

防波堤及び岸壁等の復旧の技術検討方針

平成 23 年 9 月

東北港湾における津波・震災対策技術検討委員会

1. 基本的な考え方及び前提

被災した港湾施設の復旧は、被災地での輸送需要や都市・産業復興との関連を考慮して、計画的に進めるものとする。

- (1) このため、東北各港において設置される復興会議等の協議会が定める「復旧・復興方針」において示された復旧する施設の優先順位や復旧水準を踏まえ、設計する。
- (3) 防波堤及び津波防波堤の津波防災機能及び要求性能等については、「港湾における津波対策のあり方について」（交通政策審議会港湾分科会防災部会）との調和の取れたものとする。

2. 復旧設計に当たっての考え方

【全施設共通】

- ① 被災施設の復旧に当たっては、施設の被災状況、復旧の優先順位、復旧スケジュール、各種制約条件等を勘案して、適切な復旧工法を採用するものとする。特に早期供用を求められる施設については、本格復旧に先立ち暫定断面で事前施工する段階復旧についても検討する。
- ② 原形復旧(原形復旧が不可能な場合は従前の効用を確保することを含む。)を基本とする。ただし、原形に復旧することが困難又は不適当な場合においては、被災原因をあらゆる角度から検討し、再度災害の防止を考慮のうえ、現地に適合し、かつ経済的な設計を行う。
- ③ 復旧設計に際しては、原則として、現行の「港湾の施設の技術上の基準」(省令・告示)及び「港湾の施設の技術上の基準・同解説(平成19年)」(以下、港湾基準と呼ぶ)を用いる。但し、断面の連續性等の観点から、これによりがたい場合は、旧基準のほか適切と考えられる設計法を用いても構わない。
- ④ 復旧設計に際しては、被災した施設の構造体や部材の再利用等、経済性を考慮して検討する。
- ⑤ 復旧期間は、2年以内を目途に概ね全ての港湾機能の本格復旧を目指すこととする。ただし、2年間での復旧が困難である施設については、個別に復旧期間を検討する。

3. 防波堤の復旧方針

本節で対象とする防波堤は、津波防波堤（大船渡港、釜石港）及び「偶発対応施設の防波堤」（通常の防波堤であっても背後地域の津波減災効果が大きい施設）を除く防波堤である。

(1) 復旧設計の方針

- ① 被害拡大や早期静穏度確保の観点から、台風期までに防波堤の暫定的機能回復に努める。供用を再開する岸壁及び泊地の静穏度向上に効果的な箇所から速やかに復旧事業に着手する。
- ② 地盤沈下や地震動により沈下した防波堤については、港内の静穏度を確保するため、安定計算を行った上で、必要な天端高の嵩上げを検討する。
- ③ 被災した場合に早期復旧が困難な防波堤については、粘り強い構造となるように設計・施工上の検討を行う。
- ④ 設計波浪は、50年確率波を用いる。ただし、暫定復旧が必要な施設に関しては、暫定復旧断面の設計波浪として、10年確率波等、適切な確率波を用いる。
- ⑤ 設計地震動としては、各港のレベル1地震動を用いる。
- ⑥ 被災程度に応じて、撤去・新設、施設の変形を考慮した利用、軽微な補強・補修等、適切な復旧工法、復旧設計法を採用する。
- ⑦ 構造形式別の被災程度と復旧対策方法の例を表-1に示す。

表-1 被災程度と復旧対策方法（例）

	被災程度I	被災程度II	被災程度III	被災程度IV
復旧対策工法	<ul style="list-style-type: none"> ・上部工嵩上げ ・被覆材等の復旧 	<ul style="list-style-type: none"> ・上部工嵩上げ ・被覆材等の復旧 ・堤体の拡幅補強 	<ul style="list-style-type: none"> ・マウンド等の復旧 ・ケーソン据直し 	・新設
基礎捨石等の流出対策				
復旧における ケーソンの 利用形態	ケーソン存置		ケーソン 再利用可	ケーソン 再利用不可

