

港湾における防潮堤（胸壁）の
耐津波設計ガイドライン

平成25年11月

国土交通省 港湾局

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及びこれに伴う津波は、2万人近くもの死者・行方不明者を出すとともに、東北から関東の太平洋沿岸に立地する多くの企業も被害を受け、我が国の経済は大きな損害を被るなど未曾有の大災害を引き起こした。さらに、この大震災では多くの港湾構造物が津波により被災した。その原因として、来襲した津波の規模がこれまで想定されていた以上の規模であったことが考えられる。一方で、釜石港湾口防波堤は、津波の港内到達時間を遅らせ、さらに津波の高さを低減させたことが明らかとなっており、被災しつつも津波減災効果を有していたことが明らかとなっている。

東日本大震災での教訓を踏まえ、今後の港湾における地震・津波対策のあり方を検討するために交通政策審議会港湾分科会防災部会が設置され、平成24年6月に「港湾における地震・津波対策のあり方（答申）」（以下「答申」）がとりまとめられた。その中では、「中央防災会議東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会」の考えを反映して、発生頻度の高い津波と甚大な被害をもたらす最大クラスの津波の2つを考え、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と財産を守る防災を目指し、発生頻度の高い津波の規模を越える津波に対しても粘り強く減災効果を発揮できる港湾構造物の必要性を示している。ここで、粘り強く減災効果を発揮できる港湾構造物とは、港湾構造物が倒壊せずに耐えることができる構造物のことであり、この整備によって、発生頻度の高い津波の規模を越える津波に対する減災効果を期待できる。

国土交通省港湾局では、「答申」を受けて、「港湾の施設の技術上の基準を定める省令」及び「港湾の施設の技術上の基準の細目を定める告示」を平成25年9月に改正し、港湾構造物を設計するための津波の規模を定義し、さらに、防波堤、防潮堤及び水門等の要求性能として、津波に対する粘り強さを可能な限り有することを規定した。

本ガイドラインは、既に公表されている「防波堤の耐津波設計ガイドライン」（平成25年9月公表）に引き続く、津波に対する粘り強い港湾構造物のガイドラインであり、粘り強い防潮堤（胸壁）を設計するための基本的考え方をとりまとめたものである。本ガイドラインは、これまでの地震・津波による防潮堤（胸壁）の被害の調査結果等を検討した結果を踏まえて構成されており、研究・技術開発を担う研究者、調査・設計等を担う現場技術者が粘り強い港湾構造物に関する検討をする上で有意義なものとなることを期待している。ただし、被災要因分析や水理模型実験、あるいは災害復旧事業での設計等、まだこれから進展が期待される分野も多い。このため、本ガイドラインは、今後展開される各種の検討、研究・実験や技術開発による知見を順次取り込んでいくこととしており、必要に応じて改訂することを前提としている。

最後に、本ガイドラインのとりまとめにあたっては、「港湾の津波に対する防護のあり方検討会（座長：磯部雅彦、東京大学大学院新領域創成科学研究科教授）」を通じて、学

識経験者から貴重なご助言を頂いた。末筆ながら、各位に深甚なる謝意を表す。

国土交通省港湾局

「港湾の津波に対する防護のあり方検討会」委員名簿

第三回検討会開催時（平成 25 年 3 月 21 日）現在

区分	氏名	所属・役職
委員	磯部 雅彦	東京大学大学院 新領域創成科学研究科 教授（座長）
	井合 進	京都大学 防災研究所地盤研究グループ 教授
	今村 文彦	東北大学 災害科学国際研究所副所長 教授
	清宮 理	早稲田大学 理工学部 社会環境工学科 教授
	佐藤 慎司	東京大学大学院 工学系研究科 社会基盤学専攻 教授
	中野 晋	徳島大学 工学部 建設工学科 教授
	平石 哲也	京都大学 防災研究所 教授
	(国土交通省 国土技術政策総合研究所)	
	(浦辺 信一) 八鍬 隆	副所長
	鈴木 武	沿岸海洋・防災研究部長
	長尾 毅	港湾研究部長
	(独立行政法人 港湾空港技術研究所)	
	高橋 重雄	理事長
	山崎 浩之	特別研究官 地盤・構造研究担当
	栗山 善昭	特別研究官 海洋・水工研究担当
	菅野 高弘	特別研究官 地盤防災研究担当
	下迫健一郎	海洋研究領域長／耐波研究チームリーダー
	富田 孝史	アジア・太平洋沿岸防災研究センター 副センター長
	(独立行政法人 水産総合研究センター 水産工学研究所)	
	八木 宏	水産土木工学部 水産基盤グループ長

