

第2章 安心安全な「まちづくり」

第1節 新しい津波防災の考え方

第1項 津波防災における想定津波と対策の考え方

1. 津波防災の「これまで」と「これから」

(1) これまでの津波防災の限界

これまでの津波対策は、過去数百年間に経験してきた地震・津波（1896年明治三陸津波、1933年昭和三陸津波、1960年チリ津波、等）を再現することを基本として、科学的に立証できる事象を対象に設計緒元を定め、防潮堤等の海岸保全施設を整備するというものであった。

震災以前の本県においては、三陸沿岸と松島湾内ではチリ地震津波痕跡値等から、仙台湾沿岸では台風期波浪（高潮）から、それぞれ防潮堤の計画堤防高さを定め、その整備を行ってきたところである。

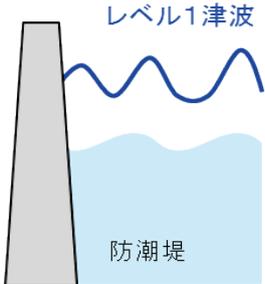
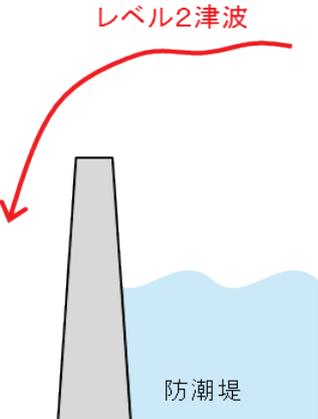
一方、歴史文献等により過去に発生した可能性のある地震（869年貞観三陸沖地震、1611年慶長三陸沖地震、等）であっても、震度と津波高などを再現できなかった地震は地震発生の確率が低いとみなして想定の対象外とし、体系的な防災対策が論じられることはなかった。

今回の東北地方太平洋沖地震は、我が国の過去数百年間の資料では確認できなかった地震であり、実際に起きた地震・津波とこれまで想定してきた地震・津波とが大きくかけ離れていたことは、従来の想定手法の限界を意味しており、これを契機にこれからの津波防災の考え方を抜本的に見直すこととなった。

(2) 2種類の想定津波と対策の考え方

今後の津波防災対策を構築するにあたって、基本的に2つのレベルの津波を想定することとした。一つは、“構造物による津波対策を行う上で想定する「頻度の高い津波（レベル1津波）」”であり、もう一つは、“住民避難を柱とした総合的防災対策を構築する上で想定する「最大クラスの津波（レベル2津波）」”である。次表に想定津波の発生頻度と対策の考え方を示す。

表 2-1 2種類の想定津波と対策の考え方

想定津波	発生頻度	対策の考え方
<p><レベル1津波></p> <ul style="list-style-type: none"> 防潮堤など海岸保全施設の建設を行う上で想定する津波 <p>・「防護」</p> 	<ul style="list-style-type: none"> 頻度の高い津波 数十年から百数十年に一度程度の頻度 明治三陸津波(1896) 昭和三陸津波(1933) チリ津波(1960) 宮城県沖地震津波(想定) 	<ul style="list-style-type: none"> 人命保護 住民財産の保護 地域経済活動の継続 効率的な生産拠点の確保 上記の観点から、海岸保全施設等の整備を進め、レベル1津波から陸側を守る。
<p><レベル2津波></p> <ul style="list-style-type: none"> 住民避難を柱とした総合的防災対策を構築する上で想定する津波 <p>・「減災」</p> 	<ul style="list-style-type: none"> 最大クラスの津波 数百年から千年に一度程度の頻度 貞観津波(869) 東日本大震災(2011) 	<ul style="list-style-type: none"> 生命を守ることを最優先とし、どのような災害であっても行政機能、病院等の最低限必要十分な社会経済機能を維持する。 住民等の避難を軸に、土地利用、避難施設、防災施設等を組合せて、とりうる手段を尽くした総合的な津波対策を確立する。 海岸保全施設等は設計対象の津波高を超えた場合でも、施設の効果が粘り強く発揮できるような構造を検討する。

第2項 レベル1 津波に対応した防潮堤の整備

1. 海岸保全施設の計画高さの設定

平成23年7月8日の農林水産省及び国土交通省から通知の「設計津波の水位の設定方法等について」及び「海岸における津波対策検討委員会」が平成23年11月16日に公表した「平成23年度東北地方太平洋沖地震及び津波により被災した海岸堤防等の復旧に関する基本的考え方」に基づき、設計津波の水位設定並びに堤防等の天端高を設定した。検討フローは、以下のとおりである。

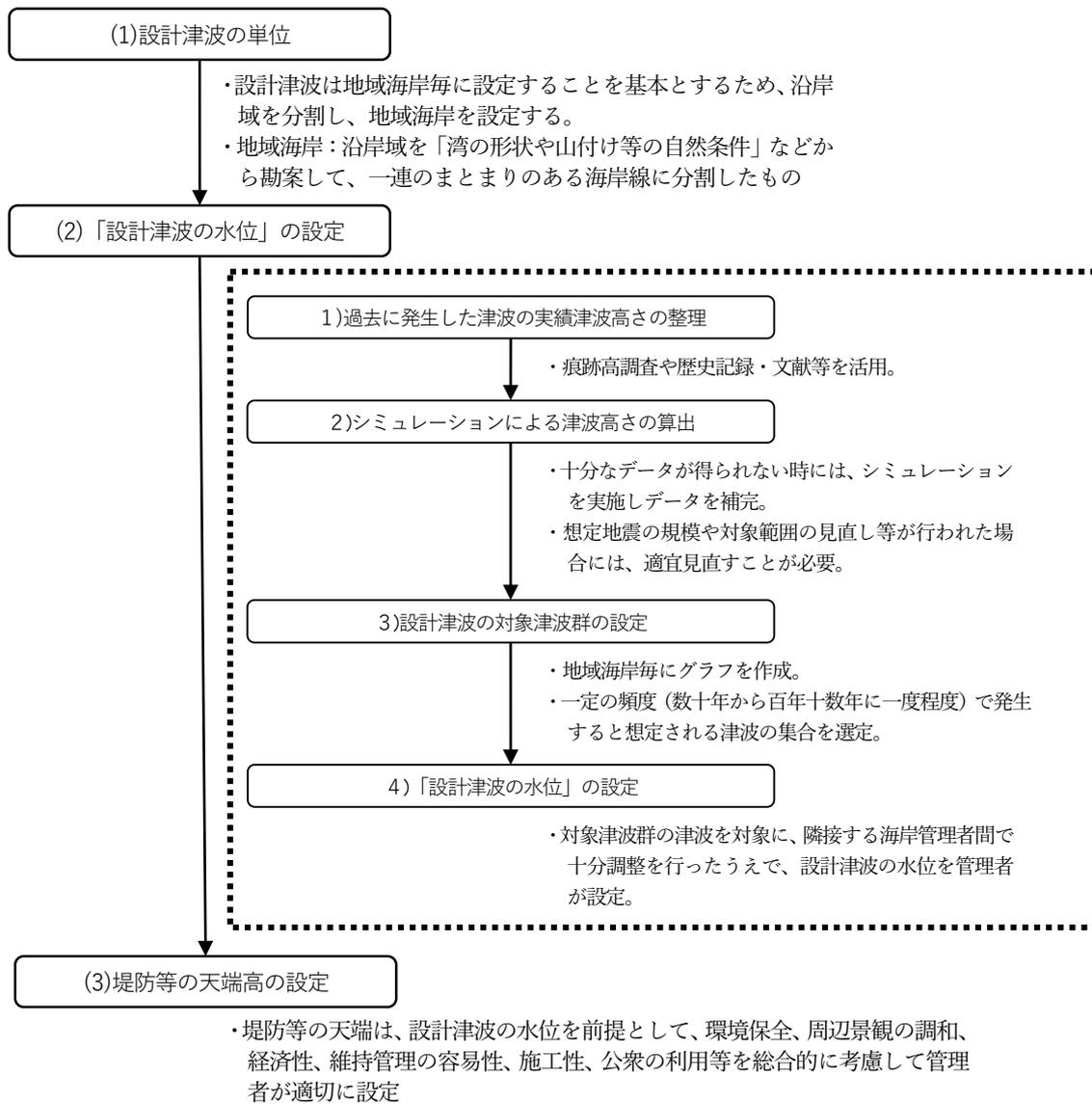


図 2-1 設計津波の水位の設定方法

出典：「設計津波の水位の設定方法等について 平成23年7月11日 水管理・国土保全局海岸室」

(1) 設計津波の設定単位

1) 地域海岸の設定

本県では、三陸南沿岸で14の地域海岸、仙台湾沿岸で8の地域海岸とし、全体で22の地域海岸を設定した。

【解説】

海岸保全基本計画を作成すべき一体の海岸の区分（沿岸）を「湾の形状や山付け等の自然条件」、「文献や被災履歴等の過去に発生した津波の実績津波高さ及びシミュレーションの津波高さ」から、同一の津波外力を設定しようと判断される一連の海岸線である「地域海岸」に分割する。本県では、以下の特性を考慮して区分している。

- リアス地形の三陸南沿岸と砂浜海岸主体の仙台湾沿岸を区分
- 湾地形毎の区分を基本とし、半島や離島による遮蔽効果を考慮
- 湾奥部における増幅等が顕著な場合は、適宜分割

表 2-2 宮城県ユニット分割表

ユニット番号	地域海岸名	海岸の範囲		適用
		起点	終点	
1	唐桑半島東部	岩手県境	御崎	
2	唐桑半島西部①	御崎	大明神崎	
3	唐桑半島西部②	大明神崎	鶴ヶ浦	
4	気仙沼湾	鶴ヶ浦	岩井崎	
5	気仙沼湾奥部	潮見町	大浦	
6	大島東部	大初平	龍舞崎	田中浜方面
7	大島西部	龍舞崎	大初平	浦の浜方面
8	小泉湾	岩井崎	石浜	
9	志津川湾	石浜	神割崎	
10	追波湾	神割崎	大須崎	
11	雄勝湾	大須崎	尾浦	
12	雄勝湾奥部	明神	雄勝	
13	女川湾	尾浦	寄磯崎	
14	牡鹿半島東部	寄磯崎	黒崎	
15	牡鹿半島西部	黒崎	渡波	
16	万石浦	祝田	長浜	
17	石巻海岸	長浜	州崎	
18	松島湾	州崎	代ヶ崎	
19	七ヶ浜海岸①	代ヶ崎	吠崎	
20	七ヶ浜海岸②	吠崎	蒲生	
21	仙台湾南部海岸①	蒲生	阿武隈川	
22	仙台湾南部海岸②	阿武隈川	福島県境	

出典：「宮城県における海岸堤防高の設定について 平成23年9月」



図 2-2 宮城県地域海岸分割（ユニット）図

出典：「東日本大震災公共土木施設等復旧方針 平成 24 年 2 月 宮城県土木部」 p39

(2) 「設計津波の水位」の設定

1) 過去に発生した津波の実績津波高さの整理

既往津波は以下のとおりである。文献による既往津波については国が取りまとめた資料により整理し、明治三陸地震津波、昭和三陸地震津波、チリ地震津波については、本県で過去に調査した資料を参考としている（「東日本大震災1年の記録 平成24年3月宮城県土木部」）。

表 2-3 過去に発生した地震の津波痕跡高整理一覧表

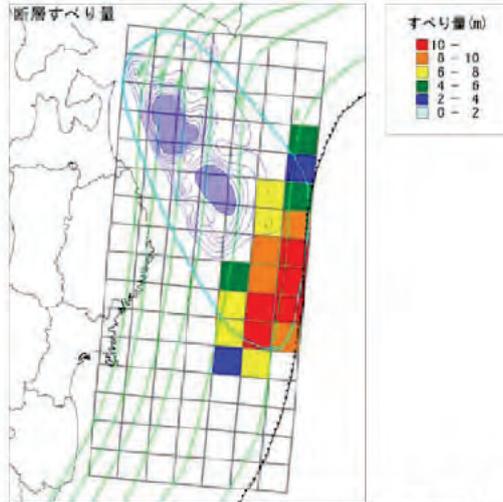
地震名	M	発生年	出典	備考
貞観津波	8.3	869	国資料(日本被害津波総覧等)	痕跡値
慶長三陸地震	8.1	1611	〃	〃
延宝三陸沖地震	7.3	1677	〃	〃
延宝房総沖地震	8.0	1677	〃	〃
青森県東方沖	7.5	1763	〃	〃
寛政宮城沖地震	8.2	1793	〃	〃
宮城県沖	7.5	1835	〃	〃
安政三陸沖地震	8.0	1856	〃	〃
宮城県沖	7.4	1861	〃	〃
イキケ地震	8.2	1877	〃	〃
根室半島南東沖	7.9	1894	〃	〃
明治三陸地震	8.5	1896	〃	解析値
宮城県沖	7.4	1897	〃	痕跡値
三陸はるか沖	7.7	1897	〃	〃
昭和三陸地震	8.1	1933	宮城懸昭和震嘯誌	痕跡及び解析値
1952年十勝沖地震	8.2	1952	国資料(日本被害津波総覧等)	痕跡値
カムチャツカ津波	8.2	1952	〃	〃
チリ地震	9.5	1960	宮城県チリ地震津波恒久対策に関する意見書	〃
エトロフ島沖地震	8.1	1963	〃	〃
1968年十勝沖地震	7.9	1968	〃	〃
東北地方太平洋沖地震	9.0	2011	宮城県津波痕跡調査	〃
想定宮城県沖地震(運動)	8.0		宮城県第4次地震被害想定調査	解析値

