

# 気候変動に伴う港湾の施設の設計・技術基準への対応

竹信 正寛

国土交通省 国土技術政策総合研究所  
港湾・沿岸海洋研究部 港湾施設研究室長

## はじめに

国土交通省港湾局は、気候変動の影響を受ける港湾施設の適応策の実装に向け、令和3年に「港湾における気候変動適応策の実装に向けた技術検討会」を設置し、令和6年3月にその実装方針が示された。この方針を踏まえ、港湾施設に関する技術基準が同年部分改訂され、設計において潮位や波浪をはじめとする自然条件を設定する際、気候変動の影響を勘案する旨が港湾基準に規定されるとともに、気候変動を考慮した港湾施設の設計に対しての基本的考え方が基準・同解説<sup>1)</sup>中に示された。以降、本稿ではその考え方について、既往文献<sup>2)</sup>等の記載事項に若干の解説を含めて改めて示すとともに、現状の課題について言及する。なお、一般的な概念としては文献<sup>3)</sup>などでも触れられているため、参考とされたい。

## 気候変動を勘案した施設設計の基本的な考え方

今回の部分改訂により、今後の設計実務において特に重要な点は、港湾施設の設計供用期間中の作用変化を勘案した設計を行うこと、およびその対応として「事前適応策」と「順応的適応策」の2つの適応策を明示したことであると考

える。前者の適応策は設計の初期段階で構造側の対応を行うものであり、後者の適応策は作用変化の状況を踏まえつつ段階的に対応するものである。

これらの適応策は、設計時に施設の特性等に応じて適切に使い分けることができることとなっている。これは例えば防波堤の各種ブロックのように、設計上の波高が高くなったからといって、供用期間中に容易に取り換えることが困難な部材もある一方で、パラペットのかさ上げや拡幅のように比較的対応が可能と考えられる箇所もある等、各種施設の特性もしくは周辺状況に応じて様々な対応が想定され、一律に適応策を縛ることは適切でないと考えたためである。

また、作用の基本的な考え方は下記で再度触れるが、設計において気候変動の影響を考慮する場合は、「産業革命以降に世界の平均気温が2度上昇する」というシナリオを用いることが想定される。しかし、同じシナリオを用いた場合でもその将来の予測誤差は大きくことなることが知られている。それらの平均的な作用による設計を行う場合は、(単純な仮定を置くと)その作用が50%の可能性でさらに上振れするリスクがあることになるほか、その上振れがいつ生じるかも定かではない。

図1は、2度上昇シナリオの平均的シナリオ(いわゆる中位シ

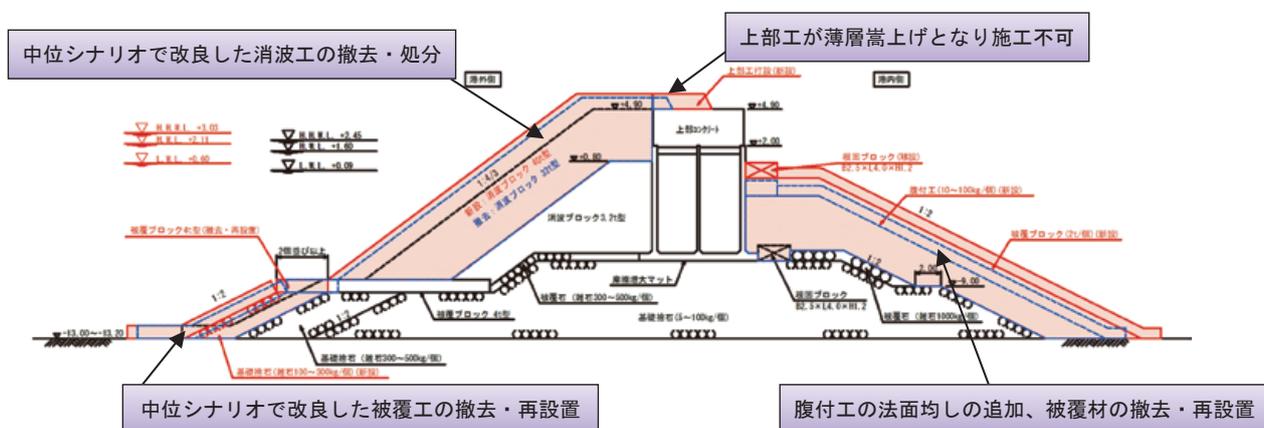


図1 中位シナリオのみを考慮した場合の上振れリスク(防波堤の例)(青色が中位シナリオに対応する断面、赤色が上振れした場合の断面)

ナリオ)で設計・施工後、供用後に作用が設計時の想定より上振れしてしまったことを想定し、ある防波堤を対象として、それに対応するための追加施工を念頭に置いたリスクを検討したものである。このような場合においては、構造物のスペックを施設供用後にその作用に対応させる必要があるものの、施工性や経済性の観点で、事後対応が困難になる可能性がある。このため、気候変動を勘案した設計を行う場合は、一旦整備した構造物に対して後で追加施工を行うことも想定し、設計段階においては極力断面の最終形、つまり、作用が上振れするリスクを鑑みた断面設定を行っておくことが望ましいと考えている。

