

【参考資料】

港湾護岸等の地震・津波災害検討に係る情報集

平成 26 年 3 月

国土交通省 中国地方整備局

目 次

参考資料－１ 施設背後の津波による浸水に関する検討	1
参考資料－２ 東日本大震災の被災状況整理	7
参考資料－３ 老朽化の点検・調査	9
参考資料－４ 想定される地震・津波被害に応じた緊急対応対策に関する事項	13
コラム 津波の高さについて	22
コラム 施設背後の津波による浸水に関する用語解説	23

参考資料－ 1 施設背後の津波による浸水に関する検討

地震発生時の港湾護岸等の変状や地盤沈下の影響を考慮した想定浸水域において、浸水域内に立地する施設等の資産価値や、浸水深に応じた施設等の被災内容を踏まえ、想定浸水域内で被害が発生する場所・内容・被災度合い等について、施設の浸水及び漂流物による被害を対象に、想定される被害項目や被害想定 の判定基準の目安を文献により紹介する。

①想定される被害項目

浸水及び漂流物被害の検討手順、想定される被害項目を整理する。

a) 浸水被害

表-1-1 想定される浸水被害項目例

施設		浸水による直接被害	間接被害
	車両		
港湾管理施設 港湾関連企業 産業施設	事業所 非常用電源施設	事業所の浸水／トラック等輸送車両・従業員用車両の浸水／発電施設の浸水	荷役・集荷・運送等の業務の停止／港湾の生産活動の停止
在来ふ頭 コンテナターミナル	クレーン・フォークリフト ヤードの蔵置コンテナ 荷役施設	クレーン・フォークリフトの浸水・稼働停止／ヤードの蔵置コンテナの浸水・濡損／荷役施設の配電盤等の電気系統の損傷	荷役活動の停止／水濡れした港湾貨物の移動・処理
水産ふ頭	漁業事務所 漁業市場 水産加工工場	漁協事務所・市場の浸水／水産加工工場の浸水	水産物取引機能の停止／水産加工業務の停止
マリーナ	クラブハウス	クラブハウスの浸水	マリーナ管理業務の停止
	修理工場	修理工場の浸水	
フェリー・RORO・ 旅客船ふ頭	ターミナルビル	ターミナルビル（発券所、待合室）の浸水／航送車両の浸水	車両・旅客の輸送停止
	航送車両		
平面の臨港道路		臨港道路の浸水	港内での移動の困難
各種処理施設	下水処理施設	下水処理・排水ポンプ・ゴミ焼却施設等の管理室（コントロールルーム）の浸水	処理系施設の管理業務の停止
	排水処理施設		
	ゴミ焼却施設		
緑地施設、緑地等 防風林・防潮林		緑地・賑わい・交流施設等の浸水	緑地等の利用停止
ライフライン施設	電力施設	各施設の管理室（コントロールルーム）の浸水	港湾の生産活動の停止
	ガス施設		
水域施設	航路・泊地・ 船溜まり	流出した船舶・コンテナ・自動車・瓦礫等の沈没や土砂流入による埋没 大規模な洗掘	荷役・集荷・運送等の業務の停止／港湾の生産活動の停止 静穏度の悪化による物流効率化の悪化
岸壁		船舶や消波ブロックの打上げ／コンテナ・瓦礫等の漂流物の散乱／岸壁の倒壊・法線の出入り（主原因は地震動である可能性が高いが、引き波時の土砂の吸出しやマウンドの洗掘も影響）	荷役・集荷・運送等の業務の停止／港湾の生産活動の停止

【出典】国土交通省 港湾局「（参考資料 I）津波による被害評価に関する情報」

b) 漂流物被害

表-1-2 想定される漂流物被害項目例

漂流物	漂流による直接被害	漂流物による間接被害	
原木・チップ	荷捌地・野積上からの原木・チップ・砂・鉱物等の流出／車両・船舶の流出	海側への流出 泊地等での流出物の漂流・水没 危険物の港湾周辺海域への漂着→船舶との衝突事故／海域汚染	船舶の入出港規制・流出物回収による港湾活動の停止／荷役・保管・荷捌・運送等の港湾活動の停止／火災による荷役・生産の停止
砂・鉱物			
車両			
船舶			
コンテナ	空コンテナの流出 実入りコンテナの流出	陸側への流出 岸壁・エプロン・荷捌地・野積場への打ち上げ・漂着・散乱→荷役・輸送の阻害／火災の発生	
漁具	漁具の漂流・流出・沈没		
栈橋	栈橋の漂流・流出・沈没		
タンク	原油・重油・ナフサ・薬品等の流出		

【出典】国土交通省 港湾局「(参考資料 I) 津波による被害評価に関する情報」

② 被害想定 の 判定基準

被害想定 の 判断基準 (浸水及び漂流被害が発生する浸水深) は、以下の方法により設定する。

a) 現地における施設の確認による設定

想定浸水域に立地する施設について、被災するきっかけとなる高さ (電源施設の位置、コントロールルームの階層、蔵置貨物の保管場所の高さ等) を現地確認して設定する。

b) 既往文献等による設定

既往文献等 に示される浸水及び漂流被害が発生する浸水深により設定する。

港湾護岸等の背後施設や蔵置貨物の浸水及び漂流被害が発生する浸水深の目安として、「防波堤の耐津波設計ガイドライン」(H25 年 9 月 国土交通省港湾局) における「参考資料 I 津波による被害評価に関する情報」を紹介する。

