

明日を築く

寄稿

災害時に道路に求められる役割と 実現方策

国土交通省国土技術政策総合研究所
道路構造物研究部長

七澤利明

未来 FRONT

迅速・確実・強靱 鋼矢板工法による港湾災害復旧の 最前線

金沢港「戸水岸壁」災害復旧工事

TECHNICAL NOTES

重防食被覆鋼管杭の長期耐久性調査 (暴露40年経過時)

鋼管杭技術委員会／港湾・防食小委員会

93



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/>

金沢港・戸水岸壁：海上台船による
鋼矢板打設状況

ごあいさつ

Greeting

一般社団法人
鋼管杭・鋼矢板技術協会



鋼管杭・鋼矢板技術協会
代表理事

中野 正則

代表理事就任にあたって

～国土強靱化とインフラ整備への貢献を目指して～

日頃より、(一社)鋼管杭・鋼矢板技術協会(以下、本協会)の事業にご協力いただき感謝申し上げます。私は昨年6月に本協会の代表理事に就任しました。15年間勤められた岡原美知夫様の後ということで重責を感じております。

私の経歴を申し上げますと、公務員時代の前半は橋梁関係の行政(本省、現場)と研究(上部構造・下部構造、鋼・コンクリート)が中心でした。建設省土木研究所基礎研究室長を岡原様から引き継ぎ3年半勤めました。その間、兵庫県南部地震の対応や仮設構造物の研究などを行いました。その後は行政主体となり、退官後は(一財)土木研究センターに勤務した後、現在は鋼橋の製作工事会社に勤務しています。基礎関係は基礎研究室長以降は、土木研究センターで鋼管杭・鋼管矢板の機械式継手や鋼管矢板の嵌合継手、先端翼付き回転貫入鋼管杭の技術審査証明などに携わった程度で30年ぶりに本格的に基礎の仕事をするようになりました。

鋼は軽量で高強度・高靱性の材料であり、鋼管杭・鋼管矢板、鋼矢板は既製品(プレキャスト)で施工性に優れるうえコンクリートとの合成構造も可能で、構造物の基礎、擁壁・護岸・岸壁、山留め・土留めの他、地盤の変状対策、防災対策など幅広い分野で使用されています。

本協会では、鋼管杭・鋼矢板の品質、利用技術・施工技術の向上を支援するための技術資料の作成などを行っています。現在の主な取り組みとしては、鋼矢板では、「粘り強

い河川堤防技術」として鋼矢板二重壁構造の試験施工が北海道開発局千歳川河川事務所管内の遊水池の盛土で始まっており、2026年度からは維持管理などを考慮した試験や観測を行います。土堤が主体の河川堤防整備に対して鋼矢板を利用した技術の適用を目指して粘り強く取り組んでいきます。また、本年4月から鋼管杭の施工資格は場所打ちコンクリート杭、既成コンクリート杭の資格と統合され「基礎施工士」になります。従来の鋼管杭施工管理士からの移行・更新を含め、鋼管杭施工関係者の資格取得に向けて本協会では講習会などを通して支援してまいります。

このほか、鋼管杭基礎と鋼管矢板基礎では、次期の道路橋示方書改定に合理的な構造・設計法などを導入すべく検討を進めており、今後は実験や解析を実施するとともに、関係機関への働きかけを行います。建築基礎では建築2次設計法の整備・改良として杭頭接合部などの設計法の提案を、港湾基礎では鋼管杭重防食塗装の長期安定性の検討を行います。施工関係ではDXの検討を含め、鋼管杭・鋼管矢板の施工に関する諸課題への対応を行ってまいります。

最後になりますが、本協会の使命である関連技術資料の作成などを通して鋼管杭・鋼管矢板と鋼矢板の需要拡大を支援するとともに、国土強靱化と社会生活を支えるインフラ整備に貢献していきたいと考えており、今後とも関係する皆様のご支援ご協力をお願いいたします。

経 歴

| | | |
|-----------|--------------------------------|--|
| 氏 名 | 中野 正則（なかの まさのり） | |
| 最終学歴 | 昭和 54年 3月 | 京都大学 工学部 土木工学科 大学院修士課程 修了 |
| 職 歴 | 昭和 54年 4月 | 建設省 入省（岐阜県へ出向、土木部道路建設課 橋梁係、大垣土木事務所 長大橋課 橋梁係） |
| | 昭和 56年 4月 | 建設省 九州地方建設局 熊本工事事務所 調査課 計画係長 |
| | 昭和 58年 4月 | 道路局 国道第二課 橋梁係長 |
| | 昭和 60年 2月 | 土木研究所 構造橋梁部 橋梁研究室 研究員，企画部 橋梁計画官 |
| | 昭和 62年 4月 | 東北地方建設局 道路部 道路計画第二課長，道路計画第一課長 |
| | 平成 1年 4月 | 道路局 国道第二課 課長補佐 |
| | 平成 3年 4月 | 九州地方建設局 長崎工事事務所長 |
| | 平成 5年 5月 | 土木研究所 構造橋梁部 基礎研究室長 |
| | 平成 8年 11月 | 建設経済局 調査情報課 情報管理室 建設専門官 |
| | 平成 10年 4月 | 福岡県 土木部 副理事（福岡・北九州高速道路公社 企画室長） |
| | 平成 12年 4月 | 建設省 土木研究所 企画部 先端技術開発研究官 |
| | 平成 13年 4月 | 長崎県 土木部長 |
| | 平成 16年 4月 | 国土交通省 東北地方整備局 道路部長 |
| | 平成 17年 6月 | 独立行政法人 土木研究所 企画部長 |
| | 平成 19年 7月 | 国土交通省 総合政策局 建設施工企画課長 |
| | 平成 20年 7月 | 中国地方整備局 副局長 |
| | 平成 21年 7月 | 国土交通省 退官 |
| | 平成 21年 9月 | 財団法人 土木研究センター 審議役 |
| | 平成 25年 8月 | 一般財団法人 土木研究センター 常務理事，専務理事，理事長，専務理事 |
| | 平成 30年 7月 | 一般財団法人 土木研究センター 退職 |
| 平成 30年 8月 | 日本ファブテック株式会社 橋梁事業本部 顧問，執行役員，顧問 | |
| 令和 7年 6月 | 一般社団法人 鋼管杭・鋼矢板技術協会 代表理事 | |



災害時に道路に求められる役割と実現方策

国土交通省国土技術政策総合研究所
道路構造物研究部長

七澤利明

1 はじめに ～道路政策の潮流： サービスレベル達成型への転換～

わが国の道路政策は、高度経済成長期から続く量的な拡大を主な目的とした時代を経て、今、大きな転換期を迎えている。国土交通省道路局が公表したWISENET2050¹⁾では、道路に求められるサービスレベルの達成を目的として高規格道路ネットワークを構築することが唱われた。道路延長という物理的な指標から、移動しやすさや強靱性（通行止めリスク）といった「道路が提供すべきサービスの水準」を指標として定義し、その達成を目標として整備を行うという利用者視点での政策転換である。

たとえば交通需要や渋滞については、時間的・空間的に偏在する交通需要や渋滞に対して、サービスレベルをデータで評価し、効率的・効果的なサービス向上を図るパフォーマンス・マネジメントの考え方が示されている。

2 災害時の道路の役割、 目標レベルと実現方策

道路に求められるサービスその他の役割に基づく目標の中で、道路構造物に大きな影響を及ぼすものとして、災害時の目標レベルがあげられる。気候変動に伴う気象災害の激甚化・頻発化、南海トラフ地震や首都直下地震といった大規模地震の切迫度が高い状況などを踏まえ、災害への対応は社会全体として喫緊の課題となっている。令和6年能登半島地震でも確認されたように、広域的な被害が生じた際にすみやかに被災地にアクセスする道路の確保はその後の緊急活動や復旧に大きな影響を及ぼす。災害時の目標レベルは政府として既を示しており、昨年6月に閣議決定された第1次国土強靱化実施中期計画²⁾において「発災後概ね1日以内に緊急車両の通行を確保し、概ね1週間以内に一

般車両の通行を確保することを目標」と提示されている。

ここで、災害時の目標を実現していくためには、新規路線の整備や既設構造物の補強によるハード対策だけでは十分ではない。自然斜面の崩壊など外部から道路構造に及ぼす影響も考慮して、衛星・ドローンによる被災箇所早期把握といったソフト対策技術の開発・導入や、段差の解消・路上障害物の除去など道路啓開をタイムリーに行うための資機材・体制の整備など、多角的に対策を講じていくことが必要となる。

