

令和6年度港湾技術報告会開く

9月27日 星陵会館ホール
会場+オンラインで370人が聴講



最新の技術動向を共有する機会に

日本埋立浚渫協会は「令和6年度港湾技術報告会」を9月27日、東京都千代田区の星陵会館ホールで開きました。報告会会場には、会員各社のほか、関連団体やコンサルタントなどに所属する方々が大勢集まり、オンラインでの聴講者を合わせておよそ370人が海洋土木に関する最新技術の報告に熱心に耳を傾けました。

報告会では、最初に東京大学大気海洋研究所の沖野郷子教授による「地球と海とプレートテクトニクスの46億年」と題した特別講演が行われました。これに続き、協会会員6社の担当者による海洋土木技術に関する報告がありました。

開会に当たり協会の村岡猛専務理事は、「2008年3月に第1回が開かれた港湾技術報告会では、当協会が扱う調査研究や取り組みについて、その時々テーマに沿って情報を発信し、参加者の皆さんと情報を共有してきました」と語り、「海洋土木技術を感じていただく実り多い機会となることを祈念しています」とあいさつしました。

また、今年1月1日に発生した能登半島地震で海底地盤の大規模な隆起が発生して港も大きな被害が生じたことや、8月に南海トラフ地震臨時情報が発表されたことにも触れながら「海洋土木技術者として海底の動きにも関心が高まっています」として、地球の成り立ちに関する壮大な話題をテーマとする沖野教授の特別講演の内容に大きな期待を寄せました。

惑星規模の壮大な話題を提供

海底地球物理学が専門の沖野教授が今回の特別講演で取り上げたテーマは「プレートテクトニクス」です。地球の表層が数十枚のプレート(厚さ数十~250km程度)で覆われており、その運動から大地形や地震、火山など地球上で起こるさまざまな地質現象を説明するという考え方は、1960年代半ばにその概念が成立し、日本では1990年代以降に高校の地学基礎の教科書にも掲載されるようになりました。

沖野教授は、プレートテクトニクスの概念が成立するまでの変遷として、16世紀に地図編纂

特別講演

地球と海とプレートテクトニクスの46億年
東京大学 大気海洋研究所 沖野 郷子 教授
おきの・きょうこ

各社報告

カルシア改質土によるCO₂排出量の低減と温暖化対策の展望
五洋建設株式会社
土木部門環境事業部専門部長 田中 裕一
たなか・ゆういち

揚土船バックホウの省力化・省人化
東亜建設工業株式会社
土木本部機電部電気グループ グループリーダー 藤山 映
ふじやま・えい

GNSS 測位技術におけるZ値活用に向けた実証計測結果について
東洋建設株式会社
土木事業本部土木技術部技術開発課 渡瀬 陽信
わたせ・あきのぶ

ICT技術を活用した消波工メンテナンスの設計・施工手法確立に向けた取り組み
株式会社不動テトラ
総合技術研究所研究開発室第三研究開発グループ グループリーダー 昇 悟志
のぼる・さとし

