

[sí:dít]

CDIT

Coastal Development Institute of Technology

特集

地震と沿岸技術 ~これまでの地震防災と喫緊の課題への対応~

〈巻頭座談会〉

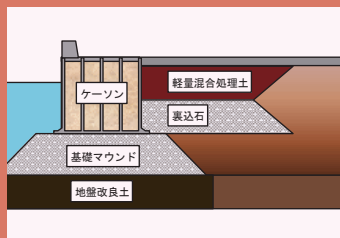
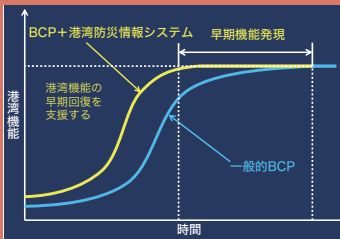
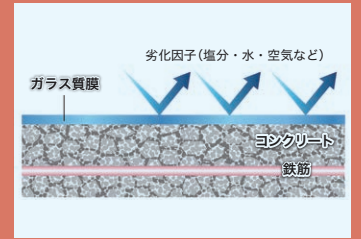
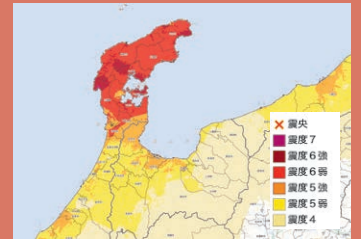
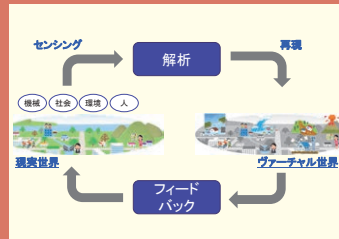
上原 修二 氏〔国土交通省港湾局 海岸・防災課長〕

小野 憲司 氏〔国立大学法人京都大学 経営管理大学院 客員教授〕

柄谷 友香 氏〔名城大学 都市情報学部 都市情報学科 教授〕

大矢 陽介 氏〔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 耐震構造研究グループ長〕

宮崎 祥一 (司会)〔一般財団法人 沿岸技術研究センター 理事長〕



Vol. 61

表紙写真

読者の皆様に機関誌「CDIT」の発信する情報を、よりダイレクトにお伝えするために、毎号ご紹介する記事内容より写真等の一部抜粋・掲載しております。記事内容ともども毎号新しくなる表紙写真にもご注目ください。

○沿岸 レポート P.36	○技調探訪 P.33	○コースタル テクノロジー P.30	○TOPICS P.26
○特集 p.25	○コースタル テクノロジー P.29	○CDIT NEWS p.42	○民間技術の 紹介 p.34
○特集 p.16	○沿岸 レポート P.37	○特集 p.20	○座談会 P.13
○CDIT NEWS p.43	○CDIT 出版物 & プログラム P.38	○CDIT 出版物 & プログラム P.38	

3

特集

地震と沿岸技術

～これまでの地震防災と喫緊の課題への対応～

4

〈巻頭座談会〉

地震と沿岸技術

～これまでの地震防災と喫緊の課題への対応～

- 上原 修二氏 国土交通省港湾局 海岸・防災課長
- 小野 憲司氏 国立大学法人京都大学 経営管理大学院 客員教授
- 柄谷 友香氏 名城大学 都市情報学部 都市情報学科 教授
- 大矢 陽介氏 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 耐震構造研究グループ長
- 宮崎 祥一(司会) 一般財団法人沿岸技術研究センター 理事長

14

みなとの地震防災、最前線。

- 工藤 健一 国土交通省港湾局 海岸・防災課災害対策室長

16

港湾防災情報システムの構築

- 遠藤 敏雄 一般財団法人 沿岸技術研究センター
- 上田 浩二 一般財団法人 沿岸技術研究センター
- 佐々木 信和 パシフィックコンサルタンツ株式会社 北海道支社 北海道国土基盤事業部
- 小林 隆洋 パシフィックコンサルタンツ株式会社 DS事業本部 防災事業部
- 海老根 裕希 パシフィックコンサルタンツ株式会社 DS事業本部 防災事業部

18

2024年能登半島地震の被害から見えてきた
港湾における地震災害対策の課題

- 野津 厚 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 地震防災研究領域長

20

緊急地震速報など地震防災への最近の取り組みについて

- 林元 直樹 気象庁 地震火山部 地震火山技術・調査課 調査官

22

構造設計における想定外と危機耐性

- 横田 弘 一般財団法人 沿岸技術研究センター 参与

24

新潟県内港湾における昭和・平成・令和の地震災害と
地震防災の取り組み

- 田口 浩司 新潟県交通政策局 港湾整備課

26

TOPICS

令和6年能登半島地震における港湾・空港の
被害状況について（第一報）

- 高野 誠紀 一般財団法人沿岸技術研究センター 審議役

28

コースタル・テクノロジー 2023 特別講演

大規模災害の発生に備えたデータの活用方策について

- 講演者 廣井 慧氏 京都大学防災研究所巨大災害研究センター

32

技調探訪

[VOL.6] 神戸港湾空港技術調査事務所

34

民間技術の紹介

港湾コンクリート構造物高機能型塗装

～ワンダーコーティングシステム W-MG (港湾施設用) ～

- 東洋建設株式会社・大成ロテック株式会社・株式会社フェクト

35

CDIT各部紹介

企画部・調査部

36

沿岸レポート

濱口梧陵国際賞授賞式

- 松永 康司 一般財団法人沿岸技術研究センター 研究主幹

37

第9回日韓沿岸技術研究ワークショップ

- 松永 康司 一般財団法人沿岸技術研究センター 研究主幹

38

CDIT出版物&プログラム

40

CDIT News

地震と沿岸技術

～これまでの地震防災と喫緊の課題への対応～

関東大震災から100年が過ぎましたが、それ以降も近年では、平成7年の阪神・淡路大震災、平成23年の東日本大震災、平成28年の熊本地震など、多くの地震災害が発生し、多くの犠牲者を出しただけでなく、港湾を含む多くのインフラが被災し、経済活動への多大な影響をもたらしました。

これらを受け、港湾においては、港湾施設の強靱化対策などのハード施策、港湾BCP作成などのソフト施策を併せて行うなど見直しも図られてきたところです。

一方、本年1月1日に最大震度7の能登半島地震が発生し、甚大な被害が生じたところであります。

特集では、南海トラフ地震対策など喫緊の課題に対し、港湾施設の耐震設計をはじめとしたハード面にも着目した港湾・沿岸地域への対応の現状と課題について、一般の方にも分かりやすく、紹介・解説します。

● 地震はどのようにして発生するのか

地震とは、地下の岩盤が周囲から押される、もしくは引っ張られることによって、ある面を境として岩盤が急激にずれる現象のことをいいます。

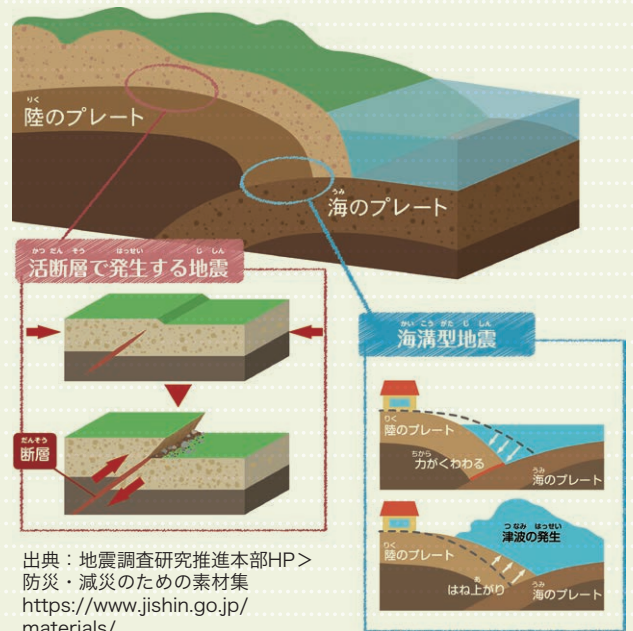
日本周辺にはプレートと呼ばれる岩盤が複数存在し、海のプレートである太平洋プレート、フィリピン海プレートが、陸のプレート（北米プレートやユーラシアプレート）の方へ1年あたり数cmの速度で動いており、陸のプレートの下に沈み込んでいます。陸のプレートが引きずりに耐えられなくなり、跳ね上げられるように起こるのが海溝型（プレート境界型）地震です。東日本大震災が代表的な例です。

また、プレートの内部に力が加わって発生する地震が、プレート内の地震です。プレート内の地震には、沈み込むプレート内の地震と陸のプレートの浅いところで発生する地震（陸域の浅い地震）があります。

陸域の浅い地震は、プレート境界で発生する地震に比べると規模が小さい地震が多いですが、人間の居住地域に近いところで発生するため、大きな被害を伴うことがあります。

阪神・淡路大震災が代表的な例です。

出典：気象庁HP>知識・解説>地震発生のおしくみ
https://www.data.jma.go.jp/eqev/data/jishin/about_eq.html を元に作成



出典：地震調査研究推進本部HP>防災・減災のための素材集
<https://www.jishin.go.jp/materials/>

● 過去の主な大規模地震

【関東大震災、阪神・淡路大震災及び東日本大震災による被害状況等の比較】

近年では、関東大震災をはじめ多くの大規模災害が発生しておりますが、社会の経済規模等の違いがあるものの、経済、社会等への影響が特に大きいと考えられる関東大震災、阪神・淡路大震災及び東日本大震災の被害状況等をまとめたものが、右表となります。

災害の発生を契機に様々な防災対策の拡充・強化が図られてきており、今後においても防災対策の更なる強化が図られていくものと考えております。

	関東大震災	阪神淡路大震災	東日本大震災
発生日月日	1923年(大正12年) 9月1日土曜日 午前11時58分	1995年(平成7年) 1月17日火曜日 午前5時46分	2011年(平成23年) 3月11日金曜日 午後2時46分
地震規模	マグニチュード7.9	マグニチュード7.3	モーメント マグニチュード9.0
直接死・行方不明	約10万5千人 (うち焼死約9割)	約5,500人 (うち窒息・圧死約7割)	約1万8千人 (うち溺死約9割)
災害関連死	—	約900人	約3,800人
全壊・全焼住家	約29万棟	約11万棟	約12万棟
経済被害	約55億円	約9兆6千億円	約16兆9千億円
当時のGDP	約149億円	約522兆円	約497兆円
GDP比	約37%	約2%	約3%
当時の国家予算	約14億円	約73兆円	約92兆円

表出典：「令和5年版防災白書」(内閣府)
https://www.bousai.go.jp/kaigirep/hakusho/r05/zuhyo/zuhyo_t01_01.html

注：「当時のGDP」のうち、関東大震災については粗国民生産の値
 出典：諸井・武村(2004)『日本地震工学会論文集』第4巻第4号、東京市役所(1926)『東京震災録：前編』、一橋大学社会科学統計情報研究センター『長期経済統計データベース』、気象庁、警察庁、消防庁、復興庁、国土庁、内閣府、財務省及び兵庫県資料を基に内閣府作成

地震と沿岸技術

～これまでの地震防災と喫緊の課題への対応～



上原 修二

国土交通省港湾局
海岸・防災課長



小野 憲司

国立大学法人京都大学
経営管理大学院
客員教授



柄谷 友香

名城大学都市情報学部
都市情報学科 教授



大矢 陽介

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
耐震構造研究グループ長



宮崎 祥一(司会)

一般財団法人
沿岸技術研究センター
理事長

1 地震対策の進歩

宮崎(司会)▷今日はお忙しい中お集まりいただき、ありがとうございます。これまで本機関誌CDITでは災害というと津波と高潮災害に注目することが多かったのですが、今回は揺れとか陸上のビヘイビアに軸足を置きたいと思っています。

地震をテーマにした本日の座談会の日取り(令和6年1月22日)は昨年のうちに決まっていたのですが、年が明けるとすぐ、1月1日に能登半島地震が発生しました。お亡くなりになられた方々、被災された方々に、心よりお悔やみとお見舞いを申し上げます。

昨年は、関東大震災から100年の節目の年を迎え、近年では平成7年の阪神・淡路大震災、平成23年の東日本大震災、平成28年の熊本地震がありました。最近でも鳥島の地震の頻発や、発生が懸念されている南海トラフ、日本海溝、首都圏直下の地震対策が喫緊の課題になっています。このような大地震の発生では関係者がいろいろな形で取り組み、いろいろな対策を進められていますが、新年早々に先ほど述べました能登半島地震が発生し、港湾において

も大きな被害が発生しています。

多くの震災は港湾、施設そのものが壊れるだけではなく、復旧までに大きな時間を有して経済活動に多大な影響を与えています。物流の他にも、産業、産業構造にも影響が出ています。

一方で阪神・淡路大震災を契機として、行政機関、研究機関等においていろいろな政策や技術の研究が進められ、地震防災は大きく進んできました。港湾構造物の被災メカニズムの分析、設計基準の変更などがこれまで進められてきました。

東日本大震災においては、いろいろな法令の改正や技術革新なども進められました。沿岸技術研究センターは昨年、創立40周年を迎えましたが、創立された1983年は日本海中部地震が発生した年です。その後、定款を改正し、業務に防災も付け加えました。いろいろな地震に対する技術、耐震、液化化対策の調査研究等を進めたり、技術的なマニュアルの整備なども進めてきました。

本日は日本の防災のあり方を大きく変えた阪神・淡路大震災以降、沿岸域における地震防災政策、技術の変遷、復旧・復興への取り組みを振り返りつつ、今後懸念される大規模地震の沿岸域における影響、その対策について、さら

に今回の能登半島地震についてもお気づきの点がありましたら、それも含めてそれぞれの立場からご発言をいただきたいと思います。

最初に上原課長に、これまで行われてきた政策はどのように進展してきたかお話いただければと思います。

2 教訓を政策へ

上原▷まず、阪神・淡路、東日本、熊本の三つの大きな地震について、振り返ります。

阪神・淡路大震災は直下型の地震で、神戸を中心に非常に大きな被害が出ました。構造物被害として岸壁そのものが大きく壊れ、ガントリークレーンも倒壊しました。また、緊急物資を輸送するにあたって陸路を使えないところも多く、なかなか緊急物資を運び込めないという課題もありました。これに対する防災政策としては、大きな考え方としては災害発生後の物流機能をしっかりと維持するということです。具体的には、岸壁の倒壊等を防ぐよう耐震強化岸壁をしっかりと整備していこうということ、加えて緊急物資を海上からも運び込もうということで、臨海部に防災拠点をしっかり整備していくこと。耐震強化岸壁と臨海部の防災拠点、この二つの考え方を導入したことが阪神・淡路大震災の教訓かと思えます。

東日本大震災はプレート境界型でしたが、津波の被害が非常に大きかった。食料もそうですが燃料が足りないと言われ、広域、特に日本海側の港を通じて運び入れたこともありました。

また、津波で防波堤が倒壊しました。湾口防波堤も非常に派手に倒壊した。加えて、航路にコンテナや自動車が流出したり沈んだりして、航路、道路が閉塞する被害もありました。このため、緊急物資や燃料の代替輸送に新潟港、酒田港等が使われたわけです。すなわちリダンダンシーの確保が重要であろうということで、そのための政策、具体的にはBCPがつけられるようになりました。

さらに津波による越波で防波堤背後がえぐられ、防波堤が倒壊しました。これに対しては、今では当たり前のように使われている言葉である防波堤の「粘り強い化」ということで、津波が越流しても防波堤が簡単には倒れないようにする工法が導入されました。加えて、航路の閉塞に対しては、緊急確保航路の指定をしています。東日本大震災を受け、リダンダンシー、防波堤の粘り強い化、緊急確保航路の三つの政策をとり入れました。

28年の熊本地震は直下型でしたが、どちらかと言うと内陸で被害が大きく、港湾の被害はそこまでではなかった。逆に港湾がある程度使えたので、そこからの緊急物資輸送が非常に多くて、港湾利用が非常に混乱、錯綜した事案が教訓かと思えます。これに対しては、被災地の要請を待たず支援物資を入れるプッシュ型支援、これが政府全体の動きとして出てきたのは、熊本地震の頃からだと思います。それを受けて、船によって海上輸送ルートから物資や水を支援する、船による入浴支援を行うといった取り組みがなされました。大きいのは支援船による岸壁の利用を調整するために、港湾法を変えて、港湾管理者の要請に応じて、国が代わって岸壁等を含めた港湾管理を代行する制度ができたという点です。

こういった過去3回の大きな地震を踏まえた防災政策として、耐震強化岸壁やプッシュ型支援、岸壁の利用調整といった取り組みは、今回の能登半島地震でも非常に効果を発揮しており、もしこれらをやっていなかったらもっと大変だったなと思います。

3 阪神・淡路大震災をきっかけに 海岸工学から防災へ

司会▷ありがとうございます。続いて、柄谷先生にお伺いします。

柄谷▷私事で恐縮ですが、阪神・淡路大震災の当時、工学部の土木工学科、海岸工学研究室で、ハード整備を中心に学んでいました。前年の同月にアメリカでノースリッジ地震がありましたが、その状態を見ても、日本の設計基準や技術力の高さがあればまず日本ではありえないと、学生ながら信じていました。

ちょうど1年後、1月17日に阪神・淡路大震災が起きました。兵庫県在住で、病氣入院中でした。搬送される患者さんの姿、道路、橋梁、港湾施設といったインフラ施設の壊滅的な被害を見るにつけ、ハード整備の限界を感じたのを覚えています。立ち並ぶ仮設住宅を窓越しに見ながら、被災地にいるけれども何もできないなという気持ちにさいなまれました。そのふがいなきみたいなのが、海岸工学の研究から防災の研究に移ったきっかけかと思えます。

今回の能登半島地震もそうですが、巨大災害によって著しい環境の変化を経験します。被災前の生活、さらにはもっといい生活を再建していこうという力を私たちは持っているのです。そういう力強さや被災された方々のレジリエンスに注目して、先を見据えてどんな知識、資源、能力

を備えればいいのかを研究してきました。

4 被災することを共感する

柄谷▷これまで取り組んできたことを二つご紹介します。一つは、堤防、防潮堤などインフラ整備の技術者、プロの人たちと住民とのリスクコミュニケーションを追求してきました。例えば2006年7月、鹿児島県北部豪雨がありましたが、現地に入ると被災者の方々が「今般の水害はダムによる人災である」と言われていました。訴訟を含めた原因追求のための被災者協議会が現場で発足し、被災住民が河川管理者を訴える形で進んでいました。裁判は、判決が出るまで費用や時間を要します。地域内でこれからの復興にあたって公平感の歪みとか、その後の住民と行政との関係性を変えてしまう可能性があります。ところが、結果的には原告、住民自らが訴訟を回避して、住民と行政が手を取り合ってまちづくりに取り組んでいったのです。

その背景にあったのは、河川管理者と被災住民との度重なるコミュニケーションでした。もちろん被災者支援に関する法制度を学ぶこともそうですが、すごいなと思ったのはダムの構造や操作に関わる知識も、いわゆる素人である住民の方々が共有していったということです。

土木工学やインフラ整備に関わる技術者と、安全を享受して暮らしたい人々との知識のギャップを埋め、インフラの効用、併せて限界を正しく住民の方々に理解していただき、自助や共助で補っていただく。それがリスクコミュニケーションと考え、実践してきました。

もう一つは災害現場に被災することへの理解と共感を学ばせていただき、それを次の教訓につなげる仕掛けづくりをやってきました。東日本大震災直後から3年ぐらい被災地に暮らす形で調査研究を続けました。宮古市の田老地区に入った時に、壊れてしまった防潮堤の上に立ち、阪神・淡路大震災以降、防災研究や教育に従事してきたのに、何もできていないではないかと、無力感みたいなものにさいなまれたのを今でも覚えています。その時に、被災された方々に寄り添いながら被災すること自体を理解、共感し、その後それを活かす仕組みを作れないかを考え、岩手県の陸前高田市という壊滅的な被害を受けた自治体の避難所や仮設住宅で、被災者の方と一緒に暮らそうと決めました。

被災された方々と、被災しておらず研究者である私、異なる境遇にある者同士が災害現場という厳しい環境を共有する。互いの主観をぶつけ合いながら、被災するというこ

とを客観的に、リアリティを持って描き出すことができないかといったことを続けてきました。

こうした記録を発信して、被災地の現場で活かす。今後の災害に備えて研修などの教材として、被災経験のない方々にいかに災害感やイメージを共有してもらえるか。こうした考えをもとに教育や研修に努めてきました。

