

## 港湾の津波避難施設的设计ガイドライン（案）



港湾の津波避難施設の設計検討WG メンバー

|     |           |  |
|-----|-----------|--|
| 座長  | 清宮 理      | 早稲田大学 理工学部 社会環境工学科 教授                    |
| 委員  | 福田 功      | (独)港湾空港技術研究所 理事                          |
| 〃   | 下迫健一郎     | (独)港湾空港技術研究所 海洋研究領域長                     |
| 〃   | 富田 孝史     | (独)港湾空港技術研究所<br>アジア・太平洋沿岸防災研究センター 副センター長 |
| 〃   | 加藤 絵万     | (独)港湾空港技術研究所 構造研究チームリーダー                 |
| 〃   | 小濱 英司     | (独)港湾空港技術研究所 耐震構造研究チームリーダー               |
| 〃   | 浅井 正      | 国土技術政策総合研究所 沿岸防災研究室長                     |
| 〃   | 宮田 正史     | 国土技術政策総合研究所 港湾施設研究室長                     |
| 事務局 | 港湾局 技術企画課 | 技術監理室、海岸・防災課                             |



## 港湾の津波避難施設に係る特殊性（要旨）

### 1. 総則

- 本ガイドラインは、「津波避難ビル等に係るガイドライン」や「東日本大震災における津波による建築物被害を踏まえた津波避難ビル等の構造上の要件に係る暫定指針」等の既存ガイドラインに港湾の特殊性を上乗せしたものである。
- 「港湾の津波避難施設」を設置する場合、避難上、構造上、管理上の要件に関して、本ガイドラインを参考とすることができるが、それ以前に、施設の本来の設置根拠となる関連法令に適合する必要がある。
- 港湾における地域防災計画の立案においては、原則として、最大クラスの津波を津波浸水想定区域の検討に採用することとなるが、最大クラスの津波に対応できる「港湾の津波避難施設」を指定できない場合（建設できない場合を含む）、「港湾の津波救命施設」の活用を想定することが望ましい。

### 2. 港湾の津波避難施設と津波救命施設

- 「港湾の津波避難施設」には、津波避難ビル、津波避難タワー、高台等がある。
- 「港湾の津波救命施設」として、照明塔、コンテナクレーン、倉庫等の活用が考えられる。

### 3. 避難上の要件

- 避難するための高さについては、液状化や地殻変動に伴う地盤沈下及び漂流物や火災の影響を考慮に入れて、余裕高を見込むことが望ましい。
- 港湾においては、避難対象者が限定的である。避難困難地域の抽出においては、その特殊性を考慮に入れることが可能である。

### 4. 構造上の要件

- 円筒形状の構造物においては、作用する津波波力として、屋外貯蔵タンクに作用する波力算定式を参照することが可能である。
- 地震動については、想定する津波に先行する地震動を適切に設定する必要がある。
- 対象港湾において、津波による漂流物を適切に設定し、その作用を評価する必要がある。なお、大型の漂流物に対する耐久性を確保することは困難であることから、防衝工等により漂流物による直接的な作用を低減させる工夫をすることが望まれる。
- 港湾は液状化しやすいことから、適切に液状化対策を実施する必要がある。なお、液状化の判定には、適切な手法を選定する必要がある。