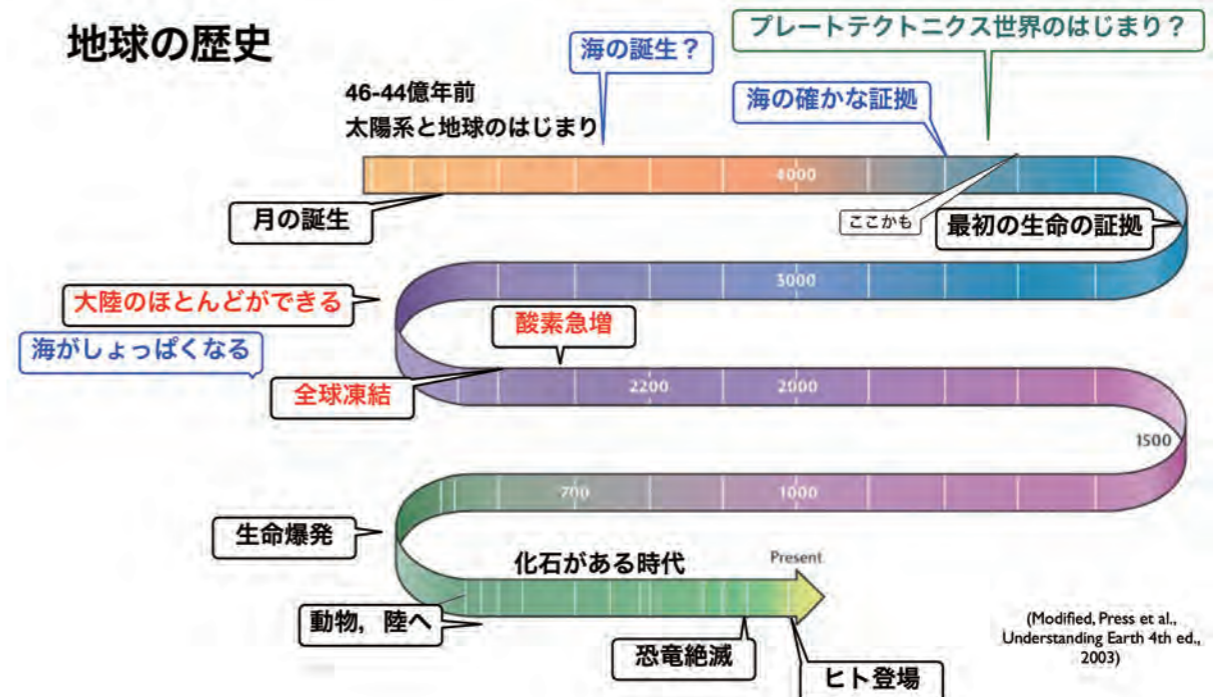
空港コンクリート舗装版下面の空洞充填に関する技術の開発
みらい建設工業株式会社
技術本部研究開発部部長 足立 雅樹
あだち・まさき

AIを活用したコンクリート締固め管理システム
若築建設株式会社
建設事業部門技術部次長 秋山 哲治
あきやま・てつじ



特別講演の沖野郷子 教授

地球の歴史



者がアフリカ西海岸とアメリカ東海岸の地形が相似していることから大陸移動の可能性をひらめいたところからはじめ、20世紀初頭にドイツの気象学者アルフレッド・ウェゲナーが提唱した大陸移動説、さらに世界規模での情報共有や技術の進展に伴う地震学、海底地形、地球磁場といった各種アプローチがあったことを紹介しました。

1960年代に成立したプレートテクトニクス概念について沖野教授は「地球の表面はいくつかの硬いプレートに分かれている」「プレートはお互いに運動している」「地表の地質現象の大半はプレート境界で起こる」という三つの考え方で解説。「地球の表層について語る時には、この三つの要素が今も機能していると言えるでしょう」と話しました。

その上で、地球誕生から46億年が経過する中で海、生物、大陸などがいつくらいに誕生したかに言及。地層や鉱物などの調査結果から海が44億年くらい前には誕生しており、20億年くらい前には陸地の7割方はできていたことを紹介しながら、生物誕生の歴史とも絡めて「7億年くらい前には現在とほぼ同じような酸素に満ちた世界になっていたと考えられます」としました。

プレートテクトニクスについて沖野教授は「おそらく33億～40億年前には始まっていたと考えられます」とし、星が誕生して冷やされていくことでプレートが出来上がっていく過程を考えた場合に、地球上でそれがなぜ長時間維持されているかについても話しました。過去にプレートテクトニクスがあったとも考えられている火星と比べると、地球には全体の7割を占める海が存在していることに触れ、「海がずっとあったから、プレートテクトニクスが維持されている」という説を紹介しました。

