



Annual Report 2018

所長のご挨拶

世界に貢献する技術をめざして

港湾空港技術研究所は、2016年4月に、海上技術安全研究所、電子航法研究所との統合によって発足した国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所において、港湾及び空港の整備等に関する調査、研究及び技術の開発等を担う研究所として再スタートしました。前身である運輸省港湾技術研究所の1962年の誕生以来、我々は、鹿島港開発や関西国際空港建設などの数々の港湾・空港プロジェクトを技術的に支援し、世界的にも評価される研究成果をあげてまいりましたが、今後は、他の二つの研究所を含む異なる分野の研究者の連携、融合をさらに拡大、深化させ、研究開発成果の最大化を図ってまいります。

さて、本年次報告は第一期中長期計画(2016年度～2022年度)の2年度目である2017年度の実績を取りまとめたものです。第一期中長期計画においては、「沿岸域における災害の軽減と復旧」、「産業と国民生活を支えるストックの形成」、「海洋権益の保全と海洋の利活用」、「海域環境の形成と活用」の4つの研究開発課題に重点的に取り組むこととしております。

2017年度の具体的な取り組みとしては、「沿岸域における災害の軽減と復旧」では、石油コンビナートの防災性向上に関する診断・対策技術の開発や、津波による海上火災数値シミュレーションモデルの開発では漂流物の挙動に関して実験との比較を行いました。「産業と国民生活を支えるストックの形成」では、インフラの点検診断システムに関して、港湾構造物のヘルスマonitoringの導入を検討し、「海洋権益の保全と海洋の利活用」では、深海用および浅海用の音響ビデオカメラの実海域での実証試験を実施しました。さらに、「海域環境の形成と活用」では、多様な沿岸域におけるブルーカーボン(緩和効果)の定量化と、生態系の影響を考慮した波浪減衰予測モデル(適応効果)の両方を可能とする新たな沿岸生態系モデルの構築を行いました。

上記研究の遂行に当たっては、当研究所の二大モットーである、「研究水準が世界最高レベルであること」と「研究成果が実際のプロジェクトで役立つこと」を追い求めつつ、国が進めるインフラの海外展開への貢献や海外諸国への技術支援など、戦略的な国際活動についても、推進することができたと考えております。

また、2017年4月1日には、「港湾空港生産性向上技術センター」を新たに設立し、港湾及び空港に関する技術者・労働者の減少、老朽化インフラの増大、被災後の迅速な機能復旧等に所内横断的に対応するための組織として、港湾及び空港の生産性向上を技術面で支援する活動を始めました。さらに2017年10月1日に「海洋インフラ技術推進センター」を改称し、「海洋インフラ・洋上風力技術センター」として我が国にとって最重要施策の一つである「海洋の開発・利用推進」を技術面で支えるとともに、近年、我が国においても実施段階を迎えている洋上風力発電の更なる導入推進を技術面で支える活動を強化しました。

熊本地震発生から2年がたちましたが、引き続き、地震や高波といった自然災害が発生しています。今後も、当研究所が我が国独自の厳しい自然条件の下、現場に密着した実践的な研究開発を行っている研究機関であるという独自性に鑑み、当研究所が持つ知見、人材等を活用し、防災に係る啓蒙、地震、津波等災害発生時の応急対応及び復旧に対する支援等も実施したいと考えております。

引き続き、皆様のご理解とご支援をお願い申し上げます。



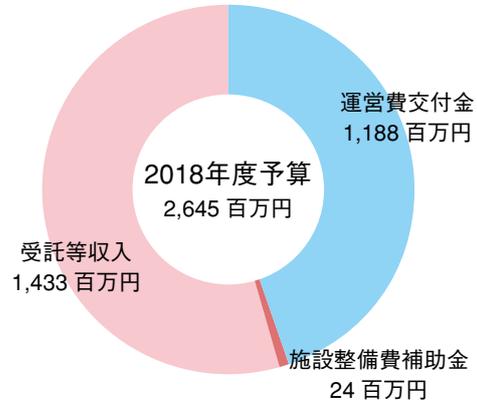
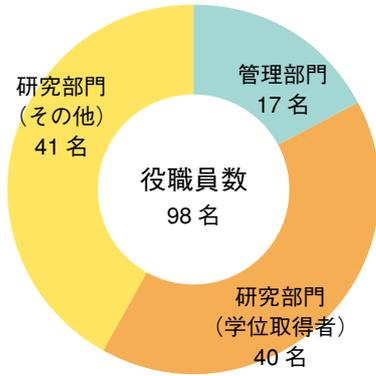
所長(理事) 栗山 善昭

CONTENTS

| | | | |
|------------------------|--------|-----------|--------|
| 1 組織等の概要 | ・・・02p | 6 研究成果の公表 | ・・・19p |
| 2 研究所運営の基本方針 | ・・・03p | 7 開かれた研究所 | ・・・20p |
| 3 2017年度の研究体系 | ・・・04p | 8 高い外部評価 | ・・・21p |
| 4 各研究テーマの概要及び2017年度の活動 | ・・・05p | 9 研究所の出来事 | ・・・22p |
| 5 基礎研究と萌芽的研究 | ・・・14p | | |

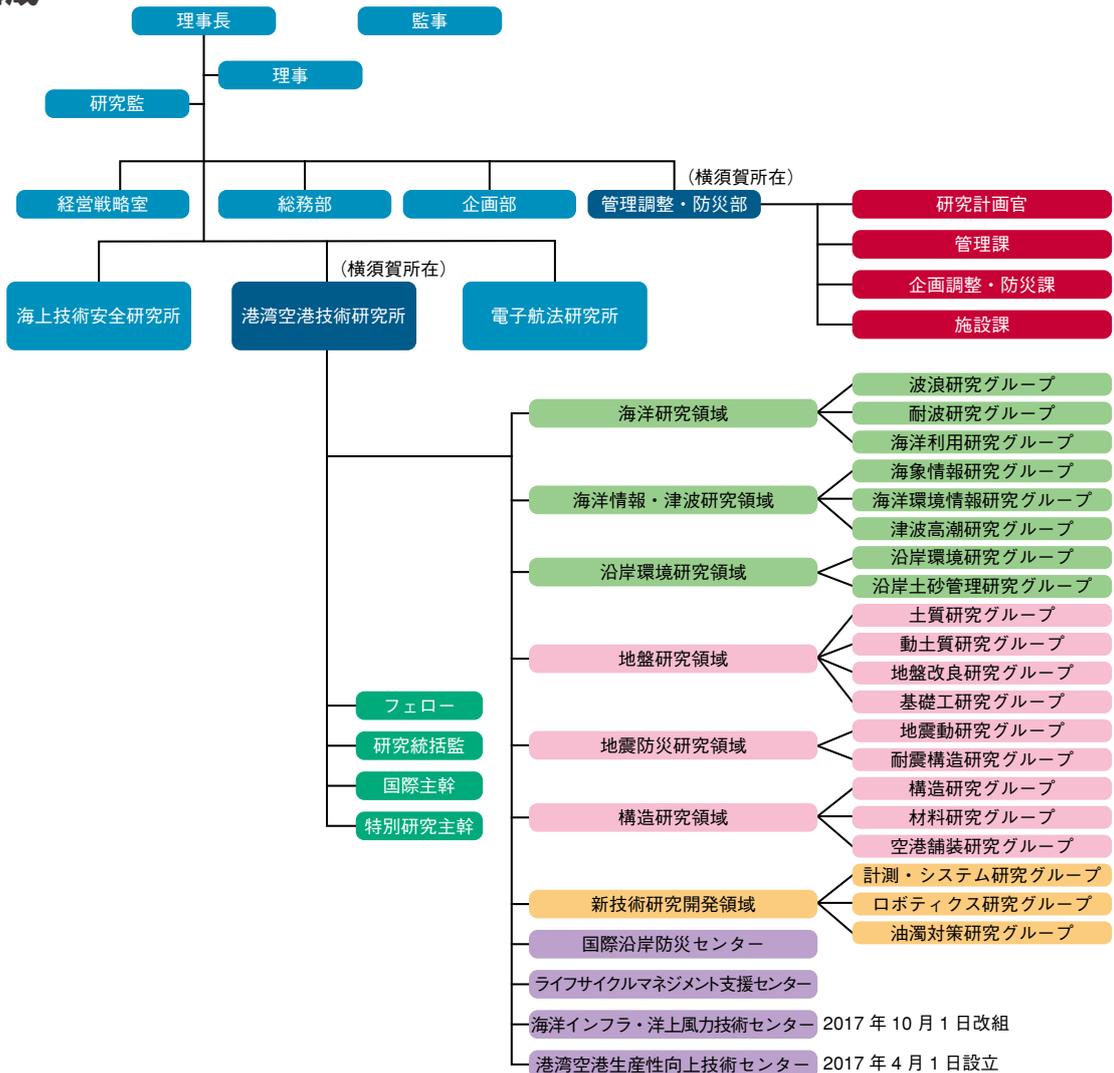
組織等の概要

役員及び予算



2018年4月1日時点
(横須賀勤務)

組織構成



2018年4月1日時点

研究所運営の基本方針

中長期目標（2016年度～2022年度）

国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所が達成すべき業務運営に関する目標として、国土交通大臣により中長期目標が定められており、同目標において、以下のとおりその活動が明記されている。

独立行政法人改革等に関する基本的な方針（平成25年12月24日閣議決定。以下「改革の基本的な方針」という。）を踏まえ、その政策実施機能の強化を図るべく、今般、国土交通省が所管する国立研究開発法人海上技術安全研究所、国立研究開発法人港湾空港技術研究所及び国立研究開発法人電子航法研究所を統合し、国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所（以下「研究所」という。）を設立した。通則法第2条第1項に規定されているとおり、研究所は、国民生活及び社会経済の安定等の公共上の見地から確実に実施されることが必要な事務及び事業であって、国が自ら主体となって直接に実施する必要のないものうち、民間の主体に委ねた場合には必ずしも実施されないおそれがあるものを効果的かつ効率的に行うために設立されている法人である。

各研究所それぞれが担ってきた役割の大きさに鑑みれば、研究所は、「改革の基本的な方針」に沿って、従前より培ってきた豊富な知見やプレゼンスを今後も十分に活かし研究開発を進めることが必要である。さらに、社会環境の変化に対応して研究内容の見直しと重点化を不断に行うとともに、新たな萌芽の研究に取り組むなど、各分野における政策課題の解決に向けた研究開発をより一層積極的に実施していく。

また、研究所は、このような各分野における研究開発の推進によって、技術シーズを磨き、専門的な知見を蓄積してきたからこそ、それを活用した分野横断的な研究の実施が可能となっている。このことを踏まえ、分野横断的な研究を効率的かつ効果的に実施し、例えば、国土形成計画に位置付けられた「海洋権益の保全及び海洋資源・海洋再生エネルギーの開発等の利活用の推進」等、我が国の政策の実現に貢献していく。

さらに、これらの研究開発の成果を社会に還元させるとともに、外部機関との連携、研究成果の広範な普及に努めることが重要である。加えて、国際的な基準・標準策定への積極的な参画や、国際協力を通じて我が国の技術やシステムの国際的な普及を図る等の国際活動を戦略的に実施していくことも重要である。

以上のように、我が国が直面する多様かつ重大な課題の解決のため、国土交通省技術基本計画に基づき、国土交通省が推進する政策の実現に貢献していくことが研究所のミッションである。

中長期計画（2016年度～2022年度）

国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所は、国土交通大臣が定めた中長期目標を受け、それを達成するための中長期計画を策定している。そのうち、研究開発の成果の最大化その他の業務の質の向上に関する事項のポイントは、次のとおりである。

1) 分野横断的な研究の推進等

旧3研究所の研究領域にまたがる分野横断的な研究を効率のかつ効果的に実施し、海洋の利用促進、産業の国際競争力強化等の政策の実現に貢献する。

2) 港湾、航路、海岸及び飛行場等に係る技術に関する研究開発等

国土交通省で推進する港湾・空港施設等の防災及び減災対策、既存構造物の老朽化対策、海洋開発の拠点整備等の課題へ対応するため、次頁の研究体系に示す研究開発課題に重点的に取り組む。

また、基礎的な研究のうち、波浪や海浜変形等に係るメカニズムや地盤及び構造物の力学的挙動等の原理や現象の解明に向けて積極的に取り組む。

併せて、新たな研究成果を創出する可能性を有する萌芽的研究に対し、先見性と機動性を持つて的確に対応する。

3) 研究開発成果の社会への還元

技術的政策課題の解決に向けた対応、災害及び事故への対応、橋渡し機能の強化、知的財産権の普及活用、情報発信や広報の充実に取り組む。

4) 戦略的な国際活動の推進

国際基準化・国際標準化への貢献、海外機関等との連携強化に取り組む。

研究所の運営

迅速な意思決定に努め、戦略的な研究所運営に取り組む。また運営に係る多様な事項について、幅広い視点から多角的な検討を行うため、以下に示す各会議等を開催する。

- 1) 経営戦略会議：研究所の運営の根幹に係る重要な事項について審議する意思決定会議
- 2) 幹部会：部長級以上の全役職員と管理調整・防災部3課長で構成する毎週の定例会議
- 3) 評議員会：外部有識者の広くかつ高い見識から答申を得ることを目的として設置している会議
- 4) 外部評価委員会：研究所が行う研究について第三者による客観的及び専門的視点から評価を行う外部機関

