

港湾における国土強靭化に係る 取り組みについて

港湾・沿岸海洋研究部長
中本 隆

1. 被災後の利用可否判断の迅速化に向けて

- 能登半島地震での被災と利用可否判断
- 利用可否判断に係るガイドライン
- 利用可否判断web訓練
- 利用可否判断の迅速化

2. 気候変動への適応に向けて

- 波浪、潮位の変化の定量化
- 気候変動に対応した港湾の施設の設計事例集
- 港湾における被災ハザードの評価に向けて

1. 被災後の利用可否判断の迅速化に向けて

1). 令和6年能登半島地震による港湾の被災状況



2). 地震後の施設の点検・利用可否判断



- 石川県からの要請を受けて、能登半島の6港湾の港湾施設の一部を国が管理代行(1／2～)。
- 地震発生の翌日より、地整・国総研・港空研職員がTEC-FORCEとして現地入りし、施設の点検や利用可否判断に必要となる情報収集等を実施。
- 現地の研究所職員の見解も踏まえた被害調査報告に基づき、係留施設の利用可否判断を実施。



出典:交通政策審議会 港湾分科会 防災部会(資料2, R6.3.29) ※一部加筆

2). 七尾港:矢田新さん橋(第一西) (耐震)の利用可否判断



○令和6年1月3日、TEC-FORCEにより現地調査を行うとともに、国総研・港空研において、設計図書等を基に当該施設の利用可否判断を実施。
・1月3日(高度技術指導班:国総研1名)



調査結果概要

- 1) 慎重に接岸させること。
- 2) 陸側から海側への強風等による牽引力に注意し、桟橋上部工の変位発生等異常が見られた場合には速やかに離岸すること。
- 3) エプロン部及び渡版部(あわせて岸壁法線から約11m程度)には重量物を載せないこと。

※国土交通省港湾局のホームページで主な港湾施設の利用可否情報を公開しています。
(URL) https://www.mlit.go.jp/kowan/mn7_000018.html

参考

- 1月3日、海上保安庁「巡視船のと」が給水支援のため入港。
- 1月5日、九州地方整備局「浚渫兼油回収船 海翔丸」が災害支援物資の運搬をするため入港。

2). 利用可否判断後の利用



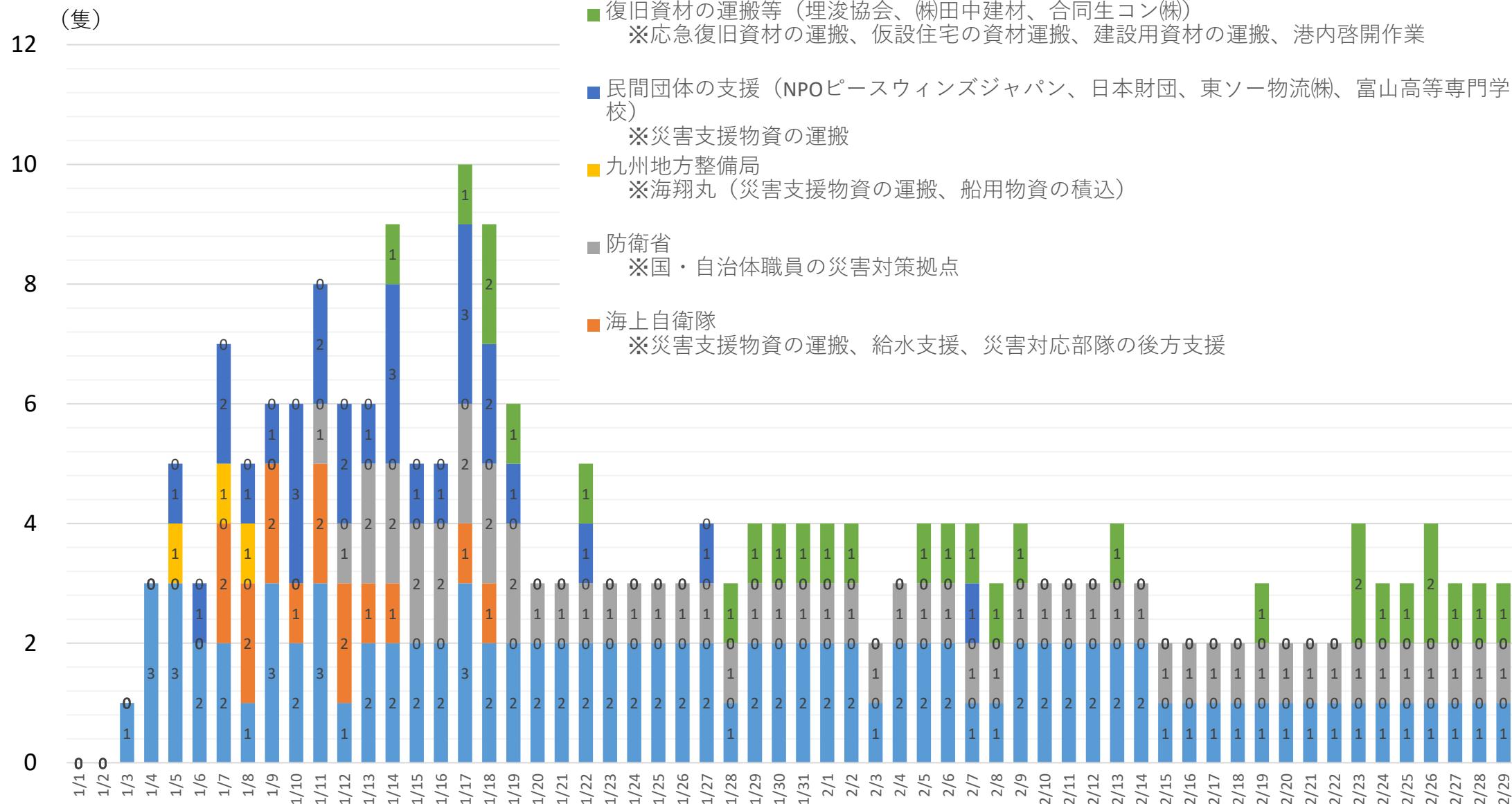
- 1/3 12:00頃、調査終了
関係者へ報告
- 15:30頃、港湾局より北陸地方整備局へ
供用可否判断結果の連絡
- 18:15、巡視船のと(給水支援)が接岸。

2). 港湾法第に基づき国が港湾施設の一部を管理する港湾への入港実績



七尾港、輪島港、飯田港における入港実績

※国土交通省港湾局HPに掲載されている入港実績データをグラフ化



○令和6年能登半島地震を踏まえ、発災直後の岸壁等の施設について、迅速に利用可否を判断するための有効な準備の内容や利用可否を判断するポイント等をとりまとめたガイドラインを作成し、令和7年4月7日、国土交通省港湾局より公表しました。