参照 URL : http://www.mlit.go.jp/kowan/kowan_tk5_000018.html

表-1-3(1) 津波による浸水施設被害評価に関する情報

施設		浸水による直接被害	間接被害	被災目安（浸水）
港湾管理施設 港湾関連企業 産業施設	事業所 非常用電源施設	事業所の浸水／トラック等輸送車両・従業員用車両の浸水／発電施設の浸水	荷役・集荷・運送等の業務の停止／港湾の生産活動の停止	○鉄筋コンクリートビルは浸水深 5m まで持ちこたえ、17m で全面破壊 ○鉄筋コンクリートビルは浸水深 5m までは持ちこたえる ○鉄筋コンクリート造の大破：浸水深（m）7.0 以上、流速（m/s）9.1 以上、抗力（Kn/m）332-603 以上 ○コンクリート・ブロック造の大破：浸水深（m）7.0、流速（m/s）9.1、抗力（Kn/m）332-603 ○木造の大破：浸水深（m）2.0、流速（m/s）4.9、抗力（Kn/m）27.4-49.0 ○鉄筋コンクリート造建物は浸水深 4.24m で損傷限界、1 階外壁は 1.07m で安全を失う。 ○鉄骨造建物は浸水深 1.11m で損傷限界 ○浸水深 2m 前後で建物被災状況に大きな差があり、浸水深 2m 以下の場合には建物が全壊となる場合には大幅に低下する。 ○鉄筋コンクリート造及び鉄骨造の建物は、その建物が再使用困難な破損が生じる割合が低い。
	車両			○普通車・トラック：過去の被災例や実験等では、水没初期に自動車が浮く状況や水没の進行に伴い車内への浸水が生じることが報告されている。
在来ふ頭 コンテナターミナル	クレーン・フォークリフト ヤードの蔵置コンテナ 荷役施設	クレーン・フォークリフトの浸水・稼働停止／ヤードの蔵置コンテナの浸水・濡損／荷役施設の配電盤等の電気系統の損傷	荷役活動の停止／水濡れした港湾貨物の移動・処理	○浸水深 2m 未満で浸水被害率 0.5（半壊）、浸水深 2m 以上で浸水被害率 1.0（全壊） コンテナクレーン ○[走行部]：走行モーター、減速機、レールクランプへの浸水により、洗浄、分解点検、破損部品の交換等が必要となる。 ○[構造体]：コンテナの漂流により、脚・シルベーム・給電ケーブル等が破損 ○[電気設備]：エンジン部への海水の侵入により、オーバーホールが必要となる。 アンローダー ○[走行部]：走行モーター、減速機、レールクランプへの浸水により、洗浄、分解点検、破損部品の交換等が必要となる。 ○[構造体]：船舶の衝突により海中へ落下または破損（水位上昇 3m 以上で 500～1 万 t、水位上昇 4m で 1 万 t 以上の船舶が流出）する。 ○[電気設備]：エンジン部への海水の侵入により、オーバーホールが必要となる。 ○例：相馬港のアンローダーは、稼働中に地震発生し、それに続く津波警報によって稼働状態のまま、アンローダーのオペレータが避難。続いて、同じく津波から退避するために船が離岸、移動開始。アンローダーの先端部分が船倉に入られた状態で、船に引かれることになったため、アーム先端に曲げ力（モーメント）が発生。この力でアームが折れる（座屈）。さらに船が移動し、アンローダー先端（大部分）が切断する（引きちぎられる）。アンローダー先端部を喪失したことによって、カウンタウェイトとの平衡が崩れる。アンローダーの揺脚が折れ曲がり後方（カウンタウェイト側）へ転倒。その際にコンベヤも巻き込み損傷。 ○仙台塩釜港の例、浸水は 3m 弱。ただし、走行部が 0.6m 程度の浸水でオーバーホール等が必要

【出典】国土交通省 港湾局「（参考資料 I）津波による被害評価に関する情報」

表-1-3(2) 津波による浸水施設被害評価に関する情報

施設		浸水による直接被害	間接被害	被災目安（浸水）
水産ふ頭	漁業事務所 漁業市場 水産加工場	漁協事務所・市場の浸水／水産加工場の浸水	水産物取引機能の停止／水産加工業務の停止	○鉄筋コンクリートビルは浸水深 5m までは持ちこたえる ○鉄筋コンクリート造の大破：浸水深（m）7.0 以上、流速（m/s）9.1 以上、抗力（Kn/m）332-603 以上 ○コンクリート・ブロック造の大破：浸水深（m）7.0、流速（m/s）9.1、抗力（Kn/m）332-603 ○木造の大破：浸水深（m）2.0、流速（m/s）4.9、抗力（Kn/m）27.4-49.0 ○鉄筋コンクリート造建物は浸水深 4.24m で損傷限界、1 階外壁は 1.07m で安全を失う ○鉄骨造建物は浸水深 1.11m で損傷限界 ○浸水深 2m 前後で建物被災状況に大きな差があり、津波高 2m 以下の場合には建物が全壊となる場合には大幅に低下する。 ○鉄筋コンクリート造及び鉄骨造の建物は、その建物が再使用困難な破損が生じる割合が低い
マリーナ	クラブハウス	クラブハウスの浸水	マリーナ管理業務の停止	○鉄筋コンクリートビルは浸水深 5m までは持ちこたえる ○鉄筋コンクリート造の大破：浸水深（m）7.0 以上、流速（m/s）9.1 以上、抗力（Kn/m）332-603 以上 ○コンクリート・ブロック造の大破：浸水深（m）7.0、流速（m/s）9.1、抗力（Kn/m）332-603 ○木造の大破：浸水深（m）2.0、流速（m/s）4.9、抗力（Kn/m）27.4-49.0 ○鉄筋コンクリート造建物は浸水深 4.24m で損傷限界、1 階外壁は 1.07m で安全を失う ○鉄骨造建物は浸水深 1.11m で損傷限界 ○浸水深 2m 前後で建物被災状況に大きな差があり、浸水深 2m 以下の場合には建物が全壊となる場合には大幅に低下する。 ○鉄筋コンクリート造及び鉄骨造の建物は、その建物が再使用困難な破損が生じる割合が低い
	修理工場	修理工場の浸水		○鉄筋コンクリートビルは浸水深 5m までは持ちこたえる ○鉄筋コンクリート造の大破：浸水深（m）7.0 以上、流速（m/s）9.1 以上、抗力（Kn/m）332-603 以上 ○コンクリート・ブロック造の大破：浸水深（m）7.0、流速（m/s）9.1、抗力（Kn/m）332-603 ○木造の大破：浸水深（m）2.0、流速（m/s）4.9、抗力（Kn/m）27.4-49.0 ○鉄筋コンクリート造建物は浸水深 4.24m で損傷限界、1 階外壁は 1.07m で安全を失う ○鉄骨造建物は浸水深 1.11m で損傷限界 ○浸水深 2m 前後で建物被災状況に大きな差があり、浸水深 2m 以下の場合には建物が全壊となる場合には大幅に低下する。 ○鉄筋コンクリート造及び鉄骨造の建物は、その建物が再使用困難な破損が生じる割合が低い
フェリー・RORO・旅客船ふ頭	ターミナルビル	ターミナルビル（発券所、待合室）の浸水／航送車両の浸水	車両・旅客の輸送停止	○鉄筋コンクリートビルは浸水深 5m までは持ちこたえる ○鉄筋コンクリート造の大破：浸水深（m）7.0 以上、流速（m/s）9.1 以上、抗力（Kn/m）332-603 以上 ○コンクリート・ブロック造の大破：浸水深（m）7.0、流速（m/s）9.1、抗力（Kn/m）332-603 ○木造の大破：浸水深（m）2.0、流速（m/s）4.9、抗力（Kn/m）27.4-49.0 ○鉄筋コンクリート造建物は浸水深 4.24m で損傷限界、1 階外壁は 1.07m で安全を失う ○鉄骨造建物は浸水深 1.11m で損傷限界 ○浸水深 2m 前後で建物被災状況に大きな差があり、浸水深 2m 以下の場合には建物が全壊となる場合には大幅に低下する。 ○鉄筋コンクリート造及び鉄骨造の建物は、その建物が再使用困難な破損が生じる割合が低い
	航送車両			○普通車・トラック：過去の被災例や実験等では、水没初期に自動車が入る状況や水没の進行に伴い車内への浸水が生じることが報告されている。
平面の臨港道路		臨港道路の浸水	港内での移動の困難	○津波漂流物が堆積、照明塔の倒壊 ○例：仙台塩釜港仙台区は災害廃棄物による臨港道路の閉塞