出典：「宮城県における海岸堤防高の設定について 平成23年9月」

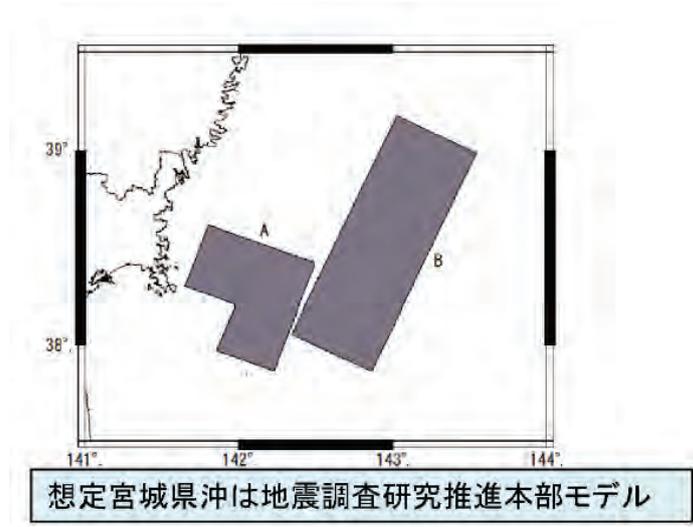
2) シミュレーションによる津波高さの算出

津波シミュレーションについては、明治三陸地震津波「中央防災会議モデル」、想定宮城県沖地震（連動型）「県モデル（推本モデル）」の2つを解析の対象とし、昭和三陸地震津波については宮城県第3次地震被害想定調査で実施した結果を参考とした。チリ地震津波については、計算時間や費用の面で解析を行うことが適切ではないと判断し、痕跡値を採用した。

地震名	M	発生年	出典	備考
明治三陸地震	8.5	1896	〃	中防モデル
昭和三陸地震	8.1	1933	宮城県第3次地震被害想定調査	相田モデル
想定宮城県沖地震(連動)	8.0		宮城県第4次地震被害想定調査	推本モデル



明治三陸は中央防災会議モデル



想定宮城県沖は地震調査研究推進本部モデル

図 2-3 シミュレーションの津波

出典：「宮城県における海岸堤防高の設定について 平成 23 年 9 月」

第1章 「災害に強いまちづくり
宮城モデル」の構築

第2章 安心安全なまちづくり

第3章 災害に強い「道路」・
「港湾」・「空港」等

第4章 早期復旧と復興の
加速化に向けた取組

第5章 震災教訓の伝承

表 2-4 頻度の高い津波の計算条件

項 目	計算条件
計算領域	地震発生源より評価対象海岸・陸域までを対象とする。
計算時間	津波発生から3時間
計算格子間隔 計算時間間隔	波源より氾濫流域に向けて格子サイズを縮小、氾濫域で10mメッシュに設定。 計算時間間隔は、計算安定性・格子サイズに応じて設定 【計算格子間隔】 【計算時間間隔】 領域1：dx1=450m dt1=0.90秒（波源付近） 領域2：dx2=150m dt2=0.30秒 領域3：dx3=50m dt3=0.10秒 領域4：dx4=10m dt4=0.02秒（氾濫対象区域周辺）
想定地震	明治三陸地震津波、想定宮城県沖（連動型）地震津波
地盤変位量	Mansinha&Smylie（1985）の手法により算出
初期潮位条件	各検討対象領域における朔望平均満潮位（H.W.L）
流域地形条件	① 現況地形 （震災被災後航空測量データ：地震時沈下量考慮）
海域地形条件	① 現況地形 （海図より設定した地盤高（震災前）に、震災後実績変動量を低下させたもの）
地表面・海底面の抵抗 （粗度係数）	「小谷ほか、1998」の方法に準じて設定 住宅地：n=0.040、工場地：n=0.040 農地：n=0.020、林地：n=0.030 水域（河川・海域）：n=0.025、その他（空地、緑地）：n=0.025
施設条件	① 考慮施設 ・ 海岸施設 ・ 沖合施設（防波堤、離岸堤等） ・ 河川（1級河川、2級河川） ・ 施設天端高：無限壁を仮定
	②復興パターンの反映 なし

出典：「東日本大震災1年の記録 平成24年3月 宮城県土木部」

3) 設計津波の対象津波群の設定

地域海岸毎に、既往文献による実績津波高と津波解析により求めた津波高を整理し、横軸に津波発生年、縦軸に津波高さをとり、グラフを作成した。作成したグラフをもとに、一定の頻度「数十年から百数十年に一度程度」で到達すると想定される津波の集合を対象津波群と設定した。

作成時には、重複波、進行波、不明を記載することとなっているが、重複波や進行波の区分は解析結果だけでは区分できず、津波CG等により確認する必要があるため全て不明となり、グラフには記載しない（「東日本大震災1年の記録 平成24年3月 宮城県土木部」p161）。

ここでは代表的な4海岸（気仙沼湾、志津川湾、石巻海岸、仙台湾南部海岸）について作成結果を示す。

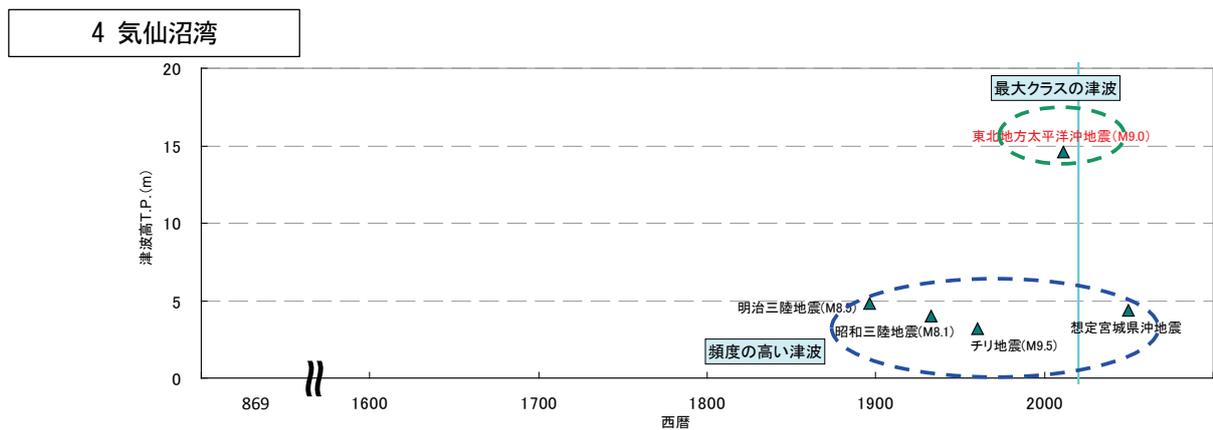


図 2-4 津波発生年と津波高さの関係（気仙沼湾）

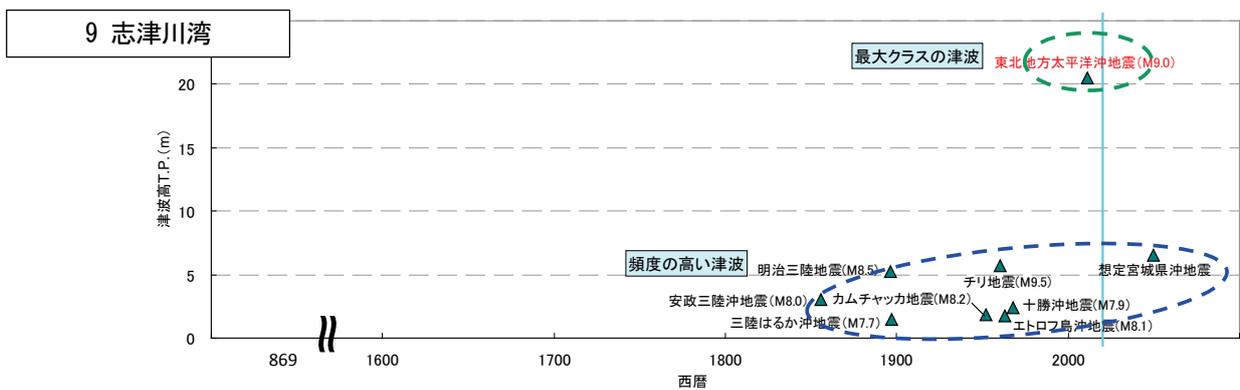


図 2-5 津波発生年と津波高さの関係（志津川湾）

17 石巻海岸

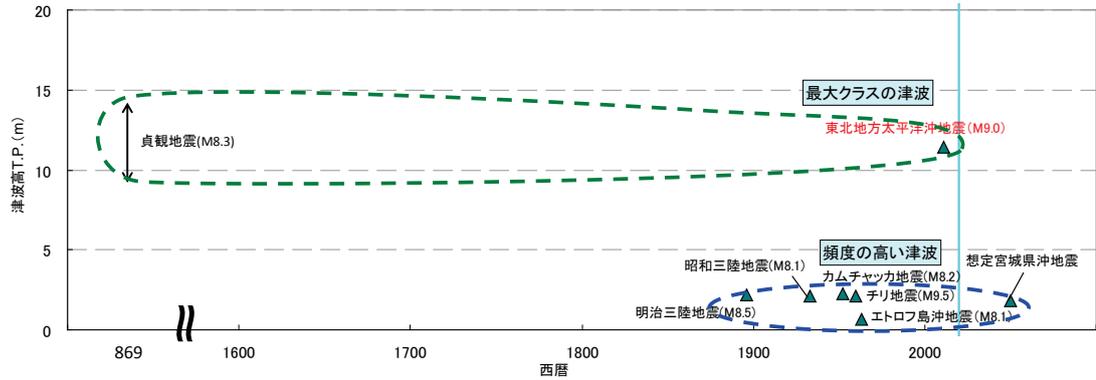


図 2-6 津波発生年と津波高さの関係（石巻海岸）

21 仙台湾南部海岸①

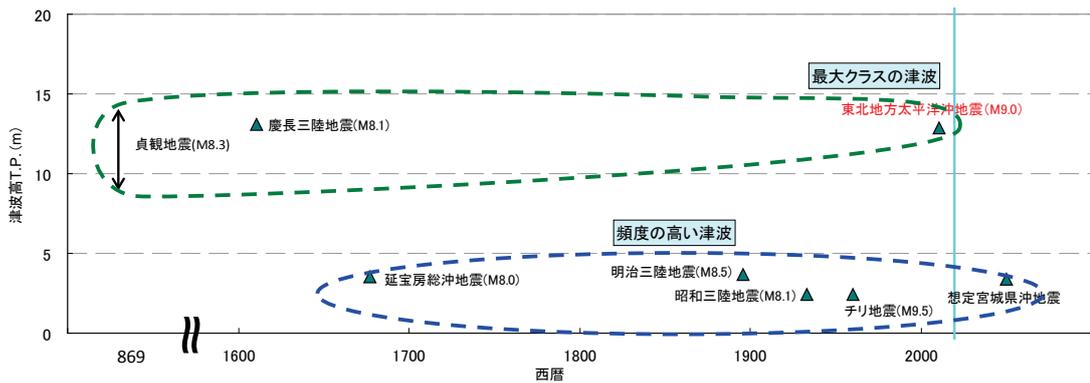


図 2-7 津波発生年と津波高さの関係（仙台湾南部海岸①）

出典：「宮城県における海岸堤防高の設定について 平成 23 年 9 月」

4) 設計津波の水位の設定

設計津波の水位は、対象津波群の津波水位分布を算出し、地域海岸ごとに設定した。

津波水位の算出において施設前面における津波のせり上がりを考慮したため、グラフにプロットした津波高（せり上がりを考慮しない）と算出した津波水位の高さが異なり、対象津波が逆転する場合があるが、これは地形特性や津波特性により増幅が異なるためである。

なお、入り江等の複雑な地形の影響により著しく津波水位が異なる場合は、津波の水位を複数に設定した（「東日本大震災 1 年の記録 平成 24 年 3 月 宮城県土木部」 p170）。

(3) 堤防等の天端高の設定

1) 堤防高の決定

堤防高は、環境保全や周辺景観との調和、経済性、維持管理の容易性、施工性、公衆の利用等を総合的に考慮して定めることとされており、今回決定する堤防高については、以下に示す津波堤防高と高潮堤防高のいずれか高い方を採用している。