(被災程度)

- I : ケーソン本体に異常はないが、天端の沈下など軽微な変状、消波工・マウンド等に変状や破壊が認められるもの。
- II : ケーソンに本体に異常はないが、沈下・滑動・傾斜などの変状が認められる被災のうち、ケーソンの据直しを必要とせずに復旧が可能であるもの。
- III : ケーソンが大きく沈下・滑動・傾斜しているものの、ケーソン本体は据え直しを行うことにより（ケーソン部材の部分的な補修・補強を含む）、再利用可能であるもの。
- IV : ケーソンが基礎マウンドから滑落して、ケーソン本体の再利用ができないもの（本体構造が破壊、ケーソンを浮上することができない等）。

(2) 設計法及び設計条件

被災程度と技術基準、設計法の対応案を表-2に示す。

表-2 防波堤の設計法と技術基準

被害程度	被災程度 I	被災程度 II、III	被災程度IV
復旧工法 技術基準 及び設計法	<ul style="list-style-type: none"> ・上部工嵩上げ ・被覆材等の復旧 	<ul style="list-style-type: none"> ・上部工嵩上げ ・被覆材等の復旧 ・堤体の拡幅補強 ・マウンド等の復旧 ・ケーソン据直し 	<ul style="list-style-type: none"> ・新設
現行基準 (部分係数法(信頼性 設計)照査用震度)	○	○	○
旧基準 (安全率法、 許容応力度法等)	○	○	—

(被災程度)

I : 現行基準の適用を原則とするが、これによりがたい場合は、従来の設計法により照査してよい。

II : 現行基準の適用を原則とするが、傾斜した堤体を活用する場合など、部分係数が設定されていない場合は、従来の設計法により照査してよい。

III : 同上

IV : 新設なので、現行基準の適用を原則とする。部分係数等が設定されていない構造形式であれば、従来の設計法により照査してもよい。

4. 津波防波堤（大船渡港、釜石港）及び偶発対応施設の防波堤の復旧方針

4-1. 基本的考え方

(1) 津波防波堤（偶発対応施設②）

- ① 津波防波堤の復旧は、「港湾における津波対策のあり方について」（交通政策審議会港湾分科会防災部会）に基づき、各港の被災地における復興まちづくり計画との関連を考慮して策定する「復旧・復興計画」を踏まえ、復旧設計を行う。
- ② 津波は、津波防護レベル（レベル1津波）と津波減災レベル（レベル2津波）を考慮する。

レベル1津波：変動作用で、数十年～百数十年に一度の津波を対象とし、人命及び資産を守るレベル

レベル2津波：津波レベル1をはるかに上回り、構造物対策の適用限界を超過する津波に対して、人命を守るために必要な最大限の措置を行うレベル（偶発作用）

- ③ レベル2津波については、当面の港湾施設の復旧の検討では、東北地方太平洋地震津波をレベル2津波として設定し、対応を進める。今後、中央防災会議及び地震調査研究推進本部の結論を受けて、必要な場合には再設定するものとする。
- ④ 復旧事業の実施に当たっては、必要な機能や要求性能が追加された場合にも施工が可能な二段階施工を検討し、手戻りを防止する。
- ⑤ 被災程度に応じて、撤去・新設、施設の変形を考慮した利用、軽微な補強・補修等適切な復旧工法、復旧設計法を施工区間ごとに採用する。

(2) 防波堤（偶発対応施設①）

- ① 通常の防波堤であっても、背後地域の津波減災効果が大きい施設・区間については、「防波堤（偶発対応施設①）」と位置づけ、耐津波性能を付与する。
- ② ただし、「防波堤（偶発対応施設①）」の津波軽減効果は、防波堤の本来の機能である港内の静穏を確保するために必要な配置及び長さで達成される範囲とする。
- ③ 「防波堤（偶発対応施設①）」として位置づける施設・区間については、津波・浸水シミュレーション等の数値計算を実施し、背後地域の津波減災効果を評価した上で定めることを基本とする。
- ④ 上記以外は、「（1）津波防波堤」の基本的考え方、を適用する。

