

HORIZON

# 明日を築く

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」～

未来 FRONT

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）

TECHNICAL NOTES

縞鋼管高耐力継手を用いた鋼管矢板基礎

74



鋼管杭協会

ホームページ <http://www.jaspp.com/>

仮設栈台を設置し、鋼管矢板基礎工事中の  
東京港臨海大橋（仮称）[2005年10月撮影]



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模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。

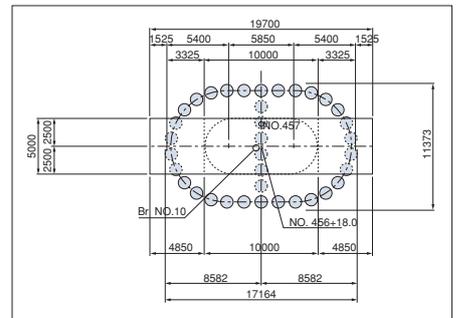
その後、2005年1月にはりんくうICからセントレア東ICまで全長2.1kmの「中部国際空港連絡道路」として正式開通。また、2月の開港を前に開通した鉄道連絡橋(名古屋鉄道空港線)でも総量1万5000トンの鋼管矢板基礎が使用されており、名古屋方面から空港への主要アクセスを支えている。

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。

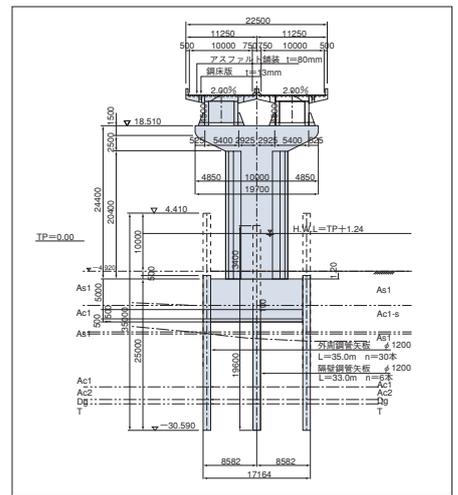
また、ユニバーサルデザインの思想に基づいたターミナルビルは、空港の出入口からチェックインカウンター、出発・到着のロビーまでの間の段差をなくし、なだらかなスロープや動く歩道で接続されており、チェックインカウンターから搭乗ゲートまでの歩行距離も極めて短い。さらに、国内線・国際線がそれぞれ同じ階にあるために、国内便と国際便の乗り継ぎが非常にスムーズに行えるようになっている。名古屋空港時代からの定期航空路線を引き継いでいることから、日本の各地から海外へ、海外から国内各地へ、といった航空機での完全移動に非常に適した空港となっているのが特徴である。

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。

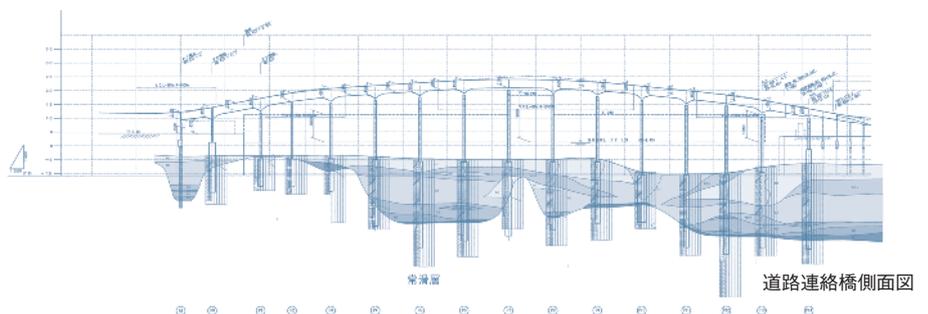
予想以上の成功に酔いしれた万博はすでに終了したが、その後には中部圏を窓にした国際交流が残ったはずである。その流れの大いなる翼として中部国際空港が果たす役割は、今後も非常に大きなものと期待されている。



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）



## 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57km<sup>2</sup>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、若洲側仮設栈台等・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。

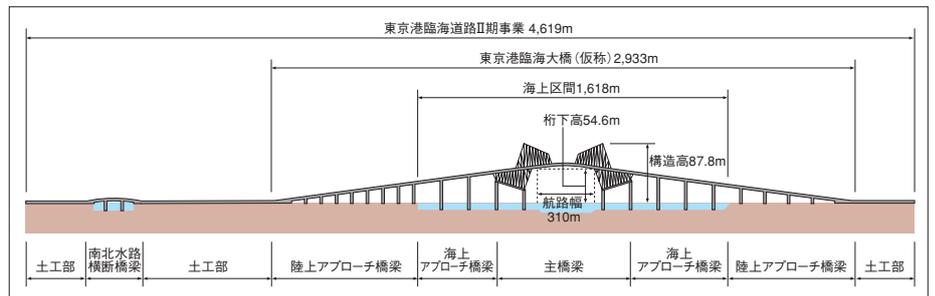
この橋梁建設の現場となる東京湾の地盤は、N値ゼロの軟弱層が海底面から30mほども堆積し、支持層は海面下50m～70mにもなるとい、わが国でも有数の大深度施工が必



36.7m×17.5mと大型の鋼管矢板基礎

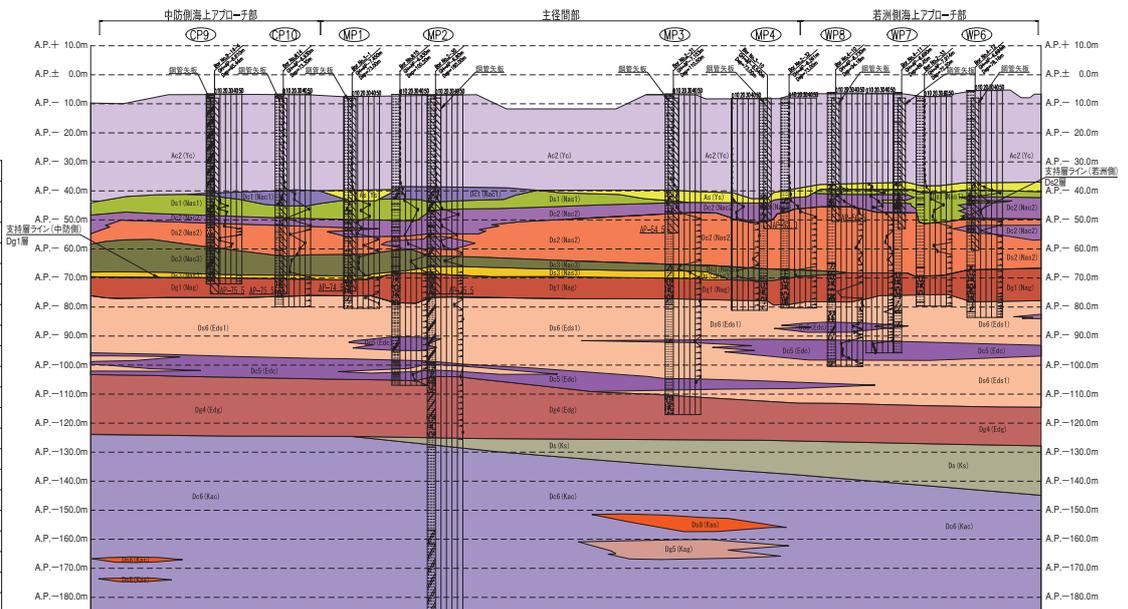
要とされる場所である。また、航路をまたいで建設されることから幅310m以上の主径間が必要で、主橋脚部に作用する上部工反力は約170,000kN/脚。そのため、鋼管矢板基礎も大規模となりφ1,500mmの大径鋼管矢板が採用されている。

