



滑走路に突き出すセンターデッキの両翼にターミナルを張り出す中部国際空港

**BACK
to the
SCENE**

新時代規格の国際空港の アクセスを支える ～中部国際空港「道路連絡橋」～

わが国3番目の国際空港となる中部国際空港が、2005年2月17日に開港した。その空港島と対岸部を結ぶ道路連絡橋および鉄道連絡橋には、それぞれ鋼管矢板基礎が使われており、本誌68号「未来フロント」では道路連絡橋の建設工事の様をお伝えしている。「愛・地球博(愛知万博)」(会期3/1～9/25)とともに2005年の大きな話題となったこのプロジェクトの、開港後、そして万博終了後の現状をお伝えする。

国際航空貨物は予想以上の伸び

2005年の経済界のエポックメイキングとなったのが、まぎれもなく愛・地球博(愛知万博)の予想を上回る成功である。入場者数は、目標の1500万人を大幅に更新す

る2200万人に達し、入場券収入も目標を150億円上回る575億円、公式グッズの売上も800億円に達するという、まさに「うれしい誤算」のオンパレードとなった。

愛知万博に先駆けて開港された、わが国3番目の国際空港である中部国際空港もこの万博効果を存分に受け、2005年4月～7月の国内線旅客数は246万人と同時期の当初見込みの233万人を早々とクリア。その後も、順調に旅客数を伸ばし続け、2005年4月～12月までの国際線も合わせた航空旅客総数は、951万人と対前年比(対名古屋空港実績値)113%の伸び率となっている。

さらに、この空港の利用実績で顕著なのが貨物取扱量が前年実績の約2倍となっていることである。特に、輸出に相当する国際線積み込みは約8万8000トン、輸入に相当する国際線取り卸しが約8万1000トンとトータルで約16万9000トンとな

っており(いずれも2005年4月～7月実績)、対前年比では積み込みが2.6倍、取り卸しが1.8倍、トータルでは2.1倍と大幅な増加を達成しており、中部圏という地の利とともに数多くの国内線と国際線を網羅した運営の成果が如実に現れている。

工期短縮の重要な役割を担った 道路連絡橋

中部国際空港の開港にいたるまでのあゆみを振り返ると、大規模な埋め立てを要する海上空港にも関わらず、2000年8月の現地着工から4年半という異例のスピードで竣工と開港を実現したことに驚かされる。これは、各ターミナルなど上物の建設が予定されている区域を優先的に造成し、その他の区域は上物建設に並行して埋め立てるといった「部分竣工方式」と呼ばれる手法が取られたことが、工期短縮への大きな要因であった。



中部国際空港の位置図



りんくうIC側からの道路連絡橋。15橋脚に1万4000トンの鋼管矢板が使用されている



機能的で使いやすいターミナルビル

こうした、空港島の造成と建築を同時進行で進めるために重要な役割を果たしたのが、鋼管矢板基礎が用いられた道路連絡橋である。2002年8月には、片側2車線部分が部分開通したことで建設資材・要員等の陸上交通による搬送経路を確保し、部分竣工方式による空港建設をより効率的なものとしていった。

使用された鋼管矢板基礎は、全15橋脚で総量1万4000トン。支持層は、この地域特有の常滑層と呼ばれる非常に堅固な地層であると同時に、支持層まで15m～40mと深浅のばらつきが激しいことが施工上の大きなポイントとなっている。しかし、鋼管矢板基礎ならば繰り返しの打撃に耐える強度を有しているので堅固な地盤への根入れも容易で、深浅まちまちな支持層への対応も、短尺から長尺まで支持層を確実に捉えて強度特性に変化をみない鋼管矢板基礎の得意とするところである。

道路連絡橋における鋼管矢板基礎は、硬質地盤への適用、海上施工といったさまざまな条件をクリアしながら、急速施工、経済性といった本来の特性を発揮することで、空港島建設の陸上交通の確保をするなど、短工期で開港を果たした国際空港の貴重な礎になったのである。