※（ ）書き氏名は検討会開催期間中に異動した者。

「港湾の津波に対する防護のあり方検討会」関係者名簿

第三回検討会開催時（平成 25 年 3 月 21 日）現在

区分	氏名	所属・役職
関係者	(国土交通省)	
	(松永 康男) 遠藤 仁彦	港湾局 技術企画課 技術監理室長
	安部 賢	港湾局 海岸・防災課 海岸・防災企画官
	田中 知足	港湾局 技術企画課 技術監理室 技術基準審査官
	東山 和博	東北地方整備局 仙台港湾空港技術調査事務所長
	鈴木高二朗	関東地方整備局 横浜港湾空港技術調査事務所長
	(国土交通省 国土技術政策総合研究所)	
	浅井 正	沿岸海洋・防災研究部 沿岸防災研究室長
	宮田 正史	港湾研究部 港湾施設研究室長
	熊谷兼太郎	沿岸海洋・防災研究部 主任研究官
	(独立行政法人 港湾空港技術研究所)	
	渡部 要一	地盤研究領域長／土質研究チームリーダー
	有川 太郎	海洋研究領域 耐波研究チーム 上席研究官 耐波設計担当
	佐々 真志	地盤研究領域 動土質研究チームリーダー
	野津 厚	地震防災研究領域 地震動研究チームリーダー
	小濱 英司	地震防災研究領域 耐震構造研究チームリーダー
	(農林水産省 水産庁)	
	浅川 典敬	漁港漁場整備部 防災漁村課 防災技術専門官

※ () 書き氏名は検討会開催期間中に異動した者。

目次

1. 概要	1
1. 1 ガイドラインの位置付け	1
(1) 適用対象施設	1
(2) 対象とする胸壁の基本構造	1
1. 2 胸壁の津波に対する効果と粘り強い構造	3
(1) 胸壁の防護機能	3
(2) 胸壁の「粘り強い構造」による津波減災効果の発現	3
1. 3 津波の有する特性への対応	4
(1) 津波の作用に係る特性	4
(2) 津波の流れの影響	4
2. 港湾における津波対策の基本的考え方	5
2. 1 津波の設定	5
(1) 二つのレベルの津波	5
(2) 設計津波の設定	5
2. 2 防護目標の設定	6
3. 胸壁の耐津波設計	7
3. 1 胸壁の耐津波設計の基本的考え方	7
(1) 「設計津波」に対する耐津波設計の基本的考え方	7
(2) 「設計津波」を超える規模の津波に対する粘り強さの発揮	7
3. 2 胸壁の性能照査	8
(1) 地震・津波による胸壁の被災原因	8
(2) 胸壁の全体安定性に関する総合的な検証	8
(3) 胸壁の性能照査における留意点	11
3. 3 津波に先行する地震動等の設定とその影響評価	12
(1) 津波に先行する地震動の設定	12
(2) 津波に先行する地殻変動の設定	12
(3) 胸壁の全体安定性に及ぼす影響の評価	12
3. 4 「設計津波」に対する耐津波設計	13
(1) 津波の波力に対する胸壁の堤体の滑動、転倒および基礎の支持力に対する安定性照査	13
(2) 津波の流れに対する基礎地盤の安定性	13
3. 5 「設計津波」を超える規模の津波に対する「粘り強い構造」の検討	14

(1) 胸壁に対する「粘り強い構造」の考え方	14
(2) 胸壁の「粘り強い構造」の例	14
(3) 付加的な対策の段階的検討	16
(4) 胸壁の「粘り強い構造」の効果の確認	16
3. 6 今後の取り組み	17
(1) 対応の方向	17
(2) その他	17
参考文献	18

【参考資料】

防潮堤等の地震・津波による被災事例と耐津波設計を行う上での留意点

1. 概要

1. 1 ガイドラインの位置付け

本ガイドラインは、港湾の施設としての防潮堤（胸壁）を対象とした耐津波設計の基本的考え方を示すものであり、防潮堤等の耐津波設計を行う際に「港湾の施設の技術上の基準・同解説（平成 19 年）」に対して付加的に考慮すべき点をとりまとめたものである。

（解説）

（1）適用対象施設

本ガイドラインの適用対象施設は、港湾施設の外郭施設である防潮堤、護岸、堤防、胸壁（以下、「防潮堤等」という。）のうち、津波から背後地を防護する機能を有する防潮堤等である。なお、防潮堤は、施設の目的・機能を表現している呼称であり、実際に防潮堤を構成する施設構造である堤防、護岸および胸壁に加えて、これらの施設や陸閘、水門等で構成される一連の防護ラインを示す概念として扱うことができる。本ガイドラインは、防潮堤の施設構造のうち胸壁を主たる対象とし、堤防及び護岸に関しても、適用可能な範囲で必要に応じて準用するものとする。