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

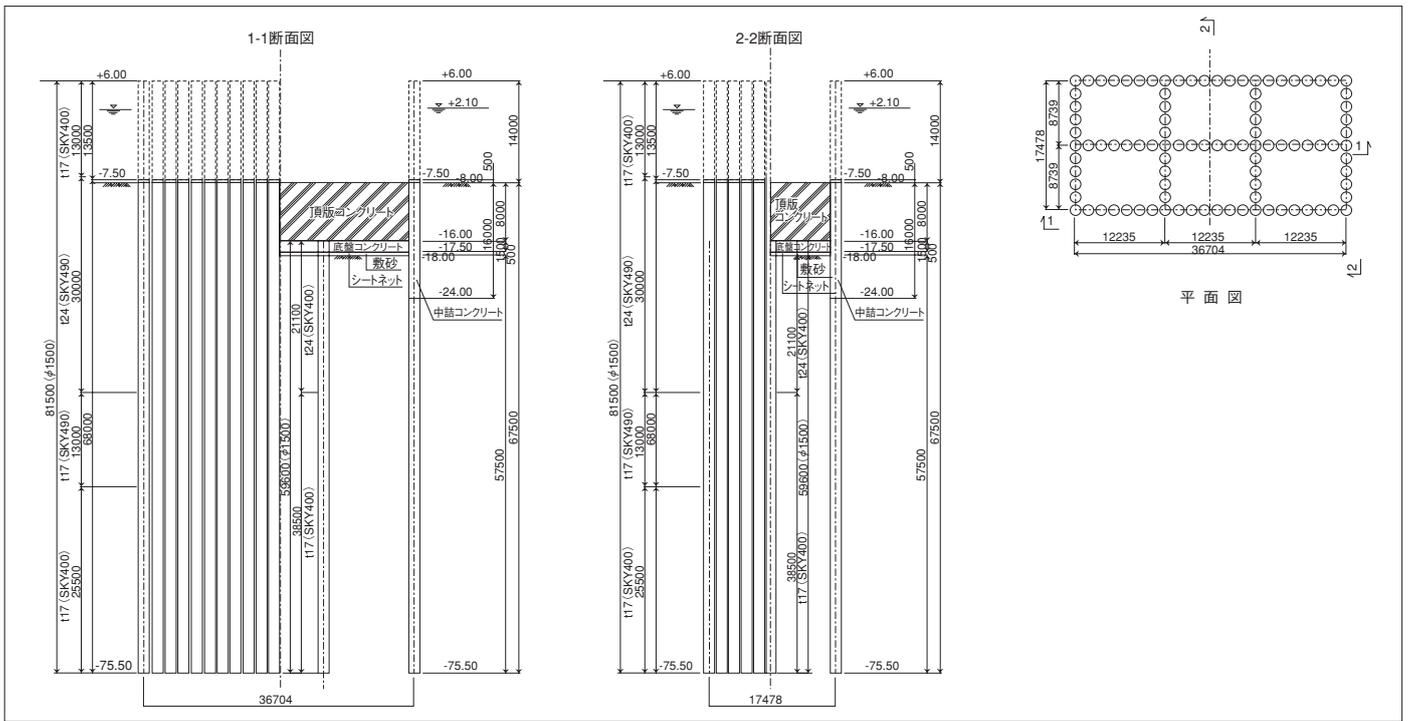


II期事業の概要(橋脚断面図)

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
第3粘土層	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)	砂礫
第4粘土層	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
埋立陸区堆積層	Dg3 (Btg)	砂質礫・砂礫
第6砂層	Ds6 (Eds1)	微細砂・細砂・礫混じり細砂
第5粘土層	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	Dc7 (Ks)	細砂
第6粘土層	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。