2) 津波堤防高

津波堤防高は、「(2) 4) 設計津波の水位の設定」で求めた設計津波の水位に、「海岸保全施設の技術上の基準・同解説」に記載されている余裕高 (1.0m) を加えて算出した。

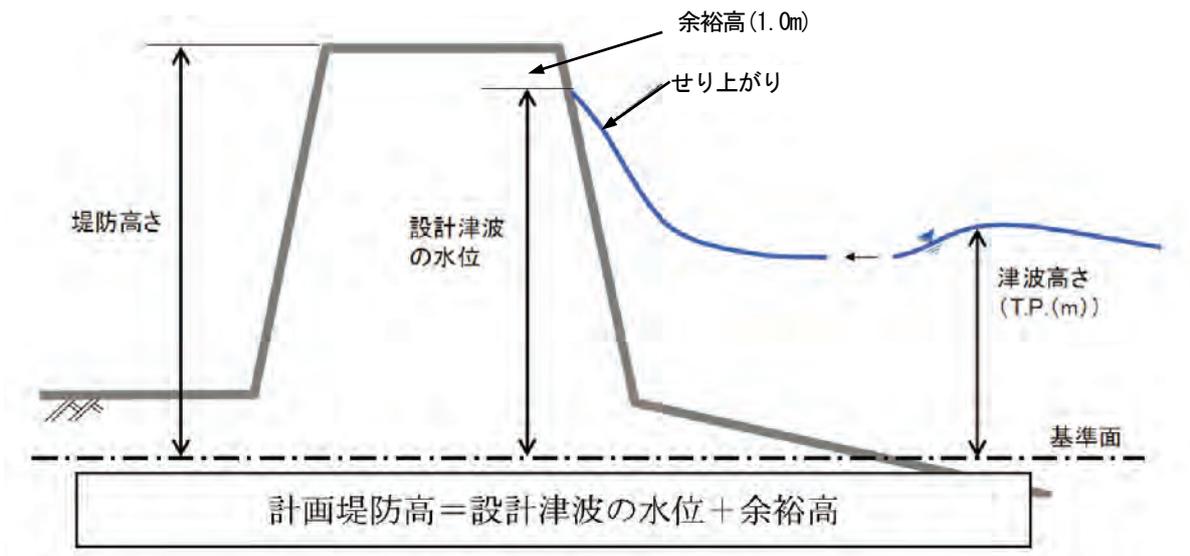


図 2-8 設計津波の水位とせり上がり・堤防高の関係

出典：「東日本大震災公共土木施設等復旧方針 平成 24 年 2 月 宮城県土木部」 p40

① 余裕高

地殻変動や地盤沈下、堤防の沈下、異常気象による潮位の変動、その他計算上反映できない微地形による津波増幅等が生じることが考えられるため、「海岸保全施設の技術上の基準・同解説」等でも示されている 1.0m を余裕高とした。

「海岸保全施設の技術上の基準・同解説 平成 16 年 6 月 (p3-29)」には、背後地の社会的、経済的重要度を一つの目安として決定するのが妥当な方法であり、背後地に市街地又は重要な公共施設などが存在して、高度の安全性を有する場合には、最大 1.0m 程度を限度として余裕高を適宜決定されることが多いと記述されている。

② せり上がり

「平成 23 年度東北地方太平洋沖地震及び津波により被災した海岸堤防等の復旧に関する基本的考え方 平成 23 年 11 月 16 日」のなかで、「設計津波の水位の設定」に際しては、「海岸堤防によるせり上がりを考慮した津波高さをシミュレーションにより算定する必要がある」と示されている。せり上がりとは、堤防が無い場合に内陸まで浸水する水が、堤防が整備されているために堤防面に沿って上昇する現象を言う。

3) 高潮堤防高

高潮堤防高は、改良仮想勾配法による打ち上げ高や越波量計算により設計水位を求め、津波堤防高と同様に必要な高さ（1 m）を加えて算出した。

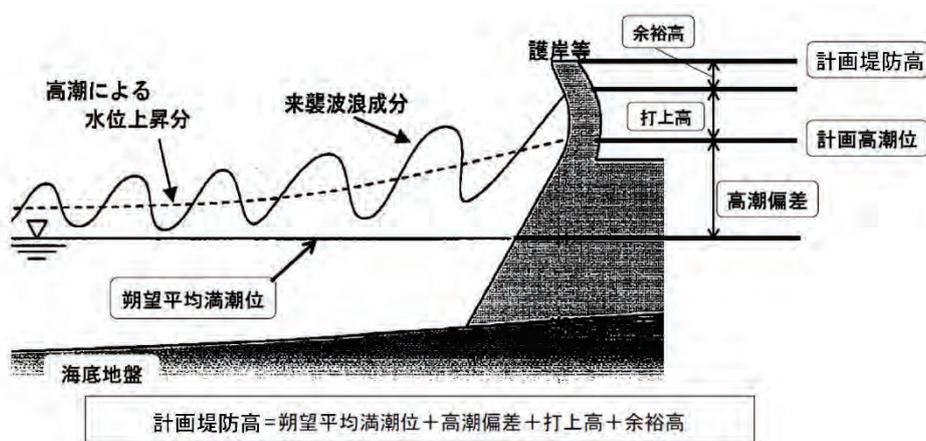


図 2-9 高潮堤防高

出典：「東日本大震災公共土木施設等復旧方針 平成 24 年 2 月 宮城県土木部」 p40

○留意事項

表 2-5 に計画堤防高の代表値を示している。

本県では、沿岸域の形状に基づいて設計津波の水位を細分化するとともに、防波堤を有する港湾や漁港、島々が港を囲むように点在している場所などを勘案して、「(4) 海岸保全施設の整備高さ」の表 2-6、表 2-7 に示す高さで整備するものとしている。

なお、設計津波の水位と、構造物の設計に用いる津波水位では扱いが異なる場合があるので注意されたい。

第1章 「災害に強いまちづくり」
宮城モデル」の構築

第2章 安心安全なまちづくり

第3章 「災害に強い」道路」・「港湾」・「空港」等

第4章 早期復旧と復興の加速化に向けた取組

第5章 震災教訓の伝承

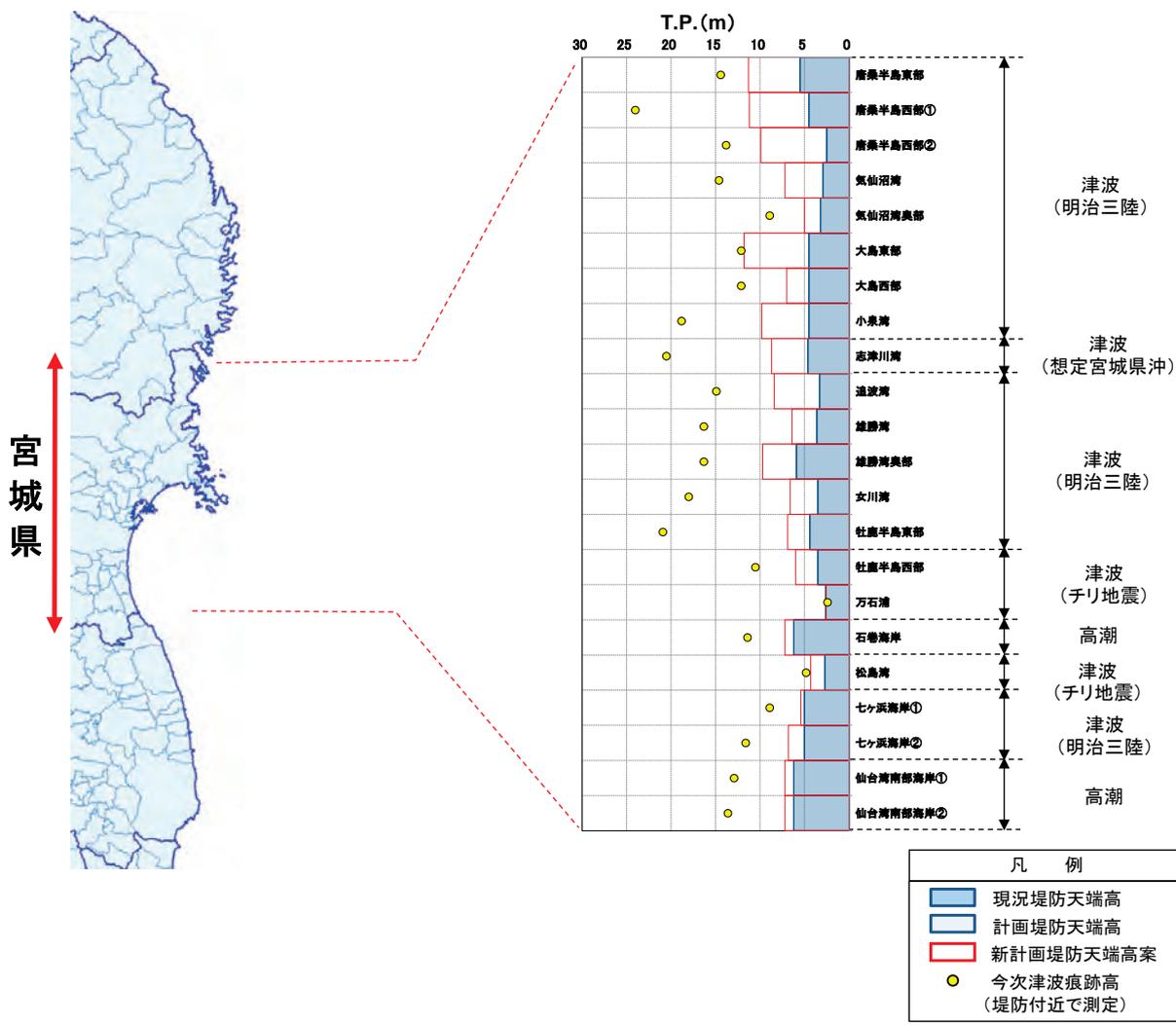


図 2-10 既往堤防と新計画堤防(代表高)の比較

出典：「東日本大震災公共土木施設等復旧方針 平成 24 年 2 月 宮城県土木部」 p43

表 2-5 堤防高さの代表値（単位 T.P.）

地域海岸名 ^{※1}	今次 津波 痕跡高	設計津波		津波による 堤防高設定	津波>高潮 のチェック ^{※3}	堤防高 設定値	被災前 現況堤防高
		対象地震	設計津波 の水位 ^{※2}				
唐桑半島東部	14.4	明治三陸地震	10.3	11.3	○	11.3	4.5~6.1
唐桑半島西部①	24.0	明治三陸地震	10.2	11.2	○	11.2	4.0~4.5
唐桑半島西部②	13.8	明治三陸地震	8.9	9.9	○	9.9	2.5~3.2
気仙沼湾	14.6	明治三陸地震	6.2	7.2	○	7.2	2.8~4.5
気仙沼湾奥部	8.9	明治三陸地震	4.0	5.0	○	5.0	2.8~4.5
大島東部	12.1	明治三陸地震	10.8	11.8	○	11.8	1.8~4.5
大島西部	12.1	明治三陸地震	6.0	7.0	○	7.0	2.5~5.1
小泉湾	18.8	明治三陸地震	8.8	9.8	○	9.8	2.5~5.5
志津川湾	20.5	想定宮城県沖 地震	7.7	8.7	○	8.7	3.6~5.1
追波湾	14.9	明治三陸地震	7.4	8.4	○	8.4	2.6~4.5
雄勝湾	16.3	明治三陸地震	5.4	6.4	○	6.4	3.1~5.9
雄勝湾奥部	16.3	明治三陸地震	8.7	9.7	○	9.7	4.1~5.9
女川湾	18.0	明治三陸地震	5.6	6.6	○	6.6	3.2~5.8
牡鹿半島東部	20.9	明治三陸地震	5.9	6.9	○	6.9	4.4~5.1
牡鹿半島西部	10.5	チリ地震	5.0	6.0	○	6.0	2.9~4.6
万石浦	2.4	チリ地震	1.5	2.5	○	2.6	2.6
石巻海岸	11.4	明治三陸地震	3.4	4.4	高潮にて 決定	7.2	4.5~6.2
松島湾	4.8	チリ地震	3.3	4.3	○	4.3	2.1~3.1
七ヶ浜海岸①	8.9	明治三陸地震	4.4	5.4	○	5.4	3.1~5.0
七ヶ浜海岸②	11.6	明治三陸地震	5.8	6.8	○	6.8	5.0~6.2
仙台湾南部海岸①	12.9	明治三陸地震	5.3	6.3	高潮にて 決定	7.2	5.2~7.2
仙台湾南部海岸②	13.6	明治三陸地震	5.2	6.2	高潮にて 決定	7.2	6.2~7.2

※1：地域海岸とは「湾の形状や山付け等の自然条件」，「文献や被災履歴等の過去に発生した津波の実績津波高さ及びシミュレーションの津波高さ」から同一の津波外力を設定しようと判断される一連の海岸線に分割したもの。