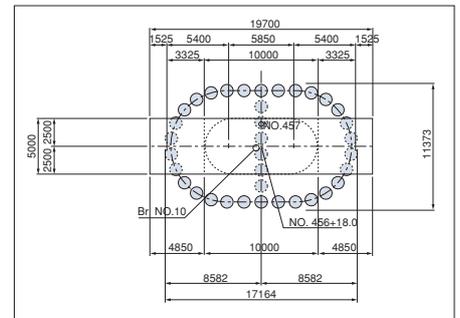
その後、2005年1月にはりんくうICからセントレア東ICまで全長2.1kmの「中部国際空港連絡道路」として正式開通。また、2月の開港を前に開通した鉄道連絡橋(名古屋鉄道空港線)でも総量1万5000トンの鋼管矢板基礎が使用されており、名古屋方面から空港への主要アクセスを支えている。

まず、3500mという長い滑走路とともに注目されるのが24時間いつでも離着陸可能な空港であるということだ。この海上空港の特性をいかした利点は、旅客輸送の時間のフレキシビリティという以上に、旅客便の少ない時間帯への有効活用など貨物輸送の発着に大きな効果を上げていることは、予想を大きく上回る国際貨物取扱量が実証済みである。

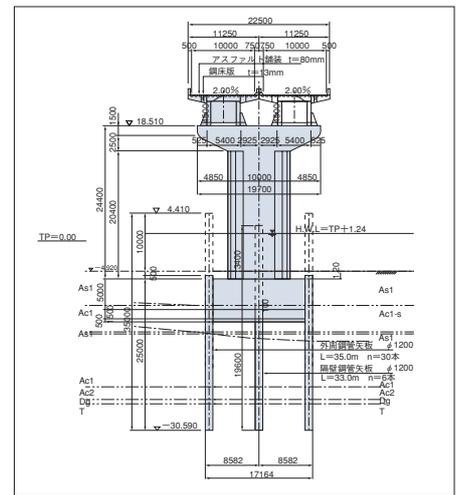
また、ユニバーサルデザインの思想に基づいたターミナルビルは、空港の出入口からチェックインカウンター、出発・到着のロビーまでの間の段差をなくし、なだらかなスロープや動く歩道で接続されており、チェックインカウンターから搭乗ゲートまでの歩行距離も極めて短い。さらに、国内線・国際線がそれぞれ同じ階にあるために、国内便と国際便の乗り継ぎが非常にスムーズに行えるようになっている。名古屋空港時代からの定期航空路線を引き継いでいることから、日本の各地から海外へ、海外から国内各地へ、といった航空機での完全移動に非常に適した空港となっているのが特徴である。

また、出発・到着階の上階には巨大なショッピングモールが展開されるほか、広大な展望デッキや滑走路を眺めながら入浴ができる展望風呂、結婚式も行えるセンターピアガーデンを備えるなど日本初の本格的商業化空港として、大きな集客に成功している。

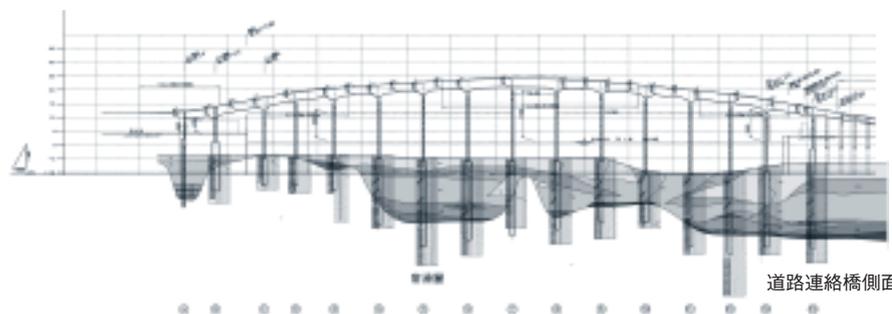
予想以上の成功に酔いしれた万博はすでに終了したが、その後には中部圏を窓にした国際交流が残ったはずである。その流れの大いなる翼として中部国際空港が果たす役割は、今後も非常に大きなものと期待されている。



