

CDIT

Coastal Development Institute of Technology

〈CDIT座談会〉

東日本大震災からの復旧・復興状況と今後

－震災から4年の沿岸施設の復旧・復興への取組みと今後の課題－

今村 文彦 氏〔東北大学 災害科学国際研究所 所長〕

津田 修一 氏〔国土交通省 東北地方整備局 副局長〕

高山 知司 氏〔一般財団法人 沿岸技術研究センター 沿岸防災技術研究所 所長／京都大学 名誉教授〕

〈特集〉

東日本大震災からの海洋・沿岸施設等の復旧・復興の現況と今後取り組むべき課題



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を一部抜粋・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。

○座談会 P.5	○民間技術 の紹介 P.31	○特集 P.19	○座談会 P.5
○沿岸 レポート P.37	○沿岸 レポート P.36	○民間技術 の紹介 P.33	
○座談会 P.5	○沿岸 レポート P.40	○座談会 P.5	○沿岸 レポート P.35
	○CDIT News P.43		

3

新春所感

釜 和明 一般財団法人 沿岸技術研究センター 評議員会長
太田 昭宏 国土交通大臣

5

CDIT座談会

東日本大震災からの復旧・復興状況と今後

—震災から4年の沿岸施設の復旧・復興への取組みと今後の課題—
ゲスト

今村 文彦氏

東北大学 災害科学国際研究所 所長

津田 修一氏

国土交通省 東北地方整備局 副局長

高山 知司氏

一般財団法人

沿岸技術研究センター

沿岸防災技術研究所 所長／

京都大学 名誉教授

12

特集

東日本大震災からの海洋・沿岸施設等の復旧・復興の現況と今後取り組むべき課題

12

東日本大震災を踏まえた港湾の防災・減災対策について

加藤 利弘 国土交通省港湾局海岸・防災課 災害対策室 室長

16

東北エリアの港湾施設の復旧と復興状況

山本 貴弘 国土交通省東北地方整備局港湾空港部 港湾空港企画官

18

仙台塩釜港のいま —震災を乗り越えて—

高田 直和 国土交通省東北地方整備局 塩釜港湾・空港整備事務所 所長

20

釜石港災害復旧事業と復興まちづくり

渡部 秀幸 釜石市産業振興部 部長

22

東日本大震災を踏まえた高知港における地震・津波対策

西村 拓 四国地方整備局 高知港湾・空港整備事務所 所長

24

施設被害のメカニズムとそれに対する対策

高山 知司 一般財団法人 沿岸技術研究センター 沿岸防災技術研究所 所長／京都大学 名誉教授

27

特別講演 コースタル・テクノロジー 2014

港湾物流機能の継続性向上に向けた技術的諸課題

小野 憲司 京都大学防災研究所 教授

30

民間技術の紹介

PU-NAVI ピンポイント水中位置誘導システム

東亜建設工業株式会社／信幸建設株式会社

32

多点同時注入工法 —恒久グラウトを用いた変位抑制型の薬液浸透注入工法—

若築建設株式会社／りんかい日産建設株式会社／強化土エンジニアリング株式会社

34

沿岸レポート

34

「英国における海岸リゾートと栈橋に関する研究」(1)

今後の我が国の海岸整備を考える

八尋 明彦 一般財団法人 沿岸技術研究センター 審議役

38

杭を活用した既存防波堤の安全性増加工法に関する検討

粘り強い構造の実現に向けて

独立行政法人港湾空港技術研究所／東京理科大学／新日鐵住金株式会社
一般財団法人 沿岸技術研究センター

40

第2回 日韓沿岸技術研究ワークショップ

(The 2nd KIOST-PARI-CDIT-WAVE Joint Workshop)

田中 真史 一般財団法人 沿岸技術研究センター 調査部 研究員

41

CDIT News

新春所感



新年のごあいさつ

釜和明 一般財団法人 沿岸技術研究センター 評議員会長

平成27年の新春を迎え、謹んでお喜び申し上げます。

沿岸技術研究センターは、昭和58年の設立以来、沿岸域や海洋の開発、利用、保全及び防災に関する数多くの調査、研究を行うとともに技術の普及・啓発等に積極的に関わり、取り組んでまいりました。平成24年度からは一般財団法人に移行し、一昨年には創立30周年を迎えることが出来ました。関係各界の皆様方の暖かいご支援、ご協力に改めて感謝を申し上げます。

さて、昨年は広島市北部での大規模な土砂災害や御嶽山の噴火、大型台風の上陸など、大規模な自然災害に襲われた年でした。我が国は、毎年大規模な自然災害の襲来を受けていますが、特に近年は、地震や火山活動が活発化する一方、台風などによる降雨や暴風・突風が激しさを増しており、「これまでに経験したことのない」との表現に示される通り、従来の常識をはるかに超えた規模の災害が世界的な規模で発生しています。沿岸技術研究センターが取り組む、沿岸域及び海洋の開発、利用、保全及び防災に関する技術の重要性がこれまで以上に増大してきており、その責務も重大なものとなってきていると考えております。

災害関連では、東日本大震災の発生からもうすぐ4年を迎えようとしています。これまで、被災地の復旧事業については、関係者の御尽力により全般的には大きく前進しているように見受けられますが、いまだその途上にある事業も少なくないのが実情かと思えます。例えば大震災により被災した港湾関係施設の復旧については、国による事業は、一部の防波堤を除いて既に完了しましたが、その他の港湾施設の復旧や延長の長い防潮堤等の海岸保全施設の復旧などは未だ道半ばといった状況であろうかと思えます。また、大規模な津波の被害を受けた沿岸地域での住宅の再建や新たな用地造成などは、これから山

場を迎えるところが多いのが実情のようです。加えて、震災に伴い事故の発生した福島第一原子力発電所の廃炉や被災地の経済の復興などの課題は、長期的な取り組みが必要な分野であり、まだまだ長期に渡って復旧・復興への取り組みを進めていく必要があります。被災地の皆様に改めてお見舞いを申し上げ、一日も早い復興が果たされますことを心より祈念申し上げますとともに、沿岸技術研究センターとしては、将来発生が予想される南海トラフ地震等に備え、技術的な検討をしっかりと進めていくことが重要と考えております。

我が国の経済の面では、アベノミクスの効果により長きに渡ったデフレからの脱却が進められ、雇用の改善や賃金の上昇など明るい兆しが見えてきました。昨年は青色発光ダイオードの開発により、3名の研究者の方々がノーベル物理学賞を受賞され、海外でアスリートの方々が華々しい活躍をされるなど明るい話題もありました。インフラの世界では、東海道新幹線が開業50周年を迎える中、リニア中央新幹線が着工し、また、2020年の東京オリンピック、パラリンピックの開催に向けて関連する施設整備が今後本格化します。

沿岸技術研究センターは、昨年10月には本部事務所を西新橋に移転し、気持ちも新たに業務を実施してまいります。「官・学・民」の技術力を結集し、沿岸域及び海洋に関する技術の益々の進展に大いに力を発揮し、併せて国際社会にも貢献していくべく努力を重ねてまいります。

最後に、平成27年が皆様にとりまして実り多き年になりますよう、また、皆様の益々のご健勝とご多幸を心から祈念いたしますとともに、今後も当センターへの変わりぬご支援、ご鞭撻を賜りますようお願い申し上げます。新年のご挨拶とさせていただきます。



新年のはじまりに当たって

太田 昭宏 国土交通大臣

平成27年の新春を迎え、謹んでご挨拶を申し上げます。

昨年末に第3次安倍内閣が成立し、引き続き国土交通大臣を拝命いたしました。本年も皆様のますますのご支援・ご協力をお願いいたします。

昨年は、8月に広島で甚大な土砂災害が、9月には御嶽山の噴火が発生するなど、多くの自然災害がございました。これらの災害により犠牲となられた方々とそのご家族に対して謹んで哀悼の意を表しますとともに、被害にあわれた方々に心よりお見舞い申し上げます。

また、東日本大震災については、今なお約23万人の方々が避難生活を続けておられます。

東日本大震災の被災地も含め、被災地の皆様が、1日も早く安全・安心な暮らしを取り戻して頂けるよう、引き続き総力を挙げて取り組んでまいります。

この2年、安倍内閣のもとで、株価は倍増し、有効求人倍率は過去20年間で最も高い1.12となり、雇用は100万人以上増加しました。特に、私が担当する観光は、2012年には836万人であった訪日外国人旅行者数が2013年に史上初めて1000万人に達し、昨年はさらに増加し、1300万人を超えました。2012年に1.1兆円であった訪日外国人による旅行消費額も2013年には1.4兆円となり、昨年はそれを大きく上回り、2兆円に及ぶ勢いです。過去3兆円を超えていた旅行収支の赤字も大幅に改善し、昨年4月には、大阪万博以来44年ぶりに単月黒字を計上したところです。

こうした「経済の好循環」を確かなものとし、継続、発展させるとともに、その成果を全国に広く行き渡らせるよう、引き続き、政府一丸となって、全力を挙げて取り組んでまいります。

安倍内閣は発足以来、「景気・経済の再生」、「被災地の復興加速」、「防災・減災をはじめとする危機管理」を重要課題の三本柱としてきました。さらに、個性を活かし、魅力あふれる元気で豊かな「地方の創生」も内閣の重要課題です。

私は、国土交通行政を預かるものとして、これらの内閣の重要課題について、目に見える形で発展した「未来」をお示しするとともに、施策の前進を「実感」していただけるよう、以下のような各般の施策を展開してまいります。

我が国は人口減少や少子化、高齢化の進展、巨大災害の切迫などの課題に直面しており、これらに適切に対応していくためには、中長期的な視点で取り組むことが必要です。

その際には、昨年7月に公表した「国土のグランドデザイン2050～対流促進型国土の形成～」で掲げた「コンパクト・プラス・ネットワーク」という考え方を、そのベースに据えていかなくはなりません。この「国土のグランドデザイン2050」を具体化するため、次の3つの長期計画の策定・見直しに取り組んでまいります。

まずは、「国土形成計画」です。この計画では、「コンパクト・プラス・ネットワーク」により、地域の多様な個性に磨きをかけ、地域間の対流を生み出す「対流促進型国土」を築くとともに、複数の地域間の連携による人・モノ・情報の交流を促進する地域づくりを目指します。今後、幅広く関係者からの御意見を伺いながら、全国計画については夏頃のとりまとめに向け議論を深めてまいります。

「社会資本整備重点計画」の見直しを進めてまいります。その際には、インフラ老朽化、巨大地震、激甚化する気象災害、人口減少に伴う地方の疲弊、激化する国際競争といった切迫する危機への対応を図ることが重要です。この計画の見直しを通じ、必要となる担い手を確保し、中長期的な見直しを持った計画的な社会資本整備を進めてまいります。

交通の分野では、一昨年秋の臨時国会で成立した「交通政策基本法」に基づき、昨年「交通政策基本計画」の策定に着手いたしました。この計画には、我が国が直面する課題である、日常生活等に必要な交通手段の確保、国際競争力の強化、大規模災害への対応等について、政府を挙げて長期的な観点から取り組むべき施策を盛り込むこととしており、本年初頭にも決定してまいります。また、同計画を着実に推進することにより、我が国が直面する経済社会面の大きな変化に的確に対応し、将来にわたって国民生活の向上と我が国の発展をしっかりと支えることができる交通体系を構築してまいります。

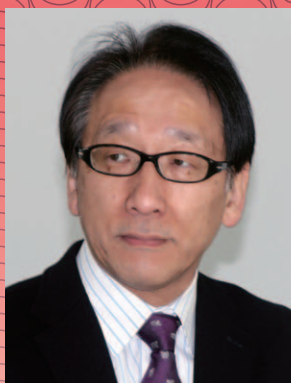
新しい年が皆様方にとりまして希望に満ちた、大いなる発展の年になりますことを祈念いたします。

東日本大震災からの 復旧・復興状況と今後

—震災から4年の沿岸施設の復旧・復興への取組みと今後の課題—



東日本大震災の発生以降、様々な復旧・復興の取組みが行われてきた。本座談会ではそうした現状を分析しつつ、今後の課題について、地震・津波の解析技術や構造技術などの技術的な分野とともに、今後の防災・避難計画などについて語っていただいた。



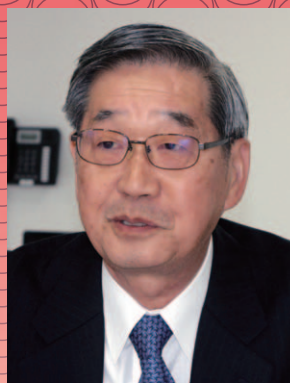
今村文彦氏

東北大学
災害科学国際研究所
所長



津田修一氏

国土交通省
東北地方整備局
副局長



高山知司氏

一般財団法人
沿岸技術研究センター
沿岸防災技術研究所 所長/
京都大学 名誉教授



川島毅(司会)

一般財団法人
沿岸技術研究センター
理事長

はじめに

川島▷本日は新年早々のお忙しい中、お時間を頂きまして大変有難うございます。よろしくお願い致します。

平成23年3月11日に発生しました東北地方太平洋沖地震(3.11)は東北地方を中心に未曾有の大災害をもたらしました。発生から4年になろうとしておりますが、今なお仮設住宅での生活を初め、厳しい環境の中で過ごされている方が多数おられます。亡くなられた方々に改めてお悔みを申しあげますとともに、一日も早い復旧・復興を願っております。

さて本日は「東日本大震災からの復興状況と今後」と題しまして、沿岸域の被災を中心に、東日本大震災の地震・津波のメカニズム、被害の要因などについてお話を伺い、今後の震災対策に活かすとともに、復旧・復興のあり方などについて示唆を頂きた

いと思っております。まず初めに今村先生から、東北地方太平洋沖地震・津波の特徴などについてお聞かせ下さい。

東北地方太平洋沖地震の特徴

今村▷東北地方は従来から地震・津波の常襲地帯です。これまでほぼ100年周期で大規模な地震が発生しておりますし、宮城県沿岸は40年弱の間隔で繰り返し地震・津波の被害を受けています。このため行政、住民の方々も一体となり、かなりの備えはしていたはずですが、今回の地震の大きさはマグニチュード9と言われ、かつ津波も広域で非常に大きいものでした。福島第1原子力発電所事故も含めて、人類がいままで経験したことのない大規模で複雑な複合災害だった。これが3.11だったと思います。

川島▷有難うございます。高山先生はどのように捉えておられますか。



高山▷私もこのような大規模な地震が起こるという予測は全くしていませんでした。2004年12月26日にインド洋大地震・津波が発生し、翌年の1月に国連防災10年という会議が神戸市でありました。私も参加させていただきましたが、そのとき外国の記者の方から、「日本でもマグニチュード9ぐらいの地震は起きる可能性はありますか」と取材を受けたことがあります。

その時まで日本で起きた最大地震はマグニチュード8.6ぐらいだったものですから、「いや、日本でそんな大きなものが起きるとは思っていません」と答えました。しかし数年して東日本大震災が起きてしまった。日本人のどなたも、このような大きな地震・津波が起きるとは予想していなかったのではないのでしょうか。そして結果的に、このような大規模なものも起こらないとの認識が大きな災害になってしまったのではないかと思います。

東日本大震災では津波の規模が非常に大きかったことから海岸・港湾構造物が壊されました。近代になってからも日本は津波に幾度となく襲われていますが、港湾構造物が大規模に壊れた経験はなく、今回が初めてです。また津波の規模が非常に大きかったこともあって、避難場所に設定したところでも被災したケースがあり、多くの人命が失われました。こうしたことが今回の地震・津波の大きな特徴かと思えます。

川島▷有難うございます。国としての立場で震災の復旧・復興について取り組んでおられる津田副局長から、復旧に向けた現在の進捗状況についてお聞かせ下さい。

津田▷地方港湾も含めて東北の太平洋沿岸には震災当時22港ありましたが、震災直後、すべての岸壁機能が止まってしまいました。その後、順次機能を再開し、26年末で岸壁の約97%が使えるようになっています。

防波堤も八戸港などで大規模に壊れましたが、すでに26年3

月時点で復旧は大体終わっていて、現在残っているのは釜石港、大船渡港、相馬港の防波堤です。釜石港、相馬港は29年度、大船渡港は28年度までにそれぞれの復旧を終える予定です。

また港の活動ですが港湾施設が壊れた結果、太平洋側の港は震災直後の4月には、それまでの2~3割ぐらいの貨物量に落ち込みました。特に、仙台港では、コンテナの取扱いはほぼゼロの状態だった、と言えると思います。

現在は概ね各港とも震災前を超えるレベルになっていますが、細かく見ると、復興関係貨物、例えば住宅用木材、建設資材等の貨物を除くとまだ震災前には戻りきれていないかなという感じです。特に水産関係などの輸出量が減っています。大規模に被災した結果、背後の産業にもかなり影響が及ぼされている状況です。

港湾復旧への取組みは、津波で港内に瓦礫が流れ込みましたので初動では港の啓開作業を行いました。現地にある作業船も被災していますので、確保できた4船団を宮古港、釜石港、仙台港に投入しそこから順次、周りの港に拡げていきました。

その後、応急復旧の作業を始めましたが、それが4月ぐらいからです。その結果仙台港と小名浜港は5月末から6月にかけて貨物船が入れるようになったと思います。

その後は本格的な復旧作業になります。そして高山先生に委員長になっていただき、今村先生にも入っていただいて、「東北港湾における津波・震災対策技術検討委員会」を開きました。そこで先生方のご意見をいただきながら対策の方向性をまとめ、ようやく本格復旧の作業に入ってしまったわけです。またこうした作業と並行して現地では、復旧・復興方針を決めるための復興会議を開いています。港湾管理者、立地企業、利用者が入った組織ですが震災翌月の4月に設置しました。8月ぐらいまでに各港の工程表、どの岸壁をいつまでに直すかといったものを産業・物流復興プランというかたちでまとめました。これが当時、国として港に関して行った取組みです。

復旧・復興の現況について

川島▷今村先生、高山先生から今回の地震・津波被害について基本的な考え方を聞かせていただき、津田副局長からは復旧に向けた取組みをわかりやすくまとめてご紹介いただきました。

高山先生は最近、復興状況の現地調査をされました。また今村先生はこれまで地震防災等に係る研究をしてこられ深い知見をお持ちです。また政府、自治体の防災計画にも尽力され、地域と連携して地域防災に取り組んでおられます。いまの副局長のお話や対応も含め、ご意見を伺いたいと思います。

高山▷昨年12月、駆け足ですが3日間をかけて田老町(現・岩手県宮古市田老地区)から小名浜港まで復旧状況等を視察してきました。破壊された防潮堤や防波堤の復旧は順調に進んでいる

という印象でした。この中で防潮堤は高価だけれどもある程度早く施工できる方法が採用されています。早期の復旧ということで仕方ないことかと思いますが、安く頑丈なものにする必要があると思います。そうした分野の新しい技術開発もしていかなければならないと思います。

新しい構造形式としては、釜石港の湾口防波堤では長大なハイブリッドケーソンが部分的ですが設置されています。それから、鋼管とプレキャストコンクリートを使ったハイブリッドの防潮壁も採用されるなど新しい技術がどんどん導入されています。

一方、住宅地の復旧は、まだまだかなと思います。住民の方々が帰ってこられて町ができないと復興したことになるわけですから、まだ時間がかかりそうだというのが心配でした。そのことについては、今村先生がお詳しいと思います。

今村▷復旧・復興の視点で改めて認識したいと思うのは、現状に戻す復旧ではなくてよりよい暮らしのある地域にするための復興であることだと思います。復興においては三つの要素が重要になると。「暮らし・営み(産業)・つながり」です。

暮らしの点では復興公営住宅もかなり建設され、入居いただいている方々はまだ少ないですが、着実に進んでいると思います。

二つ目の「産業」は、津田副局長がおっしゃったとおり、まだまだ水産など立ち直れないところがあります。若い担い手が少ないなど構造的な問題もあります。それについては支援が必要でしょう。

また「つながり」は、町に人が集まり物づくりなどの活動も始まって、初めて強化されると思います。これはまだ大きな課題です。

東日本大震災ではかつてない災害を受けましたので、かつてない復興をしなければいけない。これまでは、大きな被害を受けても人口が増えていったのでカバーできました。わが国は三陸地域を度々襲った津波や関東大震災などで歴史的な大災害を受けましたが、その後人口が増えることで、立ち直ってきたと思います。しかし今回は厳しい。コンパクトシティなどまちづくり自体もその視点に立っていますが、それをいかに実現していくかが課題だと思います。

地震・津波の解析技術

川島▷技術的な知見についてですが、地震・津波の解析、大規模被害の原因、得られた防災知見等について、今村先生のお考えをお聞かせください。

今村▷今回の巨大地震・津波の解析、実態解明は、地震においても津波においても、従来よりはるかに密なネットワークで、高精度な観測データが得られました。残念な現象が起きましたが、そこで得られた理解は非常に進んだと思います。M9がなぜ起きたのか。地震が起こる前のゆっくりとした滑り、前兆現象とか、今まさに議論しているのですが、それを研究できる貴重なデータ

が得られました。

さらに津波に関してはGPS波浪計を単に観測だけではなく、まさに命を救う情報として活用できたと思います。これは非常に大きな進歩です。そのようなデータがあると、解析のためのシミュレーションが非常によくなります。現在は次世代スーパーコンピュータ「京」を使いながら、高精度で広範囲な津波解析をリアルタイムでできるレベルまで来ました。初期条件のきちんとした監視データがあり、パフォーマンスの高いコンピュータがある。その融合でより正確な情報をいち早く出せるようになると期待しています。

粘り強い構造への取組み

川島▷先ほど津田副局長からお話がありましたが、東北地方における津波・地震対策技術検討委員会には両先生が参加されておまとめになり、「粘り強さ」が提案されたと思いますが、これは非常に新しい考え方だと思います。高山先生、それについての考えをお聞かせいただけますか。

高山▷いままでいろいろな防潮堤、津波防波堤を造ってきましたが、それは今回の東日本大震災の後にできたレベル1、レベル2津波の分け方で言いますと、レベル1津波を対象にしていました。完全に防護し、越流もさせないという条件です。しかし、東日本大震災の津波はそれをかなり超え、越流という現象が起きました。以前は津波が防潮堤や防波堤を超えることは殆ど考慮していませんでした。

