

# 明日を築く

寄稿

## 鋼矢板工の最前線 —経済性と施工性から耐震性まで—

熊本大学

大谷 順

未来FRONT

Part 1

世界が見つめ未来へのレガシーとなる五輪会場に  
工期短縮と景観配慮に貢献した鋼管杭の締切堤

## 「海の森水上競技場」施設整備工事

Part 2

狭隘地での用地問題や近接施工にも対応  
施工性や経済性のみならず  
環境面にも対応した施工を実現

兵庫県／円山川下流部

TECHNICAL NOTES

## 径厚比を考慮した鋼管杭の M- $\phi$ 関係の提案

# 86



一般社団法人  
鋼管杭・鋼矢板技術協会

ホームページ <http://www.jaspp.com/>

建設中の海の森水上競技場  
提供：東京都港湾局（2018年3月5日）



# 鋼矢板工の最前線 —経済性と施工性から耐震性まで—

熊本大学  
大谷 順

## 1 はじめに

鋼矢板工はその施工性の良さもあり、港湾構造物以外としては、土留めや地中壁を代表として、これまで仮設で広く用いられてきた。しかし現在は地盤変状を抑止する目的で用いられる場合や、基礎構造物として用いられる場合など、いわゆる本設としても利用されつつある。その中でも著者がその開発の初期から携わった事例として、軟弱地盤上の河川堤防建設における周辺地盤の沈下抑制を目的とした鋼矢板工法がある。これについては、現在PFS工法と称する経済性および施工性を加味した工法の開発までに至っている。

本稿では、このPFS工法の開発の経緯や、工法の概要を紹介することで、鋼矢板工の有効性を示すと共に、今後の動向について私見を述べたい。

## 2 PFS工法開発の経緯

軟弱地盤上に河川堤防や道路などの盛土を構築する場合が少なくないが、その際問題になるのが、その荷重に伴う周辺地盤の変状である。九州の有明海周辺は、世界的に知られる有明粘土と称する鋭敏な粘土が深く堆積している地域である。特に熊本地域においては、その深さが40mにも達している。このような現状の中、熊本県を流れる白川、緑川および菊池川の河口付近では、住民の安心・安全を目的とした盛土の嵩上げ工事が必要となり、新たに河川堤防を建設する必要がある。その際問題となったのが盛土構築に伴う周辺地盤での地盤変状、特に地盤沈下である。

このような現状の中、昭和50年代後半に旧建設省（現在の国土交通省）九州地方整備局と九州大学工学部土質工学研究室は、この問題を解決すべく「土と水の懇談会」を発足し、河川における学と官のシーズとニーズについて意見交換がなされ、河川堤防を対象とした新たな軟弱地盤対策工法についての議論が始められた。その経緯については以下のとおりである。

- 1) 熊本地域では、地表面に10m以下の砂層が堆積しており、これが盤効果となって側方流動が比較的小規模であることで、従来より軟弱地盤の沈下対策として鋼矢板工法が用いられている。参考までに、佐賀地域の有明粘土地盤は、層厚は熊本に比べると薄く、25m程度であるが、地表面に砂層はなく、よって側方流動が大きいいため、従来よりセメント系固化

処理土工法が用いられている。

- 2) 熊本での軟弱粘土層が40m程度とかなり厚いため、従来通りの応力遮断工法としての鋼矢板工法を用いると、経済性が問題となる。
- 3) 盛土の嵩上げは広域的に実施されるため、経済性を考慮した鋼矢板工法が必要となる。

以上を考慮し、懇談会発足後も新たな鋼矢板工法の開発について継続的に議論が進められ、平成15年には「熊本平野地盤沈下対策工法検討委員会」（委員長：落合英俊 現九州大学名誉教授）が設置された。本委員会はその後も継続され、産官学からのメンバー体制で「矢板研究会」が発足され、その最終成果として提案されたのが、PFS工法である。これについては平成17年3月に、「PFS工法技術資料」<sup>1)</sup>としてまとめている。この開発で考慮した点は、発想の転換と産官学の連携であった。前者は、これまでの工法についてのブレークスルーであり、後者については問題が多岐にわたるため、発注者、材料提供者、地盤調査や設計担当者、および学識経験者が、それぞれの立場を発揮することで、工法の客観性を追求した。

## 3 PFS工法の概要<sup>2,3)</sup>

PFS工法は、Partial Floating Sheet-pileから命名したものである。図-1は、開発の経緯を示している。図-1 (a) は従来の鋼矢板工法である。これは沈下対策としての効果は期待されるが、基盤層まで施工されるため、軟弱地盤層が厚い場合は、経済性が問題となる。これに対し、図-1 (b) は経済性を重視し、鋼矢板を基盤ではなく、粘土層内で止めるいわゆるフローティング型の工法である。この工法では経済性は担保できるが、対策効果については地盤条件によっては期待できない場合がある。これらを踏ま

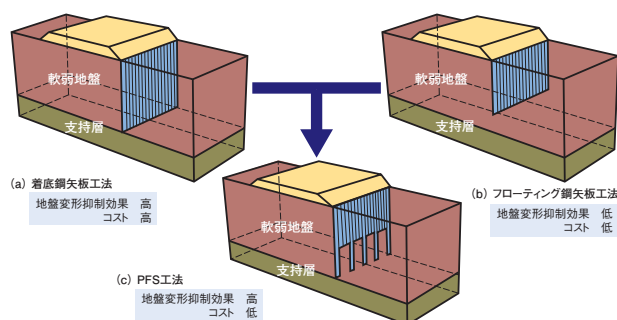


図-1 PFS工法の概要

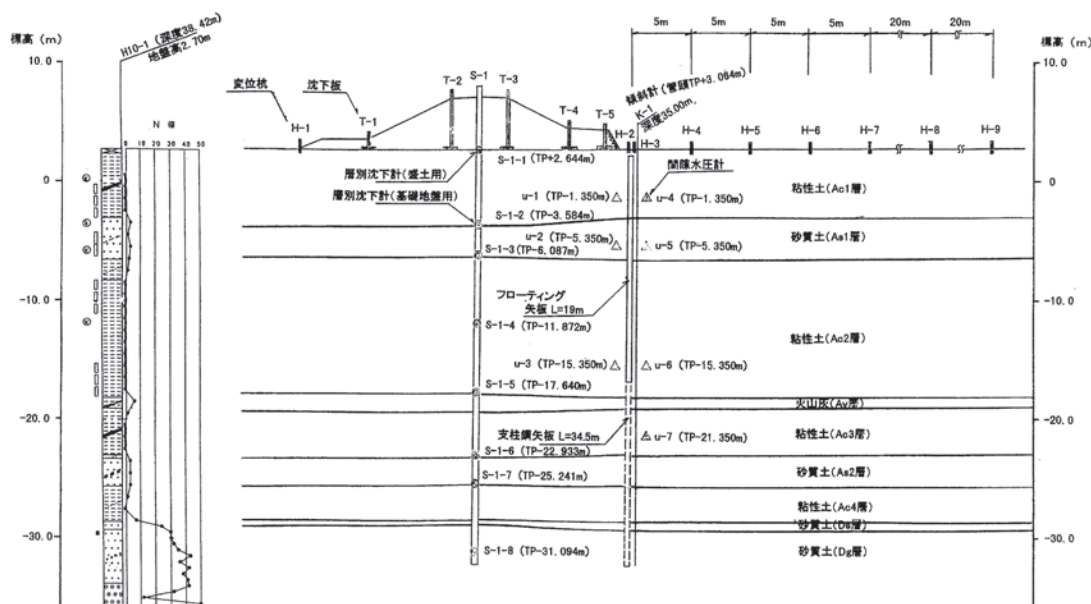


図-2 PFS施工現場の概要 (熊本市美登里地区)

え、新たに提案したのが、図-1(c)で示すPFS工法である。この工法は、基盤まで施工する支柱鋼矢板1枚に対して数枚のフローティング鋼矢板を施工し、経済性と対策効果の両方を期待するものである。PFS工法についてもう1つの効果として挙げられるのが施工性である。軟弱地盤が厚く堆積している場合、鋼矢板の全体量が大きく軽減できることで、鋼矢板を継ぐ作業や施工時間を短縮できる。

この提案について、国土交通省九州地方整備局では、実際の現場施工実験を実施している。図-2は施工の概要であり、図-3は盛土構築後の地表面沈下量を長期的に計測した結果である。ここでは支柱鋼矢板1枚に対して5枚のフローティング鋼矢板の条件で施工されたが、図より明らかなように、盛土載荷に伴う周辺地盤の沈下は大きく減少しており、PFS工法の効果が認められる。

#### 4 最後に

本稿では、軟弱地盤対策工としての新たな鋼矢板工法としてPFS工法を紹介し、その経済性と施工性について言及した。PFS工法自体の問題点としては以下の2点が挙げられる。

(1) 適用条件となる許容側方変位の定量化

(2) 地震時挙動と有効性の確認

(1) については、熊本地区を始め、限られた地盤条件下での適用だけでなく、今後広くPFS工法が用いられるための適用条件として不可欠となる。また(2)については、2011年東北地方太平洋沖地震での釜石市で実施された震災後の鋼矢板の状況調査において、地震時での有効性について報告されている<sup>4)</sup>。今後もPFS工法の耐震性について明らかにすることは我が国のような地震国においては必須事項であると言える。

以上については、現在著者が委員長を務める国際圧入学会での技術委員会、「PFS工法の適用条件の拡大と地

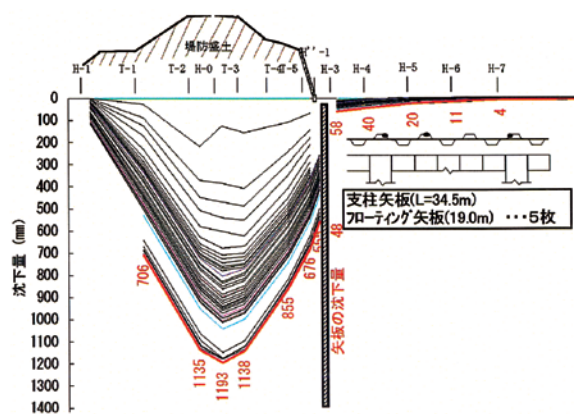


図-3 地盤沈下計測結果 (施工後4年1か月間)