※2：一の地域海岸に対しては，一の設計津波の水位を設定することを基本とするが，設計津波の水位が当該地域海岸内の海岸線に沿って著しく異なる場合，地域海岸を分割して複数の設計津波の水位を定めたため，必要堤防高の設定が異なる場合がある。

※3：津波による堤防高設定が高潮による設定よりも大きくなる場合は○，小さくなる場合は「高潮にて決定」。

出典：「宮城県における海岸堤防高の設定について 平成23年9月」

(4) 海岸保全施設の整備高さ

海岸堤防の整備については、復興まちづくり計画と整合を図りながら、傾斜型堤防や直立型堤防、まちづくりにおける盛土と特殊堤の組合せ、構造などについて十分検討を行い、基本計画堤防高を確保するものとする。

【解説】

「東日本大震災公共土木施設等復旧方針 平成 24 年 2 月」による。

海岸保全施設の高さは、下記に示す“①基本計画堤防高”で整備することを基本とするが、“②特殊計画堤防高”や“③震災前の堤防高”とする場合がある。

構造物の設計に用いる津波水位の扱い方は、「施設計画上の津波水位」と異なる場合がある。

1) 基本計画堤防高

津波計画堤防高は、設計津波の水位に余裕高（1.0m）を加えた高さとする。

高潮計画堤防高は、計画高潮位に打ち上げ高等と余裕高（1.0m）を加えた高さとする。

津波計画堤防高と高潮計画堤防高を比較して高い方を基本計画堤防高とする。

余裕高（1.0m）は、地震発生に伴う地盤沈下や堤防の沈下、津波シミュレーションの計算誤差、計算上反映できない微地形による津波増幅等を考慮して設定している。

① 整備高は次の②及び③の場合を除いて基本計画堤防高とする

・海岸堤防の整備は、基本計画堤防高により整備することを基本とする。

② 「小ユニット堤防高」の設定

・湾口防波堤や防波堤等を有する港湾、漁港等においては、過去の津波実績高及び津波シミュレーションを行うことにより、小ユニット堤防高を定めることができる。

・松島海岸のように小さい島々が港を囲むように点在している場合も同様に定めることができる。

③ 「特殊計画堤防高」の設定

・港湾、漁港等で防波堤等一線堤と見なせる沖合施設がある場合や、掘り込み式港湾等で開口幅が狭まっております、明らかに津波高の低減効果が見込める場合には、港湾、漁港の内港施設の海岸堤防において、余裕高を下げる可以降低。

・塩釜、松島湾内のように点在する島嶼群が津波高低減に明らかに効果が見られる場合については、余裕高を下げる可以降低。

2) 震災前の堤防高

海岸堤防の背後に保全すべき重要な施設（道路等の公共施設、居住地等）がなく、専ら国土保全を目的とする海岸堤防は、震災前の堤防高さで復旧する。

現況施設の高さで十分安全が確保される場合は、震災前の堤防高さで復旧する。

表 2-6 基本計画堤防高（単位 T.P.）

地域海岸名	今次津波 痕跡高	対象地震	基本計画堤防高			
			代表高	起点	終点	高さ
唐桑半島東部	14.4	明治三陸地震	11.3	岩手県境	真崎	8.0
				真崎	御崎	11.3
唐桑半島西部①	24.0	明治三陸地震	11.2	御崎	大明神崎	11.2
唐桑半島西部②	13.8	明治三陸地震	9.9	大明神崎	鶴ヶ浦	9.9
気仙沼湾	14.6	明治三陸地震	7.2	鶴ヶ浦	岩井崎	7.2
気仙沼湾奥部	8.9	明治三陸地震	5.0	潮見町	港町	5.0
				港町	魚町	5.1
				魚町	大浦	5.0
大島東部	12.1	明治三陸地震	11.8	大初平	龍舞崎	11.8
大島西部	12.1	明治三陸地震	7.0	大初平	浦の浜	7.0
				浦の浜	田尻	7.5
				田尻	龍舞崎	7.0
小泉湾	18.8	明治三陸地震	9.8	岩井崎	大沢	9.8
				大沢	蔵内	14.7
				蔵内	石浜	9.8
志津川湾	20.5	想定宮城県沖地震	8.7	石浜	戸倉	8.7
				戸倉	神割崎	7.3
追波湾	14.9	明治三陸地震	8.4	神割崎	十三浜	6.5
				十三浜	大須崎	8.4
雄勝湾	16.3	明治三陸地震	6.4	大須崎	尾浦	6.4
雄勝湾奥部	16.3	明治三陸地震	9.7	明神	雄勝	9.7
女川湾	18.0	明治三陸地震	6.6	尾浦	崎山	6.6
				湾口防波		5.4
				崎山	寄磯崎	6.6
牡鹿半島東部	20.9	明治三陸地震	6.9	寄磯崎	浜畑	6.9
				浜畑	祝浜	9.1
				祝浜	黒崎	6.9
牡鹿半島西部	10.5	チリ地震	6.0	黒崎	渡波	6.0
万石浦	2.4	チリ地震	2.6	祝田	長浜	2.6
石巻海岸	11.4	高潮にて決定	7.2	長浜	洲崎	7.2
松島湾	4.8	チリ地震	4.3	洲崎	代ヶ崎	4.3
七ヶ浜海岸①	8.9	明治三陸地震	5.4	代ヶ崎	吠崎	5.4
七ヶ浜海岸②	11.6	明治三陸地震	6.8	吠崎	蒲生	6.8
仙台湾南部海岸①	12.9	高潮にて決定	7.2	蒲生	阿武隈川	7.2
仙台湾南部海岸②	13.6	高潮にて決定	7.2	阿武隈川	福島県境	7.2

出典：「東日本大震災公共土木施設等復旧方針 平成 24 年 2 月 宮城県土木部」 p42

表 2-7 小ユニット・特殊計画堤防高 (単位 T.P.)

平成29年3月時点

No	地域海岸名	名称	地区	基本計画堤防高	小ユニット堤防高	特殊計画堤防高	
①	唐桑半島西部②	鯨立漁港	鯨立漁港	TP+9. 9	TP+8. 1		
②		鶴ヶ浦漁港	鶴ヶ浦漁港		TP+7. 6		
③	女川湾	女川湾 湾口防波堤内	女川港、女川漁港	TP+5. 4	—	TP+4. 4	
④	石巻海岸	石巻漁港	石巻漁港	TP+7. 2	TP+4. 1	TP+3. 1	
⑤		石巻港	石巻港		TP+4. 5	TP+3. 5	
⑥	松島湾	松島内湾	・松島町古浦～七ヶ浜町代ヶ崎地内 (⑨・⑩を除く) ・桂島(松崎～石浜崎) (⑦を除く) ・野々島(毛無崎～平和田～馬越) (⑦を除く) ・寒風沢島(寒～鶴ヶ洲) ・朴島 ・宮戸島(北鶴洲～江ノ浜)	TP+4. 3	—	TP+3. 3	
⑦			桂島				・桂島(桂島漁港～石浜(東側を除く))
⑧			野々島				・野々島(野々島漁港～平和田)
⑨			松島海岸				松島港
⑩			浜田漁港				浜田漁港
⑪	七ヶ浜海岸②	仙台塩釜港 仙台港区	仙台塩釜港 仙台港区	TP+6. 8	TP+5. 0	TP+4. 0	
⑫	仙台湾南部海岸①	広浦	広浦入り口 広浦内	TP+7. 2	TP+4. 8 TP+3. 7		
⑬	仙台湾南部海岸②	鳥の海	鳥の海	TP+7. 2	TP+3. 6		

2. 河川における津波対策の考え方

(1) 河川津波防御方式

平成 23 年 9 月 2 日に、国土交通省 水管理・国土保全局から通知された「河川津波対策について」によると、「施設計画上の津波」に対する津波防御の方式としては、堤防方式と津波水門方式を基本とし、社会的な影響、経済性、津波水門の維持管理及び操作の確実性、まちづくりの観点を含めて総合的に検討したうえで判断することとなっている。

本県は、堤防方式とすることで多数の家屋移転を必要とする河川について、水門方式による津波対策を実施してきた。

今次津波では、県内 17 の河川防潮水門全てで遠隔操作等により閉扉を完了することができたものの、このうちの 16 水門で激しく被災し操作不能に陥ったことから、再開門に時間を要し、浸水が長期化する事態に至るとともに、内水排除の支障となった。また、「平成 23 年東北地方太平洋沖地震」による津波では、頻度の高い津波（レベル 1 津波）の 1.4～2.4 倍の津波高が観測されていることから、最大クラスの津波（レベル 2 津波）が来襲した場合の水門操作の確実性は担保できず、再び同様な被害が発生することも懸念される。

このような状況を踏まえ、単なる原形復旧に捉われず、津波防災まちづくりとの連携や、水門方式から堤防方式への変更も含めた河川津波対策の根本的な見直しが必要となっている。

見直しにあたって、最初に、「津波水門方式」と「堤防方式」に関するメリットとデメリット、計画を越える規模の津波に対する影響を次のように整理した。

水門方式

水門方式は、水門より上流側の堤防高を低く抑えることが出来るため、次の様なメリットがある。河川堤防は洪水にのみ対応する高さで整備することになり、海岸堤防と比べて低くなるため、橋梁が低く架けられる等、土地利用が容易である。

河川堤防が低いので、震災前と同じような河川景観を保つことができる。

一方、水門の稼動には機械的操作を伴うことから、以下のようなデメリットも発生する。

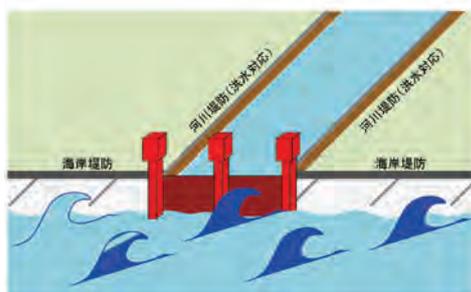
水門の定期的なメンテナンスが必要であり、更新時のコストが堤防より高い。

遠隔操作のための無線化や自動化、停電時の非常電源など、多重のバックアップ体制をとっていたとしても、大規模地震後の閉門には不確実性が残る。(最悪のケースとして、人的操作が必要となる可能性が残される。)

閉門できなかつた場合には、レベル1津波に対しても甚大な被害が発生する。

閉門完了後、再開門に時間を要した場合は、河川の流量によっては街が浸水する恐れがある。(津波警報解除まで時間を要する場合や、水門機器の不具合で開門できない場合。)

計画を越える津波が来襲した場合には、水門や操作機器が破損する可能性が高く、再開門が非常に困難となる。(海岸堤防が破堤しない場合には、内水が排除できず、浸水が長期化する恐れがある。)



- 水門の高さは、海岸堤防と同じ高さとなる
- 水門背後の河川堤防は、洪水に対応するための高さ(大きさ)で整備する。
- 災害復旧事業においては、広域地盤沈下分を嵩上げし、元の高さに戻す。
- 表法面は必要に応じて護岸で被覆するが、裏法面は張芝を標準とする。

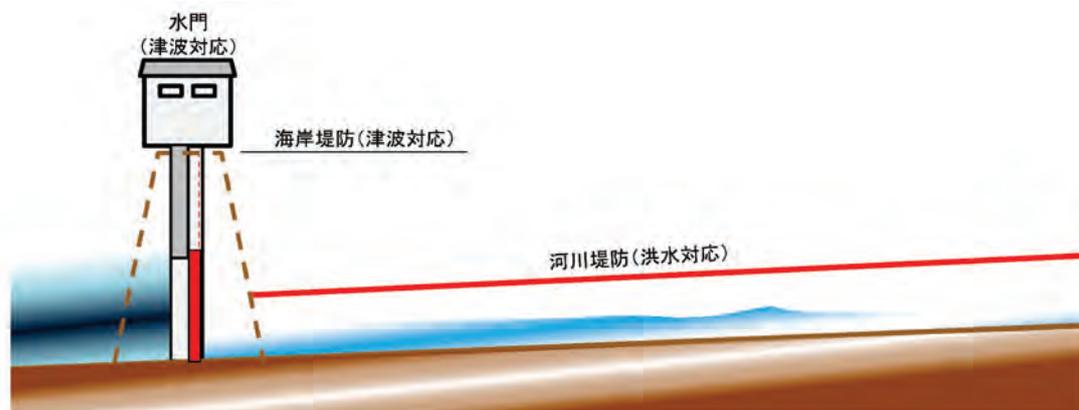


図 2-11 津波水門方式のイメージ図

堤防方式

堤防方式は、海岸堤防と同等の高さで整備されること、人的操作が不要であること、材料自体が安価であることなどから、以下のようなメリットがある。

津波時の操作が不要で、確実に防御効果が発揮できる。

津波に対応するために堤防高さが高く、結果、洪水や高潮にも対応できる。

水門と比べて管理費用を抑えることができる。

一方で、長大な線構造物が構築されることになり、以下のようなデメリットも発生する。

堤防が高くなるため、橋梁を高く架ける必要があり、盛土道路により街が区切られる。

堤防が大きくなるため、堤防建設に必要な用地買収が多くなる。

堤防が高く（大きく）なるため、圧迫感を緩和する工夫が必要になり、堤防背面の腹付け盛土による緩傾斜化や植樹による緑化等の追加対策が必要となる場合がある。（まちづくりとの連携によって背後地盤の嵩上げが可能となる場合などには、堤防高さは相対的に小さく抑えられるとともに、堤防の強化を見込むこともできる。）