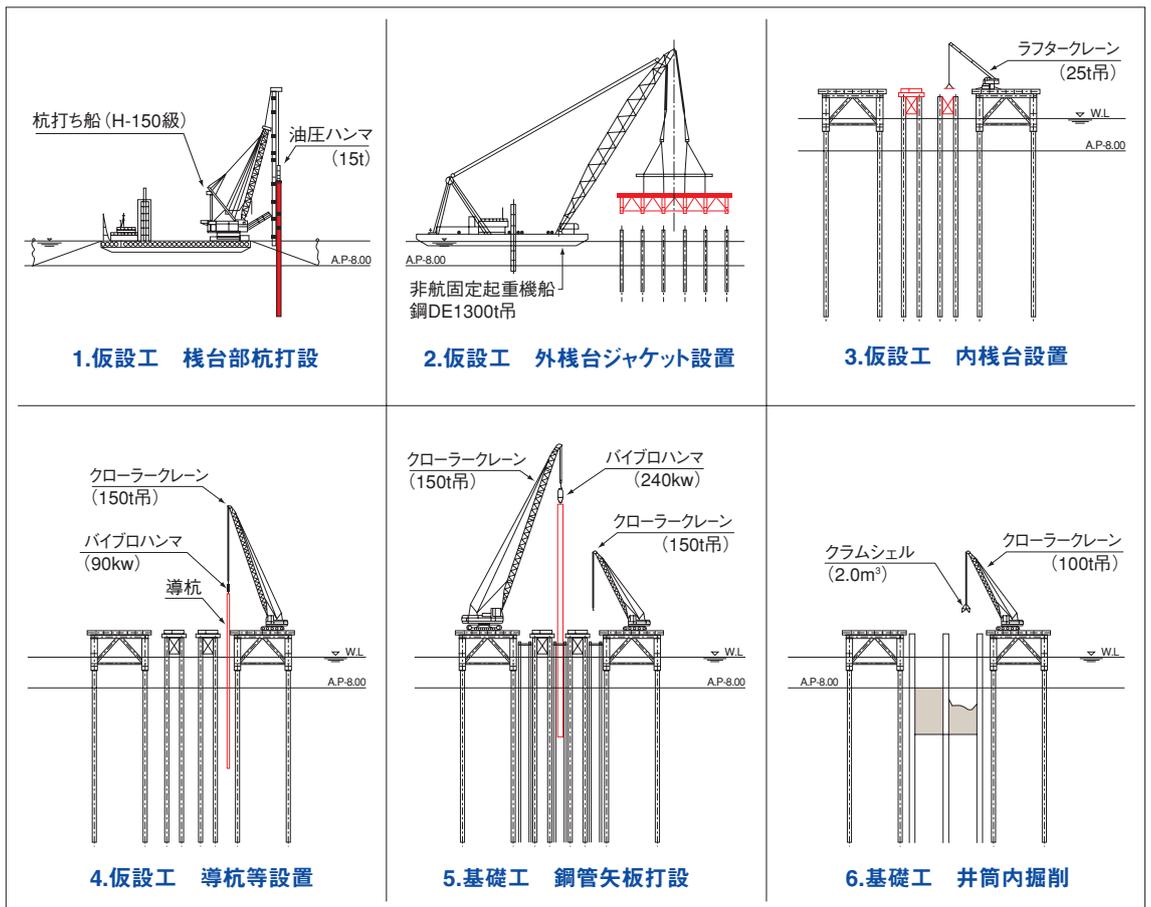
さらに、この鋼管矢板基礎のコスト削減にもっとも大きく貢献したのとして縞鋼管継手の採用があげられる。この、表面に突起のある縞鋼板を継手管とした場合、ズレ抵抗が高まることで継手管のせん断特性値が向上する。さらに、継手内に高強度モルタルを充填することで、せん断耐力は従来継手の5倍にもなり、水平変位量の低減が見込めることから、橋脚基礎の平面形状を小さくすることが可能になり、使用鋼管矢板の35%減、さらに仮設栈台の小規模化と大きな成果を上げている。この縞鋼管継手の効果を、中央防波堤側・MP2橋脚を例にとると、従来継手使用の場合の杭本数は

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出され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枠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。

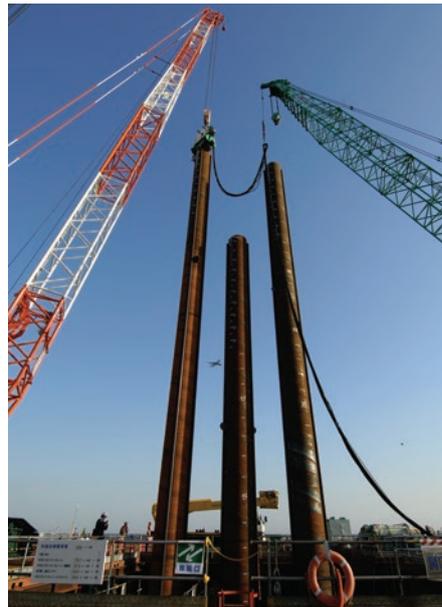
このように、新しい設計思想による橋梁基礎にも編鋼管による高耐力継手という新技術を採用し、鋼管矢板基礎の高剛性と安定性、さらには急速施工性など従来からの優位性を活かしながら、時代の命題であるコスト縮減にも貢献する鋼管矢板基礎工法の可能性を示した好事例といえるのではないだろうか。



編鋼管継手嵌合状況



編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



導枠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。

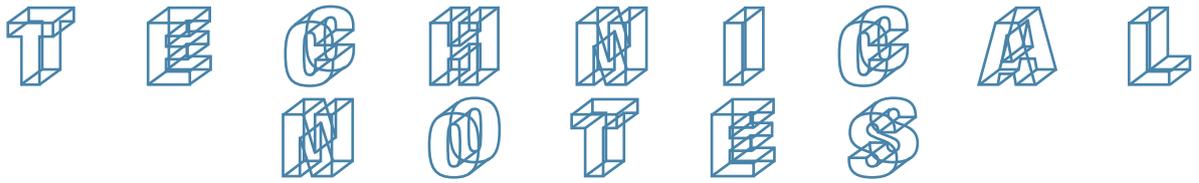
それぞれの工法技術を委員会でも審議した結果、鋼管矢板基礎が採用された決め手となったのは、施工性、経済性に優れ、環境への影響も最小限であり、構造的な信頼性も高かったということです。

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。



# 縞鋼管高耐力継手を用いた鋼管矢板基礎

鋼管杭協会 道路・橋梁委員会

## 1. はじめに

鋼管矢板基礎とは、図-1に示すようにP-P継手を有する鋼管矢板を、円形・矩形・小判形等の任意の閉鎖形状に打設し、継手部にモルタルを充填するとともに、頂版（フーチング）を築造して鋼管矢板頭部を剛結し、大きな水平抵抗、鉛直支持力が得られるようにした基礎構造物である。

その主な特長としては、

- ①大水深、軟弱地盤地域での施工が可能
- ②仮締切りを兼用することにより、工期・工費の低減が可能
- ③剛性・支持力が大きく、占有面積を小さくすることが可能
- ④条件に応じた最適形状が選定できるので、合理的かつ経済的な設計が可能
- ⑤支持層が深い場合でも安全確実な施工が可能

などが挙げられる。

この鋼管矢板基礎は、昭和39年から開発され、昭和44年に石狩河口橋に橋梁基礎として始めて採用されてから現在まで2000基を超える実績がある（図-3）。なかでも、河川を渡る橋梁の橋脚基礎や臨港道路の海上部橋脚基礎などに多く採用されている。また、剛性・支持力が大きく占有面積を小さくすることができるという特長を生かして、構造物が密集する都市部における高架橋基礎での採用も増えている。

近年、臨海部等で海上橋梁を計画する場合、超軟弱地盤上に荷重規模の大きな長大橋が採用される場合が多く、その橋脚基礎は、水平変位（鋼管矢板基礎の許容変位は5cm）により平面形状が大きくなり、それに伴い海上施工による仮設栈台も大規模となり、コストアップにつながる結果となる場合がある。

現在工事中である東京港臨海大橋（仮称）の海上部橋梁基礎は、このような問題の対策として、鋼管矢板基礎の水平変位を低減し基礎平面寸法を縮減することが可能となる、縞鋼管高耐力継手を用いた鋼管矢板基礎が採用された（図-2）。ここでは、東京港臨海大橋（仮称）で採用された縞鋼管高耐力継手に