震時挙動評価に関する技術委員会」で議論を継続している。この委員会では、2016年熊本地震でのPFS工法の被災状況の整理や、PFS工法の地震時挙動を確認する数値解析や遠心模型実験の結果に基づく議論を進めている。本委員会は平成29年度より3年間実施する予定であるが、その成果を基に、今後鋼矢板工法が本設の工法として、軟弱地盤対策としての効果のみならず、耐震性も加味することで、適用範囲を広げることをめざしている。

最後に、本原稿を執筆するに当たり、これまでPFS工法の開発に携わった方々、また現在上記委員会で活動されているメンバーの方々に対し、多くの成果を挙げいただいていることについて感謝申し上げる次第である。

#### 【参考文献】

- 1) PFS工法技術資料、PFS工法研究会、平成17年3月。
- 2) 大谷 順、小池 剛：熊本平野における新たな沈下対策工法－支柱付鋼矢板工法－、基礎工、pp.74-76、平成14年3月。
- 3) 落合英俊、大谷 順、龍田昌毅：新形式鋼矢板工法による軟弱地盤沈下対策と性能設計・PFS工法、基礎工、pp.88-91、平成18年6月。
- 4) 東日本大震災1次報告書調査シート、鋼管杭・鋼矢板技術協会、p.104、平成23年10月。



# 未来

# FRONT

Part 1

## 世界が見つめ未来へのレガシーとなる五輪会場に 工期短縮と景観配慮に貢献した鋼管杭の締切堤

### 「海の森水上競技場」施設整備工事

2013年9月、アルゼンチンの首都ブエノスアイレスで招致が決定した感動の瞬間から4年以上が経過し、開催まで早くも2年を残すのみとなった「東京2020オリンピック・パラリンピック競技大会」。メイン会場となる新国立競技場をはじめ、関連施設の整備が東京をはじめ首都圏各地で続いている。そうした施設整備事業のひとつに鋼管杭や鋼管矢板、鋼矢板を活用した「海の森水上競技場」がある。同競技場は構造物の基礎としてだけではなく波浪や潮位による影響が大きい海水面を、ボート・カヌー競技ができるほど静穏にするための締切堤への活用というユニークな適用事例となっているのが特徴だ。

地震や波浪など構造物への外力対策だけでなく確実な遮水壁としても注目されている特殊工法をレポートする。

西側水門部と締切堤の施工状況 (2018年3月5日) ※1



## 2年後に迫った東京五輪 その施設整備にも鋼管杭が

1964年以来、56年ぶりに開催されることになった「東京2020オリンピック・パラリンピック競技大会」。日本では、夏季五輪としては2回目となる大会であり、1998年の長野冬季大会から数えても22年ぶり4回目のスポーツの世界的な祭典が日本で実施される。

東京オリンピック・パラリンピックに伴う経済効果は、大会運営費や競技観戦客による消費支出などの直接効果で1.3兆円と試算されており、首都圏のインフラ整備やインバウンド需要などもあわせると、その規模は30兆円にもなるとされている。それにも増して、世界のトップアスリートが集い、スポーツを通じてベストを競い合う感動と、大会後の市民スポーツの発展や国際的な調和を通じた多様性ある社会の構築などにこそ夢と期待を寄せた。東京オリンピック・パラリンピックを契機に、国際的な文化交流がさらに進展し、成熟社会に向かう日本の将来ビジョンを示す、意義の大きなイベントだからである。

2020年7月24日の開幕まで2年と迫った現在、首都圏各地で東京オリンピック・パラリンピックに向けた準備が急ピッチで進められている。特に、新国立競技場に代表される競技会場等の施設整備は、来年度にはテストイベントを控えていることから各施設とも進捗状況はピークを迎えている。「海の森水上競技場」もそのひとつで、ここでは、鋼管杭や鋼管矢板の特性をきわめて有効に活用しており、現在、整備が進められている。

## 同種競技では国際的にも珍しい 海水面を利用した競技場

「海の森水上競技場」は、ボート競技およびカヌー（スプリント）競技で使用することを目的に計画された。建設地は、東京都が1970年代から埋め立てを行ってきた中央防波堤内側と同外側との間に位置する「東西水路」と呼

ばれる水路部分を有効活用し、競技場の国際規格を十分に満たす、延長3000m×幅200mの同水路が選定された。ボートやカヌーの競技場は、一般的には川や湖など淡水面が利用されるが、同競技場では国際的にも非常にまれな海水面が利用されていることが特徴となっている。

ボート2000m 8レーン、カヌー1000・500・200mの3種目9レーンの競技コースを設置する水路の南北両岸に接する広大な敷地では、恒久施設となるグランドスタンド棟と仮設席により観客を収容できるほか、競技の着順を確認するフィニッシュタワーや艇庫棟などの施設が計画されている。大会後も国際的な競技施設として利用が継続されるほか、「アジアの水上競技の拠点」としても期待されている。

国際的な競技場施設の適性に加え、計画地に隣接する「海の森公園」は埋立後の植樹活動により豊かな緑におおわれており、昼夜でドラマチックに表情を変える湾岸部の都市景観も楽しめることから、多目的な水面利用から都民のレクリエーションや憩いの場としての運用も想定されている。

## 水位変動を抑える締切堤に 鋼管杭・鋼管矢板が採用

ボート・カヌー競技場としての国際的な規格も満たし、都内及び近郊にオリンピック・パラリンピックを開催できる類似施設が無かったことから計画された「海の森水上競技場」だが、クリアすべき課題もあった。そのひとつが、国際的にもまれな海上利用施設であるため、競技コースへ干満差による潮位の影響があったことである。



■「海の森水上競技場」施設配置計画（平成29年12月現在）※2



■「海の森水上競技場」位置図※3

計画地は最大で約2mの干満差があり、風による波や水路部東側の航路部からの波の影響も大きい。同競技場で行われるボートとカヌー（スプリント）の両競技は、直線コースで着順を競うが、競技場規定では静穏な水面が必要とされているため、ボート・カヌーの航跡波に対しては、競技コース内に消波装置を設置したり、風に対しては外周部に適宜、防風林を植えたりすることで対策されている。干満差による潮位の変化と競技場外からの波の侵入に対しては、水路部の東西両端を築堤により締め切り、水面を静穏に保つことで解決をはかることになった。

干満差や波の影響で水面の状態変化が著しい海面の水路部を、締切堤によってプール状に保とうというのが同競技場の基本計画である。その締切堤や水門部の基礎に、遮水性能や耐震性はもとより施工性や経済性などの特性が評価されて、鋼管杭や鋼管矢板が採用されている。

## 工期短縮、経済性が評価され 鋼管矢板による遮水壁を築造

中央防波堤内側と同外側の間にある東西水路を締め切ることで静穏な水域をつくりだし、東京オリンピック・パラリンピックのボート・カヌー競技場整備工事の要となる水門付きの締切堤は、東西それぞれ約200mの延長となり、堤上には通路を備える。使用される鋼管矢板および鋼管杭の数量は、次の通りである。

### 【東側締切堤】

鋼管矢板—φ1000～1500、  
t11～17mm、L44.0m～72.0m 計133本  
鋼管杭—φ1000～1300、  
t10～15mm、L44.5m～72.0m 計94本

### 【西側締切堤】

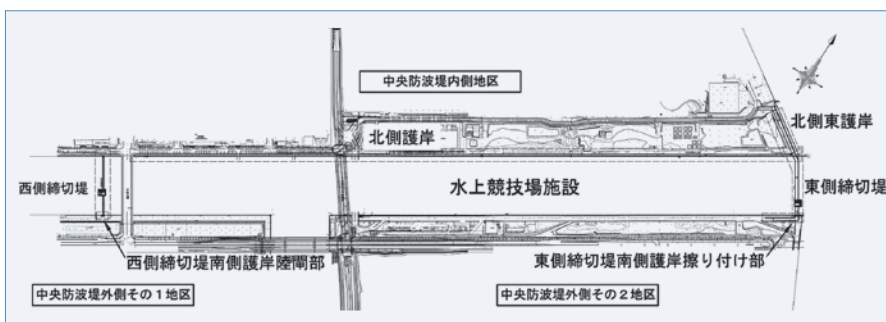
鋼管矢板—φ1000、t11～13mm、  
L26.5m～30.5m 計146本  
鋼管杭—φ900～1000、t9～11mm、  
L30.5m～35.0m 計49本

### 【水門部・鋼管杭基礎】

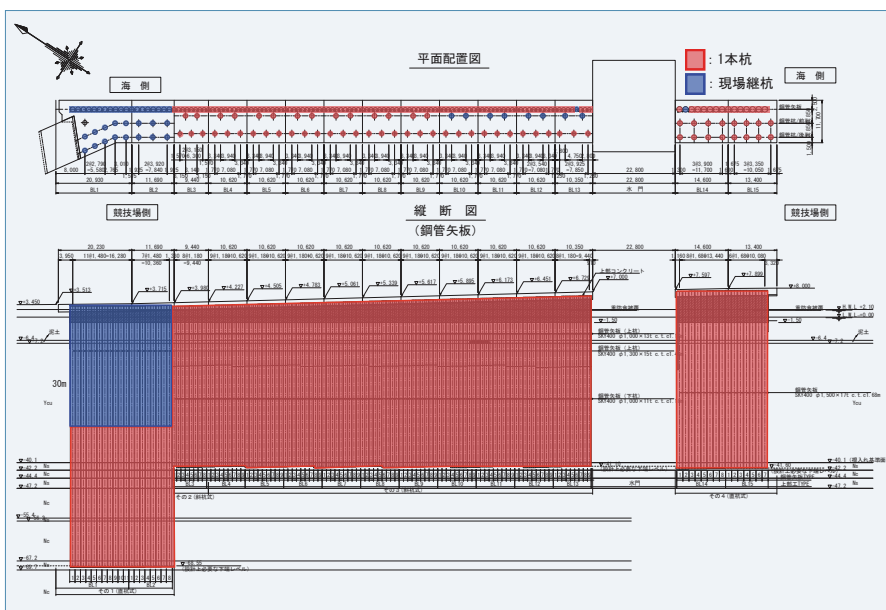
東水門—φ1000、t=10～14mm、  
L62.5m 計30本  
西水門—φ1000、t=12～14mm、  
L37.5m 計30本  
《合計 482本》