平面図



下部工標準断面図



道路連絡橋側面図

使いやすく楽しく、世界に羽ばたく空港

開港なった中部国際空港は、新時代の国際空港にふさわしい思想に満ちあふれている。

未 FRONT 来

高層ビル群がすき間もなく林立する東京は、一見すると水の音からも潮の香りからも縁遠いようだが、例えば、銀座から20分ほど歩けば、東京港という世界的にも有数の港に出会うことができる。

その範囲は、墨田川河口を中心に南北方向は羽田空港まで、東西方向は荒川までという広大さで、岸壁等の係留施設延長は約27kmにもなる。昨今では、アジア各港の躍進から東京港の低迷も叫ばれているが、そのコンテナ取扱量は年平均9%という着実な伸び率をしめしており、背後地の関東圏の経済活動の重要な役割を担っていることには変わりがない。

そうした、東京港から背後地への物流の促進・効率化のための陸上輸送路のインフラ整備は年々と進められており、今号で紹介する「東京港臨海道路Ⅱ期事業」は、これまで航路によって分断され行き来に不便であった東京臨海部の埋立地の道路網を一新するプロジェクトの仕上げとなるものである。

航路および航空機による建設制限をクリアするため独自の設計思想が取り入れられた大型橋梁に、大径かつ大深度、さらに新開発の継手をもつ鋼管矢板基礎が採用されている。

みなと街・東京の心意気も高らかに 臨海部の物流改革を担う大規模橋梁

東京港臨海道路Ⅱ期事業／東京港臨海大橋（仮称）



鋼管矢板の打設が進む MP1 [2005年12月撮影]

東京港背後圏の物流効率化を狙いとして

港湾貨物取扱量9142万6000トン(平成16年)、外貿コンテナは335万8000TEU※(平成16年)と全国の約2割の取扱量を占める東京港は、人口4300万人を擁する関東地方を背景に、わが国を代表する物流・経済の一大拠点である。入港船舶は年間3万2600隻(平成16年)を数え、1日あたり約1万個のコンテナが積みおろしされる東京港は、その集積や物流のため沖合に埋立地を造成することで展開してきた。その埋立て面積は約57km²と三宅島に相当する広さだが、そうした旺盛な活動を続ける東京港は東京都市圏の宿命的な課題ともいえる過密問題から港湾の背後の道路が慢性的に混雑しているのが実情である。

特に、臨海部沖合に展開する埋立地は、その成立時点から航路等によって分断されており、道路交通の便が良くない。現在、羽田空港から千葉方面に向かうルートとしては、「東京港トンネル～東京湾岸線(または国道357号線)」と「城南島～臨海トンネル～青海縦貫道路～国道357号線」の2つがあるが、年々増大する貨物輸送量に対応できず、慢性的な渋滞に悩まされている。さらに、いまや港湾貨物の主力となっているコンテナ輸送量でも東京港は増大著しく、1昨年には初めて300万TEUを超え、年率9%という高い伸び率をしめしている。これは、10年間で現在の2倍を超えるというハイペースで、こうした輸送量の大幅な伸びに対して背後地の道路整備が急務となっている。

こうした、港湾物流の効率化のために計画され進められてきたプロジェクトが、東京都大田区城南島から中央防波堤外側埋立地を経由して江東区若洲までを結ぶ約8kmの「東



中央防波堤側上空より、若洲側仮設棧台等・建設現場を見る

京港臨海道路」である。このうち、城南島から中央防波堤外側埋立地までの3.4kmは、I期事業として平成14年4月に開通しており、その結果レインボーブリッジの交通量が約2割減少するという成果をあげている。現在、着手されているのが残り約4.6kmのII期事業で、このうち約2.9kmをこのプロジェクトのシンボリックな存在となる「東京港臨海大橋(仮称)」で結ぶことになっている。

II期事業の完工および東京港臨海道路の全通により、国道357号線は約20%、青海縦貫道路は約30%の交通量減を見込んでおり、中央防波堤外側埋立地から新木場までの所要時間が約9分短縮される。こうした、物流の円滑化によるコストダウンや経済の活性化、さらには国際競争力の向上により年間