河川を遡上する津波の速度は、海岸堤防を越えて陸地を進む津波のそれと比べると格段に速い。そのため、計画を越える津波が来襲した場合、地形によっては、陸地を進んでくる津波の到達時間よりも、河川の上流域で堤防を越水してから回り込んでくる津波の到達時間の方が短くなるケースも想定される。このような場合には、河川の上流域であっても、避難時間が短くなる。

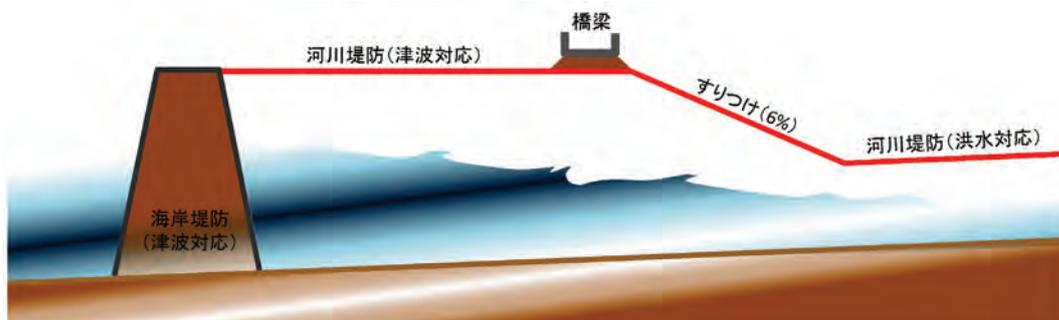


図 2-12 堤防方式のイメージ図

これらを踏まえ、津波水門方式と堤防方式の経済比較だけでなく、まちづくりとの整合性や水門操作の確実性、計画を超える規模の津波への対応性を十分に評価し、総合的な比較検討を行って、本県における津波防御の考え方を以下のとおり設定した。

①津波防御の方式としては、「堤防方式」を基本として選定する。

②堤防方式とすることで、新しいまちづくりに著しく支障となる場合には、沿岸市町と十分に調整した上で、水門方式を選択することもできる。

堤防方式を選定したポイントは以下のとおりである。

1) 堤防方式は、「頻度の高い津波（レベル1津波）」に対して、確実に効果が期待できる。

① 大規模地震時の水門の操作確実性は担保できないのに対し、堤防方式は人的操作が不要であることを重視した。

② 水門閉扉時の河川流量による浸水や、万が一の洪水と津波の同時生起にも有効である。

③ 堤防が高くなることから河口部の治水安全度も高まり、洪水や高潮への対応も期待できる。

2) 「最大クラスの津波（レベル2津波）」に対しては、シミュレーションにより被害を想定し、適切な「土地利用」や「避難誘導體制」等、まちづくりと連携して備えを確立することができる。

① 河川遡上津波の速度が速いことから、上流側で避難時間が減少するなどの局所的なデメリットがある場合には、多重防御やソフト対策により適切に対応する。

3) 整備する防御レベルを維持し続けることができ、将来においてより向上することができるような施設整備を心がける。

① 堤防方式による整備は、激甚な災害被害を受け、一からまちづくりを始めるこの「今」しかできないものである。

② 将来にわたる維持管理費と更新費用を考慮しつつ、後世においても有効に活用されるような施設を遺すことが重要と考える。

(2) 堤防方式における津波防御

1) 「施設画面上の津波」と「計画上の河川津波水位」

本県では、「河川津波対策について」（国水河計第20号，河川計画課長・治水課長）に基づき、「施設画面上の津波」を次のとおり設定した。

- ① 津波は波源域から一連で計算するものとし，地域海岸の設計津波で検討した「明治三陸地震津波」，「想定宮城県沖地震津波（連動型）」を対象とする。
- ② 河口部の水位は朔望平均満潮位とする。（各河川の水位設定については，宮城県第4次地震被害想定調査で検討された潮位を用いる。）
- ③ 河川の流況については，平水流量が小さいため計算上無視する。
- ④ 地震に伴う広域地盤沈下量は，対象津波毎に設定する。
- ⑤ この津波を次の条件でシミュレーションし，「計画上の河川津波水位」を設定している。
- ⑥ 津波の河川遡上シミュレーションは，海岸と同じ10mメッシュを基本とする。
- ⑦ 河川遡上シミュレーションにより求めた津波到達範囲を津波遡上区間とする。（チリ地震などの遠地津波はシミュレーションが困難なことから，レベルバックで河床に摺りつくまでの区間とする。）
- ⑧ 津波の減衰や増幅等を勘案し，河川津波水位を設定する。
- ⑨ 県管理河川は，堤防幅が比較的狭いため左右岸別の水位設定は行わない。

2) 堤防の高さの設定

堤防の高さは，「設計津波の水位」と「計画上の河川津波水位」に基づいて設定する。

河口部における高さは，海岸保全施設と同じ天端高とし，設計津波の水位又は高潮の打ち上げ高に「必要と認められる値」1.0mを加えた高さ以上とすることを原則とする。

高潮対策における堤防の高さは，河口部から自己流堤防に取り付くまでの間をレベルバックで整備されることが多いが，津波による堤防高さは相当に高くなることから，津波遡上シミュレーション結果等を踏まえ，上流に向かって階段状（レベル）に下げていくこととする。

なお，自己流として必要な堤防高は確保するものとする。

堤防高を設定する考え方は，次のとおりである。

- ① 河口部における堤防の高さは，海岸保全施設の天端高と同一とする。
- ② レベル1津波対策区間の津波対策の堤防の高さは，津波水位に「必要と認められる値」1.0mを加えた値を基本とする。
- ③ 堤防高の縦断変化点の考え方は，以下のとおり。

河口から第1の山付部までは，隣接する海岸堤防と同一の高さとすることを基本とする。

海岸堤防と同一の高さとする区間から上流は，河川津波遡上計算水位に「1.0m」を加えた高さで水平に（レベルで）設定することを基本とする。

堤防高の変化は山付部で行い，河川津波遡上シミュレーションによる計算水位の減衰に従って，区間毎に上流に向かって階段状に（レベルで）高さを下げていくことを基本とする。

異なる堤防高間のすりつけ勾配は，6%を標準とする。

④ 補足事項

運河等、海岸線に近接し平行に流れる河川は、津波来襲時に低部から越流することがないように一定の高さで設定する。

第1の山付部より上流で、高さの変化点が概ね1.0km以上離れており、その区間の高さが計算水位に対して著しく過大となる場合には、計算水位に「1.0m」を加えた高さを包含するように上流に向かって一定勾配で高さを下げていく。

河口から第1の山付部までの間に計算水位波形が減衰傾向とならない場合は、減衰傾向が表れる距離より上流の山付部まで、隣接する海岸堤防と同一の高さとする。

JRや国道、主要道路など二線堤として評価できる盛土を山付部とみなすことができる。

レベル1津波対策区間とは、「施設設計上の津波水位」に「必要な高さ」を加えた「津波対策の堤防高さ」が、自己流の計画高水位に流量に応じた余裕高を加えた堤防高よりも高い区間をいう。

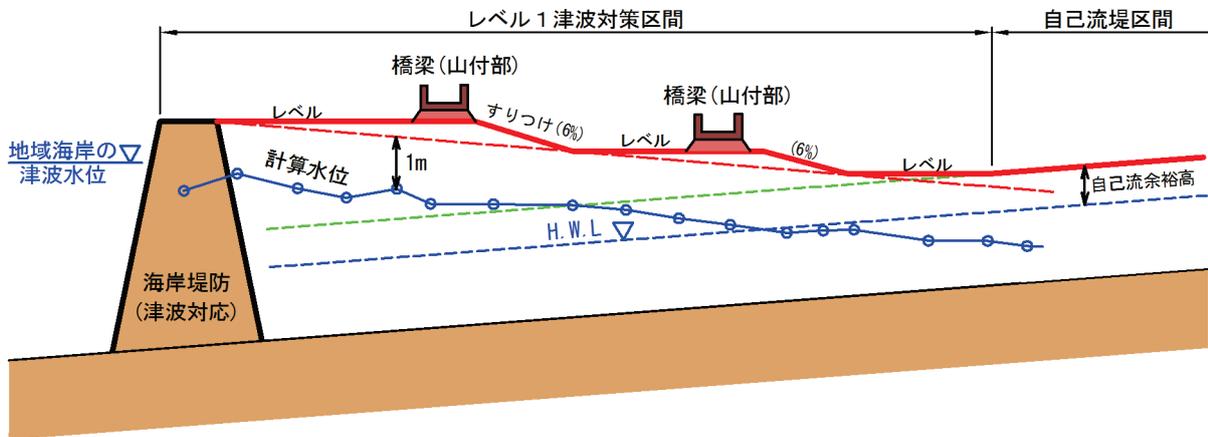


図 2-13 堤防高さの設定方法の一例

3. 港湾における海岸堤防の整備位置について

(1) 主旨

海岸堤防は、主に沿岸の地域全体の安全の確保、快適性や利便性の向上に配慮し、地域が一体となった計画の推進が重要であることから、県土の利用、開発及び保全に関する計画、環境保全に関する計画、地域防災計画、災害関連計画等関連する計画との整合性を確保するよう計画され、これにより高潮や津波から国土や人命、財産のほか地域の経済活動の安定化、生産拠点となる施設等を防護することを基本としている。

一方、海と密接な関係により産業・経済活動が成立する漁港施設や港湾施設において、すべての施設を海岸堤防より陸側の土地におさめることは地域の経済活動の効率を低下させることも想定されるため、海岸堤防より海側の土地利用を考慮したうえで海岸堤防の整備位置を検討する必要がある。

沿岸部の市町からは、復興まちづくり計画を策定するにあたり、海岸堤防より海側への設置が可能な施設の明確化について要望が出され、漁港管理者及び港湾管理者も統一的な見解を示すべきであるとの考えから、漁港及び港湾における海岸堤防の整備位置を決めるにあたり、人命保護を最優先と考えながら、漁港施設や港湾施設において、海岸堤防より海側の土地に設置が可能な施設や考慮すべき事項について整理し、とりまとめた。

1) 海岸堤防整備位置決定における基本的な考え方

海岸堤防の整備位置決定の基本的な考え方は以下のとおりである。

- 背後に低平地が存在し、漁港及び港湾区域を超えて広域に浸水被害が及ぶ場合、漁港及び港湾の海岸堤防はレベル1津波からすべての人命及び財産を確実に保護できる配置計画とすることを原則とする。
- なお、配置計画の検討については、海岸堤防より陸側の土地（以下「堤内地」という。）の有効利用を考慮するため、できるだけ水際に近い位置に海岸堤防を整備することを原則とする。

【解説】

海岸堤防を整備することにより、レベル1津波から、人命を確実に保護し、地域の経済活動の安定化、効率的な生産拠点を確保することができると考えられる。また、海岸堤防をできるだけ水際に整備することにより、レベル1津波による浸水から、人命や財産を保護した上で利用可能な土地を広範に確保する事ができると考えられる。