※国土交通省HP : https://www.mlit.go.jp/kowan/kowan_tk5_000018.html

なお、本ガイドラインは、今後の地震災害における経験・教訓や研究・技術開発等を踏まえて更新していく予定です。

＜利用可否判断に係るガイドラインの概要＞

第1章 総則

第2章 利用可否判断等の概要

- ・発災後の調査の全体手順
- ・利用可否判断等の手順 等

第3章 事前準備

- ・基本情報の収集・整理
- ・事前の計測や数値解析
- ・利用可否判断基準の設定
- ・事前準備資料の共有・更新 等

第4章 発災後の調査

- ・被災状況の概略把握
- ・現地調査 等

第5章 利用可否の判断

- ・重力式係船岸の利用可否判断の着眼点等
- ・矢板式係船岸の利用可否判断の着眼点等
- ・桟橋の利用可否判断 の着眼点 等

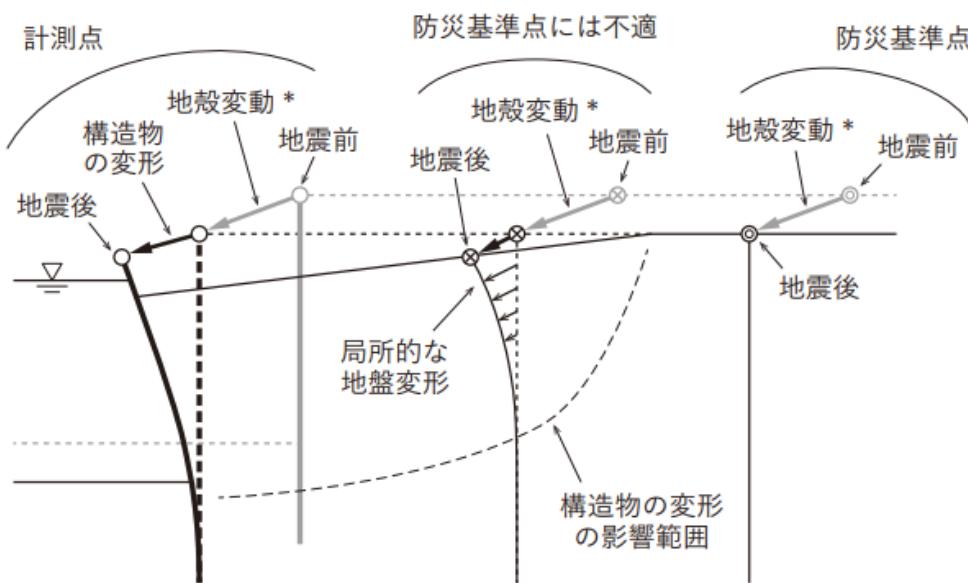
付録

- ・災害時に利用可能性がある船舶等に関する参考情報
- ・地震後の利用を念頭において施設設計時の工夫等

＜参考資料＞・令和6年能登半島地震の際の利用可否判断等の状況

例) 事前の計測や数値解析

- ・発災後の構造物の残留変位及び変状状況を把握するため、災害発生前に、構造物に設置した計測点の座標を計測する。併せて、防災基準点を設置することが望ましい。



* 地殻変動による変位はいずれの点においても平行

3). 港湾施設の利用可否判断に係るガイドラインのとりまとめと公表



利用方法の事前想定

R6能登半島地震では、係留施設の水深や耐震強化施設か否かに関わらず、使えそうな施設は、即時、緊急物資輸送等に使いたいという要請があった。また、一般的な緊急物資輸送のみならず、大型船舶の接岸・重機の陸揚げ等の重量物の運搬、ホテルシップの長期係留といった様々な形態での利用の要請が見られた。



事前に様々な使い方を想定して検討しておくことが重要

表 3-1 利用フェーズの想定の例

フェーズ	想定される利用状況の例
1	<ul style="list-style-type: none">・ 地震発生直後から 1 週間程度の期間・ 自衛隊、海上保安庁、地方整備局の船舶等による必要最小限の人員、物資等の輸送・ 極めて慎重な作業・ 可能な限り短時間の利用
2	<ul style="list-style-type: none">・ 地震の数日後から災害対応が概ね終了するまでの期間・ 多様な船舶の利用・ 長期係留を伴う災害対応基地、緊急物資の中継点等を含む幅広い用途に利用
3	<ul style="list-style-type: none">・ 本格復旧が行われるまでの期間・ 災害前に日常的に利用していた人員、船舶による利用

表 3-2 利用形態の想定の例

利用形態	想定される利用の状況の例	施設に求められる要件／解析条件設定の前提の例
A	<ul style="list-style-type: none">・ 緊急物資の陸揚げ（単発）	<ul style="list-style-type: none">・ 緊急物資の積み降ろし作業が可能であること・ 車両による緊急物資の輸送が可能であること・ 自衛隊、海上保安庁、地方整備局等の船舶、民間の小型船舶等の接岸、係留・ 人力または小型貨物車程度の利用（最寄りの道路等まで）・ 物資等の上載荷重（載荷する範囲を限定）
B	<ul style="list-style-type: none">・ 緊急物資の集積地、中継拠点・ 災害対応の基地的な機能・ ホテルシップ等の活用による被災者等支援	<ul style="list-style-type: none">・ 重量のある物資等の荷役作業が可能であること・ 必要な面積、地耐力を有する作業用地等を確保できること・ 多様な船舶の接岸、長期の係留・ 中型以上の貨物車等の利用・ 物資等の上載荷重
C	<ul style="list-style-type: none">・ 災害前の日常的な利用状況	<ul style="list-style-type: none">・ 災害前の利用形態で必要とされる要件を概ね満足すること・ 災害前に利用している船舶や利用状況に対応した解析条件

海上自衛隊の艦艇、海上保安庁の船艇、整備局等が保有する作業船に関する情報も収集
(付録 B)

施設の変状の把握のための事前の数値解析

発災後に構造物の変位の計測結果等から部材の損傷状態・残存耐力を精度よく推定することは困難（特に矢板式・桟橋）

→ 事前に数値解析等を行い残留変位と部材の状態の関係を把握する

事前に地震応答解析等を行い、様々な地震動に対する構造物の挙動を把握し、施設天端の残留水平変位など地震後に比較的入手しやすい情報から地中または海面下の部材の状態を推定できるようにしておくことが望ましい。あわせて、本震の地震動に続いて、想定される利用方法に対応した荷重、余震による地震動等を作用させることにより、被災した状態における構造物の耐力を調査する。



参考資料 写真 4-1 桟橋の法線出入りの状態



参考資料 写真 4-2 桟橋背後の渡版の傾斜とその調査

○利用可否判断のガイドラインでは、参考資料として、令和6年能登半島地震の際の利用可否判断の状況について、今後の同様の活動の参考となるように、当時の調査メンバーの目線で整理しています。

参考資料 令和6年能登半島地震の際の利用可否判断等の状況

第1章 現地調査および利用可否判断の全体概要

第2章 現地調査体制

- ・現地事務所を中心とした調査体制の概要
- ・研究所・港湾局内における現地調査へのサポート体制

第3章 現地調査に用いた機材類

第4章 現地調査および利用可否判断の実態

- ・利用可否判断の実施要請時における状況(当日午前10:30ごろ)
- ・現地調査の手法(11:15～12:00前)
- ・最初の報告とFLIP結果の存在判明(当日12:00前後)
- ・利用可否判断メモの作成(当日12:00前後～14:00ごろ)
- ・利用可否判断結果の扱い

第5章 通信関係および各種情報共有について

第6章 その他の現地調査・利用可否判断の代表例

- ・輪島港マリンタウン岸壁
- ・金沢港御供田1号岸壁

参考文献

七尾港矢田新さん橋(第一西)(耐震)の利用可否判断

・1月3日、TECFORCE・国総研(高度技術指導班)等が現地調査実施。研究所における資料(地震応答解析結果等)より、同岸壁の利用条件を整理。その結果を、関係部署(海保、自衛隊等)に共有し、その日の夕刻、巡視船「のと」が給水支援を実施。



輪島港マリンタウン岸壁の利用可否判断

・1月2日、本省から研究所に送られてきた現地写真、及び維持管理計画書の標準断面図等より、ケーンソングが2m程度水平に移動して背後に段差が生じた等と捉えるとともに、過去の地震被害にからケーンソング構造そのものが損傷して倒壊した例はなく、船舶接岸は可能と判断。北陸地盤により段差解消の応急復旧が行われ、1月4日に巡視船「さど」が給水支援を実施。



金沢港御供田1号岸壁の利用可否判断

・主にセメントの陸揚げとして利用されていた矢板式岸壁。復興工事のためセメント需要は高く、早期の岸壁利用が求められた。研究所では被災岸壁を構造計算するためのモデル化、動的解析方法等、技術指導を実施。検討の結果、仮係船中2基を控え杭より陸側に設置することとなつた。被災した民間施設の復旧もあり、6月5日に地震後第一船が入港。