越えさせないことを前提にしていたから、私が港湾技術研究所にいたころは極端に言うと、「津波防波堤ができたら背後が





浸水することはない。防潮堤を大幅に越流することは考えない、考えてはいけない」というようなイメージで研究をしていました。

しかし今回の津波では越流により防潮堤の背後が洗掘されて堤体が陸側に倒れました。また津波の侵入時に壊れなくても、引波のときに前面が洗掘されて沖側に倒れるということが起きています。越流によって防波堤の背後に渦が発生し静水圧よりも水圧が小さくなったり、前面と背面との大きな水位差によって浸透流が生じ、さらに洗掘が進むという現象が起きました。

つまり、いままで考えてこなかった越流によって生じた新しい現象が出てきたわけです。その解明は、これからやっつけていかなければいけない非常に重要な問題です。港空研でもいろいろ取り組んでいると聞いています。

「粘り強さ」の取組みについて、防潮堤は現在かなり「粘り強さ」化を行っています。防波堤は現状ではまだ「粘り強さ」化はなされておきませんが、裏込石でマウンドを高くする工夫などの検討がされています。ただマウンドを嵩上げするとマウンド幅が相当広くなり、防波堤の背後は航路が近いので航路に影響するので幅を狭めるため、鋼管矢板で止める工夫などもなされています。

また八戸港では裏込石の代わりにカウンターウエイトブロックを使ったと聞いています。八戸港の北防波堤のハネ部ですが、コンクリートのフレームを置き、中に石を詰めた構造です。そうすると、マウンドの石と中に詰めた石とで摩擦係数が大きくなり抵抗力が増える。それを何段か積む。津田副局長がよくご存知だと思いますが、そういう工夫もされるようになっていきます。他にもアイデアとして幾つか設計されているようですが、まだ実際にはやられていません。

川島▷津田副局長は「粘り強さ」にどう取り組んでいかれようと考えておられますか。

津田▷整備局では高山先生、今村先生に入っていた技術検討委員会において、また中央では港湾関係の審議会や海岸分野で議論が行われ、その結果、減災という考え方、防護目標を明確にする方向になっています。ただ実際の復旧の過程では、「粘り強さ」についてはまだ検討段階だったこともあり、考えられるもの、アイデア的なものも含めて、実験で確認しながら進めたのが実情です。

特に港空研にはいろいろ実験していただきましたし、整備局でも実験を繰り返しました。津波も波だと思っていたのですが実際は流れでした。海底からの強い流れが防波堤に当たるといのは、いままで設計したことのない世界でした。これにどう対処するのか。カウンターウエイトとしての背後のマウンドを高くする、被覆ブロック同士を連結させる等々、いくつか検討しています。そうした検討過程の中で、港湾局の「防波堤の耐波設計ガイドライン」が昨年夏にまとまりました。この中に「粘り強い構造の考え方はどうするのか」の基本的な考え方が示されています。これからはガイドラインに基づき、防波堤の改良工事に使われてくるのではないのでしょうか。東南海・南海地震などの影響を受ける港では一部取り組みつつあると思います。

川島▷技術基準やガイドラインでも、いま言われた浸透流など、いくつか課題が上がっています。今後もその研究に取り組んでいくということでしょうか。

津田▷そうなると思います。ガイドラインができたからそれに基づいて設計ができるかという、必ずしもそうではないと思います。構造物を設計する際には手探りのところがたぶんあると思いますので、場合によっては実験を繰り返して、そこから答えを導き出す。その中で特に難しい浸透流などは港空研なりが中心となって取り組んでいくのではないかと思います。

高山▷いまも港空研の土質関係の部門で、浸透流や越流津波による洗掘の問題に取り組んでいます。まだ設計に応用するところまでは行っていませんが、ある程度の現象のメカニズムの解明はできています。これまでも「粘り強さ」についての模型実験が港空研などで行われて来ています。けれども、それは想定している場所に対する対策であって、条件が違うところはどうか、標準的に設計できる状況にはなっていません。



津田▷そうですね。今回の防波堤復旧にあたっては、基本的なものをつくって、後から付加的に「粘り強さ」をつけていこうというやり方です。工事を進めながら、堤体背後の裏込石等は後から盛ればいいという感じでやってきました。ただそのときに、津波の継続時間が防波堤の壊れ方に影響してきます。今回の津波の継続時間を考えたらいいのか、それとも将来起こるであろう津波の継続時間を考えるのか。これはまったく分からない部分です。東北地方の復旧事業では今回の津波を代表としました。高山先生がおっしゃるとおり、地域や発生する津波によって変わってくると思います。いろいろ条件を変えながら、現地にか合うものをそれぞれやっていかなければいけません。

ただ、「粘り強さ」を考えると、実験しなくても設計できる方法はないかという議論の中で粒子法が使えるのではないかという話がありました。これは沿岸センターにお願いして検討している段階です。

今村▷まさにその部分も実験と設計の間を結ぶもので、それが数値モデルだと思います。粒子法も非常に複雑な現象を再現できますが、もう一步進める必要があります。流体・地盤・構造物というこの3層構造を、近い将来きちんと解析しなければいけません。そのときに「京」の活用があります。基本的なモデル開発が大切になりますが、それは今回の現地データや実験データで取られているので、開発する基礎はできたのではないかと考えています。

高山▷シミュレーションで現象を再現するわけですが、私は完全に再現しなくても、かなり誤差が含まれてもいい。「こういう条件の場合には、この程度の対策をすればいい」と推定できるようになっていけばいいのではないかと、考えています。あとは実験で確かめればいわけです。最初の段階から実験を始めるとなるといろいろなものをやらなければいけなくて、ものすごくお金がかかります。

津田▷そうですね、絞り込みをしていく。

高山▷まずはシミュレーションをして絞り込んで、どのぐらいの「粘り強さ」にするかという条件があり、それに対応する対策をつくる、それを実験で確かめるという手順でやると非常に効率がよくなると思います。少しは誤差があってもいいと思いますが、「こうすればいい」というものを出せるように整備していかないと、大変だと思います。

津田▷そうですね。構造物の話になりますが、構造物を設計するとき断面でしかイメージしていませんが、実は津波のときは平面で考えなければいけない。防波堤を堅牢にしますと港口に流れが集中しますから、港口の洗掘がすごく進みます。八戸港において防波堤が壊れた側では港口の洗掘はないのですが、防波堤の被害が少なかった漁港側は、港口が10~15m掘られました。被害を平面的な配置のなかで考える。場合によって、「ここは諦め切る部分」ということも考えていかなければいけないということが、今回の津波で分かって来たことかと思えます。

高山▷八戸港で洗掘が起き、埋立護岸の一部が洗掘で破壊され



ました。高知新港の場合は将来、南海トラフ津波への対応として、洗掘がどこでどう起きるのかをシミュレートできるようにならないといけないのですが、計算しても、計算が合っているかどうかチェックするのがなかなか難しいです。

今村▷今回の3.11で、そうしたデータをかなり取ることができました。たとえば、仙台平野の津波前の地形と津波後の地形です。いままさに広域的に仙台湾の中や陸前高田で移動床計算をしているところでして、期待していただきたいと思っています。

高山▷正確に何メートルという数字がぴたりと合わなくても、構造物にどう影響するかがわかる程度に出てくればいいいと思います。今村先生の研究に、ぜひ期待したいと思っています。

今村▷今回はレーザープロファイラーで、2mメッシュで地形を取っています。震災前のデータは一部しかありませんが、そういうところも使いながら取り組んでいます。

津田▷今、レーザープロファイラーの話が出ましたが、構造物を復旧するにあたってビデオカメラの映像や写真などが残っていることが非常に役立っています。海の中はマルチソナーやサイドスキャンソナーで調査し、これも非常にリアルにわかります。陸上はレーザープロファイラーですが、先生がおっしゃるように震災前と後があれば一番いいでしょう。最近は観測技術がすごく発達していて、それが役に立っていると思います。

高山▷「現地がこうなりました」というものがあれば、シミュレーションでどの程度再現できるか、精度が検討できますから一番重要となります。いままではそういうデータがない。模型実験でやろうとしても移動床では模型実験が合っているかどうか分からないから非常に難しいです。

今村▷津田副局長が言われましたが、広範囲になるとこの影響を小さくさせるかとか、それは地域防災も実は同じです。



たとえばレベル1で評価していても、ある地域は「そこまで要らないからもう少し下げてほしい」という声が出たりします。当然、合意の中でやりますが、津波に襲われた場合、周りはレベル1ですのて下げたところに力が集中してしまいます。そういうことも全体的に見ていただかないといけない。

復興を睨んだインフラ整備と港湾BCP

川島▷有難うございます。復興を睨んだインフラ整備や将来に繋がる港湾BCPなどの取組み、更には東海、東南海、南海、首都直下地震に対してどういう政策が求められるのか。津田副局長はどのように考えておられますか。

津田▷インフラ整備というハードの部分と、BCPのようなソフトと、併せてやらないといけないと思います。レベル1、レベル2の話がありますが、レベル1に対しては、構造物、すなわちハードを確実に設計する。それを超えたレベル2に対してはハードだけでなく、ソフトも加えて全体として「粘り強さ」を、しっかり考えていく必要があります。

今回の大震災では太平洋岸が被災したときに日本海側がかなりバックアップしています。震災直後、太平洋側の港は貨物量は2〜3割に落ち込みましたが、東北全体で見ると7割ぐらいです。日本海側が落ち込みをカバーしたわけですね。

そういった意味で日本海側の港との連携を意識しておかなければいけない。また、普段使っていないところを震災があったからといって突然、使い始めることはできないと思います。日常的に日本海側の港をバランスよく使っていくためのインフラ整備が必要になると思います。日本海側の港がアジアとの関係も含めて機能できるように意識しながら港の整備を考えていきたいと思っています。いま東北の港のビジョンづくりをされていて、ビジョンの中でそんなことも示していきたいと考えています。

一方、南海トラフ等の大規模地震に関しては、国として起きてはならない事象を想定した上で、それに対してどうインフラを整えていくか、どのようなソフトで対応するかをしっかりと作り上げていくことが大事です。政府も今そういう方向で進めていると思います。

防災、減災に向けた今後の課題

川島▷今村先生は地域連携と防災教育にこれまでも随分力を入れて来られています。復旧・復興、防災、減災に向けた今後の課題や大切なことという視点で、ソフト・ハードも含めお考えを伺いたいと思います。

今村▷今後すべきことは、大きく二つあると思います。一つは安全レベルの話です。今はレベル1、2で、これも一つの大きなステップだと思いますが、おそらくレベルはもう少し細かく決めなければいけないだろうと思います。技術的な情報を与えながら、住民または地域、行政が合意形成をしなければいけない。そのときに、いまの2段階だとなかなか合意形成が難しい場合もあります。皆さんに納得して頂ける仕組みが必要かなと思います。

たとえば原子力発電所は深層防護という概念があつて、5段階に分かれています。大きく設計内と設計外に分かれていて、設計内も3段階に分かれています。発生を抑止する、拡大を抑止する、深刻な状況とはどういうレベルで、それを抑止するためにはどうしたら良いかというきめ細かい議論をしています。最重要施設だからできることかもしれませんが、そうしたアイデアも地域防災に入れて、安全レベルを皆さんと議論して合意していかなければいけないだろうと思います。そうしないと、どこまで守るぞと言えないと思います。

2点目は、命を守るためにはどうしたらいいか。教育も必要ですが、それだけではまだ十分ではないと思います。

先程、3.11の地震・津波被害の観測の話が出ましたが、もう一つ、人の行動も観測できました。ビッグデータということで携帯やカーナビのGPS情報をいただいたことで、あとき誰がどういう行動をしたかが、逐次わかるようになりました。そこから得られる知見は今後、防災面で活用できると思います。

それをさらに一歩進め、そういうデータがリアルタイムで使えるなら、地震・津波が起きた時に、どういう状況で何を回避しなければいけないか、そのために相互に情報交換して行くような取組みも考えられます。それがまさにビッグデータの活用です。最終的には技術面のサポートとわれわれの理解、防災教育や認識がカバーして、現実化できるのではないかと思います。

津波対策技術の課題

川島▷高山先生は津波対策をどうするか検討されていると思いますが、実際に現場で対策を考えるときの技術的課題についてはどう考えておられますか。

高山▷私が一番気にしているのは、「粘り強さ」についてのことで、今はある程度アイデアを取り入れて、実験で確認しなが

ら進めています。現在は早急に復旧しなければならない段階ですから仕方ないのですが、そのように対策したものがどこまで持つのか、まだきちんと実証されていないのが少し心配です。

防波堤のガイドラインも、レベル1規模は越流させない、変形もしないということで、動くか、動かないかだけをやっています。レベル2は越流を許容し、少し変形しても良いとなっていますが、防波堤のガイドラインではレベル2もやはり強度です。だけど、それは動くか動かないかだけを言っているだけであって、「粘り強さ」は変形も許容するという事なので、どう変形してどう止まるのか非常に重要です。そのへんのこと、あまり解明されていない。そこをきちんとやっていかないといけないと思います。

「こういう対策をしたらこういうかたちで止まります」、「こういうかたちで止まるから、防御機能は100%ではないけれど80%ぐらいは残っている、ゼロにはなっていない」というようなことをきちんとと言えるかたちに持っていけないと、実際の設計になかなか使いにくいのではないのでしょうか。

今後の防災・避難計画の 取組みについて

川島▷想定を超えたことにより避難したけれども災害に遭った人もおられます。今村先生は防災計画、避難計画に取り組んでおられますが、今後どういう取組みをしていけば良いでしょう。

今村▷今回、想定を超えてしまったのですが、改めて想定の大切さを認識しています。構造物も、想定がなければまったく対応できません。避難やソフトも同じです。

いままでは過去の記録に則った「最大」を対象にしていたのですが、今回はそれを上回ってしまった。将来、可能性のあるものも含めて想定するという事で、レベルを上げました。でも、何が起こるかわからない。そのプラス・アルファを忘れないように心がけています。

最後には計画をきちんとやることと実践です。避難やいろいろな対応を、いかにプラクティカルに対応できるようにするか。一つは訓練を心がける。地域、企業でもそうですし、習慣化というのでしょうか。当たり前にするべきところを、もっと率先してやりたいと思います。

津田▷先ほどの「ビッグデータ解析による人の行動」という話ですが、今回の地震を考えたとき、情報をどうやって正確に伝えるか。生の情報というか、「いま観測しました」という情報を関係者に伝える工夫、観測情報を伝える仕組みをしっかりとつくっていく必要があると思います。防災関係者に、できれば一般の方にも、エリアメールみたいなかたちで、「いま観測しました」というものは意味のある情報ではないのでしょうか。人の行動の解析と併せて、考えていかなければいけない分野と思います。

今村▷そのとおりですね。震災前はできるだけ正確な情報をたくさん提供しようという方向でした。今回、新たに見直す情報

の洪水だったりするので、ある程度は整理しなければいけない。その中でプライオリティが高いのは観測情報です。また、予測情報とか定量的なものをきちんと出す必要があります。

津田▷東北地整では今村先生に教えていただきながら、GPS波浪計の観測情報をダイレクトに自治体の防災部局やそこを經由して消防団など防災活動に従事する方々に渡り渡りするような取組みを検討しています。例えば消防団に「10分後に津波が来ます」と言えば、「あと5分活動して逃げよう」となるはず。今回の海岸法の改正では、水門、陸閘の操作規則策定が義務づけられて、そうした場合に、「GPS波浪計でいま観測しました」という情報は非常に重要だと思います。シンプルな情報を発信し、防災活動に使ってほしいということをお願いしたいと思います。システムはだいたいでき上がってきました。

川島▷東北地整の取組みが他の地区に広がろうとしており、沿岸センターもシステムの検討などお手伝いしております。

東日本大震災では地元で港湾関係者が復興会議を開いて復興プランをまとめられたとのことですが、この経験も今後活かされるのでしょうか。

津田▷各港湾においてBCPを今策定中ですが、計画の内容に加え、会議で関係者が顔を合わせていることも大切です。誰が何をしているか。「この問題が出たときは誰それに言えば何とかしてくれる」とか、そういうコミュニティができていことがきわめて大事です。

高山▷それは普段から。

津田▷普段からです。BCPをつくる過程で、顔を付き合わせてコミュニケーションしている。それを介して訓練を繰り返していくところが、BCPのもう一つのメリットです。そこに存在するメンバーがプレイヤーだ、と分かることが非常時の臨機の対応に大事だと思います。

川島▷本日は貴重なご意見を有難うございました。私共沿岸技術研究センターにおきましても皆様方のご指導を頂きながら沿岸域の防災、減災についてその技術面、防災知識の普及・啓発などに取り組んで参りたいと考えています。本日は有難うございました。





東日本大震災を踏まえた 港湾の防災・減災対策について

加藤 利弘 国土交通省港湾局海岸・防災課 災害対策室 室長

東日本大震災発生から今年で4年をむかえ、さらに新たな大規模災害が懸念されているなか、さまざまな防災・減災対策が講じられている。本稿では港湾における対策についてご紹介いただいた。

東日本大震災による被害と復旧状況

(1) 発災直後の状況

平成23年3月11日に発生した東日本大震災では、八戸港から鹿島港に至る太平洋側の港湾が大きな被害を受け、一時その機能を全面的に停止した。地震、津波による港湾関係施設の被害は4千億円を超えた。

被害状況を概観すると、同じ太平洋側の港湾でも、地盤条件や地震動、津波の来襲状況に応じて、北部は津波による防波堤等の被害が顕著であり、南部は地震動による岸壁等の被害が顕著であった。

発災直後、港湾施設の多くは被災して使用できなかった。また、津波により流されたガレキやコンテナ等が港内に漂流、沈没して、船舶の入港を不可能にしていた。

国と港湾管理者は、早急に海上からの緊急物資輸送を開始するため、事前に災害協定を締結していた港湾建設業団体の協力を得て、港湾施設の緊急復旧や航路の啓開作業に着手した。その結果、3月24日までに、八戸港から鹿島港までの主要11港ではいずれかの岸壁が利用可能な状態となり、緊急物資の搬入が可能となった。また、被災地で不足した燃料については、使用可能な石油タンクが残っていた仙台塩釜港塩釜港区の航路啓開作業を集中的に行い、3月21日にはオイルタンカーの第1船を入港させることができた。

太平洋側港湾の機能停止に伴って、被災地では必要とする石油や配合飼料等が不足した。このとき、秋田港や新潟港等の日本海側の港湾は、被災した太平洋側港湾に代わってこうした物資を受け入れ、太平洋側の地域へ陸送することで、被災地の生活の維持・再建、産業の復旧・復興に大きな役割を果たした。

コンテナ等の輸送については、仙台塩釜港仙台区のコンテナターミナルや茨城港大洗港区のフェリーターミナル等が被災により機能停止に陥り、かなりの期間、地域の経済活動に大きな影響

をもたらしした。その影響は国内に留まらず、一時期、遠く海外の自動車生産工場の操業まで影響を及ぼすこととなった。

(2) 復旧状況

港湾施設の復旧については、各港毎の「産業・物流復興プラン」において主要港湾施設の復旧工程計画を定め、計画的に推進してきた。

復旧工事は、当初計画より若干の遅れは見られるものの、復旧工程計画を定めた131箇所的主要港湾施設については、当初より復旧に時間を要するとされていた釜石港、大船渡港、相馬港の3防波堤を除き、平成26年度中に完了する予定となっている。残された3防波堤についても、大船渡港湾口防波堤は平成28年度末、釜石港湾口防波堤及び相馬港沖防波堤は平成29年度末までに完了する見込みである(図1)。

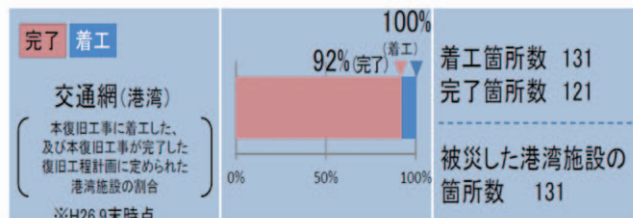
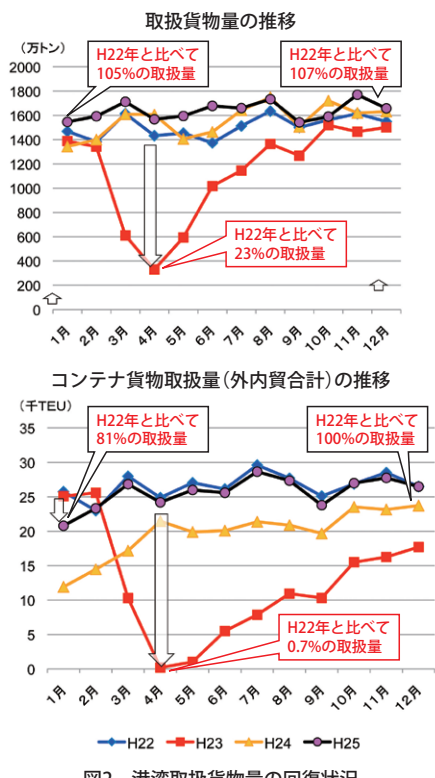


図1 港湾施設の復旧状況

被災地港湾(八戸港~鹿島港)における取扱貨物量をみると、震災直後の平成23年4月には前年同月の23%まで低下したが、停止していた企業活動が再開したこと、また、復旧・復興に向けた公共事業の進展に伴う資材等の取扱量の増加やアベノミクスによる経済の好転も加わり、平成25年は震災前を上回る取扱量となっている。

また、コンテナ貨物取扱量をみると、震災直後には全面的に停止した定期コンテナ航路も順次再開しており、平成25年末には、震災前の平成22年と同じレベルまで回復している(図2)。