防潮堤等の耐津波設計の検討にあたっては、「港湾の施設の技術上の基準・同解説（平成 19 年）」¹⁾（以下、「基準・同解説」という。）を踏まえた上で、本ガイドラインの内容を考慮するものとする。

（2）対象とする胸壁の基本構造

本ガイドラインで対象とする胸壁は、堤体部の構造形式が単塊型、L型および逆T型とする。また、堤体の支持形式による分類は、重力式および杭式とする。

ただし、水際線から堤体までの離隔が十分ではなく、地震作用による護岸崩壊等により変形する場合は、別途検討が必要となる。

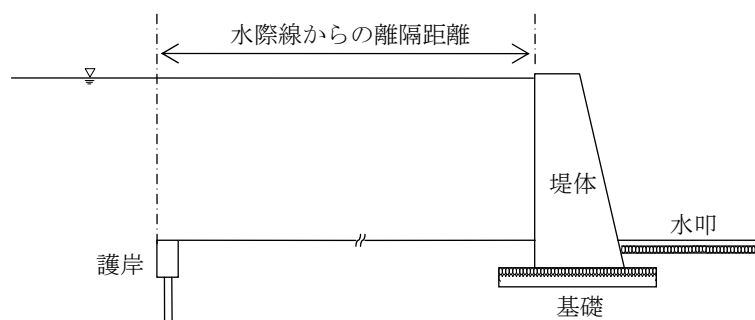


図 1-1 胸壁の概念図

なお、隅角部や水門・陸閘周辺等の周囲の地形に対して不連続な箇所においては、津波による強い流れの集中等が生じて胸壁が被災することがあるものの、本ガイドラインは、一般区間を対象としており、このような箇所における耐津波設計の考え方は示していない。

平面的に不連続な配置がされている胸壁の耐津波設計については、別途、慎重に検討を行う必要がある。

1. 2 胸壁の津波に対する効果と粘り強い構造

胸壁の耐津波設計の検討にあたっては、胸壁による背後地の防護効果を踏まえた上で、設計で対象とする津波レベルを超える規模の津波が来襲する場合であっても、津波の波力や越流等により胸壁の機能が可能な限り損なわれないように付加的に対策を施し、津波に対して倒壊しにくい「粘り強い構造」を目指すものとする。

(解説)

(1) 胸壁の防護機能

胸壁は、津波等から背後地を防護することを目的とした施設であり、適切な配置及び断面諸元を有することで他の施設とともに防護ラインを構成する。

(2) 胸壁の「粘り強い構造」による津波減災効果の発現

2011年における東日本大震災においては、例えば、釜石港湾口防波堤は、津波が陸域に到達するまでの時間を遅らせ、津波に対する減災効果を有していることが明らかとなっている。この効果を受け、「防波堤の耐津波設計ガイドライン」²⁾では、防波堤の基本断面に対して必要に応じて付加的な対策を施すことで、可能な限り倒壊しにくい「粘り強い構造」の設計手法を示している。

施設が本来有する機能に付加的な対策を施すことで減災効果を高める考え方は、防波堤と同じ港湾施設の外郭施設である胸壁においても適用される。

1. 3 津波の有する特性への対応

胸壁の耐津波設計の検討にあたっては、津波が波と流れの二つの特性を有するとともに、押し波と引き波が繰り返し発生し、必ずしも第一波が最大規模になるとは限らないといった点を十分に踏まえた上で、胸壁の安定に対して最も危険側の作用となる津波の条件を適切に設定する必要がある。

(解説)

(1) 津波の作用に係る特性

胸壁の耐津波設計の検討にあたっては、引き波が危険側の条件になり得ることや、第二波以降の津波が最大規模になり得ることも考慮して、胸壁に作用する津波の条件を適切に設定する必要がある。

(2) 津波の流れの影響

胸壁周辺における津波の流れは、津波の諸元および港湾施設の配置等の影響を受ける。特に、胸壁の隅角部のような地形が不連続な箇所においては、津波による強い流れの集中等が生じて被災する事例も見られた(参考資料)。

さらに、津波の規模が天端を越える場合、背後地における津波の流れも考慮に入れる必要がある。津波による天端の越流は、引き波時にも生じる可能性があることに留意する必要がある。また、引き波時においては、背後地の地形の影響を強く受けた流れが生じて胸壁に大きな流体力が作用することもあり、この点について留意する必要がある。