【出典】国土交通省 港湾局「(参考資料 I) 津波による被害評価に関する情報」

表-1-3(3) 津波による浸水施設被害評価に関する情報

施設		浸水による直接被害	間接被害	被災目安（浸水）
各種処理施設	下水処理施設	下水処理・排水ポンプ・ゴミ焼却施設等の管理室（コントロールルーム）の浸水	処理系施設の管理業務の停止	○例：南蒲生浄化センターはGL+4.0mの浸水被害が発生し、コンクリート構造物等の破損・屋外設備等の流出、機械電気設備の浸水被害・処理機能の停止（長期稼働停止）、瓦礫や土砂の堆積・船舶等が流出し構造物を破壊
	排水処理施設			○下水道施設は、建物の破壊や冠水など極めて甚大な被害を受け、場内の地下部分には塩水が滞留し、電気設備などの水没した状態が長期間続いた。
	ゴミ焼却施設			○排水路が瓦礫により閉塞 ○堤防の流出により、河川水や海水が逆流・侵入
				○例：石巻広域クリーンセンターは津波による浸水で、装置、電気設備の損傷。非常用発電機室が防塵室で浸水を免れた
緑地等 防風林・防潮林		緑地・賑わい・交流施設等の浸水	緑地等の利用停止	○樹木の直径が10cm以下では津波浸水深4.65m以上で折損 ○直径10cm以下では浸水深4m以上では倒伏。折損 ○直径30～40cmあっても浸水深が8m以上になると折損 ○浸水深4mでは部分的被害が発生するものの漂流被害を阻止するが、浸水深8mでは全面的被害が発生する上に漂流物として被害を拡大させる。
ライフライン施設	電力施設		港湾の生産活動の停止	
	ガス施設			○浸水深3m以上でタンクの倒壊・転倒が発生 ○浸水深1m未満でもリスクが大きい事象の発生 ○浸水深3m以上の事業所は高圧ガス設備（定置式）の流出が発生 ○浸水深1m以上の事業所で高圧ガス容器の流出が発生
水域施設	航路・泊地・船溜まり		荷役・集荷・運送等の業務の停止／港湾の生産活動の停止	
		大規模な洗掘	静穏度の悪化による物流効率化の悪化	
岸壁		船舶や消波ブロックの打上げ／コンテナ・瓦礫等の漂流物の散乱／岸壁の倒壊・法線の出入り（主原因は地震動である可能性が高いが、引き波時の土砂の吸出しやマウンドの洗掘も影響）	荷役・集荷・運送等の業務の停止／港湾の生産活動の停止	

【出典】国土交通省 港湾局「（参考資料Ⅰ）津波による被害評価に関する情報」

表-1-4 津波による漂流物被害評価に関する情報

漂流物	漂流による直接被害	漂流物による間接被害		被災目安（流出）
原木・チップ	荷捌地・野積上からの原木・チップ・砂・鉱物等の流出／車両・船舶の流出	海側への流出 泊地等での流出物の漂流・水没危険物の港湾周辺海域への漂着→船舶との衝突事故／海域汚染	船舶の入出港規制・流出物回収による港湾活動の停止／荷役・保管・荷捌・運送等の港湾活動の停止／火災による荷役・生産の停止	○流出開始：h≧木材の高さ
砂・鉱物				○浸水深 0m 超で流出被害率 1.0
車両				○浸水深 0m 超で流出被害率 1.0
				○普通車・トラック：流出開始 h≧浸水深 0.5m 以上
船舶	空コンテナの流出 実入りコンテナの流出	陸側への流出 岸壁・エプロン・荷捌地・野積場への打ち上げ・漂着・散乱→荷役・輸送の阻害／火災の発生		○トレーラー・シャーシ：流出開始≧浸水深 1.43m 以上 ^{補1)}
				○タンクローリー：浸水深 2m 以上で流出
				○漁船は津波高 2m で被害発生，津波高 4m で被害率 50%，津波高 8m で被害率 100%
				○500GT 未満：水位上昇 2m 以上あるいは流速 4.0m/s 以上
コンテナ	漁具の漂流・流出・沈没			○500～1 万 GT 未満：水位上昇 3m 以上あるいは流速 3.5m/s 以上
				○1 万 GT 以上：水位上昇 4m 以上あるいは流速 3.0m/s 以上
				○4m/s を超える場合に船舶の係留索破断が始まるものとして、総トン数に応じて流速が 4～8m/s で船舶が流出するものとする
				○空コンテナ：流出開始 h≧0.20m
栈橋	原油・重油・ナフサ・薬品等の流出			○実入りコンテナ（国内）：流出開始≧0.50m
				○実入りコンテナ（国際）：流出開始≧1.50m
				○空コンテナ：流出開始 h≧0.43m
				○実入りコンテナ（国内）：流出開始≧0.62m
タンク	栈橋の漂流・流出・沈没			○実入りコンテナ（国際）：流出開始≧1.20m
				○空コンテナ：浸水深 0.8m 超で流出被害率 1.0（全損）
				○養殖棚：流速が 1.0m/s 以上で被害が発生
				○養殖筏：津波高 1.0m/s 以上で被害発生
タンク	栈橋の漂流・流出・沈没			○浮栈橋は水位と同調するため、杭から抜けなければ、溪流艇・栈橋ともに損傷は小さい。
				○水位と同調しない係留方式（係留環・アンカー等）は、津波の高さ・流れに負ける可能性がある。
タンク	原油・重油・ナフサ・薬品等の流出			○浸水深 3m 未満の津波の場合、タンク本体及び付属配管への被害は発生していない

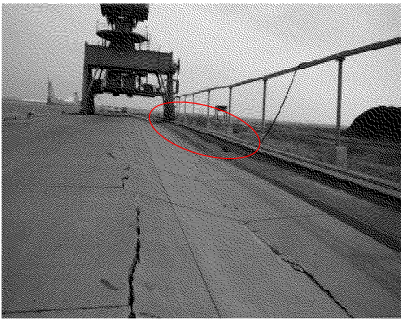
【出典】国土交通省 港湾局「(参考資料 I) 津波による被害評価に関する情報」

参考資料－ 2 東日本大震災の被災状況整理

東日本大震災で確認された被災状況を整理した。対象とした港湾は被災が大きく生じている相馬港、小名浜港、茨城港の3港（地震と津波による被害）とした。被災状況は港湾空港技術研究所資料 No.1231 により確認された状況を整理したものである。

被災報告を確認すると次頁以降に示す通りとなる。この結果、施設の水平変形量、背後地の沈下量は施設ごとに異なるが、構造形式の如何に問わず、過去の地震のみによる被災事例と比較して、被災を受けている箇所は施設の隅角部が顕著であることが確認された。

