m、重量約2,000tになり、近傍で製作され台船で運搬し、PC桁の張り出し部のクレーンで吊り上げて一括架設した。

### 5. 他の主な橋梁

#### 5-1. 弥富高架橋

建設個所近傍に製作ヤードが確保でき、専用トレーラー運搬が可能



写真 10 弥富高架橋

なため、プレキャストセグメント工法を採用した。弥富高架橋は全長1.5kmのPC箱桁橋で、1,300個のセグメントを使用した。架設桁でセグメント1径間分を吊り上げて一括して緊張した。

#### 5-2. 古川高架橋

PC箱桁橋であるが、近隣にヤードを確保できないため、既存のPC工場でセグメントを分割



写真 11 古川高架橋

製作し、セグメントと PC 版を使って横方向と縦方向に緊張し桁を組み立てた。これは世界でも例がない。

### 5-3. その他の新たな取り組み

外部専門家を入れた委員会をそれぞれ設置し、次のような取り組みを行った。

- ・プレキャスト床版を用いた鋼少数主桁橋を本格採用した
- ・疲労き裂を防止するため、デッキプレートを増し厚、U型縦リブの大型化、横リブ廃止等を実施し、耐久性に優れた合理化鋼床版構造を標準化した

## 6. 整備効果

1998年に名港トリトンが完成し、2005年に伊勢湾岸自動車道全線が開通したが、ネットワークの拡充とともに交通量は増え続け、現在では、1998年の約7倍、2005年の約4倍の10万台/日になっている。

所要時間短縮効果が生産・消費活動に波及する経済効果を算定すると、1998年から現在まで累計約9兆円と推計されている。

名古屋港では、コンテナ貨物量が、1998年と比べ、輸入で約2.3倍、輸出で約1.6倍と増加し、名古屋港は、輸出額日本一となっている。

沿線には工業団地や大型集客施設が立地し、特に、ナガシマリゾートと刈谷ハイウェイオアシスは、年間入場者数が、東京ディズニーランド・ディズニーシーに次ぎ全国で第2位と第3位になっている。

この他、東海3県で唯一の小児救命救急センターが沿線にでき、伊勢湾岸自動車道は、医療面でも大きな役割を果たしている。

## 7. 開通後の課題と対応

大型車の交通量が想定よりも多かったことに起

因して、利用面と構造面に課題が生じた。

利用面では、法律上貨物輸送ドライバーの定期的な休憩が義務付けられたためもあり、休憩施設の大車駐車マスが不足するという事態が生じた。緊急に対応するため、駐車場の面積を拡大することなく、用地内で駐車マスの配置を全面的に変更して駐車マスを増やした。

構造面では、橋梁部の鋼床版に亀裂が生じ、一部で舗装にも影響が出た。現在対策を検討中で、今後数年かけて補修を進める予定である。

同様に橋梁端部の伸縮装置も亀裂や小破断等の損傷が生じ、より耐久性のある鋼製フィンガージョイントに取り換える工事を実施中である。

美しさと合理性を追求し、前例のない橋梁を、多くの実験や解析を重ね、新たな材料や施工方法を導入して実現した先人たちの努力に敬意を払いつつ、今後とも、主要な高速道路ネットワークの一部としての役割を担っていけるよう、利用状況や老朽化に対応した適切な補修・改良を継続的に進めていく。

出典；図、写真；中日本高速道路(株)

講演講師；

川人 達男 元日本道路公団静岡建設局長

池田 博之 元日本道路公団中部支社  
構造技術課長

池田 光次 中日本高速道路(株)執行役員  
名古屋支社長

前川 利聡 中日本高速道路(株)経営企画部長

上東 泰 中日本高速道路(株)  
高度技術推進部専門主幹

田中 健治 元(株)IHI 設計部長

コーディネーター；

鈴木辰夫 鉄建建設(株)常務執行役員