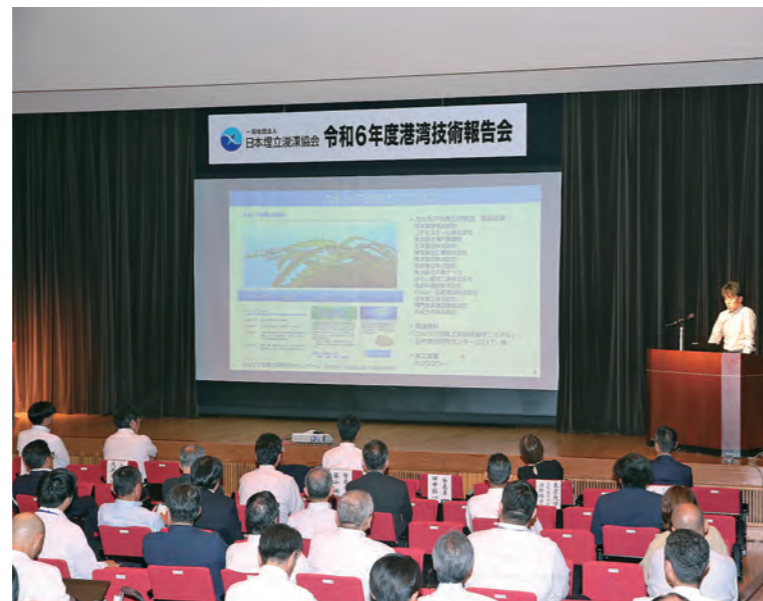
沖野教授による惑星規模の壮大な

話題提供に聞き入った会場からは、プレートができていく過程や海が誕生した経緯、初期段階の状況などに関する質問もあるなど、大きな関心が寄せられていました。

DX、GXに向けた各社取り組み紹介

特別講演に続いて行われた各社報告では、国土交通省が4月に発表したi-Construction2.0にも対応したDXを生かした省人化や生産性向上に向けた取り組み、また、カーボンニュートラルを目指したGXに関する各社の技術開発や新技術を活用した実践的な取り組みなどについて、五洋建設、東亜建設工業、東洋建設、不動テトラ、みらい建設工業、若築建設の6社の担当者から報告がありました。1社当たり15分間の説明と5分間の質疑応答という形で進められましたが、参加者からそれぞれの報告事項に対する技術的な質問が多く寄せられました。

今回も海洋土木工事を巡る最新の技術や各社の取り組みに関する情報が共有できる意義深いプログラムとなりました。



各社報告の様子

カルシア改質土によるCO₂排出量の低減と温暖化対策の展望

五洋建設株式会社
土木部門環境事業部専門部長

田中 裕一



港湾機能の維持・拡大のためには、航路や泊地の浚渫が不可欠ですが、土砂処分場の確保が困難となっています。このため、浚渫土を有効活用することができる技術として、カルシア改質土が注目されています。カルシア改質土は、浚渫土にカルシア改質材(転炉系製鋼スラグの粒度と成分を調整した材料)を混合した材料です。カルシア改質土は、強度発現や水中投入時の濁りの発生抑制等の特徴があり、干潟・浅場の造成材、護岸の腹付材、深掘跡の埋戻材、潜堤材等として、これまでに200万m³程の使用実績があります。

一方、カーボンニュートラル社会実現に向けて、港湾工事においても脱炭素化への取り組みが求められています。カルシア改質材は、鉄鋼製造工程の副

産物である製鋼スラグを使用するため、材料のCO₂排出量はセメント等と比較して小さくなります。このため、カルシア改質材を使用したカルシア改質土は、セメント改良土と比較して低炭素型の材料となります。また、カルシア改質土に使用するカルシア改質材にCO₂を固定する方法、カルシア改質土に炭酸カルシウムやバイオ炭等の炭素材料を混合し固定する方法等により、材料のCO₂排出量をさらに低下させ、カーボンネガティブな材料とすることも考えられます。

カルシア改質土施工時のCO₂排出量の抑制方法としては、カルシアバケット使用によるバックホウ混合時間の短縮、落下混合・トレミー投入による施工効率化等があります。また、カルシア改質土を用いて浅場を造成し、表面に配置した人工石に海藻が生育した場合、ブルーカーボンとしてのCO₂が固定されます。

このように、港湾工事においてカルシア改質土を活用することにより、低炭素材料の使用によるCO₂排出量の抑制、CO₂や炭素を固定した材料とすることによるCO₂排出量の低減、施工方法の選定によるCO₂排出量の低減、浅場造成後のブルーカーボンによるCO₂固定等、カーボンニュートラルへの貢献を期待することができます。

揚土船バックホウの省力化・省人化

東亜建設工業株式会社
土木本部機電部電気グループ グループリーダー
藤山 映



近年、建設業は少子高齢化に伴う技能労働者の高齢化が進み、新たに入職する将来の担い手の確保が課題です。港湾工事も作業船熟練作業員の高齢化や若い世代の減少により深刻な人手不足の状態です。こうした状況下、国交省は建設業界の生産性向上を目指すため、4月にi-Construction2.0を提唱しており、「施工のオートメーション化」で建設機械の自動化・遠隔化を推進しています。

当社は、数年前より揚土船バックホウにARAV株式会社が開発した遠隔自動化技術を導入し、海上施工の生産性向上に取り組んでいます。海上で作業するバックホウのオートメーション化は、気象海象