これら多種多様な対策は、個別に検討・実施するだけでは望ましい効果は得られず、結果として災害時の目標レベルを達成できないおそれがある。相互の関係や影響を考慮して、系統的に対策を実施していく必要がある。たとえば図に示すように、災害後にアクセス確保が求められる地点間を結ぶ複数のルートがある場合、まずは各ルートの災害によるリスクの大小を構造物区間毎に評価する。リスク評価の結果に基づき、リスクが最も少ないルート、あるいは最小のコストで対策が可能なルートを災害時の緊急輸送路として設定する。こうした路線でも路面の段差や規模の小さな土砂流入など何らかの通行障害が発生する可能性は残るため、事前に資機材・体制を整えたいうえて、発災後の被災箇所の早期把握や啓開活動により、1日以内の緊急車両の通行確保などを実現させることになる。ただし、たとえば平成28年熊本地震で国道57号を寸断させた斜面崩壊（写真）のような大規模な被害が既設のいずれ

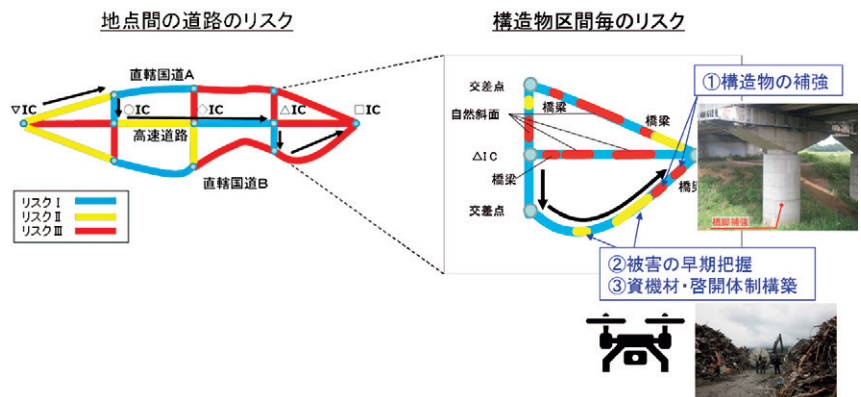


図 地点間を結ぶルートのリスク評価と対策（イメージ）³⁾

のルートでも想定される場合には、発災後の通行機能を確実に確保するため、新たなルートの整備が必要となる。実際に熊本地震からの復旧では、国道57号現道部の復旧に加えて、長大トンネル区間を含む国道57号北側復旧ルートが代替路として整備された⁴⁾。なお、想定される被害の形態や程度によっては、道路の4車線化、上下車線分離や、山側の斜面沿いに余裕幅を設ける対策も有効となる。たとえば平成30年7月豪雨で被災した高知自動車道立川橋では、片側2車線の上下車線が分離した橋梁構造であったため、山側の橋梁が斜面崩壊により流出する一方、流出を逃れた谷側の橋梁を対面通行で運用することにより、被災の1週間後に通行止めが解除された⁵⁾。



写真 斜面崩壊による道路の寸断

既設のルートを補強する場合、新設ルートを整備する場合のいずれにおいても、地震・豪雨に伴う作用に対して、1日以内の緊急車両の通行が可能なレベルに損傷・変形程度をとどめるための性能を確保することが、道路構造本体を構成する構造物には求められる。いいかえれば、どんなにソフト対策技術の開発・導入や体制整備を行ったとしても、道路本体が大きく損傷・変形してしまえば災害時の目標レベルを達成できない。道路構造物の性能が確保されることにより、はじめて目標レベル到達の見通しが立つこととなる。

既設構造物の性能確保に際しては、老朽化への対応も重要となる。老朽化により構造物を構成する部材に劣化損傷が生じることにより、災害時の作用に対する抵抗力が低下して被害に繋がるおそれがある。実際に令和6年能登半島地震の際には、腐食した道路橋の支承部が地震により損傷した事例が報告されている⁶⁾。このため、既設構造物の災害リスク評価の際には、老朽化の程度やその影響を含めて評価を行い、対策を講じていくことが求められる。

また、施工時や維持管理時のデータに基づき設計時の情報を更新することにより、構造物が有するリスクの顕在化や災害時に有する性能のより正確な評価が可能となる。例として基礎杭施工時の貫入データに基づき支持力評価を更新することなどがあげられる。

現在、各種道路構造物の技術基準の改定が進められており、性能規定化や性能規定の充実化が図られている。令和7年6月には道路土工構造物技術基準、同年8月には橋、高架の道路等の技術基準（道路橋示方書）が改定され、同年に解説書も発刊された。また、道路トンネル技術基準に関しても、性能規定化に向けた改定方針の審議が令和7年度内に予定されている⁷⁾。こうした技術基準の性能規定化や、既設構造物の修繕に関する技術基準の策定を進めていくことが、さまざまな構造物から構成される道路の路線としての災害時の性能の確保や目標レベルの達成につながっていく。

3 おわりに

本稿では、道路政策の近年の潮流から災害時の目標と実現のための方策、とりわけ道路構造物に求められる事項や対応策について示した。（一社）鋼管杭・鋼矢板技術協会で行う鋼管杭・鋼矢板を用いた各種工法は、山地部の斜面や稠密な都市部など、災害のリスクが高く限られた施工スペースでの厳しい施工条件において構造物の新設・補強を行うことを可能とし、国土強靱化を計画的に進めていく現在において非常に重要な技術である。今後もこうした条件での施工をより合理的・高度におこなえる技術や、**2**に示した施工データに基づくリスクや性能の評価を可能とする技術の開発・実用化を進めていくことが期待される。

【参考文献】

- 1) 国土交通省：社会資本整備審議会道路分科会第83回基本政策部会、資料3、2024.8.
- 2) 内閣官房：第1次国土強靱化実施中期計画、2025.6.
- 3) 七澤利明：地震・豪雨による道路の災害対応に関する取組み、令和7年度国総研講演会、2025.10.
- 4) 国土交通省九州地方整備局：<https://www.qsr.mlit.go.jp/kumamoto/fukkyuu/kitagawakaituupanfu.pdf>
- 5) 西日本高速道路（株）：<https://corp.w-nexco.co.jp/corporate/release/shikoku/r1/0708/pdfs/01.pdf>
- 6) 内藤輝、川口洋平、中川英男、谷俊秀：令和6年能登半島地震における道路橋被害への対応、土木技術資料、Vol.68、No.3、2026.3.
- 7) 国土交通省：社会資本整備審議会道路分科会第26回道路技術小委員会、資料3-3、2025.8.

未 FRONT 来

迅速・確実・強靱 鋼矢板工法による港湾災害復旧の最前線

金沢港「戸水岸壁」災害復旧工事

2024年1月1日に発生した能登半島地震は、地域の暮らしに深刻な影響を与えると同時に、物流と防災の要である港湾機能にも大きな試練を突きつけた。

金沢港「戸水岸壁」では、地盤の液状化に起因する変形が発生し、岸壁としての機能が一時失われた。しかし復旧は、「港を止めない」という強い使命感のもと、設計条件の見直しや構造形式の選定など、技術的検討を積み重ねながら着実に進められた。

本稿では、被災直後の現場状況から、復旧方針を左右した構造検討と設計判断、さらに鋼矢板工法の性能と施工上の工夫を通して、戸水岸壁再構築のプロセスを紹介する。

金沢港「戸水岸壁」における鋼矢板の打設状況

揺れた元日 港もまた試練にさらされた

2024年1月1日午後4時10分。能登半島を震源とするマグニチュード7.6の地震が、日本海側の沿岸地域を激しく揺さぶった。石川県内では広範囲で強い揺れが観測され、志賀町や輪島市では最大震度7、金沢市周辺でも最大震度5強を記録した。元日とも重なり、住宅被害や火災、道路の寸断、長期にわたる断水など、生活基盤に直結する深刻な被害が各地で顕在化した。

地震の影響は海にも及んだ。能登半島北部では、珠洲市から志賀町にかけて広範囲で海底や海岸が大規模に隆起

し、輪島市西方の猿山岬付近では最大5.2mもの隆起が観測された（日本財団調べ）。水深が浅くなったことで船舶の出入港が困難となるなど「数千年に1度」とも表現されるまれな被害状況で、港湾機能そのものが揺さぶられる事態となった。

広がった港湾被害と非常時の役割

能登半島地震では、北陸地方の重要港湾・地方港湾など29港のうち、22港で被害が確認された。特に、能登地域の港湾では、エプロン部の液状化による陥没、ふ頭用地の沈下、防波堤の倒壊、護岸の損壊など、被害は港湾全体に及んだ。金沢港においても、地震発生直後から施設の安否を気遣う関係者の間に緊張が走った。

港は平時には物流と観光を支える経済基盤であり、非常時には人命と生活を守る最前線の拠点となる。能登半島地震は、その両方の役割を兼ね備えているかという命題を一気に突きつける出来事となった。

実際、地震発生後まもなく、能登地域では深刻な断水が続くなか、自衛隊や海上保安庁、自治体による支援活動が本格化した。緊急支援物資輸送や給水のための支援船が相次いで入港し、港湾は「陸路が断られた地域を支える生命線」としての役割を担う一方、その足