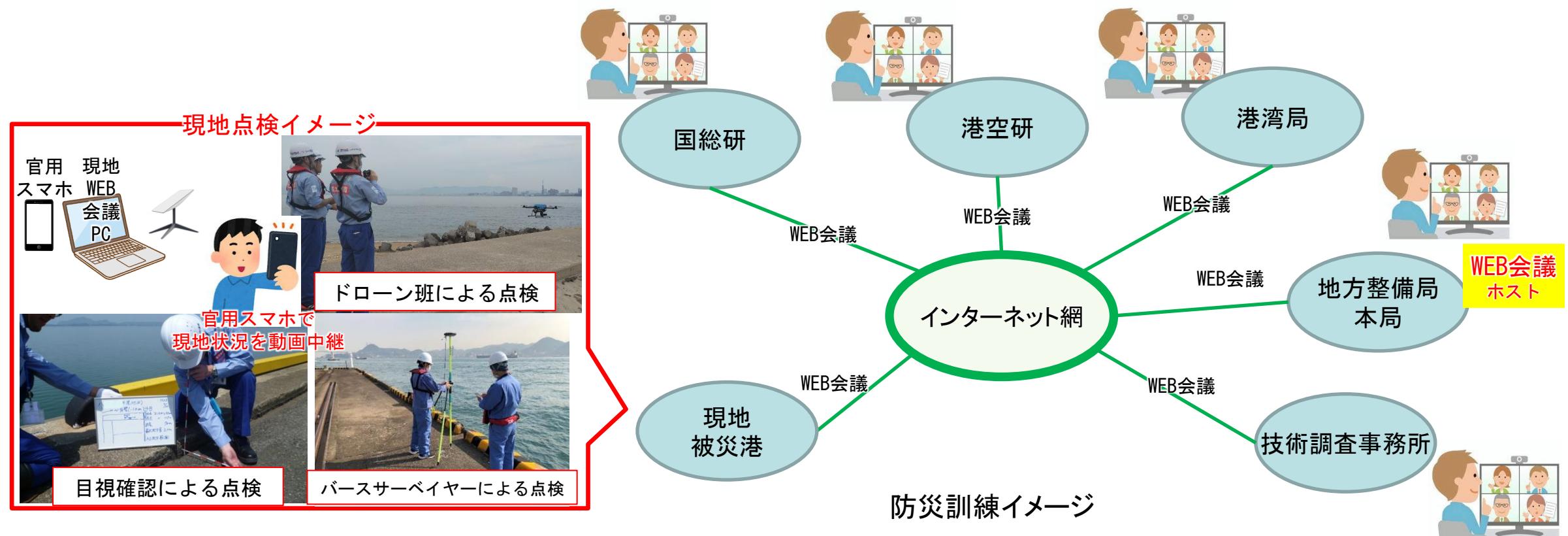


民間会社の配管復旧箇所

4). 現地Webカメラ画像を活用した防災訓練



- 能登半島地震における港湾施設の利用可否判断については、発災直後から、国総研(横須賀)及び港空研の専門家が現地に入り、北陸地方整備局と連携して対応を図ってきた。
 - 今後、発生が想定される東南海・南海地震等の広域的な災害においては、現実問題として同様の対応を図ることが出来るのか、その効率性も含め課題が存在。
 - そのため、地方整備局等における現地Webカメラ映像を、地方整備局本局、研究所、本省等で共有し、港湾施設の利用可否判断を行う防災訓練を実施。
 - 今後、点検体制、記録方法、訓練内容の質向上ならびに通信手段等の各課題に対処しつつ、本取組を継続。

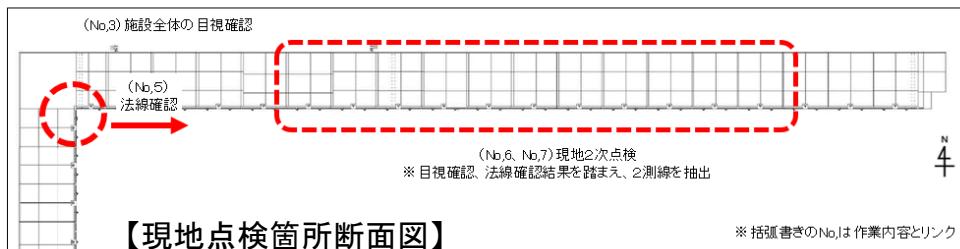


4). 現地Webカメラ画像を活用した防災訓練

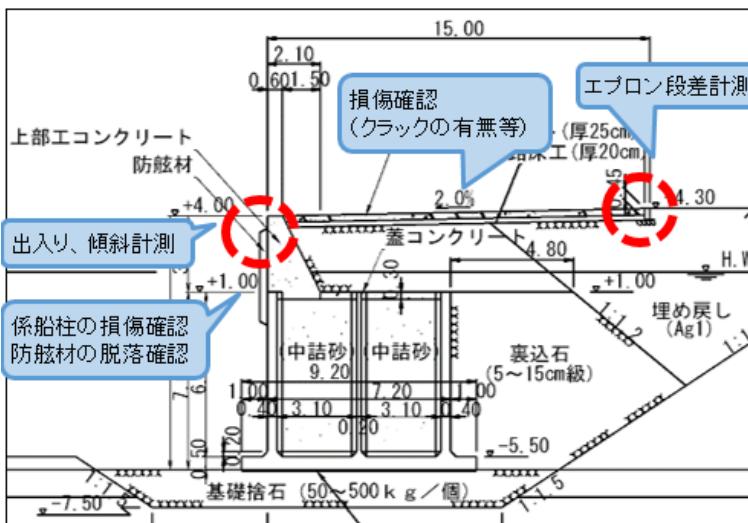


- 地方整備局において対象港湾および施設を選定。被害状況や利用要請のある船舶、港湾管理者からの支援要請(港湾法55条の3の3による権限代行)等の緊急物資輸送に至るシナリオを作成。
- 訓練では、現場からの映像を地方整備局本局と国総研等で共有し、国総研からは能登半島地震における経験からタイミングを設定して、施設点検の指示、情報共有や利用可否判断を実施。

【現地点検箇所平面図】



【現地点検箇所断面図】



防災訓練のタイムテーブル

※能登半島地震における対応の経験より設定

No.	時刻	時間	シナリオ	作業内容等	計測箇所
1	14:00	0:00	(訓練開始)	多用途支援艦「ひうち」型(排水量980トン、船長65.0m、喫水3.5m)の入港に向けて、当該バース内における係留可能箇所抽出のための現地点検を実施(必要バース長:約100m)	—
2	14:00	0:05	現地との通信開始	現地担当者、局担当者からの状況報告(現地体制、施設概要、現地に持参した機材等)	—
3	14:05	0:05	施設全体の目視確認	施設全般の変状確認(前面水域の状況、液状化の有無含む)	施設全体
4	14:10	0:10	現地調査内容の協議	施設全体の目視確認を踏まえ、調査箇所・点検項目の協議	—
5	14:20	0:10	岸壁法線の確認	隅角部からの岸壁法線の確認(法線上、最も孕み出し量の大きい箇所の把握)	施設全体
6	14:30	0:20	現地2次点検①	No.4で設定した調査内容に基づく現地点検の実施	測線①
7	14:50	0:10	現地2次点検②	No.4で設定した調査内容に基づく現地点検の実施	測線②
8	15:00	0:05	点検結果の整理・共有	点検結果の共有(再確認のための調査含む)	—
9	15:05	0:10	利用可否判断の実施	WEB会議による協議	—
10	15:15	0:15	訓練のふりかえり		—
11	15:30	—	(訓練終了)		

5). 地震後に素早く利用できる係留施設の整備に向けて



係留施設の地震後の即時利用や容易な応急復旧を可能とする新たな耐震設計法の開発

概要

地震後の施設利用に対する即応性が高くかつ合理的な係留施設の整備を実現するため、係留施設の地震後の即時利用や容易な応急復旧を可能とするような新たな耐震設計法を開発する。

背景

- ①R6能登半島地震では、係留施設の種類や水深によらず、緊急物資輸送をはじめ様々な用途で地震後すぐに利用したいとの要請があった。
- ②地震で係留施設に変状が生じた場合、その施設をどのように使えるかの判断は技術的な難易度が高く、対応に時間を要する。