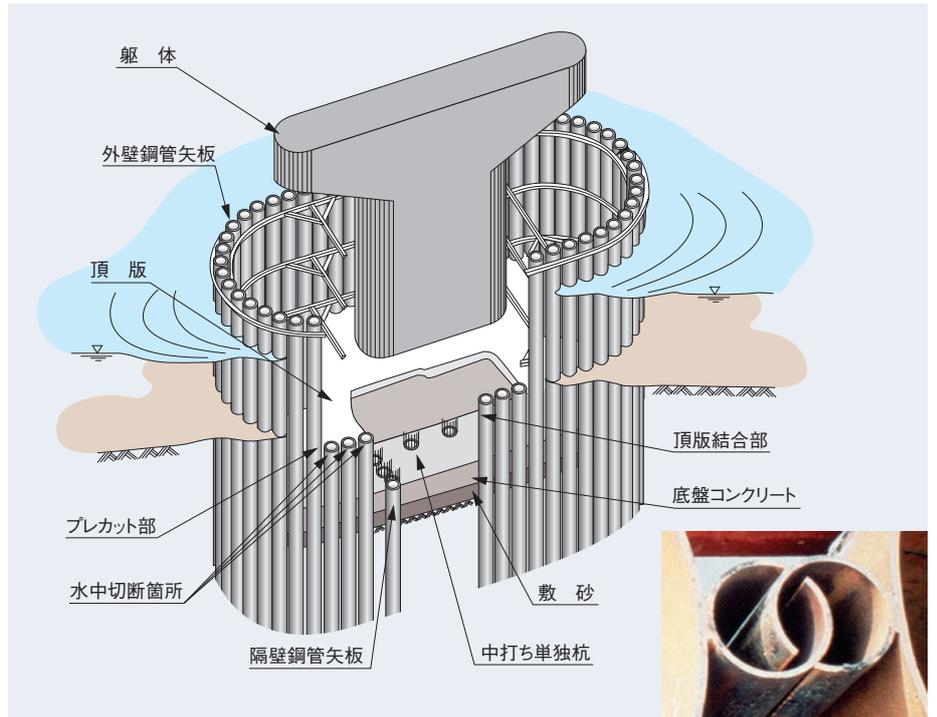


図-1 仮締切り兼用方式の鋼管矢板基礎模式図



図-2 縞鋼管高耐力継手

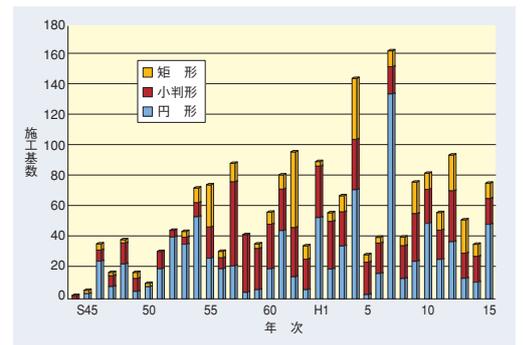


図-3 鋼管矢板基礎の施工実績

関する実験、設計で用いた縞鋼管高耐力継手のせん断特性値の設定、および、各メーカーで製作した縞継手のせん断特性値の確認実験や縞鋼管高耐力継手を用いた鋼管矢板基礎の展望について述べる。

なお、ここで述べる縞鋼管高耐力継手のせん断特性値の設定およびそれらに関する実験については、東京港臨海道路構造検討調査・耐震基礎工分科会で審議されたものである。

## 2. 鋼管矢板基礎の継手管

通常の鋼管矢板基礎の継手管（P-P継手）は、 $\phi 165.2\text{mm}$ の鋼管同士を連結嵌合し、その間隙に20 MPaのモルタルを充填した構造である（図-1）。鋼管矢板基礎の設計において、継手部はせん断バネとしてモデル化しており、この継手のせん断剛性およびせん断耐力は、図-4に示す建設省土木研究所

(現：(独)土木研究所)の試験結果にもとづきせん断バネとして設定されている。この継手のせん断特性値は、これまでの研究から①継手管径を大きくする、②継手管に縞鋼板やリブ付き鋼板を採用する、③継手管内に充填するモルタル強度を高くする、ことなどにより向上することが知られているが、その効果が鋼管矢板基礎に及ぼす影響は明確になっていないのが現状である。

そこで、軟弱地盤上の大規模橋梁を想定し、継手のせん断剛性およびせん断耐力をパラメータとして鋼管矢板基礎を試算した。鋼管矢板本数と継手のせん断耐力の関係を図-5に示す。継手のせん断耐力を向上させれば基礎平面形状を十分に小さくできることがわかった。

### 3. 縞鋼管高耐力継手のせん断試験

継手のせん断特性を把握するために、継手の押抜きせん断試験を実施した。

継手のせん断試験は、通常の継手のせん断特性を決定したのと同様の(独)土木研究所の方法で実施した。継手管には、既往の研究から最も継手のせん断耐力の向上が期待できる

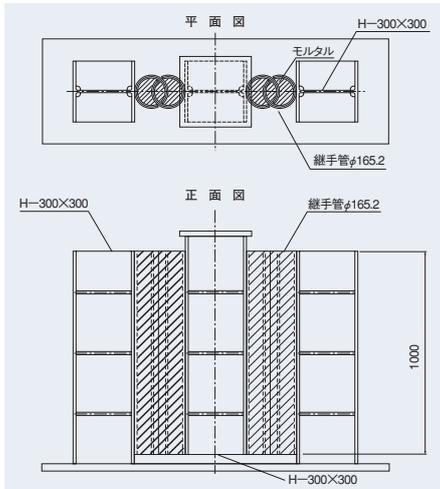


図-7 試験体

表-1 試験体種類

試験体	継手管径 D (mm)	板厚 t (mm)	モルタル強度 $\sigma_{ck}$ (MPa)	継手管
a	165.2	11	40.2	縞鋼管
b			41.2	
c			43.9	

表-2 モルタル配合

配合区分	W/(C+F) (%)	F/(C+F) (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )						
			水 (W)	セメント (C)	フライアッシュ (F)	細骨材	膨張剤	混和剤 (増粘剤)	混和剤 (流動化剤)
40MPa	39.0	92.9	359	800	120	855	8.1	0.18	5