2017年度の研究体系

1
2
3
2017年度の研究体系
4
5
6
7
8
9

| 研究開発課題 | 研究テーマ | 研究サブテーマ | 研究の種別 | 研究実施項目 (☆は特別研究) | |
|-------------------------|---|------------------------------|-------------------------------|--|----------------------------------|
| 1 沿岸域における災害の軽減と復旧 | 1A 地震災害の軽減や復旧に関する研究開発 | ①最大級の地震による波形予測と被害予測に関する研究 | 基礎研究 | 港湾地域および空港における強震観測と記録の整理解析 (2A ②) | |
| | | | 基礎研究 | 地震災害および被災要因調査 (2A ②) | |
| | | | 基礎研究 | 大都市直下で発生する大地震に対する強震動予測手法の開発 | |
| | | | 基礎研究 | 地震動の連成作用下の液状化地盤の挙動評価・分析と対策 | |
| | | | 応用研究 | 多種多様な施設で構成されるコンビナートの防災性向上に関する診断・対策技術開発 | |
| | | | 応用研究 | 最大級の地震に対する沿岸域構造物の耐震性能照査の技術開発 | |
| | | | 基礎研究 | 海底地盤流動のダイナミクスと防波堤・護岸の安定性評価に関する研究 | |
| | | | 基礎研究 | 地盤工学的観点からの高波に対する海岸施設の安定性評価手法の検討 (1C ②) | |
| | | | 1B 津波災害の軽減や復旧に関する研究開発 | ①ICTによる意思決定支援システムに関する研究 | 開発研究 |
| | 開発研究 | 複合観測情報に基づく津波予測技術の開発 | | | |
| | 応用研究 | 三次元高精細津波遡上シミュレータの高度化 | | | |
| | ②耐津波強化港湾の形成に関する研究 | 基礎研究 | 津波による構造物周辺の局所洗濯量の推定手法の構築 | | |
| | | 1C 高潮・高波災害の軽減や復旧に関する研究開発 | ①高潮・高波の予測と最大級の被害想定に関する研究 | 基礎研究 | 海象観測データの集中処理・解析に基づく海象特性の解明 |
| | | | | 応用研究 | 日本沿岸におけるうねり性波浪の季節・海域特性とその出現機構の検討 |
| | 開発研究 | 港内の強風による波や航走波の造波・静穏度解析手法の開発 | | | |
| 基礎研究 | うねり性波浪の波浪推算精度向上に向けた提案 | | | | |
| 応用研究 | 構造物の被災状態に応じた波浪変形・伝播特性の評価 | | | | |
| 基礎研究 | ☆メソスケール気象モデルを用いた沿岸の海象・海洋環境予測モデルの開発 | | | | |
| 応用研究 | 設計潮位を超える津波・高潮時の風波による波力と越流・越波に関する研究 (1B ②) | | | | |
| 2 産業と国民生活を支えるストックの形成 | 2A 国際競争力確保のための港湾や空港機能の強化に関する研究開発 | ①国際競争力確保のための港湾や空港機能の強化に関する研究 | 開発研究 | 連続コンテナターミナルの有効活用方策やターミナル作業の自動化等の効率化方策の開発 | |
| | | | 応用研究 | CIMの活用による省力化・工期短縮・コスト縮減の研究 | |
| | | | 応用研究 | 地盤改良工法や埋立材料の違いを考慮した空港埋立地盤の性能評価手法の開発 (2C ①) | |
| | 2B インフラのライフサイクルマネジメントに関する研究開発 | ①インフラの長寿命化技術に関する研究 | 基礎研究 | 暴露試験によるコンクリート、鋼材及び各種材料の長期耐久性の評価 | |
| | | | 基礎研究 | 海洋構造物の被覆防食工法における性能評価手法の開発 | |
| | | | 基礎研究 | 過酷環境下における各種材料の耐久性評価 | |
| | | | 応用研究 | 空港アスファルト舗装の長寿命化に資する舗装材料の改良に関する提案 (2A ②) | |
| | | | 応用研究 | 維持管理を考慮した構造設計手法の開発 | |
| | | | 応用研究 | ☆海洋コンクリート構造物の補修・補強技術の体系化 | |
| | ②インフラの点検診断システムに関する研究 | 開発研究 | 港湾構造物のヘルスマonitoringの導入に関する検討 | | |
| | | 開発研究 | 栈橋上部点検のためのROVの機能拡充 (2A ①) | | |
| | | 開発研究 | 港湾施設群のLCC最適化のための維持管理計画策定手法の検討 | | |
| | ③インフラのマネジメントシステムに関する研究 | ①既存施設の改良・更新技術に関する研究 | 基礎研究 | 不均質地盤に対する地盤改良仕様の提案 (2A ②) | |
| | | | 応用研究 | 港湾・空港施設更新・改良のための杭の支持力評価手法に関する研究 (2A ②) | |
| | | | 基礎研究 | ☆微視構造を考慮した複合地盤材料の力学特性評価の高精度化 | |
| 2C インフラの有効活用に関する研究開発 | ②建設副産物等の有効活用・処理技術に関する研究 | 基礎研究 | ☆微視構造を考慮した複合地盤材料の力学特性評価の高精度化 | | |
| | | 応用研究 | 浚渫土砂処分場の高容量化に関する技術開発 | | |
| | | 応用研究 | 海面処分場の高度土地利用のための構造物基礎構築技術の評価 | | |
| 3 海洋の利活用 | 3A 海洋の開発と利用に関する研究開発 | ①遠隔離島での港湾整備に関する研究 | 開発研究 | 海洋上の孤立リーフ海域に建設される係留施設の利活用に関する技術開発 | |
| | | | 開発研究 | 港湾内の船舶の新型係留装置に関する技術開発 | |
| | | | 開発研究 | 遠隔離島における港湾施設等の点検・調査技術に関する研究 (2A ①) | |
| | | ②海洋の利用・開発を支援するインフラ技術に関する研究 | 開発研究 | 次世代音響画像システムの開発 (2A ①) | |
| | | | 開発研究 | 水中機械化施工におけるマシンガイダンス技術に関する研究 (2A ①) | |
| | | | 基礎研究 | ☆離島における炭酸カルシウム地盤の形成と安定性に関する現地調査と情報解析 | |
| 4 海域環境の形成と活用 | 4A 沿岸生態系の保全や活用に関する研究開発 | ①沿岸生態系の活用に関する研究 | 基礎研究 | ☆ブルーカーボンによる気候変動の緩和効果と適応効果の全球推計 | |
| | | | 基礎研究 | 沿岸底生生態-地盤環境動態の統合評価予測技術の開発 | |
| | | | 基礎研究 | ☆大気・海洋に関する湾口横断観測と解析 | |
| | | | 基礎研究 | 沿岸生態系シミュレーションにおけるマクロ生物の動態解析 | |
| | | | 基礎研究 | 沿岸域における場の規模を考慮した生物多様性評価手法の開発 | |
| | | | 基礎研究 | データ同化による沿岸域の流動及び水質環境の解明 | |
| | ②内湾域の水環境リアルタイム予測技術に関する研究 | ③海上流出油への対応技術に関する研究 | 開発研究 | ☆自然災害等を含めた流出油防除に向けた新技術の研究開発 | |
| | | | 基礎研究 | 平均海面上昇等に伴う海岸地形変化の実測と将来予測手法の汎用化 | |
| | | | 基礎研究 | ☆河口域周辺での土砂輸送および航路・泊地への集積機構の解明 | |
| | | | 基礎研究 | ☆海域における沿岸地形モニタリングへの航空深淺測定の適用性に関する検討 | |

各研究テーマの概要及び 2017 年度の活動

1A 地震災害の軽減や復旧に関する研究開発

研究の目的・背景

- ・南海トラフ巨大地震や首都直下地震をはじめとする大規模災害に対して、地震後の早い段階からの所要の幹線貨物輸送機能の確保、また、復旧復興の拠点としての必要最小限の緊急物資輸送機能の早期確保が必要とされている。さらには地震・津波・高波と地盤の相互作用による沿岸災害が懸念され、その軽減が必要とされている。
- ・そこで、本研究テーマでは、海溝型大規模地震発生時に予測されている長周期・長継続時間の地震動特性や、局所的な地盤特性による地震動特性に対応した施設の耐震性診断・耐震性能照査に基づく耐震性向上と工費縮減を両立させる研究開発を行う。特に、高度経済成長期に整備され設計寿命を迎えつつある施設を供用しながら、耐震性の調査や診断を可能とする手法や、耐震性向上対策の実施を可能とする工法等の研究開発を行う。

研究の概要

次の3つのサブテーマを設け研究開発を行う。

i) 最大級の地震による波形予測と被害予測に関する研究

海溝型巨大地震がもたらすことが懸念される最大級かつ継続時間の長い地震動の予測技術の開発を行う。また、最大級かつ継続時間の長い地震動に対する液状化予測および構造物の被害予測技術の開発などを行う。

ii) 最大級の地震に対する被害軽減技術に関する研究

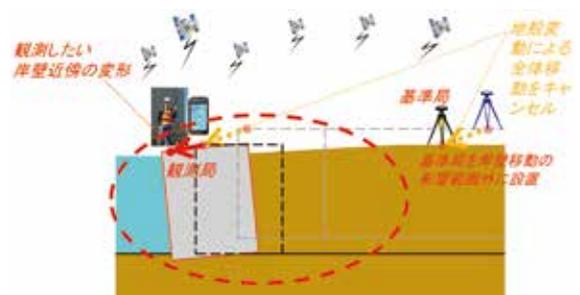
既存構造物の耐震補強を効果的に進めるため、与えられた制約の下で最も効果的な対策を提案していく。その際、新たな素材や構造・工法を用いた被害軽減・強靱化技術を積極的に用いていく。特に、コンビナートなどの耐震性向上策として、施設全体の機能維持並びにコスト縮減の視点に立ち、供用制限を少なくした調査・診断・対策技術を開発する。また、災害直後に被害の程度を現地で迅速に評価する簡易判定法の開発や応急復旧技術の開発などを行う。

iii) 地震・津波・高波と地盤ダイナミクスの相互作用に関する研究

地震時、波浪作用時の海底地盤の液状化や吸い出し・陥没等安定性評価、津波作用時の防波堤基礎マウンドの支持力低下機構など、地震、波浪と地盤の相互作用に関する研究を進める。また地震による海底地滑りの発生やこれに起因する津波現象、さらに津波、高波作用時の地盤の動態、変形破壊機構およびその対策についての検討を、数値シミュレーションモデルや模型実験(遠心載荷装置や大規模波動水槽)等を用いて進める。

2017 年度の活動

- ・平成27年1月～12月の期間で2864個の強震記録を得た。これらの記録を整理・解析し、港湾空港技術研究所資料として刊行する予定である。
- ・国土交通省港湾局等関係機関と連携し、地震後の港湾施設の被災状況把握、利用可否判断に係るRTK-GNSSを用いた岸壁変形量計測ツールの現地導入について検討した。
- ・大都市直下で発生する大地震に対する強震動予測手法の開発のため、特性の異なる複数のスラブ内地震を対象に、震源モデルの開発と検証を行った。
- ・地震動の連成作用や細粒分を含有する地盤を対象として液状化挙動の評価・分析を行い、液状化域の進展・伝播に伴う地盤内流動特性・機構を明らかにした。
- ・コンビナートの防災性向上に関する診断・対策技術を開発するため、実在する臨海部コンビナート施設を対象に行った、防災科学技術研究所の大型振動台「E-ディフェンス」による模型振動実験について耐震対策効果を確認し、数値解析による挙動再現を行った。
- ・鋼管部材の数値解析モデル化法を開発し、栈橋、鋼管矢板式岸壁および矢板控え工の照査用限界値を変更した新たな耐震設計法を提案した。
- ・津波に対する防波堤マウンド・地盤のダイナミクスと対策工(腹付工)の双方を含めた防波堤の安定性評価についてとりまとめを進めた。
- ・波に対する地盤の安定性を調べる遠心模型実験を実施し、地盤内の応力や水圧が地盤の安定性に影響を与えることを明らかにした。また、浅海変形させるための距離を取れない狭い試料容器内で砕波を再現するための検討を行い、遠心模型実験と数値解析との対比を行った。



RTK-GNSSを用いた岸壁変形量計測ツールと敦賀港における試測

各研究テーマの概要及び 2017 年度の活動

1B 津波災害の軽減や復旧に関する研究開発

研究の目的・背景

- 2011年の東日本大震災以降、越流を伴う津波に対しても安定な構造物の開発や、構造物が破壊されて生ずるガレキの漂流などを予測する数値シミュレーションモデルの開発等を行ってきた。しかし、陸上部を遡上する複雑な津波の挙動やそれに伴う被害は十分に明らかにされておらず、その推定方法も未開発である。また、避難等に活用が期待される浸水リアルタイム予測技術に関しても、利用しているデータはGPS波浪計のデータのみであり、他の貴重なデータは活用しきれていない。
- そこで、本研究テーマでは、防災・減災対策を被害先行型から対策先行型へ切り替えていくため、最大級の津波に対しても強靱な(レジリエントな)沿岸域の構築、すなわち、最大級の津波に対しても人命を守り、社会経済に対して壊滅的な被害を発生させず、早期復旧復興を可能とするための研究を行う。

研究の概要

次の2つのサブテーマを設け研究開発を行う。

i) ICTによる意思決定支援システムに関する研究

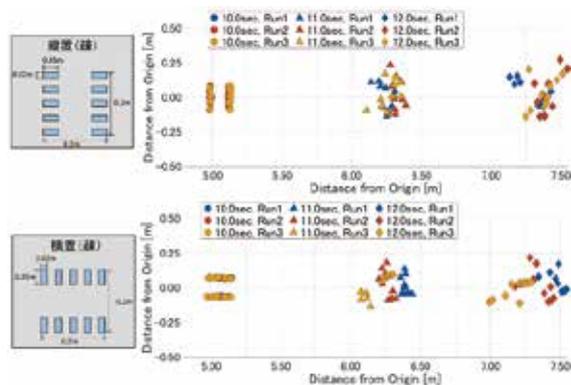
信頼性の高い津波予測のために、これまでに開発してきたGPS波浪計による沖合津波観測情報を利用した即時浸水予測システムをさらに発展させ、陸上GPSによる地殻変動情報、海洋短波レーダー等リモートセンシング情報の活用により信頼性を一層向上させる。また、安全な避難場所の配置のためには、津波による浸水の評価だけでなく、構造物の耐津波性を評価するための津波の流速や漂流物の評価、さらに漂流物にともなう津波火災の評価等が必要であり、これらリスクの評価を可能にする総合シミュレーション・システムを構築する。

ii) 耐津波強化港湾の形成に関する研究

強い流れの発生場所、大規模越流等による構造物周りの洗掘、船舶等漂流物の衝突力等を明らかにし、耐津波防波堤等の設計法や耐津波強化港湾の計画手法を開発する。設計や計画のためのツールとして、これまでに開発した数値計算モデルに加え、流体一物体を一体として解くような粒子法等新たな計算手法を取り入れた3次元マルチフィジックス数値計算モデルの研究開発を実施する。さらに、大縮尺の模型実験を実施して、計算モデルの妥当性や精度の検証を行うとともに、港湾都市における津波の複雑現象を解明する。

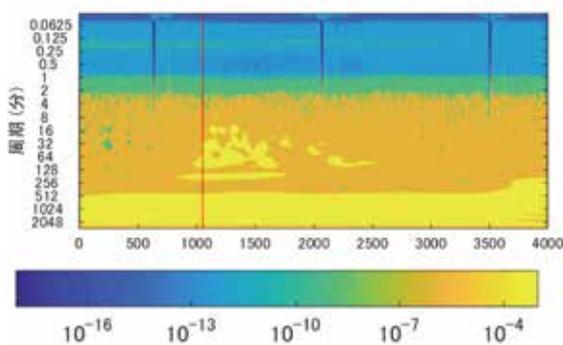
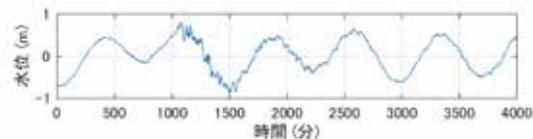
2017 年度の活動

- 港湾における津波火災の数値計算モデルの開発では、ガレキの発生・漂流・漂着の過程を適切に考慮する必要があり、既存の数値計算モデルにおける流体-漂流物相互干渉処理部を改良した。また、過去の漂流物実験の動画から各漂流物の位置を読み取り、漂流特性を解析した。