5 3回にわたる技術基準の改訂

司会▷港湾空港技術研究所の大矢グループ長にお伺いしたいと思います。阪神・淡路大震災以降、耐震関連の実験施設の整備や地震観測網の整備が進められ、レベル1地震動、レベル2地震動という考え方も導入されました。また、性能設計法が導入され、耐震工学や耐震設計の考え方や取り組みも災害の経験を経て変わってきたと思います。

大矢▷神戸の地震が1995年に発生し、99年に港湾技術基準が改訂され、その後は約10年間隔で、7年、18年とこれまで3回改訂されています。その中で、99年に今の耐震設計の基礎になるものができました。それだけ神戸の震災はインパクトがあって、すべての土木構造物の設計の概念を変えたようなものです。地震動が巨大だったことが大きかったと思います。99年の改訂では、性能設計の本格的な導入が一つのポイントになります。耐震設計においては、設計地震動の変更、いわゆるレベル1地震動、レベル2地震動、2段階の地震のレベルを使った設計が導入されました。これは現在も使われている考えです。それぞれの地震のレベルに応じた要求性能のレベルを設定し、施設の変形量といった性能規定の限界値に収まっているか評価するものです。

それまでの設計法は震度法と言われるもので、設計地震力に対する十分な抵抗力を施設が持っているか評価する設計法で、抵抗力を超えた外力が働いた際の施設の挙動を評価することができません。そこで導入されるのが、地震が発生した時に施設の変形がどのくらいになっているか評価する変形照査手法です。

震度法で外力と抵抗力の釣り合いを評価するのと比べると、施設の変形を調査するのは計算の難易度が非常に高くなります。地震動の加速度波形を入力して時々刻々と地震応答を計算することに加えて、神戸港の被害のように施設被害の要因のひとつである地盤の液状化を評価することも必要です。私が所属している耐震構造の前身の地盤震動研究室では、阪神・淡路大震災の前から数値解析手法、FLIP

というプログラムの開発に取り組んでいました。これは97年に沿岸技術研究センターと連携して公開されましたが、プログラムのコアとなる論文は90年に発表されており、実際は80年代から取り組みが行われています。

83年の日本海中部地震、93年の釧路沖地震という港湾が被害を受けた地震で神戸の地震の前から検証されていたものが準備されていて、神戸の地震があって、その被害と地震動をもとにプログラムがチェックされ、そのあと97年に公開されました。神戸のあと、99年に設計が大きく変わる段階で変形照査が組み込まれますが、それに対応したプログラムは実はすでに研究所で準備されていて、地震のあと、港湾の技術基準の改訂の前に公開したという、非常に先進的な取り組みをしていました。

そのあと、2007年の基準で現在のサイト特性を用いたレベル2地震動の考え方、港ごとに地震動を作成して使うという概念が本格的に導入されました。これで照査の方法と地震動の考え方がセットになって、今の体系ができました。

設計に関しては、その体系をベースに、新しい形式の施設や耐震技術に対してどういったことをやるか。例えば、杭の評価をもう少し詳細にできないかということで杭の耐力評価の考え方を改良したりなどのマイナーな変更を行ってきました。耐震分野では、それが現在まで、継続されています。

6 「設計」から「利用可否判断」へ

大矢▷話は変わりますが、2016年の熊本地震で港湾の利用調整が非常に大変だったということで、2017年に港湾法が改正されました。それが今回の能登半島地震でよく聞く港湾法第55号の3の3の規定です。港湾管理者に代わって国が港湾施設の点検、利用可否判断、応急措置等の管理を実施することが可能になった。その中の「利用可否判断」が、研究面で非常に重要なワードで、利用可否判断をどうするかという取り組みを、われわれの研究グループでずっとやってきました。

現場は「この施設は使えるかどうか」を判断しなくては行けない。判断するために必要なデータを現地で調査したり、施設の変形計算をしたりします。港湾施設は矢板や杭が海面や地面の下にあるので、現地にいっても様子がわからない。それをどうやって評価するかということで、具体的には施設が地震によってどれだけ動いたか、RTK-GNSSという衛

星測位で測るシステムをつくり、その変位から施設が壊れているか、壊れていないかを判定する機能を持ったスマートフォンのアプリケーションを当研究グループが開発しました。バースサーベイヤーという名前です。こういった技術開発に取り組んでいて、各地方整備局で導入してもらえるように頑張っている途中で今回の地震が起きたという状況です。「設計」としては神戸のあとに大きく変わって、それ以後はあまり大きな変更はありませんでしたが、設計とは違う「利用可否判断」が現在の研究課題として大きなウエートを占めるようになっていきます。

司会▷他の土木構造物、たとえば道路などの耐震設計に比べて港湾ならではの耐震設計の特徴、あるいは注意しないといけないところはあるですか。

大矢▷FLIPについては現在では原子力分野をはじめ、他分野でも使ってもらっています。99年に導入された港湾の耐震設計は最先端を進んでいたと思います。この変形照査は、計算の難易度が非常に高く、計算結果は計算者の技量に依存するようなものです。ある土木構造物のコードライターからは「そんな難しい手法を設計では入れられない。我々の構造物は全国でたくさんの方が設計されるので、誰もが使えるような方法を考えなければならない」と言われたことがあります。港湾の設計は難しい方法でも、港湾のコンサルタントはそれほど多くないので、知っている方に使ってもらい、きちんと使ってもらっているんで、別分野とはパイの大きさが違うと言うのでしょうか。耐震の分野でそういったところが違いであり、注意しているところでもあります。

7 阪神・淡路大震災が契機となったBCP

司会▷ありがとうございます。次に、小野先生にお伺いします。

小野▷くしくもなんですが、阪神・淡路大震災の直後まで行政官でした。その頃何があったかと言うと、柄谷先生も言われた自助・公助・共助の話や、防災から今後は減災、防御一辺倒から徐々に、ハードで防御しつつも足りない部分をソフトで補おうという発想が強くなってきた時代だったと思います。東日本大震災がそれにとどめを刺したというか、迷いをなくさせたと思います。あれだけの規模の津波が沿岸域を襲うことはなかったわけですし、地区によっては阪神・淡路大震災に相当する大きな揺れ、構造物に危険な波形の地震動が襲ったわけです。



海辺から離れると港湾機能が成り立たないので、港湾において自然災害をシャットアウトすることはもはや不可能である。守れるところまで守り、それを補うものとして迅速な復旧・復興の備えをやろうと明確に方針を変えたのは、阪神・淡路大震災が契機だと思います。

備えということで事業継続マネジメント、日本ではBCP（事業継続計画）の発想が出てきたのは、阪神・淡路大震災以降、東日本大震災の前かなと思います。その後2012年以降ですが、京都大学の防災研究所で、港湾物流BCPの研究をさせてもらう機会に恵まれました。

事業計画マネジメントの国際基準であるISO22301を内閣府事業継続ガイドラインでは日本的に翻案し、これに基づいて港湾においてもBCPが策定されるようになったのが2011年から2〜3年の間です。地方港湾1港を含む全国126港で港湾BCPの策定が2014年の3月末までに達成されました。BCPの考え方は、こののちの国土強靱化計画にも生かされています。

この時期の港湾BCPの特徴ですが、個々の港のBCPでは対処できない事態が起こった際に、広域的なリダンダンシーの話を上原課長がされましたが、国主導で広域的な対応をする、例えば、東北広域港湾BCPのようなものが各地にできました。東日本大震災の時に日本海側の港湾経由で燃料や飼料穀物を入れた経験から、東北広域港湾BCPでは、日本海側と太平洋側の港がお互いにバックアップをしようという計画になっています。同じような発想で、北陸地方においても相互バックアップの広域港湾BCPが作成され、協議会が設置されています。

広域港湾BCPでは、BCP協議会を中心に港湾関係事業者、関係官庁、それから協力団体として海洋調査会社、設計コンサルタント、建設会社が集まって、大震災が起きた

あとの復旧・復興に向けてどう行動するかという計画をつくり、実際にそれに基づいた訓練をしています。

8 防災訓練は平時に具体性を

小野▷訓練で感じるのは、平時に、いかに具体的な検討を行い計画に盛り込んでおけるかということです。人間には、平時に考えることには限界がありますが、そうは言いながらいろいろな可能性を考えて、なるべく書き出しておく。これは手順書と呼んでいます。ISO22301の記述の中にも「～を検討して書いておく」という表現が多用されています。手順書はその言葉のとおり、発災時に備えてあらかじめ手順をまとめておくことです。災害時にはなかなかそのとおりにはできないものですが、それでも手順書にまとめておくことが備えになるという発想です。手順書はどちらかというと専門的になるので、たとえば官庁の場合と、近くに宿舍などがあって地方整備局に参集できた専門外の人にもすぐ行動手順がわかるように、一枚紙にまとめたものをアクションカードと言います。アクションカードをつくる活動も、最近、各地方整備局で活発になっています。

もう一例だけ付け加えると、防災研究所時代の私の研究テーマで、ERL（Emergency Relief Logistics：緊急支援輸送）という分野がありますが、これは海からの支援物資の供給です。阪神・淡路大震災の時は海路で人流輸送をしました。東日本大震災では本格的に大型フェリーによって北海道の自衛隊の部隊が東北の被災地に展開しました。自衛隊は、演習時に、重車両を遠隔地の演習場へ持って行かなければいけないのですが、一般街路を通過すると騒音はある、舗装は傷むということで、日頃からフェリーを使っていました。東日本大震災時にフェリーが活用されたのは画期的で、2016年の熊本地震の時もフェリーが活躍しました。

今回の能登半島地震ではなかなか難しかったようですが、海路からの支援輸送が定着したのがこの10年の特徴かと思います。海路での緊急支援輸送は、大量の物資を一気に送れるメリットがありますが、逆に、量がうまくまとまらなると輸送のタイミングを逸してしまうので、いかに輸送量と輸送のタイミングをうまく調整するか、マネジメント能力が問われます。そういった点で、今後は国が指導力を発揮しなければいけないのかなと思います。

司会▷柄谷先生は、リスクコミュニケーションの研究や被災を経験された立場から、緊急物資の輸送についてお気づ

きの点はありますか。

柄谷▷小野先生が言われたように、海路など輸送方法にリダンダンシーを持たせることが大切です。また、国からプッシュ型の支援あるいは、さまざまな方々からの支援物資等を送る時に、行政ではなく平時から運送のプロである民間運送事業者へ委託し、目的地まで必要なものを運ぶ協定も進んでいます。能登半島地震では災害後に民間運送事業者と契約をしようとして苦労しているケースもあります。今後一層、広域巨大災害を見据えた事前の訓練や連携などが求められます。

9 オールフェイズの視点で計画・設計を

小野▷もう一つは、オールフェイズの視点というものがあります。今回の能登半島地震を見てみると、災害関連死をいかに少なくするかという点に大きな関心が集まっています。東日本大震災の時は、悲しいことにそういう声はむしろ少なく、結局2000人余りが災害関連死で亡くなったという統計が出ています。初動は人命救助ですが、そのあとは被災した方の心身の健康を守る活動で、海外ではヒューマンタリオン・ロジスティクスと言っています。「人道物流」ですが、そう言ったことが次の段階です。その後被災地インフラを復旧し、生活再建、自立に結び付けてゆくといった一貫性を持った災害対応活動が要るし、そういったことを意識した港湾の計画と設計があるだろうと思います。

たとえば港湾施設の性能設計にあつては、港湾施設の要求性能は強度や荷役などの機能ですが、支援船が岸壁に着けるかどうか、どのぐらいの変状なら支援物資の荷役ができるのか、どうやって被災者に送り届けるのかをトータルでもっと議論すべきではないでしょうか。岸壁だけではなくてエプロン、野積み場、道路等がトータルシステムとして働けるかどうかと言ったことを考えないと、オールフェイズを支えるインフラにならない。沿岸技術研究センターには、そういった議論も、これから進めていただければと期待しています。

10 能登半島地震の対応

司会▷国においては、これまでの地震に対する取り組みを踏まえて、これから行政として取り組んでいくこと、考えていくことがあるかと思っています。

上原▷まず今回の能登半島地震の状況をお話ししたいと思います。今回の地震では、新潟から福井までの日本海側の港湾に広域に被害が生じていますが、特に能登半島地域に厳しい被害が集中しているのが特徴です。能登半島地域の港のうち特に被害が厳しい輪島港、七尾港、飯田港、小木港、宇出津港、穴水港の6港において、先ほどご紹介した港湾法55条の3の3に基づく権限代行で国が港湾管理を代行しています。自衛隊等の支援船のバース調整と、その前提となる港の利用可否判断や応急復旧をやっていきます。

現時点（座談会当日）で能登地域の水深4.5m以上の岸壁16のうち9つの岸壁が、利用制限付きではありますが使える状況です。利用環境等は港湾局のホームページで公表しています。今回の地震で過去の教訓と、それに応じた対応を照らし合わせて考えると、耐震強化岸壁が非常に有効だったと思います。具体的には七尾港、金沢港に耐震強化岸壁があり、支援物資の輸送等に使われています。

次にプッシュ型支援ですが、冬の日本海は海象条件が厳しくて必ずしも100%できてはいないのですが、しっかり取り組んでいます。

加えて権限代行、港湾法55条の3の3は非常に有効で、これがなかったら大変なことになっていると思います。国が自衛隊、海上保安庁を含めた支援船の岸壁の利用調整をしています。加えて、強調したいのは利用可否判断です。「この岸壁は使える」「これは制限が必要」というのを早期に判断した上で、ホームページでも公表する。これは非常に重要で、利用者からも非常にありがたがられています。研究所の技術力も非常に素晴らしいものがあると感じたところです。現在まだ震災対応の途上で、これから応急復旧から本格復旧のステージに入っていきますが、今回の地震では岸壁の利用可否判断、利用調整が上手く機能したと思います。

11 能登半島地震の教訓

上原▷今後に向けた課題について少し触れておきます。まだ役所としての総括をしたわけではないのですが、個人的な気づきの点を述べます。

利用調整の権限代行はさらに工夫の余地はあろうかと思っています。今の利用調整の制度は被害があった港湾管理者からの申し出に応じて権限を代行しますが、自衛隊や海上保安庁の船は、給油などをしますから被災港湾以外の港も使

います。富山や新潟の港も含めた調整が求められる事案が結構あったので、東日本大震災の時のリダンダンシーとしての日本海側港湾のように、被災地以外の港も含めて、もう少し広い範囲での代行が必要かもしれません。そうなる、港湾管理者からの申し出にのみ頼るのではなく、国から能動的に働きかける制度があってもいいかもしれないと思います。

もう一つは、現在、堺泉北港と川崎港に基幹的広域防災拠点整備されていますが、もう少し地域毎にというか、こういった被害があった時に広域的な物資支援の拠点として使えるような、液状化や耐震被害にも強い準基幹的広域防災拠点的なものが必要ではないかという気がします。

三つ目は、制度の提案ではないのですが、状況が日々刻々変わることを痛感しました。最初は被災状況把握と緊急物資輸送に追われていましたが、3日目ぐらいからは、もうプッシュ型の緊急物資輸送ではなく、復旧・復興をどうするかという議論をしています。まさに組織のBCPをしっかりとつくっておくことが大事です。港湾局のBCPもバージョンアップを重ねていますが、時間軸も含めた組織のBCPをしっかりとつくって、日々訓練して、みんなが頭に入れておかないと、対応が後手後手に回ることになります。

司会▷港湾の利用調整を国が権限代行で行っているとのことですが、施設の復旧にあたって、県の施設を国が代行して復旧工事を行うことはあるのでしょうか。

上原▷港湾法55条の3の3は利用可否判断、バース調整、そのための応急復旧を念頭に置いた制度です。他方、東日本大震災後にできた法律で大規模災害復興法という法律があります。これに基づいて自治体からの要請に応じて本格復旧を国が代行する制度があるので、本格復旧は大規模災害復興法に基づいて国が代行して行うことは可能で、そういった方向へ行きつつあると思います。

12 「利用可否判断」の課題

司会▷先ほど利用可否判断が非常に重要というお話がありましたが、直轄で国が整備している港は設計の図面やデータがあらかじめ国に蓄積されています。今回、県が整備している港湾施設の利用可否判断をされたと思いますが、もとなる図面やデータはどうされたのですか。

上原▷台帳の図面などを研究所で取り寄せて、あるいはわれわれから送って、地方整備局と港湾空港技術研究所がタグを組んで利用可否判断をやっていただきました。

司会▷大矢グループ長は、国で整備した港湾ではなくてそれ以外の港からの要請でも判断に行ったり、いろいろなアドバイスをする立場だと思いますが、いかがですか。

大矢▷利用可否判断で大事なものは、地震の時にどれだけ施設が動いているかという変位の評価と、その変位から施設がどの程度損傷しているか評価することです。そのために、まず地震の前の座標と地震の後の座標が必要です。私が調査へ行った段階では、地震後の座標は未だなくて、地震前の座標については維持管理用の基準点の座標はありましたがそれをどれぐらい信頼して使ったらいいかどうか、今そのへんを議論しています。われわれが希望するのは、地震前後で施設の同じ箇所をRTK-GNSSより測った座標です。その他いろいろな方法で座標や地震による変位を評価することができますが、利用可否判断で施設の10cm、20cmぐらいの変位を評価する精度に関しては十分ではない可能性があります。

施設がどの程度損傷したかについては、設計での変形照査で使われたFLIPのデータを用いて、変位と施設の損傷の関係を予めシミュレーションで計算して求めておく場合が多いです。今回、唯一データがあったのは七尾港の耐震強化岸壁で、設計段階で変位と損傷の関係が分かるシミュレーション結果がきちんと残っていました。そういったデータをいただいて、座標のデータはなかったのですが見た目、施設が20cmぐらい動いているのではないかという時に、現場の値とシミュレーションの値を比べて危ないのかどうかの比較をすることができました。耐震強化施設であればそういう準備がありますが、残念ながら県の施設はそういったデータがなかったので、一番いい方法を使った利用可否判断ができなかったのが実情です。

司会▷今後の大規模な地震に備えて耐震工学の分野で今後重要と考えられる取り組み、それから今、いろいろな分野でDX、ITの導入が言われていますが、そういうものの耐震工学分野への導入についてのお考えがあればお話しただけですか。

13 IT技術の活用

大矢▷今回は、国総研と港空研の研究者を中心に現場で利用可否を判断しました。半島の陸路が寸断されているところで、現地に入るのが非常に大変でした。

結果的に、石川県から委託を受けた施設のすべての利用可否判断ができたのが1月10日なので8日間かかりまし

た。非常に時間がかかってしまったことと、陸路が寸断されているので、ひどい時は帰りに12時間かかったりしました。そういうところで調査をするのは、今後の本当の意味の広域災害に向けてまずいのではないかという意見が出ています。

対応としては、久里浜にいる研究者ではなく被災地に近い方に現場に入ってもらって、映像や画像を久里浜に送ってもらう。その情報を基に久里浜で使えるかどうか利用可否判断ができないかとかいったニーズが出てきました。今まさに研究所として今回の地震被害を踏まえた研究課題としてリモートによる利用可否判断を提案している状況です。

司会▷被災地の研究者だけではなく直轄事務所の職員なども現場の写真を撮ることはできますね。

大矢▷おそらく事務所の方と現地の調査会社の方が支援してくれると思います。オール港湾というのでしょうか。みんなで現地を歩いてもらう。

司会▷そういう仕組みづくりが今後の課題ですね。

大矢▷そうですね。いくつかの整備局と沿岸センターで取り組んできた港湾防災情報システムがそれに適用できるかなと思っていて、そのまま使えるのか、今後発展させていくのかは、わかりませんが、今後のニーズとしてあるのではないかと思います。

司会▷県の港湾施設のデータをあらかじめ国が持つのは難しいですか。

上原▷そういうものがあらかじめ国に備えてあれば、もっと迅速な対応ができたと思います。

大矢▷今回使用したデータは別の用途であったもので、きちんとデータベース化されたものではありません。断面図とか維持管理用の座標はありますが、われわれが開発している地震後の利用可否のシステムは座標の数、計測のタイミングや基準点の設定など、精度を高めるために少し要求レベルが高いです。

14 港湾防災情報システム

上原▷港湾防災情報システムは、いわゆるサイバーポートの一環として構築されていますが、これが充実してくれば、活用できると思います。

小野▷防災におけるICTの視点ですが、サイバーポート構築の今後の発展形態として、サイバーポートに集まっていくいろいろな情報を災害対応にどう活用するかと言う視点が重要かと思っています。港湾の施設や利用に関する情報を

的確に災害対応の現場に提供できれば、情報を集める労力は最小化され、現場での被災状況の評価や分析にかかる時間が増えます。サイバーポートを使ったインフラ情報の収集、利活用が重要です。

