

## 時代を超える鋼管杭・鋼管矢板・鋼矢板 —「明日を築く」建設レポートのプロジェクトのいま—

1971年（昭和46年）8月2日に設立された鋼管杭協会（Japanese Association for Steel Pipe Piles：略称 JASPP）ですが、「明日を築く」は当協会の機関誌として1972（昭和47年）3月15日に第1号としてNo.1が発行されました。当時は「ルポルタージュ」と題して、鋼管杭・鋼管矢板が大量に使用された大規模公共建設プロジェクトを中心に紹介していましたが、1992年（平成4年）12月1日発行のNo.60からは題名を「未来FRONT」と改め、また、2009年（平成21年）の法人化に伴って、鋼矢板が使用された建設プロジェクトも紹介するに至りました。

時代を超え、永きに亘り使用され続けてきた鋼管杭・鋼管矢板・鋼矢板、その「いま」を過去にレポートされた建設プロジェクトの中から紹介します。



**Digest Report 1**  
(明日を築く No.1/1972年3月)

### 大井コンテナ埠頭





**Digest Report 2**  
(明日を築く No.7/1973年11月)

### 石狩河口橋





**Digest Report 3**  
(明日を築く No.13/1975年3月)



### 川口芝園団地





**Digest Report 4**  
(明日を築く No.16/1975年12月)

### 中央防波堤 外側埋立処分場


**Digest Report 5**  
(明日を築く No.16/1978年7月)

### 三郷浄水場




**Digest Report 6**  
(明日を築く No.55/1988年12月)

### 関西国際空港 連絡橋




**Digest Report 7**  
(明日を築く No.59/1992年3月)

### 東京湾 アクアライン





**Digest Report 8**  
(明日を築く No.67/2000年3月)

### 古宇利大橋




**Digest Report 9**  
(明日を築く No.77/2009年4月)

### 東京国際空港 D滑走路





**Digest Report 10**  
(明日を築く No.82/2014年3月)

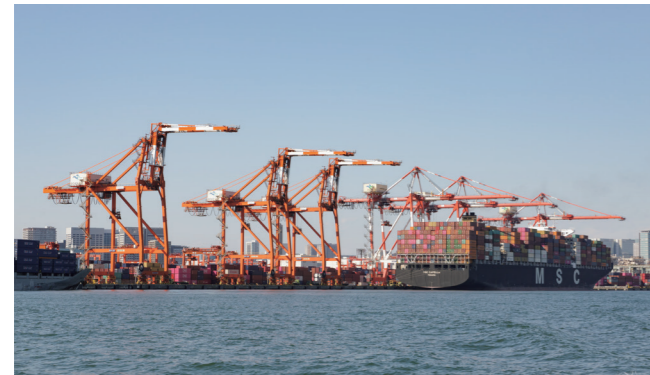
### 仁ノ海岸堤防




## 大井コンテナ埠頭

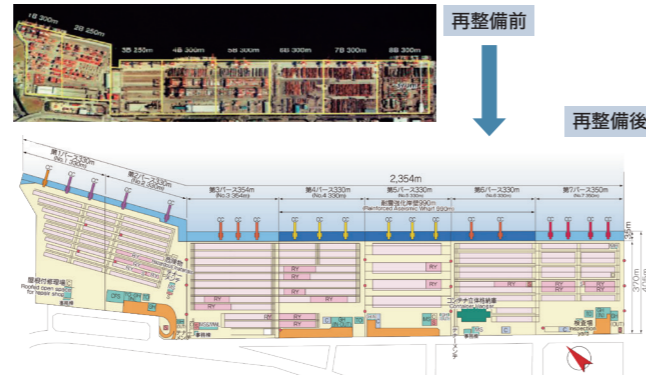
1971～1975年 建設

建設から21年を経て再整備、  
将来の拡張まで貢献する鋼管杭



2003年に高規格コンテナターミナルとして再整備された大井コンテナ埠頭

明日を築くNo.1(1972年3月)REPORTAGE  
～大井コンテナパス「世界を招く海のマンモスターミナル」より  
[鋼管杭概要] 鋼管径:φ700～900mm  
施工深さ:最大60m 鋼材量:7,200t 施工総延長:2,354m



大井コンテナ埠頭、再整備前後の変遷

### 国際規模のコンテナターミナルに 鋼管杭式栈橋が採用

アメリカで1950年代末(昭和34年頃)に本格化したコンテナ船は、60年代後半には国際海上輸送の主役となる。日本にも1967(昭和42年)年9月にアメリカのコンテナ船が初めて就航し、東京港の品川埠頭が我が国初となるコンテナ埠頭として供用を開始したが、より大規模なガントリークレーンやコンテナヤードなどを備えた外貿コンテナ専用埠頭の建設が急務とされた。1971年(昭和46年)11月から整備された大井コンテナ埠頭は、鋼管杭式栈橋を採用することにより軟弱地盤での耐震性を満たしたほか、巨大な重量をもつガントリークレーンの基礎兼用ともなった。また、施工の迅速性から工期短縮に寄与し、1975年(昭和50年)には全8パースの供用を完了した。当時、世界有数の規模を誇り、日本の外国貿易のメインポートとして機能することになった。