漂流物の初期の向きによる挙動の違い

- 複合観測情報に基づく津波予測技術の開発では、衛星配置等の情報と、連続ウェーブレット変換によるフィルター処理とを組み合わせることで、津波の検知精度を高める手法を構築した。さらに、GPS波浪計と海洋レーダーのようにノイズ特性の異なる複数のデータを適切に重み付けする新しい津波波源インバージョン手法について理論的な検討を行った。



津波の水位データに対する連続ウェーブレット解析

- 三次元高精細津波遡上シミュレータの高度化では、三次元津波遡上シミュレータにMPIとOpenMPを使ったハイブリッド並列計算手法を実装することで計算効率を向上させた。また、釜石と高知の2都市で現地適用計算を実施して検証を行うとともに、来年度のプログラム公開に向けてマニュアルの整備、入力支援ツールや統合実行環境の開発を行った。さらに、防護施設の影響を適切に評価する手法として、フラジリティカーブを用いた評価手法を構築し、現地適用計算を通じて手法の妥当性を検証した。
- 津波による構造物周辺の局所洗掘量の推定手法の構築では、水理実験がなされている港湾を模した地形や、2011年東北地方太平洋沖地震津波による地形変化の測量がなされている八戸港周辺について、土砂移動モデルごとに地形変化の再現性を確認し、モデルの特性を明らかにした。

各研究テーマの概要及び 2017 年度の活動

1C

高潮・高波災害の軽減や復旧に関する研究開発

研究の目的・背景

- わが国では、1959年9月の伊勢湾台風以降、高潮・高波による甚大な被害は受けていないが、アメリカでは2005年9月のハリケーンカトリーナ、フィリピンでは2013年11月の台風ハイヤンなどで大きな被害が発生している。今後は、地球温暖化の影響により、わが国でもこれまでの想定を超える高潮・高波の発生が懸念される。
- そこで、本研究テーマでは、防災・減災対策を被害先行型から対策先行型へ切り替えていくため、最大級の高潮・高波に対する被害をいかに軽減し、そこから迅速な復旧・復興を図るかということに重点をおいて、ハード・ソフトの対策につながる研究を行う。具体的には、最大級の高潮・高波の予測および被害想定のためのモデル開発を行うとともに、被害軽減のための粘り強い構造物の設計手法を開発する。

研究の概要

次の2つのサブテーマを設け研究開発を行う。

i) 高潮・高波の予測と最大級の被害想定に関する研究

気象モデルを取り入れた高精度な高潮予測モデル、3次元の流体計算を基礎とした高潮時の潮位・流動現象の新たな計算手法を開発し、最大級の高潮・高波時の被害の特性を明らかにする。また、地球温暖化が最大級の高潮・高波に及ぼす影響や波浪特性の長期変動を、高度な統計的手法を用いて明らかにする。さらに、滑動・沈下等の生じた防波堤による波の遮蔽効果や、パラベット崩壊や消波工の沈下・飛散等が生じた護岸による越波の抑制効果等を算定できる波浪変形計算技術も確立する。

ii) 最大級の高潮・高波の被害軽減技術に関する研究

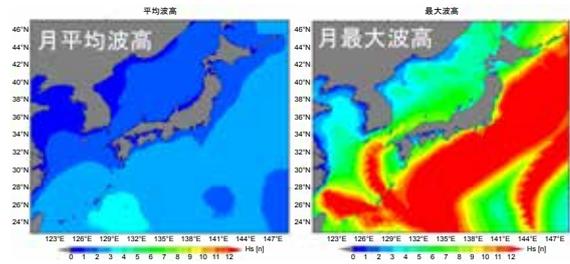
高潮等による想定を超える高潮位と高波が複合する複雑な状況下での構造物の安定性を明らかにする。高潮・高波による構造物の被害予測と対策工法の検討、粘り強い構造物の設計手法の開発を行う。

2017 年度の活動

- 海象観測データの集中処理・解析に基づく海象特性の解明では、2016年に全国港湾海洋波浪情報網で観測された波浪観測データを年報にとりまとめた。また、2016年に発生した津波を解析するとともに、波浪のデータ処理の精度を向上させた。
- 日本沿岸におけるうねり性波浪の季節・海域特性とその出現機構の検討では、風の観測データを参照して波浪の方向スペクトルにおける風波とうねりを分離し、「風波は合田らが提案した波形勾配と方向集中度の関係に概ね従うが、うねりは異なる」という可能性を示した。
- 港内の強風による波や航走波の造波・静穏度解析手法の開発では、平面2次元場の計算格子上で船舶の位置と航路

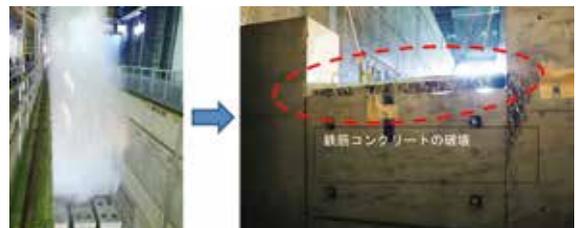
を任意に設定できる航走波造波モデルにおいて、発生する航走波の波高が計算格子幅や水深に依存することを補正する係数の推定図を作成した。これを用いれば任意の船舶諸元(船長、船幅、喫水)に適用でき、港内における航走波の影響調査など実務での活用が期待される。

- うねり性波浪に着目した波浪推算精度向上に向けた提案では、日本沿岸の3カ年を対象にWW3による常時波浪推算を行い、風から波へのエネルギー輸送やエネルギー消散などが異なる4種類の計算スイッチを用いることで、年平均有義波などの統計値にも差が生じることを明らかにした。



スイッチST4による推算値の統計量解析

- 構造物の被災状態に応じた波浪変形・伝播特性の評価では、矩形及び台形断面の潜堤による波高伝達率及び周期変化率を実験により計測した。不透波の断面では、波高伝達率を大きく低減させる砕波には至らないが、波の分裂に伴う短周期化は期待できる波浪条件があることを明らかにした。台形断面での波浪変形は既存のビジネスモデルによって再現できることを確認した。これらにより、防波堤被災時の港内静穏度を適切に評価することが期待される。
- メソスケール気象モデルを用いた沿岸の海象・海洋環境予測モデルの開発では、WRFと気象庁の予測MSMの気圧・風を用いて2015年台風23号による根室の高潮を計算し、良好な再現結果を得た。GPV GSMJPとWRFを用いた伊勢湾シミュレータによる環境流動の短期予測計算も行った。
- 設計潮位を超える津波・高潮時の風波による波力と越流・越波に関する研究では、実験によって、護岸背後に作用するマウンド透過波力、マウンドからの堤内への浸水状況を明らかにし、堤体の天端を超える越流量・越波越流量の簡易推定法を作成した。また、風波、孤立波、越波越流時の風波作用下でパラベットに働く波力の特性を調べ、それぞれの砕波の作用状況(越流下での砕波やBagnold型、Wagner型砕波)と鉄筋コンクリートの破壊過程を明らかにした。



パラベットに作用する波力の実験

各研究テーマの概要及び 2017 年度の活動

2A 国際競争力確保のための港湾や空港機能の強化に関する研究開発

研究の目的・背景

- 人口減少が進み高齢化社会が進展していく一方で、過去に蓄積されたインフラの老朽化が進む中、国の活力の源である我が国産業の国際競争力、国民生活を支える港湾・空港の機能をいかに確保していくか、また限られた財源や人員の下、既存インフラの有効活用や施設自体の長寿命化にも留意しつつ、インフラの維持、更新及び修繕をいかに効率的かつ効果的に実施していくかに重点を置いた取組が求められている。
- このため港湾・空港の機能強化に関する研究開発等に取り組むこととし、国際戦略港湾政策、首都圏空港機能強化(羽田空港整備)など、国際競争力に関連するサブテーマについて研究所全体で包括的に研究開発を進めている。
- 本研究テーマでは、自動化荷役、情報化施工(CIM)など、国際競争力に関連する特定の技術開発に取り組んでいる。なお、大規模施設の整備、施設の耐震性向上、施設建設後の維持管理、既存施設の改良など、港湾・空港施設の整備を効率的・効果的に行う技術開発については他の研究テーマ(1A、2B、2C)において取り組まれている。

研究の概要

i) 連続コンテナターミナルの有効活用方策やターミナル作業の自動化等の効率化方策の開発

国際コンテナ戦略港湾を対象として、我が国に特有の狭いコンテナターミナルの有効活用方策を確立するため、オフドックデポの効果、オペレーションの効率化による環境負荷低減効果やゲート前渋滞の防止について、シミュレーションによる定量的な評価をもとに、一体的なコンテナターミナルの有効活用方策を確立する。

ii) CIMの活用による省力化・工期短縮・コスト縮減の実現

CIM(Construction Information Modeling)の活用の一環として、マルチビームソナーによる施工管理データを用いた工事検査方法を確立し、施工管理検査の省力化・国際標準化を目指す。さらにCIMの活用により遅れている海洋工事の無人化施工の確立を目指す。

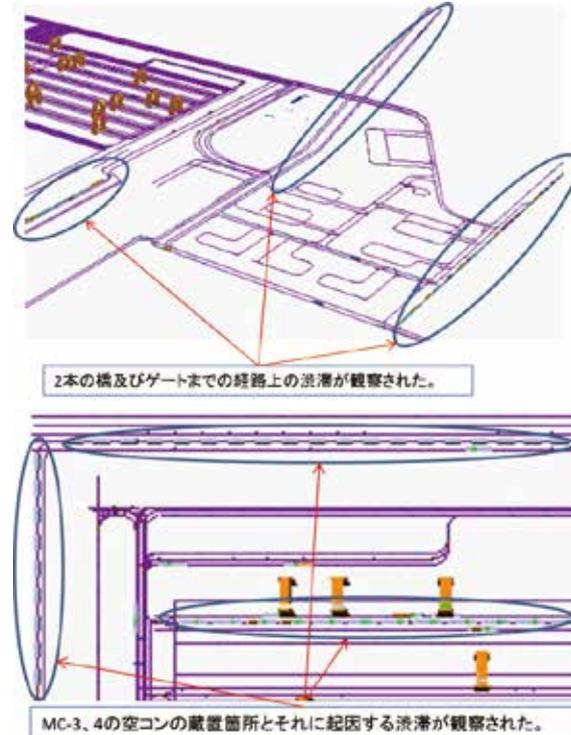
2017 年度の活動

i) 連続コンテナターミナルの有効活用方策やターミナル作業の自動化等の効率化方策の開発

横浜港南本牧埠頭MC1-4を対象として、ゲート条件、配置、取扱数量、予約制などのいくつかの想定に対するゲート前待機数及びターミナル外の道路への影響について、AutoModを用いた数値シミュレーションによる定量的な評価を実施した。

シミュレーションの結果、埠頭内の道路の渋滞を回避するためには、車両の適切なルートの工夫等を含む関係者による

慎重な対応が必要であることが分かった。また、予約制が車両の渋滞の時刻分布等に影響することなどが指摘できた。



シミュレーションによる渋滞状況の観察。経路の工夫や、蔵置場所の工夫が必要とみられる。



シミュレーションの例。Case2Aは、比較的ゲートを1か所に集中させた度合いが強い例。予約なしの緑色のグラフに対して100%予約制となった場合のオレンジ色のグラフは、早い時刻から渋滞するが、車両数が比較的少ない日(右側)では平準化する効果がある。なお、渋滞の原因は埠頭内の道路経路の容量不足が大きく影響していると考えられる。

ii) CIMの活用による省力化・工期短縮・コスト縮減の実現

海図を所管する海上保安庁・国際機関はマルチビームソナーのデータに対応していたが、国の直轄工事においても2017年度より出来高検査基準に追記されたため、行政による運用の支援を行った。

2B インフラのライフサイクルマネジメントに関する研究開発

研究の目的・背景

- ・ 長期間供用された港湾・空港・海岸インフラが増加するなか、施設の維持管理を行うための財源および技術者数は限られていることから、今後、維持すべき港湾・空港・海岸インフラの機能の維持を図るとともに、戦略的な維持管理・更新等を行っていくことが強く求められている。
- ・ そこで、維持管理性に優れた構造や材料を適用するための設計手法の構築や、維持管理段階における各種対策に関する技術開発を行う。

研究の概要

次の3つのサブテーマを設け研究開発を行う。

i) インフラの長寿命化技術に関する研究

海洋環境下での各種建設材料の長期耐久性の評価および劣化メカニズムの解明、鋼構造物の防食工法の防食効果などについて検討を進める。特に、海外、国内遠隔離島を想定し、過酷環境・低品質材料条件下での材料特性および耐久性の向上、環境負荷低減、高耐久化、環境共生などについての検討を行う。また、空港滑走路に関して、骨材とアスファルト剥離の検出法、剥離の対策方法、空港舗装の荷重支持性能の向上、短時間で施工可能な補修技術などを検討する。

ii) インフラの点検診断システムに関する研究

非破壊・微破壊試験法およびセンサを利用した点検診断技術、ROV等無人調査装置、非接触式肉厚計測法等の研究開発を行う。特に、センサを活用したヘルスマonitoringシステム、部材種別ごとのモニタリング手法の提案を行う。さらに、栈橋を対象として、評価したい性能と期待する出力の精度に対応した点検診断方法の選定スキームの構築を行う。

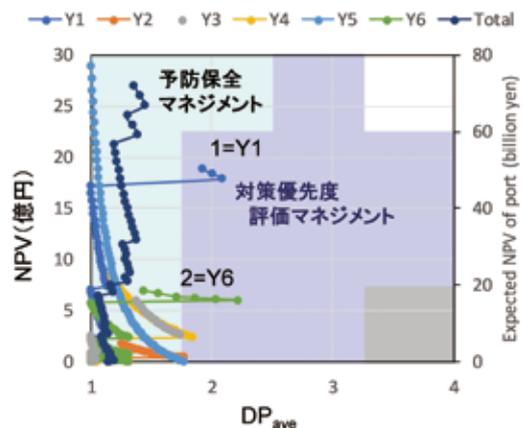
iii) インフラのマネジメントシステムに関する研究

港湾構造物の構成部材の劣化促進実験等を行い、ライフサイクルを通じた性能低下モデルを検討し、実環境下における暴露実験や現地調査によりモデルの妥当性を検証する。また、特に、個々の構造物の要求性能や利用、予算等、各種制約条件を踏まえて、港湾単位あるいは地区単位で港湾構造物群をマネジメントしていくための計画策定手法を提案する。

2017 年度の活動

- ・ 長期暴露施設を用いて、コンクリートの塩害劣化予測、各種木質材料の耐久性などに関するデータを取得した。
- ・ 被覆防食工法の劣化予測手法の確立を目的として、波崎観測栈橋での鋼管杭の被覆防食工法に関する暴露試験(33年経過)を継続実施した。また、促進劣化試験により、ペトロラタム被覆工法の劣化メカニズムの解明を進めた。
- ・ 低品質骨材(サンゴ質)および練混ぜ水に海水を用いたコ