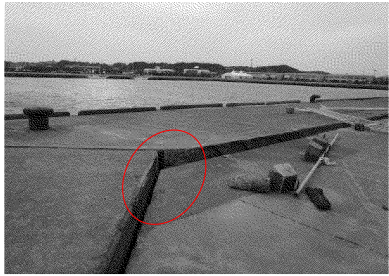
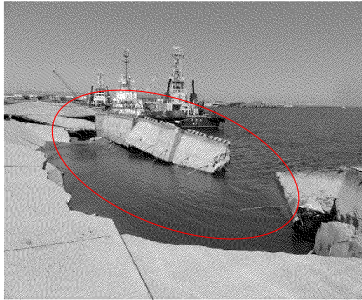
表-2-1(1) 東日本大震災の被災状況

構造形式	県名	港湾名	施設	施設名	被災状況	被災写真
重力式	福島県	小名浜港	5号ふ頭	ケーソン式岸壁 (-12m)	- 岸壁法線のはらみだし量は最大で 50cm 程度 - ケーソン目地でアンローダーレールが変形	アンローダーレールの変状 
	茨城県	茨城港 日立港区	第1埠頭	岸壁 (-7.5m): 重力式 (ケーソン式)	- 法線は概ね直線性を保っているが、概ね 100cm 程度はらみだし - 先端護岸との隅角部の異形ケーソンが流失し、背後の裏埋土が大規模に流失	隅角部ケーソンの流失状況 
	福島県	小名浜港	6号ふ頭	ケーソン式岸壁 (-14m)	- 岸壁法線のはらみだし量は最大で 60cm 程度 - アンローダー陸側レール背後で 50cm 程度の段差 - 先端護岸 (直立消波ブロック) との隅角部で護岸が 2m 程度海側へ移動 - 護岸ブロック目地に 30cm 程度の開き	先端護岸の変状 

【出典】 港湾空港技術研究所資料 No.1231

2011 年東日本大震災による港湾・海岸・空港の地震・津波被害に関する調査速報

表-2-1(2) 東日本大震災の被災状況

構造形式	県名	港湾名	施設	施設名	被災状況	被災写真
重力式	茨城県	茨城港 大洗港区	第3埠頭	岸壁(-8m) 西：重力式 (直立消波式)	・法線は若干のはらみだし ・背後に10cm ～20cm 程度の段差が発生 ・先端護岸との隅角部に 30cm 程度の 陥没が生じている	隅角部の陥没状況 
矢板式	福島県	相馬港	1号ふ頭	鋼矢板式岸壁 (-5.5m)1-1,1-2	・1-1,1-2の隅角部で矢板継手が破損し 開口 ・裏込砂が隅角部の亀裂から流失 ・エプロン舗装版に亀裂、沈下	1-1,1-2の境界隅角部 
	福島県	相馬港	1号ふ頭	鋼矢板式岸壁 (-7.5m)1-3 ～ 1-6	・矢板継手部が破損し開口 ・タイ材の破断 ・1-5,1-6 の隅角部において矢板継手の 破損、裏埋土の流出	タイ材の破断 
	福島県	相馬港	2号ふ頭	鋼矢板式岸壁 (-7.5m)2-2 ～ 2-3	・矢板継手部に開口部が認められ、裏 埋土が流出 ・タイロッドが破断	矢板継手部で開口・裏埋土が流出 

【出典】港湾空港技術研究所資料 No.1231

2011 年東日本大震災による港湾・海岸・空港の地震・津波被害に関する調査速報

参考資料— 3 老朽化の点検・調査

1 構造物の点検

(1) 目視調査

- ①目視調査は、客観性を確保し、かつ重要な変状を見落とすことのないよう適切に実施する。
- ②目視調査は、陸上および海面上の調査と海水面下の調査に分けられる。
- ③目視調査の結果は、対象とする構造物の今後の点検診断計画を念頭におきながら、適切に記録し保存する。

(2) 変位測定

- ①構造物の変位測定にあたっては、対象とする構造物の変状や求められる測定精度などに応じ、適切な手法を選定する。
- ②変位測定の結果は、対象とする構造物の今後の点検診断計画を念頭におきながら、適切に記録し保存する。

(3) 測深

- ①水深の測定にあたっては、対象とする施設および求められる測定精度などに応じ、適切な方法を選定する。
- ②水深の測定結果は、対象とする施設の今後の点検診断計画を念頭におきながら、適切に記録し保存する。

(4) 空洞調査

- ①空洞の発生が確認される、あるいは空洞の発生が予測される部位に対しては、適切な手法を選定して、空洞調査を実施する。
- ②空洞調査の結果は、対象とする構造物の今後の点検診断計画を念頭におきながら、適切に記録し保存する。

2 鋼材および防食工の点検（杭式等）

(1) 電気防食工の点検・調査

- ①電気防食工の点検・調査は、防食効果を確認するために、適切に実施しなければならない。
- ②流電陽極方式の点検・調査は、一般に次の項目について行う。
 - ・電位
 - ・陽極の取付状況および陽極の消耗量など
- ③②に加えて、防食効果の経年変化の傾向を把握することを目的とした点検・調査を必要に応じて実施する。

(2) 被覆防食工の点検・調査

- ①被覆防食工の点検・調査は、防食効果を確認するために、適切に実施しなければならない。
- ②被覆防食工の点検・調査は、目視調査を主体とし、有害な変状が発見された場合には、その詳細を把握するための調査を実施しなければならない。
- ③被覆防食工の点検・調査は、被覆材の種類に応じて適切に実施されなければならない。

(3) 肉厚測定

- ①肉厚測定は、防食工が施されていない場合、あるいは防食工が十分な機能を有していない場合に、鋼材自体が健全であるかどうかを確認するために実施する。
- ②肉厚測定には、超音波厚み計を用いることを標準とする。
- ③調査地点は、防食工の点検・調査の結果および鋼材に対する目視調査の結果に基づいて、肉厚の減少が著しいと推定される箇所を重点的に選定する。
- ④測定箇所は、防食工が保有している機能や鋼材の腐食状態とともに、部材の発生応力の分布状況などを考慮して選定する。
- ⑤肉厚測定点は、防食工の劣化状況および鋼材の形状を考慮して選定する。
- ⑥局部腐食が発見された場合、局部腐食測定を実施する。

3 コンクリート構造物の点検（重力式等）

(1) コンクリートの強度

- ①コンクリートの強度に対する点検・調査は、適切な方法により行わなければならない。

(2) ひび割れ・剥離・内部空隙

- ①コンクリートのひび割れ・剥離・内部空隙に対する点検・調査は、対象とする変状および必要とする情報とその精度に応じて適切な方法により行わなければならない。
- ②コンクリートのひび割れ・剥離・内部空隙に対する点検・調査の基本は、目視によるコンクリート表面の目視観察である。
- ③目視調査などの結果必要と判断された場合、把握すべき変状および必要とされる点検・調査精度に応じて、機器などを用いた点検・調査を行う。