2. 港湾における津波対策の基本的考え方

2. 1 津波の設定

港湾における津波対策の検討にあたっては、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、適切に「設計津波」を設定する。

(解説)

(1) 二つのレベルの津波

港湾における津波対策の検討にあたっては、可能な限り構造物で人命・財産を守りきる「防災」を目指す「発生頻度の高い津波」と発生頻度は極めて低いが影響が甚大な「最大クラスの津波」を想定する。ここに、「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もとに被害を可能な限り小さくする「減災」を目指すものとする³⁾。

これらの津波の考え方については、「防波堤の耐津波設計ガイドライン」²⁾を参照できる。

(2) 設計津波の設定

設計外力とする「設計津波」は、「発生頻度の高い津波」から「最大クラスの津波」までの規模の中から、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、適切に設定する。

一般的には、「発生頻度の高い津波」を「設計津波」として設定するケースが多いと考えられるが、発電所等の重要度が著しく高い施設を守る場合や、人・財産・産業等の極度に集積している地域を守る場合など、「発生頻度の高い津波」の規模を超える津波を「設計津波」として設定することも考えられる。

2. 2 防護目標の設定

港湾における津波対策の検討にあたっては、津波による人命、財産または社会経済活動への影響を十分に考慮した上で、津波の規模や発生頻度に応じて港湾の防護目標を適切に設定する。

(解説)

港湾における津波対策の検討にあたっては、「設計津波」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、「設計津波」を超える規模の津波に対しては、最低限人命を守るという目標のもとに被害を可能な限り小さくする「減災」を目指すこととし、防護目標を明確化することを基本とする。また、防護目標の設定にあたっては、既存ストックを最大限に活用しつつ、第一線防波堤と防潮堤を含む港湾施設全体で重層的に防護（多重防護）するという考え方が重要である。

これらの港湾における防護目標の設定の考え方については、「防波堤の耐津波設計ガイドライン」²⁾を参照できる。

3. 胸壁の耐津波設計

3. 1 胸壁の耐津波設計の基本的考え方

胸壁の耐津波設計にあたっては、「設計津波」に対して胸壁に求められる機能が維持されるとともに、「設計津波」を超える規模の津波が来襲する場合であっても、胸壁に求められる機能が可能な限り維持されるように、津波に対して倒壊しにくい「粘り強い構造」を目指すものとする。

(解説)

(1) 「設計津波」に対する耐津波設計の基本的考え方

「設計津波」に対する胸壁の耐津波設計は、背後の構造物等の重要度等に応じて、津波発災直後から胸壁による機能が維持されている必要がある。そのため、「設計津波」が作用しても胸壁の機能が損なわれないような断面諸元を設定することが基本となる。

(2) 「設計津波」を超える規模の津波に対する粘り強さの発揮

「設計津波」を超える規模の津波に対しては、(1)により設定した胸壁の断面諸元を基本とし、「設計津波」を超える規模の津波に対しても胸壁の津波減災効果を可能な限り発揮できるように、施設の重要度や費用対効果等も踏まえながら、胸壁に付加的な対策を施し、大きな規模の津波に対して損傷は許容するが倒壊しにくい「粘り強い構造」とすることが基本となる。

付加的な対策の検討にあたっては、「設計津波」を超えて津波の規模を段階的に大きくしていくことを想定し、津波の規模に応じた胸壁の破壊形態について十分に検討を行った上で、津波の規模に応じた胸壁構造の弱点を抽出し、その弱点部分に構造上の工夫を施すことによって「粘り強い構造」を目指すといったアプローチが考えられる。

なお、「粘り強い構造」の検討にあたっては、水理模型実験や数値解析を活用し、その効果を検証していくことも重要である。

3. 2 胸壁の性能照査

胸壁の性能照査にあたっては、津波による胸壁の破壊形態を踏まえ、港湾の地形や施設配置等の諸特性を十分に考慮し、想定する津波および津波に先行する地震動に対して胸壁の全体安定性について総合的に検証するものとする。

なお、胸壁の全体安定性については、津波の波力に対する堤体の滑動、転倒及び基礎の支持力に対する安定性、津波の流れに対する基礎の安定性について照査し、胸壁の要求性能に応じて、損傷の程度が限界値以下であることを確認するものとする。

(解説)

(1) 地震・津波による胸壁の被災原因

胸壁の被害程度と被害形態は、例えば表3-1のように分類できる⁴⁾。

東北地方太平洋沖地震による胸壁等の被災状況を分析した結果、胸壁の被災は、津波の波力による滑動及び転倒、堤体周辺の洗掘による支持力喪失、あるいはこれらの複合的な作用により生じたものと考えられる。また、兵庫県南部地震においては、胸壁は大きな崩壊に至ることはなかったものの、沈下等が生じており、背後地防護機能に影響を及ぼす可能性がある事例が見られた。