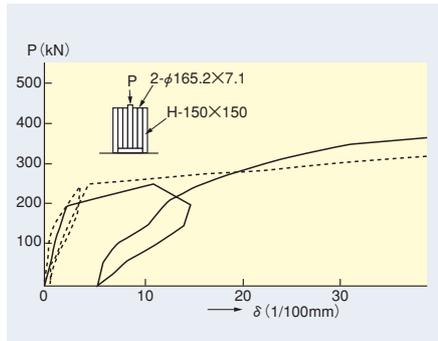


図-4 通常継手のせん断強度に関する実験結果

と考えられた縞鋼板を用いることとした。

#### 3.1 試験方法

試験は、図-6に示す荷重試験装置を用い、試験体中央の支柱に荷重する方法とした。荷重は、繰り返し荷重の影響をみるために継手の相対ずれ量をモニタリングしながら、相対ずれ量が5.0mmに達するまでは1.0mm毎に、相対ずれ量が5.0mmに達した後は5.0mm毎に荷重と除荷を繰り返す片振り漸増荷重試験とし、相対ずれ量が20mmに達するまで実施した。継手のずれ量は、左右の支柱と中央の支柱との相対変位(高さ方向3点平均)を計測した。

#### 3.2 試験体

試験体は、図-7に示すように左右の支柱に継手管を溶接したものと中央部の支柱の両側に継手管を溶接したものを組み合わせ、継手管内にモルタルを充填した。左右の支柱は底版の厚板に固定し、中央部の支柱は、下部に隙間を設け支柱上部に荷重(押し下げる)することが可能な構造とした。なお、試験に用いた継手管長は、(独)土木研究所の方法と同様に1.0mとした。

試験体の継手管はφ165.2mm×t11mmの縞鋼管とし、モルタル強度は通常の2倍である40MPaとした。試験は、継手のせん断特性のバラツキを確認するために同じ仕様で3体実施した。また、試験に用いた縞鋼板の縞高さは、平均すると1.0mmであった。表-1に試験体種類を、図-8に縞鋼板の形状例を、表-2に試験に採用したモルタルの配合を示す。

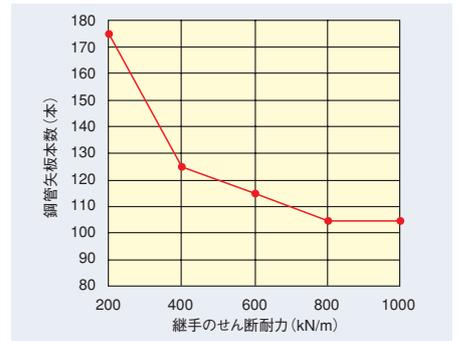


図-5 せん断耐力の試算結果

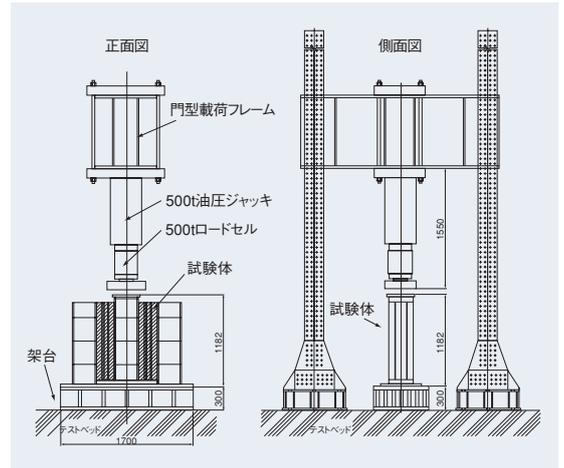


図-6 荷重試験装置

#### 3.3 試験結果

各試験体のせん断力と相対ずれ変位量の関係を図-9～図-11(次ページ)に、最大せん断力の試験結果を表-3に示す。せん断力と相対ずれ変位量の関係は、3試験体とも相対ずれ変位量が5mmを超えたあたりでせん断力のピークを示すが、その後徐々にせん断力が低下する傾向を示した。

縞鋼管高耐力継手の最大せん断耐力は1520～1710kN/mで、試験体3体の平均値は1640kN/mであった。

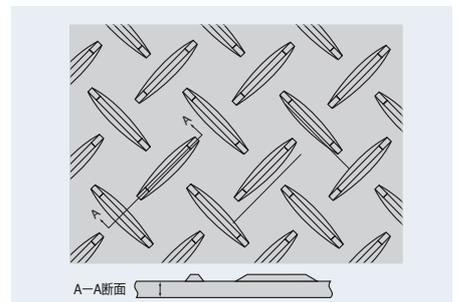


図-8 縞鋼板形状例

表-3 試験結果

試験体	継手管径 D (mm)	板厚 t (mm)	継手管	最大せん断力 S <sub>max</sub> (kN/m)
a	165.2	11	縞鋼管	1520
b				1710
c				1680
				平均値 1640

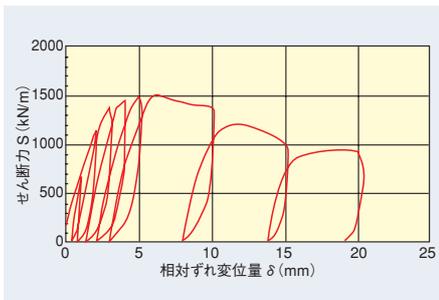


図-9 セン断耐力と相対ずれ変位量の関係(試験体a)

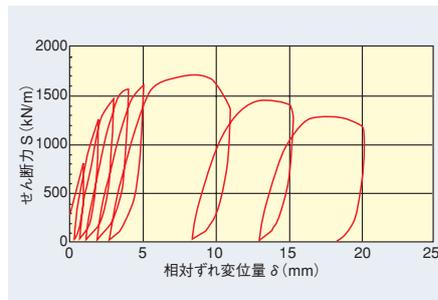


図-10 セン断耐力と相対ずれ変位量の関係(試験体b)

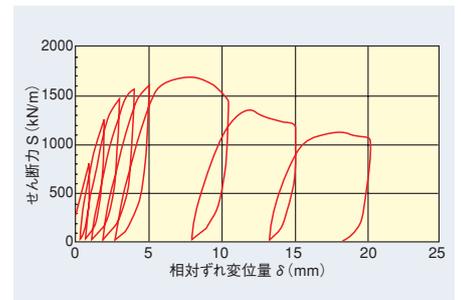


図-11 セン断耐力と相対ずれ変位量の関係(試験体c)

## 4. 設計に用いるせん断特性値

実際の設計に用いる縞鋼管高耐力継手のせん断耐力およびせん断剛性は、試験結果をもとに以下の様に設定した。

### 4.1 縞鋼管高耐力継手のせん断耐力

設計に用いる縞鋼管高耐力継手のせん断耐力の設定においては、縞鋼管高耐力継手は通常の継手に比べ継手のせん断耐力が高く、図-5にも示したように継手のせん断耐力は鋼管矢板基礎の剛性に対して影響を与える度合いが大きいと考えられることや、図-9～図-11に示したように本試験での継手のせん断耐力は最大せん断耐力を示したのち徐々に低下する傾向が認められることを考慮する必要がある。