(3) コンクリート中の塩化物イオン濃度および塩化物イオンの見かけの拡散係数

- ①コンクリート中の塩化物イオン濃度の点検・調査は、適切な方法により行わなければならない。
- ②コンクリート中の塩化物イオン濃度の点検・調査結果から、コンクリート中の塩化物イオン濃度の見かけの拡散係数を求める場合には、適切な方法によるものとする。

(4)鉄筋腐食

- ①コンクリート中の鉄筋の腐食に対する点検・調査は、必要とする情報とその精度に応じて適切な方法により行わなければならない。

(5)中性化

- ①コンクリートの中性化深さに対する点検・調査は、対象とする変状および必要とする情報とその精度に応じて適切な方法により行わなければならない。

(6)凍害

- ①コンクリートの凍害に対する点検・調査は、対象とする変状および必要とされる情報とその精度に応じて適切な方法により行わなければならない。

(7) A S R（アルカリシリカ反応）

- ①A S Rに対する点検・調査は、対象とする変状および必要とされる情報とその精度に応じて適切な方法により行わなければならない。

4 検討対象施設の老朽化の想定

係留施設に発生した変状（点検診断結果）が施設の性能に及ぼす影響の評価の分類を **表-3-1** に示す。なお、本表で示す項目の類別は次の通りである。

I 類：部材の性能が著しく低下している状態が 1 カ所から数カ所（数個）でもあると、施設の安全性に影響を及ぼす部位および変状。

II 類：部材の性能が著しく低下している状態が数多くあると、施設の安全性に影響を及ぼす部位および変状。

III 類：施設の安全性に直接的には影響を及ぼさない部位および変状。

表-3-1 係留施設に対する点検項目の分類の目安

項目の種別 対象施設	I 類	II 類	III 類
係留施設 (重力式)	○【岸壁法線】凹凸, 出入り ◎【エプロン】吸出し, 空洞化, 沈下, 陥没 ◎【本体工】コンクリートの劣化, 損傷, ケーソンの空洞化 ●【海底地盤】洗堀, 土砂の堆積	○【エプロン】コンクリート・アスファルト舗装などの劣化, 損傷 ○【上部工】コンクリートの劣化	左記以外
係留施設 (矢板式)	○【岸壁法線】凹凸, 出入り ◎【エプロン】吸出し, 空洞化, 沈下, 陥没 ◎【鋼矢板等】鋼材の腐食, 亀裂, 損傷 ●【海底地盤】洗堀, 土砂の堆積	○【エプロン】コンクリート・アスファルト舗装などの劣化, 損傷 ○【上部工】コンクリートの劣化, 損傷 ◎【鋼矢板等】被覆防食工 ◎【鋼矢板等】電気防食工	左記以外
係留施設 (栈橋)	○【岸壁法線】凹凸, 出入り ◎【エプロン】吸出し, 空洞化, 沈下, 陥没 ○【上部工(下面)】コンクリートの劣化, 損傷(PC) ◎【鋼管杭等】鋼材の腐食, 亀裂, 損傷 ◎【土留部】	○【エプロン】コンクリート・アスファルト舗装などの劣化, 損傷 ○【上部工(上・側面)】コンクリートの劣化, 損傷 ○【上部工(下面)】コンクリートの劣化, 損傷(RC) ◎【鋼管杭等】被覆防食工 ◎【鋼管杭等】電気防食工 ○【渡版】移動, 損傷	左記以外
係留施設 (浮栈橋)	○【ポンツーン(内部)】本体の亀裂, 損傷 ◎【ポンツーン(外部)】鋼材の腐食, 亀裂, 損傷, コンクリートの劣化, 損傷 ◎【係留杭等】磨耗, 塗装, 腐食 ○【連絡橋・渡版】安定性, 損傷, 腐食	○【エプロン】コンクリート及びアスファルトの劣化, 損傷 ◎【ポンツーン(外部)】被覆防食工 ◎【ポンツーン(外部)】電気防食工	左記以外

凡例: ○一般定期点検診断における点検項目のうち, 詳細定期点検診断において, 目視検査による一般定期点検診断結果の定量性向上のために詳細調査を行い, その結果を踏まえて, 必要に応じて一般定期点検診断結果を見直す点検項目。

●詳細定期点検診断における点検項目で, 潜水調査または詳細調査の結果より判定を行う点検項目。

◎一般定期点検診断および詳細定期点検診断の双方で点検を行う項目であり, 評価の際には, 厳しい判定となった方の結果を採用し, 1 個の点検診断結果として取り扱う。

【出典】港湾の施設の維持管理技術マニュアル, 平成 19 年 10 月

5 施設補修等の検討

老朽化により施設の機能が低下している場合には, 施設補修等を検討する。

参考資料－ 4 想定される地震・津波被害に応じた緊急対応策に関する事項

港湾護岸等の地震による沈下や、津波による浸水・漂流被害が発生した際には、まず施設点検や応急復旧、緊急物資受け入れ等の緊急対応を行う必要がある。発災後に速やかな緊急対応を実施可能とするためには、事前に、想定される地震・津波被害に応じた緊急対応策について検討し、発災時のオペレーションを周知・訓練しておくことが重要である。

(緊急対応策に関する事項の整理)

発災時の限られた人的・物的資源のなかで効率的かつ迅速な緊急対応を行うために、想定される被害やシナリオを考慮した緊急対応策を整理しておく必要がある。

想定浸水域内の被害を事前に防止するもしくは軽減するハード・ソフト対策や事後の対策としての応急復旧を検討するための被災状況別対策例を整理した。

表-4-1 管理者属性に応じた対策例一覧表

	事前対策		事後対策	
	ハード対策	ソフト対策	ハード対策	ソフト対策
公共	● 公共護岸・岸壁の耐震化（鋼材補強、地盤改良等） ● 液状化対策 ● 防潮堤の設置 ● 老朽化した構造物の補修等 ● 漂流物対策（津波バリアの設置等） ● 避難施設の整備・確保（避難タワー、避難施設指定等）	● 緊急対応に係る行動指針の作成・周知 ● 防災訓練、防災教育等による意識啓発（情報伝達訓練、退避訓練等） ● 船舶や港湾就労者、来訪者等への避難に係る情報提供システムの強化・多重化（GPS 波浪計やJ-ALERT との連動等） ● 避難ルート指定・強化	● 公共荷役機械、護岸・岸壁・エプロン・上屋の応急復旧 ● 水域の応急復旧（航路・泊地啓開） ● 臨港道路の応急復旧 ● 電気設備の応急復旧	● 施設の点検・被災状況把握 ● 情報伝達手段の確保 ● 被災情報の伝達 ● 応急復旧手順・方法の検討 ● 港湾労働者・来訪者の孤立者避難支援
民間	● 民有護岸・岸壁の耐震化（鋼材補強、地盤改良等） ● 液状化対策 ● 老朽化した構造物の補修等 ● 漂流物対策 ● 避難施設の整備・確保（避難タワー、避難施設指定等）	● 緊急対応に係る行動指針の作成・周知 ● 防災訓練、防災教育等による意識啓発（情報伝達訓練、退避訓練等） ● 避難ルート指定・強化	● 民有荷役機械、岸壁・エプロン・上屋の応急復旧 ● 電気設備の応急復旧	● 施設の点検・被災状況把握 ● 情報伝達手段の確保 ● 応急復旧手順・方法の検討 ● 就業者の孤立者避難支援