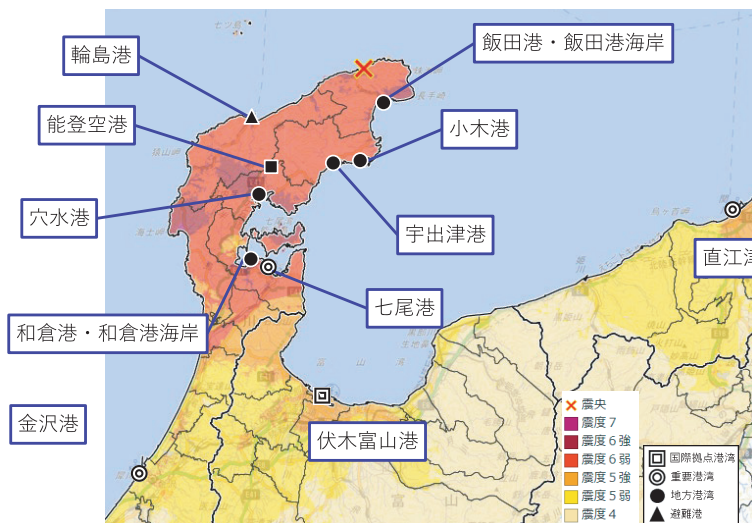
元では地震による被害の全容把握が急がれていた。

被害が集中した戸水岸壁「面」で変形した構造物

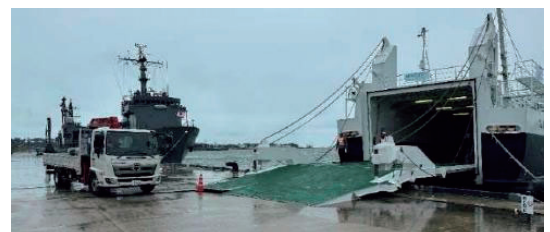
江戸時代に北前船の寄港地として栄え、1970年に重要港湾として開港した金沢港は、その後も国際物流拠点として発展を続けてきた。1988年の定期コンテナ航路開設、2008年の大型船入港可能な国際物流ターミナル供用開始、2011年のRORO船（トラックやトレーラーが自走して積み込み、積み降ろしができる貨物船）の国際航路開設など、背後地域の基幹産業の経済活動を支える物流拠点として重要な役割を担っている。さらに、2020年には「無量寺岸壁」において金沢港クルーズターミナルが完成し、観光交流拠点としての機能も強化された。

金沢港「戸水岸壁」は、全長約370m、水深-10m、2バース構成の多目的岸壁である。背後にはセメントサイロが立ち並び、その供給や建設機械の輸出入、RORO船の利用、クルーズ船の係留まで、金沢港の中でも特に幅広い用途を担ってきた。

この岸壁が整備されたのは1971～1972年。当時の設計基準では現在のようないくつかの耐震設計や液状化対策の考え方が一般的ではなく、構造的には「非耐震岸壁」に分類される。背後地盤は沖積



■ 金沢港に入港する輸送艦おおすみ



■ 金沢港に入港するフェリー栗国と護衛艦

地震による液状化で露わになった岸壁耐震性能の差

低地に分布する軟弱な沖積層からなり、周辺はかつて湿地や農地として利用されていた履歴を持つことから、地震時には液状化の影響を受けやすい地盤条件とされていた。

地震後、津波警報解除の翌日から関係機関による詳細な被災調査が行われた。その結果、戸水岸壁は局所的な損傷ではなく、岸壁全体が海側に押し出されるように変形していることが明らかになった。測量では、岸壁法線の残留水平変位が最大で約68cm、鋼矢板のたわみ量は約23cm（傾斜角4°）、エプロン部の沈下は最大約40cmに達していた。

これらの数値は、単なる表層の損傷ではなく、構造全体に設計では想定されていない事象が発生したことを物語っている。背後地盤が液状化したことで土圧が急激に増大し、鋼矢板と、タイロッド、鋼管杭からなる控え工に想定を超える力が作用したと同時に控え工の水平抵抗も減少した。数値解析による構造検討の結果、既存の鋼矢板および控え工には許容応力度を大幅に超過する応力が発生していることが確認されたため、船舶の安全な接岸は不可能と判断され、「使用不可」の判定が下された。



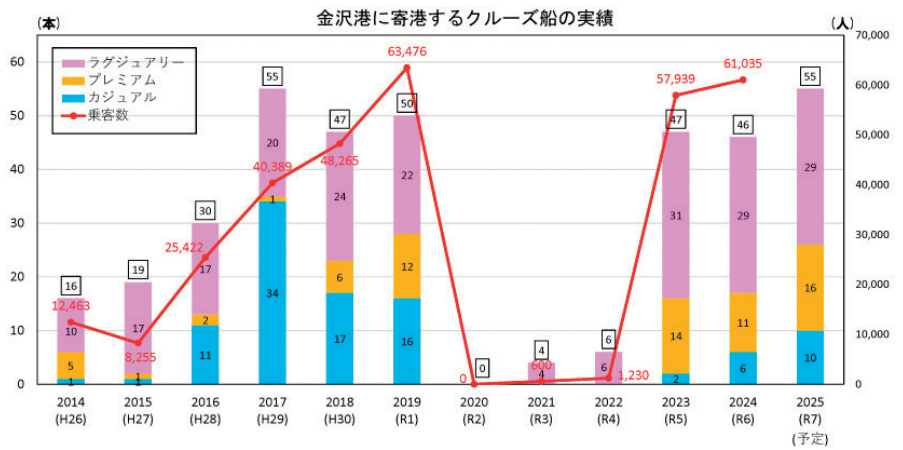
■金沢港の概要



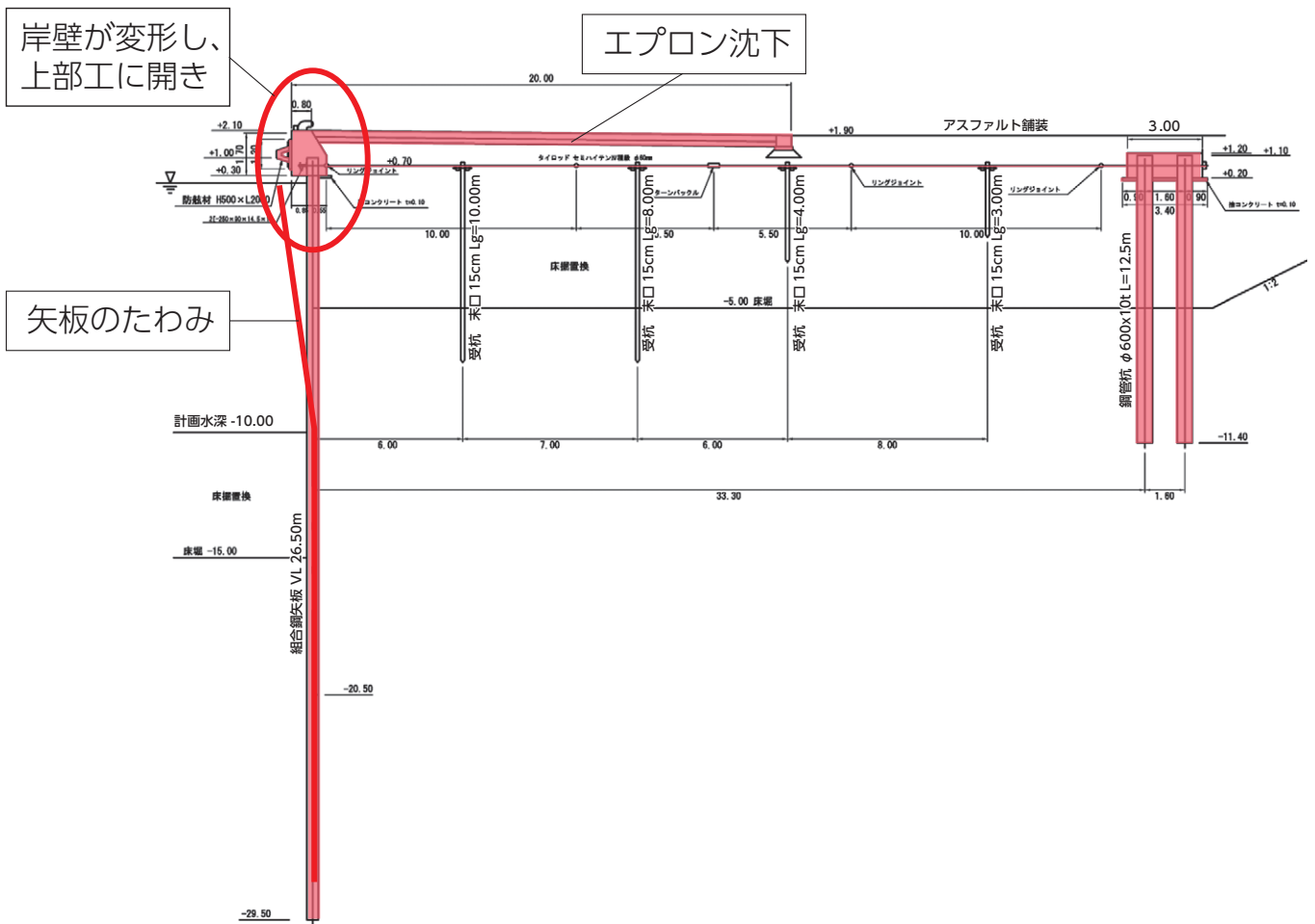
■RORO船



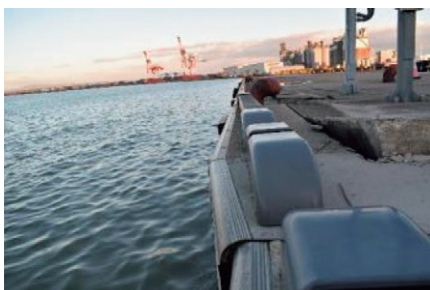
■戸水ふ頭とセメントサイロ



■金沢港に寄港するクルーズ船



■ 金沢港・戸水ふ頭の被災状況



■ 金沢港・戸水ふ頭の被災状況 (岸壁法線のずれ)