設計に用いるせん断耐力は、図-12に示すようにせん断力と相対ずれ変位量の関係において降伏点を求め、それに通常の継手と同様の安全率(1.25)を見込んだ値をレベル2地震時のせん断耐力とした。常時およびレベル1地震時のせん断耐力は、通常の継手と同様にレベル2地震時のせん断耐力に常時は2.0、地震時は1.5の安全率を見込んだ値とした。

上記のせん断力特性値を用いた、本橋の継手のずれ変形量の最大値は約8mm程度となっているが、設定したせん断耐力は、継手のずれ変形量が10mm以上となる大変位量域における耐力の低下(図-9～図-11参照)に対しても十分対応できる値に設定でき、設計上、十分安全であると考えられる。

### 4.2 縞鋼管高耐力継手のせん断剛性

設計に用いる縞鋼管高耐力継手のせん断剛性の設定においては、通常の継手のせん断剛性の設定方法と同様の考え方により、表面付着が切れる相対ずれ変位量(約0.1mm)の点と原点とを結ぶ割線剛性をせん断剛性とする方法が考えられる。しかし、縞鋼管高耐力継手は、通常の継手と比べ継手管とモルタルとの付着性能が高いことから、表面付着が切れた後でもせん断耐力は徐々に増加していく傾向を示す。

よって、設計に用いるせん断剛性は、4.1で設定したせん断耐力と包絡線との交点と原点を結ぶ線とした。この方法は設計上の継

表-4 設計で用いるせん断特性値

	せん断耐力 (kN/m)	せん断剛性 (kN/m <sup>2</sup> )
L2地震時	1,150	630,000
L1地震時	767	
常時	575	

手に作用するせん断力と変位の関係を適切に表していると考えられる。

### 4.3 継手のせん断特性値のまとめ

表-4に設計に用いるせん断耐力およびせん断剛性値を、図-13にせん断耐力と相対ずれ変位量の関係を包絡線でまとめたものおよび設計で用いる継手のせん断抵抗モデルを示す。

表-4に示すように、設計に用いる縞鋼管高耐力継手のせん断耐力は、従来の継手と比較すると約5倍となった。継手のバネモデルについては、図-13に示すようにレベル2地震時は非線形バネ(バイリニア型)とし、常時およびレベル1地震時には、レベル2地震時と同じせん断剛性をもった線形バネとし、それぞれのせん断耐力に上限値を設けた。

なお、継手管内に充填するモルタルは、鋼管矢板基礎の特徴により水中で打設される場合が多い。その場合は、水中打設したモルタルの強度が40MPa以上となるように、施工上のモルタル配合強度を決定する必要がある。

## 5. セン断特性の確認試験

これまで述べたように、設計に用いる縞鋼管高耐力継手のせん断特性値(せん断剛性およびせん断耐力)は、平均縞高さ1.0mmの縞鋼管高耐力継手を用いた実験結果から決定した。しかし、各鋼管メーカーが自社の工場で大規模生産する縞鋼管は、各社の縞模様や縞高さが異なることから、設計に用いるせん断特性値を満足するかどうかを確認することを目的として①製造メーカー毎のせん断特性の確認試験(押抜きせん断試験)、②縞模様と縞高さの違いによるせん断耐力(付着性能で評価)の確認試験を実施した。ここでは、縞模様と縞高さの違いによるせん断耐力の

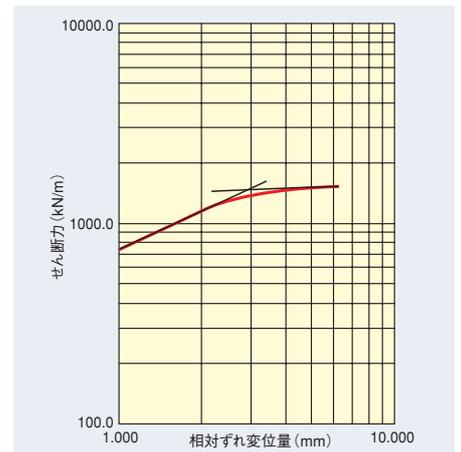


図-12 降伏せん断耐力の判定例

確認試験について述べる。

### 5.1 試験概要

試験は、各メーカーで製作した縞鋼管高耐力継手の縞模様や縞高さの違いの中で、継手のせん断耐力への影響が大きいと思われる縞高さについて、その高さがどの程度になれば、これまでの試験と同等以上のせん断耐力が期待できるかを、付着強度比(先の実験で用いた縞高さ1mmを基準)から明らかにすることを目的として、縞高さの違いによる引抜型付着試験を実施した。なお、縞高さについては、機械加工にて調整し、0.4mm～1.5mm程度に設定した。図-14に試験体概要を示す。

### 5.2 試験結果

図-15に試験結果を示す。なお、図-15は縞高さ1mmの付着強度を基準として付着強度比として基準化したものである。

この図が示すように、既往の試験で採用した縞高さ1mmを基準とした付着強度は、縞高さ0.8mm以下になると低下する傾向にあり、メーカーで製造する縞高さはこの高さ以上にすることがわかった。

また、縞高さが1mm以上になっても付着強度比はほとんど横這いの値を示しており、1mm程度縞高さを確保すれば既往の試験のせん断耐力は確保できるものと考えられる。

よって、各メーカーで製作する縞鋼管高耐力継手は、製作時に縞高さの管理を行うこととした。

表-5 比較結果(橋脚)

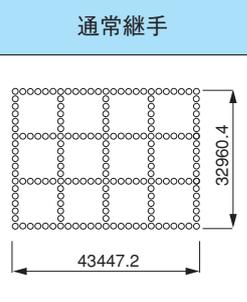
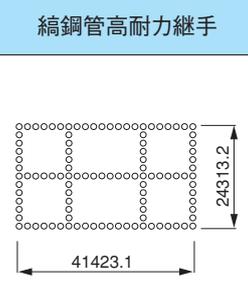
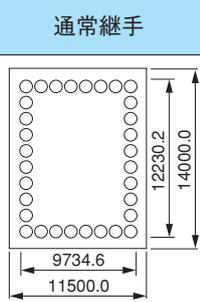
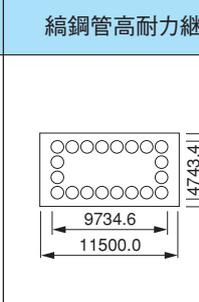
継手管	通常継手	縞鋼管高耐力継手
平面形状 (mm)		
本数	175本	106本

表-6 比較結果(橋台)