5. 管理上の要件

- 民間等の施設を避難施設として指定する場合、所有者や管理者の理解が必要である。

## 目 次

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| 1. 総則                             | 1  |
| 1. 1 総説                           | 1  |
| 1. 2 ガイドラインの適用範囲                  | 4  |
| 1. 3 用語の定義                        | 5  |
| 1. 4 関連法規等                        | 7  |
| 2. 港湾における津波避難施設等の検討手順             | 9  |
| 2. 1 施設の種類                        | 9  |
| 2. 1. 1 一般                        | 9  |
| 2. 1. 2 港湾津波避難施設                  | 10 |
| 2. 1. 3 港湾津波救命施設                  | 10 |
| 2. 2 要件の整理                        | 11 |
| 2. 3 津波避難施設を設計するにあたっての作業フロー       | 12 |
| 3. 避難上の要件                         | 13 |
| 3. 1 避難上の要件の基本                    | 13 |
| 3. 2 避難困難地域の検討                    | 14 |
| 3. 2. 1 港湾における避難対象者               | 14 |
| 3. 2. 2 避難対象地域の把握                 | 14 |
| 3. 2. 3 津波到達予想時間、避難目標地点、避難可能距離の設定 | 15 |
| 3. 2. 4 避難経路・避難方法                 | 17 |
| 3. 2. 5 津波困難地域の抽出                 | 18 |
| 3. 2. 6 対象人員の算出                   | 18 |
| 3. 2. 7 その他                       | 19 |
| 3. 3 避難施設の規模と配置                   | 20 |
| 3. 3. 1 必要面積                      | 20 |
| 3. 3. 2 避難スペースの高さ                 | 20 |
| 3. 3. 3 階段、手すり、柵など                | 20 |
| 3. 3. 4 配置・形状・向き                  | 21 |
| 3. 3. 5 液状化および地殻変動による沈下に対する対応     | 22 |
| 3. 3. 6 漂流物に対する配慮事項               | 22 |
| 3. 4 避難施設に設置する諸設備                 | 23 |

|                         |    |
|-------------------------|----|
| 4. 構造上の要件               | 25 |
| 4. 1 構造上の要件の基本          | 25 |
| 4. 2 津波避難施設の要求性能と性能照査   | 25 |
| 4. 2. 1 津波避難施設の要求性能     | 25 |
| 4. 2. 2 照査対象            | 27 |
| 4. 2. 3 照査フロー           | 27 |
| 4. 3 作用                 | 29 |
| 4. 3. 1 津波に関する事項        | 29 |
| 4. 3. 2 地震動に関する事項       | 36 |
| 4. 3. 3 漂流物に関する事項       | 37 |
| 4. 3. 4 火災に関する事項        | 40 |
| 4. 3. 5 耐久性に関する事項       | 42 |
| 4. 4 性能照査法              | 43 |
| 4. 4. 1 津波避難施設の要求性能     | 43 |
| 4. 4. 2 液状化の検討          | 47 |
| 4. 4. 3 考慮する荷重と荷重の組み合わせ | 48 |
| 4. 4. 4 構造物の安定性         | 50 |
| 4. 4. 5 構造部材の断面力        | 52 |
| 4. 4. 6 構造部材の耐力         | 53 |
| 4. 4. 7 受圧面の設計          | 53 |
| 4. 4. 8 基礎の設計           | 56 |
| 4. 4. 9 構造細目            | 57 |
| 4. 4. 10 その他の構造設計上の配慮   | 58 |
| 5. 管理上の要件               | 60 |
| 参考文献                    | 61 |

## 1. 総則

### 1. 1 総説

主として堤外地にあり沿岸部にある港湾は、その特殊性を考慮した津波避難対策を講じる必要がある。

また、港湾において津波避難施設を整備する際には、最大クラスの津波を想定した津波避難施設を検討する他、発生頻度の高い津波がより到達時間が短いこと等を想定した津波救命施設を必要に応じて検討することが必要である。

#### 【解説】

##### (1) 港湾における津波避難対策

主として堤外地にあり沿岸部にある港湾は、産業・物流機能や海上交通の拠点であり、労働者や旅行客など様々な人が活動している。しかしながら、堤外地に立地していることから、発生頻度の高い津波であっても浸水することが予想され、また、避難に適した高台から離れていることや液状化しやすい場所であること等、一般的な市街地に比べて特殊な条件を有しており、その特殊性に配慮した津波への対策を要する地域である。

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それに伴う津波は、2 万人近くもの死者・行方不明者を出す未曾有の大災害となった。特に、死者の 9 割以上が津波に巻き込まれたことにより水死したと言われており、津波に対する避難対策は不可欠となっている。港湾は、一般的な市街地に比べ、その特殊性を考慮したより一層の安全かつ迅速な津波避難対策を講じることが求められる。