このように、港湾施設の復旧や港湾物流の回復は着実に進みつつある。しかし、地域全体の復旧、復興はまだまだ「道半ば」であり、今後、更なる取り組みが期待される。



※貨物データは港湾管理者ヒアリングをもとに国土交通省港湾局作成

起きてはならない最悪の事態の例	推進計画の例	重要業績指標 (KPI) の例
		<p>【国交・農水】東海・東南海・南海地震等の大規模地震が想定されている地域等における海岸堤防等の整備率(計画高までの整備と耐震化) 約31%(H24)→約66%(H28)</p> <p>【国交・農水】最大クラスの津波ハザードマップを作成・公表し、防災訓練等を実施した市町村の割合 14%(H24)→100%(H28)</p> <p>【国交・農水】東海・東南海・南海地震等の大規模地震が想定されている地域等において、今後対策が必要な水門・陸間等の自動化・遠隔操作化率 約33%(H24)→約57%(H28)</p>
<p>被災地での食料・飲料水等、生命に関わる物資供給の長期停止</p>	<p>・関係機関の連携等により装備資機材の充実、情報収集・共有、情報提供など必要な体制整備を図る</p>	<p>【国交】大規模地震が特に懸念される地域における港湾による緊急物資供給可能人口カバー率 59%(H24)→64%(H28)</p>
<p>サプライチェーンの寸断等による企業の国際競争力低下</p>	<p>・サプライチェーンを確保するための企業ごと・企業連携型BCPの策定</p>	<p>【国交】航路啓開計画が策定されている緊急確保航路の割合 0%(H24)→100%(H28)</p>
<p>基幹的陸上海上交通ネットワークの機能停止</p>	<p>・基幹交通の分断が社会・経済に及ぼす影響に関する想定精度の向上を図る。</p>	<p>【国交】国際戦略港湾・国際拠点港湾・重要港湾における港湾の事業継続計画(港湾BCP)が策定されている港湾の割合 3%(H24)→100%(H28)</p>
<p>電力供給ネットワーク発変電所、送配電設備)や石油・LPGガスサプライチェーンの機能の停止</p>	<p>・コンビナート港湾における関係者が連携したBCPを策定</p>	<p>【国交】製油所が存在する港湾における、関係者との連携による製油所を考慮した港湾の事業継続計画(港湾BCP)策定率 0%(H24)→100%(H28)</p>

表1 国土強靱化アクションプラン2014の概要(港湾関係抜粋)

迫り来る大規模災害

東日本大震災から、まだ4年近くしか経過しておらず、また、その復旧、復興も完了していない状況にもかかわらず、早くも次の大規模災害が懸念されている。今後30年間に起こる確率が70%程度と想定されている「南海トラフ地震」(南海トラフ沿いで100~150年間隔で発生するM8クラスの大規模地震)と「首都直下地震」である。

いずれの地震についても、平成25年末に、当該地震に対する対策を規定した特別措置法が制定されており、平成25年度末の地域指定及び基本計画策定と同時進行で進んできた。具体的な対策を定める具体計画の段階に至って、「南海トラフ地震」に関する検討が若干先行しているが、いずれも平成26年度中に具体計画を策定する見込みである。

内閣府により、「南海トラフ巨大地震」(南海トラフ沿いで発生する千年に一度あるいはそれよりもっと発生頻度が低いM9クラスの巨大地震)の被害想定が行われているが、被害額は約220兆円、超広域にわたる強い揺れと巨大な津波への対応が主な課題とされている。一方、「首都直下地震」についても被害想定が行われており、こちらは被害額約95兆円、木造住宅密集市街地を中心に発生する大規模火災への対応や中枢機能の確保が主な課題となっている。

また、平成26年8月には、「津波防災地域づくり法」に基づき、日本海における最大クラスの津波の断層モデルと津波高の概略計算結果が示されたが、日本海側の地域においても、10m程度の津

波の発生が予想されている。

このほか、地球温暖化による台風の大型化や海面上昇、高潮災害の深刻化など様々な大規模災害の可能性が指摘されるなか、平成25年末には、大規模災害等に備えた国土の全域にわたる強靱な国土づくりの推進を目指す「国土強靱化基本法」が制定された。さらに、同法に基づき、平成26年6月には、国土強靱化に係る国の他の計画等の指針となる「国土強靱化基本計画」と、主要施策等を定めた「国土強靱化アクションプラン2014」が策定された。

アクションプランは、基本計画を着実に推進するため、主要施策の進捗管理にあたって重要業績指標(KPI)等の具体的な数値目標を設定し、毎年度、施策の進捗状況を可能な限り定量的に評価しようとするもので、港湾関係では、表1に示す重要業績指標(KPI)が設定されている(表1)。

港湾における防災・減災対策

東日本大震災の教訓を踏まえるとともに、迫り来る大規模災害へ備えるため、港湾局では、「港湾及びその背後地を守る」という観点と、「災害時も海上輸送ネットワークを維持する」という観点から、それぞれハード、ソフト両面の施策を展開している。いずれの施策についても、発生頻度の高い津波(数十年~百数十年に1回発生する規模の津波:レベル1津波)に対しては構造物によって津波の市街地への侵入を防ぐ一方、最大クラスの津波(数百年~千年に1回発生する規模の津波:レベル2津波)に対しては、津波

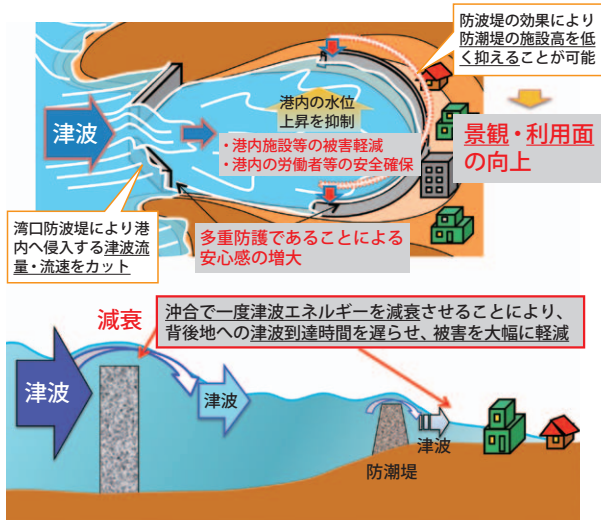


図3 多重防護のイメージ

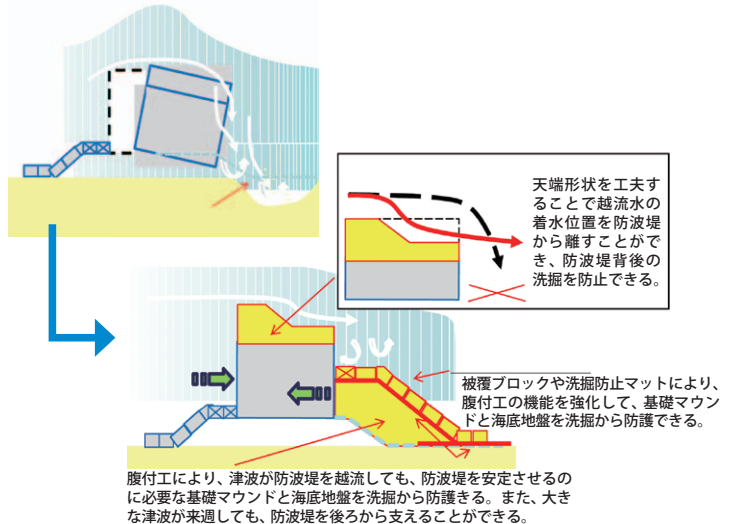


図4 粘り強い構造とするための防波堤の補強策

の市街地への侵入を許容し、避難を軸としたソフト対策を中心に据えるという基本的な考え方を踏まえたものである。

(1) 「港湾及びその背後地を守る」という観点からの施策

「港湾及びその背後地を守る」という観点から、ハード対策では、「多重防護」の考え方と「粘り強い構造」の導入等を進めている。

「多重防護」とは、津波の来襲に対し、まず防波堤で津波流量を削減し、流速を低下させることにより港内の水位上昇を抑制し、次いで防潮堤により背後地への津波の侵入を防止するという段階的な防護の考え方である。東日本大震災の津波シミュレーションでは、釜石港の湾口防波堤が、背後地への津波の到達時間を約6分遅らせ、津波高、浸水面積を約4割低減したという計算結果が出ており、まさに「多重防備」の効果、必要性が示されている。この考え方に沿った対策が、現在、南海トラフ地震等による巨大津波が想定されている高知港等で取り組まれているところである。

「粘り強い構造」とは、何度も来襲する津波等に対し、多少壊れても一度で倒壊せず、最後まで何らかの減災効果を発揮させるように構造物を粘り強く強化する考え方で、主に防波堤を対象に導入を進めている。多重防護と同様、南海トラフ地震等による津波が想定されている太平洋側の港湾を中心に取り組まれているところである。(図3) (図4)

また、東日本大震災の際、水門・陸閘等の操作に従事した方が多数犠牲になったことを踏まえ、水門・陸閘等の統廃合や自動化、遠隔操作化といったハード対策を進めているほか、ソフト対策として、平成26年6月に海岸法を改正し、現場作業員の安全を考慮した水門・陸閘等の操作規則の策定を海岸管理者に義務づけたところである。

このほか、ソフト対策では、防潮堤等の防護ラインより海側で活動する港湾労働者や港湾利用者等が安全に避難・待避できるよう、平成25年9月に「港湾の津波避難対策に関するガイドライン」

を策定したほか、ハザードマップの作成等を推進している。

(2) 「災害時も海上輸送ネットワークを維持する」という観点からの施策

「災害時も海上輸送ネットワークを維持する」という観点から、ハード対策では、耐震強化岸壁を核とする臨海部防災拠点の形成やコンビナート港湾の強靱化、幹線物流を担う施設の耐震強化等を進めている。

耐震強化岸壁を核とする臨海部防災拠点とは、地震直後でも緊急物資の輸送を迅速に行えるよう、耐震強化した岸壁と緊急時には荷さばき地としても活用できる直背後のオープンスペースを備えたもので、これまでも背後に一定規模の人口を有する港湾や、離島・半島等地形的要因により海上輸送に依存せざるを得ない港湾等を対象に整備を進めてきた。その効果は、東日本大震災の際、被災地に整備されていた6バースの耐震強化岸壁が、背後のオープンスペースや接続道路では地盤の一部沈下や津波流出物の堆積等が生じたものの、いずれも航路啓開後に直ちに利用可能であったことで実証されている。

臨海部防災拠点の中でも、東京湾(川崎港東扇島地区)、大阪湾(堺泉北港堺2区)においては、都道府県を越える広域的な緊急物資輸送等に対応するため、国自ら大規模な防災拠点(基幹的広域防災拠点)を整備している。この基幹的広域防災拠点は、耐震強化岸壁に加え、大規模なオープンスペース、防災センター、倉庫等から構成されており、平常時は港湾管理者に管理を委託し、港湾緑地として市民に開放されている。しかし、大規模な災害が発生した場合は、直ちに国による運用に切り替え、緊急物資輸送の中継拠点や自衛隊のベースキャンプ等として活用されることとなっている。(図5) (写真1)

コンビナート港湾の強靱化を目指した施策も推進している。

東日本大震災では、民間事業者が管理する航路沿いの護岸が倒



図5 耐震強化岸壁を核とする臨海部防災拠点のイメージ

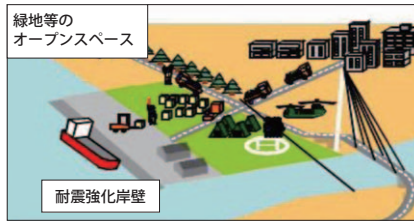
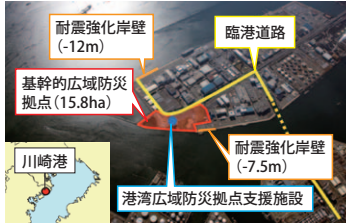
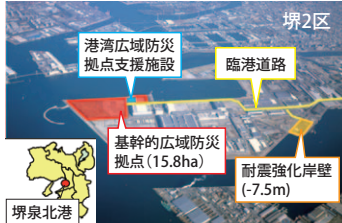
<川崎港東扇島地区>
平成20年4月26日に供用開始<堺泉北港堺2区>
平成24年4月1日に供用開始

写真1 基幹的広域防災拠点

壊したことにより、その奥にある公共岸壁が利用できなくなった事態が発生した。このため、平成25年に港湾法を改正し、民間事業者が管理する航路沿いの護岸等の維持管理状況を港湾管理者が立入検査できるようにした。さらに翌26年の港湾法改正により、耐震強化岸壁等に至る航路沿いの民有護岸等の耐震改修を促進し、災害時の航路機能を確保するため、無利子貸付制度と法人税の特例措置を創設している。

コンテナターミナルやフェリーターミナル等の幹線物流を担う港湾施設については、東日本大震災の際、その機能停止が経済活動に大きな影響をもたらしたことを踏まえ、必要に応じて耐震強化や液状化対策を講じることとしている。

ソフト対策では、港湾の災害対応力の強化に向けた体制の構築に努めている。

まずは、航路啓開体制の強化である。

東日本大震災では、港内に大量のガレキ、コンテナ等が漂流、沈没し、船舶による緊急物資輸送に支障をきたした。今後発生が懸念される南海トラフ地震等では、港外にもガレキ等が漂流、沈没し、船舶の入港を阻害する可能性があるが、港外の場合、所有者の同意を得ずに撤去する応急公用負担権限を行使できない。このため、平成25年の港湾法改正で、緊急時に迅速に船舶の航行を確保する「緊急確保航路」を規定し、同航路内においては国が応急公用負担権限を行使してガレキ等を撤去できるようにした。東京湾、大阪湾、伊勢湾の三大湾においては、同年末、緊急確保航路を指定したところである。

また、効果的に災害対応を実施するためには、港湾の広域的な連携が必要不可欠である。このため、平成25年の港湾法改正により、港湾相互間の広域的な連携による災害時の港湾機能の維持について協議する「港湾広域防災協議会」を新たに規定した。国及び港湾管理者で構成されるが、既に、東京湾、大阪湾、伊勢湾に設置されてお

り、港湾相互間の連携や広域的な視点からの緊急物資輸送ルートの検討等が、本協議会を通じてより深まることが期待されている。

そのほか、港湾の事業継続計画(港湾BCP)の策定も推進しており、平成26年6月に策定された「国土強靱化アクションプラン2014」では、重要業績指標(KPI)として、重要港湾以上の全ての港湾において平成28年度までに港湾BCPを策定することを定めている。

港湾BCPとは、災害時に港湾機能の低下を最小限に抑えるための対策の方針、体制等を示すとともに、それを実現するための人員、資材の確保、事前対策の実施、取り組みを浸透させるための教育・訓練、継続的な改善等のマネジメント活動のほか、緊急物資輸送手段についても取りまとめた計画である。その策定主体は、国や港湾管理者等、港湾関係者等により組織される協議会を想定している。現在、国土交通省港湾局では、港湾BCPの策定を促進するため、「港湾BCP策定ガイドライン(仮称)」を作成すべく検討を進めているところである。

「港湾BCP」は、災害時に確実に実施できるという「実効性」が最も重要である。あまりに分厚い報告書では災害時に活用できない。まずはA4版10頁程度にコンパクトにまとめた冊子からスタートし、教育・訓練、評価等を通して順次見直しを行い改善していくという方向で積極的に取り組んでいただけると有り難い。なお、港湾BCPの実効性を高めるには、こうした協議会によるマネジメント活動を通じて、「ソーシャルキャピタル」と言われる緊密な関係者間のネットワークと信頼関係を構築することが極めて重要なファクターであることに留意する必要がある。(図6)

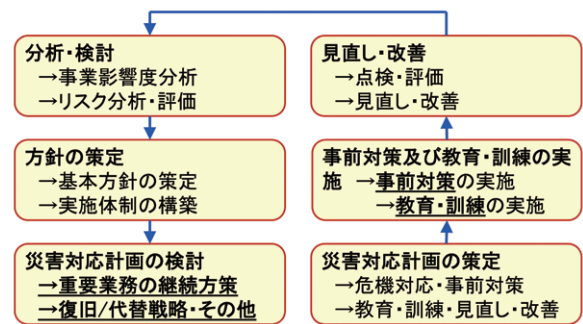


図6 港湾BCPのマネジメント活動

おわりに

四方を海に囲まれ、臨海部に人口や産業が集積する我が国においては、港湾は、海と陸を結ぶ重要な交通基盤であるとともに、陸域と水域が一体となった臨海部空間として、産業の発展や国民生活の向上に大きな役割を果たしている。

国土交通省港湾局では、地震・津波等に対する港湾の安全性を確保するため、今後も「港湾及びその背後地を守る」という観点から、また、「災害時も海上輸送ネットワークを維持する」という観点から、ハード、ソフト両面の様々な施策を推進していくこととしている。

特集

東日本大震災からの
海洋・沿岸施設等の
復旧・復興の現況と
今後取り組むべき課題



東北エリアの港湾施設の復旧と復興状況

山本 貴弘 国土交通省東北地方整備局港湾空港部 港湾空港企画官

東日本大震災による被害の復旧・復興において、港湾の果たす物流的な役割はたいへん重要だ。本稿では東北エリアの港湾施設の復興状況についての施策の実施を紹介いただいた。

はじめに

2011年3月11日14時46分に発生した三陸沖を震源とするマグニチュード9.0の地震は、高さ15mを超える津波を伴い、東日本太平洋岸を中心とした広い範囲において、死者・行方不明者約2万1千人、建物被害(全半壊、全半焼)約40万戸という未曾有の被害をもたらした(被害概要：H25.3総務省発表)。

これらの地震と大津波は、東北地方太平洋沿岸の港湾(青森県、岩手県、宮城県、福島県)のうち22港(地方港湾含む)に被害を与え、これらの港湾施設(公共)の被害は約3,405億円(直轄・補助災害復旧額ベース)にのぼった(図1)。



図1 釜石港津波襲来状況

背後地域の復興計画と連携した港湾の復旧

被災の特徴は、東北北部の港湾(八戸港、釜石港、大船渡港等)では、湾口防波堤など第一線防波堤の倒壊や臨港道路の浸水といった「津波」による被害が大きく、東北南部の港湾(仙台塩釜港、相馬港、小名浜港等)では、岸壁沈下・倒壊や道路・用地の陥没といった「地震」による被害が大きかった。

このような状況から、被災直後には港湾機能が完全に失われ、関東圏まで含めた広範囲にわたり生活物資が欠乏し、ガソリン等が逼迫する等、市民生活が脅かされ、産業・物流活動も停止を余儀なくされた。

このため、市民生活を軌道に乗せ、また、産業・物流を正常化させるためにも、物流基盤である港湾施設の早急かつ計画的な復旧・復興が不可欠となった。

港湾施設の復旧にあたっては、国、港湾管理者、地元自治体及

び港湾利用者などによる復興会議を立ち上げ、平成23年8月までに全ての被災港湾において地元関係者の共通指針とした「産業・物流復興プラン」を策定し、地元自治体の復興まちづくりと連携を図りながら港湾施設の復旧を進めている。

港湾施設の復旧状況

今回の地震・津波により、防波堤は設計外力を超える津波の襲来によって数多く被災した。また、岸壁は構造物への影響が大きいのと思われる0.3~1ヘルツの周波数帯のエネルギーが大きかった仙台以南の相馬港及び小名浜港において数多く被災した。

今回の震災により、直轄港湾施設106施設(権限代行含む)が被災したが、このうち、甚大な被害を受けた釜石港及び大船渡港の湾口防波堤、相馬港沖防波堤以外は平成25年度中に復旧を完了することができた。

〈八戸港八太郎地区北防波堤の復旧〉

八戸港は、製紙、鉄鋼工場の集積と港湾施設の整備の進展により、北東北を代表する国際物流拠点港である。

今回の津波により、八戸港の主要ふ頭が集まる八太郎地区の静穏度を確保する北防波堤は延長3,500mの内、1,428mのケーソンが倒壊するなど甚大な被害を受けた。

被災原因は北防波堤(ハネ部)においては、設計外力を超える津波波力が堤体に作用しケーソンが滑動・転倒した。一方、北防波堤(中央部)においては、津波波力に対してはケーソンの滑動はなかったものの、防波堤を越流した津波により堤体背後の基礎マウンド等が洗掘され、堤体の安定が確保できなくなりケーソンが転倒したものである。

さらに、八戸港においては防波堤の開口部で約72万 m^3 の大規模な洗掘が見られた。これは津波が港内に流入し、その後の引き波に伴う港外への流出時に強い渦巻き状の流れが発生し洗掘されたものと考えられる(図2)。

港湾運送業者や港湾利用者企業などからの「既に八戸港の船舶

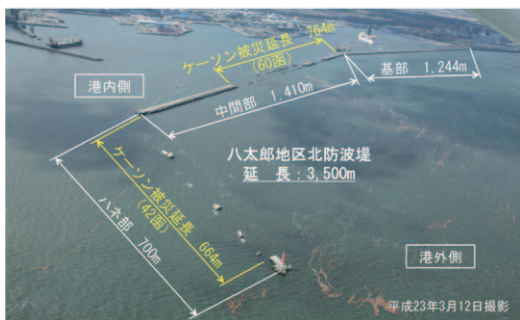


図2 八戸港八太郎地区北防波堤被災状況

利用は始まっている。港内静穏度の早期確保を。」との切迫した要請を受け、北防波堤の復旧方法について検討を行った。

検討の結果、北防波堤の復旧方法は、倒壊したケーソンを残したまま、港外に消波ブロック堤を築き、港内がある程度静穏になった状態にした上で、被災したケーソンを撤去し、新たなケーソンを据え付けることとした。また、ケーソン中詰材として津波堆積土砂を有効活用し、地域復興の貢献にも努めた。

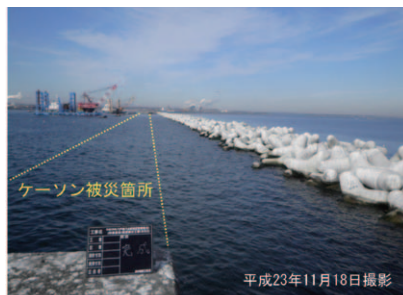


図3 消波ブロック堤据付完了状況

この結果、関係者の協力もあり、平成25年8月には北防波堤の復旧が完了し、地元の方々と共に八戸港災害復旧完了式典を開催し港湾施設の復旧を祝うことができた(図3)。

東北の復興に向けた新たな動き

〈小名浜港東港地区国際物流ターミナル事業〉

福島県は、沿岸部に多くの火力発電所が立地しており、小名浜港はこれら発電所を含む周辺企業への石炭の供給拠点となっている。

しかし、小名浜港には近年の大型化した船舶の満水喫水に対応した岸壁がないため、入港する多くの石炭輸送船が積載量を減らす喫水調整を行っており、非効率な輸送実態となっている。

また、東京電力は新たに石炭火力発電設備2基を2020年代初頭に運転開始することを検討しており、小名浜港における石炭取扱量の増加が見込まれる。

さらに、小名浜港では、常磐共同火力(株)を主体として東日本地域に立地する電力会社や小名浜港背後の石炭ユーザーなどが連携し、2港寄り(図4参照)や二次輸送といった大型輸送船を活用した効率的な石炭輸送が計画されており、このため、これらに対応可能な港湾施設を整備するものである。

岸壁の建設場所は、東港地区の埋立地であり、これまで、主に港湾管理者である福島県が土地造成等を、国が臨港道路(橋梁)等の建設を先行して事業を進めており、平成30年初めに暫定水深