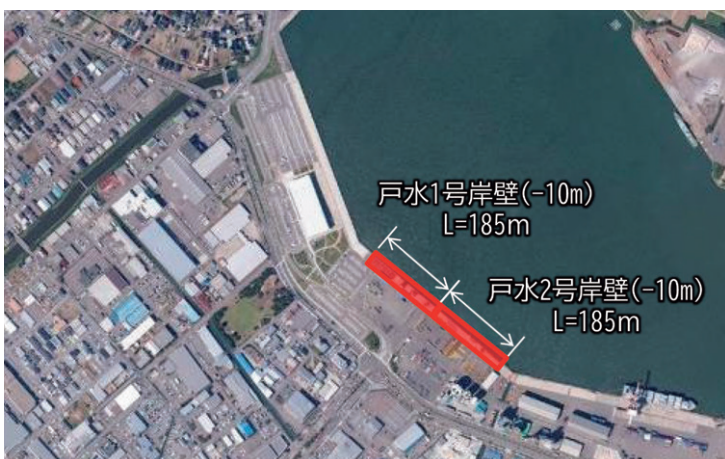


■ 金沢港・戸水ふ頭の被災状況 (液状化による噴砂)

耐震化の有無が分けた明暗 災害時に問われた港湾の備え

同じ金沢港内にありながら、地震後の被災状況には明確な差が生じた。

隣接する耐震強化岸壁「無量寺岸壁」では、地震後の詳細な点検においても構造的な重大損傷は確認されず、地震発生直後から支援船の接岸や給水、燃



■ 金沢港・戸水ふ頭の被災箇所



■ 金沢港・戸水ふ頭の被災状況 (2024年1月14日撮影)

来 港を止めないため、鋼矢板工法に託した早期復旧

料補給、物資輸送の拠点として機能し続けた。実際、被災地への支援物資等を積んだ船舶が次々と接岸し、港湾が非常時の物流拠点として果たす役割を現実のものとして示した。

無量寺岸壁では、2020年までに耐震補強と地盤改良が実施され、レベル2地震動を想定した設計が採用されていた。今回の能登半島地震は、その想定範囲内に位置づけられる揺れであり、結果として設計時に意図された耐震性能が発揮されることとなった。

一方、非耐震岸壁の戸水岸壁は、前述のとおり背後地盤の液状化に伴って岸壁全体が海側へ押し出される大きな変形が生じた。

この対照的な結果は、耐震化の有無が港湾施設の機能維持を大きく左右することを、極めて分かりやすく示している。港は大規模災害時には、

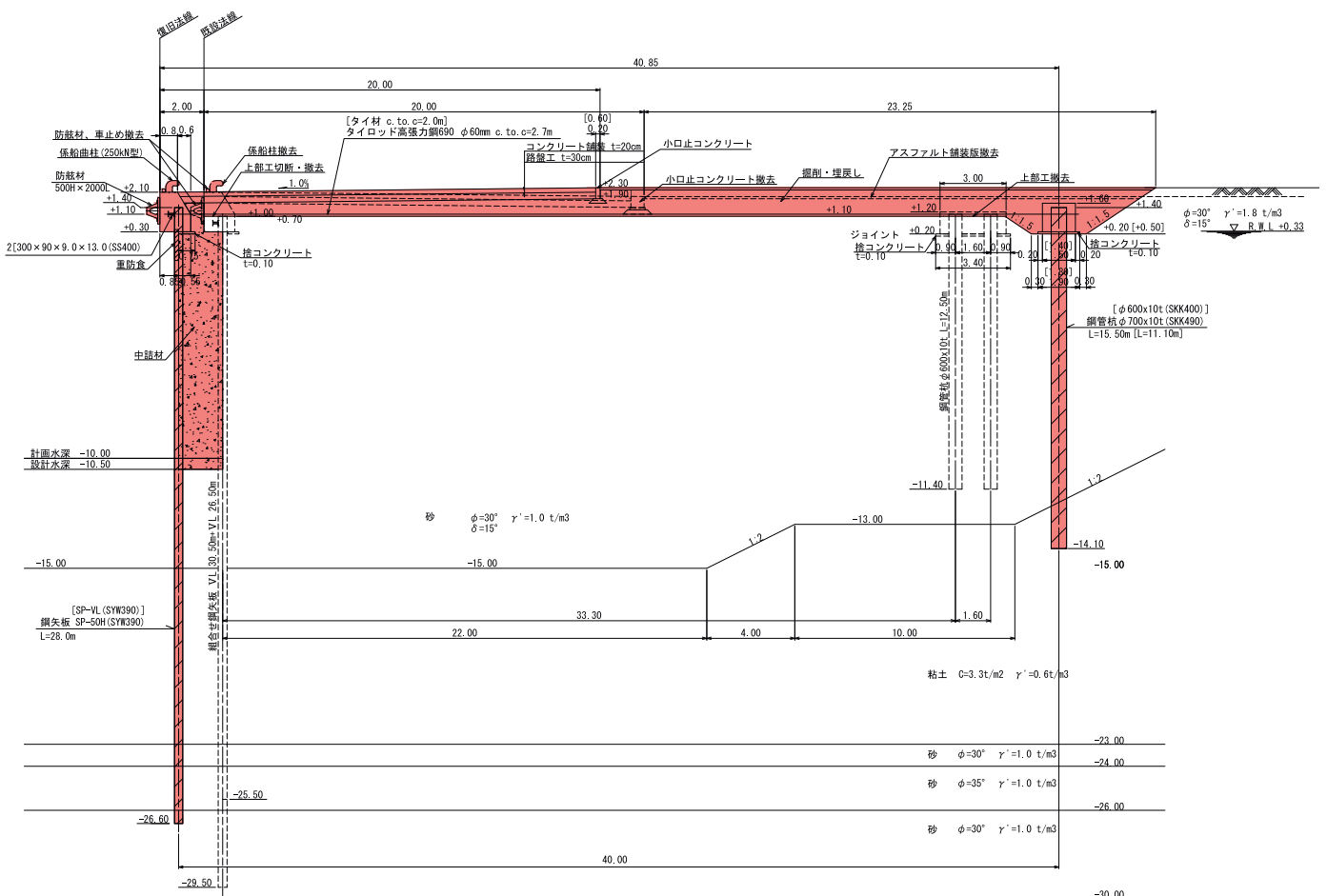
緊急物資や支援部隊を海上から被災地へ輸送する重要な拠点となる。耐震強化岸壁は、その機能を地震後も確保するために整備される施設であり、今回の被害は非常時の支援拠点としての港湾機能を維持するうえで耐震化が重要であることを改めて示した。

止まった岸壁が物流と運用に与えた影響

戸水岸壁が使用できなくなったこと



■大浜岸壁に搬入される鋼矢板



■金沢港戸水3頭復旧断面

は8区間

は、金沢港全体の運用に大きな影響を及ぼした。

セメントや建設機械といった災害復旧やインフラ整備に不可欠な物資を扱ってきた岸壁が使えなくなったことで、荷役は代替岸壁への振り替えを余儀なくされた。

さらに影響は、近年力を入れてきたクルーズ船の受け入れにも及んだ。金沢港は、税関、出入国管理、検疫を効率化したCIQ機能を備えたクルーズターミナルを有し、日本海側を代表するクルーズ拠

点の一つとして、年間50隻以上の外国クルーズ船が寄港している。戸水岸壁はターミナルに隣接する利便性の高い岸壁であり、その使用不能は、受け入れ体制への影響を与えることとなった。

早期復旧を実現した「前出し」という決断

戸水岸壁の災害復旧において、最大のテーマとなったのは「港の機能を止めないこと」であった。

災害復旧事業では、原則として被災前の姿に戻す原形復旧が求められる。しかし、既存の戸水岸壁は構造的な安全性を失っており、同じ断面を再現することは現実的ではなかった。結果として、復旧でありながら最新の設計基準を適用した再構築が不可欠となった。

