

防波堤の耐津波設計ガイドラインについて



港湾研究部長 小泉 哲也

(キーワード) 設計津波、耐津波ガイドライン、粘り強い構造、防波堤

1. はじめに

東日本大震災では、防波堤に作用した津波による巨大な水平力や、津波が防波堤を越流することにより防波堤背後の基礎マウンド等が洗掘され、防波堤の安定性が損なわれたことを主な要因として数多くの防波堤が被災したと考えられている。規模の大きな津波に対して、防波堤が変形しつつも倒壊しない「粘り強い構造」であれば、防波堤背後への津波の流入量が抑制され、背後地への津波の到達時間を遅らせることができるなど、防波堤の背後の被害低減につながる。このため、防波堤には、設計対象の津波を超える津波に対しても可能な限り倒壊しにくい「粘り強い構造」であることが求められる。

国土交通省港湾局、国総研と（独）港湾空港技術研究所が連携し、防波堤の被害の調査結果や震災後に実施された一連の水理模型実験結果等を総合的に検討し、粘り強い防波堤を設計するための基本的考え方を整理し、平成25年9月に「港湾の施設の技術上の基準を定める省令」等の技術基準が一部改正され、設計津波を定義し、防波堤や防潮堤等の構造物について津波に対する粘り強さを規定すると同時に、港湾局から「防波堤の耐津波設計ガイドライン」が公表された。技術基準の主な改正内容とガイドラインの主な内容を紹介する。

2. 基本的考え方

港湾構造物におけるこれまでの耐津波設計の考え方は根底から見直された。津波に二つのレベルを想定し、この考え方に基づき、発生頻度の高い津波に対しては、可能な限り構造物で人命・財産を守りきる防災を目指し、発生頻度は極めて低い影響が甚大な最大クラスの津波に対しては、最低限人命を守るという目標の下に被害をできるだけ小さくする減

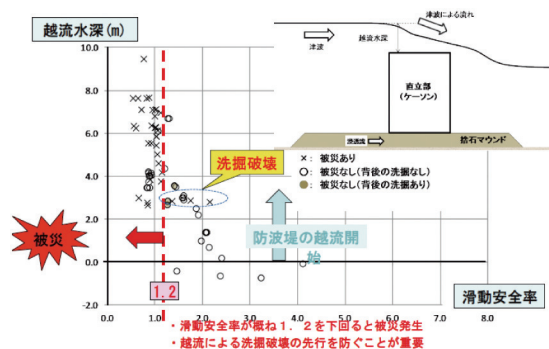
災を目指すと考えられた。発生頻度の高い津波を超える規模の津波に対して、構造物が変形しつつも倒壊しない粘り強い構造であれば、津波の構造物背後への流入量が抑制され、後背地への津波の到達時間が遅れるなどの減災につながることから、設計津波高を超えた場合でも効果が粘り強く発揮できる構造物の必要性が示された。（いずれも偶発作用。）

3. 設計津波の定義

耐津波設計で考慮する設計津波の定義は、当該施設の設計供用期間中に発生する可能性が低く、かつ、当該施設に大きな影響を及ぼすものとして、明確に規定された。性能照査に用いる設計津波及び設計津波を超える規模の強さを有する津波は、数十年から百数十年の再現期間を持つ比較的発生頻度の高い津波の規模以上とし、当該施設の重要度に応じて適切に設定するものと規定した。ガイドラインでは、地域防災計画や海岸保全基本計画等を踏まえた上で、背後の構造物等の重要度に応じて、発生頻度の高い津波から最大クラスの津波までの間で設計外力としての津波を設計津波として設定するとしている。