その延長で、各港をデジタルツイン化していったら如何でしょうか？ 電子情報として港がサイバー空間に再現できれば、災害シミュレーションも行いやすいと思います。都市防災の分野では既に都市のデジタルツイン化が進んでいますが、港湾でもそういうことはあり得ると思います。可能な限り数値化された港湾構造物の目に見えない内部で何が起きてるかと言った評価も可能になりますので、利用可否の判断に大きな進展があるかなという期待が持てます。

今はいろいろな港湾関係者がバラバラに情報を保管しているので、災害時にこれらの情報を保全することも容易ではありません。平成30年に神戸港、大阪港を襲った台風21号の時は、六甲アイランドが浸水しました。コンテナターミナルではすべてのコンテナを一元管理していますので、実際はコンテナの流出は発生しませんでした。仮に流出が起こったとしてどのコンテナがなくなったが容易にわかります。しかし、在来バースに置いてあったコンテナは、それらを保管する現地事務所も浸水し管理書類などが失われたため、いったいコンテナが何個あったのか、どれが流されたのは分からなくなって困ったと海上保安部の方から聞きました。コンテナが沈んでいるかもしれないので航路の復旧が遅れたという苦い経験になりました。港湾の現場情報の保全がいかに重要かという教訓です。その意味でも、サイバーポートは非常に大きな期待が持たれます。

今回の能登半島地震発災当日の港湾の被災状況は、リモートセンシングの結果で状況報告がされました。国土交通省が被災情報を速やかに収集する試みの一環が生かされたのだと思います。何が起きているかを常に把握するためのリモートセンシング技術、すなわち衛星、航空機、ドローンによる観測技術をさらに強化することと、そこで取れたデータを的確にサイバーポートに集約し、生かしてゆくことが重要かと思っています。その過程で、沿岸センターで開発された防災情報プラットフォームが生きてくると考えます。

15 被災現場を体験すること

司会▷柄谷先生の被災の状況を共感する研究にも通じますが、リモートによる利用可否判断が実現しても、研究者には被災の現場を見てもらって、被災の規模、すごさを感じ

じてもらうことは大切ですよ。

大矢▷この座談会のお話をいただいたのが12月で、その時に思ったのは、われわれは神戸の震災を知らない世代だということです。設計を担当していますが、神戸のあと設計を変えるところには参加していないので、次の直下型地震、南海トラフがどんな被害になるのか。考えなければいけないのですが実際に体験していないので、「被害は大きいのだろう」、「大変なんだろう」ともやもやした気持ちで日々研究をしています。

そういった状況なので、若い人には地震があれば被災地へ行って自分の目で見てもらう。私も3.11以降の被害調査には何度も行っていますが、地震被害としては神戸と比べると被害程度は小さい。私は第1班として現地に入って、被害をよく見てきました。ところどころ、今まで写真で見たような、神戸と同じような被害を見ることができて、非常にいい体験ができました。

今回は被災地調査というよりも利用可否判断が目的で行きましたから、使えるところだけを見て評価する仕事だったので被害が大きいところはあまり時間を掛けて見られなかったのですが、「是非若手を調査団へ入れてほしい」とお願いしました。他のシニア研究者からも同じ要望が出て、調査団のトップは室長クラスの利用可否判断できる人がついて、その下は若手研究者がついて現場を見てもらう機会を得ることができました。

柄谷▷私が被災者の方々と東北に暮らしながらやってきたことの一つは、建設関係の方や若い職員の方に被災地に来ていただく機会を設けたことです。仮設住宅などで被災者の方々と車座になって、今何が問題で、これからどんな課題があるかを対等に語り合う機会を持ちたかったのです。その場でできることを模索するだけでなく、将来に活かせる技術や研究シーズに気づいたり発見したりする。将来を担う若手の技術者や研究者にはとても大切な機会であったと考えています。

16 顔の見える関係を築く

司会▷柄谷先生は、港湾以外の分野の委員会や防災訓練にも参加されていますが、それらの取り組みについてお気づきの点がありましたらお伺いしたいと思います。

柄谷▷南海トラフ地震に備えて、南海トラフ地震対策中部圏戦略会議という大きな会議があります。2011年の東日本大震災の教訓を踏まえて、南海トラフ地震のあとでどん

な総合的かつ広域的な課題があるのかを洗い出し、それを関係機関で重点的に、戦略的に取り組むことをやってきています。その一委員として参加していて一番大きな効用は、まさに多様なステークホルダー、関係者が一堂に会す機会なのです。海岸工学、沿岸防災、ライフライン工学、いろいろな専門家、国交省を始めとする国の機関や経済団体、自治体、報道関係者といった方々が135も集まっています。こうした方々が、時間に即したハード・ソフト、重点政策の目標をみんなで共有する意味で非常にいいと思います。

能登半島地震後、広域支援のための自治体応援派遣職員の方々へのヒアリングを始めています。その中で共通して言われることは、現地に入って応援支援をする際に、その町長さんや副町長さん、職員の方々や顔の見える関係を築くところから始めているということです。災害が起きたあとに関係づくりをするのはもちろん大切ですが、災害が起きる前に互いに何ができる人なのか、あるいは信頼できる人なのかをしっかりと構築しておくことが重要です。南海トラフ地震対策中部圏戦略会議は同じ目標に向かう者同士が活動や課題を共有するとともに、平時より顔の見える関係を築くよい機会と捉えています。

机上で議論したり計画をつくったりはもちろんですが、大規模地震津波防災総合訓練といった協働を通じて計画の実効性を確認することも重要と考えています。この訓練では、上空、海上、陸上、それ以外に市民等も巻き込んで避難訓練をされたり、災害対策本部、情報通信訓練を実践しています。上原課長の話にもありましたが、災害が起きて時間経過とともにどんなプロセスが起きて対応しなければいけないのかを実践を通じて見直す機会を設けています。この結果を踏まえて計画をブラッシュアップする、見直す非常によい機会を考えています。

小野▷人が集まることの価値ということでは私も経験があります。国際共同研究プロジェクトの一環で港湾BCPを試験的につくろうとしていた海外の港があり、議論の最中に大地震が起り、津波も起こりました。大きな港湾被害があったのですが、現地の方に「港湾BCPの議論をしてきたが、結局間に合わなかった。意味がないのではないか」と言われるのが一番怖かったのですが、BCPの議論に参加した関係機関や地元自治体の皆さんがお互いに顔見知りになっていて、相互の信頼醸成につながったので復旧が早かったとあとで聞きました。ソーシャルキャピタル形成の効果です。そういう形で地域のレジリエンスが高まることあるのかなと思います。

17 次世代へ繋ぐには

司会▷南海トラフをはじめ今後起こりうる大規模地震に備えて、どういう視点やアプローチが必要でしょうか。次世代へどう繋げていけばいいでしょう。

柄谷▷災害対応経験を次世代に引き継いでいくポイントの一つは、経験や暗黙知をきちんと記録しておくことです。それを教材として研修などの学ぶ場をつくっていく。

災害対応の中核を担う方々に長らくインタビューしているのですが、共通するのは過去の経験を真摯に学んでおられることです。例えば東日本大震災だと阪神・淡路大震災や新潟県中越沖地震といった地震の後の対応、災害対策本部の立ち上げや運営、インフラの復旧や被災者支援といったことを学んで現地に入られています。

南海トラフ地震対策中部圏戦略会議メンバーの方々は、今回の能登半島地震でもこれまでの知恵や経験を踏まえた上で広域支援に入っている方がたくさんおられると思います。私は経験や暗黙知、ノウハウ、スキル、うまくいかなかったことも含めて、インタビューをずっと続けています。それを動画や音声、テキストとして、次の方々に学んでいただく機会をつくってきました。

次世代の方にまったく同じ災害が起きるとは言い切れませんが、被災を乗り切るための大きなヒントの一つと考えていて、先人の知恵やノウハウを学べるのではないかと考えています。大矢さんや上原さんのように現場で陣頭指揮を取られたり調査をされている方のご経験やご苦労もきちんと記録させていただきたいと考えています。

18 まとめにかえて

司会▷最後に一言、まとめや補足でも結構ですし、今後の沿岸防災のあり方や、沿岸センターへの期待でも結構です。

上原▷沿岸センターに期待することですが、利用可否判断が非常に大事だという観点からは、誰でもできる簡易プログラムのものを用意して頂いたらすごくいいと思います。

今後の私の立場上の取り組みでは、今は能登半島地震の対応の真っ最中なので、この対応をしっかりと最後までやり切りたいと思います。いろいろな知見が得られたので、これを後世にきちんと伝えることも大事です。加えて、こういった知見を基に、制度を改善する。この「やり切る、伝える、改善する」、の三つをやっていききたいと思います。

大矢▷われわれはいろいろと技術を開発して全国展開を目指して頑張っていますが、先ほどのご質問で、県管理の施設では利用可否に必要なデータがないと言ってしまいましたが、そもそも国管理の施設でも多くはデータがないのが現状です。今後の地震災害へ向けて、技術をどう広めていくか、どう多くの人に使ってもらえるか、考えていきたいと思っています。

柄谷▷能登半島地震規模でこれだけ現場が混乱して、その中で南海トラフ地震に本当に立ち向かえるのかと思った時に、ちょっと想像を超えます。地道なことかもしれませんが、能登半島地震で経験したことをきちんと記録し、次に継ぐ。こういった経験は同じ組織、あるいは他組織間で共有して継いでいくことを一層やっていかなければいけないと思います。

小野▷浮上式防波堤という、実現はしませんでした、一時期研究、実証していたものがありますね。それを横で見ている時に、あの防波堤はどこまでもって、どういう状態になったら周りの人はどう避難すればいいのかをセットで考えたらどうかと考えていました。ハードの取説みたいなものです。これから取説なしにハードはつくってはいけない。取説のない電化商品はないですね。港空研の中にあるハードの設計、施工管理、復旧といったものの中に、ソフトとセットでどうやって考えるのかという設計思想が次の次あたりで出てきたらいいのではないのでしょうか。

司会▷今日は、沿岸技術研究センターの今後の地震防災への取り組みの参考ともなる非常に貴重なお話を伺いました。長時間にわたり、どうもありがとうございました。



みなとの地震防災、最前線。



工藤 健一

国土交通省港湾局海岸・防災課
災害対策室長

1. はじめに

日本は災害大国といわれています。台風、高潮、地震、津波、土砂崩れ、火山噴火、豪雪、雪崩などなど、多様な災害が列島各地を襲います。さらに、地球温暖化の影響により、台風や線状降水帯の勢力が増大する傾向にあります。海水面も上昇し、高潮による被災リスクも高まっています。

中でも地震は、それにより生じる津波を含め、古来より甚大な被害が記録されている災害です。日本の排他的経済水域を合わせた領土・領海の面積は約465万km²で、地表の約0.9%を占めるのみですが、2011年から2020年までの10年間の統計では、全世界で発生したマグニチュード6.0以上の地震のうち、17.9%が日本で発生しているという統計もあります。

文字通り地震大国の日本。その経済社会の根底を支える基礎インフラ、みなとにおける地震防災の取組について、最新情報をお伝えします。

2. みなとの耐震強化の現状と課題

地震に強いみなとづくり。その根幹は岸壁の耐震強化です。大地震の後でも使用性が確保された岸壁があれば、緊急物資の輸送や、復興活動に必要な物資輸送を担うことができます。

東日本大震災の教訓を活かすとともに、南海トラフ巨大地震をはじめとした、切迫する大規模地震に対応するため、2012年にまとめられた交通政策審議会港湾分科会防災部会の答申を受け、現在、コンテナ船、フェリー、RORO船による幹線貨物輸送ネットワークの拠点となる岸壁の耐震強化を中心に、関連する取組を進めています。2023年3月時点では、港湾計画に位置づけられている耐震強化岸壁のうち、約5割の整備が完了しています。しかしながら、ひとつも耐震強化岸壁がない港湾も数多くあります。整備に充てることが予算も限られる中、どのように整備を促進するかが課題となっています。

表1 耐震強化岸壁の計画数と整備率

計画岸壁数	内供用済	整備率 52% (約5割が未整備)
	407	

※国土交通省港湾局調べ(2023年3月末時点)
※重要港湾を対象とし、係留施設として位置づけられている岸壁

計画された岸壁が整備されていない港湾
72港 / 114港(63%)

- : 計画された岸壁が整備済みの港湾(42港)
- : 整備済の岸壁数が計画を充足していない港湾(51港)
- : 計画はあるが、1岸壁も整備されていない港湾(21港)

※岸壁数は緊急物資輸送用と幹線貨物輸送用の合計
(2023年3月末時点)

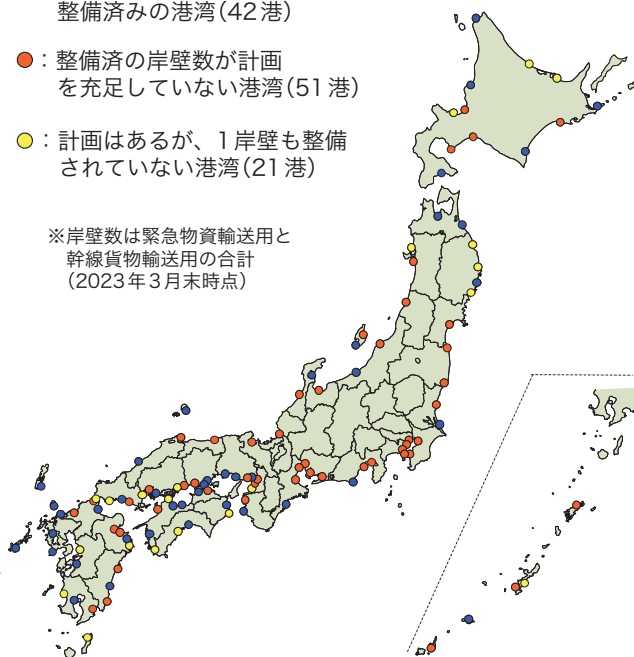


図1 耐震強化岸壁の充足状況

3. ハードとソフトの連携

戦後の地震災害で、港湾施設に著しい被害を及ぼしたのものとしては、1995年の阪神・淡路大震災と2011年の東日本大震

災が代表的ですが、双方で共通する教訓のひとつは、「絶対に壊れない施設はない」ということではないかと思えます。耐震強化岸壁でも、L2クラスの巨大地震に対しては、一定期間の応急復旧により緊急物資輸送を行うことができるようにすることを要求性能としています。そのため、災害時に迅速な応急復旧を行う実効性のある体制の確保をはじめとした、ソフト面の対策が重要です。ソフトが機能しなければ、コストをかけて整備したハードを活かすことができません。港湾BCPの深化や定期的な防災訓練の実施を通じて、常に災害対応を担う関係者間で、お互いの顔が見える状態にしておくことが求められます。



写真1 応急復旧で使用性を確保した岸壁
(輪島港(2024年1月))

発展著しいデジタル技術の活用も不可欠です。発災後、できる限り早期に、かつ少人数で港湾の状況を把握するため、リモートセンシング技術の実装を進めています。

まずはドローン。津波警報発令下でも港湾の被災状況を俯瞰することができることから、順次各地方整備局に配備し、習熟と改良を進めているところです。航路や泊地のレーザー測量の実用可能性についても、研究を進める予定です。

続いて衛星画像。近年、官民双方で衛星の利活用が急速に拡大しており、発災時の情報収集ツールとして、ますます注目されています。光学衛星とSAR衛星^(※)が実用化されており、双方の特性を踏まえ、単に撮影するだけでなく、発災後の施設の変位状況を把握するための技術開発を進めることとしています。また、衛星画像とAIを活用して、航路や泊地の漂流物を判別するシステムの開発を進めており、2024年に実用化する予定です。

こうして収集したデータを、迅速に関係者で共有することに

(※) Synthetic Aperture Radar 衛星。照射した電磁波の反射波を解析して地表を画像化する。天候の影響を受けず、夜間でも撮影可能。

より、効率的な初動対応が可能となります。そのため、現在、サイバーポートの一環として“港湾防災情報システム”の構築を進めており、2024年度からの運用開始を目指しています。

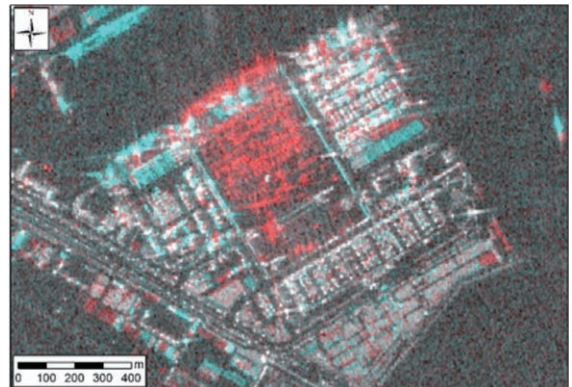


図2 SAR衛星画像による地表変位の把握例
(赤色が沈降、水色が隆起を意味する)

4. 戦略的な地震防災に向けて

本格的な人口減少社会を迎える中、防災対策に充てることができるリソースは、一層限られることとなります。そのため、より効果的で実効性の高い戦略の下、取組を進める必要があります。

既存ストックの有効活用は不可避です。そこで、フェリー・ROROなどが利用する岸壁の耐震機能の確保に注目しています。内航ユニットロードは、古くから国内物流の根幹を担っていますが、近年も、環境負荷の削減や、物流2024年問題への対応を含めた物流の省力化といった需要の高まりを受け、輸送量が増加しています。他方、岸壁の使用頻度が高く、改良工事を実施する期間を確保することができないことをひとつの要因として、耐震化が進んでいない施設も多くあります。フェリー・ROROは機動性が高く、発災時の緊急物資輸送の中核を担うモードであることから、対策が急務です。施工計画について関係者間で密接に意見交換し、しっかりとした共通認識を持って進めることが重要になると考えています。

5. おわりに

南海トラフ巨大地震や首都直下地震など、発生が懸念されているか否かに関わらず、日本はどこでも巨大地震が発生する可能性があります。本年元日に発生した能登半島地震もそのひとつです。最大4mにも及ぶ地盤の隆起や、半島地域であることによる支援活動の難易度の高まりなど、様々な新しい課題が顕在化しているところです。日々、得られる知見を踏まえ、関係者の連携の下、みなとの地震防災の強化を進めたいと考えています。

港湾防災情報システムの構築

遠藤 敏雄 一般財団法人 沿岸技術研究センター

上田 浩二 一般財団法人 沿岸技術研究センター

佐々木 信和

小林 隆洋

海老根 裕希

パシフィックコンサルタンツ株式会社
北海道支社 北海道国土基盤事業部

パシフィックコンサルタンツ株式会社
DS事業本部 防災事業部

パシフィックコンサルタンツ株式会社
DS事業本部 防災事業部

はじめに

近年、台風被害の頻発化・激甚化や、将来の気候変動による災害リスクの増大が懸念される状況である。港湾施設は輸出入の結節点として我が国の経済を支えている重要なインフラであり、災害等により機能低下が生じた場合は早期に回復を図る必要がある。そこでシステム開発チームは、国土交通省国土技術政策総合研究所（横須賀）の仕様に基づき全国の港湾を対象とした港湾防災情報システムの構築を行っている。本稿では、近年の台風被害の頻発化・激甚化による被害事例、港湾BCPに基づく港湾防災情報システムの基本概念、基本概念を踏まえた港湾分野ではじめて構築する被害情報の共有方法、港湾防災情報システムの特徴的な機能と期待される効果について紹介する。

1. 台風被害の頻発化・激甚化による被害事例

2019年9月に発生した台風15号は、東京湾を中心に記録的な高潮・高波による被害をもたらした。この際、横浜港南本牧地区のはま道路（橋梁）は、貨物船の走錨・衝突により大きな損傷を受けた（図1）。さらに近時では、将来の気候変動による海面上昇や台風の強大化による港湾区域内の浸水被害や施設への影響拡大が危惧されている。



図1 横浜港南本牧地区のはま道路（橋梁）への貨物船の走錨・衝突¹⁾

2. 港湾BCPに基づく港湾防災情報システムの基本概念

港湾BCPは危機的事象による被害が発生しても港湾の重要機能が最低限維持できるようにするマネジメント活動計画である。港湾BCPでは危機的事象が発生した場合、各関係者が対応計画に基づきそれぞれの役割および対応を速やかに行うために関係者間の「情報共有」の重要性を指摘している。港湾防災情報システムは、「情報共有」を迅速に行うためにインターネットを活用し港湾機能の早期回復を支援するものである（図2）。