目的

係留施設の設計時に、地震後の点検・診断や応急復旧の難易度をあらかじめ考慮できるような耐震設計法を開発する。

目的を実現するための問題点

現在の係留施設の耐震設計法では、

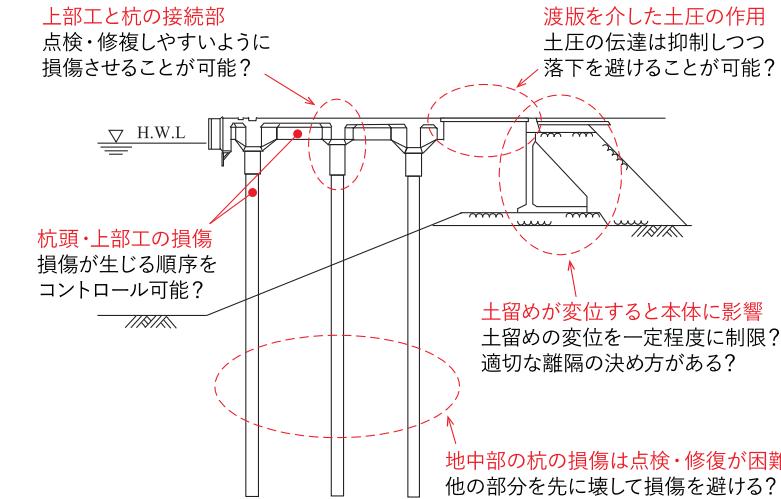
- ①地震後の様々な利用形態、利用条件への対応可否等を定量的に評価できない。
- ②構造全体の冗長性や地震後の点検・診断、応急復旧の難易度を考慮した構造計画を十分に取り入れられない。

研究内容

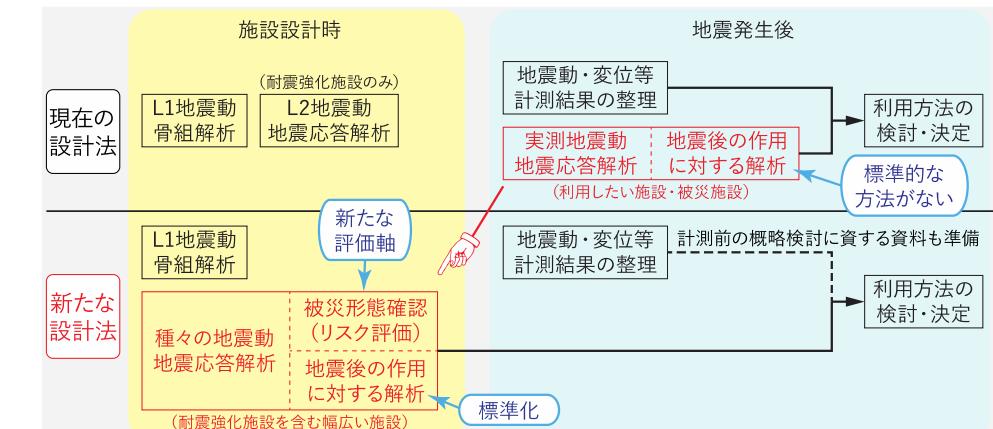
- ①地震後の施設の性能を定量的に評価する方法の標準化
- ②地震後の即時利用の可能性や応急復旧の難易度の評価方法の検討
- ③係留施設の新たな耐震設計法の開発



地震後の利用に対する即応性が高い係留施設の整備に貢献



地震後の点検・診断や応急復旧が容易な構造を模索する



開発する新たな耐震設計法のイメージ

1). 背景

- 港湾は国民生活、経済活動にとって極めて重要。
立地特性上、気候変動の影響が避けられず、その対策が急務。
- 交通政策審議会港湾分科会防災部会により
「気候変動等を考慮した臨海部の強靭化のあり方」の答申（令和5年7月）
- 「港湾における気候変動適応策の実装に向けた技術検討委員会」
(委員長: 磯部高知工科大・東京大学名誉教授)での
「港湾における気候変動適応策の実装方針」に関する検討（令和6年3月公表）
- 気候変動適応策の実装として、
令和6年4月「港湾の施設の技術上の基準」の改訂

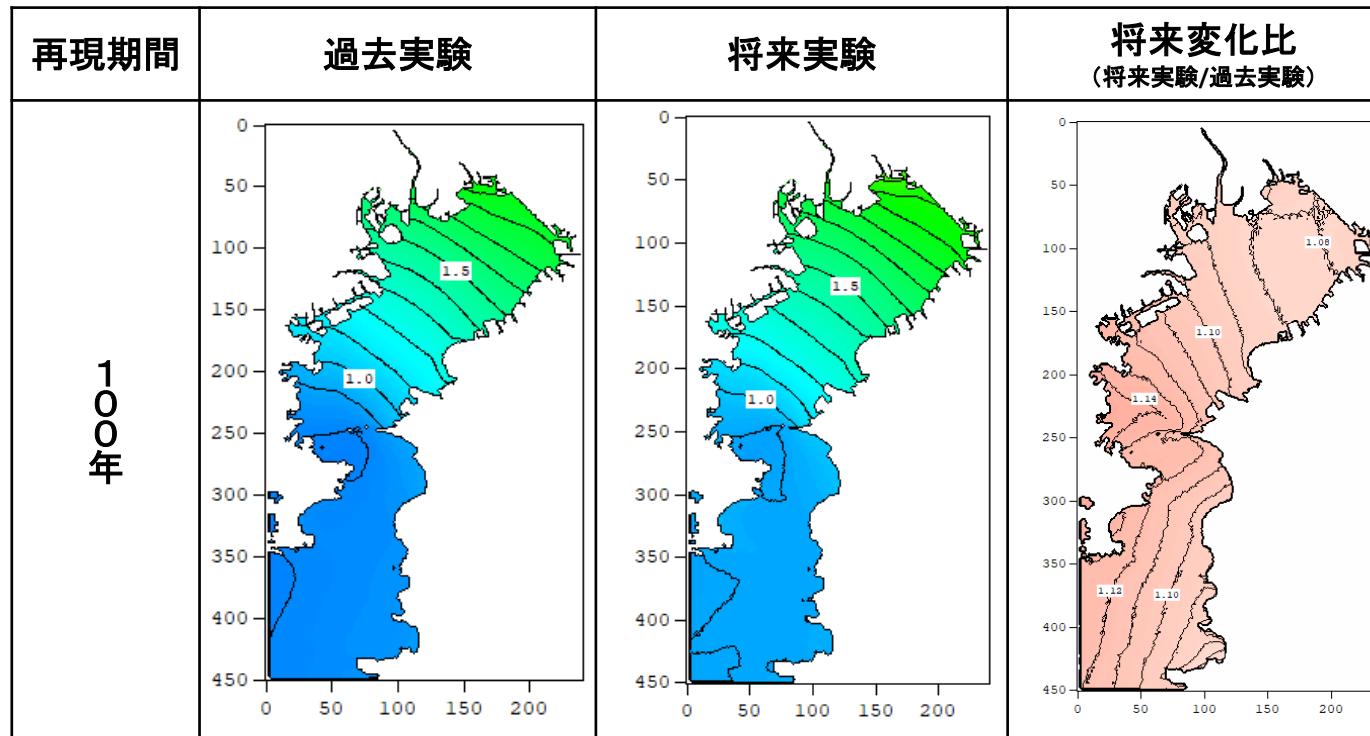
気候変動の影響を踏まえた港湾施設の設計に資するため、
主要港湾での高潮及び高波の変化の定量化
防波堤等の設計事例の作成

2). 港湾における高潮・波浪の気候変動による影響評価

- d4PDF(※)を用いて、高潮解析・波浪解析を実施し、
2度上昇シナリオにおける将来気候及び現在気候による高潮・波浪の気候変動の影響を評価

(※)d4PDF: 地球温暖化対策に資するアンサンブル気候変動データベース(気象庁)