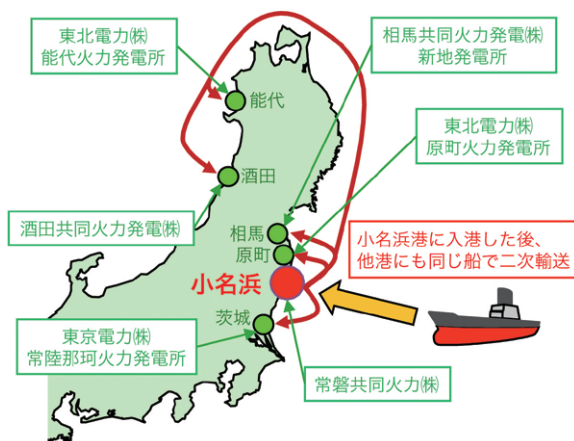


図4 石炭の共同配船(2港寄り)イメージ図

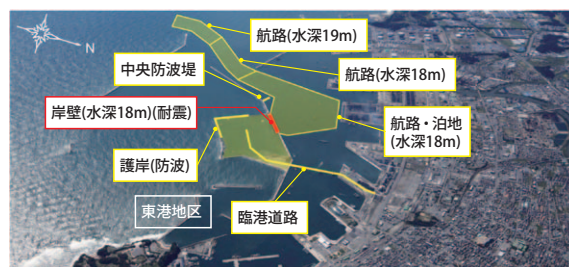


図5 国際物流ターミナル事業位置図

14mでの供用開始を目指している(図5)。

〈八戸港LNG輸入基地建設〉

八戸港ポートアイランド地区において、JX日鉱日石エネルギー(株)が、平成27年4月の操業開始を目指しLNG基地を建設している。

東日本大震災後の平成23年4月に本体となるタンク工事が開始され、敷地面積11.4万m²に貯蔵容量14万tのタンク2基、外航船や内航船係留施設、ガス気化設備、タンクローリー出荷設備などが整備される。

同基地は北海道東部と北東北3県への供給拠点として位置付けられ、大型船でのLNG大量一括輸入により、安定的かつ安価な供給が可能なり、東北の復興に寄与するものと考えられる。

おわりに

東日本大震災からまもなく4年を迎えようとしているなか、港湾においては、一部防波堤を除き直轄港湾施設の復旧が完了した。

一方、被災地各地では新たな取り組みが始まっており、復旧から復興に向け力強く歩み出している。

東日本大震災では、港湾施設の被災が地域の経済や雇用に大きな影響を及ぼしたことが明らかになった。このため、災害発生時への対応として、重要港湾以上の港においては港湾BCPの策定を進めている。また、甚大な被害を受けた防波堤においては粘り強い構造を取り入れ復旧を行っている。

東北の復興には、港湾が果たすべき役割は重要であり、港湾機能の向上に向けた様々な施策を着実に実施して参りたい。

特集

東日本大震災からの
海洋・沿岸施設等の
復旧・復興の現況と
今後取り組むべき課題



仙台塩釜港のいま —震災を乗り越えて—

高田 直和 国土交通省東北地方整備局 塩釜港湾・空港整備事務所 所長

東北唯一の国際拠点港である仙台塩釜港は東日本大震災により甚大な被害をこうむった。本稿では被災の状況および復旧・復興の現状を報告していただいた。

はじめに

平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震とその後襲った大津波によって、東北太平洋沿岸の港湾は未曾有の被害を受けた。

宮城県内の港湾も、仙台港区や石巻港区において想定を超えた地震外力による岸壁のはらみだしやエプロンの陥没等が発生した。さらに地殻変動によって港全体が沈下し、高波浪時の静穏度悪化や満潮時の岸壁冠水など機能が損なわれた施設が数多く存在する。

本記事では、東日本大震災からの復旧・復興の歩みについて紹介する。

仙台塩釜港の概要

仙台塩釜港は、仙台市と多賀城市に位置する「仙台港区」と、古くから「みなとまち」として栄えた塩竈市・七ヶ浜町・利府町に位置する「塩釜港区」、平成24年10月には、「石巻港区」と「松島港区」も加わった、東北唯一の国際拠点港湾である。

仙台港区の被災状況

地震による地殻変動で仙台港区周辺の地盤は約50cm沈下した。被害が大きかったのは、北米等に就航する定期大型コンテナ船が利用していた高砂2号岸壁(-14m)で、沖側護岸が傾斜するとともに舗装・裏埋土が流出し、エプロンの沈下、クレーンレールの蛇行、基礎杭の一部損傷及び岸壁法線の海側へのはらみだし等の被害を受けるとともに、ガントリークレーン、ストラドルキャリア等の荷役機械も全て使用不能となった。港口部のC防波堤は4月7日の余震によって灯台を載せたままケーソンが約20°航路側に傾斜した。民間施設では、中野南地区専用岸壁に大型貨物船が乗り上げ、荷役機械を破壊した。栄地区企業護岸も倒壊・裏埋土流出などの大きな被害を受けた(写真1)。

港湾を直撃した津波により、ふ頭内に保管されていたコンテナ約4,400個、多数の完成乗用車、港周辺の車両、係留船舶、建築物などが散乱・流出。航路・泊地に沈み、漂流した。



写真1 仙台港区の被災状況

高砂コンテナターミナル復旧への取り組み

高砂コンテナターミナルは延長270mの1号岸壁(-12m)と、延長330mの2号岸壁(-14m)で構成されている。

1号岸壁は、比較的被害が小さく、航路啓開とヤード内に散乱した被災コンテナの処理に目処がついた6月1日より京浜港への中継輸送が再開された。しかし、ガントリークレーンは使用不能であり、修理が完了するまでの間、大型クローラクレーンをチャーターして対応。9月5日からのガントリークレーン1基の供用により荷役作業効率が向上、より大型の外国船受入体制が整い、9月30日に待望の外国航路が再開された。一方、2号岸壁はガントリークレーン基礎の鋼管杭が損傷していることが判明し、復旧には1年も要する大掛かりな復旧工事が必要と判断された。しかし、当該岸壁は早期復旧の要請が極めて高い岸壁であるため、休日なし・昼夜兼行の3交替を実施し、暫定供用まで4ヶ月間という急速施工を成し遂げた。

そして、震災前の貨物量を取り戻すためにポートセールスを積極的に行い、平成24年1月22日には、東北地域において貴重な北米航路も再開された。

仙台港区の新たな取り組み

仙台港区の平成25年取扱貨物量は3,850万トンと震災前のH22より116%と堅調な伸びを見せている。

コンテナ貨物は20.4万TEUとなっており、過去最高だった平成22



年の21.6万TEUに迫る勢いであり、中でも完成自動車の取扱いは、平成24年7月に発足したトヨタ自動車東日本における増産体制により約97万台/年となっており、震災前の141%まで推移している。

しかし、このような復興の兆しが見える反面、港としての機能である荷捌き用地やふ頭用地が非常に狭隘となってきている。これら課題に対応すべく、新たな14m岸壁、コンテナターミナルのヤード拡張や施設再配置などの整備を進めている。

エネルギー関係では、東北電力新仙台火力発電所がリブレース計画を進め、平成27年末にはLNG発電を開始する。現在、このLNG発電所の建設やJX日鉱日石エネルギーとの共同棧橋の整備が急ピッチで進められている。

石巻港区の概要

石巻港区は宮城第二の都市「石巻市」と航空自衛隊ブルーインパルスの本拠地がある「東松島市」に立地している。古くは北上川河口の小さな港町であったが伊達政宗の命を受けた川村孫兵衛の事業により江戸に至る米穀積出港として利用され繁栄した。現在は港の機能を釜地区及び雲雀野地区に移し、大型バルク貨物を中心に背後企業の原材料・燃料の輸入拠点としての役割を担うとともに、震災復旧資材の取扱が増加している。

石巻港区の被災状況

石巻港区では岸壁・エプロン背後地の沈下・陥没、防潮堤の崩落が広範囲に発生し、また、民間護岸の多くが崩落の被災を受けた。さらに地震により地域全体で約1mの地盤沈下が発生したため、臨海部と旧北上川沿いの居住区域は高潮時の冠水被害に苦しめられた。津波の被害では、宮城県石巻港湾事務所庁舎をはじめ、石巻港に立地する多くの企業が甚大な被害を受けた(写真2)。

石巻港区復旧・復興への取り組み

3月14日より航路啓開作業を開始し、海上・海底の津波による漂着物の引き上げ作業を行った。大量の原木や紙製品(ロール)の回収作業となり難航を極めたが、航路啓開を急いだ結果、4月1日より船舶入港



写真2 石巻港区の被災状況

が可能となり被災地の復興及び企業活動再開に貢献した。

航路啓開と並行して、公共岸壁の応急復旧を行い、7月には大型船の



入港が始まったが、石巻港区最大の岸壁である雲雀野地区岸壁(-13m)の航路・泊地が津波によって埋没したため、大型貨物船は入港喫水調整を余儀なくされた。そのため、直轄浚渫工事を実施し、平成23年11月27日に5万トン級の石炭船が震災後初めて入港した。

雲雀野地区防波堤(南)は平均1.7m沈下、嵩上げ工事を平成24年2月に着手、平成24年11月に完成。また、雲雀野地区岸壁(-13m)も平均1m沈下し、岸壁と防舷材が水没したため、平成24年2月から1号岸壁の嵩上げ工事に着手し、平成24年10月に完成、2号岸壁も平成25年5月に完成した(写真3)。

石巻港区の新たな取り組み

取扱貨物量は、平成23年4月27日の一般貨物船の入港以降、順調に回復し、平成25年は約395万トンと震災前の98%まで回復している。平成24年からは大型客船の寄港が再開され、「にっぽん丸」や「ばしふいっくびいなす」などの大型客船が相次いで寄港した。平成26年も「ばしふいっくびいなす」や帆船「海王丸」が入港し、多くの人々が見学や体験乗船に訪れ、震災前のような港の賑わいを取り戻しつつある。また、港背後に立地する日本製紙石巻工場が雲雀野地区へのバイオマス発電事業の計画を発表するなど、新たな産業も芽生えつつある。

石巻市では「災害に強いまちづくり」を復興計画の基本理念とし、宮城県がふ頭全体を囲む形でTP+3.5m、総延長約7.7kmの防潮壁を新設するとともに、海岸線にTP+7.2mの堤防整備を進めている。

終わりに

今回の震災の経験を通じて、ガソリンをはじめとする港湾を使った物資の大量輸送の重要性が再認識された。また、仙台塩釜港の利用は、臨海部立地企業のほか、比較的被災の少なかった内陸部立地企業も多く、各企業の稼働再開にあわせた仙台塩釜港の早期復旧の要請が非常に大きい中、多くの方々、関係機関から惜しみないご支援・ご協力を頂き、何とか復旧工事を全うすることが出来た。

今後、仙台塩釜港がさらに発展し、被災地の復興が目に見えて進むことを切に望むとともに、ご支援とご協力を頂いた皆様・関係機関に対し、この場をお借りして篤くお礼申し上げ、本稿の結びとさせていただきます。

特集

東日本大震災からの
海洋・沿岸施設等の
復旧・復興の現況と
今後取り組むべき課題



釜石港災害復旧事業と 復興まちづくり

渡部 秀幸 釜石市産業振興部 部長

東日本大震災で大きな被害を受けた釜石市。本稿ではまちづくりと連携した防災機能の復旧・復興のようすとともに、釜石港を核にした地域振興についてもご紹介いただいた。

津波被害と湾口防波堤の効果

釜石市では東日本大震災に伴う津波により、死者888人、行方不明者152人の人的被害の他、4,700戸以上の家屋や多くの事業所などが甚大な被害を受け、間もなく震災後4年を迎える現在も、多くの方が仮設住宅での暮らしを余儀なくされている。釜石市は、これまで明治三陸津波や太平洋戦争末期の艦砲射撃によって壊滅的な被害を受けたが、その都度、力強く復興を成し遂げてきた歴史を有し、この度の大災害の復興にあたって「撓(たわ)まず屈(く)せず」を基本姿勢とし、基盤整備や復興公営住宅の建設、「命の道」である復興道路、復興支援道路などの復旧・復興関連事業が進められている。釜石港湾口防波堤は最大水深63mの湾口部に建設され、中心市街地を含む湾内全域を防護しており、この度の津波に対しては湾内の津波高を4割低減、陸域への津波遡上高を5割低減、津波が防潮堤を越流する時間を6分遅延させたことで被害が軽減されたことと検証されている。また、オイルタンクの流出・炎上といった壊滅的な被害を免れた他、港湾荷役機械やゴミ焼却場等の損傷も軽微であり、燃料輸送等の物流機能および産業の早期再開に大きな役割を果たしたとの評価を得ている(図1)。



図1 釜石港全景

釜石港の復旧・復興

湾口防波堤は津波被害の低減に一定の効果を発揮したが、巨大津波の破壊力により北堤990mがほぼ全壊、南堤670mの5割以上の堤体が崩壊する大災害を受け、津波防護や港内静穏度の安全機能は著しく低下した。一刻も早い産業・物流の回復を目指して、平成23年8月に「釜石港復旧・復興方針」が策定され、整備促進が図られることとなった。以下に方針毎の状況を報告する。

〈港湾機能の早期かつ適切な回復〉

湾口防波堤は、当初、平成27年度までの5年間で復旧を目指し、南堤部は県外の造船所で製作するハイブリッドケーソン(鋼殻と鉄筋コンクリート合成版構造)の採用により工期短縮を図り、これまでに6函(300m)が据付けられた。北堤部では港内作業基地においてRCケーソンの製作・据付が行われているが、現在は開口部(潜堤)の工事が本格化している。この様な中、全国的にも数少ない大型船や特殊作業船の調達などに時間を要したことや、開口部の安全施工のための航路切替えにより北堤整備を抑制せざるを得ない事情から、復旧事業の完成は当初より2年延伸となる平成29年度に見直された。港湾利用者からは、荷役の中断、小型船の横揺や係留ロープの切断等が発生しているため早期復旧の要望の声が大きかったが、整備が進むにつれて改善されてきている。

湾口防波堤は今回の津波に対して一定の防護効果があったが、大部分が倒壊したことや多重防護の第一線堤である重要性から、最大クラスの津波に対しても粘り強く効果を発揮できる構造に復旧すると共に、湾内環境との共生も考慮した構造が検討されている。

また、大きな沈下と損傷を受けた須賀地区公共ふ頭は、復興関連資材やコンテナ等の荷役を行いながら復旧工事が進められ、岸壁および埠頭用地は平成26年11月に完成し、引き続き、周辺道路や防潮堤等の整備が急ピッチで進められている。

〈まちづくりと連携した防災機能の強化〉

釜石市は大槌・両石・釜石・唐丹の4つの湾を有し、各湾奥部を中

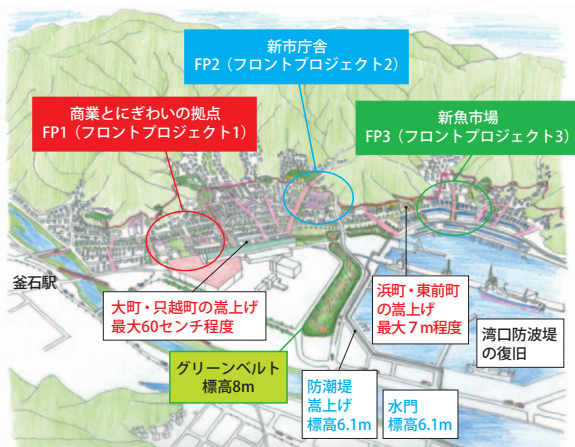


図2 釜石市東部地区まちづくり計画

心に甚大な津波被害を受けた。今後の津波防護対策としては、防潮堤の整備に加え、居住区域の嵩上げや高台移転により生命・財産を守る方針としており、釜石湾域の防潮堤高はT.P+6.1mで計画、その他周辺湾の防潮堤高はT.P+12.0~14.5mで計画されている。釜石湾内の市街地は湾口防波堤と防潮堤、更に港湾利用者等の避難路であるグリーンベルトを含めた多重防御によって守る計画とし、中心市街地では最大で60cm程度の嵩上げ、復興公営住宅では2階以上への居住を基本として街づくりが進められており、一刻も早い津波防護施設の完成が望まれている。釜石市東部地区のまちづくりは、商業と賑わいの拠点となるフロントプロジェクト1（以下FPと称す）、市庁舎を中心とする都市機能を配置するFP2、新魚市場、水産加工機能と魚の街の賑わいを創出するFP3を計画している。現在はFP1における大型商業施設の開業に続き、商店街や情報交流センター、文化ホール、復興公営住宅等の施設整備を進めており、市街地では商業施設や宿泊施設等の開業が相次いでいる(図2)。

〈釜石港を核とした地域の振興〉

釜石市の人口は、昭和38年に9万人以上であったが、基幹産業である鉄鋼業の合理化等を背景として、現在3.7万人弱にまで減少し、高齢化率も35%以上と非常に高い状況にある。このため、復興の柱である住まいの再生と共に、企業誘致による働く場の確保、快適・安全で魅力のある街づくり等により、定住促進を図ることが重要課題となっている。企業誘致にあたっては、「津波・原子力被害被災地域雇用創出企業立地補助金」や大手企業のCSR活動が追い風となっているが、港



図3 高速交通網の結節点に位置する釜石港

湾施設をはじめとする社会基盤の着実な復旧や、三陸縦貫自動車道および東北横断自動車道が近い将来全線開通する目途がたち、効率的な物流体系を構築できる

ことも企業立地を助めるうえで大きな武器となっている(図3)。

震災後の平成23年7月、釜石市念願の国際フィーダーコンテナ定期航路が開設され、釜石港は国内外と結ばれた。太宗貨物は岩手県内陸の北上市で製造する印画紙であるが、三陸沿岸の水産物や鉄鋼製品等の取扱いも着実に増加しており、産業復興や道路整備にあわせて取扱量は過去最高を毎年更新している。また、平成27年下期には市内に大手太陽光パネルメーカーの東北地区配送基地が操業予定で、コンテナ貨物の飛躍的な伸びが期待されている。

このほか、釜石市は低炭素・省エネ・省資源による循環型社会を目指す「環境未来都市」に認定され、風力発電、石炭と木質バイオマスの混焼発電が展開されていると共に、太陽光発電事業も動き出している。更に、高い静穏性を有する釜石港を基地として、釜石沖の風力、波力を活用する「海洋再生可能エネルギー実証フィールド」の誘致を推進しており、ものづくり、観光、漁業協調による地域振興が期待されている。

結びに

釜石市の復旧・復興事業は、関係機関をはじめ、全国の多くの皆様の力添えと応援によって着実に進められている。湾口防波堤用のハイブリッドケーソンは千葉県、愛知県、三重県で製作され釜石港まで海上運搬・据付されたが、この内、三重県津市で製作されたケーソンには香良洲(からす)小学校児童から東北被災地に向けた応援メッセージの横断幕が掲げられ、ピエオレーターと共に釜石港を臨む白山小学校に届けられた。これを契機とし、白山小学校では全校児童による釜石港の復旧工事の見学会を実施。湾口防波堤の効果や工事に携わる方々の苦勞、全国の応援を得て郷土の復興が推進されていることを学ぶことに繋がった。更に、白山小学校の児童から香良洲小学校に将来の目標や応援への感謝の気持ちを記した横断幕を贈るなど、地域間交流が図られている(図4)。

地方の小規模自治体では全国に先駆けて少子高齢化が進み、地域振興は益々難しい時代を迎えているが、釜石市の将来像である「三陸の大地に光輝き、希望と笑顔があふれるまち釜石」の実現に向け、釜石港や高速交通網を活用して将来を切り開いていきたいと考えている。国土交通省をはじめとする関係機関、並びに、復旧事業にあたられる建設業者の皆様には、今後、益々のお力添えをお願いすると共に、安全施工をご祈念申し上げる次第である。



図4 ケーソンに掲げられた応援メッセージ



東日本大震災を踏まえた 高知港における地震・津波対策

西村 拓 四国地方整備局 高知港湾・空港整備事務所 所長

南海トラフ地震の発生確率が30年以内で70%とされているが、そうした中で、高知県は大きな被害を受けることが予測されている。本稿では高知港における津波・地震対策について述べていただいた。

高知は、繰り返し南海トラフ地震及び津波による被害を受けてきた。直近の昭和南海地震(昭和21年)でも、沿岸都市街地等で津波の襲来等による甚大な被害が生じている。

このため、高知では、ハード、ソフトの地震・津波対策が行われてきた。須崎市における津波防波堤整備や津波ハザードマップ作成等が代表例に挙げられる。

しかし、東日本大震災における津波は、防波堤の設計外力を大きく上回るとともに、地域防災計画の避難想定も超え、津波防災について根底から見直しを迫るものであった。これを受け、平成24年6月、交通政策審議会港湾分科会防災部会が、「港湾における地震・津波対策のあり方」(以下、「答申」という。)をまとめている。

本稿では、東日本大震災の教訓を踏まえ、当事務所で取り組んでいる高知港における地震・津波対策の代表例について紹介する。

三重防護による地震津波防護対策

答申は、発生頻度の高い津波(以下、「L1津波」という。)に対しては、できるだけ構造物で人命・財産を守りきる「防災」を目指し、最大クラスの津波(以下、「L2津波」という。)に対しては、最低限人命を守るといった目標のもとに被害をできるだけ小さくする「減災」を目指すとしている。また、L1津波については、地形によっては、湾口部

において防波堤と防潮堤を組み合わせた多重の防護方式を活用することが有効であり、さらに、設計対象の津波高を超えた場合でも施設の効果が粘り強く発揮できるような構造物の整備をしていくことが必要であるとしている。

高知港においては、L1津波を伴う地震が発生した場合、地殻変動により広域にわたって地盤沈降するとともに、護岸等が液状化現象により倒壊することで、高知市中心部等で、護岸等の高さが満潮位を下回る状態となり、そこに津波が来襲して浸水被害が拡大、長期化すると予測されている。また、第一線防波堤が津波により倒壊することで、高知港の港湾機能がほぼ停止し、緊急物資輸送や復旧・復興活動に大きな支障が生じるとも考えられている。L2津波を伴う地震が発生した場合には、さらに甚大な被害が予測される。

こうした中、高知港において、多重防護の考え方の下、L2津波の襲来も想定しつつ、L1津波に対して、港湾及び背後地を効率的・効果的に防護するため、「高知港における地震津波防護の対策検討会議(平成25年設置、座長：磯部雅彦 高知工科大学副学長)」を開催し、対策のあり方について検討を進めている。具体的には、津波からの防護を重層的に行う「三重防護」が有効との考えに基づき、①高知新港の第一線防波堤、②浦戸湾外縁部・湾口部の防波堤や防潮堤、③浦戸湾内部