締切堤の構造検討では、採用された鋼管矢板形式とともに鋼矢板二重締切による設計も比較されたという。しかし、鋼矢板二重締切による築堤では中詰め土の使用など一種の重力式構造物となるため、沈下対策として周辺の地盤改良が必要と判断された。

建設現場の地質条件は、沖積粘性土やシルト層が分厚く堆積した軟弱地盤で、東西の締切部ともほぼN値が0の有楽町層が堆積し、東側締切部では40m近くの厚さになっている。そのため、鋼矢板二重締切では鋼管矢板による一重締切の築堤と比較して、工程、工費ともに不利であり、上部構造となる通路の支持基礎として斜杭形式の鋼管杭を併



■「海の森水上競技場」全体平面図※4

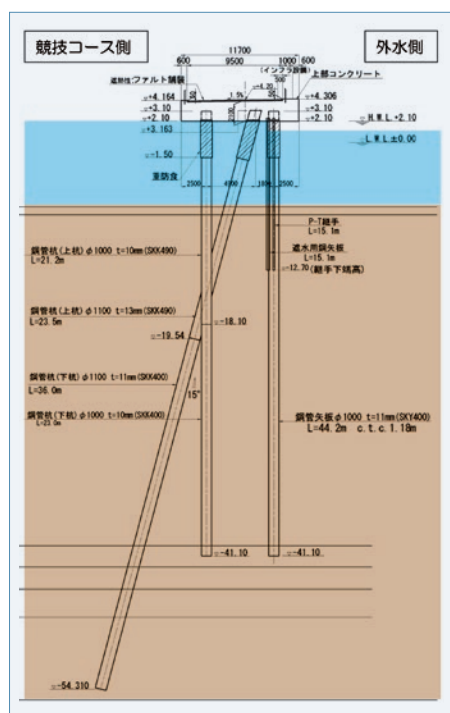


■東側締切堤 鋼管矢板・鋼管杭「平面配置図・縦断面図」※5



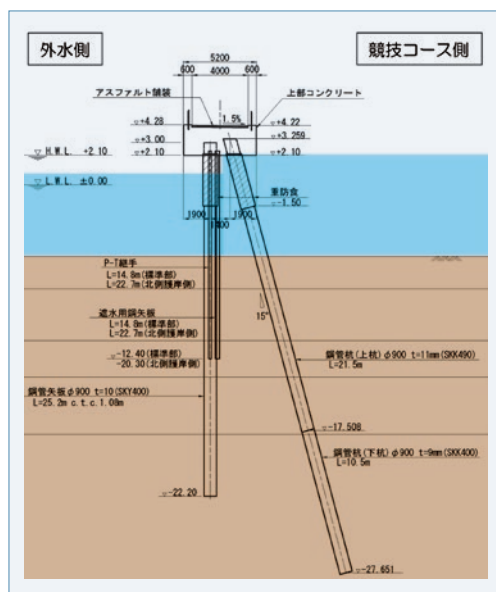
用した構造が採用された。

杭基礎としては、現場の地盤特性か



■東側締切堤標準断面図※6

ら主に周面摩擦力で支持力を確保する設計となっている。軟弱地盤層が分厚く、外洋からの波力もクリティカルな要因となっている東側締切部では、上部構造となる通路の幅員が広いことも



■西側締切堤標準断面図※7

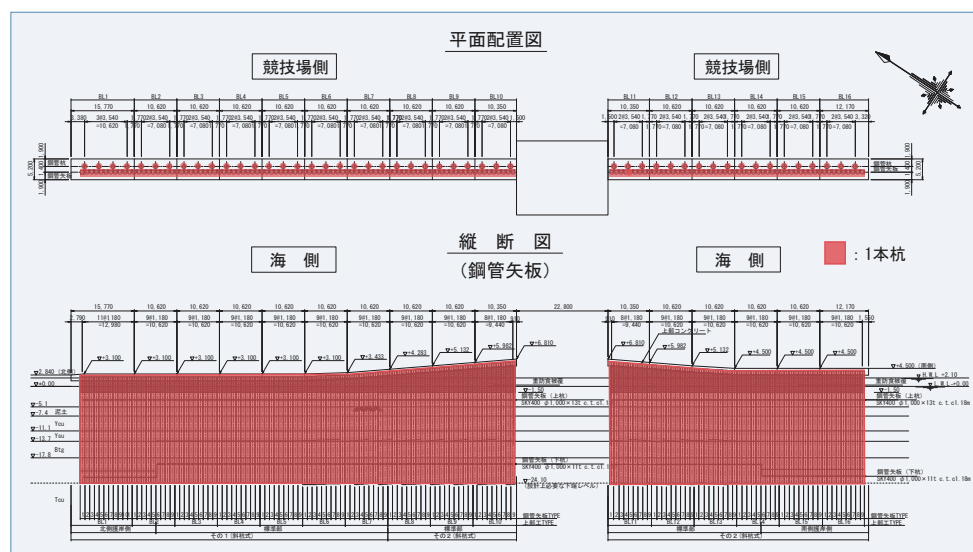
あり、遮水壁となる鋼管矢板の背後に直杭・斜杭形式併用で前後2列に鋼管杭を打設。鋼管矢板の遮水壁に斜杭1列だけで支持力を確保できた西側締切部よりも大規模な工事となっている。

特に、東側締切部北詰では既設護岸のかさ上げ改修も行われたため、荷重増加による沈下対策とともにネガティブフリクションも懸念される地質条件でもあり、鋼管杭は最長72mになるなど大深度の支持層まで打設する長尺施工となっている。

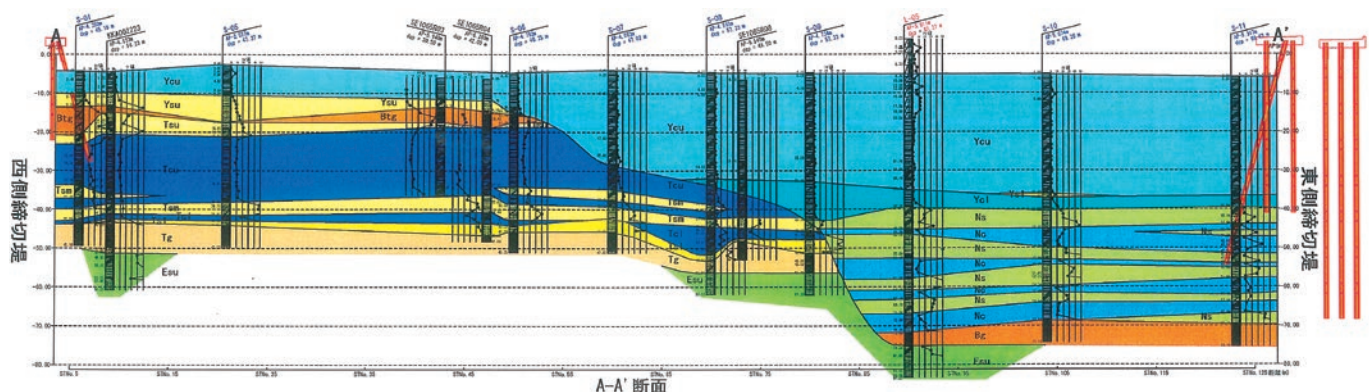
## 鋼管矢板と遮水鋼矢板で確実な遮水性能を確保

東西締切堤とも遮水壁としての構造は、通常のP-T形継手のほかに遮水鋼矢板を取り付けるため2箇所のパイプ継手をもつ鋼管矢板を打設した後、遮水鋼矢板 (SYW295 IV型) をパイ프로打設し、継手内にモルタルを充填して遮水性能を確保なものとしている。

この、遮水鋼矢板用の継手2箇所を追加した特殊鋼管矢板については、設計段階から入念な検証が行われ、基本設計から鋼管の板厚が変更されている。その経緯は、特殊鋼管矢板は鋼管断面に非対称に2箇所の継手を溶接して取付けるため、溶接時の熱により鋼管断面の真円度や鋼管の曲がりなどが懸念されたことによる。検証の結



■西側締切堤 鋼管矢板・鋼管杭「平面配置図・縦断面図」※8



■土質柱状図・縦断面図※9

果、基本設計の鋼管の板厚は10mmでは規格値を超える変形が発生する可能性があるとして、これをクリアするため板厚は13mmに変更された。この板厚変更により、西側締切部の基本設計では $\phi 900 \times t10\text{mm}$ であった鋼管が $\phi 1000 \times t13\text{mm}$ に変更された。



■パイプロハンマによる遮水鋼矢板の打設状況※10



■鋼管矢板と遮水鋼矢板による締切構造※11



■鋼管矢板継手のモルタル封入状況※12

## 精度確保、工程管理、安全確保に細心の注意

2016年12月に西側水門から打設が開始された締切堤の鋼管矢板遮水壁と鋼管杭基礎は、現在も未施工となっている東側締切部中央の約60m区間を残して2017年2月中に完了している。未施工区間が残されているのは、中防内5号線橋りょうの架設などの水路内で進捗している工事の作業船や資材船の出入りがあるための措置である。

東西締切部とも、鋼管杭・鋼管矢板の打設はすべて海上施工で行われた。東側締切部の鋼管矢板は、450t吊クレーン付き台船を用いてはじめにパイプロハンマで打設した後、油圧ハン

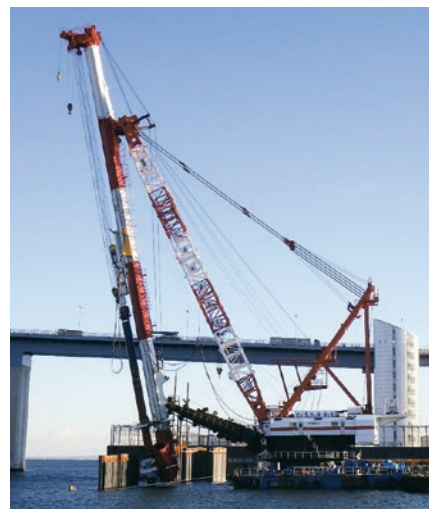


■鋼管矢板による締切と直杭・斜杭を併用した東側締切堤の現況

マによる打設で打ち止めを行った。東側の鋼管杭は、直杭、斜杭ともにリーダー式杭打船による打設が行われた。62m以下の鋼管は、現場溶接なしで打設できるよう工場製作されたものを海上運搬し、打設のスピード化をは