### コンテナ船の大型化に伴い、 大規模な再整備を実施

国際コンテナターミナルを取り巻く環境は、1980年代後半(昭和60年頃)よりコンテナ船の大型化が顕著になり、大井コンテナ埠頭は大型コンテナ船に対応するために、1996年(平成8年)から再整備事業が実施された。2003年度(平成15年度)まで順次進められた再整備では、従来の岸壁延長2,300m全8パースから総延長2,354m全7パースに再編。1パースあたりの岸壁250～300mを330～350mに延長し、水深も13mから15mに増深された。この結果、8万t級の大型コンテナ船7隻が同時に着岸できるようになった。さらに、新3～7パースの岸壁は栈橋部分が35m前出しされ、コンテナ置き場の面積が26%拡大。これにより、コンテナヤードの

取扱能力が大きく向上された。

その後、兵庫県南部地震(阪神・淡路大震災)以降に見直された港湾の大規模地震対策構想から、新4～6パース(延長990m)を大規模地震に対応できる耐震強化岸壁としてリニューアル。この再整備事業でも、φ1,300mmを主体とした鋼管杭による栈橋構造が採用されており、既存ストックを有効活用して高規格なりニューアルを図る港湾建設に鋼管杭が貢献した。

### 建設から50年を超えても 鋼管杭本体に不具合はなし

現在、大井コンテナ埠頭の栈橋構造を支える鋼管杭は1975年までに整備された既設栈橋で3,945本、再整備後の栈橋で1,904本の合計5,849本となる。管理する東京埠頭(株)では維持管理マニュアルに基づき、船からの目視点検や電気防食の電位測定のほか、潜水士を投入して陽極の状態をチェックしたり超音波測定による鋼管杭の肉厚測定などを定期的に行っている。その結果、これまでに鋼管杭本体に不具合はみられていないという。ただし、飛沫帯に施されたライニング加工については既設栈橋の鋼管杭で損傷や劣化が発見されることもあり、随時補修がはじまっている。

大井コンテナ埠頭は昨年実績で外貿コンテナ約210万TEUの取扱量があり、東京港全体の約426万TEUの半数を占める。開港から現在に至るまで、一貫して外貿の中核を担うメインターミナルである。近年では大型化するコンテナ船への対応やターミナル荷役の効率化を推し進めるため、最大21列対応のガントリークレーンやRTG門型クレーン、コンテナ立体格納庫など最新鋭かつ大型の設備が導入されている。

建設から50年を迎えた今も、適切な維持管理が続けられることで、今後の日本の国際コンテナ戦略の基本を鋼管杭が支えている。

## 石狩河口橋

1967～1976年 建設

鋼管矢板基礎が橋梁基礎として国内初適用、  
橋梁建設に画期



石狩川の最下流部、河口から約5kmの地点にある石狩河口橋(左岸側より)

明日を築くNo.7(1973年11月)REPORTAGE  
～開発第二期へのエポック「石狩河口橋」より  
[鋼管杭・鋼管矢板概要] 鋼管径:φ508～1,219.8mm  
施工深さ:最大42m 鋼材量:4,854t



結氷河川内で実施された洗掘対策工

### 本橋以降、全国の軟弱地盤で 急速に進化した鋼管矢板基礎

石狩河口橋は1976年(昭和51年)11月の全通時では記録的な橋梁構造であった。橋長1,412.7m、最大支間長160mは当時、北海道内1位。それまでの技術では、厚い軟弱地盤が広がる河口部で1,500m近くもの長大橋の建設は困難とされてきた。それを可能にしたのが橋梁基礎として初めて採用された鋼管矢板基礎である。

鋼管矢板基礎は、軟弱地盤の重量構造物の基礎として、鋼管矢板を現場で支持層に閉鎖状に打設し、継手管内をモルタルで充填してその頭部を頂版により剛結合することにより、所定の水平抵抗、鉛直支持力が得られるようにした基礎である。従来のケーソン基礎に比べて工期、施工費ともに低く抑えられることから、石狩河口橋での採用以降、全国の軟弱地盤における橋梁基礎としての適用が急速に進化した、基礎分野でエポックメイキングとなった事例であった。

### 厳しい自然条件を克服しながら維持管理される長大橋

鋼管矢板基礎の採用で長大橋の建設に画期をなした石狩河口橋だが、建設から40年以上が経過していることから長寿命化に向けた維持管理が課題となっている。管理する北海道開発局では、おおむね5年ごとに定期点検を行い、点検結果を基に長寿命化修繕計画を立案し、補修・補強工事を実施している。

基礎部の維持管理で課題となっていたのは、多雪地域の大河川である石狩川の河床洗掘による影響だった。架橋地点は出水期を中心とした河床洗掘が激しく、橋脚部フーチング周囲の洗掘の進行が問題となっていた。定期的な調査とともに捨石根固め工を実施するなど応急対策も行われてき

たが、2014年(平成26年)にはP6橋脚のフーチング下面より最大3.4mの洗掘が確認された。橋脚部周囲は捨石とともに鋼矢板で囲って根固め工を施しているが、流速変動による土砂の吸い出し現象で洗掘が進む傾向が続き、これ以上の進行は地震時耐力を下回る恐れがあると判断された。P5橋脚でも同様の傾向だったため洗掘対策工が実施された。

一般的な洗掘対策としては、現地と同等の土により基礎地盤を埋め戻すことであるが、橋脚基礎工である杭間に埋め戻しを行うことは困難であり不確実な施工となるため、水中施工が可能なコンクリート打設による充填が採用された。水中コンクリート施工にはクレーン付台船が用いられ、充填材料は流動性が必要とされるため、水中での施工が容易で強度低下が少なく、従来の水中コンクリートより流動性・充填性に優れる水中不分離コンクリートを使用した。また、コンクリート打設の条件である静水環境の構築と河川の汚濁防止の観点から、汚濁防止フェンス仮締切工を実施した。