「**港湾の避難対策に関するガイドライン**」<sup>1)</sup>は、港湾における津波避難対策について、港湾の特殊性を考慮しつつ、ハード対策及びソフト対策を組み合わせ、総合的に検討する際の参考として活用され、ひいては堤外地で活動する者や港湾利用者等が津波発生時により安全に避難が行われることに資することを目的として、平成 25 年 9 月に策定された。この中では、ハード対策の一つとして、港湾において津波から緊急的・一時的に避難する施設（以下、「津波避難施設」という）の検討の必要性を示している。

本ガイドラインは、港湾管理者等による津波避難施設の設計が円滑に行われることを目的として、「**港湾の避難対策に関するガイドライン**」と共に策定されたものである。

##### (2) 津波避難施設の基本

東日本大震災のような惨禍を二度と繰り返すことのないよう津波対策を推進することを目的として、津波対策の推進に関する法律（平成 23 年法律第 77 号）が平成 23 年 6 月に成立した。さらに、中央防災会議は、「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」に関する最終報告を平成 23 年 9 月 28 日に公表した。これらを受けて、防災基本計画<sup>\*</sup>は、「津波災害対策編」を追加して、平成 23 年 12 月に改訂された<sup>2)</sup>。この

<sup>\*</sup>災害対策基本法に基づいて中央防災会議によって作成される都道府県地域防災計画と市町村地域防災計画の基本となるもの。

中では、国及び地方公共団体は、関係機関との連携の下、堤外地も含めた避難施設の整備その他避難対策の強化等の総合的な取組を進めるもの、と示されている。なお、津波の避難対策における浸水想定（区域及び水深）については、最大クラスの津波を想定することが原則とされており（消防庁<sup>3)</sup>、津波防災地域づくりに関する法律（平成 23 年法律第 123 号、以下「津波防災地域づくり法」）、国及び地方公共団体は、最大クラスに対応可能な避難施設を整備する必要がある。

津波避難施設に係るガイドラインとして、「津波避難ビル等に係るガイドライン」<sup>4)</sup>（以下、「旧ガイドライン」という）および「津波に対して構造耐力上安全な建築物の設計法等に係る追加的知見について」（平成 23 年 11 月 17 日付国住指第 2570 号）における「東日本大震災における津波による建築物被害を踏まえた津波避難ビル等の構造上の要件に係る暫定指針」（以下、「新ガイドライン」<sup>\*\*\*</sup>という）等があり、これらは津波避難施設の設計において参考にすることができる。

### （3）港湾の特殊性を考慮に入れた津波避難施設の必要性

港湾は、埋立地が多いために地震時に地盤が液状化する恐れが高く、また、堤内地に比べて津波や漂流物を減衰させる構造物が少ないことから、津波や漂流物の作用を強く受ける可能性がある。さらに、港湾は、堤内地に比べて地震発生から津波到達までの時間的猶予が短いにも関わらず、港頭地区等の SOLAS フェンスに囲まれた場所がある等の水平避難に時間を要する特徴を有する。また、利用上の特徴から、鉛直避難が可能な既存の高いビル等の建物が少ない地域でもある。

「旧ガイドライン」や「新ガイドライン」は、建築物や工作物を津波避難施設として設計するに当たっての一般的事項を示したガイドラインであり、港湾において津波避難施設を設計する際にも参考にすることができるが、上記のような港湾の特殊性への対応方法に関しては、明確に示していない。また、港湾は、水平避難に時間を要し、鉛直避難が可能な既存の高いビル等の建物が少ないことから、最大クラスの津波だけでなく、津波の規模は大きくないものの到達予想時間が短い津波等のあらゆる津波から安全かつ迅速な避難に向けた検討を行う必要がある。

港湾における津波避難対策においては、以上のような港湾の特殊性を考慮に入れた津波避難施設を整備することは不可欠であり、その設計のための指針が必要となっている。

### （4）港湾における津波避難施設

港湾における地震・津波対策のあり方（答申）では、発生頻度の高い津波に対しては、できるだけ構造物で人命・財産を守りきる「防災」と、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、最低限人命を守り被害をできるだけ小さくする「減災」を目指すものとしている。このため、港湾における津波避難施設は、港湾における避難困