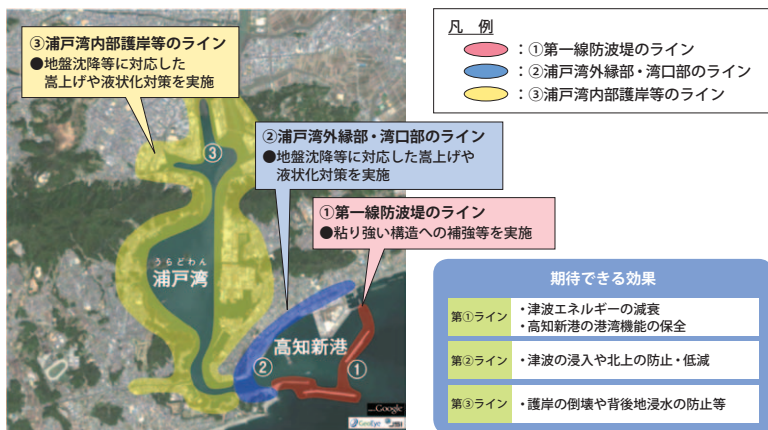


図1 高知港における地震津波防護の対策方針

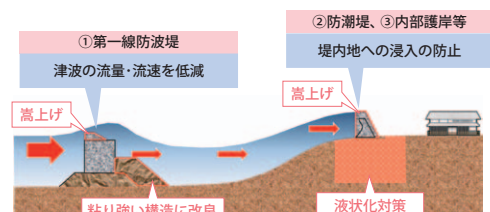


図2 L1津波に対する防災(概念図)

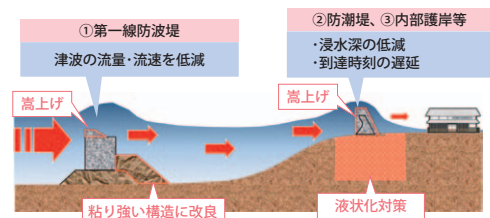


図3 L2津波に対する減災(概念図)



護岸等の改良、補強等を行うこととしている(図1)。L1津波に対しては、第一線防波堤、防潮堤、内部護岸等によって堤内地への津波の浸入を防止し(図2)、L2津波に対しては、浸水深を低減するとともに、避難時間を稼ぐために津波到達時刻の遅延を図るものである(図3)。

なお、三重防護において、湾口部や浦戸湾北部の狭水部に固定式防波堤を設置する案が考えられるが、固定式防波堤の設置箇所や構造等については、費用対効果、船舶の航行や河川・湾内環境への影響等を勘案して決定する必要があり、現在、これらの検討を行っている。

第一線防波堤の粘り強い構造への補強

高知港には、高知新港と浦戸湾内に耐震バースが整備されていて、高知港は、高知県の「防災拠点港の配置計画(平成25年5月)」において、県外等から救援部隊や緊急物資、復旧資機材の受入れ等を行う一次防災拠点港に位置づけられている。

大規模地震・津波が発生した場合、浦戸湾内の航路啓開には、より多くの時間を要するため、「災害時における高知港の機能継続のための対応指針と活動指針(平成25年2月)」(通称、高知港BCP)において、まずは高知新港の耐震バースを使用することとしている。

一方、高知新港における第一線防波堤は、現状では、L1津波により倒壊する危険性がある。第一線防波堤が倒壊した場合、三重防護における第1ラインの機能が損なわれるとともに、高知新港の静穏度が不足することとなり、緊急物資輸送等にも支障を来す。このため、平成25年度に、粘り強い構造への補強に着手した。

東日本大震災で、防波堤が被災した原因としては、防波堤に作用した津波による巨大な水平力に加え、防波堤の天端を越流した津波が防波堤背後で強い流れとなり、基礎マウンドや海底地盤を洗掘して防波堤の安定性を低下させたものと考えられている。このため、基礎マウンドの拡幅・高上げにより、ケーソンの滑動を抑制し、また、被覆材の設置により、基礎マウンドの洗掘を防止し、さらに、天端形状の工夫(パラペットの設置等)により、越流水塊の打ち込み位置を遠方に移動させて、防波堤背後の洗掘を一層防止することが考えられる(図4)。

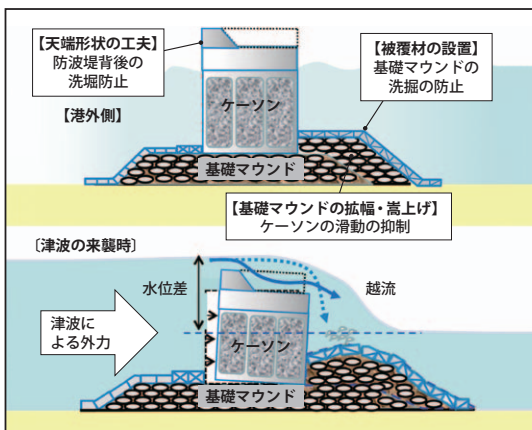


図4 粘り強い構造への補強(概念図)

高知新港第一線防波堤の補強は、「防波堤の耐津波設計ガイドライン(平成25年9月、国土交通省港湾局)」の考え方にに基づき行っているが、ここでは高知港固有の二つの特徴を挙げる。第一に、防波堤による港内静穏度の確保(津波襲来後の本来機能確保)と津波減災効果(津波来襲時の減災効果)の観点から、防波堤の地震時における地盤沈下量分の高上げを行うこととしている。この際の上部工はパラペット断面であり、防波堤背後の洗掘抑制効果も期待される。

第二に、高知新港第一線防波堤は、太平洋に直接面し、また、台風常襲地帯にあることから、高波浪に耐えられるよう整備されており、水平力に対して、元々強い構造となっている。従って、ケーソンの滑動を抑制するため、基礎マウンドの高上げをすることは多くの断面で必要なく、基礎マウンド及び海底地盤の洗掘を防止するため、被覆材の大型化又は追加設置をすることと基礎マウンドの拡幅をすることが対策の中心となっている。

「津波防災の日」における訓練

「津波対策の推進に関する法律」(平成23年6月24日法律第77号)において、国民の間に広く津波対策についての理解と関心を深めるよう、11月5日を「津波防災の日」と定めている。

平成26年の「津波防災の日」において、四国地方整備局は、北陸地方整備局の協力を得て、高知県、高知市、災害協定締結団体等と協働し、自主防災組織による津波避難訓練と連携した「国有船舶を活用した緊急物資海上輸送及び油回収訓練等」を高知新港耐震バース及び津波避難センター等にて実施した。

南海トラフ地震が発生した場合、西日本太平洋沿岸等の広域が地震・津波によって甚大な被害を受けることが想定されている。そのような際、地方ブロック圏域も超え、海から救援物資を迅速に送り届けることが重要となる。現に、東日本大震災の際には、北陸・中部・九州地方整備局の大型浚渫兼油回収船が、東北地方の被災した重要港湾の多くで、発災後初めての入港船舶となり、各地方からの救援物資を送り届けるとともに、被災港での航路啓開作業に携わっている。

こうしたことから、「津波防災の日」において、南海トラフ地震を想定し、大規模津波の襲来等により甚大な被害が生じた高知へ、大型浚渫兼油回収船「白山」が、被災を免れた新潟から救援物資を送り届ける際の支援・受援体制の確認等を行ったものである。

南海トラフ地震の発生確率は、30年以内で70%と予測され、切迫性が高まっている。また、直近の昭和南海地震がM8.0と比較的小規模であったことから、次回の南海トラフ地震は、安政南海地震(M8.4)や宝永地震(M8.6)等の規模となることを恐れる県民も多い。

東日本大震災の教訓を踏まえ、高知における港湾の災害対応力の強化に向けて、引き続き取組を推進して参りたい。



施設被害のメカニズムと それに対する対策

高山 知司

一般財団法人 沿岸技術研究センター 沿岸防災技術研究所 所長／
京都大学 名誉教授

東日本大震災による被災の大きな特徴として、防潮堤や防波堤などの津波防護建造物の倒壊がある。本報告では被災メカニズムの分析とともに今後の津波対策についてご紹介いただいた。

まえがき

2011年3月11日にM=9.0にも達する巨大な地震とこれによって引き起こされた津波が青森県から千葉県に至る太平洋沿岸地域に大惨事をもたらした。死者と行方不明者の合計が2万人弱に達し、町や村そのものが津波で洗い流され、多くの住民が避難所生活を余儀なくされた。今回の東日本大震災では、相馬港を境にして、それより北の宮城県や岩手県、青森県では震災というよりもむしろ津波災害で、それより南の茨城県や千葉県では地震災害であった。そして、福島県では、津波災害と地震災害がどちらも大規模に起きて、非常に大きな災害となった。

地震と津波で護岸や防潮堤が壊れることは珍しいことではなく、過去においても多くの構造物が液状化と津波で被災している。今回の東日本大震災で特徴的なことは、津波防護構造物として建設された防潮堤や防波堤が倒壊したことである。また、外洋に面する第1線防波堤が数100mにわたって崩壊し、船舶による緊急物資の荷役が支障を起こしたことである。

本報告では、このような海岸・港湾構造物の被災メカニズムを分析するとともに、今後の津波対策について述べるものである。

東日本大震災における施設被害のメカニズム

施設被害のメカニズムを究明するに当たって重要なことは、外力となる条件を明確にしておくことである。東日本大震災における構造物被災では、外力が津波であるために、対象施設に襲った津波の波形を確定して置かなければならない。対象地点における観測はないので、津波シミュレーションに頼らざるを得ないが、津波シミュレーションを行うに当たっては、波源域における初期の海面変動を正確に推定する必要がある。波源域における海面変動を推定する手法として、津波の観測波形を用いて、逆解析を行って波源域内の初期海面変動算定する手法が開発されている。この手法を用いて津波波源域内の初期海面変動を求め、このように海面変動が起き

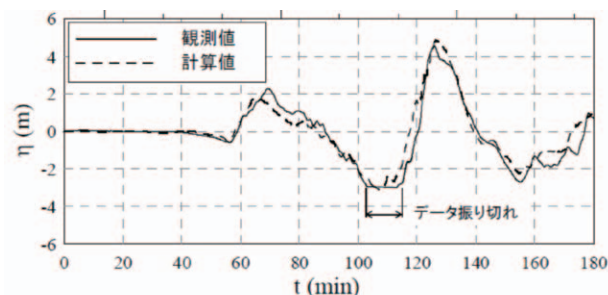


図1 計算した津波波形と八戸港内の潮位計による観測波形との比較



図2 相馬港沖防波堤の被災状況

ることを条件にして沿岸における津波の挙動を算定することができる。図1は、このようにして求めた津波の波形を八戸港内の検潮記録と比較したものである^{※1}。図中の実線が検潮記録で、破線が計算値である。第1波目の津波の高さが少し小さい傾向があるが、非常によく一致しており、この程度の精度で推定できれば、これは被災メカニズムの解明に十分利用できることがわかる。

沿岸に到達する津波の波形を用いて、防波堤等の構造物に作用する津波力を算定し、津波で防波堤が被災する可能性を検討することができる。来襲した津波が10mを超えるように非常に大きかったこともあって、多くの防波堤が滑動破壊されたことがわかった。図2は津波によって破壊された相馬港の沖防波堤の写真である。これからわかるように、津波のように周期が15分以上になると、波長も10km以上になり、その結果、一様に大きな津波が広い空間に来襲するために、防波堤が被災する場合、風波の場合のように数箇のケーソンが被災するのではなく、数10箇のケーソンが被災する大災害に

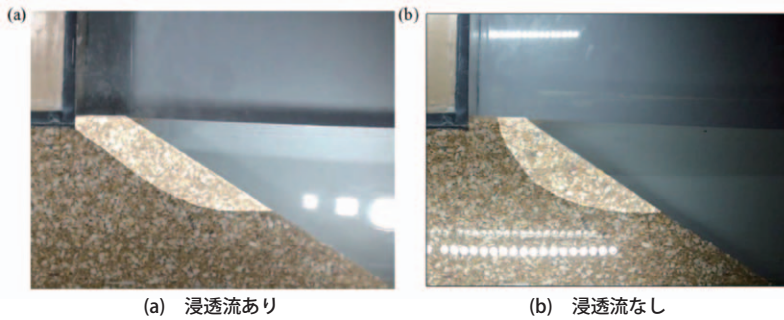


図3 浸透流有無による洗掘形状の違い

なる。八戸港の北防波堤や大船渡湾の津波防波堤など多くの防波堤がこの例である。

外洋に面した第一線の防波堤や津波防御のための湾口防波堤は、既往の津波より暴風時の風波による外力が大きくなるために50年確率の風波によって設計されていた。東日本大震災の津波に対しても安全率が1.0を切ることはなく、安全だと推定される防波堤も被災した。このような防波堤の被災は設計では考慮していない越流津波に伴う現象や防波堤の前後の大きな水位差による捨て石マウンド内の浸透流の影響が考えられた。前者については、水理模型実験が行われ、防波堤の背面の水圧が津波の越流によって静水圧より小さくなることがわかった^{*2}。この水圧低下は津波越流によって生じる渦による加速度で生じることが、数値シミュレーションからわかった^{*3}。越流津波による洗掘についても実験が遠心載荷装置を用いて行われた^{*4}。それによると、防波堤前後の水位差に伴う浸透流がないと、越流津波による洗掘は条件に対応した洗掘形状で安定するが、浸透流があると浸透圧で捨て石が動きやすくなり、洗掘は次第に防波堤に向かって広がり、防波堤の端部にまで到達することが判明した。図3 (a)と(b)は浸透流の有無による洗掘形状の違いを示している。地盤支持力に対する浸透流の影響についても遠心載荷装置で実験が行われている^{*5}。図4はこの実験結果を示している。これによると、水位差が10mもあると、浸透流が生じることによって、地盤支持力が17%低下することがわかる。このように津波波力からだけの算定では被災しないと思われた防波堤も越流津波による渦や洗掘、浸透流の影響を考慮すると被災することが判明した。しかしながら、越流条件が変わったときに防波堤の安定性に対する定量的な影響についてはまだ不明な部分が多く、さらなる研究成果が待たれるところである。

東日本大震災では、多くの防潮堤が被災した。防潮堤の被災としては越流津波によって背後が洗掘されて陸側に倒れたもの(図5a)や引き波時に前面水位が下がったために、戻り流れて前面が洗掘され、海側に倒壊したもの(図5b)があった。また、三面張防潮堤のように越流津波で背面法尻の部分が洗掘され、背後の裏面のコンク

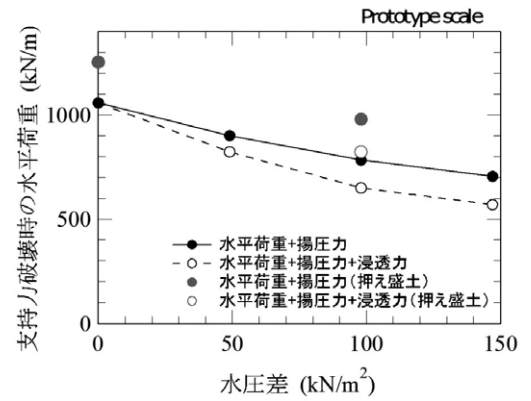


図4 八戸港北防波堤の中央部背後における海底地盤の洗掘状態



(a) 背後地盤の洗掘 (b) 前面地盤の洗掘

図5 越流津波による防潮堤の被災



図6 三面張防潮堤の被災

リートが剥がれ、中詰め砂が吸い出されて崩壊したもの(図6)^{*6}もあった。既往の防潮堤の設計においては防波堤と同様に津波が越流することは考慮されておらず、そのために、津波越流によってどのような現象が起きるのか検討されていなかった。その結果、越流津波による洗掘や戻り流れによる洗掘で防潮堤が被災したと推定されている。しかしながら、このことは明確には検証されていない。津波の越流による洗掘とそれに伴う防潮堤の不安定性を照査する技術の確立は今後の重要な課題である。

今後の津波対策と課題

東日本大震災は1000年に1度といわれる非常にまれな津波による災害であったために、このような大規模の津波に対して構造物で防御することは費用の面から不可能に近い。そこで、津波の規模に合わせて、「発生頻度の高い津波」(レベル1津波)と「最大クラスの津波」(レベル2津波)の2段階で考えることが採用された。「発生頻

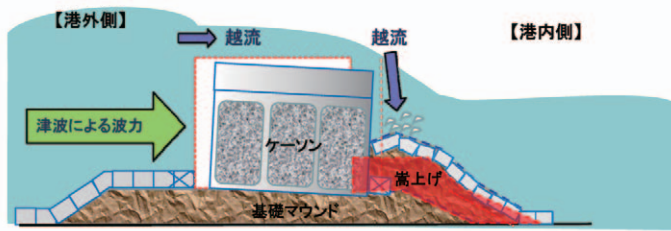


図7 防波堤背後の捨石マウンドの嵩上げによる粘り強さの付加

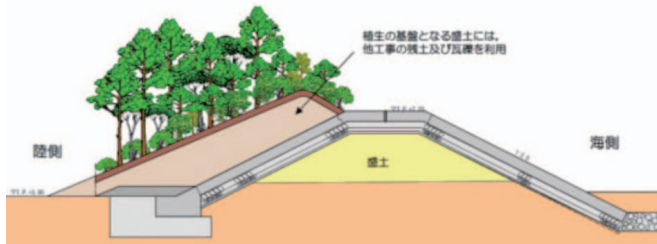


図8 緑の防潮堤のイメージ

度の高い津波」とは、今までの津波対策で採用したような津波の規模で、再現期間が100年から200年の津波である。このような津波に対しては構造物で防御して、人命と財産の両方を護ることを想定している。また、「最大クラスの津波」とは、東日本大震災の津波のように再現期間が1000年にも及ぶ大規模な津波である。このような津波に対しては、避難による減災を想定して、人命だけは護ろうとするものである。

津波防御構造物の設計対象とする津波はレベル1津波であり、この津波に対しては越流や変形は許容しない設計となる。これより規模の大きいレベル2津波が来襲したときには、越流や変形は許容するが、完全に倒壊し、津波防御機能が失われると、災害の規模が格段に大きくなるため、「粘り強さ」を付加して、できるだけ倒壊しないようにすることが求められている。今までの津波防御構造物は津波が越流しないとして設計されてきたが、今後は越流することを前提に設計することになる。そのため、今までは検討してこなかった越流に伴う現象も考慮しながら、粘り強さを付加した設計を行うことになる。粘り強さを付加する対策としていくつか提案されている。

防波堤のように海中にある構造物については、図7に示すように背後の捨石マウンドを嵩上げて、越流津波に対しては被覆ブロックで洗掘を抑え、津波波力に対しては嵩上げた捨石による受動土圧で抵抗する形式のものが提案されている。防波堤に航路が近接して、捨石マウンド幅が十分に取れない場合には、嵩上げた捨石マウンドを鋼管で抑え、津波波力に対する抵抗力は鋼管でも受け持たせる形式も提案されている。八戸港の北防波堤羽根部においては、空洞のコンクリートフレームを防波堤背後に設置して、中に詰めた割石とマウンドの捨石との摩擦力によって粘り強さを持たせて

いる。

防潮堤のような陸側構造物については、鋼管とプレキャストコンクリート壁を組み合わせたハイブリッド防潮堤や裏法尻に矢板を打ち込んで越流津波による洗掘防止を施した三面張防潮堤、三面張防潮堤の背後を盛土して植樹した緑の防潮堤(図8)などが提案されている。

提案された対策構造物のいくつかは既に施工されているものや施工途中のものもある。しかしながら、粘り強さを付加したこれらの津波対策構造物における大きな問題点は粘り強さに対する照査が行われていないことである。つまり、レベル2津波が来襲してきたとき、構造物がどのような変形状態で止まるのか、どの施設もこれについては何も言及していない。これは、東日本大震災からの復興を早急に図らなければならないため、建設が急がれ、粘り強さに関して十分な検討時間が取れないことが大きな原因である。今後は、このような対策構造物の粘り強さの定量的な照査技術の確立に向けた努力が必要となる。

あとがき

東日本大震災では、第一線の防波堤を始めとし、津波対策施設である湾口防波堤や防潮堤まで多くが破壊された。その破壊メカニズムの究明過程において、設計では考慮していない越流津波に伴う現象で破壊に至っているものがあることを示した。そして、この大災害を教訓として、「発生頻度の高い津波」(レベル1津波)と「最大クラスの津波」(レベル2津波)の2段階で考えることになり、対津波構造物の設計はレベル1津波で行うが、レベル2津波に対しては粘り強さで対応し、崩壊は避けることとなった。粘り強さを付加した新たな構造物が提案され、施工されてきているが、粘り強さの程度については照査する技術が確立しておらず、今後、解明しなければならない大きな課題である。

〈参考文献〉

- ※1 富田孝史ら(2012)：2011年東北地方太平洋沖地震津波による八戸港の被害、土木学会論文集B2(海岸工学) Vol.68 pp. 1_1371-1_1375
- ※2 有川太郎ら(2012)：釜石湾口防波堤の津波による被災メカニズムの検討—水理特性を中心とした第一報—、(独)港湾空港技術研究所資料 No.1251
- ※3 中村友昭ら(2012)：津波の越流に伴う混成堤ケーソンの挙動とその機構に関する数値解析、土木学会論文集B2(海岸工学) Vol.68 pp. 1_831-1_835
- ※4 佐々真志ら(2013)：津波越流—浸透連成遠心実験システムの開発とマウンド洗掘への適用、土木学会論文集B3(海洋開発) Vol.69 No.3
- ※5 高橋英紀ら(2013)：津波による浸透作用下の防波堤基礎マウンドの支持力発現特性、土木学会論文集B3(海洋開発) Vol. 69 No.3
- ※6 加藤史訓ら(2012)：東北太平洋沖地震津波による仙台平野南部での海岸堤防被災・洗掘に関する調査、土木学会論文集B2(海岸工学) Vol.68 No.2 pp.1_1396-1_1400

特別講演 港湾物流機能の継続性向上に向けた技術的諸課題

ご講演者：京都大学防災研究所 小野憲司 教授

平成26年11月19日、「コースタル・テクノロジー 2014」の特別講演として京都大学防災研究所教授の小野憲司様にご講演いただきました。大変有意義な講演として会場からは盛大な拍手が送られました。本稿は、当日の小野氏の講演を、誌面の都合により編集部判断によって大幅に抜粋編集したものです。