継手管	通常継手	縞鋼管高耐力継手
平面形状 (mm)		
本数	32本	20本

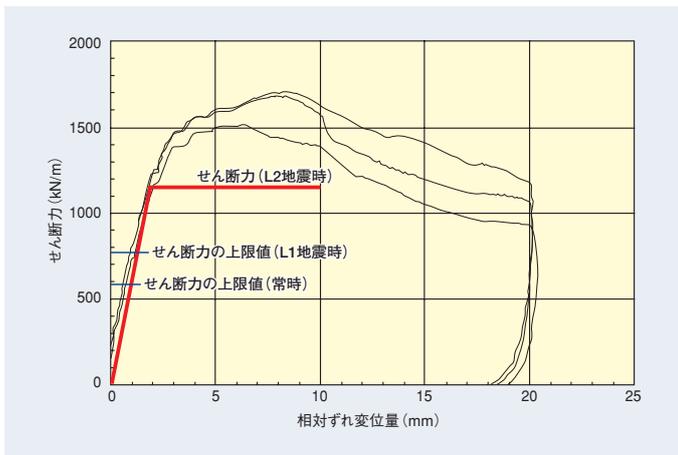


図-13 設計で用いる縞鋼管高耐力継手のせん断特性

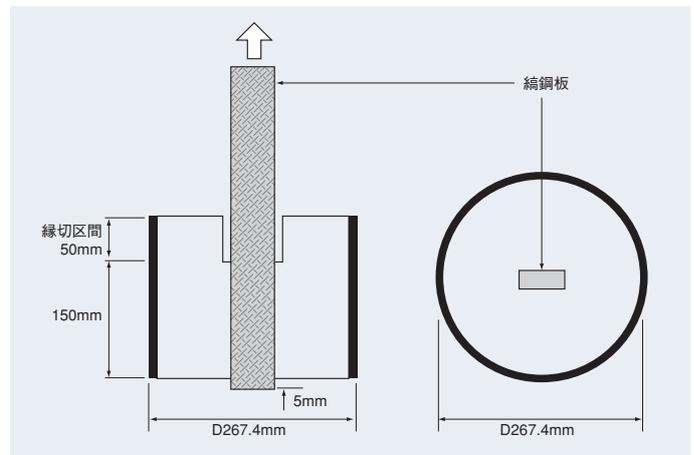


図-14 試験体概要図

## 6. 縞鋼管高耐力継手を用いた鋼管矢板基礎

縞鋼管高耐力継手と通常の継手管を用いた鋼管矢板基礎の試算結果を表-5および表-6に示す。

表-5は東京港臨海大橋(仮称)のような超軟弱地盤上の大規模橋梁を、表-6は軟弱地盤上の壁高の高い橋台を想定したもので、両ケースとも、通常の継手管を用いた場合には、基礎平面寸法が変位により決定するものである。

両ケースとも縞鋼管高耐力継手を用いることにより、鋼管矢板本数を約40%削減する結果となった。

このように、縞鋼管高耐力継手を用いた鋼管矢板基礎は、地盤条件や荷重条件によっては鋼管矢板本数や基礎平面寸法を縮小し大幅にコストを削減することができ、特に、橋脚基礎ではニューマチックケーソン工法、橋台基礎では前面地盤を改良した杭基礎工法と十分競合できるものと考えられる。

## 7. おわりに

縞鋼管高耐力継手を用いた鋼管矢板基礎は、設計条件によっては、基礎の平面寸法を

縮小できることから、河川内や海上部の大規模橋梁以外にも工事占有面積の限られた都市部や近接施工が問題となる場合の橋脚基礎や橋台基礎として採用される期待があり、また、立上り式鋼管矢板基礎として橋脚構造との一体化などの新たな構造形式へ適用することも考えられる。

(参考文献)

- 建設省土木研究所：土木研究所資料第1175号 矢板式基礎の設計法(その1)、昭和52年2月
- 片山ら：「鋼管矢板基礎における高耐力継手の実験的研究」、土木学会第49回年次学術講演会、平成6年9月
- 西海ら：「縞鋼管を用いた鋼管矢板基礎用継手のせん断特性」、土木学会第58回年次学術講演会、2003
- 正岡ら：「鋼管矢板の縞鋼管継手のせん断耐力に関する実験」、土木学会関東支部年次学術講演会、2004
- 正岡ら：「鋼管矢板の縞鋼管継手のせん断耐力に関する実験」、土木学会第59回年次学術講演会、2004
- 鋼管杭協会：鋼管矢板基礎の新しい適用方法 文責：道路・橋梁委員会 渡辺 米利

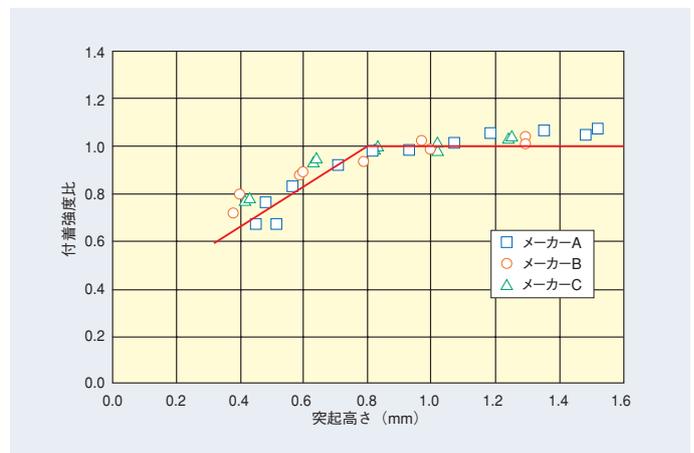


図-15 付着試験結果

## ● 協会からのお知らせ

### 「棧橋の耐震設計法に関する講習会」を開催

鋼管杭協会では平成17年12月14日(水)、鉄鋼会館において「棧橋の耐震設計に関する講習会」(講師・国土技術総合政策研究所港湾施設研究室/長尾 毅室長、(独)港湾空港技術研究所構造強度研究室/横田 弘室長)を(独)港湾空港技術研究所と共催しました。

この講習会は、「港湾の施設の技術上の基準」が平成18年4月に改訂(予定)されることを受けて、棧橋の耐震設計法の改訂概要と、耐震設計用のプログラム紹介を行ったものです。講習内容は、基準の改訂動向、棧橋の耐震設計法・設計事例と、「棧橋の弾塑性解析プログラムN-pier (Ver.2)の使用法について」が紹介されました。

#### 棧橋の弾塑性解析プログラム N-Pier Ver2.0

独立行政法人港湾空港技術研究所と鋼管杭協会及び(株)海洋河川技術研究所で共同開発した杭式棧橋の弾塑性解析プログラム。



#### 【主な特長】

- 1) 斜杭を含む杭配置を計算できる。
- 2) 対話式で簡単にデータを作ることができる。
- 3) 計算結果の図化機能が用意されている。
- 4) 地盤、杭、床版の非線形性を考慮できる。
- 5) 荷重として、床版に作用する荷重の他、杭への分布荷重、地盤強制変位なども扱える。