300億円の経済効果が見込まれるという。

※TEU=コンテナの個数を数える単位、20フィートコンテナ1個当たりを1TEUとする。



年間336万個、日本一のコンテナ取扱量の東京港



東京港臨海大橋(仮称)完成イメージ



東京港臨海大橋(仮称)の位置

編鋼管継手の採用でせん断耐力は5倍、使用鋼管35%減に

現地载荷試験と新開発の高耐力継手採用でコストを縮減

東京港臨海道路は、将来的に物流基地として期待されている中央防波堤地区からの輸送を効率化するために昭和63年に港湾計画として位置づけられている。開通済みの城南島～中央防波堤外側埋立地間は沈埋トンネル方式で整備されているが、Ⅱ期事業4.6kmは第3航路を横断する約2.9kmを橋梁によって整備する。トンネル構造をとらなかった理由は、この区間が一般廃棄物の処分場であるため「廃棄物の処理と清掃に関する法律」の規定により困難であったことと、Ⅰ期事業の区間に比較して羽田空港の制限表面による高さ制限が若干緩和されていることがあげられる。もっとも、橋梁構造の採用により車道のほかに歩道を設けることで海拔60mからの壮大な展望を得ることができ、また、若洲側の展望台や中央防波堤側の公園整備などにより、お台場に続く新しいビューポイントの誕生も期待されている。

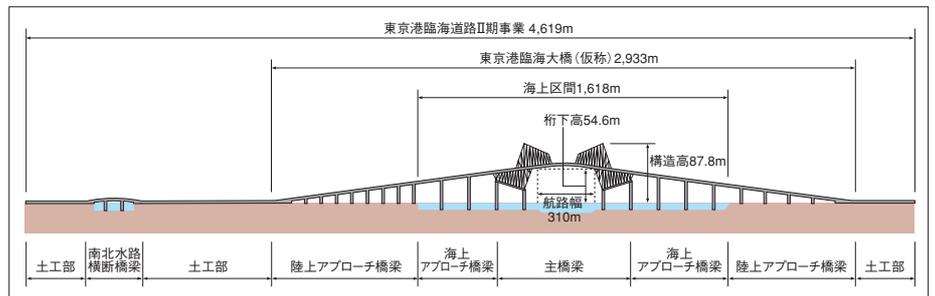
この橋梁建設の現場となる東京湾の地盤は、N値ゼロの軟弱層が海底面から30mほども堆積し、支持層は海面下50m～70mにもなるとい、わが国でも有数の大深度施工が必



36.7m×17.5mと大型の鋼管矢板基礎

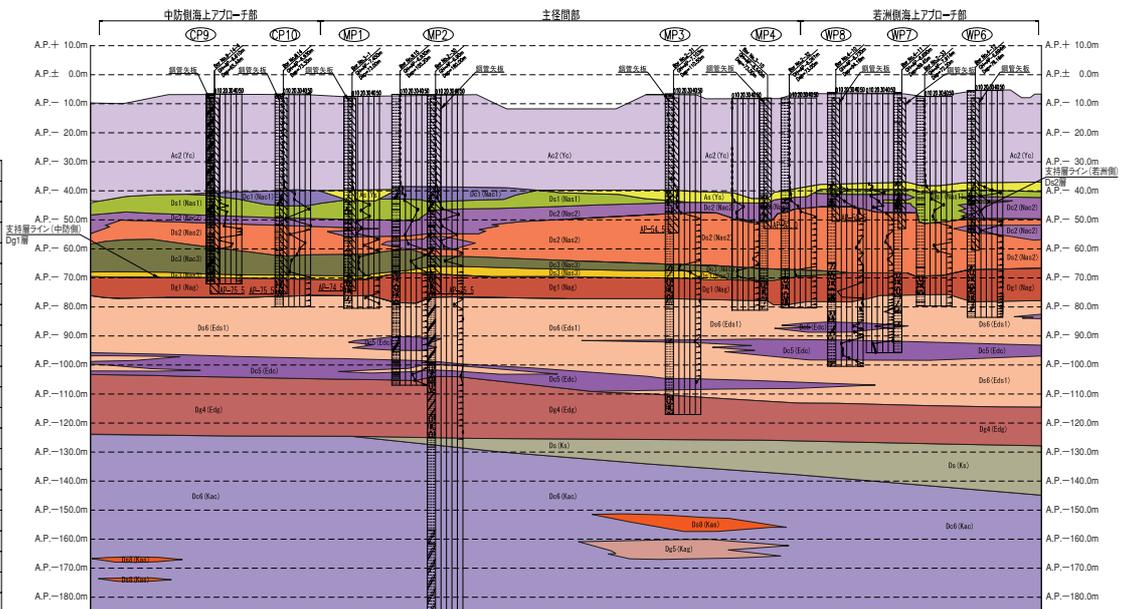
要とされる場所である。また、航路をまたいで建設されることから幅310m以上の主径間が必要で、主橋脚部に作用する上部工反力は約170,000kN/脚。そのため、鋼管矢板基礎も大規模となりφ1,500mmの大径鋼管矢板が採用されている。