---

※※「津波避難ビル等の構造上の要件の解説」<sup>5)</sup>において解説されている。

難地域の避難者が、最大クラスの津波に対して緊急的・一時的に避難することを目的としたもの（以下、「港湾津波避難施設」という）が基本となる。

また、港湾の特徴は、堤外地にあることから最大クラスの津波より小さい、発生頻度の高い津波もしくはそれよりも小さな規模の津波において港湾地域が浸水する場合があります、かつ、それらの津波は最大クラスの津波よりも到達予測時間が短いこともあり得る。港湾における避難困難地域は港湾荷役活動等を行っている水際線が多く、近隣に既存の津波避難施設が無く、かつ港湾津波避難施設を整備することが困難なところもある。このため、避難困難地域の避難者が、発生頻度の高い津波や到達予測時間が短い津波等最大クラスよりも小さな津波に対して緊急的・一時的に避難することを目的とした津波避難施設（以下、「港湾津波救命施設」という）について、必要に応じて検討することが望ましい。ただし、この場合、その対応可能な津波の規模等を明確にし、避難対象者等にあらかじめ周知することが必要である。

## 1. 2 ガイドラインの適用範囲

本ガイドラインは、港湾における津波避難対策において必要とされる津波避難施設を設計する際に適用する。

### 【解説】

本ガイドラインは、津波避難施設を港湾に設置するに当たっての考慮すべき事項を既存のガイドラインに追加したものであり、港湾に立地する津波避難施設の設計に適用するものである。また、本ガイドラインは、「旧ガイドライン」および「新ガイドライン」と同様に、法的な拘束力を有するものではない。

本ガイドラインを利用することで、港湾における津波避難施設の設計を実施する港湾管理者等は港湾の特殊性への対応方法を考慮に入れた津波避難施設を設計することができ、市町村は港湾における津波避難施設を地域防災計画の中で指定する際に参考にすることができる。

### 1. 3 用語の定義

本ガイドラインで用いる用語は、以下のとおり定義する。

#### **港湾津波避難施設：**

最大クラスの津波を対象とし、主として堤外地にあり沿岸部にある港湾における避難困難地域の避難者が津波から緊急的・一時的に避難することを目的としたものであり、港湾の特殊性への対応が考慮された津波避難施設のこと。津波避難ビル、津波避難タワー、高台等がある。

#### **港湾津波救命施設：**

最大クラスの津波に対応しないものの、発生頻度の高い津波もしくはそれよりも小さな規模の津波を対象とし、主として堤外地にあり沿岸部にある港湾における避難困難地域の避難者が津波から緊急的・一時的に避難する際に活用できる津波避難施設のこと。既存の施設の機能的、構造的な補強を施して活用することや新設の港湾施設に津波避難機能も付加したものが考えられる。

#### **津波避難施設：**

主として堤外地にあり沿岸部にある港湾における避難困難地域の避難者が津波から緊急的・一時的に避難する際に活用できる施設のことであり、港湾津波避難施設と港湾津波救命施設の総称として、本ガイドラインで定義した用語。

#### **堤外地：**

防潮堤等の防護ラインの外側（海側）のことであり、臨港地区を含む。その立地条件より、堤外地では避難困難地域が発生しやすい。

#### **避難困難地域：**

津波の到達までに、避難対象地域の外（避難の必要がない安全な地域）に避難することが困難な地域をいう。

#### **避難先：**

緊急避難場所、避難目的地及び津波避難ビルを総称して、「避難先」と表し、住宅が損壊した被災者等が仮設住宅などに移転できるまでの間や比較的長期にわたって避難するための避難所とは区別が必要である。

#### **最大クラスの津波：**

発生頻度は極めて低いが影響が甚大な津波のこと。

**設計津波：**

技術基準対象施設を設置する地点において発生するものと想定される津波のうち、当該施設の設計供用期間（技術基準対象施設の設計に当たって、当該施設の要求性能を満足し続けるものとして設定される期間をいう。以下同じ。）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をいう。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定される。