P5橋脚では2015年(平成27年)2月に対策工が実施され、河川結氷時であったことから静水環境維持の観点からは設計時より有利な条件であったが、悪天候等により台船のえい航に苦勞させられたという。極寒の地ならではの困難を克服しながら維持管理が行われている。P6橋脚は結氷前の翌年12月に施工が完了している。

### 人・物・産業に100年貢献する鋼管杭・鋼管矢板

石狩河口橋の開通で、札幌市への通勤圏は旧厚田村まで一気に拡大された。現在でも、増毛町や留萌市をはじめとした道北との人や物流を最短でつなぐ周辺地域にとって重要な橋梁であることに変わりはない。鋼管杭・鋼管矢板が100年を視野におさめた公共資産であることが実感できる。

## 川口芝園団地

1973～1978年 建設

さまざまな修繕・改修で維持  
居住性を高める大規模団地



アソートカラーの対比で現代的な外壁改修を施した川口芝園団地

### 周辺環境を配慮し、静音重視で行われた杭施工

埼玉県川口市にある川口芝園団地は、JR京浜東北線蔵駅から徒歩10～15分にある総戸数2,454戸の大規模団地である。高度経済成長期の東京の深刻な住宅不足解消を目的に、日本車両製造の工場跡地を日本住宅公団（現UR都市機構）が取得し、1973年（昭和48年）に着工。メインとなる7棟の住宅（最高階数15階）は、1978年（昭和53年）3～12月に順次完成した。

建設地は年間40～50mmの圧密沈下が想定されたことから、支持層を深度37m以深とし、鋼管杭基礎が採用された。周辺が住宅街であったため杭打機は20機以下に制限したほか、中掘り工法に加えて住宅地に近い施工箇所は無振動無騒音Jet and Jacki Pile工法が採用されて、静音第一に杭施工が行われた。

### 築40年以上の団地を修繕、改装しながら維持

建築後40年以上経過した川口芝園団地では、メンテナンスが重要なテーマになっている。計画的な修繕に関しては、外壁塗装や床防水なら概ね18年、屋根断熱防水なら12年以上という、UR都市機構が設定する修繕等実施基準により行われている。当団地でも、2013年（平成25年）から2回目の外壁修繕工事に着手、順次完了し、オフホワイトとシャープなアソートカラーの対比という現代的な外観に生まれ変わっている。外構部も、排水に優れた景観のよいインターロッキングに変更され、管理サービス事務所、集会所及び共用部エントランスも明るく、利用しやすい雰囲気デザインのデザインにリノベーションされている。

1995年施行の耐震改修促進法に基づいた耐震改修も実施されており、ピロティ部の壁増設や住宅階の一部を枠付き鉄骨プレースで補強したほか、柱の一部を鉄板で補強。スリットを入れる改修も随所で実施されている。

明日を築くNo.13(1975年3月)REPORTAGE  
～周辺住民を考慮した建設計画「日本住宅公団・川口芝園団地」より  
[鋼管杭概要] 鋼管径: φ500～800mm  
施工深さ: 最大43m 鋼材量: 22,800t



枠付き鉄骨プレースで補強された住宅階

住居各戸についても、住民退去のタイミングを利用して洋室化、DKからLDKへの間取変更や収納スペース、キッチン、浴室の改装など、現代的な住戸ニーズを意識した改修を約700戸にわたって実施し、2020年度（令和2年度）末に完工した。

ちなみに設計時に想定された圧密沈下は、これまで対策が必要な範囲では発生していない。

### 外国人住民との文化相互理解、共生の取り組みも活発

現在、川口芝園団地の住民の半数は、中国人を中心とした外国人によって占められている。町域のほとんどが当団地である川口市芝園町の人口推移は、2000年に9%であった外国人の割合が、2020年（令和2年）には57%にまで増加した。最寄りの蔵駅が東京駅から快速で約30分と通勤に便利で、礼金・更新料・保証人・仲介手数料不要で入居できる公共住宅ならではの公正さで、都心部のIT企業に勤務する外国人が1990年（平成2年）ごろから集まるようになったという。

一方で、古くから住む日本人住民との間でゴミ出しや騒音などのマナーをめぐるトラブルも発生し、2011年（平成23年）ごろにはメディアでも話題になった。そのため、管理者のUR都市機構は管理サービス事務所に中国人通訳を配置したり、案内板や掲示物などは日・英・中の3か国語に対応。2015年（平成27年）には学生有志が「芝園かけはしプロジェクト」を立ち上げ、地域住民一体となった国際交流イベントや日本語教室など多文化共生の取り組みをすすめたことで、住民間のトラブルは減少した。

現在、UR都市機構の団地別整備方針において川口芝園団地は再生手法が検討されており、既存の設備を維持改修しながら供用が続けられている。時代ごとに街並みも暮らす人も変遷するが、そのハード面の基礎を40年以上にわたって鋼管杭が担い続けている。

画像提供：UR都市機構

## 中央防波堤外側埋立処分場

1974～ 建設中

大都市・東京のゴミ問題解決に  
長尺大径の鋼管矢板が大量に採用

### 高度成長期以降、海面処分場を残すのみとなった東京のゴミ問題

東京の廃棄物処理は、明治時代中期以降の人口増加により処分先の問題が顕在化しはじめた。それまでは自然の浄化力が勝っていたが、ゴミ量の増大が環境衛生上の大きな問題となってきたのである。

処分先は、東京湾の浚渫土とともに古くから埋立てられていた海面に加え、昭和時代初期までは、増加する人口を受け入れるための土地造成用途に、現在の区部に100カ所以上の内陸処分場があった。しかし、これも年ごとに用地確保が困難となり、内陸処分は昭和30年代に終了。東京の廃棄物最終処分先は海面のみとなった。