このように、大深度・長尺、大径鋼管矢板という施工条件から、建設コストの縮減に大きな関心が払われたのも本プロジェクトの特徴である。軟弱な地盤ゆえ、地盤定数の評価がコストに大きく影響することを懸念し、現地での载荷試験が実施された。押込や水平などの静的载荷試験や急速载荷試験と衝撃载荷試験を行い、現地の地盤性状を把握しながら大径鋼管杭の支持力特性を明らかにした。その結果、鋼管矢板の本数を減らすこと

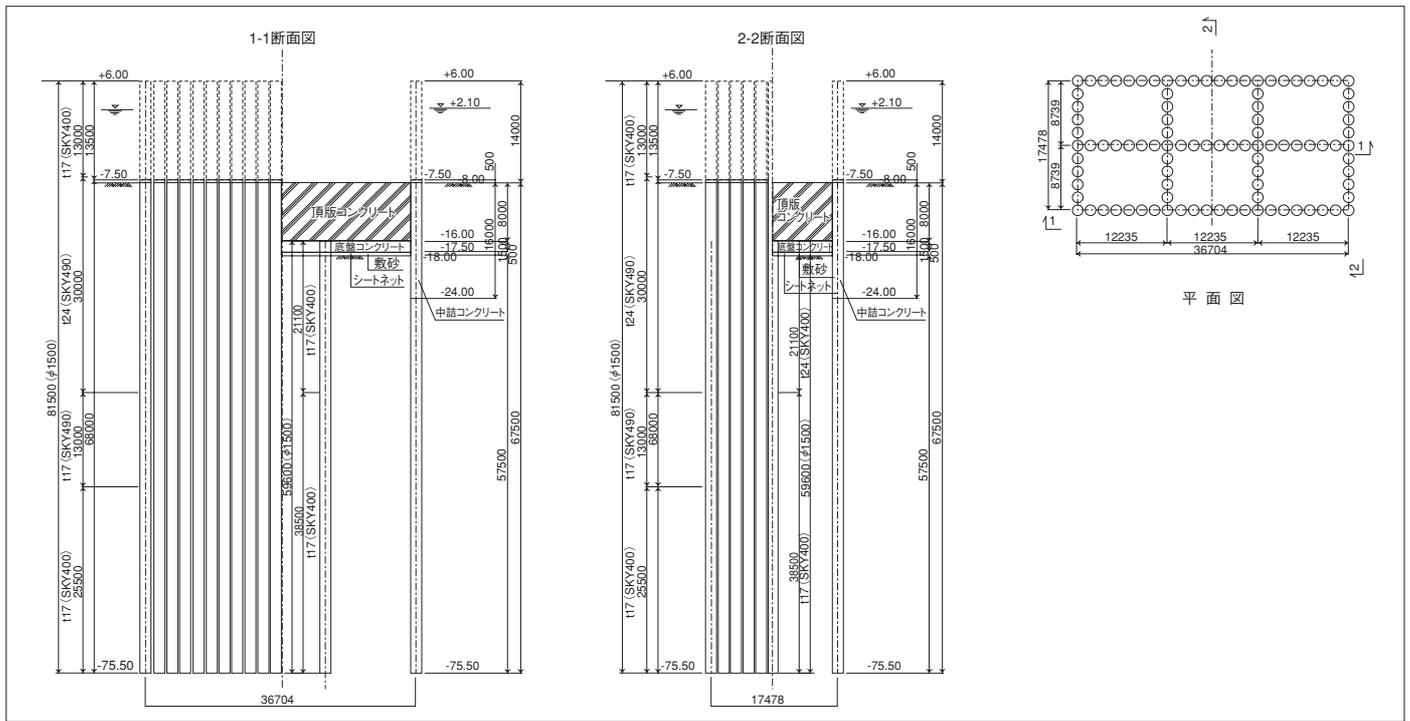


Ⅱ期事業の概要(橋脚断面図)

| 地層名 | 記号 | 主な土質名 |
|---------|------------|---------------|
| 粘性土層 | Ac2 (Yc) | シルト |
| 有楽町層 | As (Yg) | 細砂・礫混じり中砂 |
| 礫層 | Ag (Yg) | 砂礫 |
| 第1粘土層 | Dc1 (Nac1) | 砂混じりシルト・砂質粘土 |
| 第1砂層 | Dc1 (Nas1) | 細砂・シルト混じり微細砂 |
| 第2粘土層 | Dc2 (Nac2) | 砂混じりシルト・砂質粘土 |