ただし、現地の土地利用状況や様々な計画を考慮して配置を決定する必要がある。

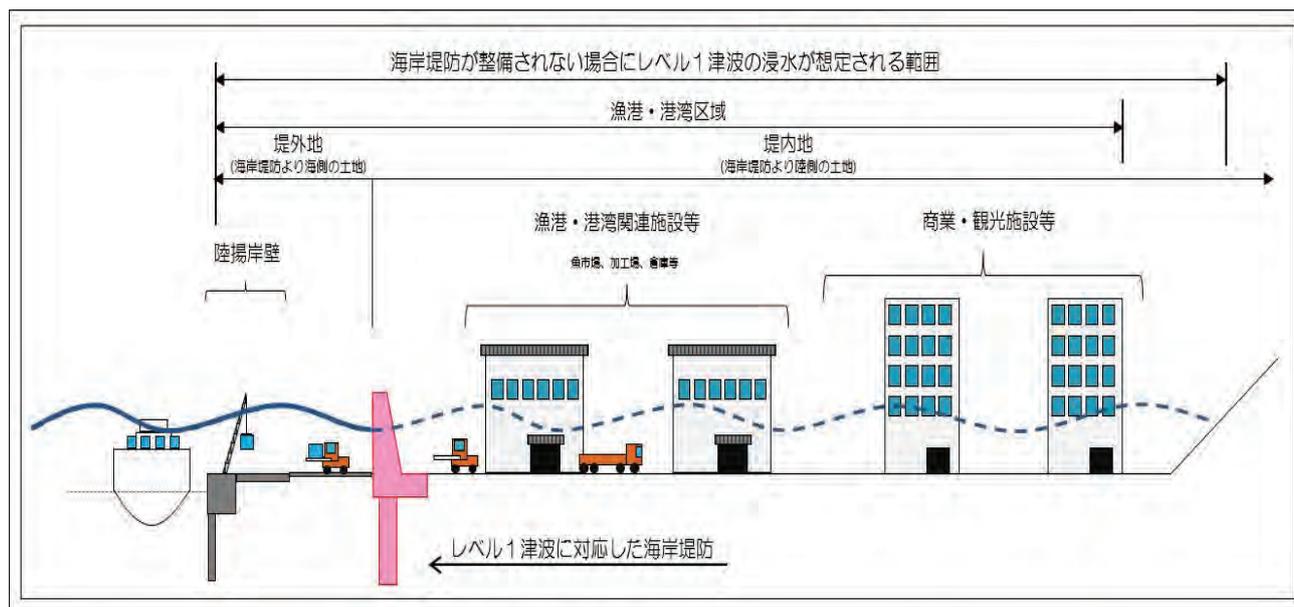


図 2-14 海岸堤防によりレベル1津波から防護したイメージ図

2) 海岸堤防整備位置決定における考慮事項

海岸堤防の整備位置を決める際には、以下の点を考慮する必要がある。

- 水際に隣接した土地へ集積することが必要な水産・港湾関連産業の施設配置を考慮する。

【解説】

海岸堤防の整備位置については、海岸堤防整備位置決定における基本的な考え方のおり原則として、全ての人命及び財産を確実に保護できる配置計画とすべきである。

しかし、漁港や港湾を利用するなど、海との密接な関係により産業・経済活動が成立する施設については、水際に隣接した土地へ集積する必要があることから、すべての施設を堤内地に設けることが困難であり、やむを得ず海岸堤防より海側の土地（以下「堤外地」という。）へ設置することが必要となる場合も想定される。

第1章 「災害に強いまちづくり」
宮城モデル」の構築

第2章 安心安全なまちづくり

第3章 「港湾」「道路」・
「漁港」・「空港」等

第4章 早期復旧と復興の
加速化に向けた取組

第5章 震災教訓の伝承

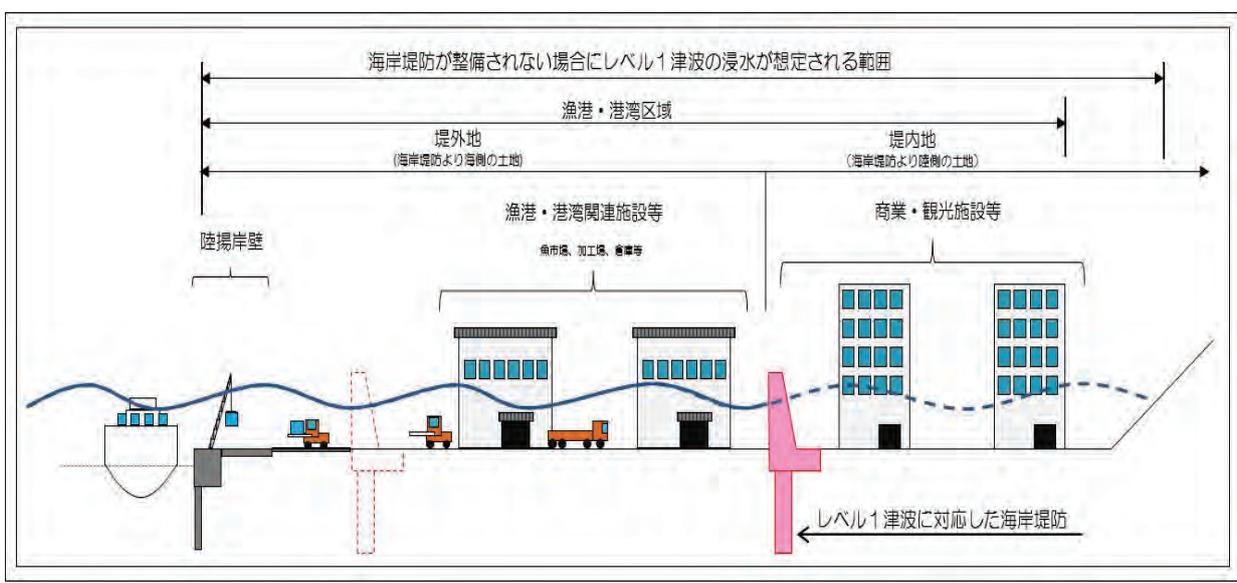


図 2-15 水際に隣接した土地へ集積することが必要な施設を考慮したイメージ図

(2) 堤外地に設置が可能な施設の考え方

堤外地に設置が可能な施設については、以下のとおりと考える。

- 海岸堤防整備位置決定における基本的な考え方に基づき、海岸堤防により、すべての人命や財産が守られることを原則とするが、海岸堤防整備位置決定における考慮事項を踏まえ、別表の施設については堤外地への設置がやむを得ないものと考えられる。
- ただし、津波に対し、堤内地に比べて明らかに安全度が低い場所であることから、別表の施設でも安易に堤外地へ設置することは避けるべきである。
- 堤外地に設置される施設については、利用者等への、安全かつ迅速な避難対策が講じられることが望ましい。

【解説】

漁港や港湾関連施設については、その目的上、水際に隣接した土地への設置が必要な場合もあり、地域の状況によっては、別表の施設を堤外に設置した、海岸堤防の位置決定もやむを得ないものとする。

高潮による海面上昇や津波が襲来した場合、堤外地では浸水を防ぐことは出来ず、財産の保護についても困難であるなど、堤内地より安全度が低い場所であることが明白であり、別表に掲げた施設であっても安易に堤外地へ設置することは避けるべきであり、地域の経済活動の効率を低下させない範囲で必要最低限の施設のみとすることが望ましい。

また、堤外地へ設置された場合においても、発生頻度の高い津波から利用者などの安全を確保し、人命保護に努めることが必要であるため、防災基本計画に基づいて策定される市町村地域防災計画等により、地域の特性に応じた具体的な津波避難計画を定めることが必要である。

防災基本計画 平成24年9月（中央防災会議） 【第3編第1章第5節第2項(2)（一部抜粋）】

(2) 住民等の避難誘導體制

- 津波による危険が予想される市町村は、具体的なシミュレーションや訓練の実施等を通じて、また、住民、自主防災組織、消防機関、警察、学校等の多様な主体の参画により、避難対象地域、避難場所・避難施設、避難路、津波情報の収集・伝達の方法、避難勧告・指示の具体的な発令基準、避難訓練の内容等を記載した、具体的かつ実践的な津波避難計画の策定等を行うとともに、その内容の住民等への周知徹底を図るものとする。また、ハザードマップの整備、防災教育、防災訓練の充実、避難場所・津波避難ビル等や避難路・避難階段の整備・確保等のまちづくりと一体となった地域防災力の向上に努めるものとする。国は、津波避難対策に関するマニュアルの見直しを行うなど地方公共団体の取組に対し、適切な支援を実施するものとする。

【別表】

堤外地への設置がやむを得ないと考えられる施設は以下のとおりと考える。

種別	施設名の総称	左記の詳細
漁港関連施設	船舶及び船舶付随施設	漁船保管施設, 漁船修理施設, 漁具保管修理施設, 漁船の造船施設及びその付帯施設
	補給施設	漁船のための給水, 給氷, 給油, 給電施設
	養殖及び養殖用施設	水産種苗生産施設, 養殖用餌料保管調整施設, 養殖用作業施設及び廃棄物処理施設
	荷捌, 加工, 保管関連施設	荷さばき所, 荷役機械, 畜養施設, 倉庫, 野積場, 製氷, 冷凍及び冷蔵施設並びに加工場
	通信施設	陸上無線電信, 陸上無線電話及び気象信号所
	厚生施設	漁港関係者の休憩所, 診療所その他の福利厚生施設(宿泊設備を有する施設を除く)並びに工場等の労働者のための食堂及び売店
	管理施設	漁港管理用資材倉庫, 船舶保管施設その他の漁港の管理のための施設
	浄化施設	公害の防止のための導水施設その他の浄化施設
	処理施設	漁船の破砕その他の処理のための施設
	環境整備施設	海浜, 緑地, 広場, 植栽, 休憩所その他の漁港の環境の整備のための施設
交通施設	道路, 駐車場, 橋梁, 鉄道, 軌道, 運河及びヘリポート	
その他の施設	水産事業者の事務所, 店舗, 工場及びその付帯施設	
港湾関連施設	船舶及び船舶付随施設	船舶保管施設, 船舶修理施設, 漁具保管修理施設, 船舶の造船施設及びその付帯施設
	補給施設	船舶のための給水, 給氷, 給油, 給電施設
	養殖及び養殖用施設	水産種苗生産施設, 養殖用餌料保管調整施設, 養殖用作業施設及び廃棄物処理施設
	荷捌, 加工, 保管関連施設	荷さばき地, 荷役機械, 畜養施設, 倉庫, 野積場, 製氷, 冷凍及び冷蔵施設, 加工場, 貯木場, 貯炭場並びに上屋
	厚生施設	港湾関係者の休憩所, 診療所その他の福利厚生施設(宿泊設備を有する施設を除く)並びに工場等の労働者のための食堂及び売店
	管理施設	港湾管理用資材倉庫その他の港湾の管理のための施設
	浄化施設	公害の防止のための導水施設その他の浄化施設
	処理施設	船舶の破砕その他の処理のための施設, 廃棄物埋め立て護岸, 廃棄物受入施設, 廃棄物焼却施設, 廃棄物破砕施設その他の廃棄物の処理のための施設
	環境整備施設	海浜, 緑地, 広場, 植栽, 休憩所その他の港湾の環境の整備のための施設
	交通施設	道路, 駐車場, 橋梁, 鉄道, 軌道, 運河及びヘリポート
その他の施設	港湾関係事業者の事務所, 店舗, 工場及びその付帯施設	

【解説】

堤外地に設置が可能な施設は、漁港・港湾の土地利用において、漁港漁場整備法、港湾法に記載されている漁港施設（機能施設）、港湾施設であることを基本とする。

ただし、宿泊設備を有する施設については、津波襲来時に、施設利用者が速やかに避難することが困難と考えられること、また、廃油施設や貯油施設等の危険物を大量に常置しておく施設については、津波が襲来した場合に二次災害の危険性が非常に高くなることから、堤外地に設置が可能な施設からは除外する。

なお、別表に掲げる以外の施設であっても、海水浴場、生活道路、農地等については海岸管理者の判断により堤外地に設置することができるものとする。

また、堤外地へ設置する施設については、災害危険区域内外に係わらず、津波に対し構造耐力上の安全確保が必要と考えられるため、「津波に対し構造耐力上安全な建築物の設計等に係る追加的知見について（技術的助言）」の考えを取り入れる事や、二次災害を防止するため、津波による資機材の漂流や油流出の防止となる対策を図ることが望ましい。

※「津波に対し構造耐力上安全な建築物の設計等に係る追加的知見について（技術的助言）」とは、津波に対し構造耐力上安全な建築物の設計等について検討されたものであり、津波避難ビル等の指定による避難態勢の整備や、今後市町が指定する災害危険区域における建築制限を行う際に参考とされるものである。

第3項 レベル2津波に対する防潮堤の「粘り強い構造」

1. 防潮堤の「粘り強い構造」

(1) 「粘り強い構造」の方向性と構造上の工夫について

「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 報告 平成23年9月28日」で示された“設計対象の津波高を超えた場合でも施設の効果が粘り強く発揮できるような構造物”の考え方を受け、「平成23年度東北地方太平洋沖地震および津波により被災した海岸堤防等の復旧に関する基本的な考え方 平成23年11月16日」では、天端保護工、表法・裏法被覆工、裏法尻部、波返工の部位毎に、被災メカニズムと構造上の工夫が整理されている。

その中では、設計対象の津波高を超える津波が来襲し、堤防等の天端を越流することにより、堤防が破壊、倒壊する場合でも、施設の効果が粘り強く発揮できるような構造を、以下のいずれかの減災効果を目指した構造上の工夫が施されたものとしている。

- ・施設が破壊、倒壊するまでの時間を少しでも長くする。
- ・施設が完全に流失した状態である全壊に至る可能性を少しでも減らす。

そのような構造上の工夫の方向性として、裏法尻部への保護工の設置による洗掘防止や、裏法被覆工等の部材厚の確保等による流失防止などが挙げられている。

「粘り強い構造」の基本的な考え方は、設計対象の津波高を超え、海岸堤防等の天端を越流した場合であっても、施設が破壊、倒壊するまでの時間を少しでも長くする、あるいは、施設が完全に流失した状態である全壊に至る可能性を少しでも減らすといった減災効果を目指した構造上の工夫を施すことである。