近代以降の東京のゴミ埋立は、現在の江東区潮見である8号地で昭和2年から始まったが、昭和30年代後半からの産業の急激な発展と過度な人口集中により、14号地（江東区夢の島）、15号地（同・若洲）ともに10年前後で埋立を終了。さらに東京湾の沖合の中央防波堤を挟む形での最終処分場が計画された。

### 迅速な施工性、高剛性ととも 環境保全対策から止水性も評価された鋼管矢板

このうち、中央防波堤内側埋立地（面積78万m<sup>2</sup>、埋立量1,230万t）は1973年（昭和48年）から1986年（昭和61年）までに廃棄物の受け入れを完了。さらに、当面の最終処分場として整備されたのが、中央防波堤の外側の海域に1977年（昭和52年）から埋立がはじまり現在も使用されている、中央防波堤外側埋立処分場である。

その建設工事では、総延長約11,400mとなる二重式鋼管矢板護岸が採用された。その理由は、建設地が防波堤の外側であるため施工時も完成後も波浪の影響が大きく、建設海域は海底面から非常に深度が深い超軟弱地盤であった。さらに、早期の埋立開始が求められていたため工期は短く、迅速な施工が必要であった。また、護岸には廃棄物の投棄時と埋立完了時に強大な荷重がかかる。そのため、その建設には施工が早く、本体荷重が比較的軽い鋼材を主体とすることが設計思想からも合理的であると判断された。

この護岸本体工の形式と断面の決定は、耐震性や施工性、経済性のほか、処分場からの浸出水による海域汚染防止という環境保全対策の点からも評価されて採用されている。打設された鋼管矢板には構造の安全性を高め、汚水の

明日を築くNo.15～17(1975年9月～76年3月)  
REPORTAGE ～建設すすむ大規模プロジェクト・  
東京都廃棄物処理場(その1～3)より  
[鋼管杭・鋼管矢板概要] 鋼管径: φ1,320.8mm  
施工深さ: 最大56.5m 鋼材量: 129,000t



2020年埋め立てがすすむ中央防波堤外側埋立地と新海面処分場

浸透防止の観点から中詰砂が施されている。また、鋼管矢板の継手部分に止水モルタルグラウトを施すとともに、鋼管矢板の前面に鋼矢板Ⅲ型を設置した後に、コンクリートを間詰めすることで止水には万全を期している。この継手形式については、止水性と施工性、製作性の3点を重点として鋼管杭協会が調査研究を委嘱され、全面的に採用されたものである。

### 東京の半世紀を超える廃棄物処理事業の 礎として貢献する鋼管矢板

1977年以降、中央防波堤外側埋立処分場（面積約199万m<sup>2</sup>）が受け入れてきた廃棄物は、約5,471万tにもものぼる。同処分場建設のころから、増加する一方のゴミ量に対して処分場確保の難しさが大きく認識されるようになり、埋立量を減らして処分場を延命化することが重要視されるようになった。その後、清掃工場や粗大ゴミ破碎処理施設など中間処理施設の建設が急速に進んだことから東京の廃棄物最終処分場の残余容量は、1998年（平成10年）に埋立が開始された新海面処分場とあわせて今後50年以上と推計されている。

半世紀を超える大都市の廃棄物処理と埋立完了後の造成地利用に鋼管矢板が時代を超えて貢献している。

## 三郷浄水場

1976~1993年 建設

軟弱地盤における超重量構造物の基礎として東京の水道事業に寄与



三郷浄水場全景

明日を築くNo.26(1978年7月)REPORTAGE  
～着々と進む三郷浄水場設計画(マンモス都市東京の「水」を確保する)より  
[鋼管杭概要]鋼管径:φ609.6~1,500mm  
施工深さ:最大58.6m 鋼材量:107,800t



耐震工事が完了したろ過池の状況(2021年)

### 急増する東京の水需要を解決するため 基幹浄水場建設の基礎として採用された鋼管杭

三郷浄水場は、戦後の著しい東京への人口集中や産業の急成長による水道需要の急増に対し、慢性的な供給力不足を解消するため1972年(昭和47年)に計画された。

計画地は古利根川と江戸川にはさまれた沖積低地で、氾濫原堆積層および沖積層が15~20m程度の厚さで分布した典型的な後背湿地泥層であった。それ以深も砂礫層主体のN値10~40程度の地質で、構造物基礎杭の支持地盤は-50~-60m付近のN値50の砂層に求められた。

支持層がきわめて深い上に、管理本館、薬品統合管理所、排水ポンプ所、ろ過池、排水池、原水ポンプ所、送水ポンプ所、受変電所など、構築される構造物のほとんどが超重量を有し、大きな荷重がかかることから、施工性や経済性、信頼性を検討した結果、鋼管杭が基礎杭として採用された。

1977年(昭和52年)に着工した三郷浄水場は、1985年(昭和60年)6月に第一期工事を完了し、55万m<sup>3</sup>/日の通水を開始。当時、国内最大の金町浄水場を超えて、世界第三位の供給能力を誇った。その後、1993年(平成5年)5月までに第二期拡張工事を終え、現在では110万m<sup>3</sup>/日超の大規模浄水場として、東京都の水道事業の基幹を担っている。

### 高度浄水処理の導入で 「東京の水はおいしい」と激変

三郷浄水場は1993年の完成後、水源とする江戸川の水質悪化に対処するため、既存の沈殿池とろ過池の処理の間に、オゾン処理と生物活性炭吸着処理を組合わせた高度浄水処理を導入するための改修工事を2013年10月まで実施。浄水