### 作用の設定における設計実務上の留意事項

気候変動の影響を考慮した作用を設計実務で適用する場合、主として平均海面水位(潮位)の上昇、沖波波高、潮位偏差の設定が必要となる。これらの作用の設計上の設定を容易とするため、現在設計で用いている各種値に対する将来気候の変化比を用いて設定する方法が提案されている(潮位に関しては変化量)。この変化比等の数値は、d4PDFなどの大規模気候シミュレーションデータを活用した現在気候と将来気候の詳細な解析結果を元に得られたものである<sup>4)</sup>。

具体例として沖波波高の考え方を例示する。台風及び温帯低気圧に対しては、20世紀末(1980年)のシミュレーション結果を現在気候の結果、また、21世紀末(2090年)の2度上昇シナリオに対するシミュレーション結果を将来気候として取り扱っているほか、2度上昇シナリオにおける台風強度は2040年ごろまで上昇し、その後はほぼ一定になることを踏まえ、図2のような作用のモデル化を行っている。横軸は年であり、縦軸は現在気候に対する将来気候の比である。

留意すべき事項としては、設計時点(例:2025年)の作用は上述のシミュレーションの「現在気候」の作用と同じものではなく、モデル上既に気候変動の影響を受けた状態であると仮

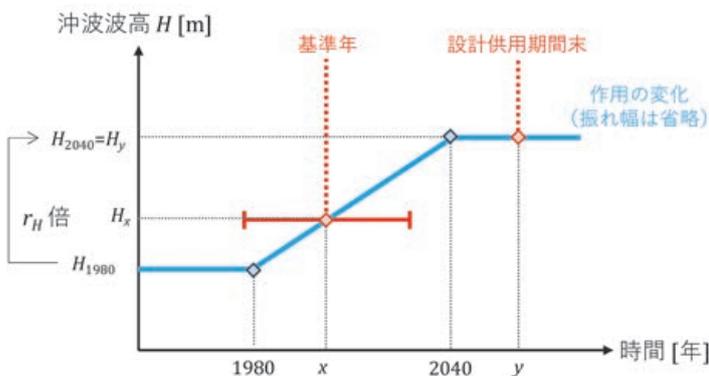


図2 沖波波高に関する作用のモデル化(文献2)より

定している点である。したがって、将来気候を踏まえた作用の設定においては、設計時点での作用が図2のモデルにおいて、どの年に位置しているかを決定する必要がある。これに対応する年を便宜上「基準年」と称しており、設計実務においては、基準年を設定する作業が発生する。例えば沖波波高に関しては通常、長期間の観測もしくは解析結果に基づく極値統計解析によって求められているが、基準年はその期間の中間年として割り切っている。前述したどの作用に対してもほぼ同様な考え方を適用しており、潮位や沖波波高の設定記録の調査期間を整理しておく必要がある。

### 気候変動に対応した今後の課題等

今回の技術基準改訂により、気候変動の影響を考慮した設計の考え方が示されたものの、実務においては依然として多くの課題が残る(残るといふより、課題が山積している)。例えば実務上の観点から挙げると、現在気候と将来気候の両方を考慮した照査の必要性、既設岸壁のかさ上げ方法やターミナル内等における防潮壁の設置位置等、枚挙に暇がないもの、技術的検討を通じて一つ一つ地道に解決していかざるを得ない。

しかし、気候変動の影響を勘案すれば基本的に作用は増大する一方であることから、既設構造物が軒並み性能照査結果を満足しなくなるのはある意味当然であるとも言える、これに対応するため、例えば個々の施設の損傷が、港湾全体にどのように影響をもたらすかというように、機能面への影響から捉えた対策優先順位の策定方法の構築も必要であり、その検討に着手したところである。現在、国土交通省港湾局を中心として議論が進められている協働防護の議論と連携した取り組みも必要となるだろう。

また、作用の設定で触れた「2度上昇シナリオ」とは、前述のとおり「世界の平均気温上昇を産業革命以前と比べて2度未満に抑え、1.5度までに抑える努力をする」というパリ協定の目標に照らし、日本を含めた世界各国で温室効果ガスの排出抑制が上手く進んだ、という条件が含まれている。このため、適応策の議論と合わせて緩和策の議論も同時に進めていくことが求められる。

#### 【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)、令和6年部分改訂版
- 2) 小林ら：気候変動適応策を踏まえた防波堤の設計手法に関する検討、国土技術政策総合研究所資料No.1281
- 3) 日本港湾協会：雑誌「港湾」、令和5年12月号
- 4) 本多ら：日本沿岸の主要港湾における高潮・波浪への気候変動の影響評価、国総研資料No.1302