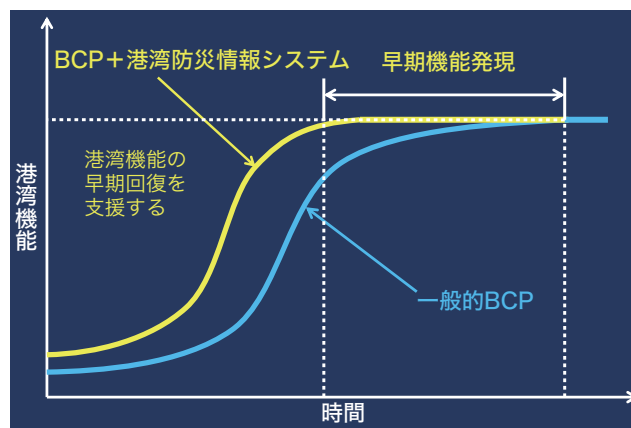


図2 港湾BCPに基づく港湾防災情報システムの基本概念

3. 基本概念を踏まえた被害情報の共有方法

港湾防災情報システムには、被害情報を関係者間で共有するための機能として、現場職員によるスマートフォンを利用した被害情報のシステム登録（①被害情報の一元管理）、同一クラウド環境にある港湾防災情報システムとサイバーポート施設データを用いた地図表示（②各種防災情報の統合）、各地方整備局・北海道開発局・沖縄総合事務局の災害対策本部および本省防災担当者の保有端末を用いた被害状況の確認（③意思決定を支援する情報の閲覧・通知）等がある。

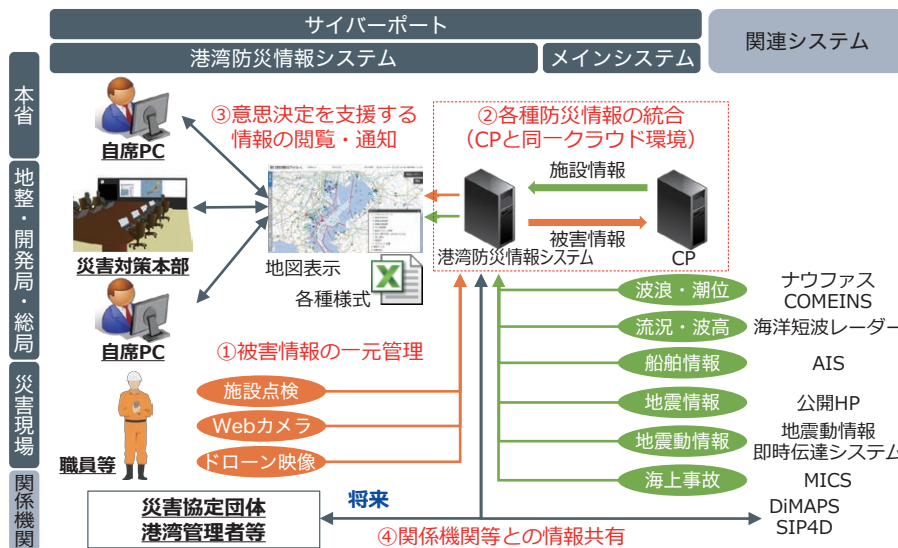


図3 基本概念を踏まえた被害情報の共有方法

加えて、将来的には災害協定団体、港湾管理者、港湾組合などの港湾BCP構成機関や陸上インフラを対象に現場から災害情報を収集し地図上に表示するDiMAPS、多様な情報源から収集・利用しやすい形式に変換するSIP4Dと連携(④関係機関等との情報共有)することも可能である(図3)。

4. 主な機能と期待される効果

港湾防災情報システムの特徴的な機能と期待される効果を表1に示す。港湾防災情報システムは、災害情報の可視化により迅速かつ正確な現状把握を可能とするツールであり、港湾機能の回復に向けた確かつ早期の意思決定を支援する。またシステムの運用に係るトラブル(電源喪失等)が発生した場合においても情報収集等への影響を最低限とするためにディザスタリカバリー(システムの継続利用ができなくなった場合に復旧や別地域に構築したシステムへの自動切換え)の機能構築に向けて検討中。

おわりに

港湾防災情報システムは、令和6年度から運用(暫定)される。ただし、災害による港湾施設の被害の特性は、気象・海象条件や地形・港形などの地域特性によって多様である。このため、今後数多くの場面で港湾防災情報システムを活用頂き、様々なユーザから寄せられる改善要望を踏まえ、地域特性を考慮したシステムに改良する必要がある。忌憚のないご意見を頂けることを期待したい。

参考文献

1) 横浜市港湾局記者発表HP: 横浜港における台風15号の被害状況について(速報)

表1 港湾防災情報システムの特徴的な機能と期待される効果

No	機能名	特徴的な機能と期待される効果
1	地図表示機能	■被害場所および被害写真を地図上に重ねて表示・可視化することで災害対応への迅速な判断・指示・行動が期待できる
2	関連サイトの複数表示機能	■ナウファス・HFレーダ・潮位・気象庁警報等の関連サイトの情報をシステム画面上に並べて表示・可視化することで直前予防対応(災害が予見される場合の被害軽減等)が期待できる
3	被害情報登録機能	■現地からスマートフォン(ブラウザ)を利用して被害情報(初動、詳細、その他)を登録することで施設の外観目視・測量等による概ねの損傷程度の判断が期待できる
4	被害情報表示機能	■登録された被害情報を一覧表および地図上に表示・可視化することで被害情報の一元管理が期待できる
5	帳票生成登録機能	■登録された被害情報を基に帳票を自動生成、修正帳票を登録、PPT作成など文字と図表による情報を残すことでネット環境にいない関係者との情報共有が期待できる
6	アラート機能	■MICSによる海上事故等を受信した場合に職員へメール通知することで、早期の災害対策本部および支部の立ち上げが期待できる
7	災害情報管理機能	■災害情報(災害種別、名称、発生日時等)を登録・管理することで、災害記録DBを用いた行動計画の見直し、要件定義の追加によるシステムの機能向上が期待できる
8	リアルタイム映像配信機能	■映像配信装置によりリアルタイムに配信されるドローン映像をシステムが受信し自動登録および映像表示・可視化することで直感的に被害程度を判断することが期待できる
9	予定行動管理機能	■災害時の予定行動をシステムに事前登録、災害時に呼び出して対応状況の登録および共有を行うことで、災害対応行動の遅れ防止が期待できる
10	関係機関との情報共有機能	■港湾BCP構成団体の被災情報の一部閲覧や地方整備局のシステム管理者による情報登録・修正、関係団体の検索・ダウンロードを行うことで高い精度の被害情報の共有が期待できる
11	ディザスタリカバリー	■港湾防災情報システムは、異なる地域にディザスタリカバリー機能を担うシステムを構築することで危機的自然災害時においても使用することが期待できる

2024年能登半島地震の被害から見えてきた 港湾における地震災害対策の課題



野津 厚

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 地震防災研究領域長

2024年能登半島地震の発生から現時点で約1か月が経過した。この間、筆者は、本省港湾局や北陸地方整備局が行う様々な災害対応活動に研究所職員としてオンラインミーティングなどを通じ参加する機会を与えていただき、現地にも行かせていただいた。その中で、これまで行ってきたことが間違っていないと感じた点や、今後考え直さなければならないと感じた点などがあつた。ここではそれらについて書かせていただきたい。

まず、大きな環境の変化として、港湾法第55条の新しい規定により、国が被災港湾の管理を代行できるようになった。能登半島地震においても輪島港など6港で国が権限代行を行っている。それにともない、係留施設の利用可否判断を国が行いホームページに掲載するという新たな試みがなされている。その点に関する支援が、特に災害対応の初期(1月10日まで)において、研究所の役割のかなりの部分を占めた。重力式岸壁、矢板式岸壁、栈橋、セル式岸壁など、それぞれの力学特性に応じて、利用可否判断において着目すべき点は異なっている。久里浜の2研究所は、その前身である港湾技術研究所の時代から、構造形式毎の力学特性、地震時挙動特性について研究を行ってきた長い歴史を有しており、研究者がその知見を生かして利用可否判断に参加することの意義は非常に大きいと感じた(ただし、南海トラフ地震などより大規模な災害において、多数の港湾が同時に被災した場合において、研究者がすべての港湾を訪問することは困難であるため、対応の方法について工夫が必要である)。

その中で改めて感じたのはケーソン式岸壁の口バラスト性である。写真1は輪島港のケーソン式岸壁(-7.5m)でありケーソン背後に最大2m程度の段差が生じている。ケーソンの水平変位もおそらく同程度であったと考えられる。しかしながら、ケーソンそのものは健全な状態で残ったため、碎石による応急対策がなされ、地震のわずか3日後の1月4日には船舶が接岸



写真1 輪島港のケーソン式岸壁(-7.5m)の被害(左)と応急対策(右)

し緊急物資輸送に利用された。一般に矢板式岸壁や栈橋のような鋼部材を主体とする施設は、過去の地震において鋼部材の損傷(矢板の折損や鋼管杭の座屈)が生じた例があることから、利用可否判断は慎重に行う必要があり、天端残留水平変位の測量結果に基づいて鋼部材の健全性を確認する必要がある¹⁾²⁾。しかしながら、能登半島地震のように地殻変動が生じ国土地理院が基準点のサービスを停止している状況では信頼性のある測量結果を得るのに時間がかかる。加えて鋼部材の健全性の確認にはフレーム解析(状況に応じてFLIP解析)が必要となりこの点でも時間を要する。その点、ケーソン式岸壁は迅速な判断が可能であり、上述の輪島港の岸壁は、耐震強化バースではなかったにも関わらず、地震の3日後には使えている。筆者はもともと緊急物資輸送対応の耐震強化バースはケーソン式が良いとの考えであったが、今回の地震を経験しその思いを一層強くした(ただし、ケーソン式は変位が出やすいことは事実であり、ケーソン上にガントリークレーンのレールがある場合、レールが曲がりやすい。したがって、幹線貨物輸送対応の耐震強化バースにケーソン式が適しているかはまた別問題である)。

研究所の職員が利用可否判断に参加していた災害対応の初期段階(1月10日まで)では、天端残留水平変位の測量結果は得られていなかった。そのため、矢板式岸壁や栈橋のように本来は天端残留水平変位の測量結果に基づいて判断すべき施設であっても、現地で確認できる情報から判断せざるを得なかつ



写真2 穴水港の栈橋(-4.0m, 土留めは控え直杭式矢板式)の被害。左は控えの位置のクラックを示す。

た。矢板式岸壁の場合、控えが前方に移動するモードの変状が生じる場合が多い³⁾。したがって、特に控えの周辺に着目し、控えの直背後に段差やクラックが生じている場合は控えと矢板本体が前方に移動している可能性が高いと判断した。栈橋の場合、背後の土留めが前方に移動し、それに伴い上部工や杭が海側に押されるモードの変状が生じる場合が多い。したがって、特に土留めの挙動に着目し、土留めが前方に移動した形跡が認められる場合は、上部工や杭が海側に押されている可能性があるという判断した。写真2は穴水港の栈橋(-4.0m, 土留めは控え直杭式矢板式)の例である。この場合は控えの位置に幅10cm程度のクラックが生じており、控えと矢板本体が少なくとも10cm程度前方に移動し、杭が海側に押されている可能性があるという判断した(こうした検討が可能となった背景として国総研の御好意により維持管理計画書を閲覧できたことが大きい。あらためて御礼申し上げる次第である)。ただ、こうした判断は、測量結果が得られていないという制約条件の下でやむを得ず実施したものであり、本来、矢板・栈橋については、天端残留水平変位の測量結果に基づいて定量的に利用可否判断できるようにすべきである。そのためにはBerth Surveyor⁴⁾のより広範な導入が望まれる。

さて、以上のような初期の対応が1月10日まで続いたあとは、次のフェーズ、すなわち、初期の調査でグレーゾーンであった施設のうち特にニーズの強いものについてより詳細な調査を行い利用可とすることができないか検討するフェーズに移行した。その一例が金沢港の控え直杭式矢板式岸壁(-10m)であった。この岸壁の場合、遅くとも1月14日の時点で県による天端残留水平変位の測量結果が得られていた。幸運なことに、地殻変動の影響を受け国土地理院が基準点のサービスを停止した地域に金沢市は含まれていなかったため、関係者間で測量結果に対する信頼感が早い段階で醸成された。このことが結果的に早い段階での利用可否判断につながったことは見逃せない。測量結果によると、天端残留水平変位は最大40cm程度

であった。また、控えの直背後に30cm程度のクラックがあったことから、控え直杭式矢板式岸壁の典型的な変形モード、すなわち、控えが前に動き、それに伴って矢板天端も前に動くモード³⁾が生じていると判断できた。利用可否判断はFLIP解析により行われた。すなわち、金沢港で得られた強震記録をFLIPモデルに入力し、天端残留水平変位が40cm程度となるように地盤定数をわずかにチューニングした上で、その結果に基づいて部材の応力を照査したところ、矢板本体とタイロッドは健全であり、控え杭は弾性範囲は超えるものの限界曲率(局部座屈が生じて杭が不安定化する可能性のある曲率)には達していないため、当該岸壁は暫定供用可能と判断できた(担当された設計コンサルタントの迅速な対応に対して御礼申し上げたい)。このように、①継続的に実施してきた強震観測⁵⁾、②港空研の先輩研究者が開発したFLIP⁶⁾、③比較的最近開発された鋼管杭の新しいモデル化手法⁷⁾(限界曲率など)がすべて結びついた結果、利用可否判断が可能となった。その点で、これまで進めてきた研究は無駄ではなかったと実感することができた。ただし、Berth SurveyorとFLIP解析が事前に導入¹⁾²⁾されていれば同等の判断は地震後2~3日でできていた可能性があり、今後は重要性の高い矢板・栈橋に対してBerth SurveyorとFLIP解析を事前に導入することが課題である。

能登半島地震により明らかとなった課題はこれまで述べてきたものの以外にも多数ある。既に報道されているように漁港だけでなく輪島港も地殻変動の影響を受けている。また、能登半島地震の際に震源近傍で観測された揺れの中にはPSI値が200を超えるような大きなものもある。これまで用いてきたレベル2地震動の設定法の妥当性についても改めて検証する必要がある。

参考文献

- 1) 日本港湾協会：港湾の施設の技術上の基準・同解説、2018年。
- 2) 九州地方整備局下関港湾空港技術調査事務所：大規模地震時における係留施設の使用可否判定マニュアル(案)、2022年、<https://www.pa.qsr.mlit.go.jp/gityou/products/pdf/r4daikibozisin0208.pdf>
- 3) 北島昭一・上部達生：矢板岸壁地震時被災の分析、港湾技術研究所報告、第18巻、第1号、pp.67-127、1979年。
- 4) 伊藤広高・小濱英司：RTK-GNSSを用いた地震後の係留施設の変位量計測・安定性評価支援システムの開発、港湾空港技術研究所資料、No.1370、2020年。
- 5) 長坂陽介・野津厚：港湾地域強震観測年報(2020)、港湾空港技術研究所資料、No.1409、2023年。
- 6) 井合進・松永康男・亀岡知弘：ひずみ空間における塑性論に基づくサイクリックモビリティのモデル、港湾技術研究所報告、第29巻、第4号、pp.27-56、1990年。
- 7) 大矢陽介・塩崎禎郎・小濱英司・川端雄一郎：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、pp.3-33、2017年。

緊急地震速報など地震防災への最近の取り組みについて



林元 直樹

気象庁 地震火山部 地震火山技術・調査課 調査官

1. はじめに

繰り返し、地震災害を被ってきた我が国では、地震の揺れによる被害を受ける前に地震によって揺れることを知ることは夢であった。地震の発生直後から震源近くで観測された地震波のデータをもとに、各地での震度や長周期地震動階級および強い揺れの到達時間を予測し、それらを可能な限り素早く知らせる情報である緊急地震速報。気象庁は、2007年10月1日よりその一般提供を開始した。

本稿では、緊急地震速報の運用開始から現在までに直面した課題とその解決のための技術的改善について紹介する。

2. 緊急地震速報の発表状況

地震による揺れを捉えて、情報を発表するまでのすべてを瞬時に自動処理する緊急地震速報は、ノイズから地震を識別する観測技術、震源やマグニチュード (M) の推定および揺れの予測を行う解析の技術、情報を発表する技術の大きく3つの技術によって成り立っている。これらの実現には、気象庁のみならず、公益財団法人鉄道総合技術研究所や国立研究開発法人防災科学技術研究所（以下、防災科学技術研究所）、国立大学法人京都大学（以下、京都大学）の技術協力に加え、報道機関や通信事業者、予報業務許可事業者などの多くの関係機関や関係省庁の長年にわたる努力と協力が不可欠であった。

緊急地震速報には、人が強い揺れから身を守るために広く一般向けに伝える「警報」と、鉄道やエレベータ等の機器の自動制御等に活用するための高度利用者向けの「予報」との2種類があり、運用開始以降、これまで274回の警報と16,861回の予報を発表した（2023年11月30日現在、図1）。緊急地震速報による震度予測の合致率を示した精度指標である「スコア」を年度ごとにみると、これまでに概ね8割程度の予測精度を保持して緊急地震速報が発表されてきたことがわかる（図1）。一方で、時

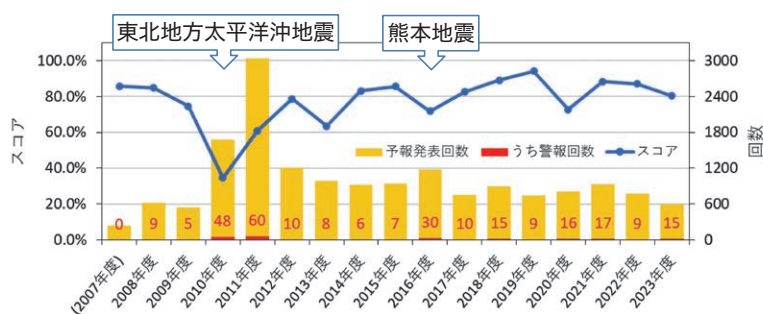


図1 緊急地震速報の警報および予報の発表回数と精度を示す「スコア」の年度別推移

「スコア」とは、緊急地震速報による震度予測が震度4以上または観測震度が震度4以上となった地域に対して、予測震度と観測震度との差が±1以内に収まる割合を示した精度指標である

折、地動ノイズや機器故障、処理の不完全さなどの理由から緊急地震速報の精度を低下させるような事例も経験してきた。

3. 東北地方太平洋沖地震における課題とその技術的改善

2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震 (Mw9.0、最大震度7) では、本震発生時に東北地方に対して迅速に警報を発表することができた。しかし、いくつかの技術的課題に直面した。例えば、当時の処理手法では巨大地震時の震源域の広がりに対応できず、関東地方の強い揺れを精度良く予測することができなかった。また、その後の活発な地震活動においては、異なる場所ではほぼ同時に発生した複数の地震を適切に識別することができずに過大予測となった事例が相次いだ。気象庁では、これ

表1 近年の緊急地震速報の技術的改善

運用開始日	内容
2011年8月10日	複数の地震を分離するためのソフトウェア改修
2015年3月31日	気象庁地震計50地点、南関東KiK-net15地点等の活用開始
2016年12月14日	IPF法の運用開始
2018年3月22日	PLUM法の運用開始
2019年6月27日	海底地震計 (S-net、DONET) データの活用開始
2023年2月1日	長周期地震動階級の予測情報の追加
2023年9月26日	震源推定手法のIPF法への一本化

らの課題に対して以下の技術的改善を図ってきた(表1)。

(1) 巨大地震への対応

震源域が広範囲となる巨大地震では、震源とMに基づく震度予測手法において、点震源仮定に基づく予測と実際の揺れとの乖離や、Mの飽和による予測の過小評価が生じる。このような課題に対応するため、震源とMによらず揺れから揺れを直接予測する「PLUM法」が開発され、震源とMに基づく予測手法と併用する形で2018年3月から運用開始した。PLUM法では予測地点周辺の観測点における震度を即時的に得る必要があることから、防災科学技術研究所が開発したリアルタイム震度を求める手法を活用している。

(2) 地震の識別精度の向上

異なる場所でほぼ同時に複数の地震が発生した場合の地震の識別精度向上のため、京都大学との共同開発による「IPF法」の運用を2016年12月から開始した。パーティクルフィルタとベイズ推定を用い、地震波の走時残差だけでなく多種類の観測量を統合して処理する震源推定手法である本手法は、各観測点で検知された揺れがどの地震によるものかを判別する際にも走時残差と振幅の残差の両方を用いることによって、より適切に地震を識別することが可能となった。

(3) 情報発表の迅速化

緊急地震速報をより迅速に発表するためには、震源近傍の観測網の活用拡大が極めて有効である。気象庁では海底地震計を緊急地震速報に活用するための技術開発を進め、防災科学技術研究所の協力を得て、2019年6月から地震・津波観測システム(DONET)、および日本海溝海底地震津波観測網(S-net)の海底地震計の活用を開始し、2020年3月にはS-net観測点のうち日本海溝の東側に位置するS6の観測点を追加で活用開始した。これにより、日本海溝付近で発生する地震については最大で30秒程度、紀伊半島から室戸沖で発生する地震については最大10秒程度、緊急地震速報(警報)の発表が理論上早まることが期待される。