胸壁等の地震・津波による被災については参考資料に示しており、詳細についてはこれを参照されたい。

(2) 胸壁の全体安全性に関する総合的な検証

津波および津波に先行する地震動が作用した場合における胸壁の全体安定性に関する総合的な検証手順として、胸壁の検証手順例を図3-1に示す。

本手順では、まず始めに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」に対して胸壁の全体安定性が損なわれないように、「3. 4 「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、「3. 5 「設計津波」を超える規模の津波に対する「粘り強い構造」の検討」に基づき、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。

表 3-1 胸壁の被害形態と被害程度

		被害形態		
		堤体の破壊	地盤の洗掘・堤体の変位	運用上の機能不全
被害程度	軽微な被害 〔簡易な補修 または補修なしで 機能確保〕	クラック発生	前面・背面地盤の 軽微な洗掘・舗装被害	船舶・ガレキ・ 土砂等の堆積
	比較的大きな被害 〔修理・据え直し、 断面設計見直し、 等が必要〕	漂流物の 衝突による欠損 打継ぎ面等での 堤体上部の切断 堤体の破壊	目地開き 越流した流れによる 地盤の広範な洗掘 引波の流れによる 地盤の広範な洗掘 波力、地盤洗掘等の複合 的作用で堤体が倒壊 地域全体の地盤沈下で 嵩上げが必要	可動ゲート等の 開閉不全 陸閘破損により 通行が阻害