【中国地方整備局作成】

1 事前対策

地震・津波による直接的な施設被害を防止・軽減するために、事前に実施すべき防護施設整備や既存施設の耐震化等のハード対策に関する事項を整理する。

また地震・津波による被害がハード対策のみでは防護できない場合を想定して、事前に実施すべき避難や情報伝達等の緊急対応に係る防災訓練等のソフト対策に関する事項を整理する。

(1) ハード対策

① 護岸・岸壁の耐震化（鋼材補強、地盤改良等）

護岸・岸壁の耐震化は、改良方法、費用、整備期間、制約条件等を勘案して工法を選定する必要がある。

【護岸・岸壁の耐震化工法（例）】

工法	特徴	断面イメージ
地盤改良による工法	- 裏埋材等の撤去 水砕スラグ等への置換（右図イメージ） - 裏埋材の固化処理による対策 - 基礎地盤の地盤改良	
構造物重量増大工法	中詰材の置換（右図イメージ）	
構造物の新設・補強等による工法	- 構造部材の新設工法 - 既設部材補強、既設部材断面力の低減工法（右図イメージ） - 岸壁前面構造物新設工法	

【出典】（独）港湾空港技術研究所「港湾空港技術研究所資料 NO. 1145 地震による岸壁の被災・復旧工法・耐震補強工法」

②液状化対策

液状化の対策工法には色々な種類があり、各港の制約条件、地盤条件等異なることから、条件に適合して、総合評価（環境面、経済性、施工性等）で優れた対策工法を選定する必要がある。液状化対策工法の代表的な事例を以下に示す。

【液状化対策工法（例）】

原 理	方 法	工 法	特 徴
粒度の改良	置換工法	粗粒砂・礫等への置換 水砕スラグ等への置換 固化処理土への置換	液状化しない材料（碎石等）若しくは 固化造粒材との置換。 液状化層が浅い場合に適用。
密度の増大	締め固め工法	SCP工法 ロッドコンパクション工法 パイプロローテーション工法 など 重錘落下締め固め工法	密度を増大して締め固める工法で、古くから 多くの実績がある。 締め固めにより水平土圧が増加するので、既 設構造物の挙動に注意が必要。 施工時の振動・騒音による周辺への配慮が 必要であるが、近年は静的な工法も開発さ れている。
固結	固結工法	深層混合処理工法 事前混合処理工法 薬液注入工法 など	土にセメントや水ガラスなどの固化材を添加 して地盤を固結させる工法。周辺地盤や水 質等の環境管理が必要。 既設構造物の直下を改良できる工法もある。
飽和度低下	空気注入 工 法	不飽和化工法 など	消泡しにくいマイクロバブルを地盤に注入し て不飽和化させることにより、液状化を防止 する工法。 適用範囲や長期的持続性が課題。
間隙水圧抑制・ 消散	間隙水圧 消散工法	グラベルドレーン工法 など	碎石パイルを造成し、水圧の上昇を抑制する 工法。透水性が低い地盤には適用が困難。
せん断変形抑制・ 過剰間隙水圧遮 断	剪断変形 抑制工法	シートパイル締切工法 など	地盤の流動を抑制して変状を防止する工 法。 既設物周辺の改良に適用できる。

上記については、液状化の発生そのものを防止する対策工であるが、費用等諸条件を勘案して、液状化の発生を前提に構造的に抵抗する対策工も考えられる。

各地方整備局の液状化相談窓口（マニュアル P62 参照）では液状化対策検討の技術的支援（アドバイス）なども行っている。

SCP工法

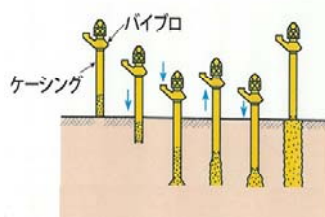


図-参 4-1 SCP工法

【中国地方整備局作成】

薬液注入工法

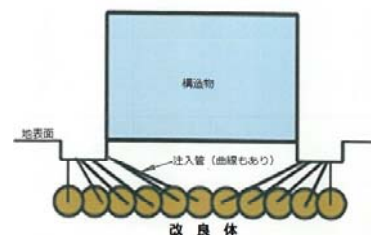


図-参 4-2 薬液注入工法

【中国地方整備局作成】

③防潮堤の設置

防潮堤の設置は、改良方法、費用、整備期間、制約条件等を勘案して、以下の手順で検討する必要がある。

【防潮堤の設置に係わる検討手順】

- ・防護すべき施設を考慮した防護ラインの配置検討
- ・平常時利用を考慮した水門・陸閘設置箇所および遠隔操作化の検討
- ・地震・津波外力を考慮した防潮堤構造の検討
- ・防潮堤の整備

【蔵置貨物等の流出対策（例）】



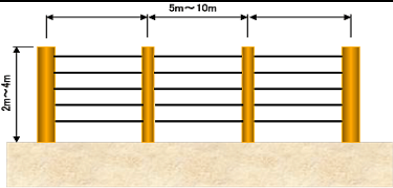
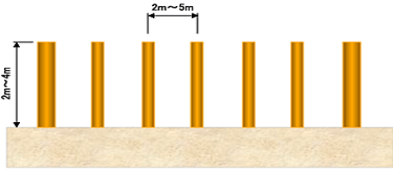
ブーメラン式金具で
上下段を拘束



- コンテナ同士を結束
- 空コンテナの再配置（内陸側への移動、実入りコンテナで囲む、地面への固定等）
- コンテナの多段積みの回避
- 完成自動車の浸水防止（移動、地盤の嵩上げ）
- 木材の結束、漂流対策工の整備 等

【出典】国土交通省

【津波バリアの工法（例）】

タイプ	設置箇所または防護対象施設	標準構造
ガードケールタイプ	捕捉対象：押し波時における漁船、コンテナや木材等。引き波時における車両等。 設置箇所：港内と陸との境となる岸壁。	
単柱タイプ	捕捉対象：漁船、コンテナ、車両等の大きめの漂流物 設置箇所：港内と陸との境となる岸壁。	
ガードレールタイプ	捕捉対象：車両等。 設置箇所：駐車場等の周囲等。	

【出典】高潮・バリアー研究所ホームページ

〈<http://www.coastal-barrier.jp/lineup/lineup-a2.html>〉

【倉庫・上屋等の嵩上げによる対策（例）】



【出典】国土交通省

(2) ソフト対策

事前に実施すべきソフト対策（設備・機器等の整備を含む）の例を以下に示す。

【事前に実施すべきソフト対策（例）】

- 緊急対応に係る行動指針の作成・周知
- 防災訓練、防災教育等による意識啓発
（情報伝達訓練、退避訓練等）
- 船舶や港湾就労者、来訪者等への避難に係る情報提供システムの強化・多重化
（GPS 波浪計や J-ALERT との連動等）
- 避難施設の確保（避難タワー、避難施設指定等）※ハード整備も伴う。
- 避難ルート指定・強化
- 水門・陸閘操作の遠隔化（避難時間の確保）