#### 【販売】

本プログラムは、インターネットを通じて販売しております。  
価格:1ユーザ1台目 294,000円(税込)/ユーザ  
2台目 52,500円(税込)/台  
(株)海洋河川技術研究所ホームページ  
(<http://www.mrt-eng.co.jp/>)より  
体験版、購入方法等の詳しい内容をご覧いただけます。



### 建設コンサルタンツ協会「鋼矢板・鋼管杭に関する技術講習会」へ共催

鋼管杭協会では平成17年10月4日(火)、鉄鋼会館にて開催された建設コンサルタンツ協会関東支部主催の「鋼矢板・鋼管杭に関する技術講習会」に共催、協会技術委員による講習会を行いました。

プログラムは、(1)新世代鋼矢板「ハット形鋼矢板900」について、(2)雨水排水事業に適した「鋼矢板水路工法」について、(3)「鋼管矢板の設計・施工について」、(4)「回転杭の設計・施工について」、以上の講習が行われました。

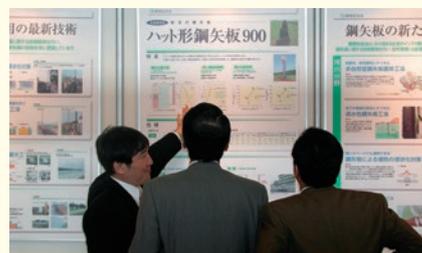


### しまね建設技術展 2005 へ出展

鋼管杭協会では、平成17年11月3日(木)～4日(金)の両日にわたり島根県浜田市・島根県立体育館で開催された、「第7回 土木の日フェア『しまね建設技術展2005』」にパネル展示等の出展を行いました。

しまね建設技術展は、社会基盤整備の必要性や目的や現況、および将来の展望を紹介しながら、こうした事業を支える建設技術に関する展示を行っているものです。

当協会でも、この展示会に恒例的に出展を行っており、今回の出展では「鋼管杭エコマネジメント」「鋼管杭・鋼矢板工法の環境への配慮」など、地球環境への配慮がなされた技術・工法についてのパネルやパンフレット・資料の展示を行いました。今開催では37社の企業が出展し、入場者数は3,400人と盛況のうちに終了。当協会ブースにも多くの見学者があり、新時代に対応する鋼管杭・鋼矢板工法の普及啓発に役立った展示会出展でした。



## 「第10回土木鋼構造研究シンポジウム」に共催

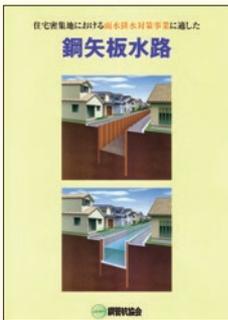
鋼管杭協会では、平成18年3月8日(水) 東京港区のココヨホールで開催された「第10回土木鋼構造研究シンポジウム」(主催:日本鉄鋼連盟)に共催いたしました。このシンポジウムは、鋼構造に関する情報発信、ならびに研究成果の報告と関連テーマの講演がおこなわれるもので、今年が第10回の開催となりました。例年、鋼管杭協会でも共催事業として参加しており、今回開催では「安全安心で暮らしやすい社会の実現に向けた鋼構造の新たな提案」をテーマに、都市再生・整備や災害対策に向けた報告と発表がおこなわれました。

## 協会発行・新パンフレットのご案内



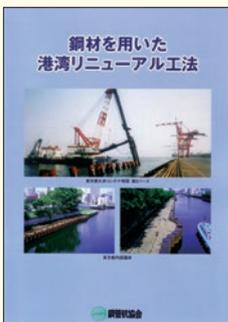
### (1) 処理場・ポンプ場基礎には鋼管杭基礎を!

「下水道施設耐震計算例—処理場・ポンプ場編—(2002年版)」の設計例を参考に、「矩形水槽構造物」や「二重覆蓋のある水槽構造物」での鋼管杭と既製コンクリート杭のコスト試算を示すなど、処理場・ポンプ場向けの鋼管杭基礎の経済性や環境性というメリットを紹介しています。



### (2) 住宅密集地における雨水排水対策事業に適した鋼矢板水路

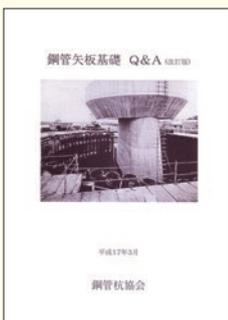
自立式鋼矢板護岸工法の特徴をいかした、水路の新設および拡幅が困難な密集市街地における雨水排水対策事業に向けた、鋼矢板の活用法を紹介したものです。土留鋼矢板を護岸本体に利用することで、大きな水路断面積が確保できる、コスト縮減が可能になるなど、自立式鋼矢板護岸の設計、構造比較などのメリットを紹介しています。



### (3) 鋼材を用いた港湾リニューアル工法

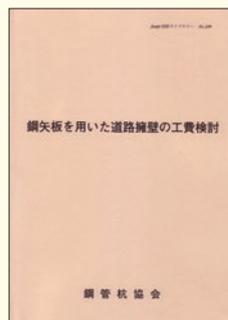
近年、港湾施設において耐震性の向上や船舶の大型化による増深などを理由にしたリニューアル需要が増加しています。こうした、リニューアルの計画実施にあたっては、構造の提案もさることながら工費縮減、短工期化、施工制約の回避なども加味したうえで検討を進める必要があります。本パンフレットでは、これまでの鋼材を用いたリニューアル工法の代表事例を一覧化。港湾リニューアル計画の一助となる資料となっております。

## 協会発行・新技術資料のご案内



### (1) 鋼管矢板基礎 Q&A(改訂版)

本書は、需要家の皆様に対して、鋼管矢板基礎に関する技術コンサルティングを行っているなかで、質問を受ける機会の多い事項について取りまとめたものです。平成12年3月に初版発行されましたが、このたび、平成14年3月の「道路橋示方書、下部構造編」改訂ならびにSI単位化を受け、本書も改訂を行ったものです。鋼管矢板基礎の設計・施工に関わる方々の実務に役立てば幸いです。



### (2) 鋼矢板を用いた道路擁壁の工費検討

(Jaspp技術ライブラリー No.109)

道路擁壁には、各種のコンクリート擁壁が多用されていますが、近年では補強土擁壁や山留め式擁壁などの採用も増えています。本書では、鋼矢板を用いた自立山留め式擁壁の本体工事費を算出するとともに、L型擁壁、重力式擁壁などのコンクリート擁壁も取り上げ、両者の建設工事費の比較検討を行ったものです。

# 鋼管杭協会組織図 (平成18年3月)