| 第2砂層 | Dc2 (Nas2) | 粘土混じり細砂・細砂 |
| 七号地層 | Dc3 (Nac3) | 有機質砂質シルト |
| 第3砂層 | Dc3 (Nas3) | 粘土混じり細砂 |
| 第1礫層 | Dg1 (Nag) | 砂質礫・砂礫 |
| 東京層 | Dc4 (Toc) | 砂質シルト |
| 第5砂層 | Dc5 (Toc) | シルト混じり砂・細砂 |
| 第2礫層 | Dc2 (Tog) | 砂質礫・砂礫 |
| 埋立陸域堆積層 | Dg3 (Btg) | 砂質礫・砂礫 |
| 第6砂層 | Ds6 (Eds1) | 微細砂・細砂・礫混じり細砂 |
| 江戸川層 | Dc5 (Edc) | 砂混じり粘土・粘土 |
| 第3礫層 | Dc4 (Edg) | 砂礫・粘土混じり中砂 |
| 第7砂層 | Ds7 (Ks) | 細砂 |
| 上総層群 | Dc6 (Kac) | 団結シルト |
| 第8砂層 | Dc8 (Kas) | 細粒火山灰 |
| 第4礫層 | Dg5 (Kag) | 砂礫 |



土層断面図



本体部 橋脚基礎 構造一般図(MP2)