- ンクリートの耐久性評価を行い、また海水によるコンクリート養生技術開発のための暴露試験を実施した。また、高耐久性鉄筋(ステンレス鉄筋、エポキシ樹脂鉄筋等)や表面被覆材の耐久性の評価を暴露試験体の調査により行った。
- ・ 骨材配合、中温化材について、耐流動性、耐剥離性、透水性等について室内実験等により比較評価を行った。
- ・ 実構造物におけるコンクリートの補修事例を収集整理し、特に、近年事例が増えつつあるケーソン側壁の穴あきについて、劣化度に応じたケーソンの補修工法選定フローを作成した。また、塩害を受けるプレストレストコンクリート(PC)部材への断面修復工法の適用に関する検討を行った。
- ・ 防波堤のケーソンを対象として、現行基準で設計された部材の断面決定に支配的な照査指標などを確認するとともに、既設ケーソンを延命・転用する際の健全度評価手法と設計・施工時の配慮事項などを検討した。
- ・ 防食効果確認センサの開発、港湾構造物の点検診断システムの構築、RC部材の適切なセンサ配置検討のための腐食モニタリング、コンクリート中の鋼材腐食センサの開発、パイロット事業における新工法・材料の有効性確認のためのモニタリング手法などの検討を進めた。
- ・ 栈橋上部工点検用ROVに撮影漏れ防止や自動衝突回避等の新たな操作支援機能を実装して現場実証を実施した。また、非接触肉厚計測の現場実証による計測データを蓄積するとともに、現場の季節ごとの生物付着状況を調査し使用条件を設定した。
- ・ 港湾施設群の予防保全計画策定の高度化に向けて、NPV(Net Present Value)と性能低下度を基準とした施設の維持管理優先度設定マトリクスを提案した。これに基づいて、①予防保全マネジメント型、②対策優先度評価マネジメント型(従来型)を想定したモデル栈橋について、LCCと対策工事期間中の施設の便益損失を考慮した維持管理シナリオのケーススタディを実施した。



NPVと性能低下度を基準とした施設群の維持管理シナリオの最適化

各研究テーマの概要及び 2017 年度の活動

2C インフラの有効活用に関する研究開発

研究の目的・背景

- ・物流量の増大や船舶の大型化への対応、空港機能の拡張、また外力増大などによる既存不適格施設への対応など、既存インフラを機能向上させて積極的に有効活用する要請が強くなっている。また、産業廃棄物や一般廃棄物を受け入れる海面廃棄物処分場などについて、高度有効利用を図ることが社会要請となっている。一方、航路浚渫土砂を受け入れる土砂処分場の用地確保が困難になっており、土砂処分場の長寿命化が求められている。
- ・そこで、既存インフラの機能向上、更新や用途変更を効率的に実施できる技術、建設発生土などを減容化や有効利用できる技術、海面廃棄物処分場を有効活用できる技術を開発する。

研究の概要

次の3つのサブテーマを設け研究開発を行う。

i) 既存施設の改良・更新技術に関する研究

既に、既存岸壁の増深など、既存施設の改良に関する研究開発を行ってきたが、新設構造物のための技術を援用したものである。今後は、施工履歴や近接構造物の影響等を考慮した既存施設改良更新のための地盤特性の評価手法、設計法や地盤調査法を検討する。また、施設の長期的な維持管理を目的に残留沈下などの地盤の評価手法や地盤のデータベースなどを検討する。

ii) 建設副産物等の有効活用・処理技術に関する研究

浚渫土を、底生生物の棲息場を提供する混合土、高透水性の固化処理土など、高付加価値のある材料に改良する技術や新たな減容化技術などを検討する。固化処理土やスラグ混合土を海域利用した際の耐久性、種々の副産物や破砕性材料などを含む複合的な地盤材料の力学特性を調べ、これら材料の評価手法や品質管理手法なども検討する。

iii) 海面廃棄物処分場の管理と利用に関する研究

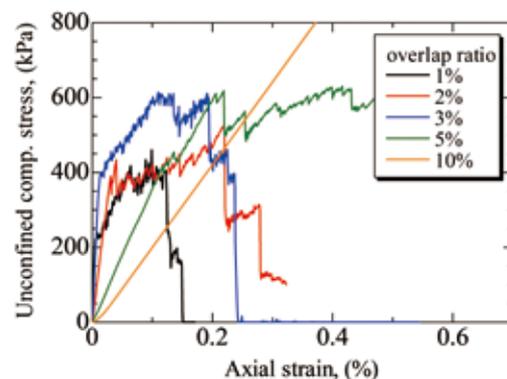
海面処分場については、造成のための遮水工の技術開発は行われてきたが、造成後の利用等については研究が進んでおらず利用のために必要な基礎工法、施工方法、遮水層への影響など、また、保有水の水位管理を低コストで実施する工法、廃棄物を埋立て前に無害化する技術、固化処理土の中長期に亘る強度特性と溶出特性などについて検討する。

2017 年度の活動

- ・埋立地盤の不同沈下の計測を基に、昨年度に引き続き沈下量の予測を行った。昨年度と今年度の近似曲線の係数はほぼ収束していた。
- ・遠心場において薬液注入実験-加振実験の一連のプロセス

を再現する実験システムを用いて、地盤内に細粒分を多く含む透水性が低く薬液が浸透しにくい層が存在する場合を想定した注入実験を行った。

- ・軟弱粘性土中の杭の長期的な挙動を検討することを目的として、模型実験及び数値解析手法の検討を行い、軟弱粘性土中の単杭の挙動については、数値解析によりある程度再現することが可能となった。また、杭間地盤改良による既設組杭の改良工法について、組杭だけでなく前面矢板まで含めた全断面の模型について遠心模型実験を行うとともに、実断面への適用に向けた各部の数値解析上のモデル化手法の妥当性を検証した。
- ・個別要素法の解析モデルを対象として、三次元造形装置によって個々の粒子およびその配列を復元した供試体を用いて各種試験を実施した。これまでの供試体作製方法では粒子同士の接着の影響があり、粒子の接着がない作製法を検討した。また、礫地盤を対象として、原位置で採取されたコアを原位置でX線CTスキャンするための装置を開発した。
- ・モデル断面を対象に、浚渫土の嵩上げ高さ、嵩上部の仮仕切り堤の護岸からの離隔、嵩上部の仮仕切り堤の構造および力学特性、護岸本体に対する対策などをパラメータとして、土砂処分場の具体的な減容化案の検討(実験・解析)および嵩上による安定性に関する数値解析的検討を行った。加えて、海底地盤の攪乱による減容化についても検討し、既報の効果には土質試料のサンプリング時の乱れの影響が含まれ、幾分その効果が減る可能性があることが分かった。
- ・焼却灰を埋め立てた処分場における杭打設・引抜き試験についての取りまとめを行った。また、セメント改良による汚染物質の不溶化技術の検討に着手し、固化処理土の劣化と汚染物質の溶脱を検討するための劣化促進手法を検討した。その結果、供試体に透水することにより、早強セメントについては、供試体を均一に劣化させることができた。



粒子の接着力の影響を調べた一軸圧縮試験のDEMシミュレーション結果(造形時の粒子の重なり=overlap ratio)が大きいほど、一軸圧縮強度が大きい。

3A 海洋の開発と利用に関する研究開発

研究の目的・背景

- 海洋の利用や開発については、1960年代からその重要性が指摘され、様々な取り組みが行われてきたが、その進展は必ずしも十分ではない。その原因の1つは、海洋には拠点となるインフラがほとんどないことである。そのため、南鳥島や沖ノ鳥島等の遠隔離島に海洋拠点港湾を整備し、海洋の利用・開発を促進する必要がある。
- しかしながら、これらの離島は通常の港湾とは異なる厳しい波浪環境や施工環境にあり、船の接岸や荷役、施工を円滑に行うにはさらなる技術開発が必要になる。
- そこで、本研究テーマでは、これまでに蓄積してきた波浪、海底地盤、港湾構造物や港湾工事に関する知見を最大限に活用し、遠隔離島の港湾整備を推進するとともに、海洋の利用・開発を促進する。具体的には、孤立リーフ海域の波浪場を解明するとともに、新たな係留システムを開発する。また、音響ビデオカメラの小型軽量化、海洋の利用開発に関する技術開発を行う。

研究の概要

次の2つのサブテーマを設け研究開発を行う。

i) 遠隔離島での港湾整備に関する研究

大陸棚境界および孤立諸島周辺の波浪状況を再現する波浪計算モデルを開発する。また、孤立リーフ周辺の沿い波や長周期波に対する静穏域創出技術を提案するとともに、遠隔離島に対応した新たな係留システムを開発し、船舶の荷役稼働率向上を図る。

ii) 海洋の利用・開発を支援するインフラ技術に関する研究

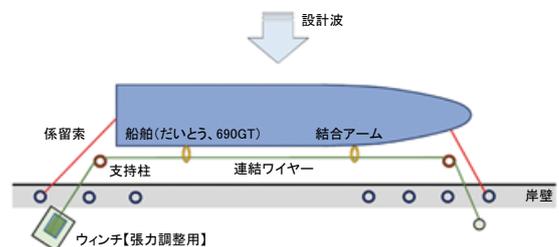
音響ビデオカメラの小型軽量化を図るとともに、海洋インフラ整備のための無人水中施工システムを開発する。さらに、構造物への石灰化生物付着による環境保全技術を提案する。

2017 年度の活動

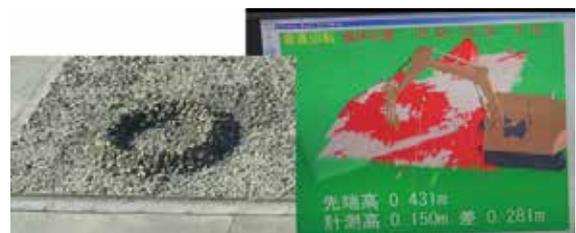
- 海洋上の孤立リーフ海域に建設される係留施設の利活用に関する技術開発では、波浪推算(WAM)・変形計算(NOWT-PARI)で推定した波浪出現頻度を南北大東島周辺で観測した1年間の波浪データと比較し、その妥当性及び各岸壁での荷役稼働率を評価した。また、孤立リーフ海域での係留船舶の動揺実験を再現したCADMAS-SURF/3Dを用いて、係留船舶の各動揺量を推定した。
- 港湾内の船舶の新型係留装置に関する技術開発では、船舶の新型係留装置として、吸着型・連結型組み合わせ方式、鋼製係留フェンダー方式、ワイヤースtring方式などを考案し、これらの方式の中で、離島への適用性の高い係留方式としてワイヤースtring方式を選定した。
- 遠隔離島における港湾施設等の点検調査技術に関する研究では、水中で撮影した点検写真について、それらの取得位置情報等を付帯情報として関連付ける管理手法を提

案した。また、管理時に必要な水中航行体の位置情報の計測方法について、音響測位装置・GNSS・対地速度計・水圧計を組み合わせる手法を提案した。さらに、水槽に設置した模擬対象物撮影実験において、平行ラインレーザを照射して撮影した水中写真から被写体や変状等の寸法を計測可能であることを示した。

- 水中機械化施工におけるマシンガイダンス技術に関する研究では、音響プロファイラを追加し、不陸形状の事前計測を行うこととした。また、実工事現場において音響測位装置の単体試験を行い、多重反射やノイズの影響が大きくないことを確認した。さらに、京浜港ドックでの総合試験を実施し、水中での刃先座標誤差(高さ方向)が±32mm以下であることを確認した。
- 次世代音響画像システムの開発では、深海用および浅海用音響ビデオカメラを実海域に耐える仕様として整えた。深海用については、南鳥島界隈の調査サイト拓洋第五海山での実証試験を行い、深海1500mでの撮像に成功した。また、浅海用については、南本牧での公共工事での試験運用を行い、鋼管矢板の撮像に成功した。
- 離島における炭酸カルシウム地盤の形成と安定性に関する現地調査と情報解析では、モデルサイトにおける現地調査で、数日～季節スケールの地盤形成速度の推定に成功するとともに、地盤形成速度に大きな影響を与える石灰化速度の規定要因について明らかにした。また、現有コアサンプル試料から、過去千年スケールの地盤形成速度の推定に成功し、低潮線の維持条件に関して定量的な仮説モデルを提示した。さらに、那覇港浦添防波堤のサンゴ共生型タイドプールにおいて、サンゴ被度が高くなるための環境条件として、水深、流れや波による乱れの程度、着生表面の傾度や形状(複雑度)などが重要であることを明らかにした。



ワイヤを用いた新型係留装置の例



音響プロファイラによる地形計測

各研究テーマの概要及び 2017 年度の活動

4A 沿岸生態系の保全や活用に関する研究開発

研究の目的・背景

- 干潟やアマモ場、サンゴ礁に代表される沿岸域には豊かな生態系が形成されており、沿岸域は地球環境にとって貴重な場となっている。しかしながら、高度経済成長期には、活発な経済社会活動に伴い、沿岸域の閉鎖性内湾において水質が悪化して、生態系が劣化した。その後の対策により、水質が徐々に改善している沿岸域があるものの、生態系を含めた沿岸域環境の修復は依然として大きな課題である。
- 一方、新たな課題として、沿岸域の機能を気候変動の緩和に役立てることが求められるとともに、臨海コンビナートなどからの大規模油流出に対する対応も必要となっている。
- そこで、本研究テーマでは、沿岸域環境のさらなる修復と気候変動の緩和への活用、及び大規模油流出への対応技術の確立を目標とした研究開発を行う。

研究の概要

次の3つのサブテーマを設け研究開発を行う。

i) 沿岸生態系の活用に関する研究

生態系を活用した気候変動影響への対応については、生態系(ブルーカーボン)による炭素隔離貯留や大気中CO₂の吸収といった気候変動の緩和に関する研究を南鳥島などの離島を含む様々な条件下で実施するとともに、技術開発の世界展開を図る。さらに、生態系サービスを持続的に活用するために、地震、津波による損傷が少なく、また、回復が早い沿岸生態系の創出技術を開発する。

ii) 内湾域の水環境リアルタイム予測技術に関する研究

環境観測データの取得や活用について、現在運用中のフェリーやモニタリングポストなど海洋モニタリングデータの新しい解析手法開発や、常用される手法では十分な結果が得られない項目に関する新たな観測手法の開発などを行う。また、十分には活用されていない既存の環境データの再解析や、GPS波浪ブイの多機能化などによる環境データ空白水域での連続観測も行う。さらに、気象・海象・生態系モデルの統合や前述の環境観測データをリアルタイムで利用することにより、赤潮、青潮、貧酸素水塊等内湾で頻発する問題を総合的に予測するシステムを開発する。