**津波浸水想定区域：**

最大クラスの津波が悪条件下を前提に発生したときの浸水の区域及び水深をいう。その想定は、都道府県知事が基本指針に基づき、設定し、公表される。

## 1. 4 関連法規等

港湾津波避難施設および港湾津波救命施設は、施設の設置根拠等となる法令の基準に適合する必要がある。

### 【解説】

港湾津波避難施設および港湾津波救命施設（以下、「港湾津波避難施設等」という）が、適合すべき法令を以下に示す。なお、それぞれの施設の設置根拠としている法律にはそれぞれの目的があることから<sup>\*</sup>、その目的と照らし合わせて、港湾津波避難施設等とすることが適切かどうか判断することが望ましい。

#### （1）災害対策基本法（昭和 36 年法律第 223 号）

災害対策基本法（昭和 36 年法律第 223 号）に基づいた津波を対象とした地域防災計画においては、最大クラスの津波を設定することとなっていることから、地域防災計画において指定される避難施設は、本ガイドラインでいう港湾津波避難施設に該当する。なお、避難施設の指定を法的に拘束する要件はない。

#### （2）津波防災地域づくりに関する法律（平成 23 年法律第 123 号）

津波防災地域づくり法の中で位置付けられる指定避難施設は、警戒区域内にあり、かつ、構造上、避難上、管理上の要件を満たす施設でなければならない。

すなわち、避難施設は、災害対策基本法に基づくものと津波防災地域づくり法に基づくものの 2 つがあり、要件の拘束力は基づく法律によって異なる。

#### （3）建築基準法（昭和 25 年法律第 201 号）

港湾津波避難施設等が建築物である場合、建築基準法に適合しなければならない。港湾施設であっても旅客施設、上屋、倉庫、港湾管理施設等は建築物であり、建築基準法に適合する必要がある。

#### （4）港湾の施設の技術上の基準を定める省令（平成 19 年国交省令 15 号）

港湾施設を港湾津波避難施設等として利用することも考えられ、この場合、その施設は港湾の施設の技術上の基準を定める省令および港湾の施設の技術上の基準の細目を定める告示（平成 19 年国交省告示 395 号）に適合する必要がある。

上屋や倉庫等は、建築物であるものの、港湾の技術基準対象施設でもあることから、港

---

<sup>\*</sup>例えば、建築基準法と港湾の技術基準の目的は以下の通り。

建築基準法 第一条 この法律は、建築物の敷地、構造、設備及び用途に関する最低の基準を定めて、国民の生命、健康及び財産の保護を図り、もつて公共の福祉の増進に資することを目的とする。

港湾の技術基準は、港湾の施設について、波浪による被害防止、耐震性確保等、港湾としての機能維持、港湾の利用者等の安全性確保の観点から、その建設・改良・維持にあたって安全性等を確保する技術上の基準に適合している必要があることを定めた規定である。

湾の技術基準省令および告示にも適合する必要がある。また、その他、港湾津波避難施設等が港湾の技術基準対象施設である場合、港湾の技術基準省令および告示に適合する必要がある。

#### (5) その他

その他の工作物を港湾津波避難施設等として建設・改良もしくは指定しようとする場合においても関連する法律に適合する必要がある。例えば、建築基準法施行令第 138 条第 1 項第四号で規定する “物見塔その他これらに類するもの” に該当する工作物として取り扱うことで津波避難タワーを町有地に設置しているケースがある<sup>6)</sup>。また、建築工作物以外の例として、「横断歩道橋（道路法第 32 条第 1 項第五号）」および「津波避難施設（災害対策基本法第 40 条、地域防災計画に位置づけ）」が相互に効用を兼ねる施設であるとして、「道路法第 20 条第 1 項（兼用工作物の管理）」に該当する「兼用工作物」として取り扱い、町道上に津波避難タワーを設置したケースもある<sup>6)</sup>。

## 2. 港湾における津波避難施設等の検討手順

### 2. 1 施設の種類

#### 2. 1. 1 一般

本ガイドラインに示す港湾津波避難施設とは、堤外地で働く就業者や港湾労働者、堤外地を訪れる旅客や観光客等が津波来襲時に避難することができる建築物または工作物である。