処理能力の全量を高度浄水処理しているのが特徴である。このシステムリニューアルにより、それまではどうしても取り除けなかった、水道水に残るごく微量のトリハロメタンやカルキ臭の元となるアンモニア態窒素などをほぼ除去することができるようになった。他の浄水場でも同様の改修が進んだことから、現在ではミネラルウォーターとの飲み比べ調査では半数以上の人が「東京の水道水はおいしい」と回答するほど、高品質で安全な水を都民に供給している。

### 東京広域の水道事業の根幹を支える鋼管杭

東京の基幹浄水場として水道水の安定供給を使命とする三郷浄水場では、施設維持管理の最重要課題のひとつとして、さまざまな災害対策に取り組んでいる。

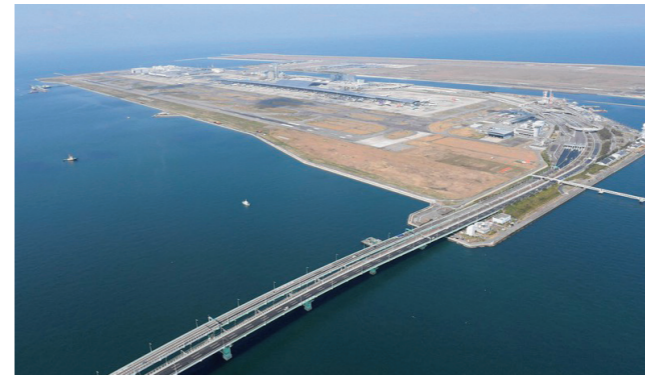
首都直下地震による施設の機能停止への対策として耐震工事を進めるほか、大規模停電時においても安定的に給水ができるよう常用発電設備などの増強が2025年度(令和7年度)までに図られているところである。また、富士山噴火に伴う沈殿池などへの火山灰による影響への対策が必要であるとして、降灰も含めた異物混入対策として沈殿池の覆蓋化を推進し、現在おおむね完了している。

ろ過池やポンプ所などの構造物基礎として使用されている三郷浄水場の鋼管杭は、地中に埋設されているため現況を確認することはできないが、1985年(昭和60年)の通水開始以降、浄水場内構造物に沈下等の問題は発生していない。このことから、鋼管杭は打設時のまま超重量構造物の健全性を保持しながら、東京都全体で686万m<sup>3</sup>/日のうち110万m<sup>3</sup>/日を超える基幹浄水場の、東京広域の浄・配水を担うという重い責務に寄与し続けているといえる。

## 関西国際空港連絡橋

1987~1991年 建設

世界の経済・文化に  
アクセスする海上の長大橋



全長3750mの鋼トラス構造を海上部橋脚数29基で支える関西国際空港連絡橋

明日を築くNo.55(1988年12月)REPORTAGE  
～世界初の海上人工島空港に挑む関西国際空港より  
[鋼管杭概要]鋼管径:φ1,000~1,500mm  
施工深さ:最大55m 鋼材量:48,320t



走錨事故による損傷からの復旧桁の架設状況(2019年2月)

### 海上の人工島と陸岸を鉄道と道路で結ぶ 世界最大級の連絡施設

関西国際空港の建設は、増大する航空需要や大阪国際空港の騒音による使用制限に対応するために計画された。そのため、その位置は周辺地域への騒音の影響や24時間運用可能な国際・国内線の拠点とすることを考慮して、大阪湾泉州沖約5kmの海上とされた。1984年(昭和59年)から、当時の最新技術を駆使した世界最大級の埋立が行われ、世界初となる「完全人工島の海上空港」として1994年(平成6年)9月に開港した。

同空港は大阪都心部より約50km離れているため、空港機能を十分に発揮できるアクセス手段を確保することも重要な課題のひとつであった。そのかなめとなったのが人工島にとって唯一の陸上アクセスルートとなる連絡橋であった。

架橋地点の地盤は軟弱で、明確な支持層が橋脚位置によりかなり異なっていたため、支持層が薄い、あるいは支持層が極端に深い地点では、支持杭に加えて摩擦杭も採用された。航行船舶の多い海域であったため、海上部橋脚は短期間に大型クレーン船で吊込み設置できる鋼製橋脚形式とし、耐震性と剛性の確保として中詰めコンクリートを充填する構造となっている。

完成した連絡橋は現在でも世界最長を誇る橋長3,750mのトラス橋で、上段に片側3車線の専用道路、下段に複線の電車専用線を配置したダイナミックなダブルトラスデッキが特徴となっている。

### 自然環境や地盤沈下に留意しながら図られる維持管理

竣工後30年が経過する連絡橋だが、強風や波浪など自然外力の影響が大きな海上の長大橋であるため、円滑な供用と長寿命化に向けてきめ細かな維持管理がなされている。

連絡橋構造物の現状把握や変状の早期発見のために行われる定期点検をはじめ、設計時から想定されている空港島地盤の沈下・側方移動に伴う連絡橋の変状に対する、補修時期の目安となるデータを収集する目的もあわせて主桁や伸縮装置、支承、落橋防止装置の遊間等の計測を行う精密点検などがある。

空港島の沈下に伴う事例としては、橋脚の不等沈下によって橋脚とともに桁も側方移動したことで、2006年(平成18年)9月から翌年6月には、伸縮装置の段差に対して支承部に嵩上げプレートを挿入して段差を解消したり、2012年(平成24年)9月から翌年7月には伸縮継手修繕や桁延伸、支承調整などの対策が実施されている。橋脚の洗掘状況や電気防食に関する調査では、現時点で大規模な補修が必要な箇所はないという。