確率潮位偏差の評価例(東京湾)



3大湾による 潮位および波高の将来変化比の評価例

将来変化比 の 空間平均	潮位偏差 (100年確率) 平均値 (10%tile～ 90%tile)	波高 (50年確率) 平均値 (10%tile～ 90%tile)
東京湾	1.10 (1.03～1.15)	1.02 (0.98～1.06)
伊勢湾	1.07 (1.03～1.10)	1.00 (0.98～1.03)
大阪湾	1.06 (0.99～1.13)	1.04 (0.97～1.08)

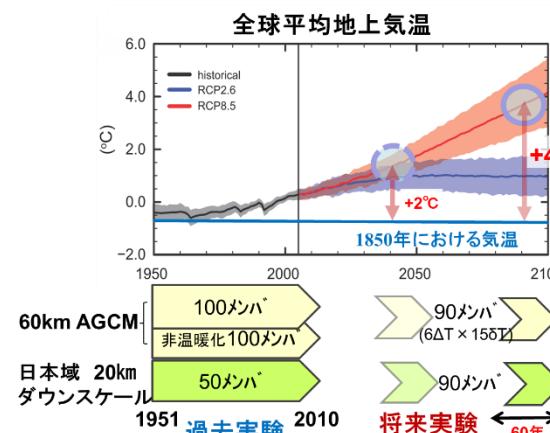
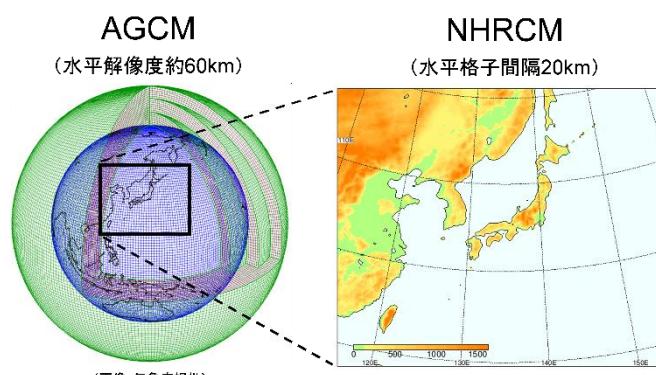
※3大湾以外も、全国の海域を対象に潮位偏差・波高の
将来変化比の算出を実施

2). 港湾における高潮・波浪の気候変動による影響評価

【地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベース(d4PDF)】

- 気候変動リスク情報創生プログラム(文科省)にて作成した『気候予測データベース』
- CMIP5(IPCC AR5に利用)のモデル実験結果を基に設定した全球実験(60km解像度)から、日本を対象にダウンスケーリングした領域実験(20km解像度)。
- 現在気候の『過去実験』と、将来気候の将来実験(『2°C上昇実験』・『4°C上昇実験』)
- 将来実験では、6種類の海面水温(SST)の将来変化の空間パターンを用いている。

気候実験 (領域モデル)	1メンバの期間	メンバ数
過去実験	61年間(1950.9~2011.8)	50メンバ(ダウンスケール)
2°C上昇実験 (RCP8.5の2040年)	61年間(2030.9~2091.8)	54メンバ(=6SST × 9擾動)
4°C上昇実験 (RCP8.5の2090年)	61年間(2050.9~2111.8)	90メンバ(=6SST × 15擾動)



【出典】
d4PDFのホームページ(実験デザイン・利用の手引き)から抜粋
<https://climate.mri-jma.go.jp/d4PDF/index.html>

2). 港湾における高潮・波浪の気候変動による影響評価

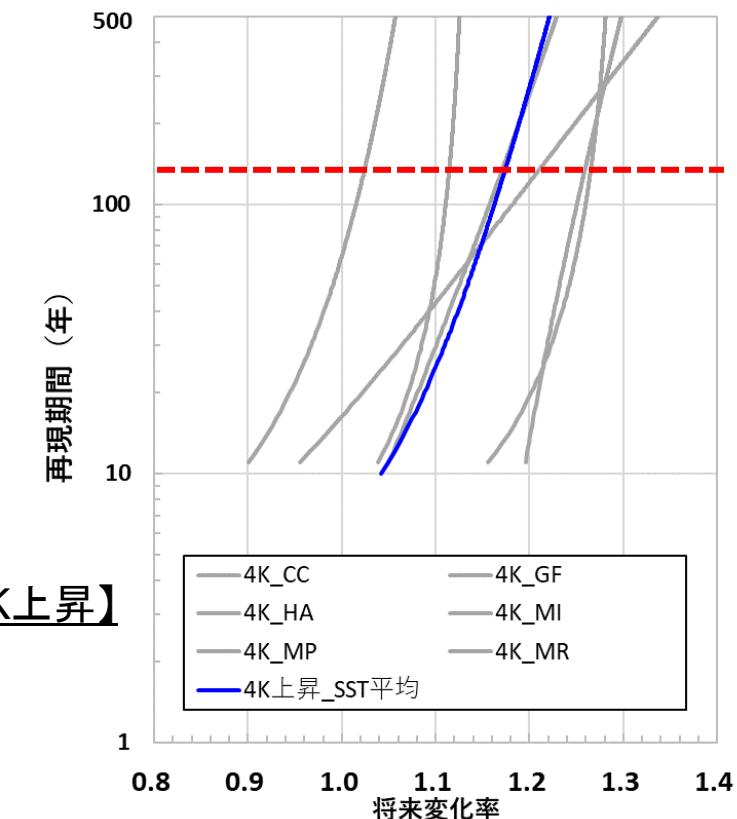
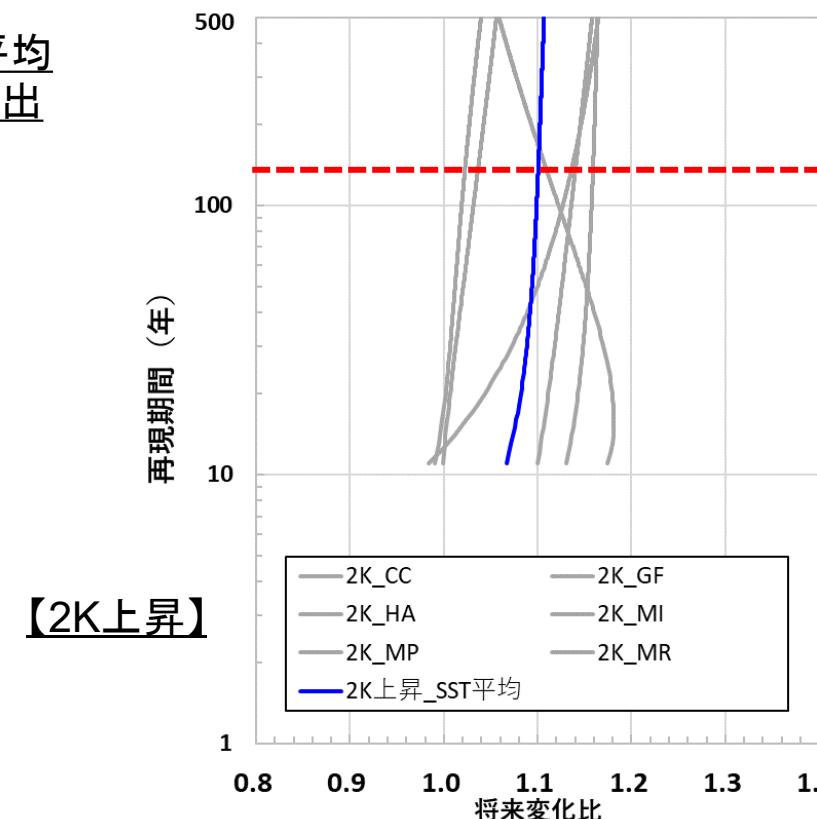