■東側締切堤、油圧ハンマによる鋼管矢板の打設状況※13

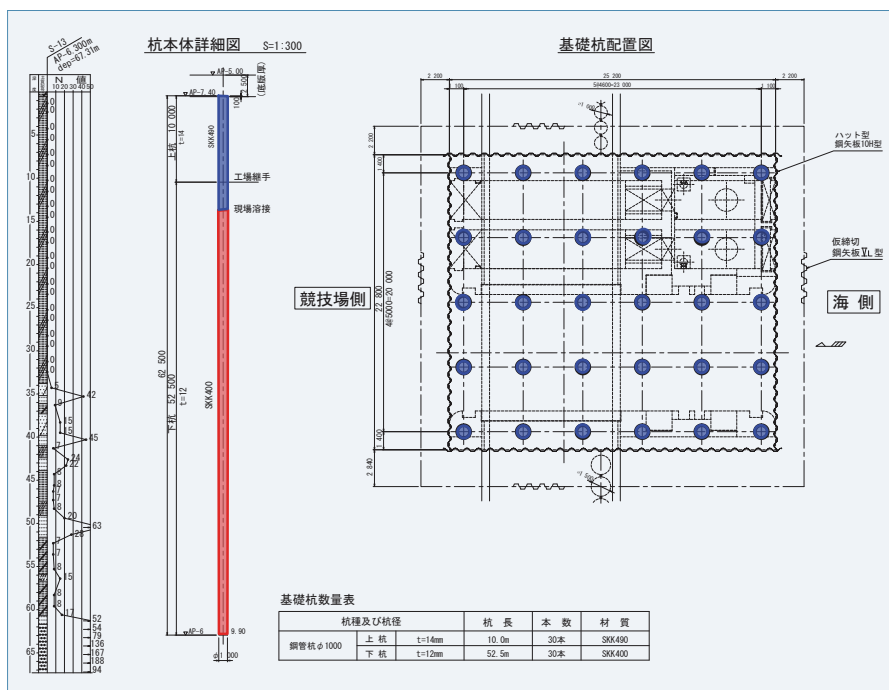


■東側締切堤、リーダー式杭打船による斜杭の打設状況※14



■干潮時、鋼管矢板（締切堤上部の通路の勾配に合わせて打ち止められている）がもっとも見えるときのイメージパース※15





■東側水門基礎杭構造図※16

かった。それ以上の長さの杭は海上の現場にて溶接を行った。

締切部の鋼管矢板の打設では、その精度確保に細心の注意が払われた。遮水鋼管矢板用の継手2箇所を設けた特殊鋼管矢板は、継手取付け位置が鋼管に対して非対称であり、取付け長さも約15mから最長で40m近くもあったため、打ち込み抵抗を不均一に受けやすく所定位置からズレてしまう傾向にあった。そのため鋼管矢板打ち止め時には、短い鋼管矢板を併用しながら遮水鋼管矢板用の継手位置を確認するなど、入念な精度管理が行われた。

締切堤上部に建設される通路の勾配に合わせ、杭の打ち止め高さに段差が付いている設計も、精度管理に慎重さが求められた要因だった。道路勾配にあわせて打ち止めるため、該当する鋼管杭と鋼管矢板は、コスト縮減の観点から1本ごとに長さが異なるのが、この現場の特徴だった。そのため、打設順を間違えると引き抜いて打ち直しとなることから、積込・運搬順序の工夫を行ないながら打設を完了した。

最盛期には作業台船3隻を投入して工期の短縮がはかられ、台風シーズンを避けて打設するスケジュールとなった。海上施工ならではの細かな配慮と

調整が多く必要な現場だったというが、水路内の他工事で使用している作業船との運行管理と調整が緊密に行われた。強風時の安全確保や、特に西側で厳しく制限されている羽田空域への注意喚起、航路が輻輳していることから特に東側で強くなる波の影響や潮の干満に対して作業用足場の段取り替えを行わなければいけないなど、施工精度を確保しながら円滑で安全な作業を維持するために苦労は絶えなかったという。

## 全世界注目の施設として 景観にも配慮された鋼管杭

「海の森水上競技場」締切堤の整備は、五輪競技を対象としたスポーツ施設のため、環境面や景観などさまざまな観点到に配慮されながら、地震や波浪に対する耐力確保というハード面をクリアしているのが特徴である。

水門は競技中は一定の水位を保つため締め切ったままである。そのため、水質の悪化が懸念されることから東側に揚水設備を設け、西側の排水設備で海水を循環させ、国際ポート連盟マニュアルにある「水質を保つ」という要件をクリアする。



■現地にサンプルを持ち込み行われた重防食塗装のカラー検討※17

五輪期間中は特に、国際的なメディアからも注視される施設のため周辺との調和や観客など人の目から圧迫感や威圧感がないように、さまざまなデザインの配慮が施されているのも特徴である。

使用される鋼管杭の重防食も、一般的な黒い塗装色では鋼管杭が多く露出する干潮時の外観が重々しいとして、周囲の景観に配慮した塗装色に変更となっている。このカラー選定も色彩の専門家をまじえた景観検討委員会で熟議を重ねられ、現地にカラーバリエーション数種類を持ち込んで、実際の景観と照らし合わせることで決定されている。

オリンピック・パラリンピックは、全世界が注目し、スポーツのみならずさまざまな文化と連携しながら日本だけでなく、参加した国々と人々にとって深く記憶に刻まれ、語り継がれる歴史的イベントである。競技者や観客だけでなく、その時代を共にすごした人々のレガシーとなる舞台のひとつに、鋼管杭や鋼管矢板、鋼矢板を用いた鋼製土木構造物が適用されたのが「海の森水上競技場」である。これは、海上での急速施工に対応し、すぐれた経済性を発揮すると共に、波浪や将来の地震などの自然災害にも備えるという厳しい設計要件を満たしたからである。さらに、オリンピック・パラリンピック終了後はスポーツやレクリエーションなどさまざまな分野に寄与していく社会資本のひとつに、景観など環境面でも貢献した適用事例となっている。

協力・資料提供：  
東京都港湾局※1～2  
OP組織委員会HPより※3  
海の森水上競技場整備工事・大成JV※4～14、16  
(平成29年12月現在)  
景観検討委員会資料(平成28年6月)※15、17







風や平成2年9月の台風19号、平成16年10月の台風23号では大きな被害が発生している（別表）。

特に平成16年10月の台風23号では、円山川本川の立野地点で観測史上最高水位のT.P. + 8.29mを記録した。この豪雨により、円山川と出石川では多くの箇所でも越水が発生し、円山川右岸13.2kと出石川左岸5.3kで堤防が決壊した。また、大雨により本川の水位が支川の水位より高くなることで、本川から支川に洪水が逆流して発生する内水被害も大規模に発生。河川水（外水）と内水の氾濫により、豊岡市全体で、死者7名、負傷者51名、浸水家屋7944戸（うち家屋全壊321戸、半壊一

部損壊3962戸）、浸水面積は4083haにものぼる甚大な被害となった。

この平成16年・台風23号による壊滅的な被害を受けて、同年12月に採択された河川激甚災害対策特別緊急事業をはじめ緊急治水対策に基づき、同規模の洪水が発生しても家屋等の浸水被害の軽減を図れるように対策を行ってきた。

その内容は、河道を掘削・浚渫して河川水の流れる断面を広げ、洪水時の水位を下げる河道掘削や堤防の拡幅やかさ上げを行う堤防の質的強化、排水機場などの増強整備を行う内水対策のほか、洪水の流下を阻害する低い橋梁など橋梁の改築などである。こうした対策が平成16年以降継続して行われ

てきたものの奈佐川合流点下流では、河道沿いに隣接する計画水位高以下の土地で堤防整備がほとんど行われていない無堤地区として残されてきた。

円山川下流部は、山陰海岸国立公園に位置し、鳥類、魚類、昆虫類など非常に豊かな生物相が確認される湿地帯が存在する。そのため、国際的に重要な湿地の保全を目的としたラムサール条約湿地に登録されており、環境面から水位低減のための河道掘削は困難な状況にある。また、河道沿いの土地には住居や鉄道、県道が集中し狭隘なため、土堤による堤防整備が困難であることから特殊堤護岸で対策がとられている。



■平成16年10月23日、円山川立野地区の堤防決壊の状況



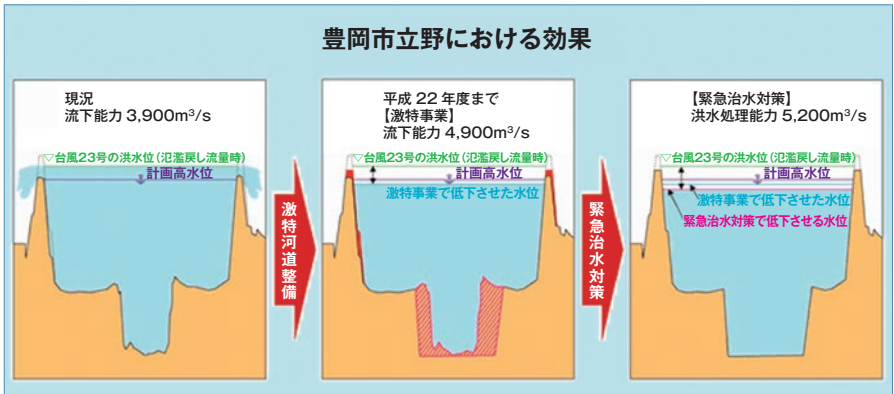
■平成16年10月21日、豊岡駅前付近の内水氾濫の状況

| 発生年月日       | 発生要因  | 流域平均2日雨量(mm) | 立野地点観測水位(m) | 立野地点観測流量(m³/s) | 被害状況    |          |
|-------------|-------|--------------|-------------|----------------|---------|----------|
|             |       |              |             |                | 浸水家屋(戸) | 浸水面積(ha) |
| 昭和34年9月26日  | 伊勢湾台風 | 253          | 7.42        | 3,043          | 16,833  | 16,926   |
| 平成2年9月20日   | 台風19号 | 364          | 7.13        | 3,064          | 2,212   | 1,923    |
| 平成16年10月20日 | 台風23号 | 278          | 8.29        | 4,127          | 7,944   | 4,083    |