4－2. 設計方針

(1) 津波防波堤（偶発対応施設②）

- ① 現行基準の適用を原則とするが、これによりがたい場合は、従来の設計法により照査してよい。
- ② 被災メカニズムを施設ごとに検証した上で、再度災害を極力防止する構造とし、必要な場合には、数値シミュレーションや模型実験等による設計を検討する。
- ③ 津波防波堤の天端高は、防波堤開口部からの流入量及び防波堤上部からの越流量等を検討の上、港内における所要の津波高低減効果が得られる高さとする。ただし、荒天時の波浪に対して必要な高さ（原則、 $H.W.L+0.6H_{1/3}$ ）以上を確保する。
- ④ 津波力は、防波堤内外の水位差に起因する静水圧とする。なお、津波が段波状になる場合又は分裂する場合には、適切な算定法を用いるものとする。
- ⑤ 津波防波堤の基礎捨石及び被覆ブロック並びに開口部潜堤は、津波の流速に対して適切な安定性を保持するものとする。また、津波による津波防波堤周辺の海底の洗掘について検討する。
- ⑥ 津波防波堤は、津波来襲前の地震に対しても適切な安定性を保持するものとする。

(2) 防波堤（偶発対応施設①）

下記以外は、「津波防波堤」に準ずる。

「防波堤（偶発対応施設①）」の天端高は、波浪（変動作用）による越波の低減効果が得られる高さとして設定することとし、 $H.W.L.+0.6H_{1/3}$ を標準とする。

4-3. 要求性能

①防波堤の要求性能は表-3 のように整理できる。津波軽減機能と要求性能の関係を図-1に示す。

表-3 防波堤の要求性能

作用		現基準 津波 偶発作用	津波防護レベル (レベル1津波) 変動作用	津波防護レベル (レベル2津波) 偶発作用
防波堤	津波防波堤 (偶発対応施設②)	修復性	使用性を考慮	修復性以上 を考慮
	防波堤 (偶発対応施設①)	安全性	使用性を考慮	安全性を考慮
	防波堤 (津波対応)	—	使用性を考慮	
	通常防波堤	—		

『施設分類』

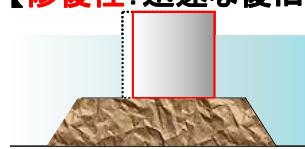
- 津波防波堤 : 津波から当該防波堤の背後地を防護する必要がある防波堤
- 偶発対応施設① : 人命、財産又は社会経済活動に重大な影響を及ぼすおそれのある施設
(背後地に重要な港湾施設や住宅地等が存在し人命等に重大な影響を及ぼす恐れのある施設)
- 偶発対応施設② : 偶発対応施設①に対して、更に性能を向上させる必要がある施設
(海拔0m地帯のように浸水から背後地を防護する必要性が更に高い施設及び背後域に危険物等を取り扱う施設を有する施設)

【使用性:損傷はほとんど発生せず、継続して使用可能】



想定される外力に対して、損傷が生じないか、又は僅かな修復により速やかに所用の機能が発揮できる損傷程度に留まる。
⇒防波堤はほとんど動かない。
⇒津波減災機能は維持される。

【修復性:迅速な復旧が可能な程度の損傷にとどまる】



想定される外力に対して、軽微な修復により短期間にうちに所用の機能が発揮できる損傷程度に留まり、継続的に使用できる。
⇒防波堤は若干動く。
⇒津波減災機能は維持される。

【安全性:減災効果が大きく低下しない程度の損傷にとどまる】



想定される作用に対して、損傷が発生するものの、損傷の程度が施設として致命的とならず、人命の安全確保等に重大な影響が生じない範囲に留まる。
⇒防波堤は大きく動くが、崩壊はしない。
⇒一定の津波減災機能は維持される。