【将来の上振れリスクへの対応】

- d4PDFの将来実験では、6種類の海面水温(SST)の将来変化の空間パターンによる予測モデル結果があるため、これらを用いて将来の予測幅を評価。

【東京湾の一例】

※確率潮位偏差の空間平均
(全メッシュの平均)より算出



2K上昇の6ケースのSSTの将来変化比(再現期間100年)

平均: 1.10 (1.03~1.15). (ただし、括弧内は、6SSTの結果に対する10~90パーセンタイルの範囲)

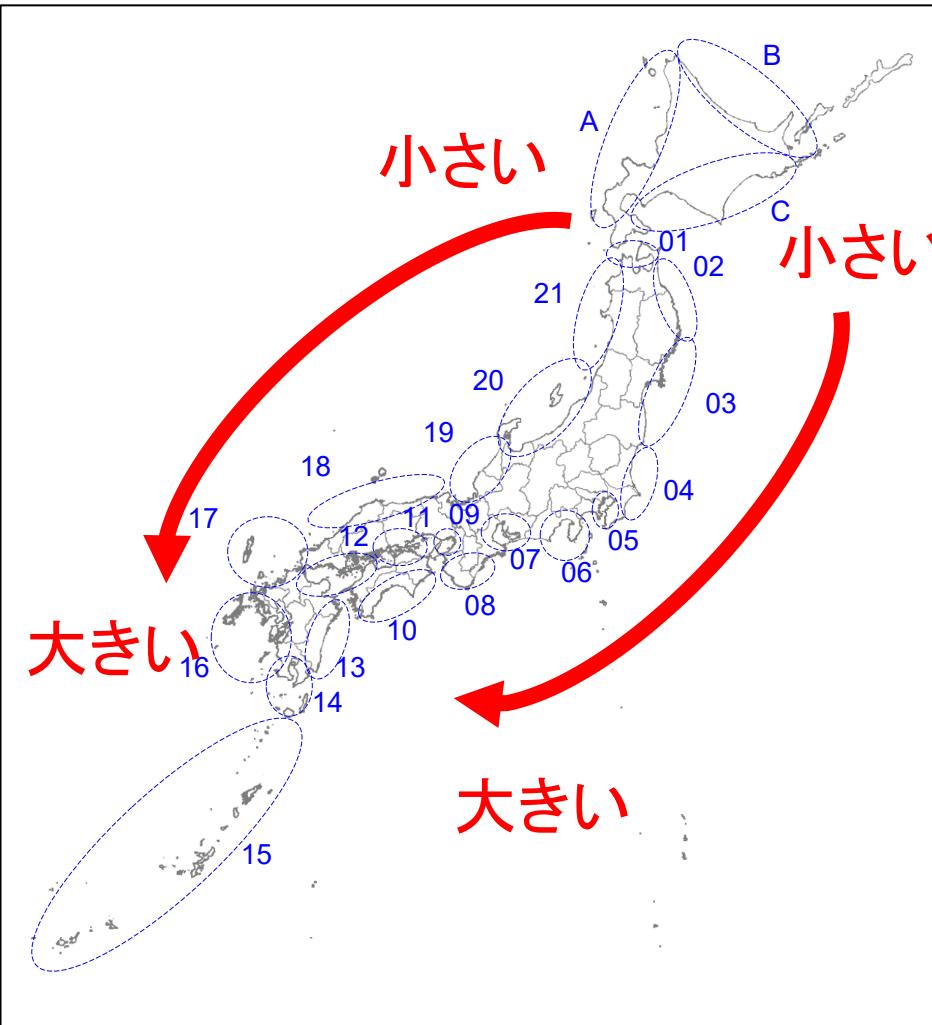
(*)1ケースのSSTの対象期間は549年分であることから、統計的安定性を踏まえて、再現期間100年にて整理。

2. 港湾における気候変動適応策の実装

潮位偏差・波高の将来変化

(全国の重要港湾以上を対象。)

北海道は北海道開発局にて別途算出)



海域	潮位偏差			波高					
	100年確率			50年確率			30年確率		
	平均	10%tile	90%tile	平均	10%tile	90%tile	平均	10%tile	90%tile
A 北海道日本海側	1.01	-	-	1.01	0.99	1.04	1.01	0.99	1.03
B オホーツク海	1.00	-	-	1.04	1.01	1.08	1.03	1.00	1.07
C 北海道太平洋側	1.01	-	-	1.02	0.98	1.07	1.02	0.98	1.06
01 陸奥湾	1.02	0.99	1.05	1.04	0.98	1.09	1.04	0.99	1.10
02 東北太平洋側 (北側)	1.05	0.94	1.14	1.02	0.95	1.09	1.02	0.96	1.08
03 東北太平洋側 (南側)	1.06	0.97	1.13	1.06	1.02	1.11	1.04	1.00	1.09
04 北関東	1.06	1.03	1.10	1.08	1.04	1.12	1.06	1.02	1.12
05 東京湾	1.10	1.03	1.15	1.02	0.98	1.06	1.03	0.98	1.08
06 駿河湾	1.02	0.96	1.09	1.01	0.98	1.06	0.99	0.96	1.04
07 伊勢湾	1.07	1.03	1.10	1.00	0.98	1.03	1.01	0.98	1.05
08 紀伊半島	1.03	0.99	1.06	1.00	0.98	1.02	1.00	0.98	1.02
09 大阪湾	1.06	0.99	1.13	1.04	0.97	1.08	1.04	0.98	1.08
10 四国太平洋側	1.07	1.02	1.10	1.02	1.01	1.03	1.02	1.00	1.03
11 瀬戸内海 (東部)	1.02	1.00	1.05	1.02	1.00	1.04	1.02	1.00	1.05
12 瀬戸内海 (西部)	1.01	0.98	1.05	1.02	1.00	1.03	1.02	1.00	1.03
13 九州南東側	1.04	1.01	1.07	0.99	0.96	1.02	0.99	0.97	1.02
14 薩南	1.06	1.03	1.10	1.02	0.99	1.05	1.01	0.98	1.04
15 琉球諸島	1.01	0.98	1.04	1.01	1.00	1.02	1.01	1.00	1.02
16 九州西側	1.06	1.04	1.08	1.02	1.00	1.03	1.02	1.00	1.04
17 九州北側	1.07	1.03	1.11	1.06	1.01	1.11	1.06	1.01	1.11
18 山陰地方	1.06	1.03	1.09	1.02	0.99	1.06	1.02	0.99	1.06
19 若狭湾	1.05	1.01	1.09	1.02	0.98	1.06	1.03	0.99	1.08
20 富山湾	1.04	1.01	1.08	1.01	0.98	1.06	1.02	0.98	1.07
21 東北日本海側	1.01	0.98	1.04	1.02	1.00	1.04	1.01	0.99	1.04