また、2021年(令和3年)6月にはA1~P30の道路専用施設および兼用工作物における支承受替、当板補強、落橋防止構造設置、段差防止構造設置を主とした耐震補強工事が契約され、今後実施される予定となっている。

### 鋼材がもつ強靱な特性で想定外の災害にも対応

関西国際空港は航空旅客数、取扱貨物量ともに大部分を国際線需要が占め、日本における西のゲートウェイとして位置づけられている。そうした、国際的な経済・文化を関西エリアのみならず全国へと波及させる役割を担うのが連絡橋である。

2018年(平成30年)9月には、記録的な強風を伴った台風により走錨したタンカーが橋桁に衝突し、一時、通行止めを余儀なくされる災害にも見舞われた。しかし、下部工には損傷がなかったことから、被災から3日後には対面通行を開始。損傷した桁の撤去から新しく製作した桁の架設を経て、約7か月後には上下6車線の完全復旧を果たせたのは、本橋の下部工が衝撃に強く強靱な特性の鋼管杭基礎であったことも寄与している。

## 東京湾アクアライン

1989～1997年 建設

房総半島と京浜地区を結ぶ  
20世紀最大級の海洋土木工事



木更津金田ICから見たアクアライン

### 大水深・軟弱地盤に造成した人工島や国内最長の橋梁など、20世紀終盤を飾るビッグプロジェクト

神奈川県川崎市と千葉県木更津市を結ぶ東京湾アクアラインは、8年の工期と1.4兆円の総工費をかけた20世紀後半の日本を代表する一大プロジェクトであった。東京湾中央部を横断する全長15.1kmのうち、川崎側約9.5kmは東京湾アクアトンネルと呼ばれる海底道路トンネルとなっており、中央部に換気や緊急時の避難を目的とした風の塔（川崎人工島）が設けられている。木更津側は現在でも日本一の橋長4,384mを誇るアクアブリッジと呼ばれる橋梁が建設され、トンネルと橋梁の接続部分にも木更津人工島が造成され「海ほたるパーキングエリア」として利用されている。

建設時のレポートは「明日を築く59号」に詳しく記載されているが、高水圧で軟弱地盤の海底トンネル掘削には当時最新鋭のシールドマシンが投入され、その発信基地でもあった川崎・木更津両人工島だけでも67,000tの鋼管杭・鋼管矢板が使用され、国内で初めて水中油圧ハンマーが採用された。多数の新技術・新工法が開発・実用化されて完成した東京湾アクアラインは、当時「土木のアポロ計画」と称されたほど歴史的な海洋土木工事だったのである。

### 房総～京浜間の時短効果で物流促進、地域経済活性化

東京湾アクアラインの開通効果は、まず千葉県の上総・南房総地域から京浜地区への走行時間の大幅短縮があげられる。木更津JCT～羽田空港の場合、湾岸線ルートで86km・65分かかっていたものが、東京湾アクアラインでは26km・20分となった。木更津からだけでなく、君津や館山、勝浦など南房総発着の高速バスも多数運行され、都心部への通勤・通学の足として定着している。また、千葉県内から農産物や建設資材などを京浜地区に運ぶ、物流効率も大幅に向上。

明日を築くNo.59(1992年3月)REPORTAGE  
～夢のマリンロードを行く「東京湾横断道路」より  
[鋼管杭・鋼管矢板概要]鋼管径：φ800～2,000mm  
施工深さ：最大81m 鋼材量：124,500t



点検台車を用いたアクアブリッジの点検・補修状況

木更津金田IC周辺には大型ショッピングモールが複数開業し、東京、横浜方面からの集客に成功。2022年（令和4年）夏には外資系食品小売り大手の本社移転も予定されるなどの効果から、木更津市の人口は東京湾アクアライン開通初年度と比較して1万人以上も増加し、今後もその傾向が続くと見込まれている。

### 海上構造物ゆえ腐食との闘いが重要なメンテナンス

東京湾アクアラインの維持メンテナンスは、日々の風雨に加えて海水の影響を受けるため、陸上以上にシビアに管理されている。アクアブリッジの海ほたる側12の鋼製橋脚では、建設当時最高クラスであったふっ素樹脂塗装と干満部へのチタンクラッド鋼板被覆で防食対策を施していたが、供用から20年が経過し錆の発生なども認められてきたため、2007年（平成19年）から毎年1脚のペースでタッチアップを行い、現在二巡目に入っている。上部構造については、橋桁に敷設された専用レールを走行する点検台車を用いて桁下や側面部の補修が実施されている。

風の塔など人工島海中部の構造である鋼製ジャケット式護岸ではアルミ合金を鋼材に溶接し、犠牲陽極として鋼材の腐食を防ぐ電気防食を施しているが、建設時は15年耐用だったものを2008年（平成20年）から45年耐用のものに順次交換をすすめているという。トンネル内では照明のLED化や、自動車の環境性能向上により不要となってきた電気集塵機に伴い天井板を撤去するなど走行安全性をアップする改修も取り組まれている。

通勤・通学やレジャー・観光の促進だけでなく、房総地区への定住促進まで現れてきたことなど、東京湾アクアラインの成果が20年を超えて、より鮮明になってきた。

## 古宇利大橋

1997～2005年 建設

新しい杭設計を採用し、周辺環境との  
調和に配慮しながら建設された離島架橋



マリンプルーを渡る古宇利大橋

### 無料の一般道路橋としては開通時に国内最長 恵まれた自然環境で観光資源としても注目

古宇利大橋は、本島と陸上交通路をもたない隔絶性から、医療や福祉、教育、産業などの生活面で、さまざまな格差が生じる「離島苦」解消のため、1960年代（昭和35年頃）後半から取り組まれてきた沖縄県の離島架橋のひとつである。