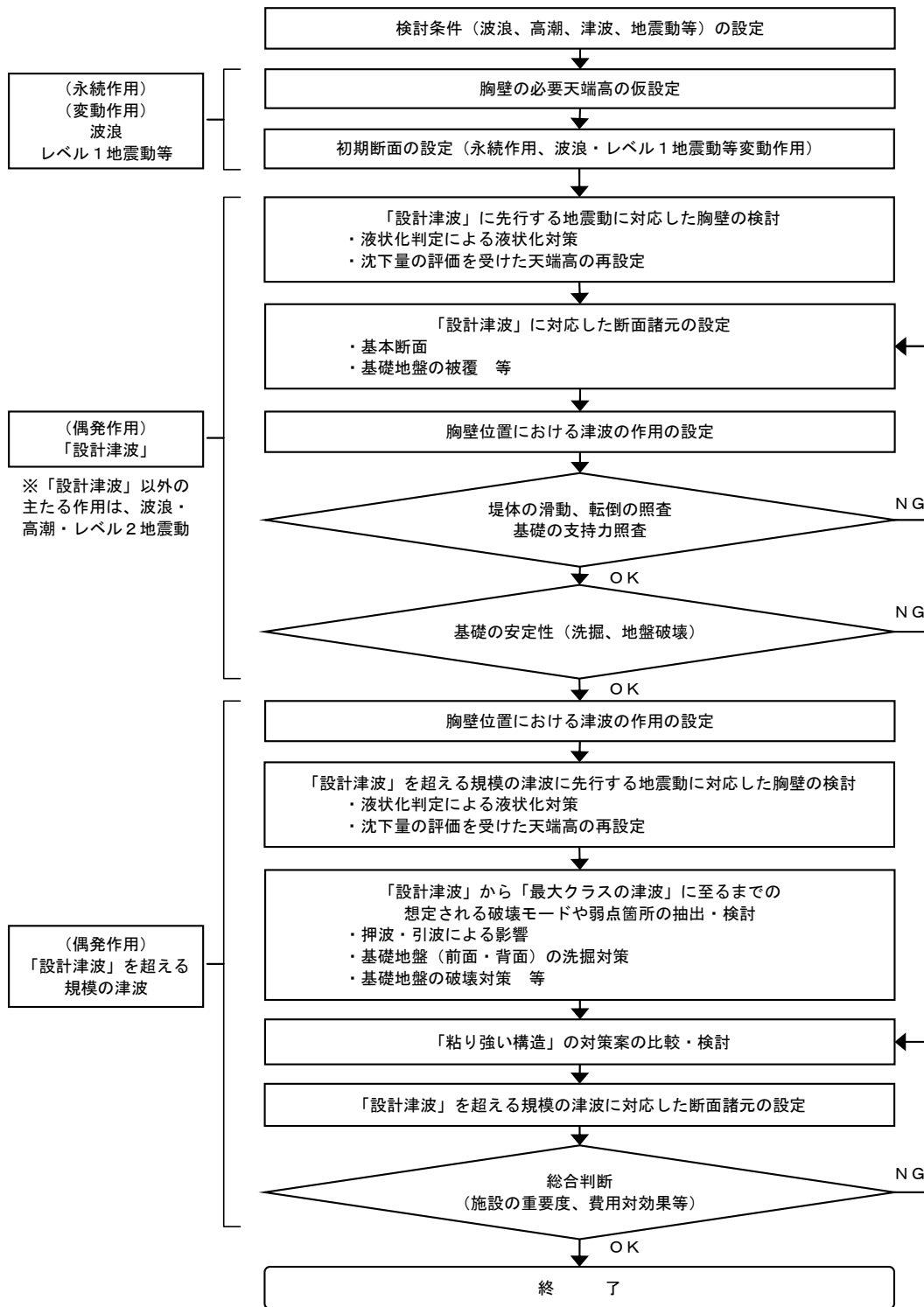


図 3-1 胸壁の全体安定性に関する総合的な検証手順の例

(3) 胸壁の性能照査における留意点

- ① レベルー地震動に対しては、液状化させないことを基本とする。ただし、液状化の影響により堤体の安定が損なわれないと判断される場合は、この限りではない。
- ② 津波の作用を考慮する場合は、性能照査において地殻変動の影響及び津波に先行する地震動が地盤に及ぼす影響（液状化による基礎地盤の軟化、偏土圧による側方への変形等）を適切に考慮するものとする。
- ③ 胸壁周辺の地盤や舗装部等の越流に対する洗掘・吸出し対策については、現状、定量的な評価ができる照査方法がない。しかし、基礎地盤の洗掘・吸出しは、堤体支持力を低減させる恐れがあることから、これらを可能な限り抑制する構造を検討・採用することが望ましい。
- ④ 隣接する海岸保全施設として求められる機能を考慮し、延長方向で性能が同程度になるような構造設計を行う必要がある。
- ⑤ 隅角部や水門・陸閘周辺等の周囲の地形に対して不連続な箇所では、主に津波による強い流れの集中と考えられる理由により胸壁の被災事例が見受けられたことから、一般部よりも性能を向上させるなど、慎重に構造計画・構造設計を行う必要がある。
- ⑥ 津波は、押し波と引き波が繰り返し発生し、必ずしも第一波が最大規模になるとは限らないといった点を十分に踏まえた上で、胸壁の安定に対して最も危険側の作用となる津波の条件を適切に設定する必要がある。
- ⑦ 津波に関する照査方法に関しては、現状、必ずしも十分な知見が得られているわけではない。そのため、性能照査にあたっては、水理模型実験や数値解析を最大限活用することにより、胸壁の全体安定性を確認することが望ましい。

3. 3 津波に先行する地震動等の設定とその影響評価

胸壁の性能照査にあたっては、津波に先行する地震動及び地殻変動を適切に設定し、その影響を評価するものとする。

(解説)

(1) 津波に先行する地震動の設定

胸壁の性能照査にあたっては、津波に先行する地震動を適切に設定し、影響を適切に評価する必要がある。その設定方法については、「防波堤の耐津波設計ガイドライン」²⁾を参照できる。

(2) 津波に先行する地殻変動の設定

地殻変動の設定にあたっては、対象とする地震の特性及び過去の地震に伴う地殻変動量を参考に、適切に評価するものとする。

(3) 胸壁の全体安定性に及ぼす影響の評価

津波に先行する地震動により、胸壁は、直下の基礎地盤が液状化等により軟化するなどして支持力が低下することで沈下したり、地殻変動によって沈下したりする可能性がある。また、偏土圧を受ける胸壁は、側方へ変形して天端が下がる可能性がある。

沈下や側方への変形等により胸壁の天端が下がる場合、津波が胸壁を越流しやすくなることから、結果として背後の基礎地盤の洗掘が発生しやすくなり、胸壁の全体安定性が損なわれる危険性が增大する。また、胸壁に作用する浮力及び波力が増大し、堤体の滑動等に対する安定性が低下する可能性もある。そのため、胸壁の全体安定性の照査にあたって、津波に先行する地震動及び地殻変動による胸壁の沈下量の影響について適切に評価する必要がある。

なお、基礎地盤の液状化等による胸壁の沈下量の算定にあたっては、過去の沈下事例や調査研究を踏まえつつ、基礎地盤のせん断変形や体積圧縮に伴う沈下量を見込むものとする。また、必要に応じて、胸壁の沈下量に対応した余裕高を、予め天端高に見込むことについても検討するものとする。