また、港湾津波救命施設とは、港湾における避難者が距離的・時間的に津波避難施設まで避難することができない場合に、やむを得ず利用することが可能な構築物または工作物である。

#### 【解説】

港湾の堤外地には、そこに立地する企業や施設に勤務する就業者、荷役作業等を行う港湾労働者、渡航等の旅客や各種施設を訪れる観光客等、多種多様な方々が利用している。

「港湾の津波避難施設」は、これらの利用者が津波来襲時に円滑に避難できるように配置し、津波や地震に対して安全な構造となるように設計しなければならない。このような「港湾の津波避難施設」としては、「津波避難ビル」、「津波避難タワー」、「高台」等がある。

また、本ガイドラインの要件を満たさないが緊急時の避難に利用することが可能な「港湾の津波救命施設」としては、「荷役機械類（コンテナクレーン、照明塔など）」、「旅客船ターミナル」、「倉庫・上屋」等がある。

図-2.1 に港湾地域の津波避難施設の概念図を示す。

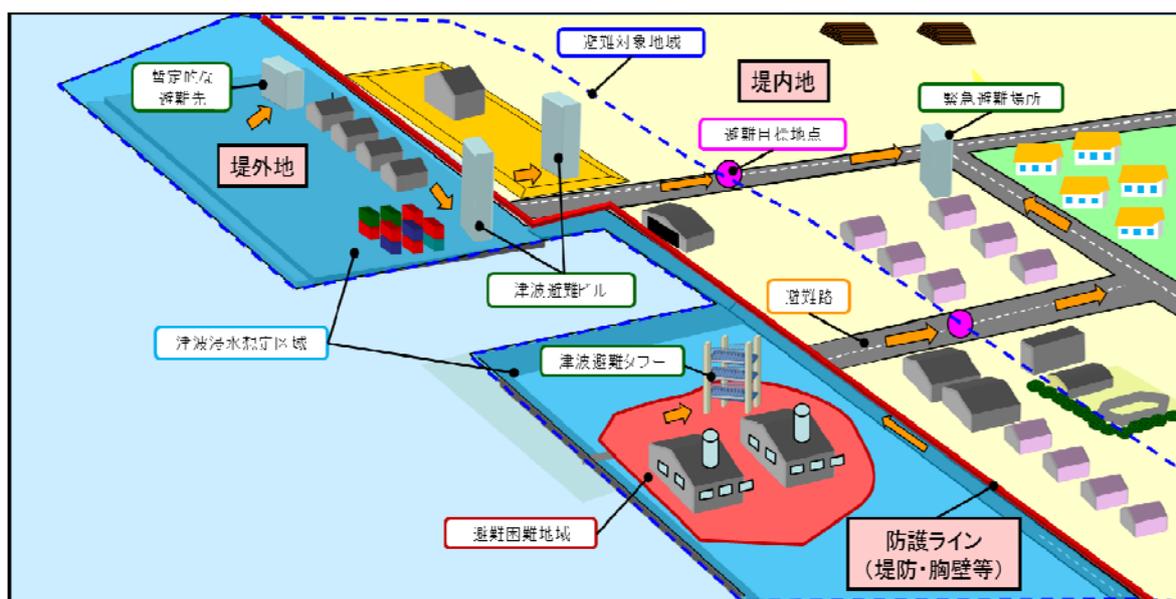


図-2.1 概念図 (引用：「港湾の避難対策に関するガイドライン」)

## 2. 1. 2 港湾津波避難施設

港湾津波避難施設には、津波避難ビル、津波避難タワー、高台等があり、津波や地震に対して十分に安全な構造であることが必要である。また、津波来襲時の使用だけでなく、平常時にも利活用できることが望ましい。

### 【解説】

港湾津波避難施設は、設計津波の津波波力に対して安全であることはもちろん、設計津波を引き起こす地震に対しても使用性を満足し、津波に付随した津波漂流物や発生する火災に対しても安全性が確保できることが必要である。