1993年（平成5年）から事業化された本橋（橋長1,960m）は、2005年（平成17年）2月の供用開始時点では通行料金のいらぬ一般道路橋としては国内最長であった。長大な橋の両側にマリンプルーが広がる絶好のロケーションから、テレビや映画のロケにもたびたび使用され、観光スポットとしても県内外の注目を集めた。

無料の一般道路としての最長記録は、翌年に開通した新北九州空港連絡橋（2,100m）に更新され、沖縄の離島架橋として2015年（平成27年）に伊良部大橋（3,540m）が開通したことから、現在では沖縄県内で2番目に長い橋となっている。

### 周面摩擦力による支持力で 不適とされていた地層に新設計をもたらす

基礎工の分野で古宇利大橋が注目されたのは、琉球石灰岩層と呼ばれる地層で、杭の周面摩擦力に期待して支持力を求めた設計思想にある。古宇利大橋より過去の橋梁基礎が支持層としてきた島尻層は、本橋架橋地点では大深度で、杭長が100m近くになる橋脚もあった。コスト削減の観点から支持層が再検討され、各種載荷試験の結果から琉球石灰岩層では大きな周面摩擦力が得られることが判明した。その結果、杭の先端支持力は小さく見積もり、周面摩擦力で支持力を確保する設計としたことで、従来工法より

明日を築くNo.67(2000年3月)未来FRONT～  
鋼管杭、海を渡る(古宇利大橋と琉球石灰岩層)より  
[鋼管杭・鋼管矢板概要]鋼管径：φ1,000mm  
施工深さ：最大80m 鋼材量：約12,000t



橋詰めに整備された古宇利ビーチ

大幅に杭長を短くできたばかりか、それまで不適とされてきた石灰砂礫層で鋼管杭基礎の新たな設計を実現した事例となった。

### 架橋による生活環境の向上と 産業・商業に与える経済効果も

古宇利大橋の開通以降、古宇利島と沖縄本島間は自動車による移動が常時可能となったことで、古宇利島からの通勤や通学の利便性のほか、通院や救急搬送などの医療体制が改善することで、生活環境が大きく改善された。

また、橋詰めにビーチを新設したり農水産物直売広場を整備するなどしたことから、観光目的の来島者が急増し、飲食店や物産販売などの商業活性化につながっている。来島者増には古宇利島の歴史遺産や行事への関心の高まりもあげられ、島外交流も盛んとなった。産業面でも農水産物出荷の際に、それまでのフェリー輸送と比較して時間短縮やコスト削減の効果が認められている。

### 海上環境に配慮した適切な管理方法で 海を渡る架け橋を維持する

開通から15年以上が経過した古宇利大橋では、これまでに大きな改修を行うような経年劣化等は発生していないという。橋梁の機能向上を図るようになりニューアル工事も計画されていないが、所定の定期点検を実施しながら適切な維持管理が続けられている。

基礎工に使用している鋼管杭の維持管理では、防食対策として電気防食（アルミニウム合金陽極）が設置されているため、上部工の路面部で電位測定装置による流電確認が定期点検に併せて実施されている。

# 東京国際空港D滑走路

2007～2010年 建設

厳格な維持管理により画期的な構造である空港人工島の100年耐用を目指す



東京国際空港D滑走路の全景（写真下側）

## 構造、設計思想、施工管理など技術の粋を集めた国内最大級のプロジェクト

東京国際空港の発着容量増強のため、「最後の沖合展開による新滑走路建設」ともいわれたD滑走路建設工事。多摩川河口部の通水性を確保するための鋼管杭を用いたジャケット式栈橋構造と埋立部を接続した日本初となるハイブリッド構造の空港人工島を、昼夜連続の急速施工により、着工からわずか41ヵ月という短工期で供用開始するなど、その規模、設計および技術力などから日本の建設史で最大級のメモリアルとなるプロジェクトである。

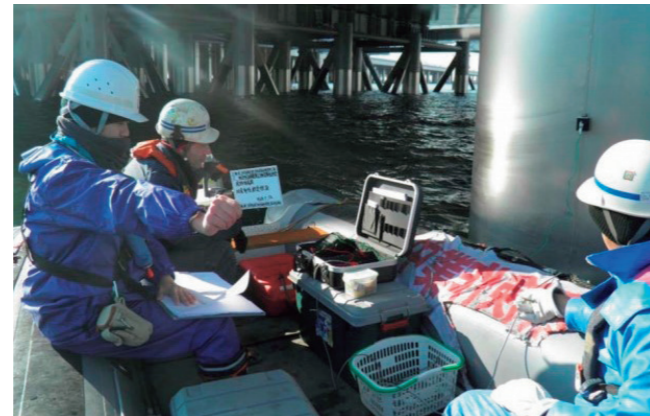
D滑走路は2010年（平成22年）10月の供用から大きな効果をあげ、国内線発着数は供用以前の約30万回から45万回（2013年度）と大幅に増強。さらに、これとは別に羽田再国際化による国際線の発着が約9万回加わり、旅客、航空貨物双方の需要に応え、大きな経済効果をあげている。