(4) 様々な指標での情報提供

大地震に伴って発生する長周期地震動は、高層ビルなどを大きく揺らし被害を発生させる。このような長周期地震動による被害を把握するため、気象庁では「長周期地震動に関する情報検討会」での議論を踏まえ、長周期地震動階級という新たな観測指標を設けた。また、防災科学技術研究所が開発した絶対速度応答スペクトルの予測式を用いて、2023年2月から緊急地震速報に長周期地震動の予測結果を加え、警報の発表基準として長周期地震動階級3以上が予測された場合という新たな基準を追加した。

4. 最近の技術的改善：地震の識別処理のさらなる改善

これまでの処理では、IPF法の運用開始後も複数の震源推定手法を併用しており、それぞれの結果が同一の地震であるか否かを判定した上で、発表に用いる震源を決定し、同一地震によるものと判定された振幅データを用いてMを推定していた。しかしながら、2018年1月5日に茨城県沖の地震(M4.5、最大震度3)と富山県西部の地震(M4.0、最大震度3)がほぼ同時に発生した際には、2つの地震に対する震源推定結果と振幅データを誤って同一地震と判定したことで、茨城県沖でM6.4の地震が発生したと推定し、過大な警報を発表した。

この課題を解決するため、震源推定手法について、従来のIPF法を含む複数の手法の併用から、震源推定に用いるすべての観測データを統合して処理できるように改良を加えたIPF法に一本化する運用を2023年9月26日より開始した。この改善により、複数手法の推定結果に対する同一地震判定が不要となり、地震の識別処理の精度を向上させることが可能となった。2018年1月5日に過大警報を発表した事例においても、適切に2つの地震に分けて情報発表できることを確認している(図2)。

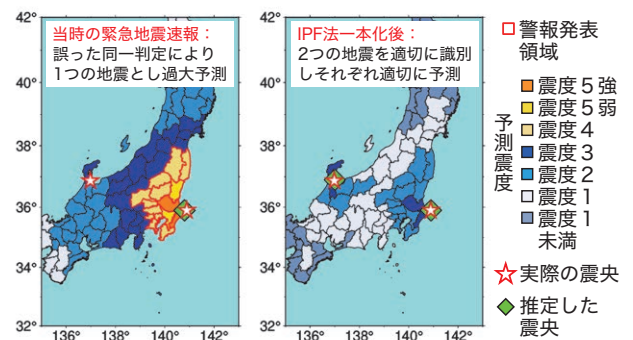


図2 2018年1月5日の茨城県沖(M4.5、最大震度3)と富山県西部(M4.0、最大震度3)の同時発生により発表された当時の緊急地震速報による予測(左)とIPF法への震源推定手法の一本化後の緊急地震速報の予測(右)

5. おわりに

緊急地震速報は、一般提供開始から約16年が経過した現在、国民の認知度は9割に迫り、社会にとっていわばインフラストラクチャーとして認められつつあるといえる。ただし、この16年の間に、例えばスマートフォンの普及など、情報を受け取る環境は大きく変化している。気象庁では、2023年に「緊急地震速報評価・改善検討会利活用検討作業部会」を開催して、今後の緊急地震速報の技術開発や利活用の方向性について議論し、報告書に取りまとめた。緊急地震速報が情報の受け手にとってより良いものであるよう、社会のニーズを確認しながら、より迅速でより精度の高い情報提供を目指して、気象庁はこれからも緊急地震速報のさらなる改善に挑み続けていきたい。

構造設計における想定外と危機耐性



横田 弘

一般財団法人 沿岸技術研究センター
参与

1. はじめに

2024年の年明けとともに発生した令和6年能登半島地震は、想定を超える甚大な被害をもたらした。このような甚大な被害をもたらす可能性のある事象に対しては、その作用の大きさを想定して構造物を設計し、防災計画等を立案してきた。ここで、構造設計で「想定」している事象とは、設計供用期間内に構造物の要求性能に応じて設定される限界状態に達しない状況のことであり、「想定外」とは設計で考慮した大きさを超える作用の影響により生じる状況、または、作用は設計で考慮した大きさを超えていないものの想定と異なる構造物の挙動が生じる状況のことを示している。

構造物の性能確保に関して、想定外の事象を陽に認識する必要性、および想定外の事象に対する危機耐性の対応については、土木学会と日本建築学会が連携して作成を進めている「土木・建築構造物の設計の共通原則（仮題）」を作成する過程において日本大学・中村晋先生のリードで議論してきており、土木学会「2023年制定土木構造物共通示方書（2024年3月発刊予定）」にも反映されている。本稿は、これらを要約して紹介するものである¹⁾。

2. 構造設計における「想定」と「想定外」の事象

「想定外」の事象と設計で「想定」する事象との関係をより合理的で統一的に示すことは、設計からリスク管理、防災計画に至る中で土木構造物の位置づけや機能を明確にすることにつながる。特にリスク管理およびリスク評価は、作用等の様々な不確定性を陽に取り扱い、対象構造物がその不確定性の下で、限界状態に達する確率が社会から容認される確率以下であることを確認するための行為である。この点から、作用や損傷機構の不確定性を考える上で、設計とリスク評価は対になる。このよ

うに、様々な事象における「不確定性の認知」は、「想定」と「想定外」を区分する上で重要な視点と考えられる。

設計において「想定」する事象と「想定外」の事象との関係を、「A：不確定性の認識の程度」と「B：知識や情報の不確定性の程度」の2つの指標を用いて考える。Aはある作用により構造物に被害が発生するなどの影響が生じることについて確度をもって知っているかどうかであり、Bは被害のような事象が発生する可能性を知るために必要な作用の程度や発生頻度、および構造物の損傷などの発生要因や発生機構に関する知識または情報の不確定性の程度である。本稿では、問題を単純化してAおよびBの程度は考慮せず、単に有無だけで整理を試みる。つまり、「想定」と「想定外」をAとBの有無を指標とした2×2のマトリックスで整理する。

「A：有、B：有」とは、構造物に被害などの影響が生じることの確度を適切に認識し、その影響をもたらす作用や被災機構に関する知識や情報が被害事例等を通じて充分にある状態であり、設計で「想定」する事象のことである。これらの不確定性は一定程度定量化できているため、構造物に対する要求性能の水準に応じた作用の水準と限界状態の関係を設定するという設計の基本を構築することができ、これに基づいた防災計画も立案しやすい。

「A：有、B：無」とは、発生頻度が小さい作用に起因して構造物に被害等の影響が生じる事象の確度とその影響が重大であることを十分に認識しているが、その影響が生じる作用や被災機構を定量的に評価するために必要な知識、経験、情報が少ない事象である。必要な情報等が不足し、不確定性が大きい状況にあるので、影響を定量的に評価するのは困難であるが、その影響を合理的に低く抑えることが必要となる。

「A：無、B：有」とは、その事象が生じる作用や被災機構を定量的に評価するために必要な知識は充分あるが、被害などの影響をもたらす事象が生じるとの認識が不確かというものであ

る。例えば巨大な地震が発生することは理解できるが、そのような事象が発生する確度が低いと認識する場合があてはまる。リスク自体は残ることになるので、この事象が生じた場合の対応が可能ないように防災計画を策定し、その実効性を確保するためにリスク管理を行い、緊急対応できるようにしておくことが求められる。

最後に、「A：無、B：無」は、構造物に被害などの影響をもたらす事象の発生や規模についての認識やその発生可能性に関する知識が極めて低い事象（未知の未知の事象）である。その事象が及ぼす影響のシナリオやそれをもたらす作用と被害の関係を設定できないので、設計あるいは防災計画において想定外の事象となることは言うまでもない。

3. 「想定外」の事象への対応と危機耐性

「想定外」の事象により社会が破局的な状態に至る可能性を十分小さくするために構造物に求める性能を危機耐性と呼ぶ。例えば避難や救助、生活物資の移動、復旧等を支える構造物の機能喪失がこれらを著しく困難にする可能性を小さくするための性能である。危機耐性に基づく対応が必要な「想定外」の事象とは、その事象に対する高い認識を有している前述の「A：有、B：無」に相当する。

危機耐性と類似の概念としてレジリエンスがある。レジリエンスは、頑健性、冗長性、復旧（修復）性等として考慮されるが、個別の構造物やシステムのハード面のみならず、消防、警察などによる救急対応、さらに病院、情報ネットワークなども含む社会面への影響と対応を含む社会全体として要求されている概念である。危機耐性とは、そのような社会全体からの要求を踏まえているものの、構造物や構造物により構成されるシステムを対象とした要求性能である。

4. 構造設計における危機耐性と性能評価

「想定外」の事象については、被災事例、実験結果等から得られた知識の情報を踏まえ、構造物に頑健性や冗長性を持たせるといった考え方で構造細目等に配慮することで、これまで対応してきた。「想定外」の事象の存在を陽に認識し、起こりうるシナリオを踏まえた上で、構造形式・詳細の見直しなどの対応を行うことが設計において重要となる。そのためには、設計に関する十分な経験と想定外の事象に関する知識が必要不可欠となる。

設計において危機耐性への対応の効果を定量的に評価する方

法として、設計条件下で偶発作用の影響を評価するストレステストや得られたシナリオに基づくリスク分析等がある。また、対象となる作用の影響が社会に及ぼすリスクを評価し、対応策に応じたリスク低減の程度について相対評価を行うこともある。頑健性や冗長性のような性能のみならず、耐震震性や復旧性などのレジリエンスに関わる性能を総合的に評価し、危機耐性という指標を評価している。

危機耐性の性能を定量評価するためには、構造物の特性に応じた評価項目を抽出し、それらのリスクを個別および総合的に評価することが、それらの許容値の設定と合わせて必要となる。また、危機耐性に関する対応は、リスクの低減、費用対効果に対して過剰な安全要求とならないように、総合的に評価することが必要であるとともに、そのリスクの計量化に用いられた事象は、現状の知識、経験レベルで仮想が可能な範囲のものであることに留意が必要である。さらには、危機耐性に関する対応は、それが設計供用期間中に機能することや、災害情報や技術の向上等の新しい知見に基づく見直しに努めることも必要である。

5. おわりに

設計では事象の不確定性の認知の程度を踏まえて「想定」を行うが、想定境界を超える「想定外」が生じるということを確認することが必要である。その上で、設計から防災・減災までシームレスに「想定」とともに「想定外」の事象で起こりうる影響を想像する力も重要である。さらに、危機耐性は、安全性と復旧性を主として「A：有、B：無」の事象まで拡張して適用する性能であり、「想定」する事象との区分によりその位置づけが明確になる。不確定性に対する認知の程度に基づいた設計事象の区分は、危機耐性の対応を社会に合理的に説明する上でも有意と言える。

今後、地震災害のみならず台風や豪雨による災害の激甚化、さらに複数の原因が複合した災害の発生も予測される。このような自然環境の変化に対して、今後、不確定性に関する認知の程度に応じた「想定」と「想定外」の事象の関係を絶えず見直すことが必要である。さらに、設計から防災・減災に至るシームレスな対応が、様々な「想定外」の事象による災害を低減する上でも重要である。

1) 中村晋、北原武嗣、横田弘：土木構造物の設計における想定外の事象と危機耐性、第10回構造物の安全性および信頼性：構造物の安全性・信頼性に関する国内シンポジウム論文集、pp.337-340、2023。
https://doi.org/10.60316/jcossar.10.0_337

新潟県内港湾における昭和・平成・令和の地震災害と地震防災の取組み



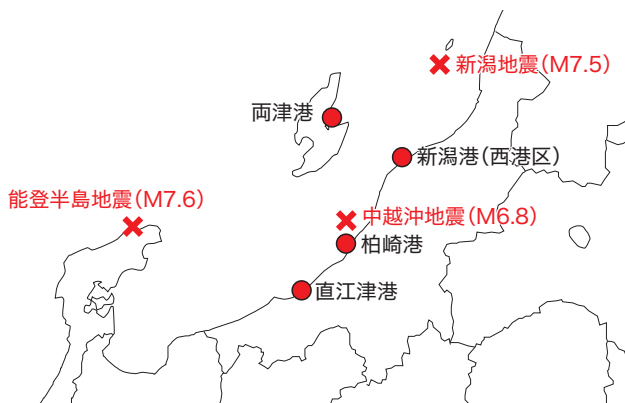
田口 浩司

新潟県交通政策局港湾整備課

1. はじめに

本県は、昭和39年「新潟地震」、平成16年「新潟県中越地震」、平成19年「新潟県中越沖地震」、平成23年「長野県北部地震」、令和元年「山形県沖地震」そして令和6年「能登半島地震」と、過去60年間にわたって6回の大きな震災を経験してきました。

この中でも「新潟地震」、「新潟県中越沖地震」及び「能登半島地震」においては、県内の港湾施設にも甚大な被害が発生しました。本稿では、過去の地震災害を振り返りつつ、本県港湾の地震防災対策の取組みについて紹介させていただきます。



2. 過去の地震災害を振り返る

(1) 新潟地震

昭和39年6月16日新潟県北部西方沖(粟島南方付近)の深さ約40kmを震源とする地震(M7.5)が発生し、新潟市では震度5(旧震度階級)を観測しました。

新潟市では、地面から砂を含んだ水が一斉に噴き上がり、その後には大小の穴があき、自転車が埋没するなど、大きな被害が発生しました。また、構造物の被害も多く、4階建てのアパートが無傷のまま横倒しになるなど、新潟地震における液状化現象は世界から注目され、この被害を契機に液状化現象の研究が本格的に開始されるようになりました。

新潟港も地震及び津波により、係留施設や護岸のはらみだしや前傾斜、エプロン部の亀裂・沈下等の被害が多数発生し、倉庫の倒壊も発生しました。



北ふ頭物揚場と上屋の損壊



山の下ふ頭背後の地割れ

(2) 新潟県中越沖地震

平成19年7月16日10時13分頃、新潟県上中越沖の深さ17kmを震源とする地震(M6.8)が発生しました。本県の長岡市、柏崎市、刈羽村では震度6強を観測し、人的被害約2,000人、住宅被害約31,000棟など甚大な被害を受けました。

震源地に近い柏崎港では、中浜ふ頭の-10m岸壁をはじめ、ほぼ全ての係留施設が地震の振動により、はらみだしや前傾斜、エプロン部の亀裂・沈下等の被害が発生しました。

臨港道路においては、亀裂、沈下が発生するとともに番神トンネルにおいてはトンネル覆工に亀裂が生じ、吸音板や遮音壁も被災しました。また、ふ頭用地においては液状化による噴砂現象もおこり、野積場などにも大きな被害が生じました。



柏崎港中浜ふ頭



臨港八坂橋

【柏崎港の防災機能】

本地震により柏崎周辺の道路が一時寸断されたため、緊急物

資等の輸送が柏崎港で行われ、地震直後から震災の復旧活動の拠点として重要な役割を担いました。



中越沖地震では、水道施設の復旧に時間を要したため、海上保安庁の船舶と海上自衛隊の船舶により、直江津港や新潟港から水を輸送し、柏崎港で陸上の給水車へ移し、被災者への給水活動が行われました。柏崎港を利用した船舶による給水支援は7月16日から7月30日までに給水量で約9,500トンとなりました。

また、ふ頭用地は災害対応車両の待機場所として利用された他、本地震では、水道とともにガスの復旧にも長期間を要したことから、海上自衛隊による入浴サービスの場として活用されました。

みなとまち海浜公園の駐車場は被災地救援業務を行った陸上自衛隊の基地として活用され、通常時にはイベント会場として利用される屋根付大型休憩施設は物資の一時保管場所として活用されました。



自衛隊による物資輸送



海上保安庁・自衛隊による給水支援



自衛隊の入浴支援



物資の一時保管場所

(3) 能登半島地震

令和6年1月1日に発生した能登半島地震では、本県においても長岡市で震度6弱、上越市、佐渡市などで震度5強を観測し、県内10港湾の内、7港に被災が確認されました。中でも、直江津港や両津港で被害が多く、エプロン部やその背後のふ頭用地及び臨港道路が、地震動や液状化により、沈下、段差、クラックが発生し、荷役作業に大きな影響を及ぼしています。

物流機能の早期回復を目指し、空洞探査や測量等の調査を進めている他、より緊急性の高い施設については応急復旧により物流機能の確保を図っているところです。



直江津港内 埠頭



両津港南 埠頭

3. 本県港湾施設における地震防災対策の取組み

本県の地域防災計画においては、地震発生時には重要な防災拠点として一定の物流機能の維持を図るため、港湾・漁港施設が緊急輸送ネットワークの結節点として耐震性を考慮した、耐震強化岸壁を港湾計画や圏域総合水産基盤整備事業計画に位置付け、施設整備に努めることとしています。

新潟県中越沖地震が発生した平成19年以降では、新潟港などで3施設の耐震強化が完了し、現在は両津港において大規模地震が発生した際の、物資の緊急輸送、住民避難及び幹線物資輸送に対応するため、既存のフェリーバースを耐震岸壁へ改良する工事が国の直轄事業として進められています。また、県においても国工事で連携し、震災等災害時の荷捌き地を確保するため、岸壁背後のふ頭用地の造成工事を進めているところです。

4. おわりに

近年は気候変動などに伴い、災害が激甚化するとともに、南海トラフをはじめ、さらなる大規模地震の発生も懸念されており、震災復旧の拠点となる港湾の沿岸防災の重要性がますます高まっています。住民の命と生活を守る耐震岸壁等の整備を着実に進めていくためには、地方自治体の力だけでは財政的にも非常に困難であり、国からの様々な支援が望まれるところです。

最後に、令和6年1月1日に発生した能登半島地震により被災された皆様並びにご家族の皆様にご心より見舞い申し上げますとともに、早期の復旧をお祈りします。

令和6年能登半島地震における 港湾・空港の被害状況について (第一報)



一般財団法人沿岸技術研究センター 審議役 高野 誠紀

我が国はこれまで幾度も大規模地震災害に見舞われており、そのたびに防災・減災への備えをより強靱なものにするため、ハード面やソフト面での対応を見直してきた。そのためには施設被害の状況を見極め、適切に対処する必要がある。今回発生した能登半島地震から約1ヶ月が経過する中、災害の全容解明や対策実施はまだ十分ではないが、国機関等が公表している情報(1月26日時点)を基にとりまとめ第一報として報告する。

1.地震の概要

令和6年1月1日16時10分頃、石川県能登地方(北緯37.5度、東経137.3度、深さ16km)を震源とするM7.6(暫定値)の大規模地震が発生した。能登地方では最大震度7(石川県志賀町、輪島市門前町)を観測し、石川・富山・新潟の平野部を中心に震度5強を観測している。

今回の地震は、最大震度となった16時10分の直前16時6分に発生した震度5強をはじめとし、1月6日までに能登地方を震源とする最大震度5強以上の余震が9回発生し、余震の震央も能登半島を中心に広い範囲に分布している。

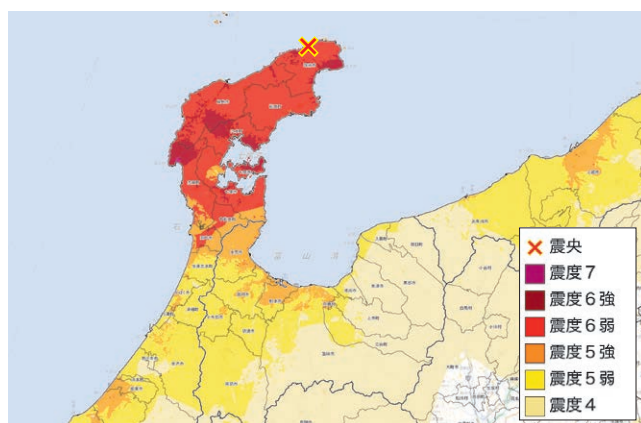


図1 震度分布図(出典：気象庁HP)

2.津波の概要

地震発生後に発表された津波警報は、16時22分に能登地方への大津波警報に変更され、山形県から兵庫県北部にかけて津波警報、北海道から九州北部にかけて津波注意報が発表された。珠洲市・輪島市は波源内にあるため津波は地震直後に到

達、輪島港では第一波を16時10分に観測し、約1.2mの水位上昇記録した後、同水位のまま頭打ちとなっている。

2020年12月1日～2024年1月15日12時00分、深さ0-30km、M3.0以上
2024年1月1日以降の地震を赤く表示
吹き出しは、最大震度5強以上の地震又はM6.0以上の地震