3. 4 「設計津波」に対する耐津波設計

胸壁の耐津波設計においては、「設計津波」による作用および津波に先行する地震動によって、胸壁の全体安定性が損なわれないように、適切な断面諸元を設定する。

(解説)

(1) 津波の波力に対する胸壁の堤体の滑動、転倒および基礎の支持力に対する安定性照査

a) 堤体に作用する津波の波力の設定

堤体に作用する津波の波力については、入射する津波の状態等を考慮し、入射波高を適切に設定して算定する。

津波波力の算定に関しては、「基準・同解説」¹⁾等を参考にすることができる。

b) 堤体の滑動、転倒及び基礎の支持力に対する安定性照査

津波波力に対する堤体の滑動、転倒及び基礎の支持力に対する安定性については、「基準・同解説」を参照することができる。

(2) 津波の流れに対する基礎地盤の安定性

「設計津波」に伴う津波の流れに対する基礎地盤の安定性の検討にあたっては、基礎地盤に対する越流や浸透流等の津波の流れによる作用を適切に評価するとともに、堤体の安定性を損なうような洗掘及び基礎の破壊が発生しないように適切な対策を講じるものとする。

3. 5 「設計津波」を超える規模の津波に対する「粘り強い構造」の検討

「設計津波」を超える規模の津波に対する胸壁の「粘り強い構造」の検討にあたっては、津波の規模に応じた胸壁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、その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可能な限り胸壁の全体安定性を損なわない「粘り強い構造」となるように、港湾の防護目標に応じて断面諸元を設定するものとする。

(解説)

(1) 胸壁に対する「粘り強い構造」の考え方

「設計津波」を超える規模の津波に対する胸壁の検討にあたっては、「設計津波」に対して設定された断面に対して、外力としての津波の規模が「設計津波」を超えて段階的に大きくなっていくことを想定し、水理模型実験等も活用しながら、津波の規模に応じた胸壁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、施設の重要度や費用対効果等を踏まえつつ、その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胸壁が変形しつつも倒壊しない「粘り強い構造」とし、可能な限り胸壁の全体安定性が損なわれないようにする必要がある。

(2) 胸壁の「粘り強い構造」の例

「設計津波」を超える規模の津波により、胸壁の堤体は滑動及び転倒、さらに津波が越流することによる背後の洗掘等が生じる可能性がある（参考資料参照）。これらの想定される堤体の倒壊に対して、胸壁の構造上の工夫を図ることにより、可能な限り堤体の倒壊を防止、または遅らせることを目指す。また、堤体の安定性に限らず、堤体の構造部材上の被災も見受けられたことから（上部の滑落）、コンクリートの打ち継ぎ目等での対策も考慮する。