「粘り強い構造」により施設の効果が粘り強く発揮された場合には、浸水までの時間を遅らせることにより避難のためのリードタイムを長くすること等の効果、浸水量が減ることにより浸水面積や浸水深を低減し、浸水被害を軽減する効果、第2波以降の被害を軽減する効果等が期待される。さらに、施設が全壊に至らず、一部残存した場合には、迅速な復旧が可能となり二次災害のリスクが減る効果や、復旧費用を低減する効果が期待される。また、今次津波においては、堤防が残存した箇所では侵食が殆ど見られなかった事例も確認されており、地形を保全する効果も期待される。

これらの構造上の工夫や施工上の留意点については、国土交通省 国土技術政策総合研究所 河川研究部から、「技術速報：粘り強く効果を発揮する海岸堤防の構造検討」として、第1報（平成24年5月14日）と第2報（平成24年8月10日）が出されており、これらに基づいて、粘り強い対策を堤防に関する構造上の工夫を行うものとする。

(2) 粘り強い構造

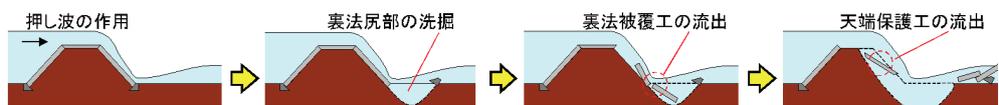
1) 裏法尻部、裏法勾配の対策

津波が堤防を越流した後、裏法を流下し流速が速くなった状態で裏法尻部の地面等に衝突することにより洗掘が起こり、これをきっかけに裏法被覆工等の損壊、流出を引き起こす被災形態が考えられる。このような被災形態に対して、以下の対策を行っている。

裏法尻部に保護工（被覆）を設置すること等により被覆し、洗掘を防止する。

裏法を緩勾配化することにより、水流を減勢させ、裏法尻部における衝撃を抑え、洗掘を防止する。

- 被災形態： 津波が海岸堤防を越流した後、裏法尻部の地面等を洗掘。これをきっかけに裏法被覆工等の損壊、流失を引き起こす。



- 工法： 裏法尻部に保護工を設置すること等により被覆
さらに、裏法尻部の被覆に加え、裏法を緩勾配化

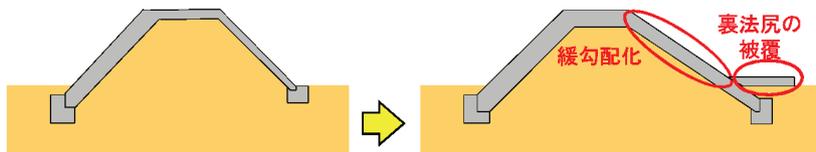


図 2-16 「粘り強い構造の海岸堤防について 国土交通省」抜粋



図 2-17 海岸堤防の被災事例

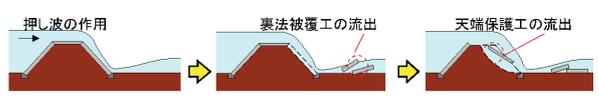
2) 天端部、裏法被覆部、表法被覆部の対策

津波が堤防等を越流する場合（引き波時を含む）は、天端部や裏法部で水流が高速になることによって、天端保護工・裏法被覆工（引き波時には表法被覆工）が流出する被災形態や、堤体土が被覆工の隙間から吸い出される被災形態が想定される。天端部に波返工がある場合には、波返工を乗り越え落下する水流が天端保護工に衝突し、損傷を引き起こすことも考えられる。

このような被災形態に対しては、以下の対策を行っている。

- 天端保護工や裏法被覆工、表法被覆工を厚くする。
- 部材間を連結することで、剥離を発生しにくくする。
- 水流に対して十分な重量や強度を確保する。

- ・ 被災形態： 津波の高速な水流による天端保護工、裏法被覆工の流失や堤体土の吸出し。（引き波においても同様の被災形態が考えられる。）



- ・ 工法： 天端保護工や裏法被覆工、表法被覆工の部材厚の確保、部材間の連結（重量や強度の確保）

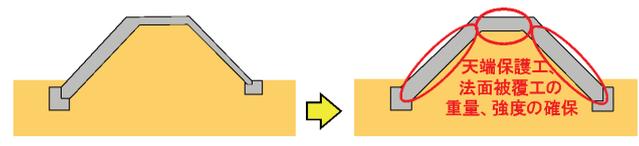


図 2-18 「粘り強い構造の海岸堤防について 国土交通省」抜粋



図 2-19 河川堤防の復旧事例（北上運河）

さらに、「技術速報 No. 1：粘り強く効果を発揮する海岸堤防の構造検討（第1報）平成24年5月14日」に基づき、川裏法被覆工にブロックを用いる場合にかみ合わせを採用（堤防を越流した流水による被覆工の不安定化の防止）したり、法肩部分を天端被覆工と一体化（堤防を越流する時に発生する裏法肩付近での負圧対策）したりする工夫を施すものとする。

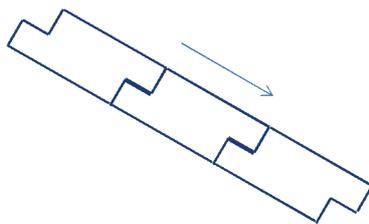


図 2-20 「粘り強い構造」における構造上の工夫（ブロック形状のかみ合わせによる不安定化の防止）

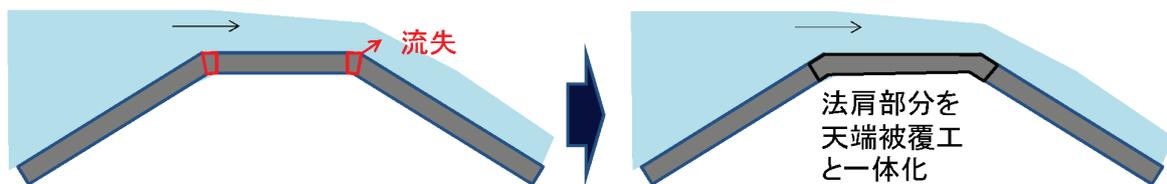


図 2-21 「粘り強い構造」における構造上の工夫（天端被覆工と法肩部分の一体化）

出典：「技術速報 No.1：粘り強く効果を発揮する海岸堤防の構造検討（第1報） 平成24年5月14日」

3) 波返工の対策

津波が堤防等を越流する際（引き波時を含む）には、天端に設けられていた波返工が破損し、堤体の消失に至る被災形態も想定される。

このような被災形態に対しては、以下の対策を行っている。

- 天端までを盛土構造とする。
- 波返工に配筋し、十分な強度を確保する。

- ・ 被災形態： 津波の波圧の作用による、波返工の倒壊等。



- ・ 工法： 天端まで盛土構造とする工法（海岸堤防の設計外力を高潮でなく津波とする場合）の検討や、波返工を採用する場合の、配筋による補強

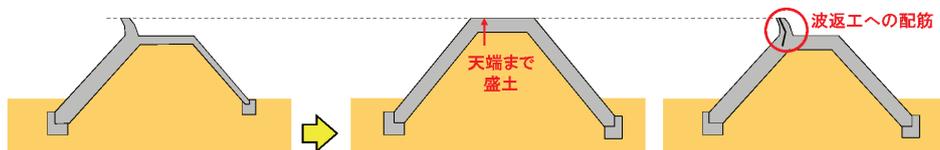


図 2-22 「粘り強い構造の海岸堤防について 国土交通省」抜粋

2. 港湾施設における粘り強い構造

(1) 背景

建設海岸の堤防は、平成24年4月23日付け国土交通省水管理局・国土保全局防災課の事務連絡で粘り強い構造への対応が示され、連続する港湾海岸の堤防においても同様の取扱いとすることで設計を進めていることから、港湾海岸の他の防潮堤についても粘り強い構造を検討する必要がある。

このような中、平成25年11月に国土交通省港湾局より「港湾における防潮堤（胸壁）の耐津波設計ガイドライン」（以下、「ガイドライン」という。）が示された。

しかし、ガイドラインは粘り強い防潮堤（胸壁）を設計するための基本的考え方をまとめたものとなっているが、以下の点については明記されていない。

- ・適用対象施設が港湾施設の外郭施設である防潮堤、護岸、堤防、胸壁となっているが、海岸保全施設である防潮堤へも適用すべきか
- ・ガイドラインの拘束力及びガイドラインを適用した場合に増加する工事費が補助対象となるか

そこで、港湾海岸の防潮堤の設計が一定程度進んでいる現状を踏まえたうえで、ガイドラインの取扱方針を示すものである。

(2) 港湾海岸の防潮堤に関するガイドラインの取扱方針

上記を総合的に勘案し、以下のとおり取扱う。

港湾海岸の防潮堤の設計においては、ガイドラインの事例に沿わなくても構わないものの、粘り強い構造への配慮は行うものとする。

【理由】

- ・港湾海岸の防潮堤の設計が一定程度進んでいること。
- ・ガイドラインには、粘り強い構造の工夫のイメージのみが示されており、設計に反映すべき具体的な数値基準が示されていないこと。
- ・採用に際し、「設計津波」を超える規模の津波に対する検討や水理実験等による有効性の証明等を求められることが想定され、復旧・復興の遅れにつながりかねないこと。
- ・そもそも、港湾海岸の防潮堤においては、杭基礎、舗装による洗掘・吸出防止等、堤防と比較し粘り強い構造への配慮がなされていると考えられること（次頁参照）。

※なお、上記対応方針は、ガイドラインの採用を妨げるものではなく、その意義は認められることから、設計においてその内容や趣旨が採用できると判断した箇所については、港湾局海岸防災課や会計検査院等への説明も考慮した上で適宜、事務所と港湾課で協議して対応を決定するものとする。

【参考】

「港湾の施設の技術上の基準」に基づく設計においても粘り強い構造への配慮がなされていると判断できる事例

港湾海岸の防潮堤（胸壁）の設計は、「港湾の施設の技術上の基準」に基づき実施しているが、その設計においてもガイドラインの事例と同じように粘り強い構造になっていると判断できるものも多い。

そのため、必ずしもガイドライン通りでなくても、以下のような事例においては粘り強い構造への配慮が行われているものと判断できる。

表 2-8 ガイドラインでの例示と港湾海岸の防潮堤の設計例の比較

ガイドラインでの例示		港湾海岸の防潮堤の設計例	
箇所	対策	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	①底版	躯体底版によ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とする。		
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。	②被覆石 ③舗装工	前面の被覆石や、背面の管理用通路の舗装等により洗掘・吸出を防止。
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。	④基礎工	杭と堤体本体の剛結。
基礎工②	基礎（砕石）等を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）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。	⑤矢板 ⑥杭	洗掘や吸出による基礎地盤の流出抑制。堤体の滑動、転倒及び基礎の支持力に対する安定性増加。