「津波避難ビル」は、鉄筋コンクリート造、プレストコンクリート造、あるいは鉄骨鉄筋コンクリート造の堅固な構造物をいう。平常時には事務所等として利活用することが可能である。また、既設の施設を改造し、津波避難施設としての機能を追加することによって津波避難ビルとすることも可能である。

「津波避難タワー」は、主に鉄骨造の骨組み構造物をいう。平常時には展望台としての利活用が可能である。

「高台」は、築堤や盛土など人工的に地盤の高さを周囲より高くした場所、あるいは自然地形で標高の高い場所を立ち入りが可能なように整備した場所をいう。古来からある命山もこれに含まれる。

## 2. 1. 3 港湾津波救命施設

港湾津波救命施設は、津波避難施設としての要件を満たさないが、緊急的かつ一時的に避難することができる施設で、コンテナクレーン、照明塔、旅客ターミナル、倉庫・上屋等がある。

### 【解説】

港湾津波救命施設は、本ガイドラインに示す避難上の要件、構造上の要件、管理上の要件を満たしていないが、港湾の避難者が距離的・時間的に津波避難施設を利用することができない場合に避難することができる施設である。

堤外地には、多くの建築物や工作物があり、これに緊急避難用のステージや昇降用の階段・梯子を付けることによって、津波来襲時の避難に供することができる。ただし、これらの施設は設計津波や地震動に対して十分な安全性が確認されているものではないことに留意しなければならない。

## 2. 2 要件の整理

港湾津波避難施設は、本ガイドラインで示す避難上の要件、構造上の要件、管理上の要件をすべて満たすことが望ましい。

### 【解説】

本ガイドラインでは、港湾津波避難施設が有することが望ましい要件について、津波防災地域づくり法で位置付けられる指定避難施設が有する必要がある3つの要件（避難上の要件、構造上の要件、管理上の要件）に従って整理している。

ここで、避難上の要件とは、設計津波に対しても十分な高さや避難対象人員を収容できる面積の確保など、避難するための施設として求められる要件である。構造上の要件とは、設計津波の津波波力や津波に先行して発生する地震動に対しても、十分に安全であるために求められる要件である。管理上の要件とは、津波発生時には直ちに使用できるようにするために求められる要件である。