に成功している。

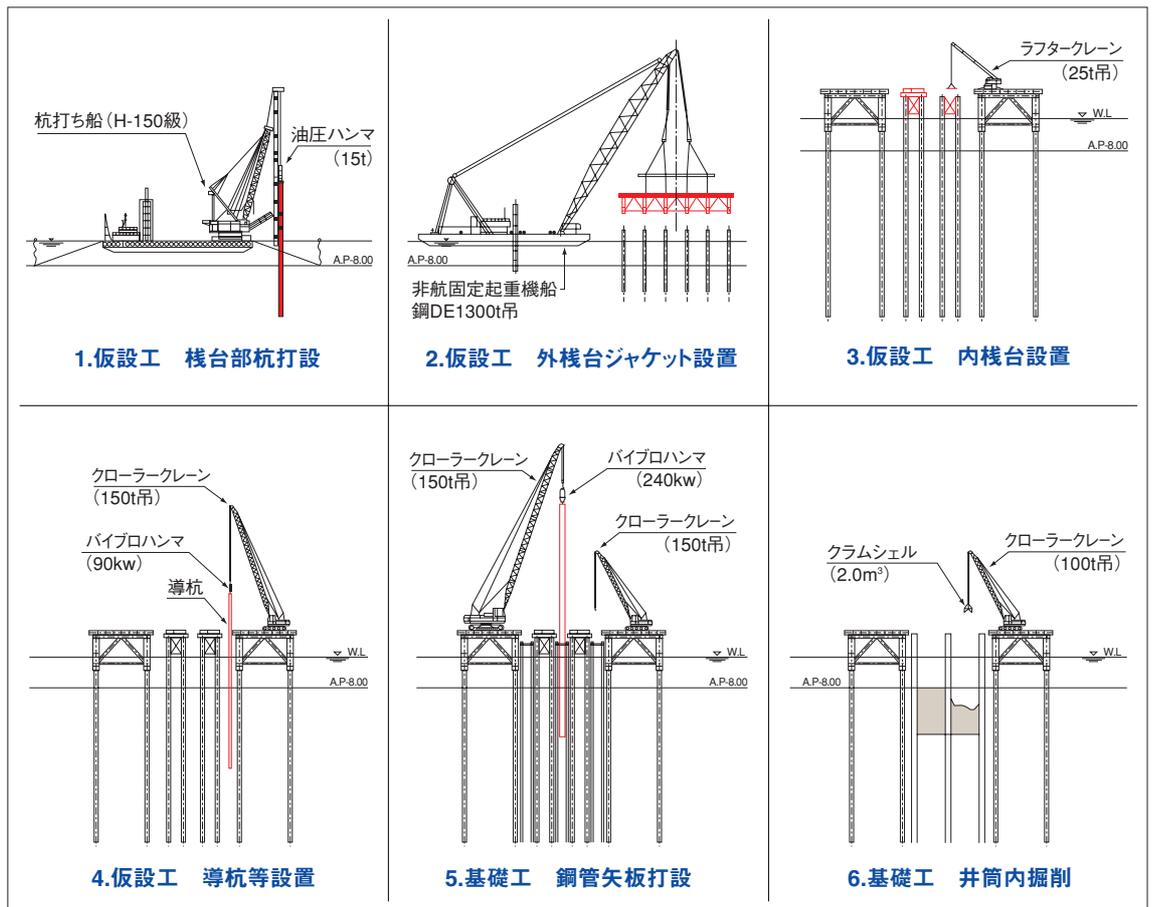
さらに、この鋼管矢板基礎のコスト削減にもっとも大きく貢献したのとして縞鋼管継手の採用があげられる。この、表面に突起のある縞鋼板を継手管とした場合、ズレ抵抗が高まることで継手管のせん断特性値が向上する。さらに、継手内に高強度モルタルを充填することで、せん断耐力は従来継手の5倍にもなり、水平変位量の低減が見込めることから、橋脚基礎の平面形状を小さくすることが可能になり、使用鋼管矢板の35%減、さらに仮設栈台の小規模化と大きな成果を上げている。この縞鋼管継手の効果を、中央防波堤側・MP2橋脚を例にとると、従来継手使用の場合の杭本数は

134本であったが、縞鋼管継手の採用により98本の使用となっている。

このように、東京港臨海道路における鋼管矢板基礎は、(1)大深度、軟弱地盤における安定した施工実績の評価と、(2)新開発の縞

鋼管継手に代表される合理的な基礎設計による経済性などの要因を決め手として、ニューマチックケーソン等の競合工法に抜きん出て採用されたといえる。地盤、深度などさまざまな施工条件をはじめ、経済的、環境的な

時代のニーズを満たしながら対応する。そんな、鋼管矢板基礎工法の柔軟性の高さを立証しえた事例として記されるプロジェクトといえよう。



施工手順

東京臨海部の機能強化を果たす、大径・大深度施工の代表事例

軟弱地盤、大水深下での鋼管矢板基礎の優位性

平成16年に工事前仮設栈橋の建設から始まった東京港臨海道路Ⅱ期事業は、平成17年8月18日に着工式が行われ、一番杭の打設が開始された。現在は、主橋脚9基の打設は終了し、井筒内の掘削や底盤コンクリート打設が行われている。

80m超という大深度施工のため、鋼管矢板の打設には非常に高い打設精度が要求された現場でもあった。そのため、鋼管矢板はそれぞれが導棒で精密に位置決めされ、パイプロハンマと油圧ハンマを併用して施工された。