【北海道開発局】

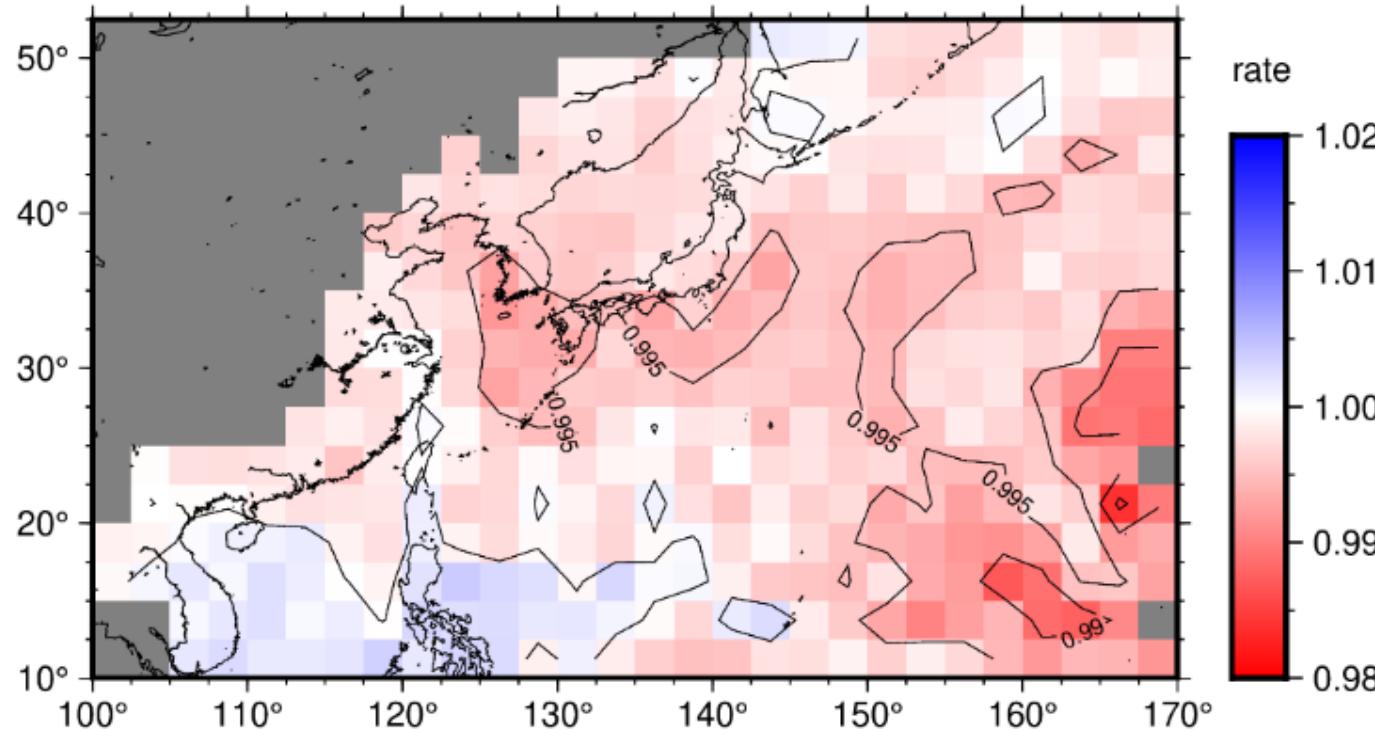
- ・恵平ら(2024) : d4PDFを用いた潮位偏差の将来変化予測手法の提案
- ・千葉ら(2025) : d4PDFを用いた沖波波高の上振れを考慮した将来変化予測手法の提案