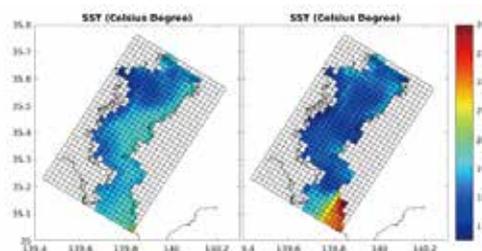
iii) 海上流出油への対応技術に関する研究

流出油への対応技術に関しては、従来の現場の抱える課題を解決するための技術開発に加えて、新たに次世代型油回収船搭載油回収装置の研究開発、大規模油流出事故に対応できる一括油回収あるいは処理システムの研究開発を行う。さらに、シミュレーション技術をコアとした油濁対応危機管理情報システムの構築、地震や津波など自然災害における臨海部の危険物施設からの流出油の挙動やメカニズムの解明とリス

クの定量的予測技術、ミチゲーション技術の研究開発などを実施し、油濁対応技術の革新と油濁対応能力を向上させる。

2017 年度の活動

- ブルーカーボンによる気候変動の緩和効果と適応効果のグローバル推計に関しては、多様な沿岸域におけるブルーカーボン(緩和効果)の定量化と、波浪減衰予測モデル(適応効果)の両方を可能とする新たな沿岸生態系モデルの構築がほぼ終了した。また、2013年と2030年における全国のブルーカーボン生態系によるCO₂吸収量の見込み値についてとりまとめ、公表した。
- 沿岸底生生態-地盤環境動態の統合評価予測技術に関する研究では、干潟・砂浜の新たな地盤環境動態評価手法を構築・提示するとともに、台風イベントによる生態-地盤環境動態の統合評価を実現した。また、サンゴ礫混合土の統一的な力学特性評価についても成果が得られた。
- 大気・海洋に関する湾口横断観測と解析に関する研究では、大気観測に関して、安価な計測手法の検討および試作品による計測結果が得られた。また、海洋観測に関して、かなや丸における既存のシステムと新たな海洋観測システムの統合方針を定めた。
- 沿岸域における場の規模を考慮した生物多様性評価手法の開発に関しては、複数の生物生息環境の間での固有性を比較し、人工干潟である海老干潟は固有性(相補性)の高い環境であることを明らかにした。
- 沿岸生態系シミュレーションにおけるマクロ生物の動態解析に関しては、既存のモデルに対し、新たに魚類を想定したモデル化を行った。
- データ同化による沿岸域の流動及び水質環境の解明に関しては、数値計算モデル単体では再現できなかった湾口付近東側の水温をデータ同化により再現できた。
- 自然災害等を含む多様な流出油防除に向けた新技術の研究開発では、バブルカーテンによる流出油の漂着抑制技術について、港湾施設への応用、津波火災への応用、油回収船への応用を検討した。また、油流出リアルタイムハザードマップの開発について、ネットワーク対応型による油漂流シミュレーションとハザードの常時提供システムのγ版(試験運用版)の開発を行った。



数値計算結果とデータ同化結果の海面水温の比較
(左: 数値計算モデル、右: データ同化)

各研究テーマの概要及び 2017 年度の活動

4B 沿岸地形の形成や維持に関する研究開発

研究の目的・背景

- ・ 港空研における漂砂研究は航路埋没を防ぐための移動限界水深の研究から始まり、現在では、砂のみならずシルトを対象とした航路埋没対策工法が示されている。しかし、国内においても依然として埋没の進行している港湾があり、また、インフラの海外展開を図ろうとしている国には、日本に比べてはるかに多くの量の土砂の堆積が想定されている港湾があり、そのような埋没に対応する技術は十分とはいえない。
- ・ 一方、防護、環境、利用の機能をもつ貴重な砂浜は、高度経済成長期より失われ始め、現在でも毎年1.6km²の砂浜が失われている。このような海岸侵食に対して、様々な対策が実施され、砂浜が回復している海岸がある一方で、近年は、地球温暖化によるさらなる海岸侵食が想定されている。さらに、遠隔離島や海外に目を向けた場合、砂浜だけではなく、サンゴ礁海岸などの保全も重要になってきている。
- ・ そこで、本研究テーマでは、砂浜、マングローブ海岸、サンゴ礁海岸などの自然な沿岸地形や物流を支える航路・泊地などの人工の沿岸地形を今後の気候変動のもとにおいても維持することを目標として、地球温暖化が進行した場合の海岸侵食現象の変化、航路や泊地の埋没現象の変化を予想し、その対策を提案する。また、アジアの大河川河口部、マングローブ、干潟等における埋没現象の解明とその対策を提案する。

研究の概要

海岸保全と航路・泊地維持に関する研究として、以下のような研究開発を行う。

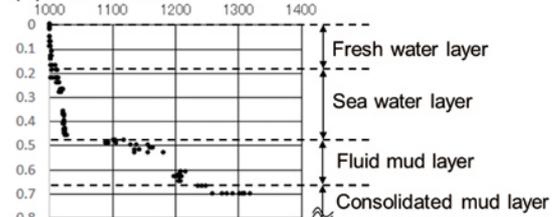
波崎海岸における長期データの解析と海水面位置と砂浜の応答に関する短期間集中現地観測により、海面上昇に対する砂浜の応答メカニズムを明らかにするとともに、将来の砂浜変形の予測手法を開発する。また、波崎海岸のみならず地球規模での空間スケールも視野に入れた様々な海浜(自然砂浜海岸、構造物で防護されている砂浜海浜、サンゴ礁海岸、砂利海岸など)の長期変動の予測、それに伴う沿岸災害リスクの変動の予測、さらに、構造物の量を最小化しサンドバイパスを積極的に導入するハイブリット型海浜維持手法の開発、災害リスクを考慮した効果的な海浜の管理手法の提案などを行う。

また、港湾の利用に付随する土砂輸送に関しても、国内のみならず、海外での大河川河口域やマングローブ・干潟などにも研究対象を展開し、地域特性に応じた地形変化モニタリング手法の開発や、地形変化動態の解明を行う。さらに、シルテーションなどによる埋没土砂の軽減策や、効率的な航路・泊地の維持管理のほか、港湾施設周辺の地形環境の保全に資する技術開発を行う。

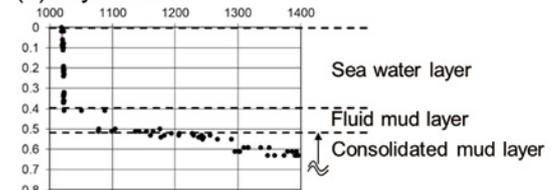
2017 年度の活動

- ・ 平均海面上昇に伴う海岸地形変化の実測と将来予測手法の汎用化に関して、汀線位置の変化は海面水位と波の大きさの両方に関係し、海面水位が最大となる日の36日後、波高が最大となる日の72日前であることを明らかにした。また、波の非対称性を表すアーセル数や水粒子速度波速度比による碎波モデルを検討したが、潜堤上の碎波および平均水面低下の計算結果が不安定な場合があり、碎波モデルの更なる改良が必要であることが分かった。
- ・ 河口域周辺での土砂輸送および航路・泊地への集積機構の解明に関しては、パティンバン海岸周辺における河口濁度分布調査(8月、乾季)と前回調査(2017年2月、雨季)との比較により高濃度浮泥の季節変動特性を把握した。また、新潟西港内において出水時の高濃度濁水の現地調査を行い、高濃度浮泥の浚渫域への集積プロセスを明らかにした。さらに、現地観測および水槽実験により含泥率等の変化に依存する底泥輸送量のモデル化と検証を行った。
- ・ 海域における沿岸地形モニタリングへの航空深淺測量の適用性に関しては、グリーンレーザーを用いた航空測量による地盤高計測値は、碎波による白泡が多い範囲を除いて、レッド測深による断面地形の計測値と良い一致を示し、観測棧橋を支える鋼管杭周りの洗掘状況についても正確に計測が行われた。航空測量による地盤高さや観測棧橋断面の地盤高さとは強い相関があることが分かった。また、碎波の白泡による海底面の欠測、および、水深の深い場所における濁り等によると思われる誤計測が若干あるものの、航空測量の精度は高く、これまで困難であった碎波帯内の高精度な地盤高測量が広範囲に高密度で行える有効な手段となることが分かった。

(a) Wet season



(b) Dry season



パティンバンにおける雨季(上)と乾季(下)の底泥密度の鉛直分布

基礎研究

2017年度に実施した基礎研究

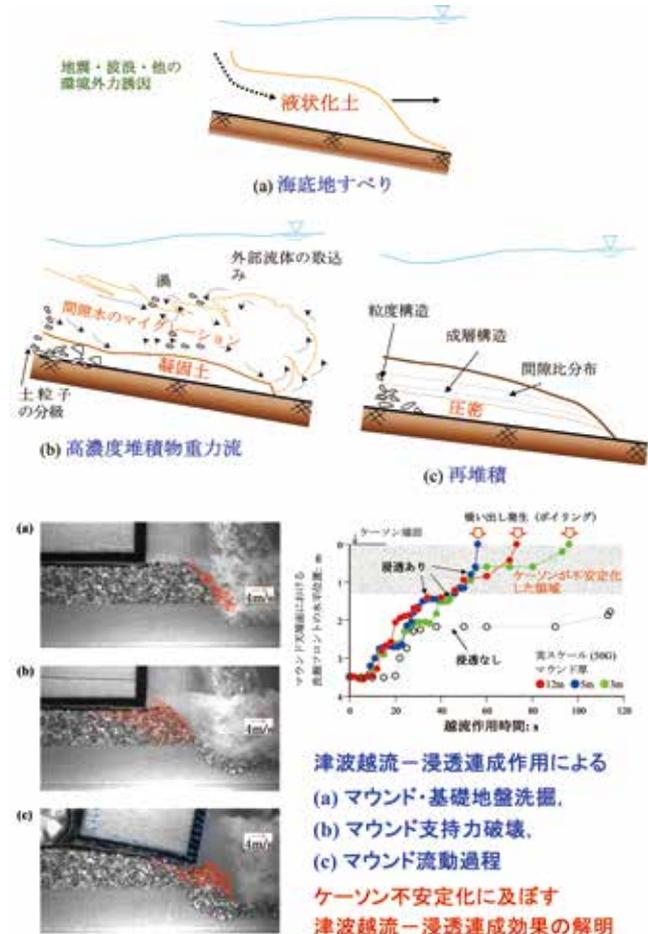
波浪・海浜・地盤・地震・環境等に関する基礎研究は研究所が取り組むあらゆる研究の基盤であることから、自然現象のメカニズムや地盤・構造物の力学的挙動等の原理・現象の解明に向けて積極的に取り組んでいる。

| 研究実施項目名(基礎研究) | |
|---------------|-------------------------------------|
| 1 | 港湾地域および空港における強震観測と記録の整理解析 |
| 2 | 地震災害および被災要因調査 |
| 3 | 大都市直下で発生する大地震に対する強震動予測手法の開発 |
| 4 | 地震動の連成作用下の液状化地盤の挙動評価・分析及対策 |
| 5 | 海底地盤流動のダイナミクスと防波堤・護岸の安定性評価に関する研究 |
| 6 | 地盤工学的観点からの高波に対する海岸施設の安定性評価手法の検討 |
| 7 | 津波による構造物周辺の局所洗掘量の推定手法の構築 |
| 8 | 海象観測データの集中処理・解析に基づく海象特性の解明 |
| 9 | うねり性波浪の波浪推算精度向上に向けた提案 |
| 10 | メソスケール気象モデルを用いた沿岸の海象・海洋環境予測モデルの開発 |
| 11 | 暴露試験によるコンクリート、鋼材及び各種材料の長期耐久性の評価 |
| 12 | 海洋構造物の被覆防食工法における性能評価手法の開発 |
| 13 | 過酷環境下における各種材料の耐久性評価 |
| 14 | 不均質地盤に対する地盤改良仕様の提案 |
| 15 | 微視構造を考慮した複合地盤材料の力学特性評価の高精度化 |
| 16 | 離島における炭酸カルシウム地盤の形成と安定性に関する現地調査と情報解析 |
| 17 | ブルーカーボンによる気候変動の緩和効果と適応効果の全球推計 |
| 18 | 沿岸底生生態-地盤環境動態の統合評価予測技術の開発 |
| 19 | 大気・海洋に関する湾口横断観測と解析 |
| 20 | 沿岸生態系シミュレーションにおけるマクロ生物の動態解析 |
| 21 | 沿岸域における場の規模を考慮した生物多様性評価手法の開発 |
| 22 | データ同化による沿岸域の流動及び水質環境の解明 |
| 23 | 平均海面上昇等に伴う海岸地形変化の実測と将来予測手法の汎用化 |
| 24 | 河口域周辺での土砂輸送および航路・泊地への集積機構の解明 |
| 25 | 海域における沿岸地形モニタリングへの航空深淺測量の適用性に関する検討 |

基礎研究の事例

海底地盤流動のダイナミクスと防波堤・護岸の安定性評価に関する研究

- 海底地盤は、地震や津波などの多様な外力を受けて大きく流動しうる。しかし、海底地盤流動のダイナミクスについては、現地観測がほぼ不可能なこともあり、未だ不明な点が多い。このような海底地盤のダイナミクスは、海岸構造物の安定性に大きく影響しうることから、その解明と評価手法の構築が必要であった。
- 本研究では、沿岸・海洋構造物ならびに海底地すべり津波などに対して甚大な影響を及ぼす一方、従来は予測困難であった海底液状化土砂流動のダイナミクスの一連の過程を予測再現しうる新たな理論・数値解析法を構築しその有効性を包括的に実証した。さらに、海底地すべり及び重力流発達に及ぼす細粒分・浸透の影響を明らかにした。
- 海岸構造物周りの局所的な地盤流動とその影響について、津波浸透を受ける防波堤基礎マウンド・地盤のダイナミクスを体系的に明らかにすると共に、津波越流-浸透連成作用による防波堤の不安定化機構を世界に先駆けて解明した。そして、防波堤基礎マウンド・地盤のダイナミクスと対策工(腹付工)の双方をふまえた防波堤の安定性評価手法を構築・提示した。
- 海底液状化土砂流動の解析法は、沿岸域の大規模土砂流動過程の予測や沿岸・海洋構造物ならびに海底地すべり津波に対して海底液状化土砂流動がもたらす影響・インパクトの合理的な評価・予測の基盤となるものであり、今後の幅広い活用が期待される。さらに、津波に対する防波堤基礎マウンド・地盤のダイナミクスと対策工を含めた防波堤の安定性評価は、港湾技術基準に包括的に反映されることになっており、国内はもとより国際的に広く活用されることが期待される。