## 100年供用を確実にするため 厳しい管理基準で耐腐食環境に万全を期す

厳しい海洋環境に巨大な鋼構造物を建設したD滑走路は、設計時から100年間の供用期間に伴う性能維持が求められ、100年間の維持管理マニュアルを含めた設計施工一括方式で発注された。

栈橋部の上部鋼桁は、全体が耐腐食性に優れたチタンカープレートによって覆われ、床面積で約50万㎡ある桁内部は、各7.9m×3.7mの約2万区画に分けられている。その内部を巡回して変状等の有無を点検するほか、結露による桁内塗装の劣化を防ぐため、除湿機と循環ファン、送気ダクトか

明日を築くNo.77(2009年4月)未来FRONT  
～日本初の複合構造 海上空港を支える鋼管杭・鋼管矢板基礎  
(東京国際空港再拡張事業D滑走路建設外工事)より  
[鋼管杭概要]鋼管径:φ1,320.8～1,600mm  
施工深さ:最大90m 鋼材量:約90,000t



海上からの水中部巡回点検状況

らなる57基の除湿システムを利用して、桁内部の相対湿度をコントロールしている。

こうした鋼桁内の湿度管理は一般的には60%を基準にするが、D滑走路では50%以下とし、また桁内塗装と併用するのもここだけの厳しい維持管理の要求に応えたものだという。

## 技術革新を伴う維持管理方法で 海中部の鋼管杭の防食対策も継続される

ジャケット式栈橋部の下部橋脚部については、鋼桁カバープレートから海面付近までのジャケットレグは干満・飛沫帯の補修が困難な環境にあるため、鋼材表面を耐腐食性に優れた耐海水性ステンレスライニングで防食施工されている。ジャケットと一体化され海中に打設された鋼管杭は、アルミニウム合金陽極を用いた流電陽極方式の電気防食が施されている。

この部分では電気変位量による防食チェックのほか、5年に一度、ダイバーを投入して多摩川からの障害物が防食システムに影響を及ぼしていないかなどの確認を目視で実施している。ただし、ダイバーによる点検は事故リスクや潜水病などの健康リスクも否定できないため、現在、水中ソナーによるデータを映像化する新しい形式の水中ドローンを用いて、視界が悪く潮流の変化や橋脚等が複雑に設置され危険な海域の点検作業を、機械化できないかと試験を繰り返している。

建設後も、さまざまな技術革新を伴いながら100年間の維持管理を万全にすることで、巨大な航空需要を支える現場がある。

# 仁ノ海岸堤防

2012～2013年 建設

海岸堤防の地震・津波対策で 鋼矢板による対策工が初の大規模採用



桂浜上空から西側の高知海岸

## 鋼矢板二重式工法の門形構造で 液状化対策とともに水平変位を最小限に

2011年（平成23年）に発生した東日本大震災以降、全国の河川・海岸堤防で耐震や津波への対策が見直されて取り組まれてきたが、高知海岸においても今後30年以内に70～80%の確率で発生するとされている東南海・南海地震に備えた既存堤防の液状化対策に採用されたのが、鋼矢板二重式工法による堤防改良工事であった。

「明日を築く82号」に掲載した仁ノ海岸は、それまでたびたび越波の事例がある堤防であった。耐震・津波対策のためには堤防の断面を大きくする必要があるが、堤防背後には直近まで主要県道や住宅地が隣接し、前面は浸食海岸であることから、堤防を引くことも前出しすることも不可能であった。さらに、ウミガメの産卵地であるため、砂浜を広く埋立てるような工事ができないという、様々な制約から既存堤防を利用しながら対策を実施するよう迫られた。

既存堤防の高さはT.P.+10.26mであり、東南海・南海地震による広域沈下想定が最大2m、高知県で設計段階で設定した津波高は8mであったため、堤防高さは十分にあるものの、越波・越流や津波の作用力による破堤の危険性があった。そこで、既存堤防の高さは変えずに、海側全面と背面に広幅鋼矢板を二列に圧入し、鋼矢板上部をタイ材で緊結する鋼矢板二重式工法が採用された。鋼矢板の門型断面構造による地盤の締切り効果で堤体崩壊を抑止し、液状化による堤防沈下を抑制することで、越波・越流による破堤を防ぐとともに、高剛性の鋼矢板により津波の作用力にも耐えることができる。

限られた施工スペースで既存堤防を活用しながら、堤体内部への鋼材（鋼矢板）の打設により、海岸堤防における

明日を築くNo.82(2014年3月)未来FRONT  
～地震による液状化と津波に備える 海岸堤防で本格化する鋼矢板二重式工法(仁ノ海岸堤防改良工事)より  
[鋼矢板概要]広幅鋼矢板IVw型  
施工深さ:最大16.5m 鋼材量:4,000t



改良工事が完了した仁ノ海岸の堤防

地震・津波対策の嚆矢となった事例である。

## 既存施設を活用でき 将来の性能アップにも対応できる柔軟な工法

延長約710mの仁ノ海岸第一期工区の堤防改良工事が2013年（平成25年）3月に完成した後、仁淀川右岸河口部に隣接した新居海岸約700mでも2013年（平成25年）11月から2015年（平成27年）3月までの期間で同様の工法で耐震対策が施された。



改良工事が完了した新居海岸の海岸堤防

いずれの堤防改良工事でも、既存堤防高を変えない設計で施工されたが、今後、設計津波水位と計画堤防高が変更される可能性がある。そうした場合でも、既存堤防を活用した鋼矢板二重式工法による対策工は、将来の堤防高上げなどへの対応も可能にしている構造のため、全国の海岸堤防の耐震・液状化、津波対策に有効な工法として普及していくはずである。