〈プレゼンテーションの内容〉

1. 災害リスクと港湾物流
 - a. 防災・減災・レジリエンス
 - b. 社会の脆弱化
 - c. 地域と港湾を取り巻くリスク
2. 港湾物流機能継続マネジメント(港湾物流BCM)
 - a. BCMの手順と特徴
 - b. リスク評価(RA)の手法
 - c. 課題
3. 今後の検討技術課題

災害リスクと港湾物流

本日は、港湾の脆弱性評価に向けた新たな技術開発の展開について問題提起をさせていただきたいと思います。港湾構造物の強度解析や設計技術については長い伝統と蓄積があるので、それを昨今の国土強靱化計画の下で試みられている脆弱性評価に応用してみたいという視点でお話を致します。

図1に示すようにハザードと災害は意味が違います。地震や津波のようなハザードは自然現象で、いつ何処で起こるか誰にもわからないし、止められないが、災害は回避できる、というのが重要な点です。図1に言うエクスポージャーは、例えば港湾には多くの資産があり、その背後都市には多くの人々が住んでいますが、そういったものは常に災害リスクに曝されており、そこにハザードが起こると災害になる、ということを意味します。エクスポージャーに対抗して、津波防波堤などの防災手段で脆弱性を緩和することがこれまでの技術課題の中心に据えられてきたわけですが、その前に脆弱性を評価し、幅広い事前対策につなげたいというのが話題の中心です。

脆弱性に対応する概念として、いわれているのが「レジリエンス」です(図2)。災害による被害は避けられないけれども、社会システムをいかに復元性(レジリエンシー)に富むものにするかということが今、重要視されてきています。

一方で社会の脆弱化が進行しているとも言われます。一例が、人口の減少、社会の高齢化です。社会が高齢化すると、例えば津波から素早く逃げられず、自力避難の困難な人も増えます。高齢化社会では災害関連死のリスクも高まります。災害による直接死や資産の損失を減らすことに加えて社会の脆弱性をいかに緩和す

「Disaster」(「災害」)と「Hazard」(「危機」、「現象」)は意味が異なる。「ナチュラル・ハザード」(Natural Hazard、自然現象)と「ナチュラル・ディザスター」(Natural Disaster、自然災害)の定義(ユネスコの地球科学プログラム)

・「ナチュラル・ハザード」とは、大気・地質学・水文学的原因で、太陽系規模・地球規模・地域規模・国家規模あるいは地方規模の範囲を、急速または緩慢に襲う事象により引き起こされる、自然に発生する物理的現象である。地震、火山噴火、地滑り、津波、洪水、干ばつが含まれる。

・「ナチュラル・ディザスター」(自然災害)とは、ナチュラル・ハザードの結果または影響である。社会の持続可能性の崩壊と、経済的・社会的発展の混乱を意味する。

Disasters occur when hazards meet vulnerability.
「災害は、危機が脆弱性と出会うことで起こる」

➡ 地震・津波の様なハザードは避けられないが、災害は回避できる

図1 HazardとDisaster

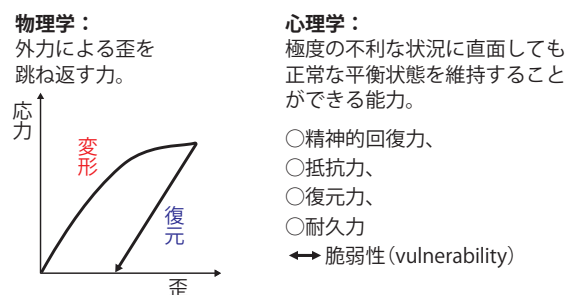


図2 レジリエンス(Resilience)

るかという視点が大切になります。

日本のモノづくり産業のシステムについても複雑化したことで災害に対する脆弱性が増大しているということが東日本大震災で良く分かりました。東北地方で生産される自動車部品の供給が停止したことによって、北米や欧州の自動車工場の生産ラインが止まったことは世界中で衝撃を持って受け止められました。港湾物流の世界でも、ロジスティクスシステムの複雑化から脆弱性が高まっていることは間違いないと思います。

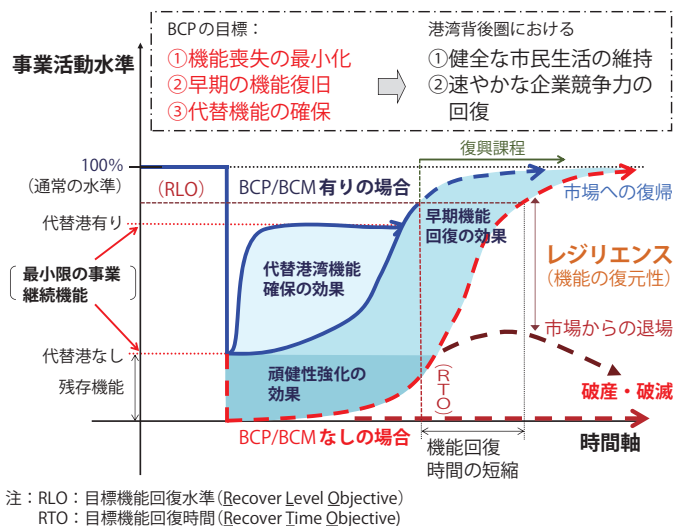


図3 事業継続計画(BCP)の基本概念

港湾物流機能継続マネジメント (港湾物流BCM)

事業継続計画(BCP)が主眼とする基本的な概念は、図3のとおり、①機能喪失の最小化、②機能復旧の迅速化、③代替機能の確保、です。中でも今後更に目を向ける必要があると思うのは、③の代替機能の確保です。

BCPの国際標準を定めるISO22301には、事業を継続していくためのマネジメントシステムをいかに構築し、実行するかが記載

されており、BCPという文書化された計画書は、そのための1つのツールと位置づけられています。「BCPは分厚くって災害現場では読む間がない。作っても、役立たない」と言われることがありますが、日ごろから災害対応の準備をしたり、訓練することが重要で、それらの情報を広く共有するために書きとめておく文書がBCPであると考えられるべきでしょう。脆弱性評価を含む事業継続マネジメントのための分析結果もBCPとして書き残され、関係者間で共有されます。

BCPはもっぱら一般企業が作成するものとして発達してきました。港湾のような公共インフラの運営にBCPを持ち込むにはかなり工夫が必要ではないかと考えています。一方、国土強靱化計画のアクションプランでは、重要業績指標として港湾の航路啓開計画策定割合と国際戦略港湾・国際拠点港湾・重要港湾における港湾BCP策定の割合を100%にしようという目標を掲げました。

図4は港湾における事業継続マネジメントの手順ですが、これは先ほど述べたISO22301がBCPを作る際の分析・検討の内容として実施を求めているビジネスインパクト分析(BIA)とリスク評価(RA)を含んでいます。

BIAでは、たとえば地震で港湾機能がストップした際に、機能が復旧するまでの間、荷主にどれぐらい待ってもらえそうかという評価を行います。また、港湾運営のために必要な資源を明らかにするという役割もあります。ここでいう資源には、通常港湾施設だけでなく、税関、検疫、入管といった手続きのための人、資・

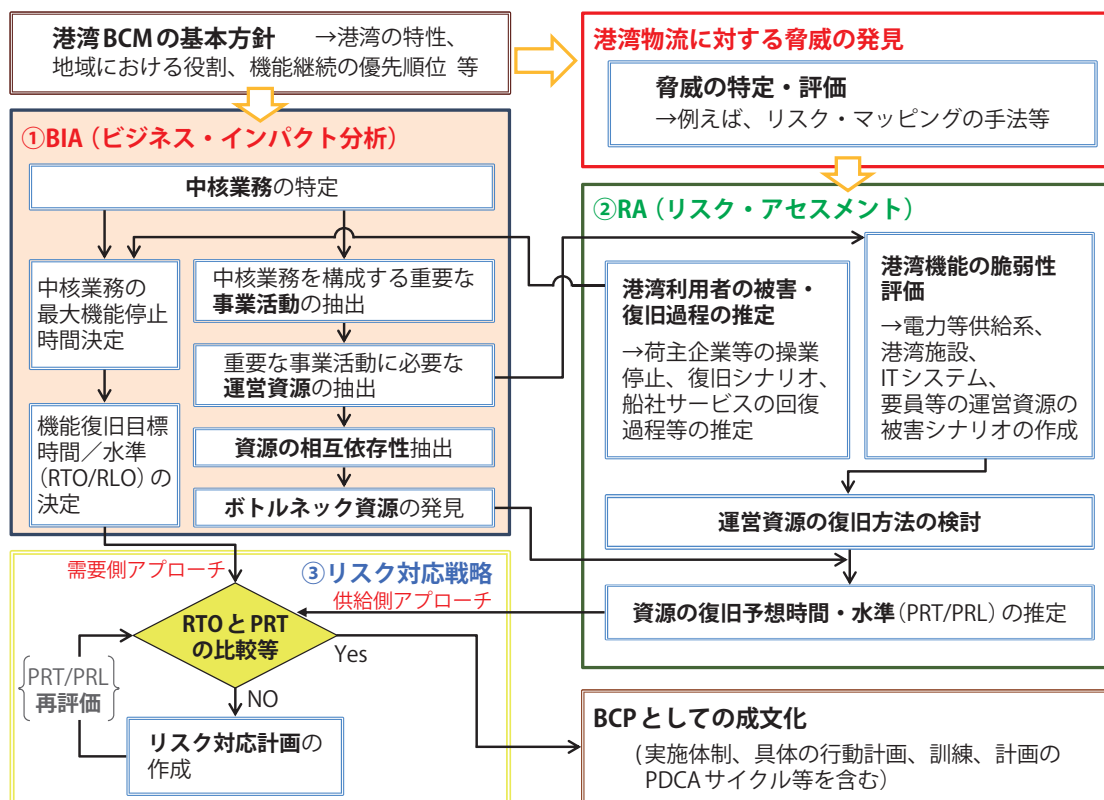


図4 港湾における事業継続マネジメントの手順

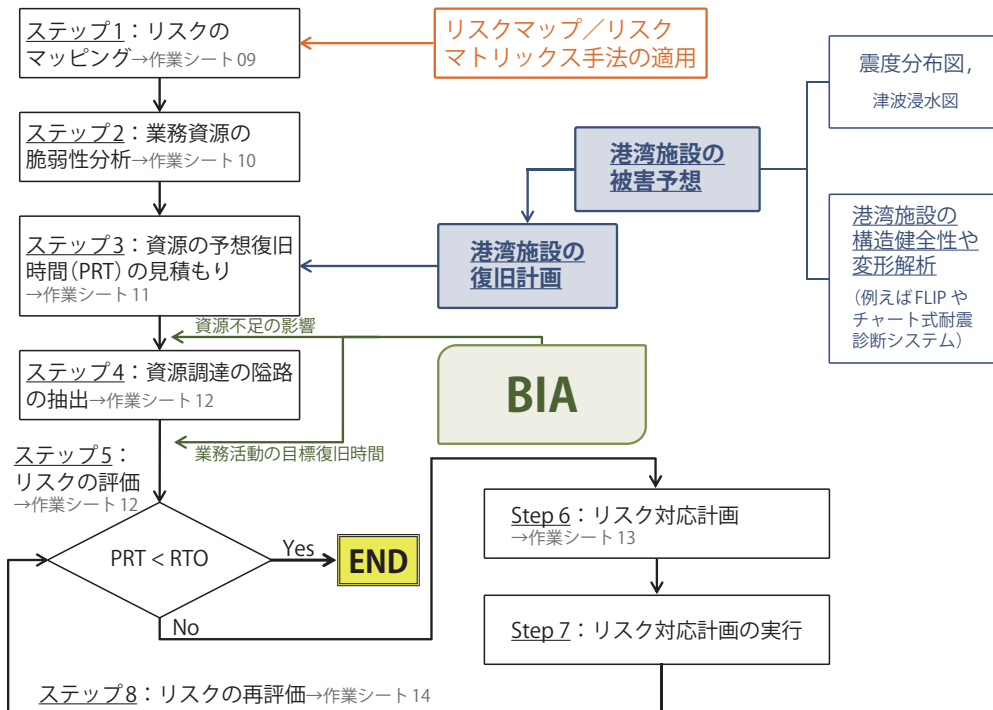


図5 リスク評価とリスク対応計画の手順 (Risk Assessment & Risk Response Plan)

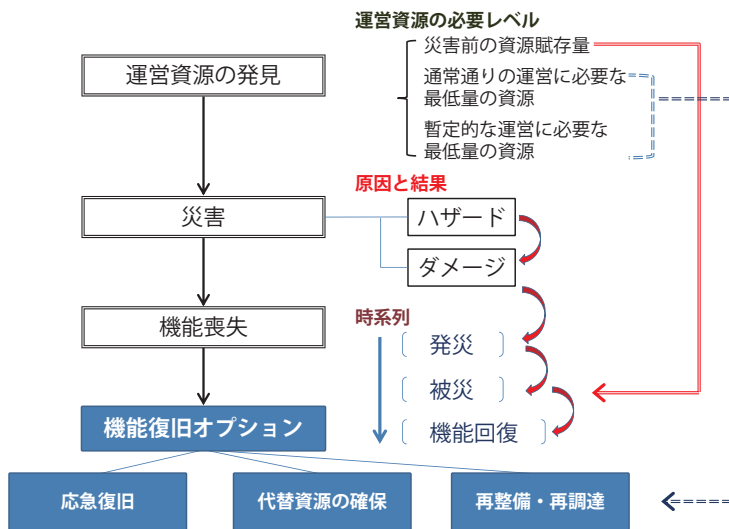


図6 脆弱性評価の手順の概要

- ① 港湾運営資源の脆弱性評価等のリスク評価手法の体系化と、その基礎となる東日本大震災等の過去の地震・津波災害情報及びデータの収集・分析・保存。
- ② 経験的な被害想定法や一井、本多の脆弱性曲線のような現場技術者にとってより簡易で分かりやすいリスク評価手法の開発。
- ③ チャート式耐震診断手法や一井の脆弱性曲線等の既存のリスク評価手法の適用範囲の拡大。
- ④ 港湾運営資源の簡易な脆弱性評価手法の適用ガイドライン、事例集の作成。

図7 今後の課題

器材、建物、情報システムといった様々なものが含まれます。

次に、これらの港湾で使われる多種多様な資源が自然災害に対してどのくらい脆弱か、復旧にどのくらいの時間と手間がかかるかということを知っておくことが必要となります。そのためのプロセスが脆弱性評価を含むRAです。RAから得られる復旧時間がBIAから得られた荷主の受忍の範囲を超えると荷主離れ、船社の寄港停止が起こるので、対応手段が必要となります。リスク対応計画と呼ばれるものです。(図5)

脆弱性評価では、港湾が直面するハザードを抽出し、資源の脆弱性をおしはかり、ここから港湾機能に対する負のインパクトを導

き出し、復旧に要する時間を見積もります。港湾施設の被害と復旧時間の想定と言い換えると分かり易いと思います。(図6)

脆弱性評価のための技術課題と既存の港湾技術の対応関係をまとめると図7のようになります。これまでいろいろな取り組みがなされてきていますが、この際、体系化し、しっかりと向き合うことが重要ではないかと思っています。東日本大震災は千年に1度の災害でしたが、換言すれば千年に1度しかない大変貴重な経験とデータを含みます。我々がこうむった大きな損失と痛手を無にしないためにも、社会の脆弱性の問題としっかり向き合っていかなければならないと思います。ご清聴ありがとうございました。

民間技術の紹介1

PU-NAVI

ピンポイント水中位置誘導システム

東亜建設工業株式会社 信幸建設株式会社

潮流のある海域において、グラブバケットや吊荷の位置を所定の位置に誘導するシステムとして、沿岸技術研究センターの確認審査・評価証第14001号を取得。

開発の経緯

東日本大震災の復旧工事においては、津波により流されたロープ、魚網、瓦礫、シンカー等を早急に撤去する必要がありました。従来のクレーン船等は、ブーム先端等にGNSSを設置し、ブーム先端の位置をグラブバケットの位置と仮定して誘導を行っています。この方法では、目標地点へブーム先端を誘導しても、潮流の影響でグラブバケットが流されるため、水中の目標地点へ正確に誘導することは困難でした。

そこで当社は、GNSSと水中測位装置を組み合わせ、水中の誘導対象物の位置をリアルタイムに求め、高精度に目標地点へ誘導可能なピンポイント水中位置誘導システム「PU-NAVI (Pinpoint Underwater Navigation System)」を開発しました。

技術概要

PU-NAVIは、起重機船、クレーン付台船やグラブ浚渫船のブーム先端に設置したGNSS、ブリッジに設置したGNSS方位計、船体に設置した水中測位装置のトランスデューサ及び演算処理装置、吊荷やグラブバケット(以下、吊荷とする)に設置したトランスポンダにより、水中での吊荷の位置、ブーム先端の位置及び台船の位置をリアルタイムで求める技術です。

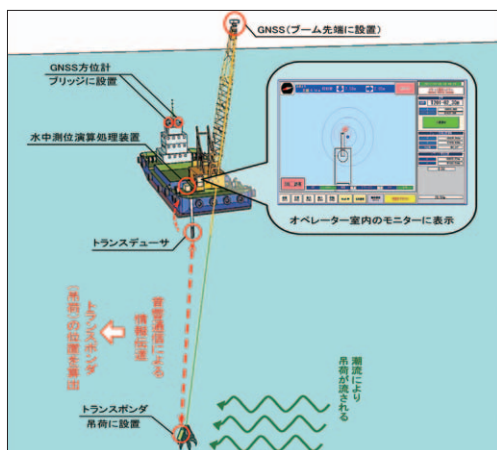


図1 PU-NAVIシステム運用イメージ

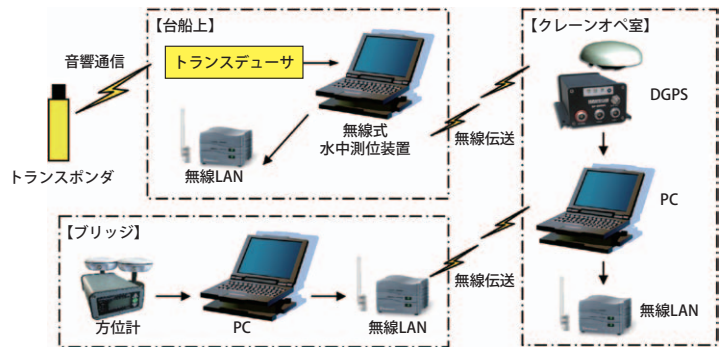


図2 PU-NAVIシステム構成

吊荷の位置は、船体に設置したトランスデューサと吊荷に設置したトランスポンダ間で音響通信を行い算出しています。

オペレータ室のモニター上に吊荷の現在位置、目標位置、目標位置までの移動方向と移動量を表示させることにより、オペレータは吊荷の位置を目標地点へ正確に誘導することができるため、施工精度及び施工効率が向上します。

また、潜水士にトランスポンダを装着することにより、潜水士と吊荷の位置関係を誘導画面上で確認できるため、潜水作業の安全性が向上します。



写真1 誘導画面確認状況

開発の経緯

①水中の吊荷の位置が把握可能

トランスポンダを設置した吊荷は、水深の深い場所での施工や、潮流の影響を受け、流された場合でも正確に測位可能です。そしてその情報は、オペレータや作業指揮者が誘導画面で確認することができます。また、誘導画面は吊荷の位置をリアルタイムで確認できます。

②吊荷の現在位置、目標位置、目標位置までの移動方向と移動量を誘導画面に表示可能

あらかじめ、目標位置座標を入力することで吊荷の位置から目標位置までの移動距離と移動方向を算出し、誘導画面に表示します。この情報により、目標地点までの誘導が定量的に表示されるため、目標位置まで正確な誘導が可能となります。

③潜水士の位置が計測可能

トランスポンダは小型かつ軽量であり、潜水士へ装着可能なた

め、吊荷と同様、水中作業中の潜水士の位置を計測可能です。誘導画面上には吊荷や潜水士及び警戒区域の表示が可能であり、潜水士の警戒区域への侵入防止や吊荷との衝突予防として利用できます。



写真2 トランスポンダ装着状況

誘導画面について

誘導画面は、以下の8項目の表示が可能です。

- ① 目標位置座標
- ② ブーム先端の座標
- ③ 吊荷の座標
- ④ 吊荷の水深
- ⑤ 目標位置座標までの移動量と移動方向
- ⑥ 目標位置座標の平面位置
- ⑦ ブーム先端の平面位置
- ⑧ 吊荷の平面位置



図3 PU-NAVIシステム画面

適用範囲

起重機船やグラブ浚渫船などを使用する港湾工事における、撤去工、浚渫工、ブロック据付工、基礎工の施工支援として適用可能です。

PU-NAVIは、水深50mまでの精度を確認しましたが、水中測位装置の耐圧仕様では2000mまで適用可能です。

施工実績と代表工事例

PU-NAVIは、2011年に開発されて以来、2014年12月現在で、障害物撤去工3件、築造工事2件、設置工1件の施工実績があります。

代表工事例として、山田湾の堆積物等撤去工事に導入しました。本工事は、東日本大震災で被害を受けた山田湾において、津波により流され海底に点在するロープ、魚網、瓦礫、シンカー等の障害物の撤去作業を行うものです。現場海域は、最大水深約50mで、吊荷は潮流の影響を受け、流されることがありました。そこで、PU-NAVIを採用したところ、潮流0.09m/s~0.52m/s(平均0.26m/s)の影響を受ける撤去作業において、従来工法と比較して1箇所当たりの撤去作業時間を30%短縮できたことを確認しました。また精度に関しまして、ナローマルチビーム測量により、XY平面の誤差が2.0m以内であることを確認しました。



写真3 トランスポンダ設置状況



写真4 撤去作業状況

NETIS登録

新技術情報提供システムNETISに登録されています。(登録番号：KTK-120005-A)

今後の展望

PU-NAVIは、現在震災復旧工事以外の消波ブロック据付工事や捨石均し工事でも使用されています。

今後は、大深度海域での漁礁据付、人工海底山脈の築造における施工支援など様々な海洋土木工事の施工効率向上に貢献できるよう機能の向上を図るとともに、トータルコストの低減にもつながる有効な手法として、様々な分野へ適用を考えています。

く制限される重要構造物や地盤の変位を管理値以下で施工することができます。

③「全自動ミキサー」による大容量・高品質の作液

本工法では、従来の汎用ミキサーの2倍以上の作液能力を有する「全自動ミキサー」を使用します。本ミキサーは、3液2槽混合型の恒久グラウト専用ミキサーで、流量計の計量誤差が1%であるため、配合誤差を±0.1%（シリカ濃度換算）以下に抑え、高品質の作液を行うことができます。