2 事後対策

地震・津波による被害がハード対策のみでは防護できない場合を想定して、発災直後に実施すべきハードの点検・応急復旧の緊急対応に係るハード対策に関する事項を整理する。

また、発災直後に実施すべき点検・応急復旧に係る体制づくりを含むソフト対策に関する事項を整理する。

(1) ハード対策

① 施設点検

陸域施設：岸壁・ヤード・エプロン、臨港道路等の液状化、陥没、沈下等の被災状況を目視、ポール、巻き尺、沈下板等により点検する。

水域施設：作業船等により、港内に落水したコンテナ等、船舶航行を阻害する障害物をマルチビーム等により調査する。

② 緊急復旧

応急復旧資機材等の調達・運搬	応急復旧資機材等を調達し、台船又は車両にて耐震強化岸壁へ運搬する。
がれきの除去	上屋等の建物の倒壊により発生したがれきを、ブルドーザー等の重機にて除去する。
敷鉄板の設置	砕石を敷均し転圧した箇所に、上から敷鉄板を設置する。
アスファルト舗装	岸壁エプロン等の陥没箇所にアスファルト舗装する。
防舷材の嵩上げ	岸壁法線の段差が発生した箇所に、台座により防舷材を嵩上げする。
コンクリートの仮スロープの設置	岸壁の段差発生箇所に仮スロープを設置し、岸壁とヤードの動線を確保する。
土のう設置	岸壁等が沈下した箇所に、越波による被害拡大を防ぐために土のうを設置する。
水域啓開	作業船等により、港内に落水したコンテナ等船舶航行を阻害する障害物の除去、木材等の浮遊物の封じ込め等を実施する。 なお、水域作業の前後には深浅測量等が必要である。



【出典】国土交通省「港湾における初動対応」

③施設の応急復旧

- 荷役機械、岸壁・エプロン・上屋の応急復旧
- 水域の応急復旧（航路・泊地啓開）
- 港湾道路の応急復旧
- 電気設備の応急復旧

(2) ソフト対策

①緊急対応（参集～点検～応急復旧～緊急輸送開始のオペレーション）

第1段階：体制の点検等
↓
・参集・体制設置・安否確認
第2段階：調査点検、情報収集・共有等
↓
・港湾施設の点検
・関係者間の情報共有化
第3段階：応急復旧
↓
・補修資機材の確保
・応急復旧
第4段階：緊急輸送開始

②関係機関への情報共有・役割分担

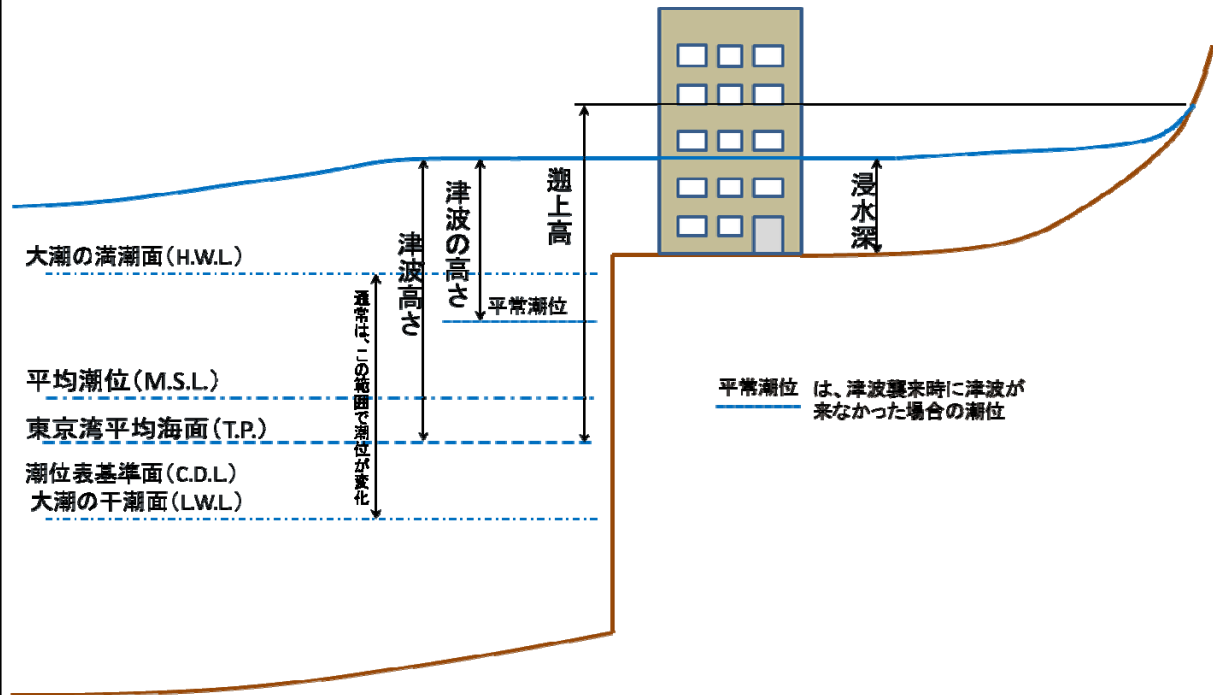
調整事項	関係機関との調整 (事前に実施)	情報共有・役割分担 (事前調整に基づき発災直後に実施)
○主体毎の業務体制の確保	○連絡網・手段の申し合わせ ○主体毎の発災直後の体制確保 ○人員確保、ライフライン復旧、機器類調達、復旧工事協定等	○情報伝達体制の確立 ○情報通信手段の確保 ○共有化を図る情報 ○緊急物資受入に向けた関係者の役割分担と活動手順 ○緊急物資の受入体制の確保 等
○公共施設の調査・点検の役割分担 (荷役機械、岸壁、航路・泊地、港湾道路等)	○岸壁、航路等に関する協定等	○発災時における港湾施設点検体制の確保 ○施設点検に関する活動手順 等
○公共施設の復旧作業の役割分担 (荷役機械、岸壁、航路・泊地啓開、臨港道路等)	○事前申し合わせ、協定等	○岸壁被災時の復旧計画作成 ○施設の応急復旧のための資機材調達 ○航路啓開に向けた関係者の役割分担と活動手順（養殖筏・漁具の移動・撤去、漂流物の撤去） ○漂流物等により航路閉塞した場合の廃棄物の扱い ○工事関係者との調整（埋立浚渫協会等） 等