■円山川、主要洪水の被害状況



■円山川本川左岸3.8k付近の無堤地区の状況（平成24年5月）



■洪水時の水位を低減させる河道掘削の効果（豊岡市立野）



■干潟など湿地が集中し、豊かな生態系を形成する下流部



## 分厚い軟弱地盤と鉄道等が隣接する 狭隘地施工に鋼矢板が採用

円山川下流部の地質は第四紀沖積層と考えられる堆積層で構成されており、その主要部は豊岡盆地で占められている。その厚さは40～50mで、シルト、粘土層という圧密層が多く分布し、砂、礫層が混じりながら層相変化を示している。そのため、築堤にあたっては沈下や周辺地盤の隆起など、軟弱地盤に対する変位抑制に留意することが施工や維持管理の点からも求められた。

下流部左岸の無堤対策は、奈佐川合

流点から城崎大橋までの約5.4km区間で実施された。その上で軟弱地盤上であることや鉄道や県道などが併走していることから、土地利用も含めた社会基盤の大幅な再整備を伴わない自立式構造の特殊堤が計画され、護岸本体として鋼矢板が採用されている。

当該地の治水対策には併走する県道のかさ上げも必要であったため、平成21年・台風9号の外水位に対応した対策を1期施工とし、2期施工として平成16年・台風23号の洪水に対応する段階的な整備が行われている。

円山川本川左岸の無堤対策では、併

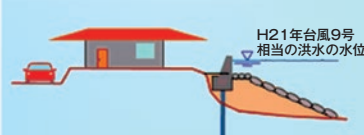
走する県道が豊岡市街と観光名所である城崎温泉とを結ぶ地方主要道であることから、交通規制日数を最小とするため主に70～80t級のクローラークレーン台船を用いた水上施工で実施された。鋼矢板の打設はウォータージェット併用のパイプロハンマ工法を基本としているが、河道近くまで山が迫る地形であるがゆえに一部では起伏の激しい岩盤が存在した。そのため、パイプロハンマ工法では鋼矢板を必要な根入れ長まで打設できない箇所もあり、その場合はダウンザホールハンマで硬質地盤を掘削してから鋼矢板が打設された。

### 下流部治水対策安の概要（左岸側）

県道と円山川・JRが近接している区間  
→ 道路際に特殊堤を設置

河岸に民地が接している区間  
→ 水際に特殊堤を設置

第1期施工 平成21年台風9号規模相当の洪水に対応



第2期施工 平成16年台風23号規模相当の洪水に対応



※整備イメージ

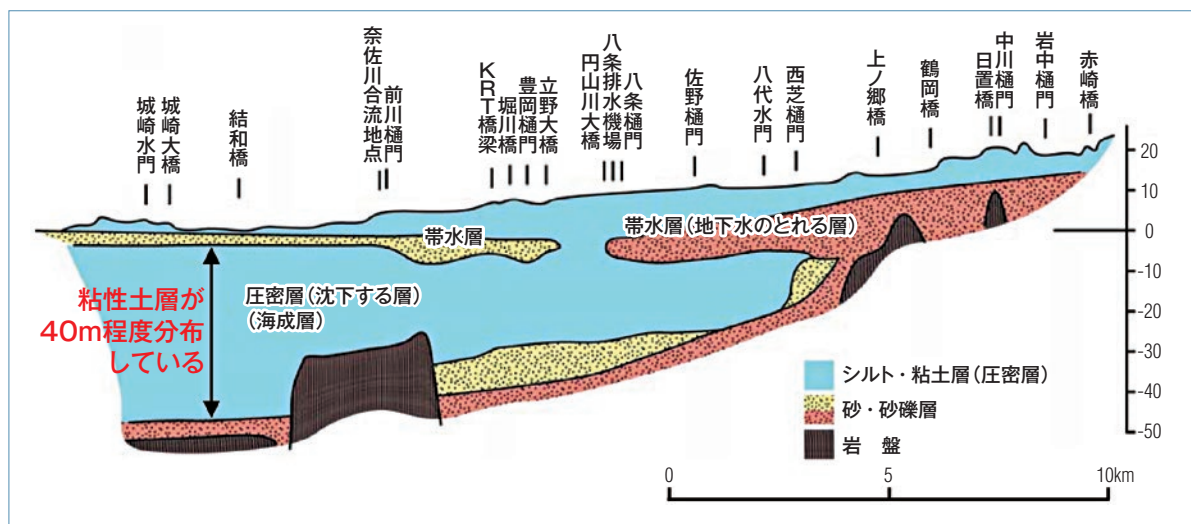
■円山川下流部治水対策の整備イメージ（左岸側）



■パイプロハンマ工法による鋼矢板打設状況



■ダウンザホールハンマによる掘削後の鋼矢板打設状況



■豊岡盆地の地質縦断面図



## 住居地区への近接施工には 低振動・低騒音の圧入工法で対応

円山川での総合的な治水対策は本線以外でも行われており、河口から約5k付近の左岸に合流する支川「来日川」でも鋼矢板を用いた自立式の特殊堤が整備されている。

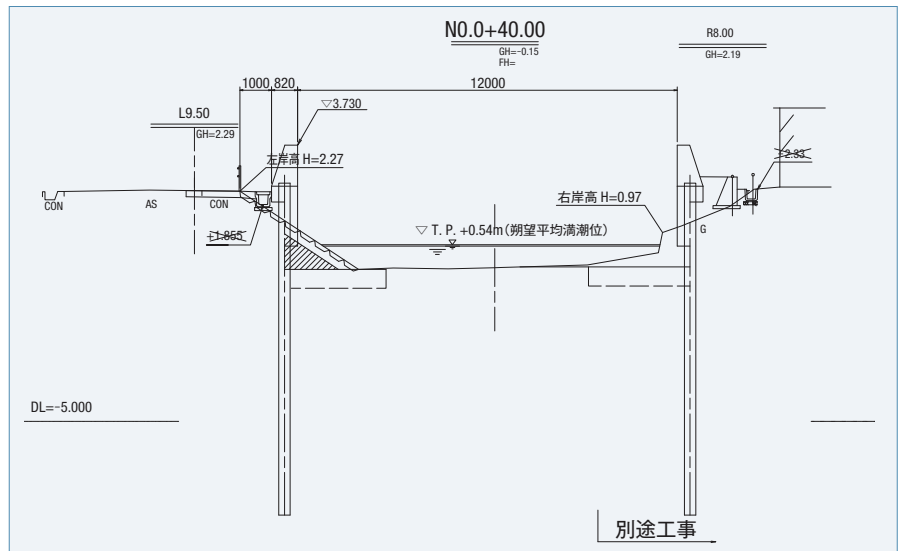
来日地区も生活道路と住居が河道に近接し、堤防整備のための用地活用は非常に限られている。地盤条件は周辺と同様に、沈下や周辺地盤変位が予想される軟弱地盤のため重力式擁壁などによる築堤は困難であることから全線にわたって鋼矢板が採用された。護岸基礎として鋼矢板を打設した後、上部コンクリートのパラペットを現場打ちで施工。化粧型枠を採用して周辺の景観と調和が取れるようなデザインの工夫がされているのも特徴である。

鋼矢板の打設は、バイプロハンマ工法を基本にしているが民有地や家屋に近接する箇所では低振動・低騒音のサイレントパイラーを使用した圧入工法が採られている。来日地区でも河道付近まで山がちな地形が複雑に迫るため、転石混じりの地層や硬質地盤が不規則に現れることがある。そのため、N値25～30以上のウォータージェット併用で打設・圧入できない硬い岩層へは、クラッシュパイラーによる硬質地盤クリアで対応した。

## 未来に残し守る自然にも配慮した治水対策に貢献する鋼矢板

円山川下流部の無堤地区解消のための治水対策では、国立公園や国際的な湿原保護が求められている地区でもあることから、景観や自然環境の保全保護に特に配慮された施工が行われているのが特徴である。

特殊堤の上部構造である擁壁に化粧型枠を用いた意匠が施されていることは、観光資源が



■来日川護岸整備工事「施工断面図」

豊富な同地域の景観を損ねないようにという配慮である。また、円山川水系自然再生推進委員会の指導により、矢板護岸の川面側に捨石を配置するスペースを設け、魚類や両生類、水生昆虫の生息環境を確保して多様な生物相を再生・維持しようという取り組みがなされている。

円山川流域といえば、国内では昭和46年に野生では絶滅したコウノトリを、平成になってから野生復帰をめざしていることで知られている。飼育と放鳥を繰り返し試みた結果、平成19年には国内で46年ぶりに自然界でひなが巣立つという快挙を成し遂げた。現在では、放鳥から3世代目となるコウノトリを含め、円山川流域で約60羽が生息しているとされる。

コウノトリが自然界で暮らす好ましい環境は、河川流域の湿地が充実していることである。湿地に生息する魚類

や昆虫類がコウノトリのエサとなるからである。コウノトリの野生復帰事業の成果も、円山川がラムサール条約に登録されたことと軌を一にしている。コウノトリに象徴される水辺の景色は、かつての日本では当たり前のものであった。円山川はこれを取り戻した唯一の地域である。水質維持による湿地保護はこの流域の最重要テーマのひとつであるため、河道掘削による洪水対策に限界があった下流域では水質悪化を招かない鋼矢板による築堤が、治水事業ばかりでなく水辺の豊かな自然のもとで暮らす人々と社会資本に大きく貢献している。



■圧入後の鋼矢板の状況



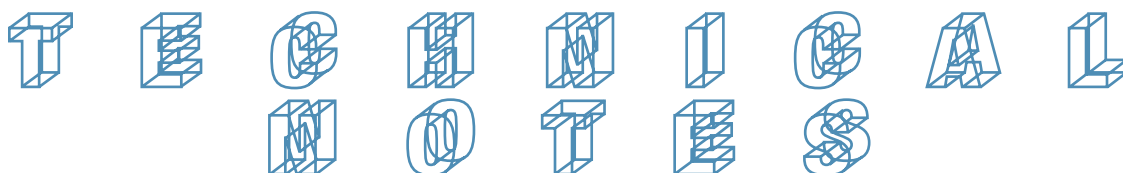
■低振動・低騒音の圧入機を用いて打設される



■景観に配慮した化粧型枠を用いた上部工パラペット

協力・資料提供：豊岡河川国道事務所





# 径厚比を考慮した鋼管杭のM- $\phi$ 関係の提案

—港湾鋼構造の耐震性能評価の高精度化に貢献—

鋼管杭・鋼矢板技術協会 港湾技術委員会

## 1. はじめに

近年の鋼管杭式栈橋は、大水深化や設計地震力の増大に対応するため、大径鋼管杭が多用されている。その際、現行の港湾基準<sup>1)</sup>では、鋼管杭の径厚比の制限はなく、経済合理性から径厚比の大きな鋼管杭（直径 $D$ /板厚 $t=100$ 程度）が採用されることがある。