条件、波の動揺、潮位や搭載重量変化による船体の上下動、通信環境の劣化など課題が多いです。そこで、実施工のデータを取得し、机上でシミュレーション解析を行い、小型建機を使用した実用性と安全性の検証を経て、揚土船への導入を実施しました。

今回、浚渫土砂投入作業において重機の遠隔操作・自動運転システムにより2台のバックホウを1人のオペレータが遠隔地から掘削することで省人化(1人削減)が図れ、ホッパーまでの旋回と土砂投入作業は自動で行えるため省力化が実現できました。また、自動化することでヒューマンエラーが防止でき、作業場所を無人化することで安全性向上にも寄与しました。

今後は、熟練オペレータの動作を自動制御にフィードバックさせる模倣運転技術の適用、完全自動化を図るための掘削制御技術・障害物検知やトラブルを判断する技術の習得、衛星通信を利用した事務所からの遠隔操作を予定しています。引き続き、実施工を通じて更なる知見を習得することで、より安全で効率的な作業環境の実現や適用工種の拡大に向けて取り組んでまいります。

GNSS 測位技術における Z 値活用に向けた実証計測結果について

東洋建設株式会社
土木事業本部 土木技術部 技術開発課
渡瀬 陽信



港湾工事では、ICT施工の標準化が進み、建設機械の遠隔操作や自動化運転による生産性・安全性・働きやすさの向上が求められています。今日の海上施工や深淺測量では、GNSSの利用は平面位置(XおよびY値)に限られており、垂直位置(Z値)には潮位が利用されています。現在ではGPSに加え、各国の衛星が活用されるようになり、位置精度が向上しています。GNSSのZ値を活用することで、潮位観測が不要になり、リアルタイムに垂直位置を取得することが可能となります。

国の取り組みでは、潮位による高さ管理からGNSSの高さ管理への移行が衛星測位活用検討会で進められており今後、海上施工においてGNSSを活用することを目標としています。当取り組みにお

いて、2023年4月に実施された実証実験では、作業船のデッキ高さをGNSSのZ値で観測し、潮位によるデッキ高さとの比較が行われ、その際にデッキ高の差異が確認されています。この差異はGNSSの測位影響要因が考えられます。そこで、基線長の影響、機器メーカーの影響、浮体動揺の影響の三つについて検証を行いました。トータルステーションの計測値を基準として、GNSSのZ値と比較した結果、基線長の長短による差を確認しました。また、機器メーカーの違いによる影響は、同機種と異機種で差を確認しました。浮体の動揺の影響については、浮体の動揺に追従したZ値の計測結果が得られました。GNSSの測位影響要因は上記の結果に加えて、使用する衛星の種類やマルチパス(反射波)による影響も考慮する必要があります。これらの要因についても検証し、施工に利用するための検討が必要です。

施工精度を確保するためには、各工種における出来形の許容値に見合った基線長の設定が必要です。また、使用機器のキャリブレーションを行うことで、GNSSのZ値を施工管理に活用できるものと考えます。さらに、これらの取り組みは作業船の自動化や無人化施工にも活用が見込まれ、生産性の向上が期待されます。

ICT 技術を活用した消波工メンテナンスの設計・施工手法確立に向けた取り組み

株式会社不動テトラ
総合技術研究所研究開発室第三研究開発グループ
グループリーダー 昇 悟志



消波工のメンテナンスでは、既設消波ブロックの上に新たな消波ブロックを積み増す対策が行われていますが、メンテナンス後においても消波工の性能を長期にわたり維持するためには、既設消波工の変状状態に応じて適切に積み増すブロッ

クを配置し、既設ブロックとの噛み合わせを確保することが要求されます。また、従来は熟練工が既設ブロックの状態を把握しながらブロック同士の噛み合わせを確保できるようブロックを誘導して施工していましたが、近年の建設現場の高齢化にともない、ブロックの据付現場においても熟練工が減少しています。