調整事項	関係機関との調整 (事前に実施)	情報共有・役割分担 (事前調整に基づき発災直後に実施)
○使用可能施設の減少に伴う岸壁等の利用調整	○事前想定・調整 ○連絡調整体制・手段の確保等	○大規模災害時における協議会の発足 ○岸壁の利用調整 等
○早期復旧のための被害の軽減、復旧作業の短縮化	○機械・施設の耐震化、液状化対策、防水対策等 ○漁網撤去等漁協と申し合わせ	○災害時における相互応援態勢 ○災害時における情報交換 等

【中国地方整備局作成】

【コラム】津波の高さについて

【津波の高さ】が何を表しているかについては、その目的や状況、予測か実測か、発表主体などによって様々である。特に、津波予測から対応策を検討する場合、その【高さ】が何を表しているか、明確にしないと、間違った対応を取ることもなる。



図【コラム】津波の高さ
【中国地方整備局作成】

津波高さ : 中央防災会議（内閣府）発表の津波高さは、年間最高潮位の時に津波が来たものとして計算し、沿岸に到達したときの水面の高さを、東京湾平均海面（T.P.）からの高さで表している。

津波の高さ : 気象庁が発表する到達した津波の高さ。
津波がない場合の到達時刻の潮位（平常潮位）から、津波によって海面が上昇したその高さの差を表す。

浸水深 : 水位から地盤高を引いたものを浸水深と呼ぶ。
陸上部では、浸水深を痕跡等により津波高さと呼ばれることもある。
一般に、ハザードマップ等で表されているのは浸水深である。

遡上高 : 海岸から内陸へ津波がかけ上がる高さを遡上高と呼んでいる。
東北震災では、山腹の津波が届いた痕跡を津波高と呼んでいた事例もある。
遡上高は、条件によっては津波高さの4倍程度までになることもある。

【コラム】施設背後の津波による浸水に関する用語解説

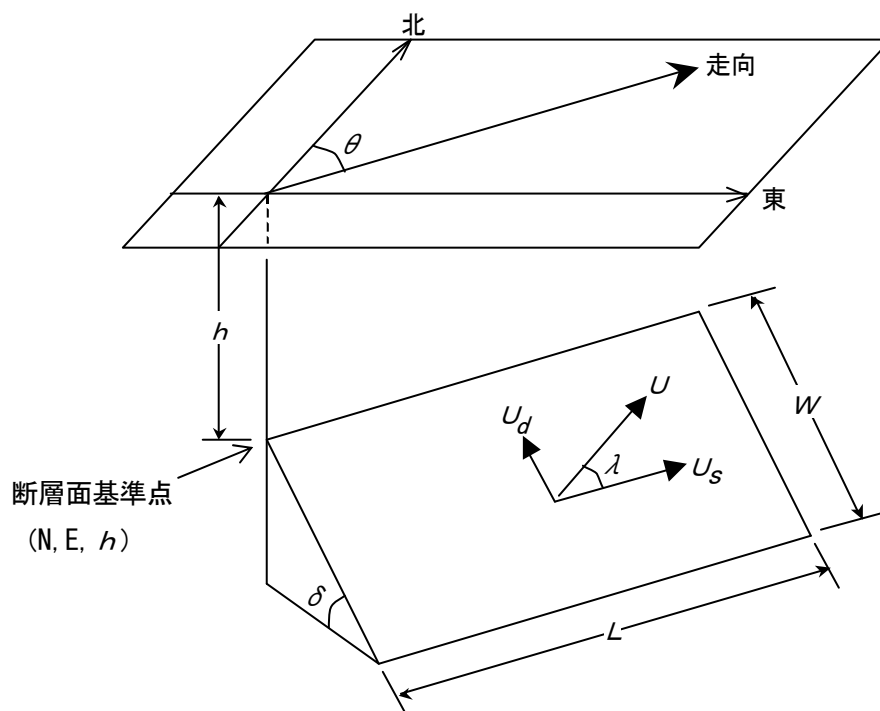
①断層パラメータ

断層の大きさは断層面積、食違い量で表され、断層面を長方形で近似する場合は、断層面積を断層面の長さ (L) と幅 (W) で表すことができる。このように断層の位置や大きさ等を表す量を断層パラメータといい、断層の静的な状態を表す量を静的断層パラメータという。

津波シミュレーションにおいては、静的断層パラメータを設定することで Mansinha and Smylie (1971) の方法や Okada (1985)、Okada (1992) の方法等により地殻変動量を算定することができる。また、その鉛直変化量が津波の初期海面水位変動量と等しいものとして初期水位の空間分布を設定することができる。静的断層パラメータから算出される地殻変動量は、断層運動の時間的な変化を考慮しないため、地震発生時に最大の地殻変動量が算定される。

一方、断層の立ち上がり時間（ライズタイム）や破壊の伝播速度を表すパラメータは、動的断層パラメータといわれ、断層運動を時系列的に変化させる場合に用いられる（例えば、南海トラフの巨大地震モデル）。

過去の地震の断層パラメータは、「日本の地震断層パラメーター・ハンドブック（鹿島出版会，1989.）」等に整理されている。

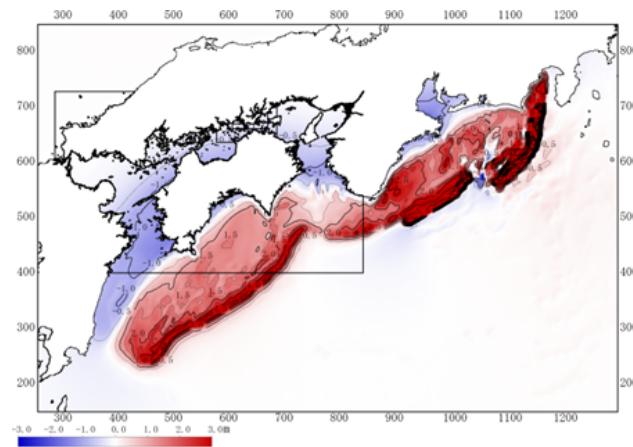


N, E: 断层面基準点の緯度・経度、 θ : 断層面の走行角、 δ : 断層面の傾斜角、 λ : 食違い方向角、 L : 断層面の長さ、 W : 断層面の幅、 h : 断層面の深さ、 U : 食違い量、 U_d : 面上の縦ずれ成分、 U_s : 面上の横ずれ成分

図①-1 断層パラメータの定義

【出典】日本の地震断層パラメーター・ハンドブック，鹿島出版会，1989.

断層パラメータをもとに算定される地殻変動量は、1つの波源モデルにつき1つの変動量の分布である。



図①-2 初期水位分布の例

【出典】内閣府「南海トラフの巨大地震」公表資料

②線形・非線形長波理論

津波の波長は水深よりも長いことから、長波として取り扱うことができる。津波を取り扱う理論としては、線形長波理論と非線形長波理論、分散波理論などに分けられる。線形長波理論は、波高と水深の比が小さい場合に適用され、非線形長波理論は波高と水深の比が小さくない場合に適用される。すなわち、浅い海域で波の峰と谷の水面形が上下非対称となる場合や前傾化する場合など水深の影響を大きく受ける場合に適用される。