粘り強い構造

図-1 津波軽減機能と要求性能

- ②津波防波堤（偶発対応施設②）の津波作用に対する要求性能の限界値について、堤体の滑動に対する使用性及び修復性の限界値は、耐力作用比でそれぞれ 1.2 及び 1.1 としてよい。
- ③防波堤（偶発対応施設①）の津波作用に対する要求性能の限界値について、堤体の滑動に対する使用性及び安全性の限界値は、耐力作用比でそれぞれ 1.2 及び 1.0 としてよい。
- ④堤体及び基礎捨石等の構造、形状及び材質等については、模型実験により要求性能を確認する。

4－4. 「粘り強い構造」への対応

- ①レベル 2 津波に対する要求性能の「修復性」は、何らかの損傷を許容しているが、その損傷の程度の予測には不確実性がともなうと考えられる。特に、基礎捨石、被覆石、潜堤及び海底地盤については、それらの津波の流れに対する抵抗性が未解明な部分もある。このため、津波防波堤の重要性に配慮し、可能な限り、「粘り強い構造」となるよう設計・施工上の工夫を行う。
- ②「粘り強い構造」は、津波防波堤の被災原因の詳細な検討結果を踏まえて検討する。

5. 岸壁・桟橋・護岸の復旧方針

(1) 復旧設計の方針

- ① 施設の被災状況、復旧の優先順位、各種制約条件を考慮して復旧を進める。特に、当該港湾周辺における経済的活動の復興支援効果を効果的に発現可能な箇所から優先的に着手する。
- ② 復旧設計にあたっては、被災メカニズムを施設ごとに検証し、再度の災害を極力防止するような構造とする。
- ③ レベル 1 地震動としては、基本的には既存のレベル 1 地震動を用いる。ただし、液状化被害の特に大きな岸壁については、再度災害防止の観点から、今回の地震で観測された地震動も考慮して見直したレベル 1 地震動を用い、必要に応じて対象施設毎にサイト增幅特性も評価することが望ましい。
- ④ 耐震強化施設の復旧にあたっては、レベル 2 地震動として東北地方太平洋沖地震についても性能照査の対象とする。また、津波による海底地盤や岸壁基礎マウンドの洗掘や堆積による影響についても考慮し、洗掘部分に対する埋め戻し材等について工夫する。隅角部については、地震動の作用方向を考慮するとともに、取付構造を

工夫する。

- ⑤ 岸壁等の天端嵩上げについては、港湾基準に基づき必要な天端高を確保することを原則とする。この場合、地盤沈下の程度、高潮潮位等の自然条件を考慮の上、一定の区域ごとに土地利用、背後施設、道路、排水施設等の復旧と整合を図る。詳細については、(2) 参照のこと。
- ⑥ 被災後の施設の安定性を保つ上で必要な場合には、液状化対策や土圧軽減対策工等を施工する。この場合、液状化対策範囲と背後ヤードとの段差が発生することについて配慮する。
- ⑦ 被災程度に応じて、撤去・新設、施設の変形を考慮した利用、軽微な補強・補修等、適切な復旧工法、復旧設計法を採用する。
- ⑧ 軸力が卓越する組杭等では、小さい変位でも杭に損傷が発生している可能性が高いので、掘削等により損傷の有無を確認する必要がある。
- ⑨ エプロン・ヤードの液状化により大きく被災を受ける事例が多く見られるため、特に耐震強化岸壁の復旧にあたっては、エプロン・ヤードの液状化対策を実施することが望ましい。
- ⑩ 構造形式別の被災程度と復旧対策方法の例を表-4 に示す。