4. 防波堤の性能照査

津波及び津波に先行する地震動が作用した場合における防波堤の全体安定性は、はじめに波浪等の津波以外の作用に対する初期断面を設定する。次に、設計津波に対する耐津波設計に基づき断面諸元を設定する。最後に、設計津波を超える規模の津波に対して施設の重要度や費用対効果等を踏まえて「粘り強い構造」の断面を総合判断して設定する。設計津波に対して安定性照査を行う際の構造解析係数は、図－1に示す被災事例から、滑動安全率が概ね1.2を下回ると被災が発生していること等から、表に示す値を参考にできる。

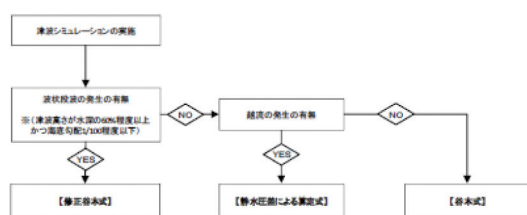


図－１ 越流水深と滑动安全率の関係における防波堤の被災の有無

表 構造解析係数の参考値

照査項目	構造解析係数
直立部の滑动	1.2
直立部の転倒	1.2
基礎の支持力	1.0

津波波力の算定方法は、津波シミュレーションの有無、波状段波、越流の発生の有無を考慮して、図－２に示す手順により適切な波力算定式を用いる。



図－２ 防波堤に対する津波波力算定手順

５．津波に対する構造物の粘り強さ

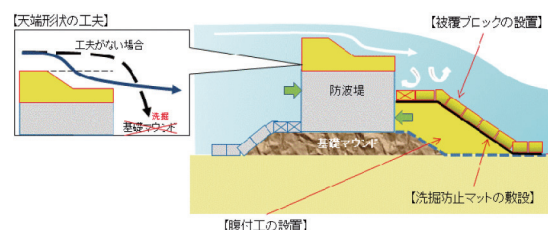
防波堤や防潮堤等の構造物のうち、当該施設の被災に伴い人命、財産または社会経済活動に重大な影響を及ぼす恐れのある重要度の高い施設について、設計津波を超える規模の作用の津波に対して一定の安定性を保持する粘り強さを規定した。

要求性能として、当該施設の被災に伴い、人命、財産または社会経済活動に重大な影響を及ぼす恐れのある施設にあつては、構造形式に応じて当該防波堤を設置する地点に置いて設計津波を超える規模の強さを有する津波が発生した場合であっても、当該津波等の作用による損傷等が、当該施設の構造の安定性に重大な影響を及ぼすことを可能な限り遅らせることができるものであることと規定された。

偶発対応施設の防波堤にあつては、設置する地点

において設計津波を超える規模の津波等の作用を受けた場合であっても、減災効果の発揮や被災直後から港内の静穏度を確保できるよう、可能な限り安定が保たれる構造上の工夫を施すことが規定された。

ガイドラインでは、水理模型実験等も活用しながら津波の規模に応じた防波堤の破壊形態と構造上の弱点について十分な検討を行った上で、施設の重要度、費用対効果等を踏まえつつ、弱点部分に付加的な対策を施すことによって、設計津波を超える規模の津波に対しても防波堤が変形しつつも倒壊しない粘り強い構造とし、可能な限り防波堤の全体安定性が損なわれないようにする必要があるとされている。



図－３ 防波堤の洗掘対策

６．今後の研究

技術基準の一部改正や、「防波堤の耐津波設計ガイドライン」は震災後に実施された調査研究等を総合的に検討しとりまとめたものであり、現時点において多様な課題の全てが必ずしも明確になっていない。今後も新たな知見が得られ次第、ガイドラインに反映していく必要があり、耐津波設計にかかる研究、技術開発のさらなる促進を図っていきたい。



図－４ 防波堤の越流の実験

【参考】

- 1) 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
<http://www.mlit.go.jp/common/001012142.pdf>
- 2) 有川太郎、佐藤昌治、下迫健一郎、富田孝史、廉慶善、丹羽竜也 (2013)：津波越流時における混成堤の被災メカニズムと腹付工の効果、港湾空港技術研究所資料、No. 1269