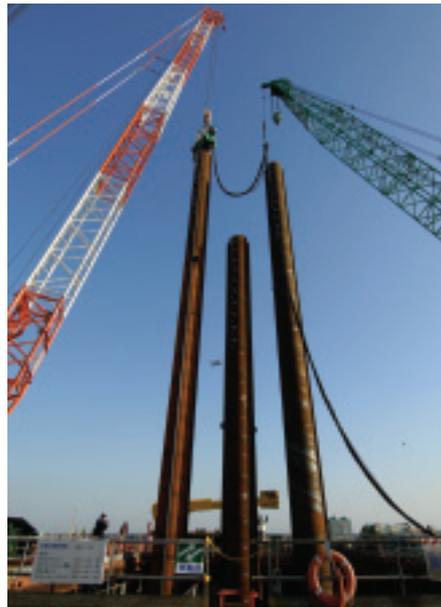
このように、新しい設計思想による橋梁基礎にも縞鋼管による高耐力継手という新技术を採用し、鋼管矢板基礎の高剛性と安定性、さらには急速施工性など従来からの優位性を活かしながら、時代の命題であるコスト縮減にも貢献する鋼管矢板基礎工法の可能性を示した好事例といえるのではないだろうか。



縞鋼管継手嵌合状況



縞鋼管継手の採用でせん断耐力は5倍、基礎全体の水平抵抗力が向上する



パイプロハンマによる下杭打設



油圧ハンマによる上杭打設



導棒を用いた鋼管矢板の施工状況

トラス構造の採用で 東京港の新名所にも

主橋脚9基を海上に設置する臨海大橋は、デザイン的にも印象的な「トラス構造」で上部工が設計されている。この鋼材を三角形に組み合わせた構造が採用されたのは、羽田空港に近接しているため高さ98.1m以下という空域制限があることと、第3航路を横断していることから船舶の運航を考慮した桁下54.6m以上という2重の制限を考慮したことから決定されている。

全長2,933mと東京駅～浜松町駅間と同程度、海上部だけでも1,618mと横浜ベイブリッジ(860m)の約2倍というトラス橋としては国内最大規模の大規模橋梁であるため、トラス構造には橋梁用高性能鋼材(BHS鋼材)を導入することで鋼重量を削減、また、支承部においては、すべり型免震支承を用いることで支承の小型化を図るなど、最新の技術を用いて高性能化とコスト縮減が図られている。

往復4車線、計画交通量1日3万5400台を見込む臨海大橋からは、お台場をはじめ東京港全体を見渡せ、さらに東京タワーや東京ディズニーランド、はるかに富士山の眺望も得られる、レインボーブリッジに続く東京港の新名所になるはずである。



航路、空域条件などさまざまな制限下の東京港で施工される

経済性とともに施工の安全性と環境性に優れる

大深度下という特殊条件を克服した鋼管矢板基礎



国土交通省 関東地方整備局 東京港湾事務所 所長
水谷 誠 氏

Ⅱ期事業については、平成13年より京浜港湾事務所において事業検討が開始され、翌14年4月に設置された東京港湾事務所がこれを引き継いできました。

基礎構造については、当初①鋼管矢板基礎、②ニューマチックケーソン、③鋼管杭基礎の3形式について、学識者による委員会を選定を行いました。

それぞれの工法技術を委員会でも審議した結果、鋼管矢板基礎が採用された決め手となったのは、施工性、経済性に優れ、環境への影響も最小限であり、構造的な信頼性も高かったということです。

まず、経済性に関して、③鋼管杭基礎は杭の本数が多くなり、工事費が他2工法に比較して約5割増しとなったため見送られました。②ニューマチックケーソンは工事費の比較では鋼管矢板基礎の1.17倍と

大差ありませんでしたが、施工時に大量の残土処分が必要になるという環境への課題があり、さらに70m超という高圧気下での作業安全管理が必要とされたため不採用となりました。

対して、①鋼管矢板基礎は陸上作業が可能なおことから安全性に優れていることと、残土発生が少ないという環境性が大きく考慮されて本プロジェクトへの採用が決定されました。

鋼管矢板基礎は、その構造的な信頼性に加えて、軟弱層が厚く堆積する東京湾という、大深度下での基礎工法に数多くの面からうまくマッチングした、最適な工法だったと考えています。