そこで採用されたのが、

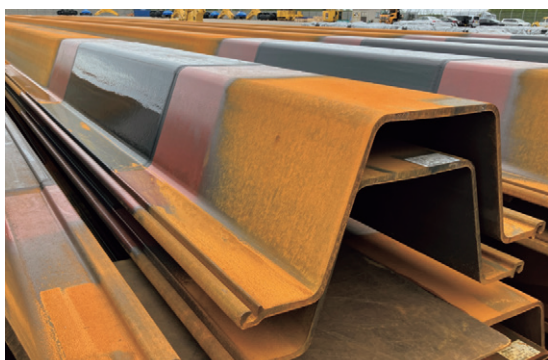
既存岸壁の前面に新たな岸壁を構築する「前出し方式」である。この方式は、被災した既存構造物を全面的に撤去することなく、新しい構造体を前面に構築することで、安全性を確保しながら工期短縮を図る手法だ。

既存岸壁の撤去には多大な時間と費用を要するだけでなく、港の利用制限が長期化するリスクも伴う。前出し方式は、そうした制約を踏まえたうえで、「できるだけ早く港を使える状態に戻す」ための現実的かつ戦略的な判断だった。

設計にあたっては、最新の港湾設計基準を適用し、レベル1地震動に対応した構造となったため、結果として岸壁の性能は被災前よりも確実に引き上げられることとなった。

復旧の骨格を支えたタイロッド式鋼矢板壁工法

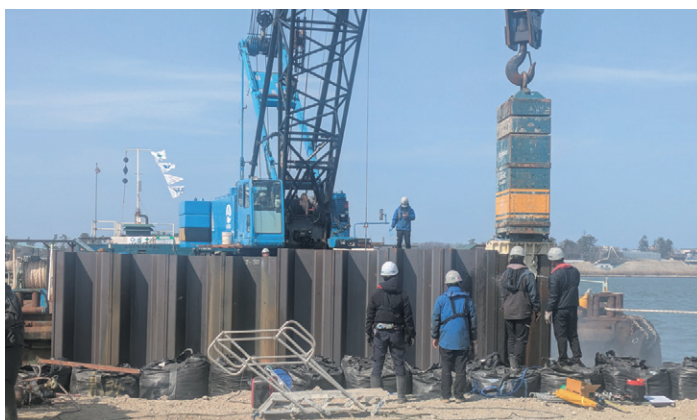
新たな岸壁の構造形式として採用されたのが、タイロッド式鋼矢板壁工



■重防食塗装のなされた鋼矢板



■海上台船からの鋼矢板の打設状況



■鋼矢板打設（停止位置確認）



■鋼矢板の打設状況



■打設後の鋼矢板配置状況

鋼矢板工法で実現した、次の災害に備える強靱な港

法である。タイロッド式鋼矢板壁工法は、前面の鋼矢板と背面の控え工（鋼管杭）をタイロッドで連結し、水平力に対する抵抗機構を形成する工法である。鋼矢板が海側へ倒れ込むのを、背後の鋼管杭が引張材で拘束することで抑制し、港湾護岸等での安定した水際構造を実現する。

前面にはハット形鋼矢板SP-50H（有効幅900mm・SYW390）を使用し、1バースあたり207枚、2バース合計で414枚を打設した。1枚の長さは約28mに及ぶ長尺材である。

この鋼矢板は、従来型に比べて断面性能が高く、曲げ剛性に優れるのが特長だ。港湾構造物として求められる耐久性、施工性、経済性のバランスに優れ、災害復旧という時間制約の厳しい条件下でも高い効果を発揮する。

鋼種には港湾用途に適した高靱性鋼が採用され、低温環境下でも粘り強さを維持できる仕様とした。控え工には、長さ約15.5mの鋼管杭（SKK490）を計138本配置し、鋼矢板と一体となって液状化による地盤変状にも耐えうる構造を形成している。応力度計算では、レベル1地震動を想定し、鋼矢板・鋼管杭ともに許容応力度内で十分な余裕を確認していることを確認した。

さらに、物流ニーズが特に高い2号岸壁側では、今回新たに地盤改良による液状化対策を実施した。地盤改良には

高圧噴射攪拌工法が採用された。地盤改良機により液体の固化材を高圧・高速噴射・攪拌することで固結する工法であり、既設の地下構造があっても施工可能であることが特徴である。控え工としての鋼管杭は控え工としての性能を満足するために粘土層に根入れするように長尺化された。これは被災前にはなかった対策であり、結果として岸壁の安全性は「元に戻す」だけでなく、「一段階引き上げる」こととなった。

自然と向き合う、
港湾工場の現場から

施工は決して平坦なものではなかった。

日本海側の冬季は強風や荒天の日が多く、28mに及ぶ鋼矢板をクレーンで吊り込む作業は、風速次第で即座に中断を余儀なくされる。安全確保を最優先とし、風況を見極めながら施工可能な時間帯を慎重に選定する必要があった。

また、被災した岸壁には船を直接接岸できないため、鋼矢板は一度別の岸壁で荷揚げし、必要量を台船に積み替えて現場へ運搬するという手順を取った。長尺材はヤードを占有するため、通常の港湾利用との調整も欠かせなかった。

鋼矢板の打設は海上の台船からパイプロハンマを用いて行われたが、地盤内の一部区間で硬い土層の影響とみら



■タイロッドの施工状況



■プレキャスト上部工



■プレキャスト上部工



■プレキャスト上部工の設置



■プレキャスト上部工の設置状況

済性が総合的に発揮された象徴的な事例である。

災害時において、時間は何よりも貴重だ。ハット形鋼矢板の採用により施工効率は大きく向上し、厳しい気象条件下においても工事を着実に前進させることができた。

また、液状化によって生じる大規模な地盤変状に耐えうる高い剛性と、最新の設計に基づく確実な支持力は、将来の地震を見据えた港湾の強靱化、すなわちレジリエンスの向上に直結している。既存構造物を生かした前出し工法との組み合わせにより、コストを抑制

れる打設困難箇所があった。そうした箇所ではウォータージェットを併用するなど、現場の判断による工夫が取り入れられた。

計画どおりに進まない状況に直面しながらも、安全管理と品質確保を最優先に、現場力によって一つひとつ課題を克服していった。

天候という不確定要素は残るものの、安全を最優先に、確実な復旧が続けられている。

鋼矢板がつかない金沢港の「復旧」と「未来」

戸水岸壁の復旧は、鋼矢板工法が持つ迅速性、信頼性、施工性、そして経

しつつ高品質な復旧を実現した点も大きな成果である。

港は地域経済を支え、非常時には人命を支える社会基盤である。鋼矢板によるこの強固な構造は、北陸の物流を守り、金沢港の機能と信頼を取り戻すための礎となった。戸水岸壁の再生は、その役割を未来へと確かにつなぐための重要な一歩である。

着実な復旧の先に港が再び動き出す日へ

鋼矢板の施工は2025年3月に着手され、控え杭も含めた打設作業は同年7月初旬に完了した。鋼矢板の1日あたりの打設枚数は平均して約9枚、最大で12枚と、厳しい自然条件の中でも安定した施工実績を残した。

地盤改良工事も計画どおり進み、現在は上部工および背後地整備が進められている。上部工では、現場でのコンクリート打設期間を短縮し、冬期の品質確保を図るため、プレキャスト部材が採用された。

今後、埋め戻しや舗装工事を経て、2026年3月下旬の供用開始を目指す。



■2025年7月の金沢港・戸水ふ頭の復旧状況

取材協力・資料提供：国土交通省北陸地方整備局 金沢港湾・空港整備事務所



重防食被覆鋼管杭の長期耐久性調査 (暴露40年経過時)

鋼管杭技術委員会／港湾・防食小委員会

1. はじめに

鋼管杭や鋼矢板は、施工性や構造性能の優位性から多くの港湾・沿岸構造物に適用されてきたが、海水に直接暴露され、潮位変動や波浪作用等による厳しい腐食環境に晒されることから、適切な防食対策が不可欠である。防食設計においては、「港湾の施設の技術上の基準・同解説¹⁾」に基づき、朔望平均干潮面以下1mよりも上部に被覆防食を施すことが標準とされ、工場の専用設備で被覆した重防食被覆工法が多く用いられている。この重防食被覆

工法の長期耐久性に関しては、波崎海洋研究施設砕波帯総合観測用栈橋（以下、波崎観測栈橋）にて、港湾空港技術研究所他との共同研究として、1984年から重防食鋼管杭の暴露試験²⁾を実施している。本レポートでは、暴露40年経過時（2024年）の調査結果について概要を紹介する。

2. 調査概要

現地での長期暴露試験に使用している波崎観測栈橋（図1参照）は、茨城県鹿島灘（漂砂影響が大きく砕波帯を含

む波浪海域）に位置し、防食工法の長期耐久性評価環境としては極めて厳しい条件におかれた全長427mの直杭式栈橋構造である。打設された鋼管杭47本に対して、各種防食工法に関する現地試験が実施されている。鋼管杭・鋼矢板技術協会では、No.31～35までの5本の鋼管杭の重防食被覆部分に関して、1984年から長期耐久性の試験を継続している。本試験における重防食鋼管杭は栈橋の中で最も外洋側に位置し、鋼管杭のコンクリート上部工の位置から-1.75m程度まで重防食被覆が施され、その直下にはサンドエロー