これらの構造物に対して地震応答解析による耐震性能照査を行う際、鋼管杭は梁要素でモデル化され、曲げモーメントと曲率関係（以降 $M-\phi$ 関係と表記）は、全塑性モーメントを折れ点とするバイリニア型が用いられてきた（図1参照）。ところが、図2（a）に示すシェル要素を用いた三次元FEM解析にて変形挙動を求めると、 $D/t=100$ （直径1500mm、板厚15mm、軸力比0.3）の径厚比の大きな鋼管杭は、全塑性モーメントに到達する前に局部座屈が発生し、耐力低下が発生するため危険側の照査となる恐れがある。一方、 $D/t=50$ （直径1500mm、板厚30mm、軸力比0.3）の径厚比の小さな鋼管杭は、降伏後に緩やかに曲げモーメントが増加し、 $\phi/\phi_p=4.0$ でも耐力低下が生じていない。

そこで、これらの特性を考慮可能な梁要素解析用の $M-\phi$ 関係を提案するため、シェル要素を用いた三次元FEM解析を網羅的に実施した。なお、本検討は（国研）海上・港湾・航空技術研究所と共同で行った<sup>2,3)</sup>。

## 2. 三次元FEM解析による検討

### (1) 解析概要

三次元FEM解析は、鋼管の载荷実験の再現解析に実績が豊富な汎用構造解析プログラムADINA<sup>4)</sup>を用いた。検討対象は、栈橋の上部工下端から仮想固定点までの鋼管杭（本検討では20m）として、下端を完全固定、上端を回転拘束して強制水平変位を与える解析を行った（図2参照）。この条件では、局部座屈が発生する端部は円形が保持され

た状態であるが、栈橋の仮想固定点は地中部であるため、地盤の条件によっては完全な円形を保持することは不可能である。そこで、端部とは離れた位置で局部座屈を発生させるため、杭の

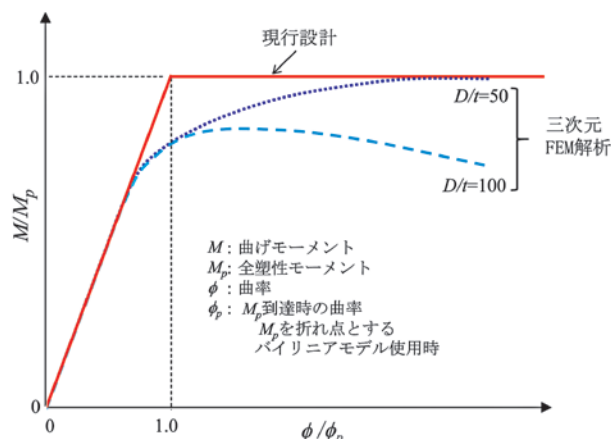


図1 鋼管杭の $M-\phi$ 関係

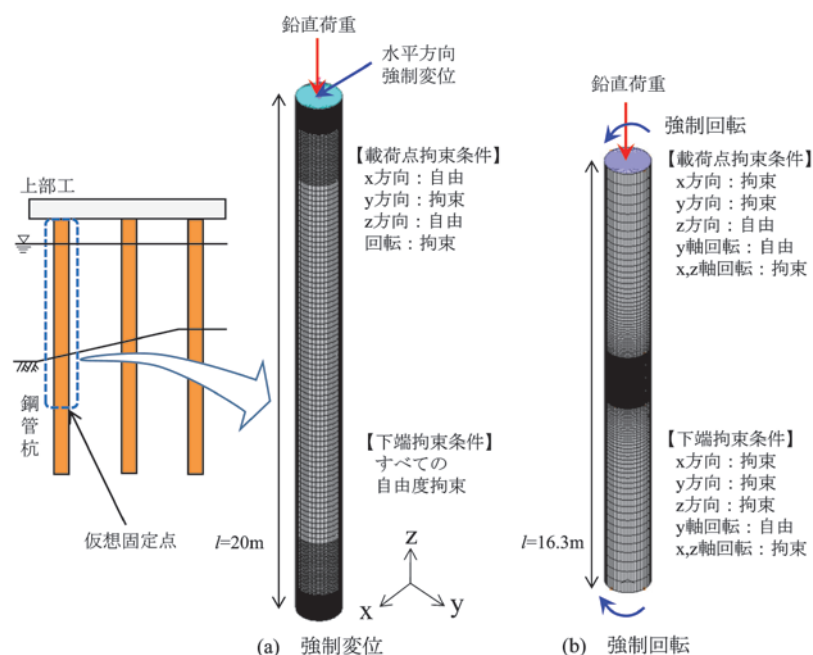


図2 鋼管杭の三次元FEM解析モデル

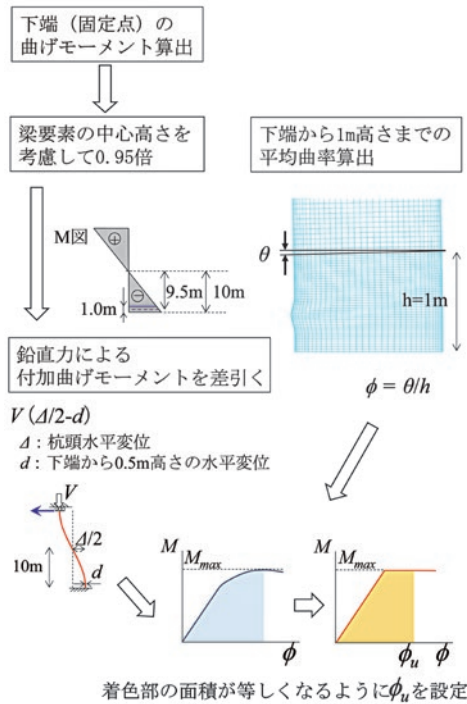
両端に強制回転を与える解析を実施した(図2(b)参照)。その際、図2(a)の強制変位荷重モデルと水平変位による曲げモーメントに占める付加曲げモーメントの割合を同一とするため、長さを16.3mとした。以降、図2(a)の解析を「円形保持」、図2(b)を「円形非保持」と表記する。解析は、表1に示す直径、径厚比、軸力比を対象とした。

(2) 解析結果の整理方法

解析結果の整理手順を図3に示す。曲げモーメントは下端の固定境界の反力から求めた。ここで、梁要素の解析では、断面力は1mピッチで分割された要素中心で評価することを念頭に、図3に示す曲げモーメント分布を

表1 解析ケース一覧

| 直径<br>(mm) | 板厚<br>(mm) | D/t  | l/r  | 軸力比      |
|------------|------------|------|------|----------|
| 900        | 9          | 100  | 63.5 | 0.0~0.75 |
|            | 13.5       | 66.7 | 63.8 |          |
|            | 18         | 50   | 64.1 |          |
| 1200       | 12         | 100  | 47.6 | 0.0~0.75 |
|            | 18         | 66.7 | 47.9 |          |
|            | 24         | 50   | 48.1 |          |
| 1500       | 15         | 100  | 38.1 | 0.0~0.75 |
|            | 22.5       | 66.7 | 38.3 |          |
|            | 30         | 50   | 38.5 |          |
| 1800       | 18         | 100  | 31.7 | 0.0~0.75 |
|            | 27         | 66.7 | 31.9 |          |
|            | 36         | 50   | 32.1 |          |



仮定して5%低減した値を用いた。次に、微小変形理論の梁要素では考慮できない、鉛直荷重の偏心による付加曲げモーメントを差引いた( $P-\Delta$ 効果)。曲率は下端から1m上方の傾斜角を求め、高さ1mで割ることで区間の平均曲率を算定した。これらの方法で $M-\phi$ 関係を求め、最大曲げ耐力 $M_{max}$ とその際の曲率を抽出した。さらに、非線形梁要素へのバイリニア型の $M-\phi$ 関係の適用を念頭に、 $M_{max}$ 発生時までの $M-\phi$ 曲線の下部の面積(着色部)とバイリニア型の面積が等しくなる曲率を限界曲率 $\phi_u$ とした。

(3) 解析結果：耐力評価と定式化

最大曲げ耐力 $M_{max}$ と軸力の関係は、軸力ゼロ時の全塑性モーメント $M_{p0}$ と降伏軸力 $N_y$ で無次元化して整理した。一例を図4に示す。図中の実線は、平面保持が成立する前提の理論値の式(1)の値である。

$$M_p = M_{p0} \cos\left(\frac{\pi}{2} \frac{N}{N_y}\right) \dots\dots\dots (1)$$

式(1)よりも、解析結果は原点側に分布しており、径厚比が大きいほど原点側に寄る傾向がある。局部座屈の発生と、付加曲げモーメントが影響しているためである。また、円形保持に比べ円形非保持の方が、局部座屈の発生が早く発生