・国総研資料
No.1266
・国総研資料
No.1302

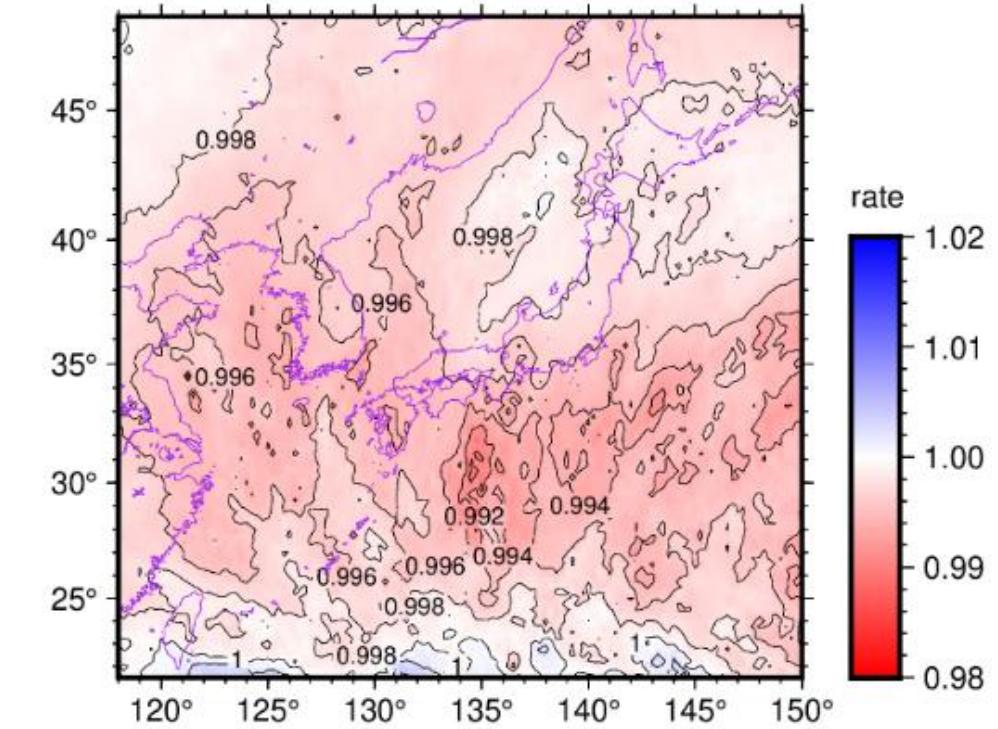
南西に向かって将来変化比が大きくなる傾向

- 台風の中心気圧の将来変化比が、南西に向かって小さくなる（台風は強くなる）傾向があるため。
 - 温帯低気圧も同様。

台風の中心気圧(50年確率)の将来変化比



温帯低気圧による海面気圧 (50年確率)の将来変化比



気候変動による作用の変化を踏まえた設計(要求性能の確保)に関する考え方

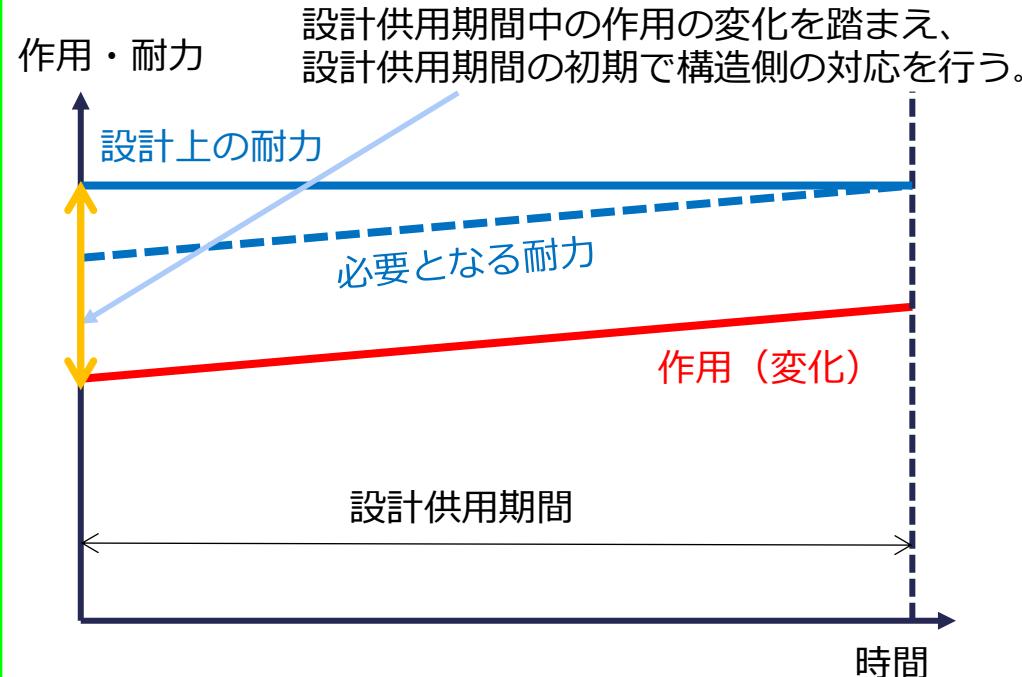
○ 施設の性能を確保する方策として、二つの方法を提示。

- 1) 設計供用期間の初期段階で対応する「事前適応策」
- 2) 設計供用期間中に段階的に対応する「順応的適応策」

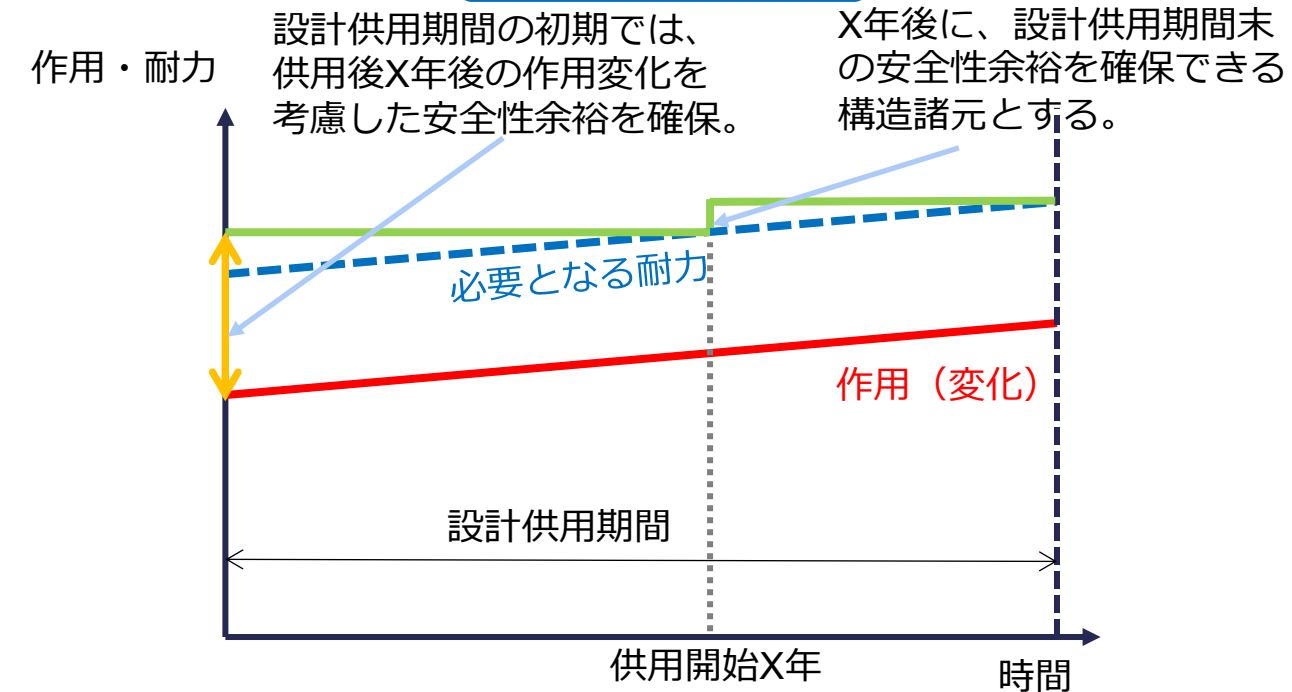
【上振れリスク対応】

- 最終段階の断面：「90%tile」将来変化比
- 途中段階の断面：平均の将来変化比

事前適応策



順応的適応策



➤ 実務設計では、施設の利用状況や構造的な特性、重要度等を踏まえ、「事前適応策」と「順応的適応策」の選択を行う。なお、両者を組み合わせて適用することもできる。

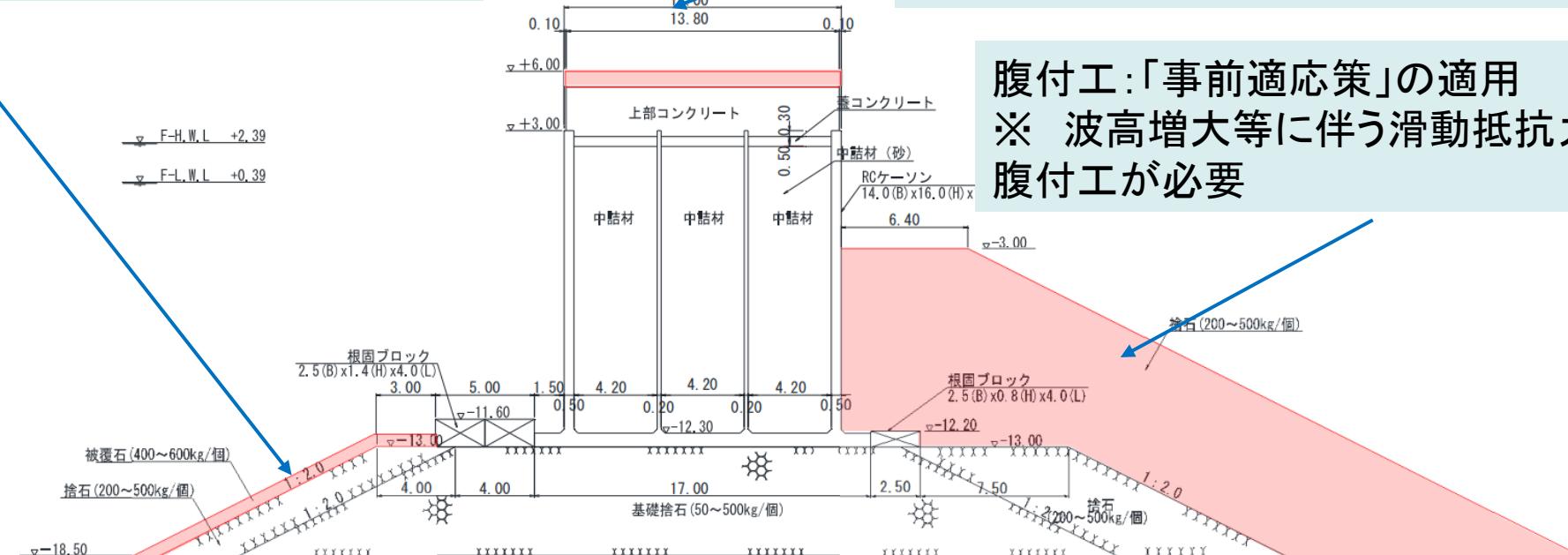
3). 気候変動に対応した港湾の施設の設計事例集



気候変動に対応した港湾の施設の設計事例集(令和7年4月, 国土交通省港湾局)

- 防波堤等、適応策の組み合わせ方法に関する改良検討(試設計)事例を紹介。

被覆石:「事前適応策」による検討
※ 波高増大に耐えうる重量増が必要



上部工:「順応的適応策」の適用
※ 既設断面に対して80cm程度のかさ上げが必要
(作用の上振れリスクを考慮)

腹付工:「事前適応策」の適用
※ 波高増大等に伴う滑動抵抗力不足により、
腹付工が必要

- 手戻りリスク(事後の施工対応等が困難)の高い被覆石や腹付工 : 事前適応策の適用による対策
- 作用変化を見つつ、順応的対策が可能な上部工 : 順応的適応策の適用による対策

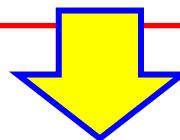
今後の取組み

◆ 気候変動への対策

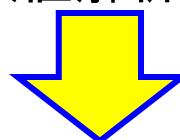
- 摾乱時だけではなく, → 静穏度などの常時波浪も対象とする必要性

◆ モニタリングの必要性

- 適応策には, 気候変動の影響のモニタリングが必要
→ 平均海面水位上昇は, 潮位観測結果から評価可能
→ 高潮・高波は気象擾乱の不確実性があり困難



- 多数シナリオに対する数値解析
- 模型実験による数値解析の検証



- 多くの気象状況やシナリオ、様々な予測不確実性等も考慮し、気候変動による津波・高潮・波浪への影響評価を充実する。

大規模計算機の導入

サーバ数6倍
計算速度30倍



多数シナリオの
高速解析を実現

検証実験施設の改修



必要な機能性・安全性の確保
数値モデルの精度検証用
データの提供

ご清聴ありがとうございました

(参考)

- 「港湾施設の利用可否判断に係るガイドライン」をとりまとめ
https://www.mlit.go.jp/report/press/port05_hh_000378.html
- 「気候変動に対応した港湾の施設の設計事例集」の公表
https://www.mlit.go.jp/report/press/port05_hh_000377.html
- 国土技術政策総合研究所資料(横須賀)
<https://www.ysk.nilim.go.jp/kenkyuseika/kenkyusyosiryou.html>