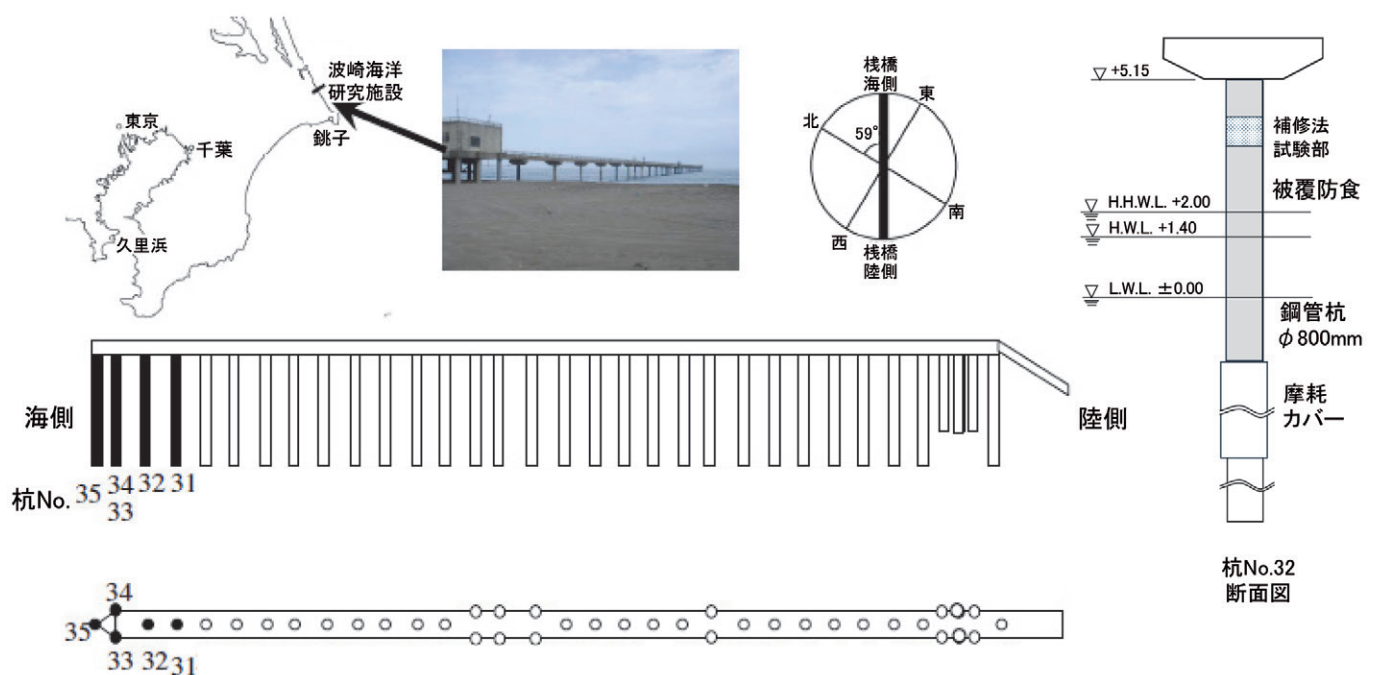


図1 波崎観測栈橋 位置図および横断・平面・断面図

ジョン対策として摩耗カバーを設置している。本試験の重防食被覆工法にはポリエチレン被覆を適用している。杭No.31～35は3種類の初期被覆厚の製品が使分けられている。

調査方法としては、毎年一般調査として外観観察を実施し、10年毎に詳細調査を実施している。2024年度の40年経過時の詳細調査は、30年経過時の試験項目をもとに、表1の項目を実施した。

表1 ポリエチレン被覆工法の各杭の調査項目

| 対象の鋼管杭 | No.31 | No.32 | No.33 | No.34 | No.35 |
|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 暴露開始時の平均初期被覆厚 (mm) | 4.6 | 4.6 | 3.6 | 2.9 | 2.9 |
| 現場調査 | | | | | |
| 外観 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 付着力試験 (ピール強度) | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 被覆厚み測定 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 鋼管杭の板厚測定 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 打音検査 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 室内サンプル調査 | | | | | |
| 厚さ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 機械的性質 (引張強度・伸び) | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 体積固有抵抗 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| Clイオン侵入濃度 (SEM-EDX) | ○ | — | ○ | — | ○ |
| 吸光度 (FT-IR) | ○ | — | ○ | — | ○ |

3. 現地調査

(1) 外観観察

足場上・潜水作業により目視・写真撮影による外観観察を行ったところ、重防食被覆部分に防食機能低下に繋がる大きな変状 (浮き、剥離等) は見られなかった。一例として、杭No.32の写真とスケッチを、30年経過時のものと併せて写真1、図2に示す。

(2) 付着力試験

重防食被覆の付着力はJIS G 3469 (ポリエチレン被覆鋼管) に規定されているピール強度測定に準じた。測定位置は暴露30年経過時にサンプルを採取した各杭の陸側 +3.5m付近の近傍とした。測定の結果、付着力は40年経過時においても出荷時製品仕様³⁾である35N/cmを高値で満足する良好な付着力294N/cmの維持を確認した。

(3) 被覆厚み測定

重防食被覆の厚みは電磁誘導方式膜厚計を用いて測定した。測定位置は+3.5m付近と+5.0m付近の各標高12箇所とした (杭No.33の標高+5.0m付近は補修工法によるチタンカバーが施工されているため未計測)。測定の結果、被覆厚みは出荷時の製品仕様³⁾である2.5mmを十分満足することを確認した (表2参照)。

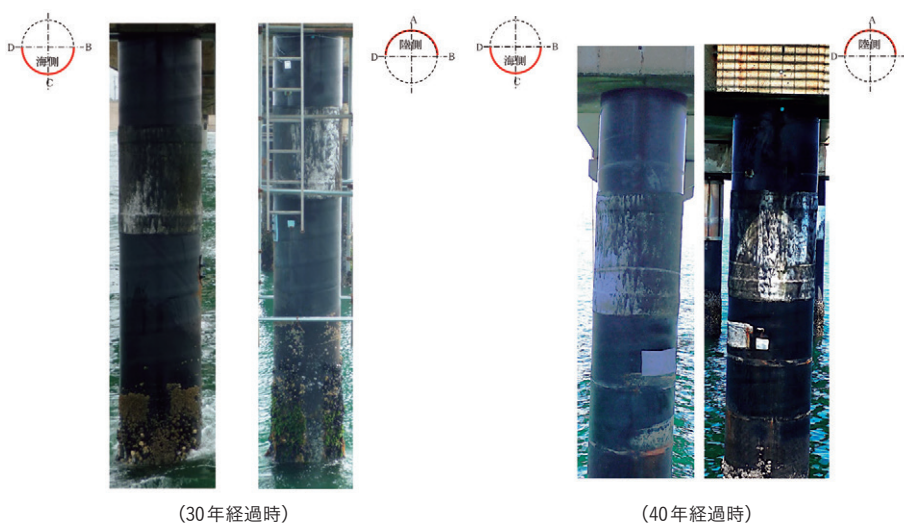


写真1 杭No.32外観写真

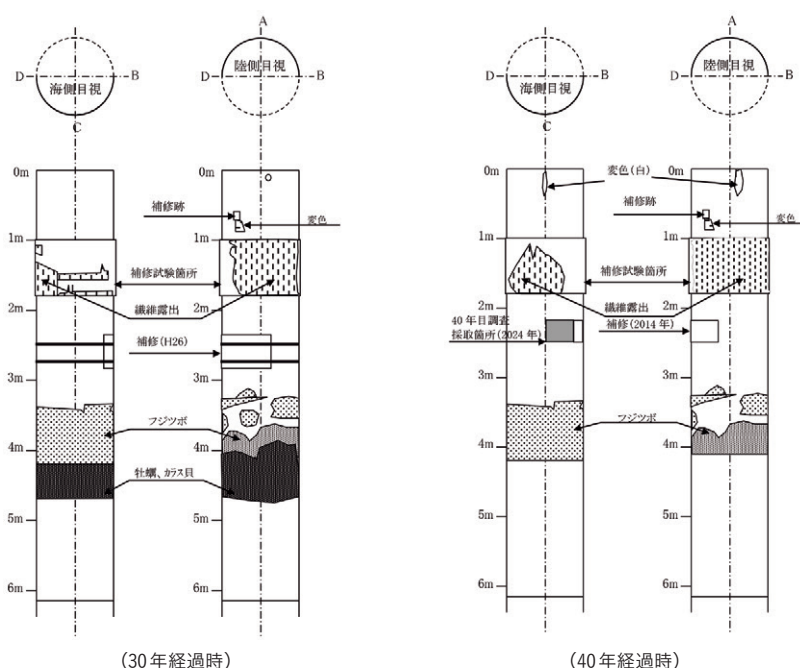


図2 杭No.32外観スケッチ

(4) 鋼管杭の板厚測定

杭の陸側+2.5m付近において、供用後30年経過時の調査として被覆を剥がした箇所の左隣において、200×200mmのポリエチレン被覆のサンプルを採取した。併せて、当該箇所の鋼管露出部を対象として板厚計測を実施した。図3に示す①～⑤の5点で、それぞれ3回ずつ計測を実施して、各点の平均値を整理した結果を表3に示す。また、5点×3回の15回計測における変動係数を併せて示す。その結果、杭No.31、杭No.33および杭No.35の変動係数が比較的大きく、計測点による板厚のばらつきが大きいことがわかる。特に、②、③および⑤の計測点において板厚が小さい傾向が認められ、20年および30年経過時に重防食部を剥がした後の補修部側から劣化が進んだ可能性が高いと推察