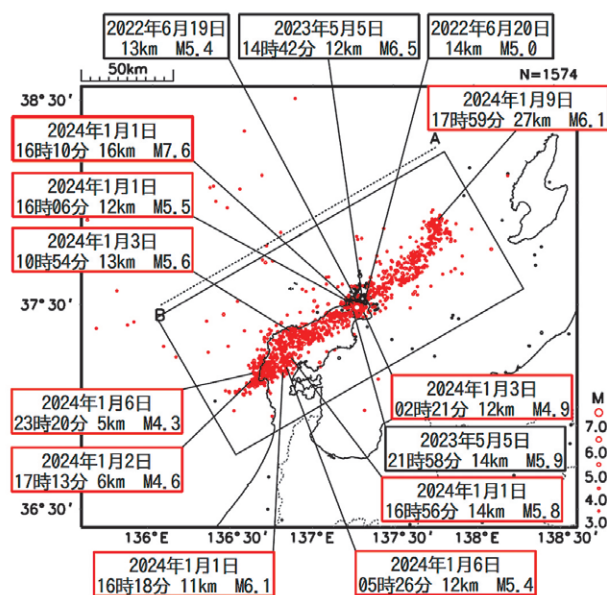


図2 震央分布図(出典：気象庁HP)

表1 津波の観測時間と観測値(出典：気象庁HP)

観測点名	該当予報区名	第一波到達時刻	これまでの最大波	高さ
輪島港	石川県能登	1日16:10	1日16:21	1.2m以上
金沢	石川県加賀	-	1日19:09	0.9m
酒田	山形県	1日17:12	1日19:08	0.8m
富山	富山県	1日16:13	1日16:35	0.8m
瀬棚港	北海道日本海沿岸南部	1日17:54	1日18:26	0.6m
境港市境	鳥取県	1日18:14	1日22:30	0.6m
岩内港	北海道日本海沿岸南部	1日17:18	2日00:26	0.5m
奥尻島奥尻港	北海道日本海沿岸南部	-	1日18:07	0.5m
七尾港	石川県能登	1日16:37	1日18:59	0.5m
敦賀港	福井県	1日17:33	1日20:28	0.5m
飛鳥	山形県	1日16:57	1日17:52	0.4m
柏崎市鯨波	新潟県上中下越	1日16:31	1日16:36	0.4m
舞鶴	京都府	-	2日00:43	0.4m
豊岡市津居山	兵庫県北部	-	1日19:20	0.4m

1月7日の輪島港検潮所の状況調査によると、水面計測用フロートを吊るワイヤーが絡まり、観測水位が固定された状態が確認されている。このため、津波来襲時に1.2m以上を観測した以降頭打ちとなったものと考えられる。

一方、珠洲市では能登半島を回り込んだ津波が収斂し、浸水深は約4mに達したと想定されている(1月16日国交省速報)。

なお津波情報は2日10時において全域で解除されている。

3. 港湾の被害状況

能登半島に位置する港湾のほとんどは震度6弱以上を観測し、施設においては地盤液状化による沈下やひび割れ、構造物の損傷など多大な被害を受けた。港湾における円滑な物資輸送を確保する観点から、港湾法第55条3の3の規定に基づき、石川県の要請を受け、国が港湾施設の管理を行う権限代行措置が執られた。これを踏まえ、港湾施設の利用可否を判定するため、TEC-FORCEが派遣され、国土技術政策総合研究所・港湾空港技術研究所が設置した「技術支援チーム」の助言を得ながら、表2のとおり利用可否判定を迅速に実施している。

表2 石川県内港湾の係留施設の利用可否状況(北陸地方整備局提供)

県名	震度	港名	権限代行	被災有無	利用不可係留施設有無	利用不可係留施設数
石川県	6強	飯田港	○	有	有	1 [*] /10
		輪島港	○	有	無	0/23
		穴水港	○	有	有	5 [*] /12
		半ノ浦港		有	調整中	0/4
		和倉港		有	調整中	0/5
	6弱	七尾港	○	有	有	7 [*] /54
		小木港	○	有	有	1 [*] /30
		宇出津港	○	有	有	8 [*] /19
	5強	福浦港		有	無	0/17
		滝港		有	無	0/10
塩屋港			無	無	0/12	
金沢港			有	有	4 [*] /32	

※利用不可係留施設数は1/9時点



写真1 港湾の被害状況(出典：国土交通省HP)

新潟県・富山県・福井県の港湾においても震度5強を観測し、液状化による施設の沈下・損傷が見られるものの、一部条件付きながら、いずれも使用可能であることが確認されている。

また能登半島北部では陸域近傍の逆断層運動による地殻変動が発生し、陸域では最大4mの隆起が観測されている。輪島港岸壁近傍の海底では1~1.5mの隆起が観測され、小木港、飯田港内においても岸壁前面が浅くなっていることが観測されており、船舶の大きさ等に制限を付して使用されている。

4. 空港の被害状況

能登空港においては、滑走路等に段差10cm以上のひび割れや沈下・凹凸が生じ、空港閉鎖となった。TEC-FORCEが派遣され、調査の結果、1月2日から救援ヘリの受け入れを開始している。さらに仮復旧に着手し、自衛隊・県・国交省により使用可否の点検を実施し、1月12日には自衛隊の輸送機の受け入れを開始している。その後、滑走路や航空灯火等の応急復旧が実施され、1月27日より民航機の運航が再開されている。

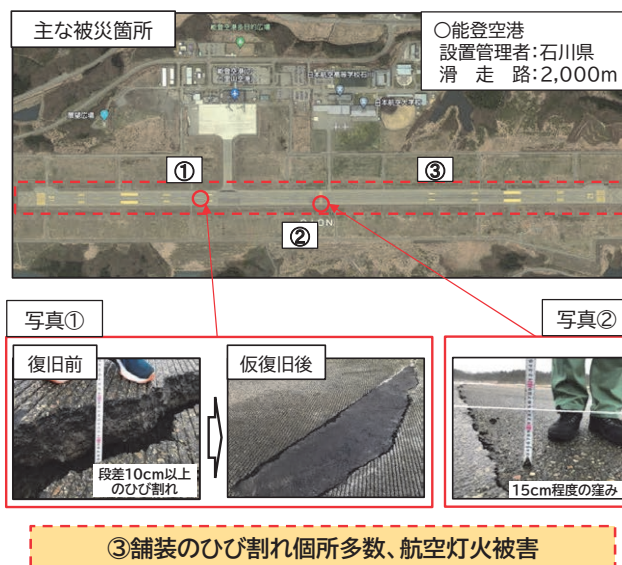


写真2 能登空港の被災状況(出展：国土交通省HP)

5. 今後の見通し

能登半島地震によって被害を受けた施設について、今なお現地では厳しい環境の中、復旧のための調査と検討が進められている。今回の地震では大規模な地殻変動による隆起現象が広がっており、港湾の特性上、所要の水深を確保することや海中中部・地中部の施設変状の分析・評価が極めて重要な課題となる。

地域の復興のために一日でも早い施設の復旧が求められており、港湾関係機関とともに当センターとしてもできる限りの技術的な支援に努め、港湾空港の復旧・復興に貢献していく所存である。

大規模災害の発生に備えたデータの活用方策について



ご講演者：京都大学防災研究所巨大災害研究センター 廣井 慧氏

講演日：2023年11月29日(木) 於：星陵会館

(本稿は、コースタル・テクノロジー2023の特別講演を抜粋し、編集した内容となっています。)

● Society1.0から5.0へ

京大防災研究所の廣井です。本日は、講演の機会を作って頂き感謝しています。情報工学、通信工学から防災を考える研究をしています。皆様の専門とは違う話になりますが、肩の力を抜いて聞いて頂ければと思います。

本日は、「データ活用について」というお題を頂きました。データ活用をしようということの背景に、科学技術の進展があります。これまでの科学技術の進展、ソサエティ1.0~5.0の進展が防災とどのように関わっているかお話いたします。

まずソサエティ1.0は狩猟生活、採取生活の時代です。データ活用や所有などの概念はなく、災害も発生していましたが、地震、火山噴火が発生したら移動する生活をしていました。災害情報をやりとりしていた形跡はありません。

2.0は農耕社会です。暦ができて、災害が起きそうだという情報が共有できるようになりました。例えば、古代エジプトにおけるナイル川の氾濫を共有したり、また日本では飛脚や瓦版などの通信手段がありました。この頃にデータの価値という概念が生まれます。

3.0は工業社会です。過去のデータをもとに治水を行うなど災害をコントロールすることに主眼が置かれました。また、共有の概念が広がり、電話が登場し、データを伝えるためのインフラも整えられ、災害情報などのデータ、コミュニケーションの価値が認識されました。関東大震災発生時は電話は壊滅状態でしたが、なんとかデータをやりとりしようとした足跡があります。

4.0は情報社会です。テレビ、ラジオ、携帯電話などの手段により情報をやりとりするようになりました。また、観測データによる

注意喚起、予測ができるようになりました。

これらのことを可能とする技術的背景として、コンピュータの登場による観測の自動化など、そしてコンピュータをつないだネットワークの登場が挙げられます。遠方に瞬時に情報を届け、さまざまな媒体で情報を共有することができました。阪神・淡路大震災のときもコンピュータを使って情報共有することも試みられています。

● 超情報化社会5.0とデータ活用

さて、5.0は「超情報化社会」とも言われます。概念を図1に示します。自然現象を理解して予測をしたり、人と情報システムを相互が通信して、これまでにできなかったことができる期待される社会が「超情報化社会」の解釈の一つです。その一端を担うにあたって、データの活用が非常に重要になってきます。



図1 Society5.0

出典：文部科学省HP
https://www.mext.go.jp/b_menu/hakusho/html/hpaa202101/detail/1421221_00020.html

データ活用の神髄とは何でしょうか。データ活用は「新技術の導入」や「オープン化」と関連付けて説明されることもありますが、それらは最終目的ではなく、手段の一つでしかありません。本当の「データ活用の目的、真髄」は、私は「再現性」と「再利活用性」の二つだと考えています。「再現性」は工学や理学の分野では言うまでもなく重要です。もうひとつ「再利活用とは何か」について、講演の中で具体的に説明していきます。

●データの再利活用の重要性

防災における情報技術でありそうなこととして、「情報化」「デジタル化」への要請は多々なされるが、研究でも業務でも「システム化」することが必ずしも業務改善につながらないことが現在のデジタル化の問題と考えています。たとえば、システム化することにより作業がやりにくくなった、作業量が増えた、コストをかけて開発したが使えない、その修正にはさらにコストが必要になる、といった事例があります。

AIへの期待は高いが、実際に何ができるのか曖昧だったり、データ解析にAIを取り入れても途中の経過がブラックボックス化していて本人も分からないこともあるなど、使い方が難しいと言えます。システムが適切に設計され、適切に使われれば効果を生む。しかし、適切に設計されることがうまくできていないことが問題です。

●技術トレンドとコンセプトトレンド

適切な設計をおこなうにあたっては、「技術トレンド（情報システム、AIなどの技術の発展、変化）」にあわせて、「コンセプトトレンド（技術やデータを使ったときに社会がどのように変わるのか）」をしっかりと考え、データを活用することが何をどう変えるのかを決めて進んでいくことが重要と考えています。

防災ITをとりまく技術トレンドの例としては、「IoT」、「AI」、「ビッグデータ」、「5G」などが挙げられます。

もう一つ、(講師が考える)コンセプトトレンドの要素の例を図2に示します。「防災要素技術の柔軟な連携(すでにあるシステムの機能を組み合わせるなど)」「投資効率の最大化(利益を生まない防災対策を行うにあたり、導入・維持管理に必要な費用を最小化するなど)」「デジタルツイン(実際の社会と仮想の社会をつなぐなど)」、「被災者個人を見守る防災IT(個々の人を認識してシステムに持ち込み双方向のサポートを行うなど)」「AIの利活用(災害に関するデータ処理など)」といった要素が挙げられます。

これらの「下地」がないと、データ活用のためにオープン化しても、「データの利活用」がうまくできないのではと考えてい

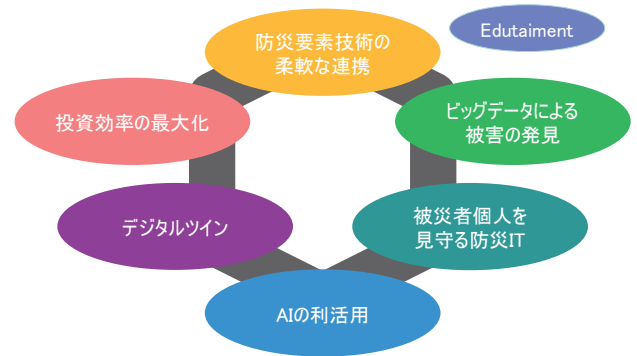


図2 防災ITをとりまくコンセプトトレンド

ます。

あと、「Edutainment」(教育と娯楽の造語)はアウトプットを行う際に見逃せない概念と考えています。

●AIの利活用

それでは、コンセプトトレンドの要素について、個別に説明します。

まずはAIから。AIで何でもできるし、すごいことと思われる方も多いかもしれませんが、AIを使うには「必ずルールが必要」であり、慎重な運用が必要になります。ルールがないものについては、AIはよく分からない動作をしてしまいます。

AIを防災に使う場合に、一番活躍できる場として「効率化」が期待できます。たとえば災害時には自治体にたくさんの情報が集まりますが、それを全部集めたくらうで緊急度を考えての対応をすることは難しいことです。一方で、いままでの経験をデータ化できれば、ルール化したうえで自動化、効率化を図り、それによって人間しか考えられないところに時間を割くようになることはメリットといえるでしょう。

ただ、「AIには必ず人の目を入れる」ことが重要です。AIは計算や答えを出してくれますが、答えや途中の計算が正しいのか否かは、時代が変わっても人間が確実にチェックしないといけません。その前提がないとAIを業務に使うことは難しいです。AI利用のルール作りを確実にいき、最後に人間がチェックするという仕組みが必要です。

●防災要素技術の柔軟な連携

コンセプトトレンドの要素の一つである防災要素技術の柔軟な連携について説明します。今までの情報システムは、一つのシステムにいろんな機能を織り込むというのが一般的でした。使いやすさがある一面、新しい機能に置き換えるなどのシステム改修を行うとき、非常にコストがかかるし、経年によりシス

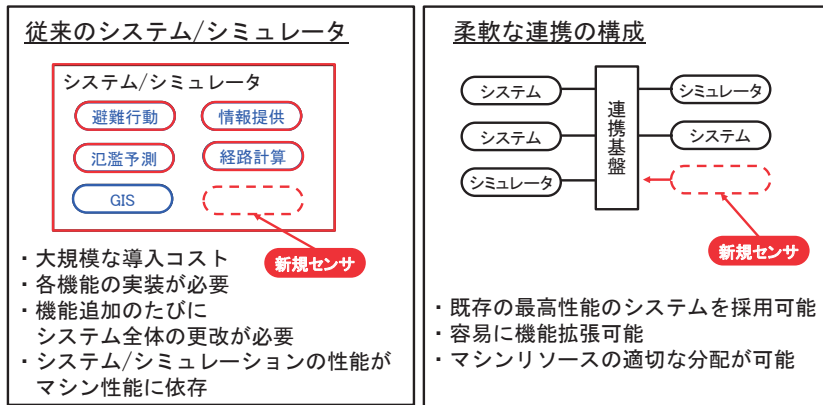


図3 防災要素技術の柔軟な連携

テムが形骸化してしまい時代に取り残されるという問題があります。

今後のシステムとして、図3に示すように、連携基盤を中心とした構成が考えられます。連携基盤を中心として、機能をあわせて一つの大きな計算をする構成とします。この構成であれば、例えば、一部の機能・センサーの追加、機能の入れかえの際にも全体を作り変えることなく運用ができます。

もうひとつのメリットとしては、異なる分野と自分たちの防災の技術を組み合わせたシステムを作ることです。

●ビッグデータ解析

もう一つ、ビッグデータの解析について説明します。IoTやスマホ普及で大量のデータを集めることができるようになってきました。ただ、災害関連のデータは、入手しづらい、発生頻度を考慮すると集めづらい面があります。

過去のデータを使って将来予測を行うということについては、大量のデータの解析によって、いままで分らなかったことが分かる可能性があります。一方で、それらのデータの精度についてはかなり慎重に考えることが求められます。

何かのデータが必要になったときに、必要とされるデータが欠落していることが解析の段階でありえます。その際に、限られたデータを組み合わせて必要なデータを生成することがビッグデータ解析の本質といえるでしょう。

●デジタルツイン

「デジタルツイン」という言葉を聞く機会も多いと思いますが、もともとコンピュータの用語で、現実空間と仮想空間の双子のことです。「現実社会を解析して、バーチャル世界で再現して、実験結果を現実世界にフィードバックする」というループを回していくことがデジタルツインにおいては非常に重要に

なります。デジタルツインの防災への適用は、データの取りにくさなどもあり、簡単ではありません。信頼できるバーチャルの世界がないと現実にはフィードバックできません。

一方で、たとえば、水理実験や新技術の適用など、現実の世界で研究している方の成果をバーチャルの世界に適用できる可能性もあります。もちろん実現には時間がかかりますが、収集したデータをもとにバーチャルの世界を作ることができれば、違う分野の研究者でも現実世界への影響などを分析できる可能性があります。

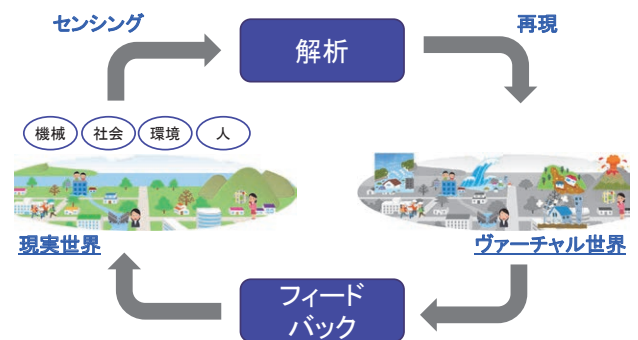


図4 デジタルツイン

●コンセプトトレンドの貢献

こうしたコンセプトトレンドを実現していくことで、より良い解析技術や、システムですとかアプリを世の中で生み出すようなお手伝いがしたいと考えています。例えば新しい情報システムやアプリを作って試すことで、災害が起きた時に解析技術がうまく動くような取り組みを進めたいと考えています。もちろん自分だけではできないので、色々な優れた技術を連携の手法でつなぎ合わせてシステムを構築したいと考えています(図5)。

何年前かにコンセプトトレンドの概念実証をプロトタイプで作りました。かなり大規模で色々なシステムがあるのですが、それを使ってベンチャー会社の方が、水害があった時にどのような行動を取ればいいのかを、ヴァーチャル空間上で体験できる一種の訓練用のシステムを作っています(図6)。これは、水害時の人間の動きのデータが全て連携基盤を介してこのVRのシステムの中に入ってきます。シミュレーションとVRの開発を役割分担してその結果を連携することにより、全体として開発のコストや費用、人件費はかなり下げて作ることができました。

防災要素技術を連携動作させる基盤技術の開発とそれに基づいた減災社会の牽引

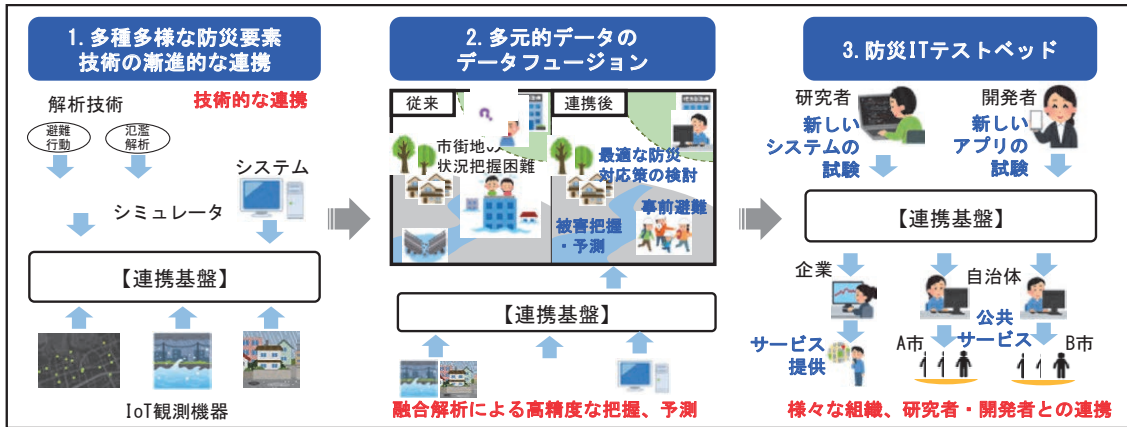


図5 コンセプトトレンドの貢献



図6 システムの開発、検証試験

通して他のシミュレーションにデータを送ることができます。氾濫の水位、浸水位の補正をしたデータがあれば、人々の反応の解析まであわせてできる仕組みになっています。こういった技術により防災に関わる情報技術の研究がもっと発展していけばと考えて研究を進めています。