④「生分解性注入管」

本工法では、改良土中においても分解される「生分解性注入管（バイオチューブ）」を選択することができます（図2）。これにより、改良後に掘削工事などを実施する場合、残置した注入管は容易に破断するため、施工の障害にはなりません。





項目	製造直後	1年埋設後回収
側面		
切断面		
破断強度 (N)	540.0	192.6 (製造直後の35.7%に低下)
破断伸び率 (%)	443	5.6 (製造直後の1.3%に低下)

図2 生分解性注入管の1年埋設後の物性変化

⑤耐液状化特性および耐久性を有する恒久グラウト

液状化対策等の耐久性が必要とされる場合、本工法では活性シリカ系の溶液型注入材「恒久グラウト（パーマロックASFシリーズ）」を使用します。恒久グラウトで改良された注入固結砂は、液状化強度が未改良砂よりも増加し、かつ粘性土に類似した粘り強い動的応答特性を示すことを確認しています。本工法の開発当初に実施した現場注入実験の追跡調査では、サンプリングコアの一軸圧縮強さが10年間にわたり微増しており、2011年に発生した東北地方太平洋沖地震後（改良後12年）も改良地盤の強度が劣化していないことを確認しています（図3）。

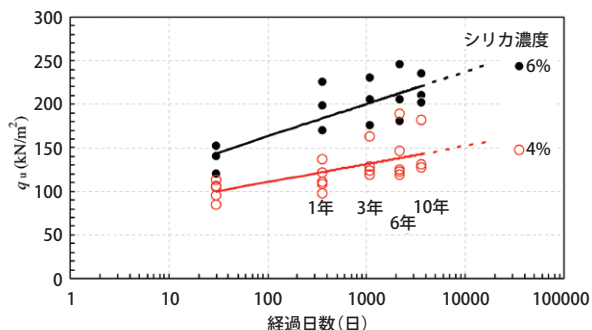


図3 現場注入実験のサンプリングコアの一軸圧縮強さ

適用範囲

本工法は、港湾・海岸・空港等施設における各種構造物基礎地盤の液状化対策、岸壁・護岸背面砂地盤の吸い出し防止対策、土圧軽減

対策、長期的な止水対策、地盤強化・支持力増強等に適用することが可能です。改良対象の地盤は細粒含有率が40%以下の砂質土や砂礫土となります。

施工実績

多点同時注入工法は、これまでの累積で127件（2014年7月時点）の施工実績があります。代表的な施工事例として、八代港の岸壁背面の土圧軽減・液状化対策があります（写真2）。同工事の施工数量は、改良土量11,251m³、注入量4,557kL、削孔本数444本でした。削孔機4台、全自動ミキサー3台、注入ポンプ2ユニット（64台）を導入し、ピーク時で58箇所の同時注入施工を実施しました。本工法の適用により、工期短縮が図られるとともに、既設岸壁や近接構造物への影響を最小限に抑えて施工を完了することができました。

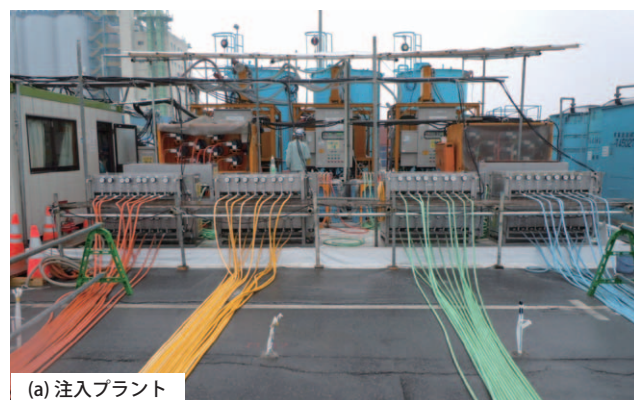


写真2 施工事例（八代港）

NETIS

多点同時注入工法は以下の要素技術についてNETIS登録されています。

- ①NETIS登録番号 KK-120050-A：超多点注入工法
- ②NETIS登録番号 KT-100019-A：DCI多点注入工法

今後の展望

本工法のさらなる効率化、品質向上、コスト縮減化を図ることにより、近い将来の大規模地震に備えた重要施設の地盤強化対策として、本工法の積極的な展開に努めていきます。



研究

沿岸レポート

自主研究

「英国における海岸リゾートと栈橋に関する研究」(1)

今後の我が国の海岸整備を考える

一般財団法人沿岸技術研究センター
審議役 八尋 明彦

研究の経緯と目的

英国の海岸リゾートには、海岸線から直角に沖側に延ばされた数多くの栈橋があり、海岸リゾートの象徴的施設として存在するだけでなく、今日でも多くの人びとに利用されている。これらの栈橋は、産業革命によって英国経済が進展した1800年代ビクトリア王朝時代の海岸リゾートへの人びとの関心の高まりのなかで、英国各地に競うように建設されたものである。全国で100基近くが建設されたがその後の老朽化、高波や火災などにより多くが消失した。様々な努力と経緯をへて、今なお58基が現存し、多くの人びとに利用されている。このうちライド栈橋は昨年2014年で200周年を迎えている。

一昨年2013年(6月26日～7月5日)と昨年(7月7日～18日)にかけてPIERS研究会(古土井光昭会長)が主催した調査団に参加し、海岸リゾートやその中核となる栈橋について現地調査を実施した。国内ではこれらの現地調査結果を受けて当研究会に参加し、以下

の点について議論を重ねた。

- (1) 栈橋運営の維持管理に関する体制と課題
- (2) 英国における海岸リゾートの発展と栈橋建設の歴史の変遷
- (3) 重要な栈橋の歴史と現状
- (4) 今日の海岸リゾートに対して栈橋の果たしている役割
- (5) わが国の沿岸域における海岸リゾート形成への示唆

今回数回にわけて、このうち海岸整備に関する成果について報告する。

調査した栈橋の概観と特徴

1. 英国の海岸リゾート栈橋の歴史

島国の英国には非常に多くの海岸リゾートがある。その各リゾートのシンボリックな存在として海に長く張り出した栈橋が人々の人気を集めている。実は全国各地(図2-1)に約110か所も建設された歴史をもつ。これらの栈橋の多くは、1700年代に始まる産業革命の成功により英国が「世界の工場」として繁栄を謳歌した1800年代のビクトリア朝時代に開発された。

その後これらの栈橋は暴風や波浪、船舶の衝突、火災、老朽化により半数近くが既に消滅し、英国栈橋協会によれば現在58本が残っているに過ぎない。これら栈橋は1800年代初頭から海岸リゾートに建設され始めた。そして、その萌芽期、地方展開期、第1次栈橋ブーム、第2次栈橋ブーム、そして世界大戦後から今日へと、大きく5つの時期に分けて、その歴史的な発展を考察することができる。(図2-2)

1700年代中期に海水が健康に良いと云われ、ロンドンなど大都市の貴族たち上流階級が保養と社交のため近郊の海岸にリゾートを開き始めた。やがて海岸にプロムナードが整備され、栈橋を建設し海の上を散歩することが流行し始める。また船を使ってリゾートに出かけるにも栈橋は不可欠であり、船舶の接岸を主たる目的



図1 2014年調査行程

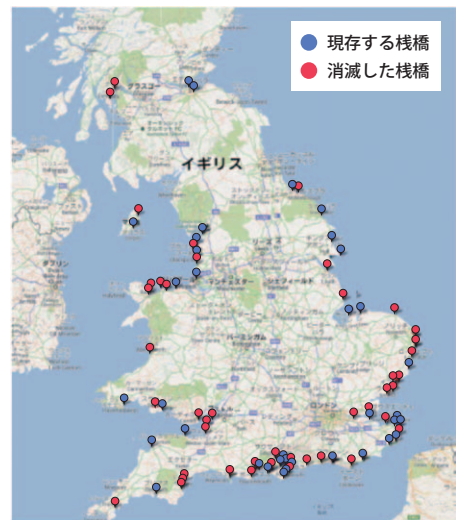


図2-1 英国における栈橋の分布

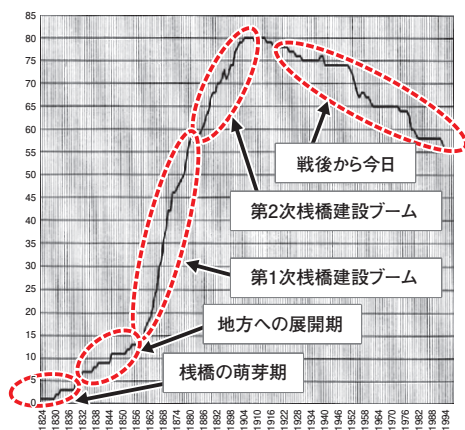


図2-2 稼働中の栈橋本数の推移

に建設された栈橋も少なくない。しかし、そうした栈橋もやがて海上のプロムナードとして利用されるようになった。

さらに海岸リゾートは大都市から地方の貴族たちにも普及していった。また上流階級だけでなく、工場経営者や金融業者など産業革命のなかで成功した中流階級も、貴族たちの生活に憧れリゾートで滞在し始める。これが各地のリゾート開発に拍車を掛けた。

1800年代半ばには労働の時間制限や休日の制定などが進み、蒸気鉄道の普及と相まって一挙に全国的な海岸リゾートの大衆化が始まった。リゾート開発が各地で進み、栈橋の第1次建設ブームとなった。1860年から1880年の20年間に、平均で毎年2本以上の栈橋が建設されたと記録にある。

やがて栈橋が拡張され、収容人数1000人、2000人と云う大規模な劇場やサロンが栈橋の上に建造され始める。1880年から1900年頃にかけての第2次栈橋ブームである。栈橋の大規模化、複合化の時代の到来であり、栈橋がもっとも輝いた時代である。

1900年代初頭にも僅かに新しい栈橋が建設された。1970年代に入ると海外旅行が大衆化し、英国内の海岸リゾートの利用者は減少した。しかし、あの熱狂的な時代は去ったが、人々の落ち着いた生活の中で海岸リゾートの栈橋を楽しむ時代を迎えている。

2. 調査した主な栈橋の概要

2か年にわたって英国の西南、東南、南部、南西海岸、さらにワイト島にある37本の栈橋とその周辺海岸を調査した。各種資料をもとに全栈橋の所有形態を調べると、およそ地方自治体などによる公的所有が4割、個人を含む民間所有が6割と云う状況にある。

以下に、このうち10本の栈橋を英国栈橋協会の資料に基づき紹介する。

(1) クローマー栈橋(Cromer Pier)

この栈橋は、ノース・ノーフォークに位置し1901年に完成したものである。その前に2つの栈橋が建設されたが壊れた。最初は1822年に木製の短い栈橋が建設され1843年に嵐により壊れた。2

番目の栈橋は同じく木製であったが、1897年に石炭船が衝突し大破した。その後1900年に延長136mの栈橋工事が開始された。



栈橋は落ち着いた雰囲気を持ち、先端には500人を収容できるビクトリア様式の劇場があって、全国の栈橋でも数少ない伝統的な夏場のショーや日曜コンサートを開催している。さらに最先端には、沿岸一帯の海難救助活動の拠点となる救命艇基地がある。

(2) イーストボーン栈橋(Eastbourne Pier)



イーストボーン栈橋会社は1865年に設立された。この栈橋はユージニウス・バーチ(Eugenius Birch)の設計で1870年に完成し

た。1877年に暴風で岸寄りの部分が流され、嵩上げて再建された。1888年に400人収容の劇場が先端部に整備され、やがて1899-1901年に1000人収容の劇場とバー、パノラマ望遠劇場(Camera Obscura)からなる大型パビリオンに取って代わられた。1970年に劇場は焼失したが、再建された。1987年に暴風により被災したが再建された。2009年、英国の歴史遺産Grade II*(Grade IIより重要度が高い)に登録された。同年、所有者のSix Piers社は売却を表明したが、栈橋の利用が盛況なため事業続行を決定。2010年には改装されたOcean Suiteが再オープンした。

なお調査団が帰国した直後の2014年7月30日、午後3時頃に火災が発生し、栈橋の岸寄りにある壮麗なデザインのパビリオンが完全に焼け落ちた。

(3) ブライトン・パレス栈橋(Brighton Place Pier)

ブライトンにはこの栈橋より前に、2つの有名な栈橋が建造された。1つはブライトン・チェーン栈橋(Brighton Chain Pier)であり、もう1つはブライトン・ウエスト栈橋(Brighton West Pier)である。チェーン栈橋は文字通り鉄製のチェーンを4基の橋塔に架けた吊り橋構造の栈橋(1134ft)で1823年に開設した。その優美な姿が高く評価され人気を博したが、1860年代より衰退し1896年暴風により破壊された。ウエスト栈橋(West Pier, 1115ft)はユージニウス・バーチ(Eugenius Birch)の設計により、1866年に開設された華麗な栈橋である。全国でクレブドン(Clevedon)栈橋と並ぶGrade Iに登録された貴重な歴史遺産であったが、度重なる暴風に



よる被害に加えて、2003年の二度の大火により棧橋は骨組みを残すのみとなった。今年初めの暴風により、その骨組みも大破した。

さて1790ftの延長をもつこのブライトン・パレス棧橋は1899年に開設された。先端部に1500人収容の劇場が1901年に建設された。1910年には中央部に温室型のサロン用パビリオンが、また翌年に船舶の接岸施設が建設された。1973年まで棧橋に大きな変化はなかったが、1975年に係留施設が取り壊された。また1986年に劇場が撤去され、その跡にレジャー・ドームが建設された。現在そこには各種の遊戯施設やスリル満点の乗り物が導入されている。

(4) ライド棧橋 (Ryde Pier)

この1740ftの棧橋は1814年に、本土とワイト島とを結ぶフェリーや船舶の係留施設として開設された。今日供



用中の棧橋としては最も古く、昨年7月に200周年を迎えた。1824年に2040ftに延伸され先端部が拡張された。その後も数度にわたり延伸され2250ftにまでなった。1864年には軌道車用の棧橋が、また1880年には鉄道の棧橋が、それぞれ並行して建設された。1911年までに木杭の棧橋が順次、鉄製の棧橋に入れ替わった。1903年代初めにはコンクリート製の棧橋に再建された。

先端部にはビクトリア朝様式の待合室が建設されていたが、1976年に新しいビルに再建された。現在でも島内への鉄道は棧橋の先端部駅から出発している。フェリーを運航しているWightlink社が棧橋を所有している。

(5) ボーンマス棧橋 (Bournemouth Pier)

1856年に100ftの木造棧橋が建設され、1861年に1000ftの木造棧橋に建て替えられ、さらに1866年に鋳鉄製の杭に打ち換えられたが、



1876年に暴風により破壊される。1880年に著名なユージニウス・バーチ (Eugenius Birch) の設計により838ftの棧橋が開設され、そ

の後延伸され1000ftになった。

1976年に深刻な腐食が見つかり棧橋の再建に着手、1981年に完成した。2006年に棧橋の運営会社が変わり(所有は地元自治体)、2011年に棧橋の再開発構想の中で先端部の歴史的な棧橋劇場 (Pier Theatre) の閉鎖が提案されるが、住民の反対により否決。2013年には反対が多かった棧橋近くのIMAX施設が撤去された。

(6) スワネージ棧橋 (Swanage Pier)

まず1859年に750ftの木造棧橋が建設され、石灰石の積出しと旅客輸送に活用された。現在この棧橋は杭が残るだけで、1897年にその



西側に642.5ftの“新しい棧橋”が開設された。やがて杭が朽ち始めコンクリート製に打ち換えられた。

1996年に旅客船の就航が終わり、棧橋は十分に維持されなくなった。1994年、Swanage Pier Trustが棧橋を購入し、歴史遺産宝くじ基金や一般からの寄付など多額の資金調達に成功し、補修された。棧橋は今日多くの利用者にさまざまな楽しみ方を与えている。海中カメラが設置され棧橋訪問者が海中の状況を楽しむことが出来る。2012年のPier of the Yearを受賞した。2013年3月に暴風で大規模な被災をしたが、苦労の末、修復工事に着手し、2014年1月完成した。

(7) ウェストン・スーパー・メア・グランド棧橋 (Weston-Super-Mare Grand Pier)



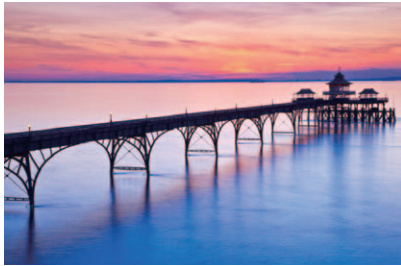
海岸リゾートであるウェストン・スーパー・メア (Weston-Super-Mare) は、大都市ブリストル (Bristol) やブリストル海峡を挟んだ対岸のウェールズの首都カーディフ (Cardiff) から近く、古くから賑わっていた。ここにバーンベック棧橋 (Birnbek Pier、現在は老朽化して閉鎖中) に続く第2の棧橋を建設する構想は1880年に遡る。この棧橋は1903年に着工し1904年にオープンし

た。先端にはオペラや音楽演奏、シェークスピア劇、バレエ、拳闘などを行う2000人収容のパビリオンが設けられていた。

1903年に火災でパビリオンは焼失したが、1932/33年に再建された。しかし劇場と云うよりも大規模な遊園地のようであった。栈橋はよく維持され多くの利用者が訪れた。2008年初めに替わった所有者は、栈橋を一流のエンターテインメントの場とすることを目指して改修に大型投資を行った。しかし同年夏、大規模な火災が発生し全ての施設が灰燼に帰する。所有者はそれでも栈橋の再建を断念せず、コンペで選ばれた設計をもとに新しくモダンなパビリオンの建設に着手し、2010年秋に再開に漕ぎつけた。

(8)クレブドン栈橋(Clevedon Pier)

延長842ftのこの栈橋は1869年に開設された。英国一の潮位差48ft(14.5m)があるため海上から高く聳える。かのブルネルが鉄道建



設に導入しようとして失敗し廃材となった錬鉄製レールを活用し、100ftスパンのアーチ8連と杭式のトラスからなる美しい構造の栈橋である。1952年より構造の安全検査を定期的に行っていたが、1979年載荷試験中に2つのスパンが海中に落下し、栈橋は閉鎖される。

地元自治体は再建に多額の費用を要するため栈橋の撤去も考えたが、住民の反対により再建を決意。多くの組織から資金援助を受けて1982年に再建着工した。栈橋本体は一度解体され陸上で修復され、再度現地に戻し組み上げて、1989年にオープンした。1995年には栈橋の先端部と接岸施設の全面修復を行った。2001年にそれまでの歴史遺産登録がGrade IIからGrade Iに格上げされた。同じくGrade Iのブライトン・ウエスト栈橋(Brighton West Pier)が壊滅した現在、全国で唯一のGrade I栈橋である。2012年から2013年春まで栈橋の本格的な維持補修を実施し再開した。同年のPier of the Yearに選ばれた。栈橋基部にあるGrade IIのロイヤル・ピア・ホテル(Royal Pier Hotel)の修復再生と新たなビジターセンターの整備が進んでいる。

(9)ペンアルス栈橋(Penarth Pier)

この栈橋はウェールズ地方に残るビクトリア朝の栈橋の1つである。680ftの延長をもち1895年に開設された。海上のプロムナードであるとともに当時ブリストル海峡を頻繁に渡る蒸気船の接岸施設として利用された。1929年にアールデコ様式のパビリオンが建設された。1931年に大火により栈橋の多くの建物が焼失したが、岸寄りのこのパビリオンは無事であった。再建された栈橋は、

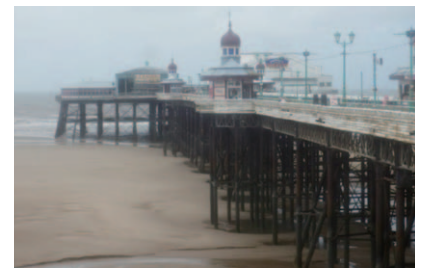


1947年、強風によりPort Royal Park号(7000トン)が激突し大破した。やがて再建され1950年に再開する。1981年に船舶の定期運行が終わった。

多くの組織からの資金援助により、本格的な修復工事が1994年から始まった。杭構造物、デッキ、栈橋上の施設、係留施設など、栈橋の全てに及んだ工事は1998年に完成した。老朽化が進んだパビリオンも、別途に多くの機関からの援助を受けて、修復と再利用計画が作成され、2012年秋から工事を開始し2013年末に完成、オープンした。新装なったパビリオンには、70席席の常設映画館、演奏会場、展示スペース、バー、海峡を眺めるレストランなどが入っている。2014年のPier of the Yearを受賞した。

(10)ブラックプール・ノース栈橋(Blackpool North Pier)

この栈橋は、1863年、マンチェスター、リバプールなど英国北西部の工業地帯の海岸リゾートとして急速に発展するブラックプールに最初



に建設された。ユージニウス・バーチの設計。翌1864年には観光用蒸気船が接岸する栈橋を増設し、1874年にはパビリオン、屋外ステージ、レストランなどを収容するため栈橋の先端部を拡張した。その後、船舶の衝突や火災による被害を受けたが、その都度再建されてきた。1500人収容の現在の劇場は1939年に建設されたものである。ブラックプールにある3つの栈橋の中でも、最もビクトリア朝の建築様式の華麗さを残しており、他の栈橋が娯楽・レジャー機能を重視する中で、落ち着いた雰囲気漂わせている。

<参考文献>

- 1) 英国PIERS調査報告書、PIERS研究会、2013年及び2014年
- 2) 英国栈橋協会ホームページ



技術

沿岸レポート

杭を活用した 既存防波堤の安全性増加 工法に関する検討 粘り強い構造の実現に向けて

独立行政法人港湾空港技術研究所
東京理科大学
新日鐵住金株式会社
一般財団法人沿岸技術研究センター

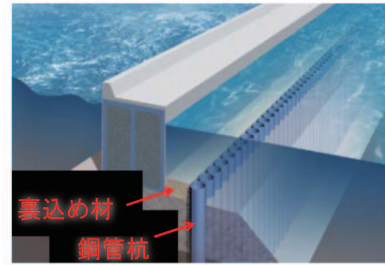


図1 鋼管杭式補強工法の概要

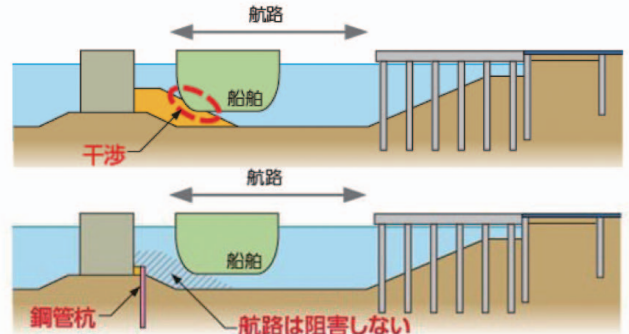


図2 狭陰地での防波堤の補強

はじめに

東日本大震災を契機に「粘り強い」防波堤の構造が求められている。「防波堤の耐津波設計ガイドライン」(2013年9月、国土交通省港湾局。以下、ガイドラインと呼ぶ)によれば、既存のケーソン式防波堤の安定性を向上させる補強方法の例として、ケーソン背面に捨石を積む腹付工法が示されているが、その他に「鋼管杭等により構造的な補強を施した」工法に関する記述もある。