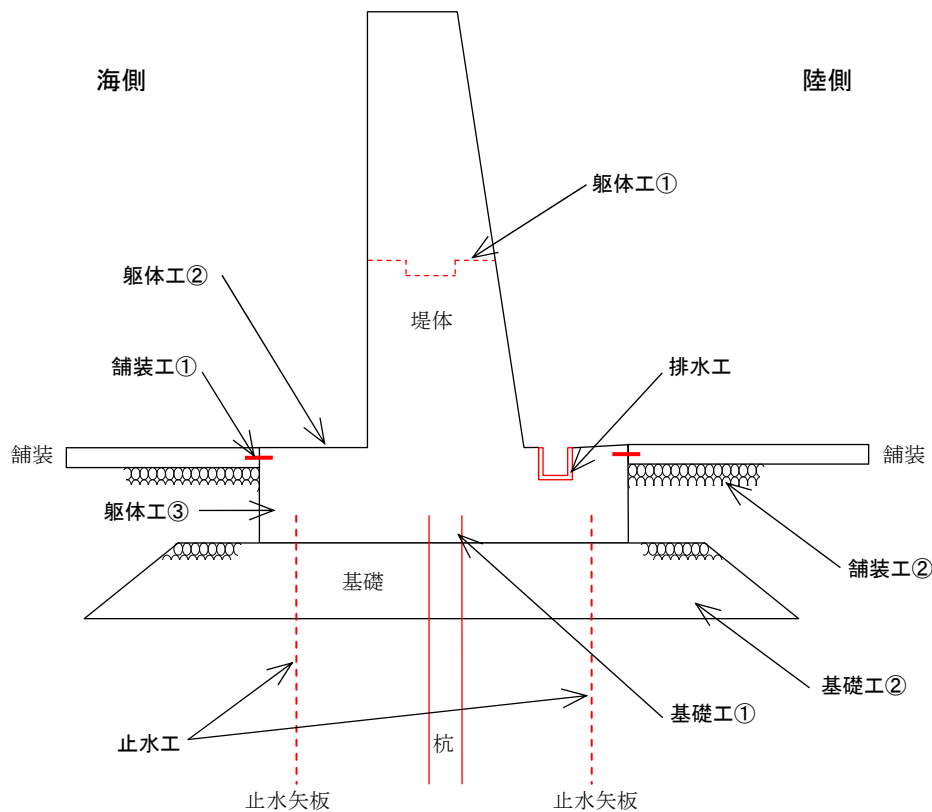


図 3-2 粘り強い胸壁の断面例（詳細の説明については表 3-2 を参照）

表 3-2 粘り強い胸壁のための対策箇所とその内容

箇所	対策
躯体工①	ほぞ（凸凹）を設置するとともに、用心鉄筋を入れ、堤体上部が欠損するリスクを低減。
躯体工②	本体と一体化された水叩き又は躯体底版の幅（陸側、海側）を出来る限り広く取り、洗掘等に伴う転倒リスクを低減。
躯体工③	躯体底版の地盤への根入長さは、設計上考慮されない場合でも、適度に余裕をもった設定する。
排水工	排水溝などは埋込式として堤体との一体化を図り、部分的な破損による地盤の洗掘・吸出の起点となることを防止（排水溝などを躯体と舗装の間に挟まない）。堤体本体の背後への転倒リスクを低減。
舗装工①	コンクリート舗装版は堤体に密着させ、ステンレス鉄筋等（ダウエルバー）で接合する。
舗装工②	アスファルト舗装の場合においても、路盤の安定処理を行うことで洗掘・吸出を防止。
基礎工①	杭と堤体本体は、剛結合とする。
基礎工②	基礎（砕石）等にセメント注入や捨コンクリート処理を行うことで、洗掘・吸出を防止。
止水工	止水矢板の設置を標準化。 矢板（止水矢板を兼ねる）の設置により、洗掘や吸出が発生した場合において、堤体の本体直下の基礎地盤の流出を抑制。 矢板と堤体本体は、可能な限り剛結合とする。

なお、**図 3-2** および**表 3-2** で示す胸壁の粘り強い構造は、現時点において想定されるものをすべて盛り込んだものであり、個別の検討においては、必要な対策箇所について、構造上の工夫を図ることとなる。

(3) 付加的な対策の段階的検討

付加的な対策の段階的検討の考え方については、「防波堤の耐津波設計ガイドライン」²⁾を参照できる。

(4) 胸壁の「粘り強い構造」の効果の確認

胸壁の「粘り強い構造」の効果については、変形モードを適切に評価した上で、胸壁の変形に対する安定性について確認する必要がある。しかし、現時点では、胸壁の変形モードに対する安定性を適切かつ定量的に評価することは困難であることから、簡便的・間接的な手法として、堤体の滑動・転倒や基礎の支持力の照査において、「粘り強い構造」が受け持つ抵抗力を加味した状態における安全率が 1.0 を上回るレベルが「粘り強さ」の一つの目安になると考えられる。なお、「粘り強さ」の確認については、水理模型実験を用いて具体的な対策の有効性について確認することも検討する必要がある。

3. 6 今後の取り組み

(1) 対応の方向

本ガイドラインは、胸壁を対象とした耐津波設計の基本的考え方を示したものであるが、その内容は現時点において得られている知見に基づくものであり、耐津波設計に係る様々な課題の全てが必ずしも明確になっているわけではない。

そのため、今後も継続して実施される様々な調査研究や民間を含む技術開発の成果等を最大限に取り込んでいくことが重要であり、新たな知見が得られ次第、その成果を柔軟に本ガイドラインに反映していくこととしたい。

(2) その他

本ガイドラインは、堤体構造を有する胸壁を主たる対象としており、その他の構造形式を有する堤防や護岸等への展開については今後の課題である。

【参考文献】

(本文引用)

- 1) (社) 日本港湾協会：港湾の施設の技術上の基準・同解説、平成 19 年 7 月
- 2) 国土交通省港湾局：防波堤の耐津波設計ガイドライン、平成 25 年 9 月
- 3) 交通政策審議会港湾分科会防災部会：港湾における地震・津波対策のあり方～島国日本の生命線維持に向けて～、平成 24 年 6 月
- 4) 熊谷兼太郎、渡邊祐二、長尾憲彦、鮎貝基和：2011 年東北地方太平洋沖地震津波による海岸保全施設の被害調査、国土技術政策総合研究所資料、第 658 号、平成 23 年 12 月