●エデュテインメント

最後にエデュテインメントのお話をさせていただきます。「炭酸飲料を振ると中身が吹き出すのはなぜ？」と小学生に聞かれたとき、分かりやすく答えられますか、というのがエデュテインメントが必要だと考えたきっかけになります。以前、アメリカでは小学生ぐらいの子たちが聞かれて、すらすら答えていました。日本の子供は、私を含めて大人でも答えられる人はなかなかいないと思います。サイエンスの概念を持った人々を育てることに、エデュテインメントは非常に重要だと思います。

子供がサイエンスに興味を持つのは難しく、防災でも同じだと思います。データ解析やそれぞれの研究の必要性と、それが防災にどう貢献するのかなどを理解してもらった環境の整備が、データ活用のもう一つの重要な側面だと考えています。データ解析から何が言えるのかを見せていくような提供方法の構築も、データ活用の重要な要素と言えます。

以上です、ご清聴いただきましてありがとうございました。

●解析技術の開発、検証

その際用いた解析技術について説明します。図7のように水害の時の氾濫解析シミュレーション結果を観測データで補正をして、より現実に近い値を推定する手法を開発しています。そして連携基盤を介して解析に必要なデータを取得することができます。過去のデータ、人流とか氾濫解析、センサーシステムなど、色々なデータを取得して、計算した結果を、連携基盤を

■ 水害時の浸水位の補正手法 (氾濫Simu+観測データ+通報データ)

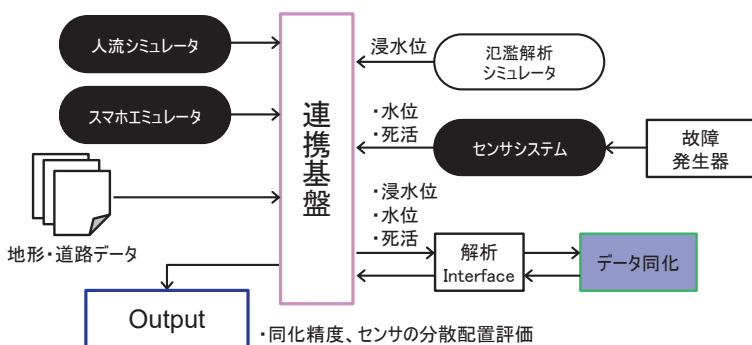


図7 解析技術の開発、検証

Society5.0を踏まえた大規模災害の発生に備えたデータの活用方策について技術的、社会的に考察

- 防災は情報技術で大きく変わる
 - ・情報技術は万能ではない
 - ・人の力でうまく使っていくことが重要
 - ・政策、国・地方自治体でIT化

図8 まとめ

国土交通省近畿地方整備局

神戸港湾空港技術調査事務所

【連絡先】 〒651-0082 神戸市中央区小野浜町7番30号
TEL : 078-331-0057

全国の港湾空港技術調査事務所（以下「技調」）を訪ね歩くシリーズ企画「技調探訪」。第6回は、神戸技調の山本所長にお話を伺いました。



【お話】

神戸港湾空港
技術調査事務所
所長
山本 邦夫さん

Q1 神戸港湾空港技術調査事務所（以下「神戸技調」）とは？

神戸技調は、平成13年1月の省庁再編で、(旧)神戸調査設計事務所と(旧)神戸機械整備事務所とが統合、同時に高松・広島・神戸の3技調に分割されて現組織となりました。主要な任務は、近畿地方整備局管内の港湾・空港・海岸・海洋環境整備等の事業を技術的にサポートすることです。

現在、期間業務職員3名を含む全職員23名が総務課、技術開発課、設計班、調査課、船舶建造・修理を担当する環境課の5課に分かれて働いています。事務所フロアは比

較的ゆったりしており、まとまったアットホームな雰囲気の職場となっています。

Q2 神戸技調の最近の実績や成果は？

神戸技調は近畿地方整備局管内の設計や施工課題の対策等を行っています。代表的な業務をいくつかご紹介します。

大阪湾岸道路西伸部の海上主塔基礎の施工を近畿地整備局港湾空港部で担当します。鋼管矢板井筒基礎の下端深度は最大T.P.-68m、井筒の平面形状は最大47m×43mで、大規模かつ大水深の構造物であり、極めて難しい施工となります。

神戸技調では、想定される施工課題を洗い出し、事象発生時の対策について、神戸港湾事務所と密に連携をとりながら検討を進めているところです。

和歌山下津港海岸で津波浸水被害の軽減をはかる事業を進めています。護岸(改良)6.2km、津波防波堤0.6km、水門6基を整備することにより、南海トラフ地震の津波による浸水面積を約400ha軽減します。1万人を超える市民の命と財産を守る事業であり、早期完成を期待されています。神戸技調では、これらの施設の基本設計を順次進めています。本事業は、事業者が所有する栈橋等を供用しながらの整備になるため、事業者や地元関係者とも十分に調整しながら検討を進めています。

姫路港では、貨物需要の増大や船舶の大型化に対応すべく国際物流ターミナル整備事業を進めています。その一環で整備する姫路港広畑地区臨港道路(網干沖線)は、中央支間長200mの鋼橋です。神戸技調では、今年度、詳細設計を進めています。

沿岸技術研究センターとは、今年度、5件の業



所長室にて



職場の様子



神戸技調の皆様

務を契約させていただきました。神戸技調の業務を力強く支えていただいております。



姫路港 広畑地区臨港道路(網干沖線)のフォトモンタージュ
(網干沖地区から広畑地区に向かって)

Q3 神戸技調の特色は？

神戸技調の独自の取り組みとして、管内港湾事務所の若手技術者を対象とし、沿岸センターさんとともに港湾施設の設計に関する講義・実習を実施しています。また、道路橋に関する業務が増えていることから、道路橋示方書を紐解く橋梁勉強会を有識者の協力を得て通年で進めており、これには管内事務所のほか、横浜技調もweb参加しておられます。これらの取り組みは、若手技術者の技術力向上を目的としており、初めは講義の進め方を考えるのに苦労しましたが、最近は流れが出来て順調に進んでおり、来年度以降もステップアップしたいと考えています。

神戸技調と民間企業をつなぐイベントとして、神戸技調の取り組みを民間企業に紹介する「神戸技調セミナー」を令和5年12月6日に開催しました。このイベントは約4年ぶりの開催となります。募集定員を超える来場者があり、会場は盛況でした。



「第11回 神戸技調セミナー」開催状況写真

Q4 神戸技調の暮らし方は？

職員の住いは大阪高槻から加古川まで様々で、中にはわざわざ甲子園に家を借りている熱狂的阪神ファンもいます。JR三ノ宮駅から事務所までは徒歩で20分程度かかるため、駅からの通勤手段はバスと徒歩が半々くらいに分かれております。

また神戸は山と街とが近いのが特徴です。六甲の山々は縦走路が整備されており、私も思い立ったら運動がてらスニーカーで六甲の山々にあがります。標高の低い山を3つほど縦走すると、3日間はいい感じに筋肉痛になります。お勧めは、スリルある須磨アルプス(馬の背)です。

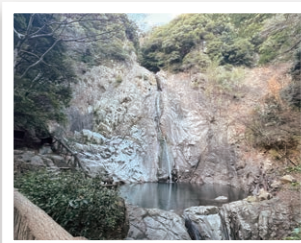
Q5 来所した方へのオススメは？

神戸には横浜、長崎とともに日本三大中華街のひとつに数えられる南京町があります。南京町の誕生は、明治元年の神戸港開港からと言われています。当時の清国は日本と条約非締結国だったので、外国人居留地に住むことが出来ず、現在の南京町周辺に居を構えたそうです。横浜とは違い、神戸は家族経営のいわゆる「町中華」が多いのですが、上記の歴史も関係していると思われます。安くて美味しい「町中華」のイチオシは、三宮駅すぐの「唐子」の焼飯と酸辣湯麺、春日野道駅そばの「大陸」の焼きそば、元町駅そばの「老祥記」の豚饅頭です。

新幹線で立ち寄られた方は、新神戸駅近くにある「布引の滝」もおすすめです。日本3大神滝の一つで、秋は紅葉と重なり絶景となります。また、その水質はかつて「赤道を越えても腐らない美味しい水」と評判で、神戸港に立ち寄った船に多く給水された歴史を持ちます。



「唐子」の酸辣湯麺(調査員が撮影)



布引の滝(調査員が撮影)

Q6 当センターへのご意見等ございましたら

設計・施工のシンクタンクとして期待しています。今後ともご指導をよろしく願います。

ありがとう
ございました。

港湾コンクリート構造物 高機能型塗装 ～ワンダーコーティングシステム W-MG(港湾施設用)～

東洋建設株式会社・大成ロテック株式会社
株式会社フェクト

ワンダーコーティングシステムW-MG～マリンガード～は、透明なガラス質膜塗装であり、施工期間が短い、上塗り補修可能、高い劣化因子浸入抵抗性などの特徴を持つ港湾施設の維持管理の効率化に寄与できる塗装技術である。

開発の経緯

港湾コンクリート構造物は、目視観察を主とした点検診断、その結果を受けた総合評価および維持補修計画を基とした、維持管理計画を策定し長期的に維持管理がなされる。

一方、港湾コンクリート構造物を長期的に供用するため、劣化の主要因である塩害の予防保全対策の一つとして、コンクリート表面からの塩分の浸透を遮断する表面被覆工法が用いられている。しかしながら既存の有色塗料による表面被覆工法を施工した場合には、コンクリート基盤の視認が出来なくなり、コンクリートの目視による劣化度判定が困難となる。

そこで、既存の表面被覆工法と同等以上の耐塩害性を持ち、かつ、塗布後もコンクリート基盤の視認が可能な材料とし、港湾コンクリート構造物の維持管理の効率化に寄与することを目的とした技術を開発した(図1)。

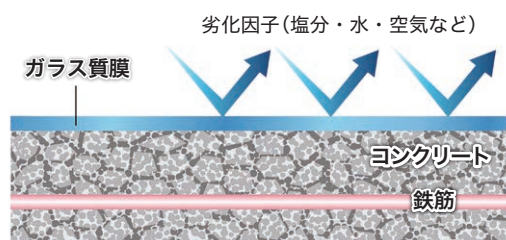


図1 劣化因子浸入防止イメージ図

技術の概要

本技術は、港湾施設における鉄筋コンクリート部材を対象とした透明なガラス質膜塗装であり、耐塩害対策として新設・既設構造物およびプレキャスト構造物に適用できる。

一般的な塗装は、4工程(プライマー、下塗り、中塗り、上塗り)程度であり、それぞれ塗り重ね後の養生期間が必要であるため施工期間を要する。一方、本技術で使用する塗装材料は、プライマー1層、上塗り1層(2回塗り仕上げ)の3工程であるが、プライマー、上塗り共に養生時間が短いため(表1)、施工期間の

表1 標準塗装仕様

工程	材料	使用量	塗装間隔
下塗り	プライマー	0.10～0.20kg/m ²	1時間
上塗り	トップコート	0.20～0.30kg/m ² (2回塗り)	2時間

※最終養生時間は塗装完了後24時間

大幅な短縮が可能となる。

また、本材料は硬化後も透明であり、供用中もコンクリート基盤の表面を目視観察することが可能であるため、定期点検等の目視調査からの劣化度判定が容易となり、より確実な構造物の維持管理に寄与できる。なお、本材料は必要に応じて着色も可能で、景観対策としても用いることができる。

技術の性能

①高い防護性能

過酷な塩害環境下への供試体暴露試験(暴露1年)による塩化物イオンの浸透性評価(図2)、トレント法による透気性試験および加圧透水試験により評価した結果、いずれも塗膜を透過しないことを確認している。

②長期耐久性

キセノンランプ法(促進耐候性試験: JIS K 5600)にて3000時間照射後に確認した結果、白亜化が無いこと、塗膜に割れ、剥がれが無いこと等を確認しており、紫外線に対する長期耐久性を保有していることを確認している。

③高いひび割れ追従性

表面被覆材のひび割れ追従性試験にて最低値2.93mmを確認しており、「表面保護工法設計施工指針(案)(土木学会コンクリートライブラリー119)」に記載されている高追従性(1.00mm以上)と評価できる。

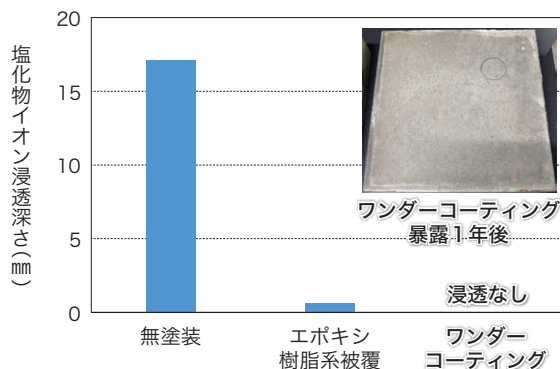


図2 塩化物イオン浸透深さ確認結果(暴露1年)

技術の適用範囲

本技術は、朔望平均満潮面(H.W.L)以上の港湾コンクリート構造物の塩害、中性化に関する予防保全対策として使用することを想定している。

表面にひび割れ(鋼材腐食に起因しない、あるいは影響を及ぼさないひび割れ)がある場合でも、ひび割れ幅0.5mmまで事前処理なくそのまま塗布可能である。

我が国の沿岸域・海洋に対する要請は、災害からの復旧・復興、切迫する大規模地震災害、地球温暖化による気候変動、自然災害の激甚化・多発化、労働人口減少に伴う深刻な人手不足、産業や物流における技術革新、グリーン化やデジタル化の加速、構造物の老朽化の進行、ブルーカーボン生態系の活用など、一層多様化し、急速に変化しています。

沿岸技術研究センターでは、こうした要請の技術課題を的確に捉え、機動的かつ着実に対応していくことが求められており、日ごろからの情報収集や情報交換を心掛け、問題認識を深めつつ、これまで培った知見や技術力、人脈を発揮しながら、新たな分野の課題や様々な要請にお応えできるように取り組んでいます。

現在、企画部10名、調査部は27名。うち有資格者は、技術士13名、工学博士5名、土木学会技術者4名です。企画部と調査部のメンバーが波浪情報部、東北支部・関西支部・九州支部とも連携しつつ取り組んでいます。

企画部

企画部では、沿岸技術研究センターの技術普及啓発事業（センター主催の講演会（コースタル・テクノロジー）開催および沿岸技術研究センター論文集の発行、機関誌CDITの発行、日韓4団体が参加する「日韓沿岸技術研究ワークショップ」など）を担当しているほか、民間技術評価事業の事務局などを務めています。また、自主調査研究事業として、新技術の開発（洋上風力関連等）にも取り組んでいます。これらの業務は、調査部とも協力しながら進めているところです。



調査部

1983年のセンターの創立とともに設置された調査部は、40年間にわたって沿岸域及び海洋の開発、利用、保全及び防災に関

して、国や港湾管理者、民間事業者等から受託した種々の技術課題に係る調査研究を実施し、確実に成果をあげてきました。今後も沿岸域のプロフェッショナル集団としてその役割を果たしていきます。



濱口梧陵国際賞 授賞式



一般財団法人 沿岸技術研究センター
研究主幹 松永 康司

濱口梧陵国際賞は、2015年の国連総会において11月15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表彰するため2016年に創設されたものです。

2023年の受賞者への表彰式および講演会は、11月1日(水)海運クラブにおいて開催されました。

授賞式では、堂故国土交通省副大臣から2名1団体の受賞者(磯部雅彦博士(東京大学名誉教授、高知工科大学名誉教授)、Laura S.L. Kong 博士(国際津波情報センター長(アメリカ))、自然災害管理総合研究センター(チリ))に表彰楯が授与されました。

【受賞者の概要】

- 磯部 雅彦博士 東京大学名誉教授／高知工科大学名誉教授
 - ・磯部博士は、沿岸防災に関わる海岸工学の分野において優れた研究成果を多数発表してきた。また、東北地方太平洋沖地震津波による港湾や海岸の被害を教訓とした海岸法改正や「粘り強い構造」の防波堤・防潮堤の導入など、南海トラフ地震等への防災・減災対策等の政策方針決定に大きく貢献した。
- Laura S.L. Kong 博士 国際津波情報センター長(米国)
 - ・ローラ・コング博士は、政府間海洋学委員会(IOC)と米国海洋大気庁(NOAA)により共同運営されている国際津波情報センター(ITIC)のセンター長を2001年より務め、世界各地の津波発生時の警報システムの評価や改善の提言など、地球規模での津波警報・減災システムの構築・展開に多大なる貢献をしてきた。
- 自然災害管理総合研究センター(チリ)
 - ・2010年のチリ国内での津波災害を踏まえ、2012年に自然災害管理総合研究センター(CIGIDEN)が設立され、流体力学をはじめとする広範囲の分野において、国際的にも認められる専門家の養成に貢献した。津波警報システムの開発など、同国内の防災・減災対策の推進に大きな貢献をしてきた。

(※)濱口梧陵氏は、江戸時代末期(1854)の安政南海地震で自らの資産を投げ打ち村人の命を津波から守った人物



磯部雅彦博士



ローラ・コング博士



自然災害管理総合研究センター
シエンフエゴス博士



授賞式

撮影：国際津波・沿岸防災技術啓発事業組織委員会

第9回日韓沿岸技術研究 ワークショップ



一般財団法人 沿岸技術研究センター
研究主幹 松永 康司

はじめに

日本および韓国の4団体（韓国海洋科学技術院（KIOST）、港湾空港技術研究所（PARI）、一般財団法人沿岸技術研究センター（CDIT）、および一般財団法人みなと総合研究財団（WAVE））は、沿岸技術についての研究発表および意見交換を行うため、2013年より「日韓沿岸技術研究ワークショップ」を年1回開催しています。

今年の第9回日韓沿岸技術研究ワークショップ（The 9th KIOST-PARI-CDIT-WAVE Joint Workshop）は、4年ぶりの対面形式にて韓国・釜山市で開催され、日本からは、PARI河合所長、CDIT宮崎理事長、WAVE津田理事長のほか、総勢17名が参加しました。

ワークショップ

9月22日（金）午前10時より、韓国・釜山市のKIOST本部においてワークショップ（The 9th KIOST-PARI-CDIT-WAVE Joint Workshop）が開催されました。冒頭、KIOSTのKang, Do-Hyong（カン・ドヒョン）院長から、「沿岸技術の課題について積極的な意見交換を期待したい」と開会の挨拶があり、来賓として来場した韓国海洋水産部のNam, Jae-Hyun（ナム・ジェヒョン）港湾局長からは「我々の安全な生活を支え、国や地域経済に重要な役割を果たす沿岸技術について共有していくことを願っている」と挨拶がありました。

基調講演として、KIOSTのJang, In-Sung（チャン・インスン）海洋産業部長より「港湾及び海洋構造物の建設のための水中ロボットの開発」、また特別講演として、PARIの平山克也波浪研究グループ長から「高潮・高波による岸壁越波浸水過程の解明とその対策」の講演がありました。

また、4つのテーマ（管理、環境、防災、新技術）に沿ってセッションが開催され、各機関における研究内容についての発表が行われました。日本側からは、各機関よりのべ9つの研究発表が行われ、それぞれの発表に対して日韓双方から活発な質疑応

答が行われました。

最後に、WAVEの津田修一理事長から、「参加者による活発な意見交換が行われ有意義だった。来年、日本でKIOSTの皆様と再会するのを心より楽しみにしている」と閉会の挨拶を行い、ワークショップを締めくくりました。



ワークショップの様相

釜山港湾公社訪問

ワークショップの翌日（9月23日）午前9時30分より、日本からの参加者が釜山港の港湾管理者であるBPA（釜山港湾公社）の本社を訪問しました。BPAのJIN Gyoo-ho（ジン・ギョホ）副社長からは、釜山港の概要、将来のコンテナターミナルの整備計画や港湾再開発計画の概要などの説明があり、あわせて質疑応答が行われました。また、在釜山日本国総領事館の高嶋紀子副領事も同席しました。



BPA訪問（写真左側より、KIOST安顧問、WAVE津田理事長、PARI河合所長、CDIT宮崎理事長、CDIT橋本参与、BPA JIN副社長、在釜山日本領事館高嶋副領事）