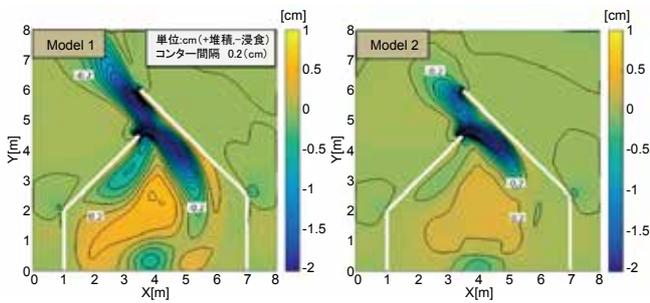
海底液状化土砂流動のダイナミクスと解析法及び実験・現地検証：概念図

1
2
3
4
5 基礎研究と萌芽的研究
6
7
8
9

基礎研究

津波による構造物周辺の局所洗掘量の推定手法の構築

- これまで防波堤の耐津波設計に用いる津波波力として谷本式や越流時の静水圧式などが検討され、2013年度に「防波堤の耐津波設計ガイドライン」として公表された。しかしながら、東日本大震災における八戸港北防波堤のように、越流による洗掘で被災する例も多く、このような被災については十分な検討がなされていない。
- そこで、本研究では、防波堤とその周辺の海底地形について移動床による水理模型実験を行う。この際、砂地盤の粒径等を変えた比較を行うほか、マウンド砕石によるアーミング効果を検討することにより、汎用性の高い洗掘量推定式を構築する。さらに、粒子法による洗掘量の推定手法についても検討する。
- 津波による地形変化は、水流による海底の砂や泥の移動によって生じるが、その移動には滑動・転動・躍動・浮遊など様々なモードがあり、それぞれの移動モードに対して複数の理論的・実験的な予測式が提案されている。土砂移動に伴う局所洗掘量をシミュレーションによって推定するには、各モードの予測式を組み合わせる必要がある。
- しかしながら、再現したい現象が与えられた場合に、どの組み合わせが最適なのか、あるいは、ある組み合わせに対し、適用限界がどこにあるのか、といった検討は十分なされていない。マウンド砕石によるアーミング効果等、局所洗掘に影響を与える現象を高精度に再現するモデルの構築にあたっては、まず既存の予測式とその組み合わせごとの限界を把握する必要がある。
- そこで2017年度は、様々な予測式を組み合わせたシミュレーションを多数実施した。港湾を模した地形に津波を作用させた実験や2011年東北地方太平洋沖地震津波によって局所的な洗掘が発生した八戸港の事例等と比較することにより、各予測モデルやそれらの組み合わせが地形変化推定に及ぼす影響について整理し、その特性を明らかにした。
- 今後は、相似則の検討を続けるとともに、粒子法による流れと地形変化の計算も行う予定である。これらの成果を踏まえて洗掘量の推定式を構築し、技術基準等への反映を目指す。

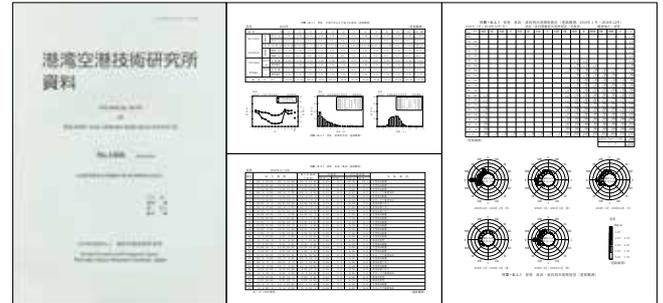


港湾を模した地形における地形変化の比較

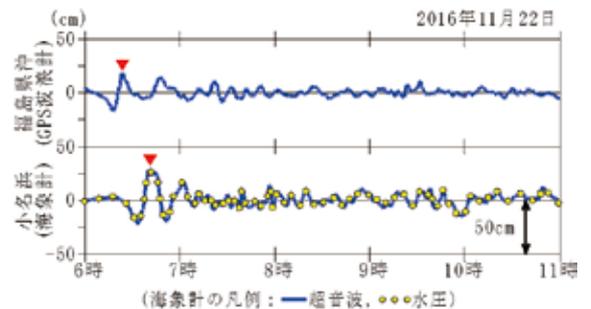
海象観測データの集中処理・解析に基づく海象特性の解明

- 当所は、1970年以来、全国港湾海洋波浪情報網ナウファスで得られた観測データの定常的な集中処理・解析を継続してきた。気候変動への危機が強まる中、この集中処理・解析を継続し、港湾や海岸の実務に密着した情報の発信に努めていく必要がある。
- そこで、本研究では、海象観測データの定常的な集中処理・解析として、各観測地点で観測された波浪データを元に速報及び確定処理を行うとともに、波浪統計解析を実施して波浪観測年報にとりまとめ、潮位及び風データの保存も行う。さらに、高精度容量式波高計による現地観測、2次元高波数スペクトルの推定手法の確立を行い、合成開口レーダ(たとえば TerraSAR-Xなど)を活用した海上風や波浪の推定手法の開発を行う。
- 2017年度は、2016年に観測された波浪観測データの波浪統計解析を行い、波浪観測年報にとりまとめた。この年には、沿岸波浪計の7地点(釧路、むつ小川原など)とGPS波浪計の7地点(青森東岸沖など)の計14地点で既往最大有義波高を更新した。とりわけ、気象庁が統計を取り始めた1951年以降、初めて東北地方に上陸した台風1610号による高波を東北地方太平洋岸の多くの地点で観測した。

- また、2016年11月22日の福島沖地震に伴う海面変動を解析した結果、福島県沖のGPS波浪計で20cm弱、仙台新港(検潮所)で約70cmなど、東北地方太平洋岸で津波を観測した。
- さらに、GPS波浪計の海面変動データに適切な前処理を行うことで、波向の推定精度を向上できるようになった。
- 今後も引き続き、波浪観測年報の作成、顕著な津波・波浪イベントの解析、データ処理・解析方法の改良に取り組み、港湾や海岸の施設の設計や防災に役立てたい。



ナウファス波浪観測年報及び付属資料



2016年の福島沖地震による津波

海洋構造物の被覆防食工法における性能評価手法の開発

- 海洋鋼構造物には一般に電気防食と被覆防食の2種類が併用され、長期耐久性が確保されている。被覆防食工法については、これまでの暴露試験等により、各工法の劣化特性(耐用年数等)が明らかになりつつある。しかし、各被覆防食工法の性能を設計時に照査する方法、維持管理時において現状の防食性能を評価する方法および将来予測を行う方法は未だ確立されていない。
- 維持管理を行う予算及び技術者は不足しており、より効率的な社会資本の維持管理が急務とされる中、上述の手法の確立は必要不可欠である。
- 本テーマでは、各被覆防食工法の性能を設計時に照査する方法、維持管理時において現状の防食性能を評価する方法および将来予測方法の確立を目標として検討を行っている。
- 検討内容(1): ペトラタム被覆工法の劣化メカニズムの解明およびペトラタム防食材の性能評価手法の確立のための劣化促進試験を実施した。
- 検討内容(2): 被覆防食工法と既設のコンクリート上部工の境界部の腐食(地際腐食と呼ばれる)の実態調査を波崎観測棧橋において実施した。

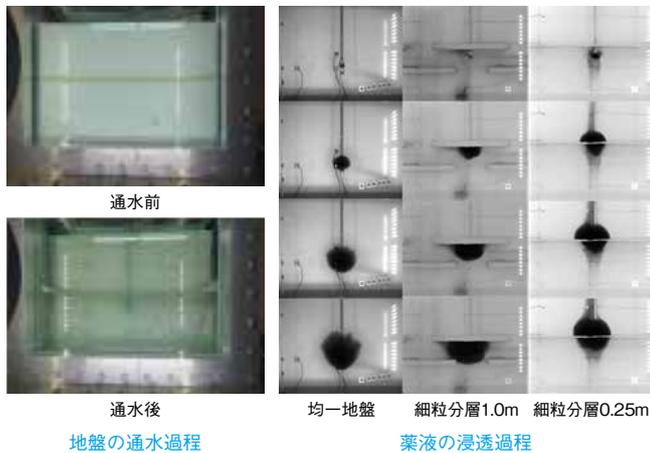


ペトラタム防食材の性能評価手法の確立のための劣化促進試験 (鋼管に防食材を巻き、60℃水道水中で回転) 供用後に塗装工法が適用された既設鋼管杭とコンクリート上部工の境界部 (境界部で腐食が進行)

基礎研究

不均質地盤に対する地盤改良仕様の提案

- ・ 港湾や空港施設の耐震化、液状化対策が進められているなかで、既存施設の耐震化に対する強い要望がある。既存施設の直下や地中埋設物周辺に対する液状化対策工法として、密度増大工法や薬液注入工法がよく用いられる。一般に原位置の地盤が不均質であったり、細粒分含有率が比較的高い場合は施工が困難となる。一方、無理に施工すると周辺地盤の変形などの影響が生じる。そこで本研究では、薬液注入工法や密度増大工法を対象として、周辺地盤が不均質の場合に得られる改良効果について検討する。
- ・ 本研究では、薬液の浸透やグラウトの圧入によって地盤内に生じる変化を可視化するために、模型地盤を透明化する技術を適用した。具体的には、透明粒子に粉碎した石英ガラス、間隙流体に砂糖水を用いることで模型地盤を透明化した。遠心模型実験で薬液の浸透を再現し、地盤条件の違いが改良形状に及ぼす影響について検討した。
- ・ この新たな可視化手法は、従来は困難であった地盤内の複雑な浸透、変形挙動の可視化を実現した実用的な手法である。今後、実験で観察された現象の数値シミュレーション等を行い地盤改良効果の予測手法の開発へ展開する予定である。また、本実験手法は地盤改良の他にも様々な地盤工学的な問題へ適用されることが期待される。

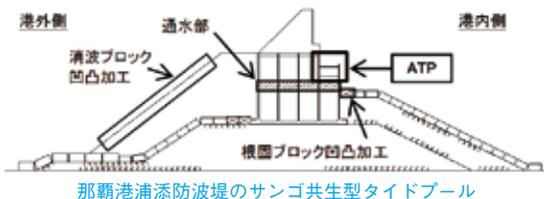


地盤の通水過程

薬液の浸透過程

離島における炭酸カルシウム地盤の形成と安定性に関する現地調査と情報解析

- ・ 離島を活動拠点とした海洋開発・利用の重要性は増している。また、遠隔離島の低潮線は排他的経済水域の基線となることから、遠隔離島の国土保全においては、領土のみならず低潮線を保全することが要請されている。
- ・ 沖ノ鳥島や南鳥島など日本の南部に位置する遠隔離島は、珪酸を母材とする本州等の地盤とは異なり、サンゴや有孔虫といった生物(石灰化生物)が生成した炭酸カルシウムを母材とする地盤や堆積物によって形成されている。したがって、国土保全は、石灰化生物による国土地盤形成の速度が、海面上昇と侵食速度を上回るかに依存している。
- ・ 一方、気候変動、水底質変化、環境改変といった外部ストレスは、石灰化生物にとって脅威であるとともに、国土保全の観点からも脅威となる。
- ・ そこで、本研究では、石灰化生物による地盤形成速度の規定要因と土砂移動堆積侵食過程を解明し、領土、低潮線、港湾施設地形の3つの保全に関する、学術と技術の基盤創出を目的としている。
- ・ 今年度は、モデルサイト(ルカン礁、那覇港、平良港、石垣港、阿嘉島、西表島、石垣島、風蓮湖)における現地調査を実施するとともに、現有コアサンプル試料を分析した。また、那覇港浦添防波堤のサンゴ共生型タイドプールにおけるサンゴ被度と環境条件との関係性を検討した。



那覇港浦添防波堤のサンゴ共生型タイドプール

ブルーカーボンによる気候変動の緩和効果と適応効果の全球推計

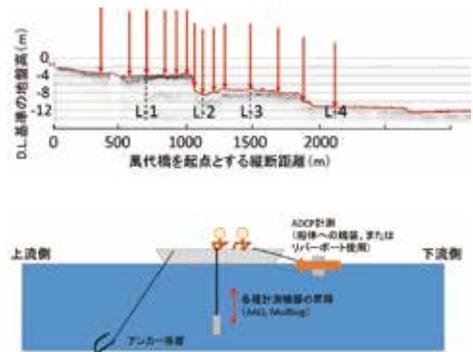
- ・ 港湾や海岸事業における気候変動への対応は喫緊の課題である。気候変動の緩和(大気中CO₂の吸収や炭素貯留)にブルーカーボン(海洋生物によって隔離される炭素)が有効であることが、海草場生態系などでは実証されつつある。しかしながら、海草場以外の生態系による緩和効果については未解明である。また、沿岸生態系では、波浪減衰や土砂堆積といった気候変動の適応効果も期待できることから、気候変動の緩和と適応の2つの効果を一体として検討することが合理的であるが、サンゴ礁生態系や海草藻場などによる波浪減衰や土砂堆積の定量化は、世界的にも始まったばかりである。
- ・ 本研究では、ブルーカーボンによる気候変動の緩和と適応効果を活用して港湾や海岸事業における費用対効果を改善し、新たな気候変動対策を提案するため、ブルーカーボンによる気候変動の緩和と適応効果を定量化する手法(調査・解析・モデリング)を開発する。さらに、開発された手法を用いて、全球の海岸線における現況の緩和と適応効果を推計する。
- ・ 今年度は、マングローブ、サンゴ礁生態系モデル新規構築と試算、全球推計のための地形・生態系データの収集とGIS解析、浅海域生態系による波浪減衰や越流量低減効果に関するモデル化と試算を実施した。また、国内外の藻場・干潟・サンゴ礁、マングローブとその流域、外海において、炭素動態に関連する水底大気質の現地調査を実施した。さらに、学識経験者および関係団体等で構成される「ブルーカーボン研究会」を立ち上げた。



24時間連続の炭素動態調査

河口域周辺での土砂輸送および航路・泊地への集積機構の解明

- ・ 河口域周辺の港湾においては、河川からの流下土砂の堆積による航路・泊地の埋没対策が必須となる。埋没対策は、今般の浚渫土砂処分場不足および維持浚渫費用削減の課題を解決するために重要な研究課題である。また、東南アジアをはじめとする、大河川河口域に発達した都市に隣接する多くの港湾において、航路・泊地の維持管理の問題は、より深刻な状況にある。
- ・ 本研究では、国内のみならず東南アジア等の海外を含めた河口域を対象として、高濃度な浮泥輸送現象や季節変動など、地域特性を考慮した河川供給土砂の輸送動態を把握するとともに、河口域周辺の沿岸域を対象とした底質輸送シミュレーションモデルを構築する。
- ・ 今年度は、インドネシア政府機関BPPTとの研究連携協定に基づく共同調査において、パティンバン海岸周辺の河口濁度分布調査(8月)を実施した。また、信濃川河口および新潟西港内において出水時の高濃度濁水の現地調査(11月、12月)を実施した。さらに、現地底泥の波・流れによる輸送実験を行い、含泥率等に依存する輸送量の変化を定量的に評価した。