される。このため、30年採取部から最も離れている①および④の計測点を対象として平均値を算出し、20年経過時および30年経過時の調査結果とあわせて表4に整理した。これらと比較した結果、いずれの杭においても30年経過時と比べ、顕著な板厚減少は認められず、「JIS A5525 鋼管ぐい」に規定される板厚のマイナス公差(-0.8mm)を考慮した管理値である11.2mm以上が確保されていることを確認した。20年経過時よりも板厚が減少しているのは、既述のとおりサンプル取得部分の端部から接着劣化が進んだ影響と考えられる。

4. サンプルを用いた室内試験

重防食被覆のサンプルを採取し、試験室内で各種調査を実施した。

(1) 引張強度

採取サンプルの表面疵を除去した上で試験体を切り出し、JIS K 7113に準拠した引張試験を行った。測定の結果、出荷時製品仕様³⁾である引張破断強度11.8N/mm²および引張破断時の伸び300%を下回る試験体がそれぞれ存在することが分かった。試験体の破断モードに着目すると、評点間距離外での破断や、これまでの詳細調査で見られなかった層状剥離破断の発生が確認された。測定結果を表5に示す。

(2) 体積固有抵抗

採取サンプル塗膜面に電導ペーストを塗布し、アルミ箔電極(主電極、ガード電極)を貼付後、30分以上待機し絶縁抵抗値の測定を行った(図4参照)。印加電圧は100Vとした。体積固有抵抗は絶縁抵抗値に電極面積をかけ、厚

表2 被覆厚み測定結果

| 杭No. | 最小被覆厚み (mm) |
|------|-------------|
| 31 | 4.2 |
| 32 | 4.0 |
| 33 | 3.6 |
| 34 | 3.4 |
| 35 | 3.3 |

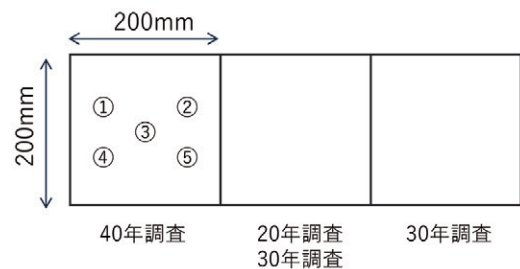


図3 板厚計測位置

表3 板厚計測結果

| 杭No. | 40年経過時板厚 (mm) | | | | | | | |
|------|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ | ①～⑤平均 | 変動係数 | ①, ④平均 |
| 31 | 11.90 | 11.60 | 11.90 | 11.90 | 11.43 | 11.75 | 0.017 | 11.90 |
| 32 | 11.70 | 11.87 | 11.83 | 11.70 | 11.70 | 11.76 | 0.007 | 11.70 |
| 33 | 11.60 | 11.40 | 11.40 | 11.83 | 11.30 | 11.51 | 0.017 | 11.72 |
| 34 | 12.00 | 11.90 | 11.90 | 11.93 | 11.97 | 11.94 | 0.007 | 11.97 |
| 35 | 11.73 | 11.10 | 11.60 | 11.90 | 10.50 | 11.37 | 0.045 | 11.82 |

表4 板厚計測結果(30年経過時との比較)

| 杭No. | 20年経過時 | 30年経過時 | 40年経過時 ^{注)} |
|------|-----------|-----------|----------------------|
| | 平均板厚 (mm) | 平均板厚 (mm) | 平均板厚 (mm) |
| 31 | 11.94 | 11.81 | 11.90 |
| 32 | 11.92 | 11.83 | 11.70 |
| 33 | 12.02 | 11.72 | 11.72 |
| 34 | 12.02 | 11.87 | 11.97 |
| 35 | 12.07 | 11.86 | 11.82 |

注) 計測点①, ④の平均値

表5 引張強度測定結果

| 杭No. | 最小破断強さ (N/mm ²) | 最小伸び率 (%) |
|------|-----------------------------|-----------|
| 31 | 8.8 | 85 |
| 32 | 8.9 | 351 |
| 33 | 4.2 | 425 |
| 34 | 18.3 | 752 |
| 35 | 10.7 | 556 |

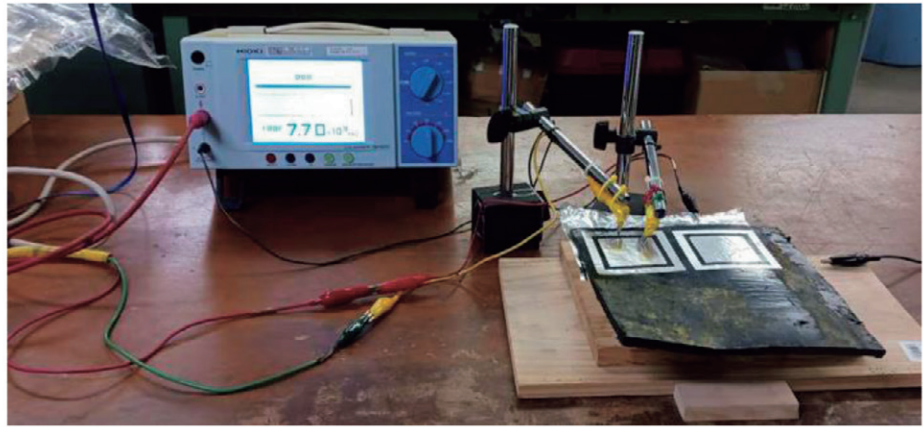
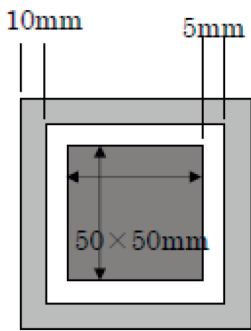


図4 絶縁抵抗値の測定状況

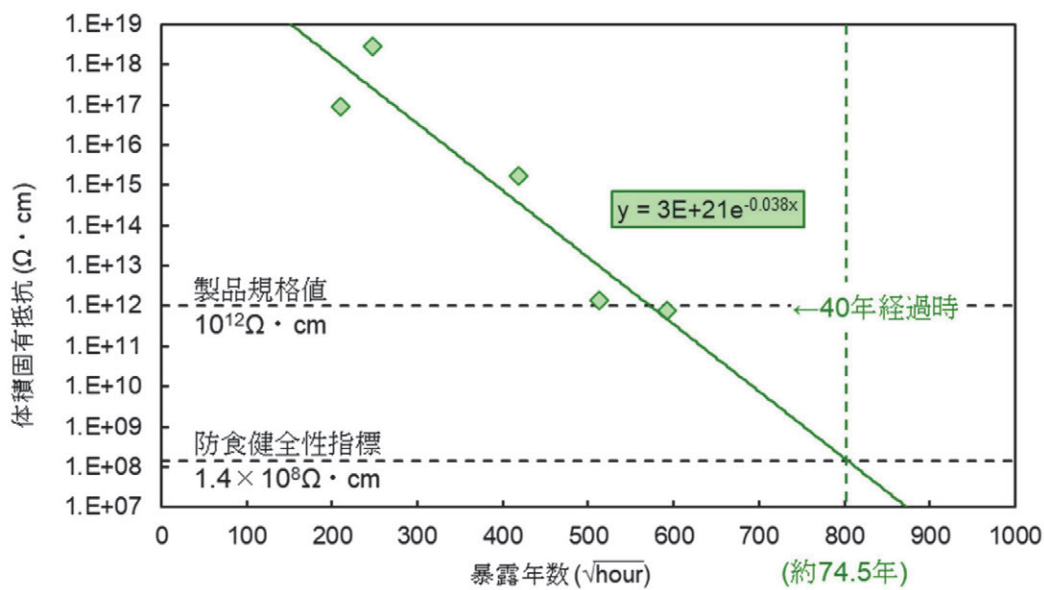


図5 平均体積固有抵抗値経年変化²⁾

みで除して算出した。過去の計測結果とあわせて図5に示す。体積固有抵抗は一部の杭で、製品規格値の $1.0 \times 10^{12} \Omega \cdot \text{cm}$ を下回るものがあったが、防食健全性指標²⁴⁾である $1.4 \times 10^8 \Omega \cdot \text{cm}$ は確保できていることを確認できた。