するため、原点側の結果となっている。これらの結果を推定する式を構築するにあたり、圧縮降伏軸力と軸力ゼロ時の全塑性モーメントの低減は、岸田ら<sup>5)</sup>による局部座屈による降伏応力 $\sigma_y$ の低減式(2)を採用した。記号の「 $'$ 」は、低減後の降伏応力を用いていることを表している。

$$\sigma_y' = \sigma_y (0.86 + 5.4t/D) \dots\dots\dots (2)$$

軸力による最大曲げ耐力の低減は、1から軸力比の $n$ 乗を引いた値を掛ける式(3)とした。べき数 $n$ は、解析結果を説明できるように、径厚比、細長比、円形保持条件で決まる式(4)で表現した。パラメータ $\alpha$ および $\beta$ は表2の値で算定できる。また、降伏応力に関する補正係数 $\gamma$ は(5)式とした。

$$M_{max} = M_{p0}' \left(1 - \left(\frac{N}{N_{yc}}\right)^n\right) \dots\dots\dots (3)$$

$$n = \gamma (at/D + \beta) \dots\dots\dots (4)$$

$$\gamma = \sqrt{235/\sigma_y} \dots\dots\dots (5)$$

ここに、 $N_{yc}$ ：圧縮降伏軸力

(4) 解析結果：限界曲率と定式化

限界曲率 $\phi_u$ と軸力の関係を、それぞれ軸力ゼロ時の降伏曲率 $\phi_y' (N=0)$ と軸力 $N_y'$ で無次元化して整理した。一例

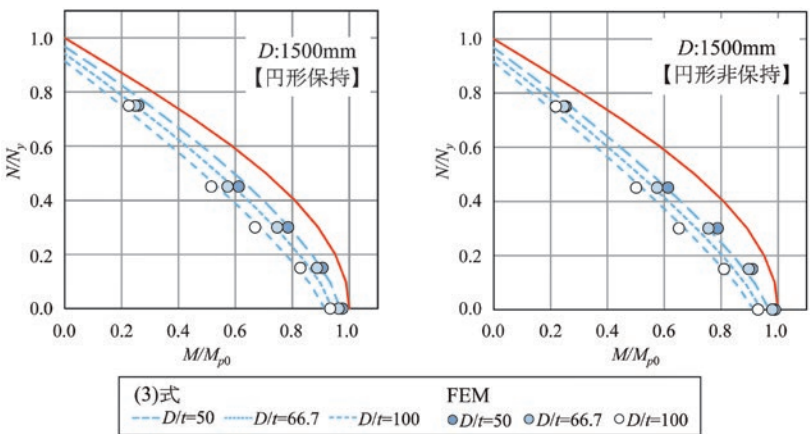


表2 べき数 $n$ のパラメータ

|       | $\alpha$ | $\beta$                |
|-------|----------|------------------------|
| 円形保持  | 20       | $-0.0095 (l/r) + 1.41$ |
| 円形非保持 | 10       | $-0.0094 (l/r) + 1.45$ |

$l$ ：有効部材長、 $r$ ：断面二次半径



を図5に示す。限界曲率 $\phi_u$ は、径厚比が小さいほど大きくなる。

これらの結果を説明する限界曲率 $\phi_u$ の算定式は、式(6)で示す様に降伏応力低減後の降伏曲率 $\phi_y'$ に塑性率 $\mu$ を掛けることにした。ここで、 $\phi_y'$ は軸力比を考慮して式(7)で算定する。塑性率 $\mu$ は、径厚比、細長比、円形保持条件で決まる式(8)を用いることにした。パラメータ $a$ および $b$ は表3の値で算定できる。

$$\phi_u = \mu \phi_y' \quad (6)$$

$$\phi_y' = \frac{\sigma_y' Z}{EI} \left( 1 - \frac{N}{N_{yc}'} \right) \quad (7)$$

$$\mu = \gamma (at/D + b) \quad (8)$$

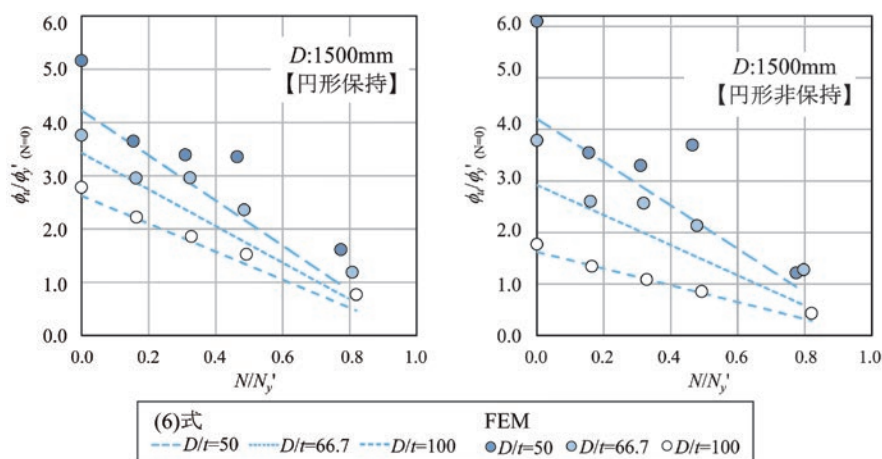


図5 限界曲率と軸力比の関係の一例

表3 塑性率 $\mu$ のパラメータ

|       | $a$                 | $b$                    |
|-------|---------------------|------------------------|
| 円形保持  | $-1.24 (l/r) + 209$ | $-0.0119 (l/r) + 1.46$ |
| 円形非保持 | $-4.72 (l/r) + 440$ | $0.0413 (l/r) - 2.55$  |

$l$ : 有効部材長,  $r$ : 断面二次半径

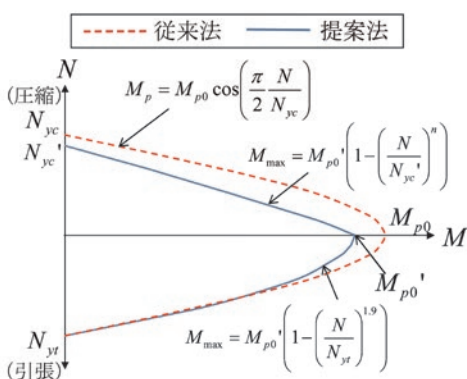


図6 M-N関係の定式化

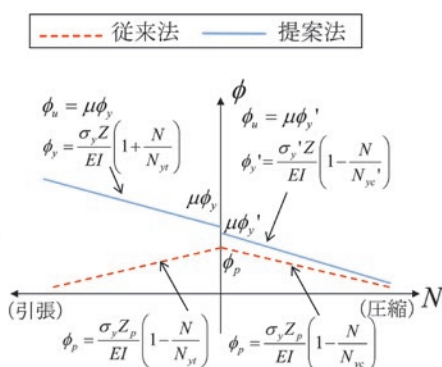


図7 限界曲率 $\phi_u$ の定式化

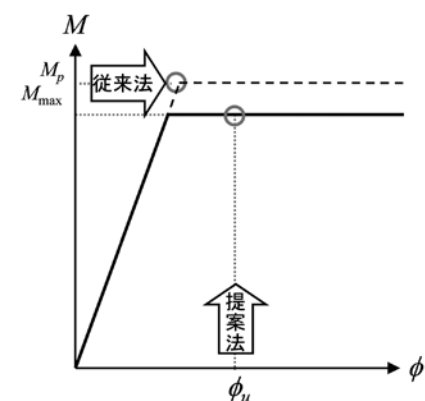


図8 従来法と提案法のM- $\phi$ 関係

ここに、 $EI$ : 鋼管杭の曲げ剛性、 $Z$ : 鋼管杭の断面係数

### 3. 新しいM- $\phi$ 関係を用いた耐震性能照査法の提案

上述の結果と、軸力引張時の検討をまとめると、 $M-N$ 関係は図6に、軸力比と限界曲率の関係は図7となる。それぞれ、従来法も併せて示す。提案法の $M-N$ 関係は、局部座屈や付加曲げモーメントを差引くため従来法よりも小さくなる。一方、限界曲率は、提案法の方が大きくなることが出来る。

これらを $M-\phi$ 関係として表示すると図8となる。従来法は、縦軸の全塑性モーメントへの到達を限界値とし

て耐震性能照査を行っていたが、提案法では、横軸の限界曲率への到達を限界値として照査することになる。

### 4. 提案法の精度確認

提案法の精度確認のため、図2(a)の三次元FEM解析結果と、提案法および従来法を用いた梁要素解析の結果の比較を行った。直径1500mm、板厚15mm、軸力比0.15に対する検討結果として、図9に下端部の曲げモーメントと曲率の関係を示す。従来法による梁要素解析では、三次元FEM解析結果よりも曲げモーメントが過大で、危険側の評価になっている。一方、提案法は、曲げモーメントとその際の曲率(図中○印)を良好に捉えている。したがって、提案法を用いることで、杭頭部の水平荷重とその際の変位の適切な評価が可能となる(図10参照)。

直径1500mmの鋼管杭(表1に示す条件)に関する水平荷重の比較結果を図11に示す。従来法では全て危険側の評価となっていたが、提案法は三次元FEM解析結果を良好に再現できている。

また、三次元FEM解析の最大荷重発生時の水平変位と、梁要素解析の限界曲率到達時(従来法では全塑性モーメント到達時)の水平変位の比較を図12に示す。ばらつきがあるものの、提案法の方が、三次元FEM解析結果に近い結果となっている。

以上のとおり、従来法に比べて提案法の方が、高精度で、安全側の評価が得られることを確認した。





## 1 鋼管杭施工管理士資格制度の創設について

昨今、基礎杭の施工・品質管理の厳格化が要求されていますが、これまで鋼管杭工法においては、各種開発された国土交通大臣認定工法、建設技術審査証明工法ごとに、施工・施工管理の講習会等により、施工管理者を育成・運用してきており、統一した施工管理資格がありませんでした。

今回、鋼管杭の施工に関係する（一社）鋼管杭・鋼矢板技術協会、（一社）全国基礎工事業団体連合会、（一社）全国圧入協会の3協会は、杭施工の専門性と地中部の杭の品質確認の困難性を鑑み、鋼管杭施工知識及び技術の普及と高度な能力を有する施工管理者の育成を図るため、鋼管杭施工管理士資格制度を創設し、平成30年度より、資格検定試験を実施することとしました。今後、国土交通省の登録試験制度への申請を視野に本資格の普及に取り組んでまいります。