信濃川河口および新潟西港内の高濃度濁水調査

1
2
3
4
5 基礎研究と萌芽的研究
6
7
8
9

2017年度に実施した萌芽的研究

独創的な発想、先進的な発想に基づく研究であって、かつ将来の研究の新たな研究分野を切り開く可能性を有する萌芽的研究について、先見性と機動性に留意しつつ、2017年度に8件の研究を実施した。

1 簡易 VR 等を用いた点検診断教育ツールの開発

- 港湾施設の維持管理は、その大部分を地方自治体などの港湾管理者が担うものであり、少ない予算・人員での対応が迫られ、維持管理業務にかかる負担が増している。その結果として、老朽化した施設が、部材劣化に伴う構造物の安全性の低下により、重大事故を引き起こすケースが増大する中、港湾施設の適切かつ効率的な点検診断が求められている。このため、本研究では、①若手技術者や点検実施者を対象として、港湾構造物の変状の発生・進展機構や点検方法・ポイント等が誰でも楽しく容易に学べる教育ツールを作成した。
- 具体的には、①施設の変状連鎖機構について、港湾構造物の構造形式毎（栈橋上部工、栈橋下部工、矢板式係船岸、ケーソン式防波堤：消波工ありの4タイプ）に、3Dアニメーションを制作、②栈橋上部工下面部を事例に、視点カメラ（GoPro）を活用し、熟練技術者と未経験者による点検方法や点検ポイントの違いについて比較・整理、③船外機船に搭載した全天球カメラ（Gear360）で撮影した栈橋の上部工及び下部工について、HMD（ヘッドマウントディスプレイ）を利用した仮想空間（VR）での点検診断教育ツールの開発、④デジカメで撮影した栈橋下部部の画像を、SfM/MVSソフトウェアを活用し、3D展開図に生成し、ひび割れなどの損傷箇所等の確認を実施した。
- 今後は、補修対策の3Dアニメーションの制作や、VRについて、点検結果、完成当時の配筋図等を検索・表示する機能の追加を進める必要がある。



図-1 3Dアニメーションの一例



図-2 VRによる仮想空間体験

2 生存時間解析を用いた栈橋上部工点検データの分析

- 栈橋上部工下面における劣化は同一施設中であっても一様に進行しないことが知られている。このことに関して、「海側や陸側に位置する部材が劣化しやすい」といった経験知はあるが、どの要因がどの程度劣化進行に影響を及ぼしているかは明らかとなっていない。
- 技術基準対象施設は定期点検診断が義務化され、少なくとも5年に1回は定期点検診断が実施される。定期点検では目視調査が実施されるため、目視点検データの蓄積が期待される。栈橋上部工下面の目視点検では、全ての部材の劣化度を判定するため、今後蓄積されていく栈橋上部工下面の目視点検データを分析することで、劣化進行に関する特徴を抽出できる可能性がある。そこで本研究では、生存時間解析の手法を用いて、栈橋上部工下面の目視点検データ（19施設分）を試行的に分析し、劣化進行に影響を及ぼす要因について検討した。
- 目視点検データ分析の結果、部材種類ごとに劣化進行に影響を及ぼす要因が異なると考えられる。一例として海陸方向の位置における部材種類ごとの生存関数を図-1に示す。BH（図-1（a））においては海側および陸側に位置する部材の劣化が進行しやすいこと、BV（図-1（b））においては海陸方向の位置による劣化進行の違いは見られないこと、S（図-1（c））においては海側に位置する部材の劣化が進行しやすいことがわかった。

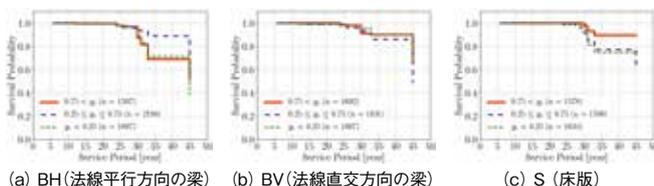
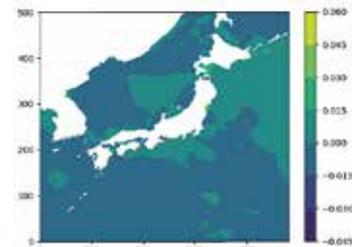


図-1 海陸方向の位置を要因とした生存関数の推定結果
（凡例 赤：陸側、青：中央、緑：海側に位置する部材）

3 カルマンフィルタを組み込んだ高潮数値モデルの開発と評価

- 台風が発生したときに数日先の高潮の規模を高精度に予測することは、沿岸の防災に重要である。しかし、外洋では気象場を時空間的に密に観測することが難しく、この台風予測の初期値問題が数日先の予測と現実の挙動とに大きな差を生むことがある。気象場の誤差は高潮の誤差を生むため、高精度な高潮予測は依然として困難な状況にある。
- そこで、本研究では、海洋モデルROMSをベースに、海洋場の観測データを逐次同化させる高潮数値モデルの開発に取り組んだ。このモデルでは、観測値を得るごとに計算を修正するため、予測誤差の抑制が期待される。その同化手法には、複数の初期値から得られる予測値を用いて解析値を求める、アンサンブル・カルマンフィルタを用いた。
- モデルの検証のために、台風1721号で以下に記す双子実験を行った。①気象解析値MSM-GPV（格子間隔：5km）を外力とした潮位偏差の計算（計算期間：2017年10月21日0時～24日12時、計算領域：北緯22.5～47.5°、東経125～149°、格子間隔：5km）を行い、その結果を真値とする。また、真値にガウシアン・ノイズを加えたものを観測値とする。②LAF法を用いて設定した7つの異なる初期値を起点に、気象予報値GSM-GPV（格子間隔：20km）を外力とした潮位偏差の計算を開始する。③それぞれの計算を、GPS波浪計の設置地点の観測値に1時間ごとに同化させた。
- その結果、観測値を点で与えて計算値を同化させても、その影響が計算領域全体に及ぶことを確認できた。ただし、予測精度の改善には至らなかった。
- 今後は、Breeding法といった新たな初期値生成法の導入、アンサンブル・メンバーの増加、同化間隔の短縮など、最適なモデル設定について検討したい。



データ同化による潮位偏差の修正量
（●印：GPS波浪計の地点）

4 測位衛星を利用した新たな海象計測手法確立の試み

- 米国のGPSを含む測位衛星の総称をGNSS（Global Navigation Satellite Systems）といい、測位衛星からの信号が海面や地表面で反射することを応用するリモートセンシングをGNSS-R（Reflectometry）という。GNSS-Rは、既存の測位信号を利用し、複数点の同時観測が可能であることから、台風や爆弾低気圧など短時間で変動する自然現象を低コストでモニタリングする手法として、近年大きな期待を集めている。
- GNSS-Rによる海象物理パラメータ（海上風、波浪、津波、高潮など）の推定では、実海域における「さざ波」の物理現象を解明し、海面からの散乱シグナルとの関連性を定量的に評価することが重要なポイントである。
- 本研究では、2018年3月28日から4月5日まで平塚観測タワー（東京大学海洋アライアンス）において、海洋波およびそれに関連する物理パラメータ（海上風および海洋表層乱流）に関する総合的な現地物理観測を行った。それと同時に、GNSSアンテナを用いて海面からのGNSS信号の反射強度を計測した。
- 今後は取得したデータの解析を行う。特に、波長10cm程度までの高波数スペクトルの直接計測とその波数帯域におけるソースバランスには、未解明な点が多い。波数スペクトル推定にはDonelanら（1996）のWavelet解析手法を用いる。さらに、計測した海上風乱流からは波浪境界層の物理過程、海洋表層乱流からは砕波に伴う乱流混合とそれに伴う高波数スペクトルへの影響について、それぞれ解明を試みる。

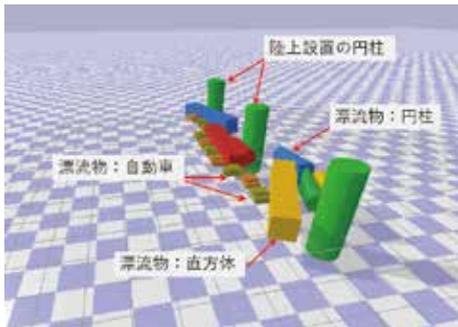


平塚観測タワーに設置した観測機器

萌芽的研究

5 任意形状物体を用いた漂流物挙動モデルの開発

- これまで様々な津波漂流物モデルが開発されてきたが、これらは船舶や自動車など様々な形状の漂流物体を質点、直方体、粒子の結合として表現したものである。渋谷ら(2012)は、河川の流木捕捉工による捕捉現象の再現に物体形状の表現力が重要であることを示唆している。津波による漂流物は船舶、コンテナ、自動車、家屋がれきと、形状が様々であり、これらが複雑に干渉し合う現象の予測には形状の表現力が求められる。
- そこで、本研究では、任意形状を表現できる漂流物モデルの開発を試みた。漂流物の計算には、時間発展する水位や流速を計算する流体モデルと漂流物の挙動を計算する漂流物モデルが必要である。
- 流体モデルについては、ナビエ・ストークス方程式に基づく数値モデルを、後述する漂流物モデルとの接続の容易さを考慮し、プログラミング言語pythonを用いて開発した。
- 漂流物モデルでは、各時間ステップの並進・回転運動処理、物体同士の衝突処理に、zlibライセンスでオープンソース化されている物理エンジンライブラリbulletのpython版pybulletを使用した。Pybulletは、球体・ボックス・円柱などの基本形状を組み合わせての、3D物体を表現するデータ形式である.objファイルを読み込ませることで、任意の形状を表現できる。また、pybullet含む物理エンジンの多くは、三次元の物理挙動を高速に計算でき、ゲーム内の物理演算に使用されている。この漂流物モデルは、流体モデルで得た水位や流速から算出した流体力を使い、漂流物体の時々刻々の挙動を得ることができる。
- 今後は、各モデルの精度検証を既存の実験結果等との比較を通じて行っていく。漂流物モデルに使用した物理エンジンは、計算の正確性よりもリアルタイム性を重要視していることが多いため、実現象をどの程度再現できるか定量的な評価が必要である。そして、漂流物モデルにおける流体力評価法、流体モデルと漂流物モデルの連成方法を高度化し、既存モデルとの比較、実際の津波漂流物の閉塞現象や陸上構造物への影響評価を検討していきたい。



様々な基本形状を組み合わせて表現した漂流物

6 自己組織化単分子膜 (SAM) 形成技術による防食方法の提案

- 鉄筋コンクリート構造物に用いられる鉄筋の直接的な防食方法として、エポキシ樹脂塗装や亜鉛メッキがある。しかし、通常の鉄筋と比較して高価となるため、安価かつ簡便で防食性能の高い防食方法の開発が進められている。
- 貴金属や反応性の高い金属の防食方法として、自己組織化単分子膜(Self-assembled monolayer: SAM)を用いた鉄筋の表面修飾による表面撥水が研究されている。SAMによる表面修飾は、機能性分子を含む溶液中に金属を浸せきさせるだけの簡単な方法である特徴がある。このため、鉄筋を大量に使用する土木構造物での利用のメリットは大きいと考えられる。本研究ではSAMによる防食技術の鉄筋コンクリートへ応用を目的とした。
- 鉄筋コンクリートを対象としたSAMの防食性能を確認するため、①アルカリ環境や塩害環境を模擬した劣化促進試験による防食性能、②電気化学的計測による防食性能を評価した。
- 乾湿繰り返しによる劣化促進試験の結果を図-1に示す。SAMによる表面修飾した試験片は、アルカリ環境では腐食が生じていないが、塩害環境ではサイクル初期から腐食が生じることを確認した。
- 海水中に浸漬させた試験片の腐食速度の計測結果(図-2)から、SAMが腐食速度に与える影響を検討する。腐食速度はSAMなし>SAM_No.1~4となったことから、SAMによる表面修飾により、腐食が生じた場合においてもSAMなしと比較して腐食速度が小さいことを把握できた。よって、SAMによる表面修飾により、通常の鉄筋と比較して腐食速度を低下させる可能性が示唆された。
- 今後の研究として、SAMによる表面修飾した試験片をコンクリート中に埋設することで、SAMの耐久性や実際の防食効果について検討する必要がある。

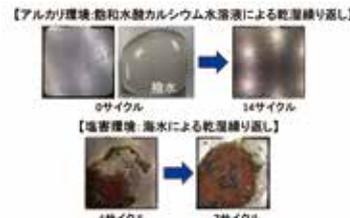


図-1 SAMを形成した試験片の劣化促進試験による防食性能の確認

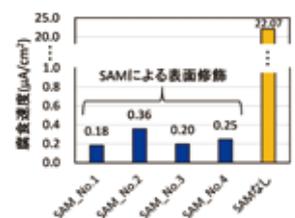
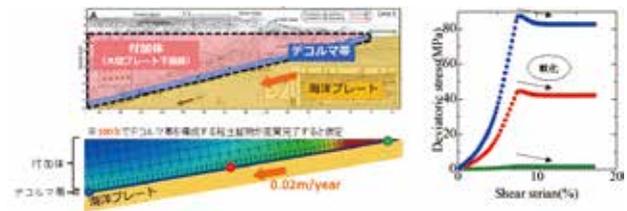


図-2 腐食速度の計測結果

7 数値解析手法の開発による津波地震発生メカニズムの解明

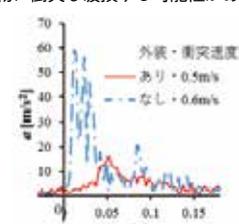
- プレート沈み込み境界浅部のデコルマ帯と呼ばれる断層において、通常の地震よりもゆっくりと破壊滑りが進行するスロー地震が観測された。デコルマ帯が地震発生時につられて高速に滑ると、巨大津波を伴う巨大地震に発展する可能性がある。南海トラフで巨大地震の発生が想定される今、デコルマ帯でスロー地震を生じるような海底地殻の不安定性挙動について、その原因解明が急がれる。
- プレート境界付近では高温高压のために粘土鉱物に変質することが分かっている。そこで、変質に伴う土質性状の力学変化を表現できる数値解析手法を開発し、変質しながらせん断力を受ける海底地殻の力学挙動について検討することを目的とした。
- プレート沈み込みを想定した解析を行った結果(下図)、デコルマ帯上部の領域で間隙水圧が上昇し、デコルマ帯の強度は増加した後に軟化する傾向を示した。強度増加はプレート間の固着に、強度軟化はスロー地震の発生にそれぞれ繋がるという。このことは、粘土鉱物の変質が、津波に繋がる地殻変動を引き起こす要因の一つである可能性を示唆する。
- 今後は、変質速度に影響を及ぼすデコルマ帯におけるイオン濃度変化や温度変化に着目し、モデルの改良を行う予定である。



プレート沈み込みシミュレーション結果 (左図: 過剰間隙水圧分布、右図: 各深度(3箇所)における応力-ひずみ関係)