おわりに

開催にあたり、PARI、CDIT、WAVEおよびKIOSTの担当者がweb会議で複数回打合せを行いました。また、CDITからの発表者も何度か発表練習を行い当日に備えました。関係者の準備により、4年ぶりの対面のワークショップでは熱心な議論を行い、充実した日程を過ごすことができました。

また、KIOSTにおいては同じ時期に創立50周年の記念行事が開催されていましたが、多忙なかご参加頂いた安顧問をはじめ、参加頂いた関係機関のみなさまには大変お世話になりました。改めて感謝の意を示します。

NEW

59. 港湾・海岸におけるフラップゲート式可動防波堤技術マニュアル

津波・高潮対策の新たな手立てとして開発されたフラップゲート式可動防波堤は、海底に旋回起立する扉体が設置されるため、従来船舶航行や海水交換の観点から困難だった港口部の締切を可能とし、周辺景観への影響を低減できる優れた構造物です。現在、国内2施設で採用されています。

本マニュアルでは、当該構造の設計、施工、維持管理方法を、実験や数値解析・施工実績に基づき詳述し、技術者への指針を示しています。

L059 R6.3発行 A4/240p 14,300円(税込)



フラップゲート全景

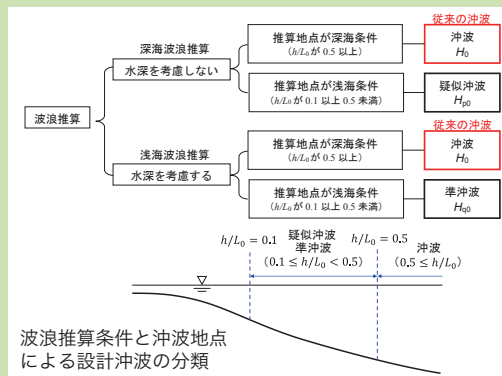
NEW

60. 新しい波浪推算・設計波算定マニュアル～浅海波浪推算と準沖波の導入～

令和2年度に全国的に設計波の見直し作業が実施されました。その中で、浅海域での波浪推算を採用したことにより、「準沖波：浅海域で設定する深海波・沖波に準じる浅海波としての沖波」という概念が生まれました。

そこで、令和6年4月に部分改訂が予定されている「港湾の施設の技術上の基準・同解説(平成30年改訂版)」の参考資料として、波浪推算手法並びに確率(準)沖波及び堤前波の算定手法に関するマニュアルを策定しました。

L060 R6.3発行 A4/93p 15,400円(税込)



波浪推算条件と沖波地点による設計沖波の分類

NEW

61. PC 栈橋技術マニュアル (2023年度版)

PC 栈橋技術マニュアルの発刊から13年が経ち、その間設計・施工についての条件及び環境が大きく変化してきました。また、様々なマニュアルの改訂、他ガイドラインの制定等により内容の見直し及び現場での使用部材のプレキャスト化の充実が要望されています。本マニュアルでは、実務者に役立つようにこれまでと比べ設計・施工事例を多数掲載し、技術基準に準拠した設計法・施工方法が容易に理解できるように記述されたマニュアルとなっています。

L061 R6.3発行 A4/326p 13,200円(税込)



PC栈橋(完成写真)

NEW

62. 港湾・空港における軽量混合処理土工法技術マニュアル (2024.改訂版)

本マニュアルは、SGM 軽量土工法協会との共同研究のもとでマニュアルの改訂を行ったものです。軽量混合処理土は、SGM の1つとして、(独) 港湾空港技術研究所、(財) 沿岸技術研究センター及びSGM 軽量土工法協会の3者によって開発研究を進めてきました。平成30年5月「港湾の施設の技術上の基準・同解説」が改定されたことから、同港湾基準の改定内容を反映した「軽量混合処理土工法」の「技術マニュアル」(2024.改訂版)を発刊し、同工法のさらなる活用を図るものです。



L062 R6.3発行 A4/370p 7,150円(税込)

海洋・港湾土木技術者必携の書 販売中！

くわしくは [CDITホームページ](#)>書籍販売 をご覧ください。

沿岸技術ライブラリー (L)

書籍ID	書籍名	発行年月	版・頁	価格(税込)
L058	58. 港湾鋼構造物防食・補修マニュアル(2022年版)	R4.9	A4/520p	12,000円
L057	57. ジャケット工法技術マニュアル(改訂版)	R3.10	A4/292p	8,800円
L056	56. 根入れ式鋼板セル工法および鋼矢板セル工法の技術マニュアル	R3.6	A4/332p	18,000円
L055	55. 浸透固化処理工法技術マニュアル改訂版	R2.7	A4/183p	6,600円
L054	54. 事前混合処理工法技術マニュアル(改訂版)	R1.12	A4/250p	6,600円
L053	53. 根入れを有するケーソン工法の技術マニュアル	R1.3	A4/273p	6,600円
L052	52. 港湾構造物設計事例集(平成30年改訂版)	H30.12	A4/970p	33,000円
L050	50. 港湾コンクリート構造物補修マニュアル	H30.7	A4/144p	11,000円
L049	49. 港湾の施設の維持管理技術マニュアル(改訂版)	H30.7	A4/338p	11,000円
L048	48. 港湾・空港における深層混合処理工法技術マニュアル(改訂版)	H30.12	A4/315p	6,600円
L044	44. 港湾・空港・海岸等における製鋼スラグ利用技術マニュアル	H27.2	A4/85p	6,111円
L042	42. 波を観るー波浪、津波、高潮、GPS海洋ブイ、沿岸波浪計ー	H25.3	A5/318p	3,300円
L041	41. 液状化対策としての静的圧入締固め工法技術マニュアル ーコンパクショングラウチング工法ー(2013年版)	H25.4	A4/230p	8,800円
L039	39. CADMASーSURF/3D 数値波動水槽の研究・開発	H22.12	A4/235p	10,476円
L032	32. 管中混合固化処理工法技術マニュアル(改訂版)	H20.7	A4/188p	6,286円
L031	31. 港湾・空港における軽量混合処理土工法技術マニュアル(改訂版)	H20.7	A4/371p	7,333円
L030	30. CADMAS-SURF 実務計算事例集	H20.5	A4/364p	10,476円
L028	28. 鉄鋼スラグ水和固化体技術マニュアル(改訂版)	H20.2	A4/216p	6,286円
L027	27. 港湾・空港における水砕スラグ利用技術マニュアル	H19.12	A4/120p	5,238円
L021	21. 港内長周期波影響評価マニュアル	H16.8	A4/109p	5,238円
L020	20. 鋼コンクリートサンドイッチ構造沈埋函を対象とした加振併用型充てんコンクリートマニュアル	H16.2	A4/146P	6,286円
L017	17. サクション基礎構造物技術マニュアル	H15.3	A4/269p	6,286円
L015	15. FGC深層混合処理工法技術マニュアル	H14.12	A4/158p	5,238円
L013	13. 潮位を測る(潮位観測の手引き)	H14.3	A5/188p	3,143円
L009	09. 港湾用PC矢板技術マニュアル	H12.9	A4/85p	4,191円

その他マニュアル・指針・手引きなど (M)

書籍ID	書籍名	発行年月	版・頁	価格(税込)
M036	洋上風力発電設備に係る海底地盤の調査及び評価の手引き	R4.12	A4/221p	6,000円
M023	津波漂流物対策施設設計ガイドライン【僅少】	H26.3	A4/156p	8,800円
M019	港湾コンクリート構造物 維持管理 実務ハンドブック	H21.9	A4/147p	2,095円
M015	津波・高潮防災ステーション技術資料	H17.12	A4/245p	5,238円
M014	津波や高潮の被害に遭わないためにー津波・高潮ハザードマップの作成と活用ー	H17.6	A4/114p	2,200円
M012	津波・高潮ハザードマップマニュアル	H16.4	A4/225p	2,200円
M009	人工島物語	H13.9	A4/70p	1,048円
M008	THE DEEP MIXING METHOD	H13.4	B5/136p	5,238円
M007	波を測る	H13.3	A5/212p	3,143円
M004	鋼コンクリートサンドイッチ構造沈埋函の設計と高流動コンクリートの施工	H8.11	A4/558p	15,714円
M003	HANEDA DESIGN WORKS	H7.7	A4/92p	9,219円
M002	車止め設計マニュアル	H6.4	A4/68p	5,238円

(令和6年3月1日現在)

NEWS 01

第8回日韓沿岸技術研究ワークショップの開催
(2023.9.22)

令和5年9月22日、韓国海洋科学技術院、国立研究開発法人港湾空港技術研究所、沿岸技術研究センター及びみなと総合研究財団は第9回日韓沿岸技術研究ワークショップを韓国釜山で開催しました。

詳細は「沿岸レポート」(P.37)を参照ください。

NEWS 02

世界津波の日・「2023年濱口梧陵国際賞」授賞式
(2023.11)

わが国の津波防災の日である11月5日が国連総会で「世界津波の日」に制定されたのを機に創設された、沿岸防災技術分野で顕著な功績を挙げた国内外の個人又は団体を表彰する「2023年濱口梧陵国際賞」の授賞式が開催され、2名1団体が表彰されました(詳細はP.36「沿岸レポート」参照)。

NEWS 03

コースタル・テクノロジー2023の開催
(2023.11.29)

令和5年11月29日[10:00-17:00]、星陵会館2Fホールにおいて、コースタル・テクノロジー2023が開催され、会場聴講及びwebによる同時配信を行いました。当センターで実施した調査・研究等に関する10件の報告をはじめ、特別講演として、京都大学防災研究所巨大災害研究センターの廣井慧准教授をお招きし、「大規模災害の発生に備えたデータの活用方策について」のご講演いただきました。情報通信の視点から防災に於けるデータ活用の重要性についてご講演いただき、大変興味深い内容となりました。

同講演の概要についてはP.28を参照ください。

NEWS 04

2023年度 海洋・港湾構造物資格認定試験の合格者発表 (2024.2.13)

2023年度の海洋・港湾構造物維持管理士資格認定試験の合格者26名(受験者100名)、海洋・港湾構造物設計士資格認定試験の合格者11名(受験者58名)を発表しました。詳しくは

CDITホームページ「技術者資格認定 維持管理士・設計士」をご覧ください。

NEWS 05

ベトナムセミナーにおいて技術マニュアルを贈呈
(2023.12.13)

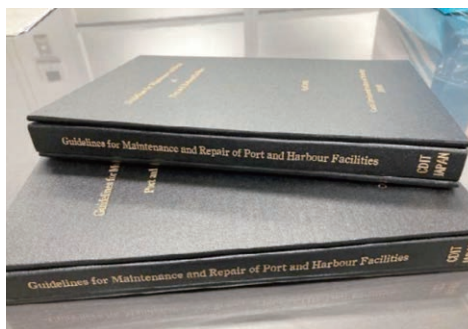
「Vietnam Japan Port Seminar 2023」(主催：国際港湾交流協会(JOPCA)、協賛：沿岸技術研究センターほか港湾関係財団、後援：ベトナム海事総局(VINAMARINE)、国土交通省、JICAベトナム事務所)が、令和5年12月13日(水)に開催されました。

沿岸技術研究センターからは宮崎理事長が出席し、令和5年4月に刊行された「港湾の施設の維持管理技術マニュアル」の英語版を、VINAMARINEのチャン・ティ・トゥエット・マイ・アイン国際部長に贈呈し、マイ・アイン部長からは感謝の意が示されました。

経済成長が著しいベトナムにおいても、近い将来インフラの老朽化が予想され、港湾施設の計画的な維持管理が望まれます。



左：マイ・アイン国際部長



「港湾の施設の維持管理技術マニュアル」の英語版

民間技術評価事業・評価証授与式を開催 (2024.1.10)

令和5年度上期分の(4件)の技術に対して、「港湾関連民間技術の確認審査・評価委員会」(委員長は善功企 九州大学名誉教授)で審査・評価を行い、その結果を踏まえて、以下のとおり当センターにて評価証を交付しました。各技術の詳細い内容はCDITホームページ「民間技術の紹介」をご覧ください。

●新規技術 (1件) (詳細をP.34「民間技術の紹介」に掲載)

東洋建設株式会社殿、大成ロテック株式会社殿、株式会社フェクト殿

「港湾コンクリート構造物 高機能型塗装
～ワンダーコーティングシステム W-MG (港湾施設用)～」



東洋建設株式会社殿



大成ロテック株式会社殿



株式会社フェクト殿

●更新技術 (3件)

五洋建設株式会社殿、ライト工業株式会社殿

「曲がり削孔工法(リアルタイムで誘導する曲線ボーリング)」



五洋建設株式会社殿



ライト工業株式会社殿

関門港湾建設株式会社殿

「ブレード&フラットグラブ工法—高精度で効率のよい仕上げ掘り及び薄層浚渫—」



関門港湾建設株式会社殿

オリエンタル白石株式会社

「港湾栈橋用プレキャスト床版「SLJスラブ」」



オリエンタル白石株式会社殿



NEWS 07

2024年度 海洋・港湾構造物 資格認定試験、関連 研究会・講習会の予定 (2024.4~2024.12)

2024年度の資格試験等について、下記のとおり予定しています。実施の詳細や募集の案内につきましては、[CDITホームページ](#)に随時掲載しますのでご確認ください。

【維持管理士】資格更新 (CPD単位不足者向け) 研修会 (基本オンライン方式)

開催日程：2024年10月3日 (木) (予定)

開催場所：東京23区内の予定

申込受付期間：2024年7月中旬~9月上旬

【維持管理士】基礎講座講習会 (オンデマンド配信)

講習期間：2024年9月上旬~11月上旬

受講対象者：特に受講資格は必要ありません。

講習方法：8項目の講習内容毎に、パワーポイントを用いた説明をオンデマンド配信します。興味のある内容から、順次、視聴できます。

申込受付期間：2024年7月下旬~9月下旬

【維持管理士】資格認定試験

開催日程：2024年11月10日 (日) (予定)

開催場所：東京23区内、大阪市内、福岡市内、札幌市内の4会場 (予定)

試験日程：13:00より択一試験及び記述試験 (予定)

申込受付期間：2024年8月中旬~9月中旬

【設計士】資格認定試験 [設計士補試験及び設計士筆記試験]

開催日程：2024年7月7日 (日) (予定)

開催場所：東京23区内、大阪市内、福岡市内の3会場 (予定)

申込受付期間：2024年4月15日 (月) ~5月17日 (金)

【設計士】面接試験

開催時期：2024年12月8日 (日) (予定)

開催場所：東京23区内の予定

受験資格：設計士補試験及び設計士筆記試験合格者 (両試験の合格年度は同年度の必要はありません)

申込受付期間：2024年9月中旬~10月中旬

その他：面接項目の一つとして、事前に「技術課題」が設定されます。詳細については、[CDITホームページ](#)にてご案内します。



NEWS 08

沿岸センター平石参与「フィリピン国における防 災・減災に関する技術協力」 (2024.2.4~2024.2.7)

防災・減災に関する技術協力を目的として、沿岸センター平石参与は、令和5年2月4日~7日にフィリピン国の総合大学マリアノ・マルコス大学 (MMSU) を訪問しました。

本技術協力は、京大防災研とMMSUの技術協力協定 (MOU) にもとづいており、MMSUにおいてフィリピン国で最初となる造波装置の整備が進められています。平石参与は、MMSUにおいて造波装置の活用全般の技術的な指導を行って行くことにしています。

今回の訪問では、MMSUの大学2年生を対象に「造波水路の活用について」をテーマに講義も行いました。



MMSUの学生と平石参与



NEWS 09

ベトナム海事総局 ザン副総裁が沿岸センターを 訪問 (2024.2.19)

令和6年2月19日 (月) に、ベトナム海事総局 (VINAMARINE) のホアン・ホン・ザン副総裁が沿岸センターを来訪し、宮崎理事長と技術基準や沿岸域に関する諸課題について意見交換を行いました。

海岸工学の専門家でもあるザン副総裁からは、ベトナムの沿岸域開発の技術課題について説明があり、今後、VINAMARINEと沿岸センターのあいだにおいて、技術的分野での協力関係を構築したいとの申出がありました。

本日の会合をキックオフとして、今後、VINAMARINEと沿岸センターの技術的分野での協力関係の構築を目指して、交流や情報交換を密にしていくこととなりました。



左：ザン副総裁

令和6年12月6日に、CDIT評議員が東京湾第二海堡及び港湾航空技術研究所（国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所）を視察しました。

今回の視察は、評議員の方々にCDITの業務に関係する現場や研究所を実際に見ていただき、CDITの業務運営に対する理解をより深め、有益な助言を得ることを目的とした初の試みであり、奥田剛章（元大阪港埠頭株式会社代表取締役社長）、尾田俊雄（元東京港埠頭株式会社常務取締役）及び武澤恭司（東洋建設株式会社相談役）の各評議員及び春日井康夫専務理事、吉開正治郎業務執行理事他が参加しました。

視察では、最初に関東地方整備局東京湾口航路事務所三上見所長の案内で第二海堡に上陸し、CDITが調査設計に参画した護岸工事の状況を始め、各種遺構の保存・復元状況の説明を受けました。

その後、港湾航空技術研究所では、小野正博研究統括監から、同研究所とCDITとの連携等についての概要説明を受けた後、遠心模型実験装置、大規模波動地盤総合水路及びデュアルフェースサーペント水槽を視察しました。

評議員からは、CDITの業務が現場においてどのように役立っているかが実感できたとともに、CDITと港湾航空技術研究所との連携により、新たな研究開発が進んでいることが理解できた、との評価を頂きました。



海上視察



第二海堡

土木学会では、インフラメンテナンスに関連する優れたプロジェクトや人・団体等を選考し、2021年度から毎年「土木学会インフラメンテナンス賞」として表彰しています。

このたび、海洋・港湾構造物維持管理士会(MEMPHIS会)が「2023年度インフラメンテナンス チャレンジ賞」を受賞しました。これは、同会の2012年の設立以来10年以上にわたる「海洋及び港湾構造物の維持管理に係る技術の研鑽・普及・向上を図るため、講演会の開催、講習会への講師派遣、資格取得のための受験者支援などをつうじて、技術者の育成と資質の向上に貢献する取り組み」が、チャレンジ賞の選考対象である「地域のインフラメンテナンスに寄与」「管理者、市民等ステークホルダーの意識の向上」に資すると認められたものです。

2024年2月28日に土木学会講堂において表彰式が開催され、土木学会のインフラメンテナンス総合委員会の田中茂義委員長より、同会を代表して吉田倫夫副会長に表彰状が授与されました。

同会では、2022年度に、国土交通省等が表彰する「第7回インフラメンテナンス大賞」において、「インフラメンテナンスエキスパート賞」(末岡英二会長)、同「インフラメンテナンスマイスター賞」(内藤英晴前会長)を受賞しており、これに続いた受賞となります。



長崎市で開催の講演会



維持管理研修における現場調査

沿岸技術研究センターは、今後の誌面づくりに反映させるため、皆様のご意見ご感想をお待ちしております。詳細は沿岸技術研究センターHPをご覧ください。

URL:<http://www.cdit.or.jp/>

【編集後記】

今号は「地震と沿岸防災」を特集しました。皆様が多忙なか、地震防災の行政関係者や専門家の皆さまからご寄稿頂いたことに感謝します。また、座談会においては、大規模地震の発生を教訓として、制度面、技術面における様々な取り組みや今後の展望を知ることができました。コースタル・テクノロジー2023においては、「データ活用」から「防災」を考えるという視点からご講演頂きました。いずれの記事も、今後の地震防災への取り組みにおいて参考になればと考えています。

なお、このたび技術マニュアル等が4件発刊されます。概要を38ページで紹介しています。購入については是非ご検討ください。(M)

本 部

〒105-0003 東京都港区西新橋1-14-2 新橋エス・ワイビル5F
TEL. 03-6257-3701 FAX. 03-6257-3706

東北支部

〒980-0014 宮城県仙台市青葉区本町2-9-8 日宝本町ビル702
TEL. 022-796-1331 FAX. 022-796-1341

関西支部

〒650-0032 兵庫県神戸市中央区伊藤町110-2 神戸ポートビル旧居留地3F
(旧 伊藤町YANAGIDAビル)
TEL. 078-954-6081 FAX. 078-954-6082

九州支部

〒812-0013 福岡県福岡市博多区博多駅東2-4-17 第6岡部ビル7F
TEL. 092-292-5057 FAX. 092-292-5067

[sí:dit]

CDIT

Coastal Development Institute of Technology

発行 一般財団法人 沿岸技術研究センター
〒105-0003 東京都港区西新橋1-14-2 新橋エス・ワイビル 5F
TEL. 03-6257-3701 FAX. 03-6257-3706
URL <http://www.cdit.or.jp/>
2024年3月発行 第61巻