そこで、これらの要求や課題を解決することを目的にICT技術の活用による消波工の設計・施工手法の開発を進めております。現在、消波工の設計業務や数値解析、およびICT施工に活用いただいておりますが、この手法は、①3D測量データ等から既設消波工をモデリングしてシミュレーション上に再現可能、②実際の作業で行われるブロックの吊上げ姿勢をシミュレーションで選択可能、③クレーン操作によるブロックの誘導と同じ状況を再現するためのゲームパッドを使用したシミュレーション、④ブロックの位置情報(重心位置、姿勢情報)をCSVファイルで出力・管理、⑤従来は熟練工に頼っていた据付作業やブロック誘導指示がシミュレーション上で再現できるVR機能、といった特徴を有しており、これらの機能によりメンテナンス後も長期的に消波工の性能を維持させるための効率的な設計・施工が可能となります。また、据付手順・方法の事前検討や今後の担い手教育にも活用できます。

今後も、消波工を含めた港湾施設の維持管理事業に貢献できるよう技術開発を進めていく所存です。

空港コンクリート舗装版下面の空洞充填に関する技術の開発

みらい建設工業株式会社
技術本部研究開発部部長
足立 雅樹



空港PC舗装を施工する場合、PC版と路盤との不陸を埋めるためPC版を敷設後、PC版下面に裏込めセメントグラウトを充填しています。この裏込めセメントグラウトが年月とともに割れて舗装内に侵入し、雨水と混じることにより泥化・噴出し、PC版下面に空洞が発生する場合があります。この対策として、空洞にセメントグラウトを充填しますが、セメントグラウトが再度割れる可能性があります。さらに、根本的な解決策にはなっていません。さらに、供用中の空港では施工できる時間が短く、緊急離発着を想定すると大きな機械ではなくコンパクトで機動性のよい機械で施工を行い、施工にあたっては短時間で強度発現する材料を使用する必要があります。

この問題を解決する方法として、土間コンクリートの床版の沈下修正に用いられている発泡ウレタン樹脂に着目しました。発泡ウレタン樹脂を用いた施工は、機械がコンパクトで機動性が良く、短時間で強度発現する特長を有しています。しかし、従来の沈下修正で用いられている発泡ウレタン樹脂では航空機の荷重に耐えられません。

そこで、室内性能試験や実大規模の充填試験等さまざまな試験を行い、施工性を含めて航空機荷重に耐えられる高強度材料の開発を行いました。

開発した内容は下記のとおりとなります。

- ①開発した樹脂は充填性が高く、割れにくく、短時間で強度が発現し、航空機荷重にも耐えられます。さらに、樹脂の密度と圧縮強さ、変形係数、空洞厚に相関性を見出しました。
- ②開発した樹脂は湿潤状態では密度が低下するため水分を極力排除する必要があり、施工にともなう鉛直変位を2mmまで許容することで1注入孔あたり1m²程度の楕円状の広がり確保することができます。

本技術は、国土技術政策総合研究所、メインマーカーおよび弊社との共同研究の結果開発されました。

AI を活用したコンクリート締固め管理システム

若築建設株式会社
建設事業部門技術部次長
秋山 哲治



現場打ちコンクリートでは、生コンの出荷から現場での締固め完了までの間に、締固めの位置や打重ね時間間隔等の多くの項目を管理する必要があります。従来、これらの管理は目視で行われていたことで定性的なものに留まることが多く、

所要の品質が確保されているかが曖昧であったと言えます。そこで、コンクリート打設においてAI技術を活用し、締固めの作業(位置と時間等)をリアルタイムで可視化する「コンクリートAI締固め管理システム」を開発しました。

本システムは、締固め作業者をカメラの画像で取得して骨格推定(ポーズ推定)した位置情報と、パイプレータの信号から直接取得した時間情報を統合し、

締固めの位置・時間を自動で管理できることが大きな特徴です。骨格推定とは、人物の関節(肩や足首等)をAIにより特定する技術で、画像解析においてディープラーニングを用いた学習アルゴリズムを適用しており、コンクリートの締固め位置を精度良く抽出できます。締固め時間の取得では、パイプレータをコンクリートに挿入した際の電気信号の変化を読み取ることでその良否を判定し、生コンクリートの品質管理を行います。

すなわち、従来目視で管理していたコンクリート打設の遵守事項について、AI技術や機器の信号等を活用することで、締固めの状況や施工の進捗を可視化することを可能にしました。本システムの適用により、コンクリートの品質管理データをリアルタイムで取得することができ、このデジタル情報を平面および3次元の実物モデルに再現・共有することで、高品質なコンクリート構造物の構築と施工現場の生産性向上を実現できます。

今後は、国交省が推進するi-Constructionの方向性に沿う形で本システムを積極的に展開し、建設現場におけるデジタルトランスフォーメーションを推進してまいります。