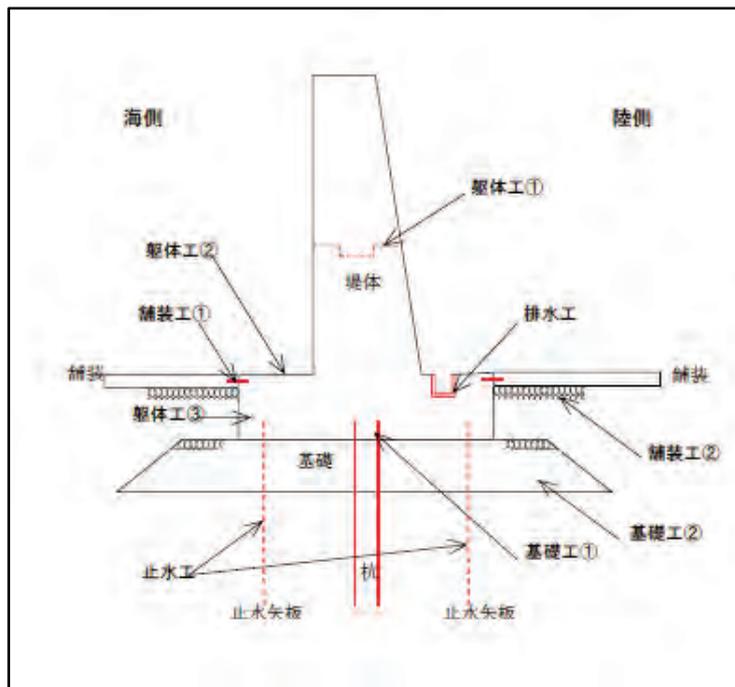


図 2-23 ガイドラインの粘り強い胸壁の断面例

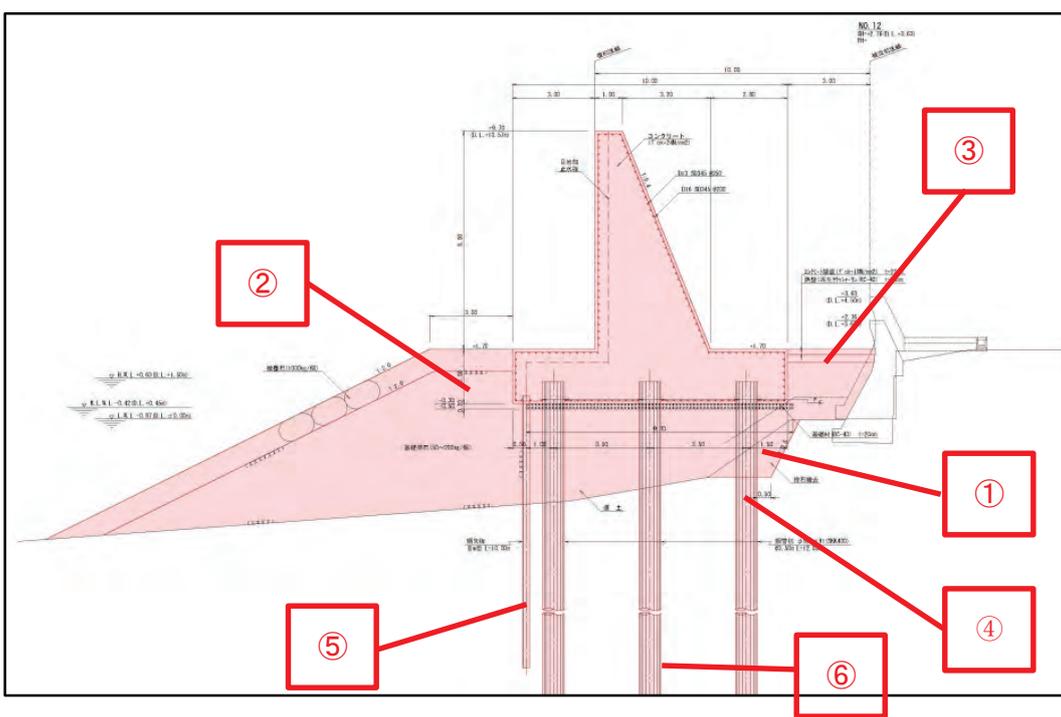


図 2-24 本県の港湾海岸における防潮堤の設計断面例

3. 防潮堤の耐震対策

(1) 状況

「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 報告 平成23年9月28日」の報告によると、M9.0の地震後、M7.0以上の余震が6回、M6.0以上が93回、M5以上が560回発生している（「平成23年 東北地方太平洋沖地震」について（第55報）気象庁）。

沿岸部での最大地殻変動量は、上下方向1.2m、水平方向5.3mであった。

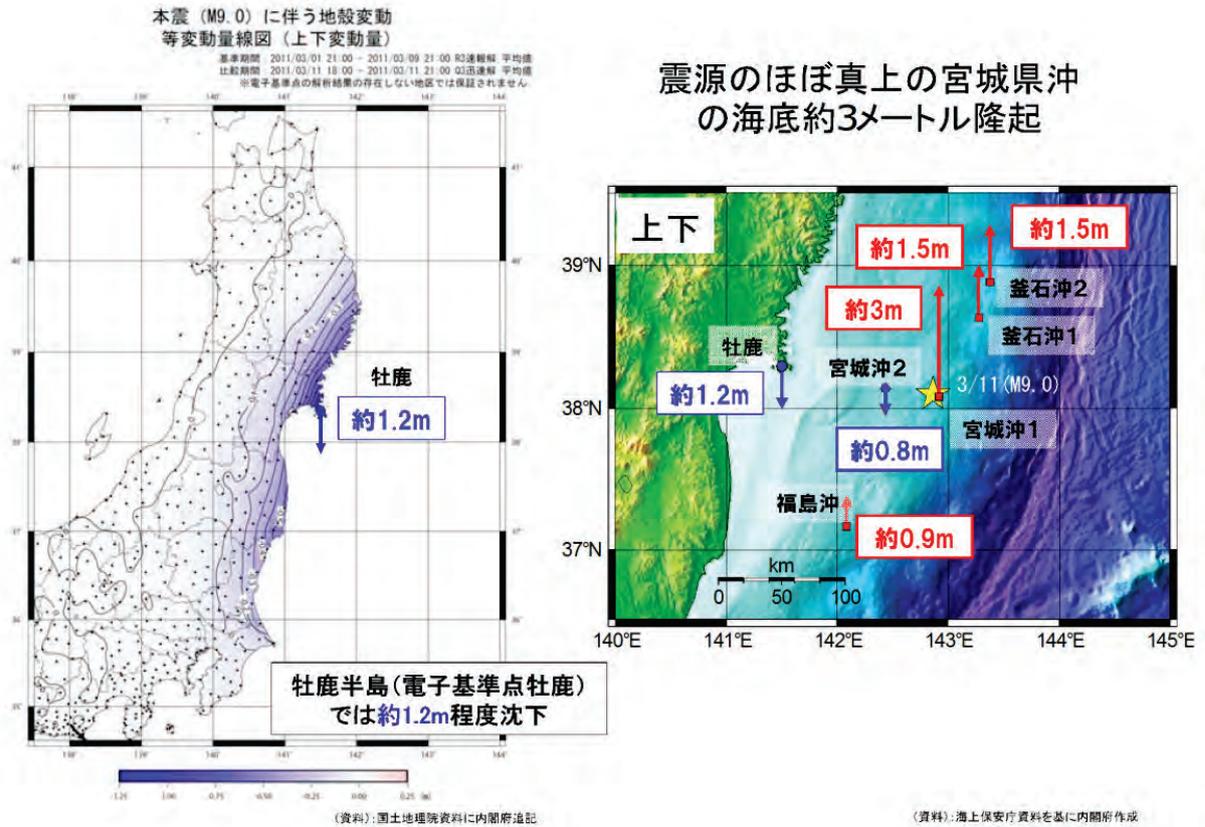


図 2-25 地殻変動量 (上下方向・中央防災会議資料)

第1章 「災害に強いまちづくり」の構築

第2章 安心安全なまちづくり

第3章 「港湾」・「空港」等

第4章 早期復旧と復興の加速化に向けた取組

第5章 震災教訓の伝承

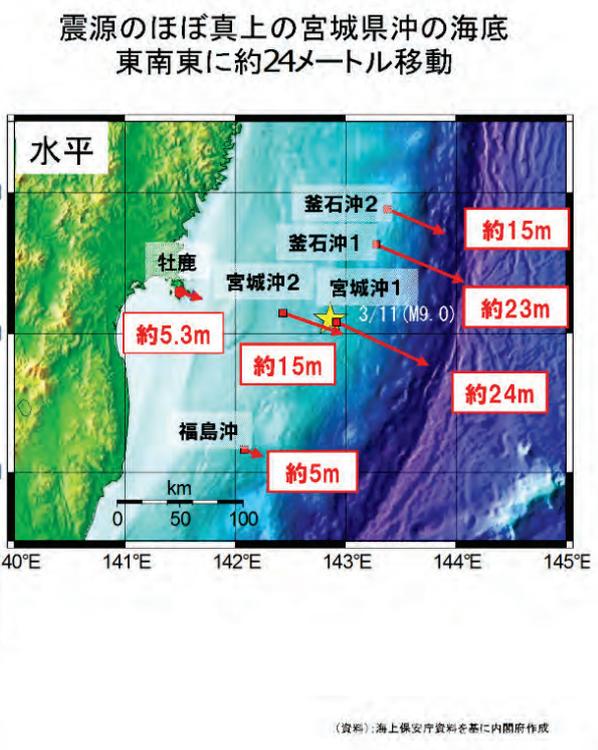
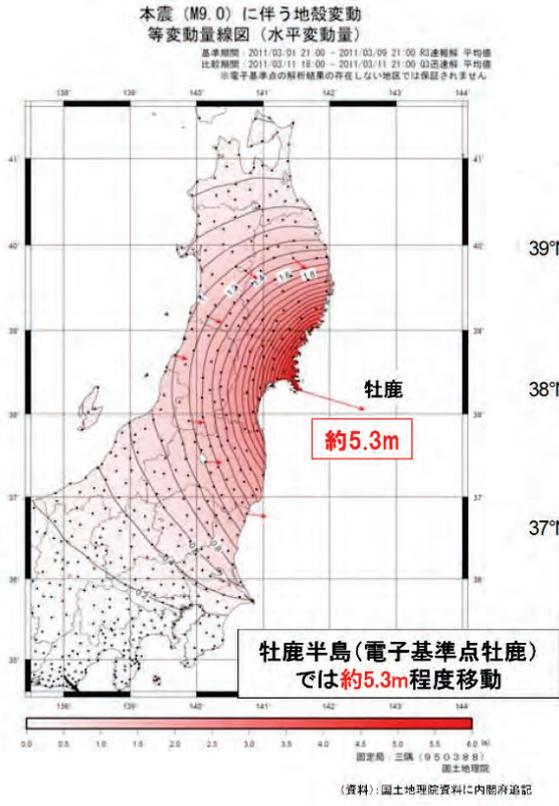


図 2-26 地殻変動量 (水平方向・中央防災会議資料)

さらに、地震によって地盤や堤体の液状化が発生し、堤体が大きく沈下している状況もみられる。



図 2-27 液状化の状況 (名取川周辺)

(2) 対策

津波による越水を除くと、地震時における河川堤防の主な被災原因は液状化であり、従来から想定されていた“基礎地盤の液状化”を原因とするものも多数確認されているが、これまで地震による堤防の被災として主眼の置かれていなかった“堤体の液状化”による被災も多数発生している。

また、東北地方から関東地方の太平洋沿岸を中心に地殻変動に伴う“地盤沈下”が観測され、浸水被害が拡大・長期化した地域も多い。

このため、河川・海岸施設における地震の影響として、次のものを考慮することとし、震災後に改定された「河川構造物の耐震性能照査指針・解説 平成24年2月」に準拠して、施設設計を行うこととした。

- 構造物の重量に起因する慣性力や地震時土圧、地震時動水圧
- 地盤や堤体の液状化
- 広域沈下量（広域な地盤沈降の影響）

【参考】

東北地方太平洋沖地震による堤防被災のなかには、堤防機能を失するような大規模な被災も含まれていた。この地震による河川堤防の被災は、過去の地震による堤防の被災と比較して範囲も規模も甚大であったことから、「東日本大震災を踏まえた今後の河川堤防の耐震対策の進め方について 報告書 平成23年9月」に整理された知見を踏まえ、平成19年3月に策定された「河川構造物の耐震性能照査指針（案）・同解説」のⅠ共通編及びⅡ堤防編の見直しが行われ、平成24年2月に「河川構造物の耐震性能照査指針・解説」Ⅰ共通編及びⅡ堤防編として改訂されている。

(3) 耐震対策に関する留意事項

1) 従来の耐震対策

阪神淡路大震災を受け、地震動に対する新たな耐震対策として、地震動レベルの考え方が導入された。河川管理施設や海岸保全施設の耐震設計では、施設の供用期間中に1～2度発生する確率を有する地震動（レベル1地震動）に対し構造の安全及び天端高の維持が必要とされている。また、背後地の重要度等に基づき、より高い耐震性能が必要とされる海岸保全施設については、現在から将来にわたって当該地点で考えられる最大級の強さを持つ地震動（レベル2地震動）に対して生じる被害が軽微であり、かつ、地震後の速やかな機能の回復が可能なものとされている。

なお、液状化の影響を考慮し、必要な液状化対策又は構造の対応を実施するものとされている。

2) 海岸堤防等の防護対象となる規模の津波を生じさせる地震に対する耐震対策

設計津波に関する新たな考え方の導入に伴い、施設の防護対象となる規模の津波を生じさせる地震により、津波到達前に機能を損なわないよう耐震対策を実施する必要がある。

当該地震がレベル1地震動以下の強度の場合には、技術上の基準に従い構造の安全及び天端高の維持が必要である。当該地震がレベル1地震動を超える強度の場合においても、生じる被害が軽微であり、かつ、地震後に来襲する津波に対して構造の安全及び天端高を維持することが必要である。

堤防等の天端高は、地震発生の際、主に地殻変動に伴う地盤沈下と、地盤の液状化による堤体の沈下の影響を受ける。このため、これらに対する耐震対策を実施することにより、地震後においても必要な天端高を維持しなければならない。

3) 地殻変動に伴う地盤沈下への対策

施設の防護対象となる規模の津波を生じさせる地震の発生に伴う断層運動により、広域にわたって地殻変動に伴う地盤沈下が予測される場合には、当該地震の発生後に必要な高さが確保されているように、施設の天端高に、あらかじめ地盤沈下の予測量を加えておく必要がある。

4) 液状化による堤体の沈下の対策

施設の防護対象となる規模の津波を生じさせる地震に伴い、地盤の液状化が予測される場合には、必要な液状化対策を実施する必要がある。

なお、液状化が生じる場合においても、設計津波に対する施設の構造の安全が確保される場合には、あらかじめ液状化による沈下の予測量を天端高さに加えておく対策も考えられる。