そこで、ケーソン式防波堤の背面に鋼管杭などの鋼壁を根入れし、ケーソンと鋼壁の間に中詰をする「鋼管杭による防波堤補強工法」(以下、本稿では鋼管杭式補強工法と呼ぶ)を考案した(図1)。本工法は、鋼壁による抵抗力を期待するものであり、背後断面を小さくできる可能性を有すると考えられる。防波堤背後が狭陰な場所においては航路を阻害しないメリットもある(図2)。本工法の津波外力に対する抵抗機構を解明するために模型実験を実施した。

気中土槽実験による補強効果の実証

図3に土槽実験の実験装置の概要を示す。実験模型は1/60スケールで作製した。

検討ケースとして、無対策、腹付工法、鋼管杭式補強工法(背面洗掘を想定しない断面)、鋼管杭式補強工法(背面洗掘を想定した断面)について実験を行った。検討ケースの概要を表1に示す。

腹付工法については、腹付高をケーソン側面から離隔50mmま

無対策	腹付工法	鋼管杭式補強工法	鋼管杭式補強工法(洗掘有)

表1 検討ケース

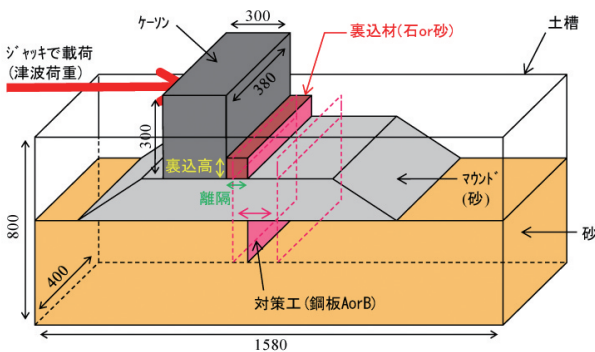


図3 実験装置の概要

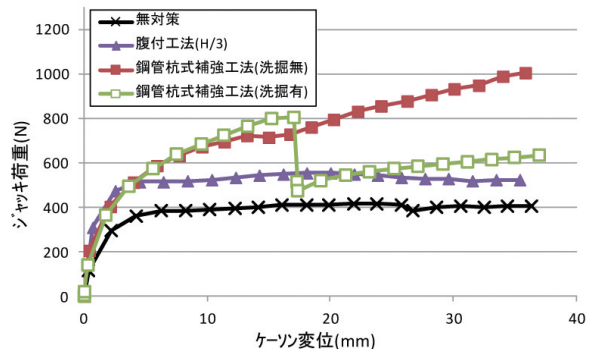


図4 気中土槽実験各ケースの荷重変位関係

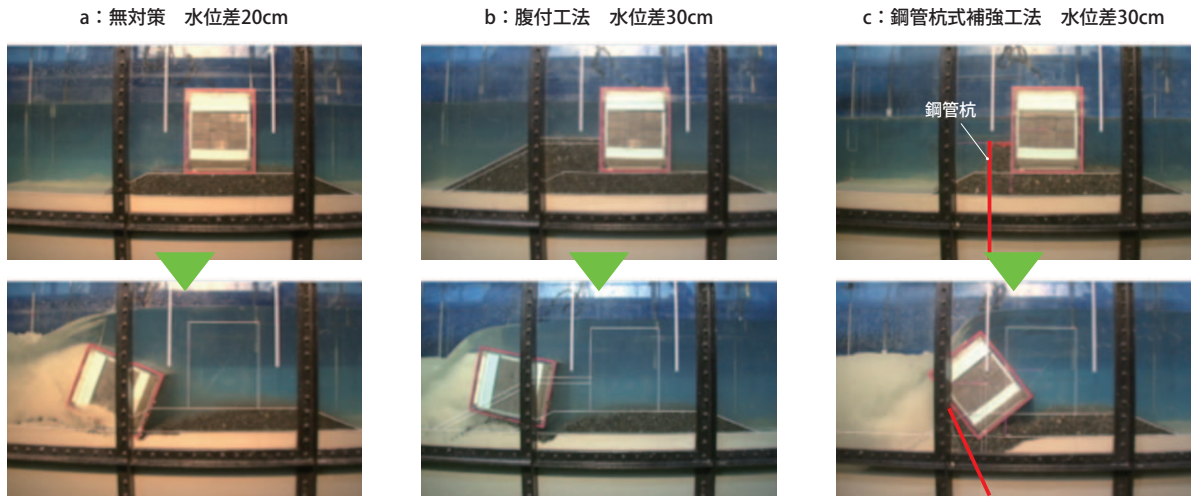


写真1 水理模式実験各ケースの最終破壊形態

で裏込高を一定(100mm)とし、それよりも背面側では1:1.5勾配にて裏込高を減じた。鋼管杭式補強工法では、ケーソン側面から離隔50mmの位置に鋼管矢板壁(鋼管径1000mm板厚12mm相当)を模擬した鋼板(380mm×380mm×t3.2mm)を設置した。背面洗掘想定断面では、鋼板背面を事前に60mm掘削した。変位制御(0.6mm/min)した油圧ジャッキで静的に載荷し、ジャッキ荷重とケーソン中心位置変位を計測した。それぞれのケースの荷重変位関係を図4に示す。

無対策では400N付近から荷重の上昇が見られず、それ以降は変位のみが増加した。腹付工法では無対策に対して最大荷重(抵抗力)の増加が確認された。一方、鋼管杭式補強工法では、ケーソン変位増加に伴って抵抗力も漸増する挙動を示した。ここで得られた挙動はまさに鋼材特有の「粘り強さ」であると考えられる。

津波越流時の杭背面の洗掘を想定した実験については、ジャッキ変位が20mmの時点でいったん除荷した後、鋼材背後の地盤を60mm掘削し、再度載荷した。掘削時は荷重の低下が確認されたが、再度抵抗が上昇し、ケーソン変位増加に伴って抵抗力も漸増する「粘り強い」挙動が確認できた。

水理実験による越流時の対策効果確認

ガイドラインでは、最大クラスのレベル2津波に対しては、人命を守り被害を最小限に留める「減災」が1つの防護目標で示され、倒壊は許容するものの、より粘り強く耐える防波堤が求められている。今回、鋼管杭式補強工法の津波越流時に対する粘り強さの実証を主眼として、(独)港湾空港技術研究所の施設にて水理実験を行った。実在する水深約12mの地点に設置されている混成防波堤をモデルとして、1/25スケールの模型を作製し、ケーソン前背面に水位差を与えることで越流現象を再現した。気中土槽実験と同様、無対策、腹付工法、鋼管杭式補強工法について実験を実施した。

まず、無対策の断面について、目標水位差20cmで越流させたと

ころ、ケーソン背面のマウンドの洗掘が進み、支持力が不足したところで崩壊に至った(写真1-a)。一方、腹付工法(腹付高さ=ケーソン高さの1/3)の対策工を実施した断面で同じ水位差20cmで越流させたところ、最初は腹付工部が洗掘されるも、約10分(実現象で50分相当)経過後に洗掘の進行が止まり、基礎マウンド部までは洗掘が進行せず、約18分越流を続けたが破壊には至らなかった。そのままの断面形状を保持し、次に水位差を30cmとしたところ、基礎マウンド部まで洗掘が進み、越流開始から約2分後に倒壊した(写真1-b)。今回提案する鋼管杭式補強工法では、水位差20cmでは杭背面が洗掘されるもケーソンはほとんど変位しなかった。同じく水位差30cmとしたところ、杭背面の洗掘が進み、徐々にケーソンが港内側に傾斜したが、杭が粘り強く抵抗を發揮し、天端高を保っていた(写真1-c)。

これらの結果より、腹付工法、鋼管杭式補強工法、どちらも対策の効果はあるものの、最終破壊形態が異なることが分かった。また、背面の洗掘が破壊に大きく影響を及ぼすことも確認できた。

まとめ

限られたケースではあるが、気中での土槽実験から、鋼管杭式補強工法では変位に伴い抵抗力が粘り強く増える傾向が確認でき、水理実験からは、越流時の背面マウンドの洗掘により杭の支持力が減少することで、防波堤の倒壊につながるものの、完全に転倒するのを粘り強く抑えることがわかった。今後は、より多くの条件で検証し、設計法の確立、FEM解析による変形予測手法の構築にも注力する。

以上、防波堤の粘り強い構造を実現させる方法として、鋼管杭式補強工法について述べたが、防波堤背後の洗掘予測、現場の利用状況、施工性、経済性などを考慮のうえで、腹付工法と比較し適材適所で工法を採用することが重要であると考えられる。



国際

沿岸レポート

第2回

日韓沿岸技術研究 ワークショップ

(The 2nd KIOST-PARI-CDIT-WAVE Joint Workshop)

一般財団法人沿岸技術研究センター
調査部 研究員 田中真史

はじめに

韓国海洋科学技術院(KIOST)、独立行政法人港湾空港技術研究所(PARI)、一般財団法人みなと総合研究財団(WAVE)および沿岸技術研究センター(CDIT)は、年1回の合同ワークショップを通じて、沿岸防災や沿岸域管理等の分野において、技術交流を行っています。第2回となる今年は、日韓の沿岸関係研究者および技術者を横浜に招いて開催しました。9月24日から26日までの3日間、ワークショップの他、横浜港周辺の視察およびPARIの施設見学を実施しました。

ワークショップ

今年は、山下公園近くのワークピア横浜において開催され、参加者数は約70名となりました。テーマは、①沿岸災害と防災、②沿岸域管理、③沿岸環境、④技術開発の4つに分類され、合計14題目の発表がありました。

テーマ別の講演に先立ち、WAVE理事長の金田孝之氏による基調講演がありました。横浜港およびMM21地区の開発の経緯について、貴重な図面や写真を用いて説明されていました。韓国からの来訪者および国内の技術者にとって、大変興味深い内容であったものと思います。

続いて、個別の研究結果がそれぞれ発表され、聴講者を交えて活発な議論が行われました。ここでは、沿岸災害と防災のセッションから、二つの発表をご紹介します。一つ目は、KIOSTが開発を継続している沿岸防災に資する韓国の海洋環境予測システム(Korea Operational



写真1 安博士による特別講演

Oceanographic System; KOOS)に関する発表です。このシステムが、海洋・海岸における課題解決や、沿岸災害等の緊急事態において、意思決定者に必要な海洋情報をタイムリーに提供するの



写真2 講演者および関係者一同

に有用であること等が説明されました。もう一つは、波崎海岸における2011年東北地方太平洋沖地震津波による海浜変形に関する最新の知見の発表です。調査の結果、津波による海浜変形の規模と波のエネルギーの比が颯波の場合と概ね同等であったこと、しかし海浜変形のメカニズムは両者で異なること等が解説されました。

また、特別講演として、KIOST名誉研究委員の安熙道(アン・ヒド)博士から、韓国における沿岸・海洋資源開発の現状と未来についてご講演して頂きました(写真1)。ご発表は広範で示唆に富んだ内容であり、大変勉強になりました。

終わりに、講演者および関係者一同により記念撮影が行われ、和やかな雰囲気の中で閉会しました(写真2)。

横浜港周辺の視察および 港湾空港技術研究所の施設見学

ワークショップに先立つ初日に、主に韓国からの来訪者を対象として、横浜港周辺(京浜港エリア含む)の視察が行われました。コースは、海上視察(写真



写真3 船上の様子

3)により全体を眺めた上で、MM21地区の要所をゆっくり散策するというものでした。来訪された方々に、MM21地区を中心とした横浜港の魅力を感じて頂けるような内容であったと思います。散策の途中、赤レンガ倉庫で設けられた自由時間では、皆さん思い思いに過ごされ、ほんの一時ですがリラックスされている様子でした。

また、最終日にはPARIの施設見学が行われ、同所から最新の研究が紹介されました。視察した方々は、それぞれに関心を持って見学されていたようでした。

おわりに

ワークショップにおいて祝辞を述べて頂いたKIOSTの廉器大(ヨム・キデ)元院長はじめご講演頂いた皆様、並びに、視察において案内を引き受けて下さった関東地方整備局東京港湾事務所の成原係長並びに横浜市港湾局の五島様に厚く御礼申し上げます。また、施設見学に快く対応して下さい下さったPARIの高橋理事長はじめ職員の方々には大変お世話になりました。ここに記し、謝意を表します。

NEWS 01

【平成27年度 海洋・港湾構造物設計士資格認定試験】に関するお知らせ

■若手技術者を対象とした『海洋・港湾構造物設計士補』制度を平成27年度より導入します。

今回の改定では設計士資格の取得の前段階で海洋・港湾構造物に関する実務経験3年間(大卒の場合)のみで受験できる、『海洋・港湾構造物設計士補』(以下、設計士補という)を新たに導入します。

『設計士補』とは、“基本的な知識・技能”及び“一定の経験等”を有し、設計士となるのに必要な知識・技能と管理能力を修習するため、海洋・港湾構造物に関する建設、改良及び維持における設計、並びに設計に関わる調査、研究、開発の業務について設計士を補助する者』を言います。

設計士補に登録された方は、設計士会主催の研修会などへの優先参加や設計士相当の技術者の下で業務を行うことによって、設計士受験資格要件である実務経験年数が短縮できます。

■設計士補制度導入に伴い設計士試験の内容を改定します。

①これまでの一次試験(基礎・専門)、二次試験(面接)に代わって、以下に示す試験を行います。

設計士補試験(択一式)	従来の一次試験〔基礎：択一式〕の出題分野に関する試験に技術者倫理に関する試験を追加。
設計士筆記試験(記述式)	従来の一次試験〔専門：択一式〕の出題分野に関する記述式試験
設計士面接試験(面接)	従来の二次試験〔面接〕の試験内容に相当する面接

詳しくは、平成26年12月に提示した「受験案内」をご覧ください。

■資格取得までのスケジュール(平成27年度予定)

平成26年12月	受験案内の広告
平成27年4月中旬～5月中旬	設計士補試験、設計士筆記試験受験申込期間
平成27年7月上旬	設計士補試験、設計士筆記試験(同日の午前午後実施)
平成27年9月上旬	同上、合格発表
平成27年10月下旬	設計士補資格者証交付
平成27年11月上旬	設計士面接試験
平成28年2月上旬	同上、合格発表
平成28年3月下旬	設計士資格者証交付

NEWS 02

【平成27年度 海洋・港湾構造物維持管理士資格認定試験】に関するお知らせ

申込期間：8月中旬～9月下旬(予定)

試験日程：10月下旬～11月上旬頃(予定)

試験場所：東京、大阪、福岡(3会場を予定)

なお、4月中旬頃には、より詳細なスケジュールをHPに掲載予定です。

NEWS 03

事務所移転のご案内

平成26年10月14日より事務所を移転しました。

交通の便が良くなり、最寄りの駅は、内幸町駅(都営地下鉄三田線)、新橋駅(JR/東京メトロ銀座線)や、虎ノ門駅(東京メトロ銀座線)があります。

お近くにお越しの際は、ぜひお立ち寄りください。

●新住所

〒105-0003

東京都港区西新橋一丁目14番2号 新橋エス・ワイビル5階

TEL. 03-6257-3701 (代表) FAX. 03-6257-3706 (代表)

●各部署の連絡先

部署名	TEL	FAX
企画部	03-6257-3702	03-6257-3707
調査部		
波浪情報部		
国際沿岸技術研究所	03-6257-3703	
沿岸防災研究所	03-6257-3704	
確認審査所	03-6257-3705	

●アクセス



■内幸町駅(都営地下鉄三田線)A3番出口より徒歩1分

■虎ノ門駅(東京メトロ銀座線)1,9,10番出口より徒歩6分

■新橋駅(東京メトロ銀座線)8番出口より徒歩5分

■新橋駅(JR)日比谷口より徒歩5分

NEWS 04

第16回国土技術開発賞の表彰式について

国土技術開発賞は、建設産業におけるハードな技術のみならず、ソフトな技術も含めた広範な新技術を対象として表彰するもので、技術開発者に対する研究開発意欲の高揚並びに建設技術水準の向上を図ることを目的として、(一財)国土技術研究センターとともに挙げております。第16回は、平成26年7月30日に行われ、以下の技術が受賞されました。

	表彰者	技術名	受賞者
最優秀賞	国土交通大臣	浮体式仮締切工法	鹿島建設(株) 日立造船(株)
優秀賞	国土交通大臣	斜め土留め工法	(株)大林組
		アクティブ・ノイズ・コントロールを用いた建設機械騒音の低減技術	戸田建設(株)
		走行型計測技術による高精度地形測量及びトンネル調査	パシフィック コンサルタンツ(株)
入賞	選考委員会 委員長	植物の特性を利用した防草技術	全国防草 ブロック工業会
		ハイブリッド機能および全自動運転システムを装備するグラブ浚渫船	寄神建設(株)
		自由形状・大口径高圧噴射攪拌工法	前田建設工業(株)
		部分薄肉化PCL工法	(独法)土木研究所
		A D C Pを用いた河川の流量・土砂同時観測手法	(独法)土木研究所 (株)ハイドロシステム開発
地域貢献 技術賞	国土交通大臣	スチールグリットによる循環式プラスト工法	山田塗装(株)
		アルミ合金を活用したシステム型枠工法	森田建設(株)

NEWS 06

コースタル・テクノロジー 2014を開催

平成26年11月19日(水) [10:00~17:30]、発明会館において、コースタル・テクノロジー 2014を開催いたしました。平成25年度に当センターが実施した調査・研究等に関する13テーマの報告をはじめ、特別講演として、京都大学防災研究所社会防災研究部門の小野憲司教授をお招きし、「港湾物流機能の継続性向上に向けた技術的諸課題」についてご講演いただきました。当日は、技術者・研究者・行政関係者など多数の参加があり、大盛況のうちに幕を閉じました。



写真1 講演される小野教授



写真2 会場の様子

NEWS 05

民間技術評価事業・評価証授与式を挙

平成26年11月26日(水)、東海大学校友会館において、民間技術評価事業 評価証授与式をとり行いました。

今回は、平成26年度上半期の表彰で、善功企 九州大学大学院特任教授を委員長とする「港湾関連民間技術の確認審査・評価委員会」にて審査・評価を行い、その結果を踏まえて、以下の4件について評価証を交付しました。

新規



東亜建設工業(株)殿
信幸建設(株)殿
PU-NAVI(ピンポイント水中位置誘導システム)



若築建設(株)殿
りんかい日産建設(株)殿
強化土エンジニアリング(株)殿
多点同時注入工法
-恒久グラウトを用いた変位抑制型の薬液浸透注入工法-

※上記2件の新規技術につきましては、本文の30～33ページで内容を紹介しております。

更新



五洋建設(株)殿
環境浚渫工法「END工法」



JFEスチール(株)殿
鋼管杭・鋼管矢板用鋼管本体の機械式継手「カシーン」



NEWS 07

「港湾・空港における深層混合処理工法技術マニュアル」講習会

平成26年11月5日(水)東京、11日(火)大阪にて、当センター主催による講習会が開催されました。講習会には合計約90名の方が参加され、大盛況のうちに終了いたしました。

プログラム

13:30 ~ 13:35	開会挨拶 (一財) 沿岸技術研究センター
13:35 ~ 14:30	深層混合処理工法の現状と課題 東京工業大学 大学院理工学研究科 土木工学専攻 教授 北詰昌樹様
14:30 ~ 15:15	マニュアルの概要と主な変更点 CDM研究会技術部会長 田口博文様
15:15 ~ 15:30	休憩
15:30 ~ 16:15	液状化対策を目的とした格形式改良地盤 (独) 港湾空港技術研究所 地盤改良領域 地盤改良研究チームリーダー 森川嘉之様
16:15 ~ 17:00	設計計算例(液状化対策) CDM研究会技術委員 河田雅也様
17:00 ~ 17:15	質疑応答
17:15	閉会 (一財) 沿岸技術研究センター



講習会の様子



BOOK 01

津波漂流物対策施設設計ガイドライン

津波の被害は、津波そのものによる被害もさることながら、船舶、車両、コンテナ、木材、家屋の廃材など津波漂流物による被害も甚大で、また、津波漂流物は、その後の緊急物資輸送や復旧作業の大きな妨げとなります。東日本大震災を契機として、津波漂流物対策施設の設計法に対する要望もあり、このたび、(一社)寒地港湾技術研究センターと共同で、「津波漂流物対策施設設計ガイドライン」を出版いたしました。定価は8,000円(税別)です。

本ガイドラインが、津波漂流物対策施設の計画・設計に携わる方々に広く活用され、津波対策の推進に寄与することを期待しています。



BOOK 02

港湾・空港における深層混合処理工法技術マニュアル

深層混合処理工法技術マニュアルは平成11年に初版が発刊され、その後、平成19年の港湾基準改定を受け平成20年に改訂版が発刊され、改訂版の発刊後から6年が経過しています。近年の新潟県中越沖地震や東日本大震災などを契機とした港湾や空港構造物の耐震化に対するニーズの高まりに応じ、このたび、液状化対策としての設計法などを追加し「港湾・空港における深層混合処理工法技術マニュアル」を出版いたしました。定価は6,000円(税別)です。

本マニュアルが、港湾や空港における深層混合処理工法の設計、施工に携わる方々の参考になれば幸いです。



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】

今回は、平成23年に発生した東日本大震災からの復旧・復興の現況について特集させて頂きました。座談会も仙台で行ったものです。いまだ震災の爪痕は、各所に認められるものの、関係機関からボランティアに至るまで、多くの方々の御努力により復興が前進し、科学的・技術的な分析や政策的な防災、減災の考え方など、教訓を活かした今後の対策の検討も多方面で行われていることに意を強くした次第です。(K)

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/>
2015年2月発行