表-4 構造形式別の被災程度と復旧対策方法（例）

	被災程度 I	被災程度 II	被災程度 III	被災程度 IV
重力式岸壁	上部工調整、エプロン打ち替え、段差補修、防舷材の台座調整	控え杭やアンカーによる補強 土圧低減、堤体補強、一体化コンクリート	ケーソン補修・据え直し デタッチドケーソン	新設前置き ケーソン据え直し
矢板式岸壁		タイ材の撤去・新設や増設	前面に矢板増設や撤去新設	撤去・新設
桟橋	渡版部の補修や段差調整	上部工撤去＋新設 鋼管杭の補強	同左 新設	撤去・新設

(被災程度)

I : 本体に異常はないが、付属構造物に破壊や変状が認められるもの。

II : 本体にかなりの変状が起こったもの。

III : 形はとどめているが、構造体に破壊が起こったものと認められるもの。

IV : 全壊して形をとどめていないもの。

(2) 岸壁天端高についての考え方

岸壁天端高を原形復旧する場合においては、岸壁復旧天端高と背後地盤高の調整を図ることが必要であり、各港において開催される復興会議での議論を踏まえ、検討を進める。

現時点では、今回の地震によって地盤全体が概ね 20cm 程度～75cm 程度（国土地理院発表の電子基準点 8 箇所のデータ、4/14 公表資料）沈下している。地震に伴うこの地盤沈下については数ヶ月～数年間である程度回復する例も報告されているが、早急な対応が必要な施設については、荷役機械等の作業や岸壁背後の港湾施設用地の排水を考慮し、関連する施設等の復旧設計と整合を図り、岸壁天端高さを設定する。なお、岸壁の標準的な高さは、H.W.L. を基準にして表-4.2 の値が用いられている（港湾基準）。

天端高を原形に戻す必要のある施設としては、船舶接岸時に防舷材の高さが特に影響を及ぼす岸壁や荒天時の港内波高が高い岸壁等が挙げられる。このため、異常潮位、港内波浪、地盤沈下を考慮し、港湾施設の利用、道路との関連、上屋、倉庫との関係等について港湾管理者及び港湾利用者と調整の上、岸壁の適切な復旧天端高、勾配を地区ごとに定めていくことが必要になる。

表-5 岸壁の標準的な天端高（対象船舶が特定出来ない場合）

	潮位差 3.0m以上	潮位差 3.0m以下
大型岸壁（水深 4.5m以上）	+0.5～1.5m	+1.0～2.0m
小型岸壁（水深 4.5m未満）	+0.3～1.0m	+0.5～1.5m

(3) 設計法及び設計条件

被災程度と技術基準、設計法の対応案を表-6 に示す。なお、技術基準の適用については、表-2 に順ずるものとする。

表-6 岸壁等の設計法と技術基準

被害程度	被災程度 I	被災程度 II、III	被災程度IV
復旧工法 技術基準 及び設計法	エプロンの打替や 不陸修正、防舷材 の位置、高さの修 正	残留変形、残留応 力を許容して復旧	新設 ケーソン据直し
現行基準 (部分係数法（信頼性 設計）照査用震度)	○	○	○
旧基準 (安全率法、 許容応力度法等)	○	○	—

(4) 残存耐力の評価方法について

残存耐力の評価方法²⁾については、以下の点に留意し、検討を行う。

- ・重力式構造物の場合は地盤沈下によって構造物に作用する浮力及び動水圧が増大する。既設の重力式構造物は、滑動に対する地震時の許容安全率が 1.0 で設計されているので地盤沈下により安定性が低下している可能性がある。また、重力式構造物の傾斜を許容した状態で復旧する場合には、当然ながら、滑動・転倒・支持力に対する安定性が低下している可能性がある。
- ・桟橋については、残留変形が軽微であっても杭頭部や地中部において、杭の塑性化が発生している場合がある。
- ・従って、外見上、被災程度が軽微な岸壁や桟橋についても残存耐力を評価し、必要に応じて積載荷重や船舶牽引力の制限、土圧軽減、杭の補強等を図る。