8 水中ロボットの外装による衝突時の衝撃緩和に関する検討

- 維持管理用点検ROVなどの水中ロボットは、有用なツールとして研究開発がすすめられているが、これらは衝突させないことを前提に設計されている。しかしながら、橋脚下や構造物極近傍での波浪の乱れや、航跡波など予測不可能な外乱下では、操作が難しいため、水中ロボットが構造物に衝突し破損する可能性があり、利用の拡大の妨げとなっている。
- そこで本研究ではホバリング型的水中ロボットに外装を装着し、衝突による加速度の最大値を低減させ、水中ロボットが破損せず作業を継続可能とすることを目的とし、衝撃緩和に関する検討を行った。
- 水中ロボットにアルミ構造材などの複数の外装を装着し、コンクリート壁面、鋼管に衝突した際に本体部に作用する加速度の計測を定量的に行い評価した。
- 衝突から停止するまでにかかる衝突時間を長くすることで衝突により作用する加速度の最大値を低減させるために、機体が衝突時に回転する形状の外装などを提案した。それに加え、ばねやダンパーなどを併用することで、更なる加速度の最大値の低減が可能となった。
- 今後、衝突した構造物への影響や、効率的に操作を行う手法の検討を行いたい。



外装の有無による衝突時に作用する加速度aの時間変化の違い



水中ロボットのコンクリート壁面への衝突実験の様子

研究成果の公表

査読付発表論文数 (2017年度)

| 和文論文数 | 外国語論文数 | 合計 | 外国語論文比率 |
|---------|---------|----------|---------------|
| 75 (64) | 48 (12) | 123 (76) | 39.0% (15.8%) |

※要旨査読のみのプロシーディングスも含む(括弧内はジャーナル数)。

2017年度に刊行された港空研報告

| 番号 | 表題 | 著者 | 和/英 | 刊行 |
|--------|--|--|-----|---------|
| 56-2 | 耐震性能照査における鋼管部材のモデル化法の提案 | 大矢陽介・塩崎禎郎・小濱英司・川端雄一郎 | 日本語 | 2017年6月 |
| 56-3-1 | 杭間地盤をセメント固化改良した組杭の横抵抗特性 | 松村聡・松原宗伸・藤井愛彦・水谷崇亮・森川嘉之・佐藤真 | 日本語 | 2017年9月 |
| 56-3-2 | 画像解析に基づいた粒状体材料の変形挙動の評価と数値再現手法の提案 | 高野大樹 | 日本語 | 2017年9月 |
| 56-3-3 | 数値解析および模型実験によるレベル1地震動に対する胸壁の照査用震度算出手法の検討 | 小濱英司・府川裕史 | 日本語 | 2017年9月 |
| 57-1-1 | 2016年熊本地震の前震と本震の震源過程の推移と特性化震源モデル | 野津厚・長坂陽介 | 日本語 | 2018年3月 |
| 57-1-2 | ジオグリッドを利用した補強土壁式矢板構造の技術開発 | 高橋英紀・森川嘉之・水谷崇亮・池野勝哉・田中智宏・水谷将・三好俊康・林健太郎 | 日本語 | 2018年3月 |

※56-4については案件なし、発行しない

2017年度に刊行された港空研資料

| 番号 | 表題 | 著者 | 和/英 | 刊行 |
|---------|---|------------------------------|-----|----------|
| No.1333 | 全国港湾海洋波浪観測年報 (NOWPHAS2015) | 川口浩二・櫻庭敏・藤木俊・田村仁 | 日本語 | 2017年6月 |
| No.1334 | 新潟西港内での土砂堆積特性の解明に関する現地調査と水理実験 | 中川康之・高嶋紀子・篠澤巧 | 日本語 | 2017年6月 |
| No.1336 | 港湾鋼構造物の対策工法選定フローの提案 | 加藤絵万・染谷望・川端雄一郎・田土弘人・山路徹・仲谷伸人 | 日本語 | 2017年9月 |
| No.1337 | 浅海変形後の多方向不規則波の造波とその特性 -水深一定の造波面に沿う複数の方向スペクトルによる造波- | 平山克也・相田康洋・中村聡孝 | 日本語 | 2017年9月 |
| No.1338 | 径厚比を考慮した鋼管部材のモデル化法の各種港湾施設への適用 | 大矢陽介・塩崎禎郎・小濱英司・川端雄一郎 | 日本語 | 2017年12月 |
| No.1339 | 長期海洋暴露試験及び実構造物調査に基づくコンクリートの塩化物イオン拡散性状に関する検討 | 与那嶺一秀・山路徹・加藤絵万・川端雄一郎 | 日本語 | 2018年3月 |
| No.1340 | 船舶の排水量に関する回帰式の提案 | 米山治男 | 日本語 | 2018年3月 |
| No.1341 | 係船柱に作用する船舶の牽引力に関する検討 | 米山治男 | 日本語 | 2018年3月 |

※No.1335については再編集につき刊行時期未定

開かれた研究所

年次報告・技術情報誌・ホームページ

2016年度分の活動内容を簡潔にまとめた「年次報告2017」（日本語版）並びに「PARI Annual Report 2017」（英語版）を作成、関係機関へ配布し、研究所のホームページで公開した。

技術情報誌「PARI」については、毎号ごとに各研究テーマの特集記事を選定し、研究成果の活用状況、研究所の実験および現地観測施設などを紹介した。1,700カ所へ約1,800部を送付している。

ホームページにおいて、研究所の概要、成果、施設、シンポジウム等のイベントやニュース等の様々な情報の発信をリアルタイムに行い、今年度は約25万回のアクセスがあった。



技術情報誌「PARI」

一般国民向け講演会の実施

港湾空港技術講演会

研究所が実施している調査、研究及び技術開発の成果を公表し、その普及に努めることを目的に、2017年12月21日に東京都内において、国土技術政策総合研究所と協力し港湾空港技術講演会を開催し、約250名の聴講者があった。

港湾空港技術地域特別講演会

研究所の研究活動や成果についての情報を幅広く提供するとともに、各地域での研究ニーズ等の情報を収集することを目的として、国土技術政策総合研究所および地方整備局等との共催で、全国4地域において開催し、延べで約650名の聴講者があった。

港湾空港研究シンポジウム

2018年1月12日に横須賀市内において、国土技術政策総合研究所と合同で、港湾空港研究シンポジウムを開催し100名以上の聴講者があった。

研究所施設の一般公開

一般公開

「一般公開」（2017年7月22日（土）開催）では、「巨大津波を体感しよう」等の公開実験、「干潟にいる生き物に手で触れてみよう！」等の体験コーナー設置、「ジャンボジェット機のタイヤを見よう！」等の展示を実施し、1,085人の来所があった。



夏の一般公開

一般公開以外の施設見学

夏の一般公開に加えて、年間91件、1,393人に対し研究所の施設見学を実施した。民間企業に加え、政府、自治体、教育機関関係者等に対し、施設や施設に関連した研究を紹介することを通して、研究所の活動内容や研究者の社会的位置付けを広く理解してもらうよう努めるとともに、地震や津波に係る各種情報を伝えるなど、防災に係る啓蒙も進めた。

その他のアウトリーチ活動

横須賀市子ども防災大学への協力

横須賀市内の小学5年生の夏期の防災教育活動「横須賀市子ども防災大学」の開催に協力し、2グループ（37名）を受け入れ、模型などを用いた体験学習を実施した。

スーパーサイエンスハイスクール（SSH）事業への協力

文部科学省においてSSHに指定した神奈川県立横須賀高等学校の1年生及び宮城県仙台第一高等学校の2年生を対象に、研究内容の説明、研究所の施設見学を行い、理数への関心の向上を図った。

東京湾大感謝祭 2017 への出展

2017年10月に、横浜赤レンガ倉庫とその周辺で開催された東京湾大感謝祭2017において展示ブースを設け、子供連れの家族など多くの来場者に研究所の活動内容のPRを行った。



東京湾大感謝祭2017

メディアを通じた情報発信

メディアを通じた情報発信に努め、津波の危険性を解説する実験映像等が国内テレビ局のニュース番組等で放映された。また専門誌「月刊エアライン」で空港舗装に係る研究内容が掲載されたほか、研究所の諸活動について新聞や専門誌等に延べ47回の記事掲載があった。



月刊エアライン 空港舗装の秘密
(2017年9月号)

| |
|-----------|
| 1 |
| 2 |
| 3 |
| 4 |
| 5 |
| 6 |
| 7 開かれた研究所 |
| 8 |
| 9 |

高い外部評価

2017年度の論文賞等の受賞実績

| | 氏名 | 表彰名 | 表彰機関名 | 日付 | 備考 |
|---|--|---|--------------------|------------|--|
| 1 | 高橋 英紀 地盤改良研究グループ長 | 文部科学大臣賞 (若手科学者) | 文部科学省 | 2017/4/19 | |
| 2 | 伴野 雅之 沿岸土砂管理研究グループ主任研究官 | 前田記念工学振興財団 山田一字賞 | (公社)前田記念工学 振興財団 | 2017/6/2 | 様々な時間スケールにおける 汀線の動的応答特性と将来の 汀線変動予測 |
| 3 | 田中 豊 構造研究グループ研究官 | 土木学会 吉田研究奨励賞 | (公社)土木学会 | 2017/6/9 | 空間統計学を用いた海洋コン クリート構造物における劣化 因子の空間分布モデルの構築 |
| 4 | 松村 聡 基礎工研究グループ研究官 | 地盤工学会研究奨励賞 | (公社)地盤工学会 | 2017/6/9 | |
| 5 | 高橋 英紀 地盤改良研究グループ長 佐々 真志 動土質研究グループ長 森川 嘉之 地盤研究領域長 | 地盤工学会技術開発賞 | (公社)地盤工学会 | 2017/6/9 | |
| 6 | 佐々 真志 動土質研究グループ長 | 日本学術振興会審査委員表彰 | (独)日本学術振興会 | 2017/8/4 | |
| 7 | 藤井 愛彦 地盤改良研究グループ研究員 | 地盤工学研究発表会優秀論文 発表者賞 | (公社)地盤工学会 | 2017/8/27 | 37年にわたる長期養生下で の石灰安定処理土の強度変化 特性 |
| 8 | 川端 雄一郎 構造研究グループ主任研究官 | 第17回コンクリート構造物 の補修、補強、アップグレー ドシンポジウム 優秀論文賞 | (公社)日本材料学会 | 2017/10/13 | アルカリラッピングしたコン クリートプリズム試験におけ るコンクリートのASR膨張 挙動のモデル化 |
| 9 | 高川 智博 津波高潮研究グループ長 | 水路技術奨励賞 | (一財)日本水路協会 | 2018/2/27 | 沖合観測情報に基づくアンサ ンブル津波予測手法の開発 |

研究所の出来事

国際会議やワークショップ等への積極的な取り組み

2015年12月の国連総会において、日本の津波防災の日である11月5日が「世界津波の日」に制定されたことを受け、津波防災をはじめとする沿岸防災技術分野で顕著な功績を挙げた方を対象とした「濱口梧陵国際賞(国土交通大臣賞)」を創設し、2017年11月に、Philip Li-Fan Liu シンガポール国立大学副学長兼特別教授/コーネル大学名誉教授、Julio Kuroiwa ヘルー国立工科大学名誉教授/ヘルー国際災害危機軽減会社理事兼本部長、黒潮町(高知県幡多郡)の2名1団体を表彰した。



濱口梧陵国際賞授賞式及び記念講演会
(2017年11月1日 東京)

2017年9月に、イタリア国ベネチア市において「日・伊沿岸防災に関する技術交流ワークショップ2017」を主催し、津波高潮対策について幅広く意見交換を行った。

また2017年11月に、韓国ソウル市において、韓国沿岸技術院(KIOST)及びフィリピン港湾局(PPA)、当所の3者で「KIOST-PPA-PARIワークショップ」を開催し、地盤、地震に関する研究について意見交換を行うとともに、交流を深めた。

国内外の研究機関との幅広い交流

研究の品質及び効率を更に向上させるため、国内外の研究機関との連携をより積極的に進めており、2017年度時点において、国内9件、海外26件、合計35件の研究協力協定を締結している。2017年度においては、スウェーデン地盤研究所(SGI)と研究協力協定を再締結した。

また、国土交通省国土技術政策総合研究所とは2018年3月30日、緊急災害対策派遣隊の活動が円滑に実施できるよう協定を締結した。

教育・研究連携協定の締結

研究所と国公立大学が協定を締結し、研究所の研究者が大学院の教授等に就任し、研究所等で大学院生の指導を行う「連携大学院制度」に基づき、東京工業大学、名古屋大学、長岡技術科学大学等11の大学と連携協定を締結している。2017年度においては講師として10名を派遣した。連携大学院制度以外には、筑波大学等にのべ2名を派遣した。

行政支援の推進

災害現場への研究者派遣

2017年4月14日、スリランカ国コロンボ市ごみ処分場で堆積物崩落事故により多大な被害が発生した。研究所は、国際緊急援助隊の専門家チームの一員として2名の研究者を派遣し、原因究明、2次災害防止、早期復旧等に貢献した。

緊急災害対策派遣時の連携強化

2018年3月30日、国土交通省国土技術政策総合研究所(横須賀)との間で、緊急災害対策派遣隊(通称TEC-FORCE)派遣時の各種連携強化に係る協定を締結した。



国土技術政策総合研究所と連携協定を締結
(2018年3月30日)

各種技術委員会等への委員の派遣

国、地方自治体の行う港湾・海岸・空港等の公共事業の実施に関連した技術課題解決のため国等が開催する各種技術委員会等の委員として研究所の研究者のべ55名を派遣した。また、様々な機関が設置した港湾・海岸・空港整備に関連する技術委員会を含めればのべ360名を派遣しており、国等が抱える技術課題解決のため精力的に対応した。

国の技術者に対する研修への講師の派遣

国土技術政策総合研究所が実施する国等の技術者に対する研修について、研修計画の企画段階から積極的に参画し、研究者のべ23名を2の研修コースに講師として派遣した。

港湾等の技術基準に関する業務支援

港湾の施設の技術基準に関しては、国土交通省港湾局等が設置した委員会等に委員として参加して協力した。また、国土技術政策総合研究所をはじめ学会、関係機関が開催する講習会等において、技術基準の普及等に協力した。空港施設については、空港土木施設に関する技術基準等の円滑な普及・運用に向けた各種検討委員会等に協力した。

新技術の評価業務支援

国土交通省(地方整備局等を含む)の要請に応じて、有用な新技術の活用促進を図るために「公共工事における新技術活用システム(通称「NETIS」)」に登録する技術の現場への適用性等を評価することを目的に各機関が設置する「新技術活用評価会議」に研究者を派遣し、技術支援を行った。

2018年7月

—世界に貢献する技術をめざして—

国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所

港湾空港技術研究所

Port and Airport Research Institute

〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬 3-1-1 TEL : 046 (844) 5040 / FAX : 046 (844) 5072 URL : <http://www.pari.go.jp>