5. まとめ

波崎観測栈橋における被覆防食工法の長期暴露試験に関して、40年経過時

点の調査を実施した。その結果、重防食被覆材自体の経年による劣化が進んでいるものの、防食性能上必要な体積固有抵抗の指標は上回り、鋼管杭の板厚も減少していないことが確認された。本レポートでは、調査結果の概要のみを紹介したが、詳細な結果は別の機会に公表する予定である。

今後も、長期暴露試験の定期調査を継続し、更なる重防食被覆の長期耐久性に資するデータを蓄積していく所存である。

【参考文献】

- 1) 国土交通省港湾局監修：港湾の施設の技術上の基準・同解説、(社)日本港湾協会、pp.599-601, 2018.
- 2) 山路ら：長期海洋暴露試験に基づく鋼管杭の防食工法の耐久性評価に関する研究 (30年経過時の報告)、港湾空港技術研究所資料、No.1324, 2016.6.
- 3) 一般社団法人 鋼管杭・鋼矢板技術協会：重防食鋼管杭・鋼管矢板製品仕様書、2016.3
- 4) R.Charles Bacon, Joseph J.Smith, and Frank M.Rugg：Electrolytic Resistance in Evaluating Protective Merit of Coatings on Metals, Industrial and Engineering Chemistry, Vol. 40, No. 1, 1948.

1 『鋼管杭施工管理士』資格の統合について

(一社)日本基礎建設協会、(一社)コンクリートパイル・ポール協会、(一社)鋼管杭・鋼矢板技術協会の三協会では、令和8年度(2026年度)から現行の基礎施工士に鋼管杭施工管理士を組み入れ、新たな資格検定試験【登録基礎くい工事試験(基礎施工士)】を実施致します。本試験の合格者は、新たな統合資格者(資格名:基礎施工士)として認定されることになります。

2 協会発行の新出版物のご案内

- 鋼管杭・鋼管矢板標準製作仕様書 第8版 2025年8月 WEB公開
- 橋台基礎前面補強壁の設計評価方法に関する検討資料 2025年9月 WEB公開
- 鋼管杭 -その設計と施工- / 第3編 調査と載荷試験, 第6編 腐食及び防食 2026年2月 WEB公開

3 技術論文・報文の発表

- ①細田光美: 最近の鋼管杭の施工管理技術 / 基礎工 (2025年5月号)
- ②村井優靖・古川幸・廣瀬智治・木村祥裕: 一定軸力と曲げモーメントが作用する鋼管杭頭接合部の破壊性状と曲げ耐力評価～ ϕ 267.4 鋼管を用いた検討～ / 2025年度 日本建築学会 近畿支部研究発表会 (日本建築学会)
- ③藤原良博・塩見忠彦・和田湧気・土方勝一郎・柳悦孝・内藤彩乃・市川和臣・時田知典・南貴士・森本凌・廣瀬智治: 様々な杭配置に対する群杭効率評価法の研究(その5～7) / 2025年度 日本建築学会大会 (日本建築学会)
- ④木村祥裕・古川幸・村井優靖・内藤彩乃・市川和臣・時田知典・南貴士・森本凌・廣瀬智治: 一定軸力と曲げモーメントが作用する鋼管杭頭接合部のM- θ 関係 ～ ϕ 267.4 鋼管を用いた検討～ その1～3 / 2025年度 日本建築学会大会 (日本建築学会)

4 技術講習会・説明会開催実績

(1) TBS工法協会令和5年度通常総会研修会

- ・主催: TBS工法協会
- ・開催日: 2025年6月13日 パレスホテル大宮
- ・内容: 鋼管杭の施工に関する資格の統合について

(2) 建設コンサルタンツ協会 関東支部 講習会

- ・主催: (一社)建設コンサルタンツ協会
- ・開催日: 2025年10月1日 WEB配信
- ・内容: 鋼管杭の設計・施工に関する留意点 ～施工上の利点と設計・施工における留意点～

5 各種技術活動

(1) 外部委員会活動

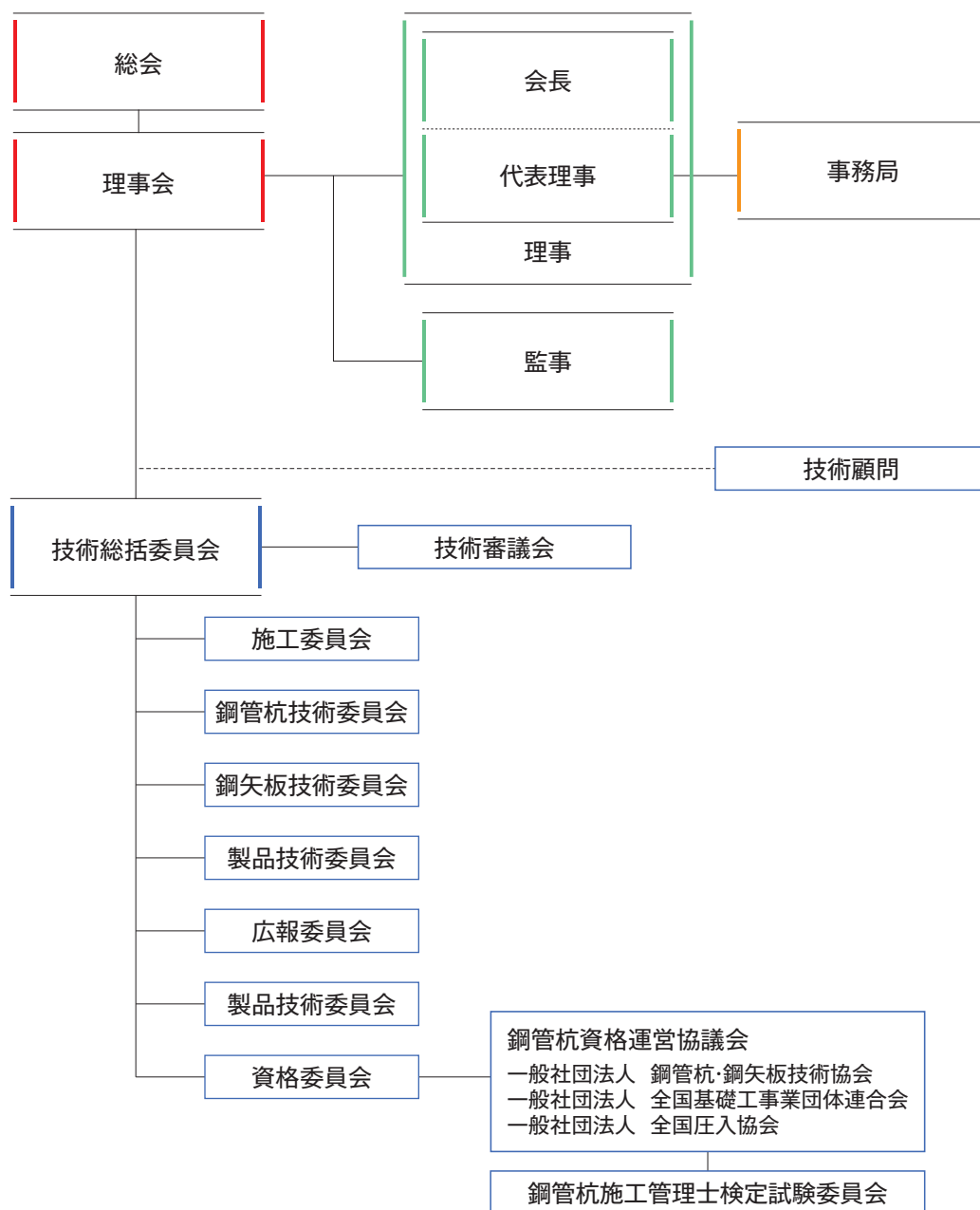
- ◇(一社)日本建築学会
 - ・基礎部材の強度と変形性能小委員会, 同 小委員会 / 鋼管杭性能検討WG

(2) 共同研究

- ・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(港湾空港技術研究所ほか)
- ・鋼管杭 杭頭接合部の終局耐力と塑性変形性能の評価(その3)(東北大学、大阪公立大学)
- ・鋼矢板二重壁を用いた河川堤防強化技術の試験施工及び技術検証(技研製作所)

一般社団法人

鋼管杭・鋼矢板技術協会組織図 (2026年3月)



一般社団法人

鋼管杭・鋼矢板技術協会社員 (50音順)

| | |
|--------------|------------|
| 株式会社クボタ | 株式会社テクノックス |
| JFEスチール株式会社 | 日鉄大径鋼管株式会社 |
| JFE大径鋼管株式会社 | 日本製鉄株式会社 |
| 株式会社ジオダイナミック | 丸五基礎工業株式会社 |
| ジャパンパイル株式会社 | 丸泰土木株式会社 |

明日を築く No. 93

2026年5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