## 2 2017年度 技術講習会・説明会開催実績

### (1) 鋼管杭工法の施工管理要領説明会（主催）

当協会の施工賛助会員向け説明会を昨年度（東京会場）に引き続き、大阪会場にて実施しました。

テキストは「鋼管杭基礎・鋼管矢板基礎の中掘り杭工法施工管理要領」、「回転杭工法施工管理要領」、「鋼管ソイルセメント杭工法施工管理要領」を用いています。

①大阪会場：2018年2月18日 CIVI研修センター新大阪東にて開催

### (2) 鋼管杭施工管理技術者育成講習会（共催）

有料講習会を実施しました。テキストは「鋼管杭 - 施工と施工管理 -」を用いています。

【主催】（一社）全国基礎工事業団体連合会、【共催】（一社）鋼管杭・鋼矢板技術協会、（一社）全国圧入協会

①東京会場：2017年12月3日 連合会館にて開催

②大阪会場：2018年1月21日 大阪科学技術センターにて開催

### (3) その他（講師参加）

①TBS工法協会研修会

・主 催：TBS工法協会

・開 催 日：2017年6月16日 札幌ビューホテル大通公園

・発表内容：鋼管杭の施工管理に関わる（一社）鋼管杭・鋼矢板技術協会の活動について

②平成29年度 構造土質検討グループ 第1回技術講習会

・主 催：建設コンサルタンツ協会 中部支部

・開 催 日：2017年9月26日 東桜会館

・発表内容：鋼管杭等を用いた橋脚・橋台の補強

## 3 協会発行・新出版物のご案内

●「鋼矢板Q&A」 2017年3月

●「鋼管杭 杭頭部 圧縮・曲げ試験」 2017年3月

●「立体骨組解析による鋼管矢板基礎の設計計算」 2017年11月

●「鋼管杭 - 施工と施工管理 -」 2017年11月（発売：株式会社総合土木研究所）

●「鋼材を用いた河川堤防の液状化対策工法」 2018年1月

## 4 各種技術活動に参画

### (1) 外部委員会活動

- ◇ (公社) 日本道路協会 下部構造小委員会
- ◇ (一社) 日本建築学会
  - ・鉄筋コンクリート部材性能小委員会 RC基礎構造部材の耐震設計WG
  - ・杭鉛直挙動検討小委員会 杭鉛直WG
  - ・杭耐震設計小委員会 鋼管杭性能評価WG
  - ・建築基礎構造設計指針改定小委員会 施工管理WG
  - ・建築工事標準仕様書 JASS 3・4 改定小委員会
- ◇ PFS工法研究会

### (2) 共同研究

- ・「既設道路橋基礎の耐震補強方法に関する研究」(土木研究所)
- ・「岩を支持層とする杭基礎の設計法・施工法に関する研究」(土木研究所ほか)
- ・「鋼管杭・鋼管矢板に関する耐震設計手法の研究」(港空研)
- ・「波崎海洋研究施設における鋼管杭の防食法に関する長期暴露試験に関する研究」(港空研ほか)

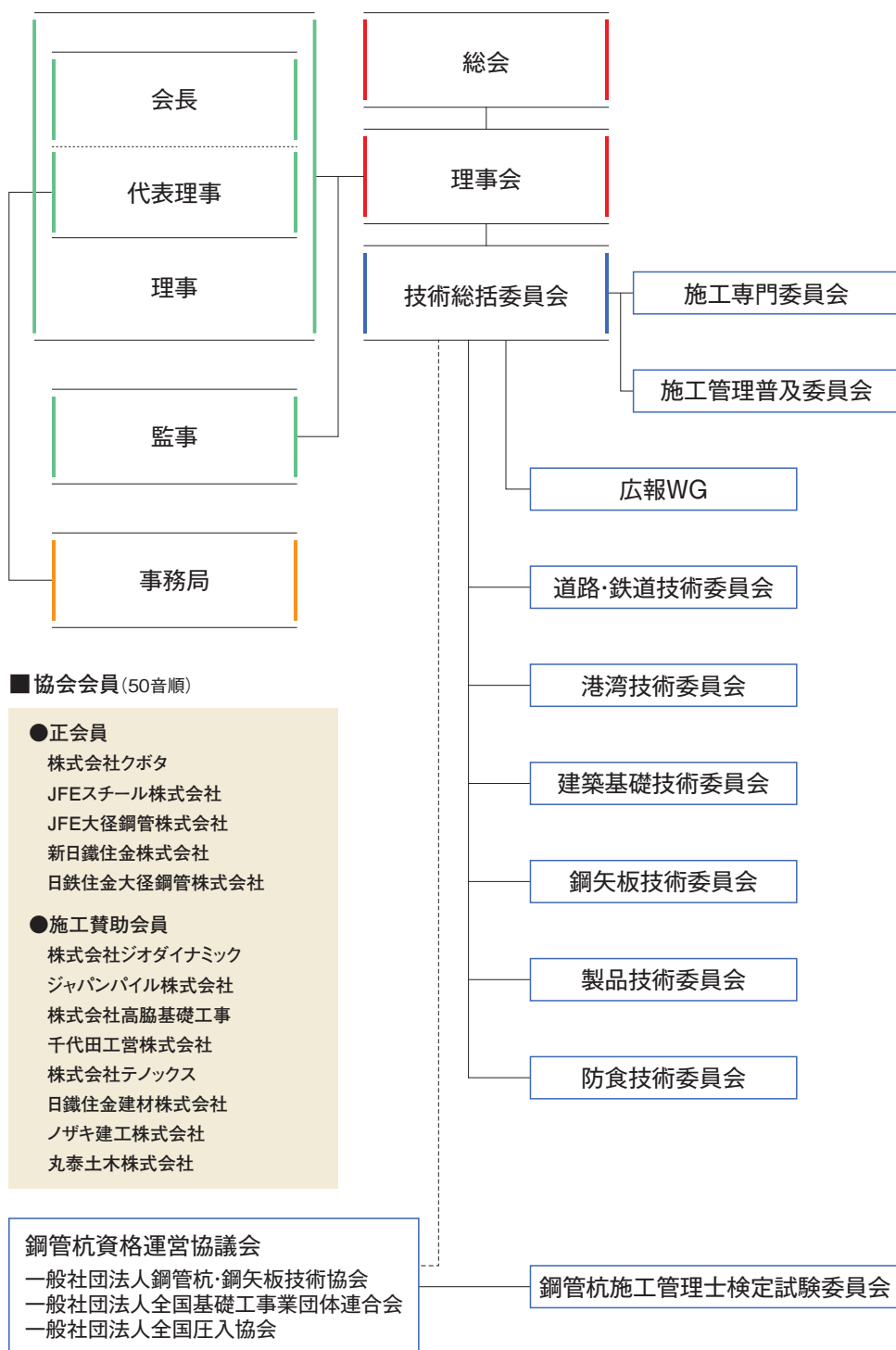
## 5 技術論文・報文の発表

- ① 佐藤睦月・的場萌子・鈴木敦詞・後藤天志郎・廣瀬智治・木村祥裕 著：正負交番水平載荷実験による杭頭部にコンクリートを充填した鋼管杭の弾塑性座屈性状：第80回日本建築学会東北支部研究報告会
- ② 佐藤睦月・的場萌子・廣瀬智治・木村祥裕 著：杭頭部にコンクリートを充填した鋼管杭の正負交番載荷試験：第52回地盤工学研究発表会
- ③ 増田敏聡・市川和臣・廣瀬智治・高野公寿・木村祥裕 著：コンクリート充填鋼管杭の終局曲げ耐力と変形性能の評価その1 実験概要：日本建築学会 2017 (中国)
- ④ 市川和臣・増田敏聡・廣瀬智治・高野公寿・木村祥裕・佐藤睦月 著：コンクリート充填鋼管杭の終局曲げ耐力と変形性能の評価その2 実験結果：日本建築学会 2017 (中国)
- ⑤ 佐藤睦月・的場萌子・鈴木敦詞・廣瀬智治・増田敏聡・市川和臣・高野公寿・木村祥裕 著：コンクリート充填鋼管杭の終局曲げ耐力と変形性能の評価その3 鋼管杭と充填コンクリートの応力伝達機構：日本建築学会 2017 (中国)
- ⑥ 廣瀬智治・増田敏聡・市川和臣・高野公寿・佐藤睦月・的場萌子・木村祥裕 著：コンクリート充填鋼管杭の終局曲げ耐力と変形性能の評価その4 終局曲げ耐力と変形角の算定方法：日本建築学会 2017 (中国)
- ⑦ 大矢陽介・塩崎禎郎・小濱英司・川端雄一郎 著：径厚比の違いを考慮した鋼管杭のM- $\phi$ 関係について(その1：M- $\phi$ モデル算定法の提案)：平成29年度土木学会全国大会第72回年次学術講演会
- ⑧ 塩崎禎郎・大矢陽介・小濱英司・川端雄一郎 著：径厚比の違いを考慮した鋼管杭のM- $\phi$ 関係について(その2：事例検討)：平成29年度土木学会全国大会第72回年次学術講演会
- ⑨ 大矢陽介・塩崎禎郎・小濱英司・川端雄一郎 著：耐震性能照査における鋼管部材のモデル化法の提案：港湾空港技術研究所報告第56巻第2号 (2017.6)
- ⑩ 塩崎禎郎・大矢陽介・小濱英司・川端雄一郎 著：局部座屈を考慮した鋼管杭のM- $\phi$ 関係について：第42回海洋開発シンポジウム
- ⑪ 松井良典 著：鋼管杭工法の支持層管理：基礎工2017年8月号 Vol.45, No.8
- ⑫ 大矢陽介・宮田正史・塩崎禎郎・岩波光保・小濱英司 著：(座談会) 新たになる鋼管杭の耐震設計法：港空研技術情報誌 PARI vol.29 2017.10
- ⑬ 大矢陽介・塩崎禎郎・小濱英司 著：径厚比を考慮した鋼管部材のモデル化法による直杭式横棧橋の被災事例の再現解析：(土木学会) 第37回地震工学研究発表会
- ⑭ 廣瀬智治 著：鋼管杭の部材性能(耐力と変形性能)：基礎工2017年11月号 Vol.45, No.11
- ⑮ 後藤宏輔 著：鋼管杭の接合技術：機械式継手と杭頭接合について：基礎工2017年11月号 Vol.45, No.11
- ⑯ 岡原美知夫 著：連載「次世代へ伝えたい私の思い」第19回「基礎工の技術開発、道路橋示方書改定、国際協力等」への思い：基礎工2017年11月号 Vol.45, No.11



一般社団法人

## 鋼管杭・鋼矢板技術協会組織図 (平成30年3月)



2018年3月31日発行 禁転載

発行 | 一般社団法人 鋼管杭・鋼矢板技術協会

〒103-0025 東京都中央区日本橋茅場町3-2-10 (鉄鋼会館6階) (03) 3669-2437

制作 | 株式会社トライ

〒113-0021 東京都文京区本駒込3-9-3 (03) 3824-7230