これらの要件をすべて満足する施設が、港湾津波避難施設となる。

2. 3 津波避難施設を設計するに当たっての作業フロー

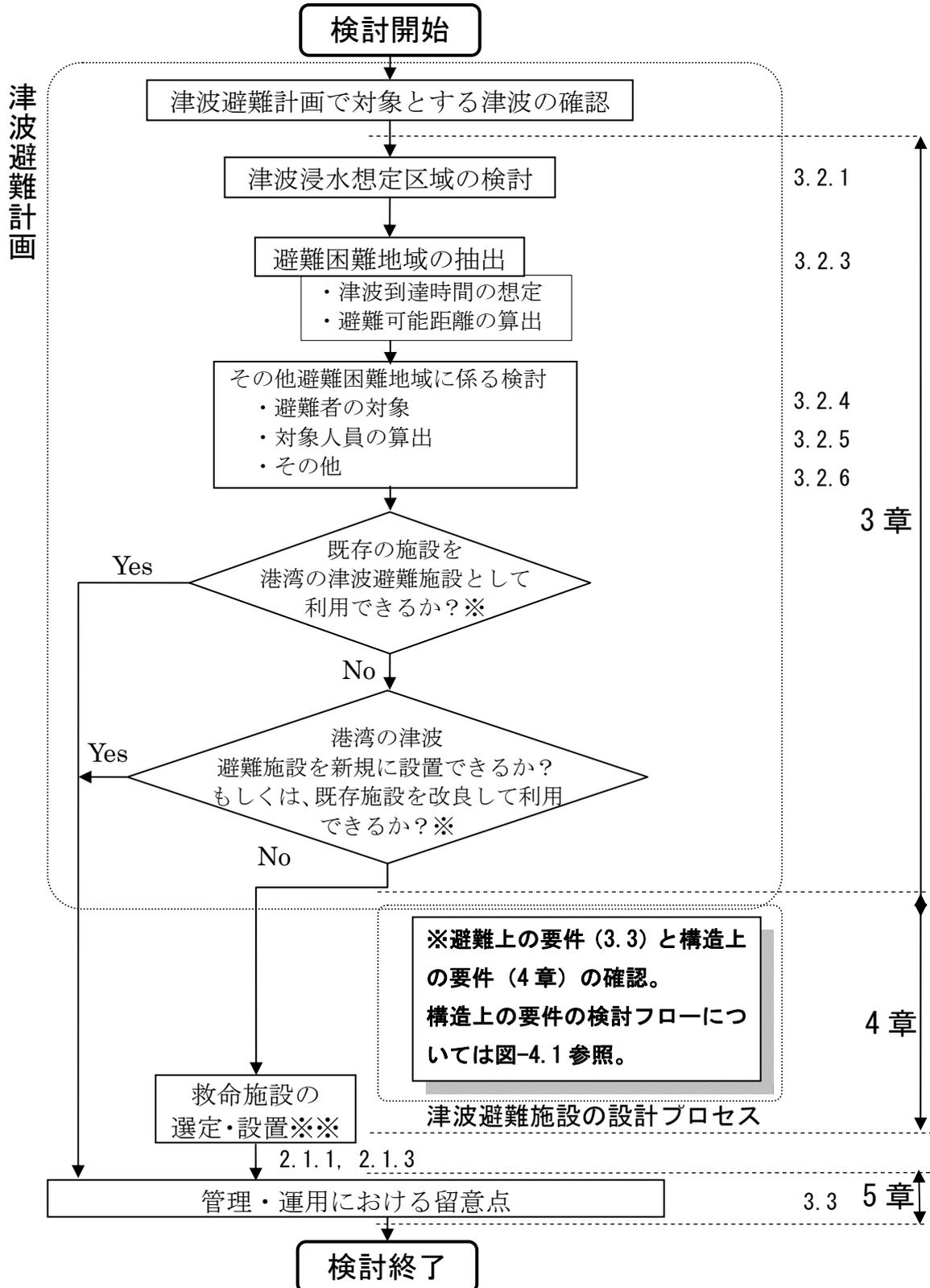


図-2.2 津波避難施設を設計するに当たっての作業フロー

### 3. 避難上の要件

#### 3. 1 避難上の要件の基本

港湾津波避難施設は、基準水位以上の高さに避難上有効な屋上その他の場所が配置され、かつ当該場所までの避難上有効な階段その他の経路があること。

避難上有効な屋上その他の場所は、漂流物や火災等の影響が無視できない場合においては、その影響も考慮に入れることが望ましい。

#### 【解説】

##### (1) 避難するための場所の高さに関する要件

「旧ガイドライン」では、津波避難ビル等の選定にあたって、「想定される浸水深が 2m の場合は 3 階建て以上（想定される浸水深が 1m 以下であれば 2 階建てでも可）、3m の場合は 4 階建て以上の RC または SRC 構造の施設を候補とする」とし、津波による浸水深に対して余裕のある高さを有した階数とするよう示している。他方、津波防災地域づくり法第 56 条第二号においては、基準水位以上の高さに避難上有効な屋上その他の場所が配置されることを指定避難施設の高さの要件として定めており、特に余裕高は規定されていない。

この他、避難するための場所の高さについては、液状化や地殻変動による地盤沈下及び漂流物や火災の影響を考慮して適切に余裕高を設定することが望ましい。

##### (2) 避難するための場所までのアクセスに関する要件

港湾津波避難施設は、避難路に面し、かつ、外部からの避難が可能な階段があることが望ましい。

### 3. 2 避難困難地域の検討

#### 3. 2. 1 港湾における避難対象者（親委員会Gとの整合）

避難者は、「一般の港湾地域」と「主にイベントを行う地域」に分けて、各地域に存在する対象者を設定する。

#### 【解説】

「一般の港湾地域」と「主にイベントを行う地域」の各地域の対象者の例を示す。

|                | 一般の港湾地域 | 主にイベントを行う地域 |
|----------------|---------|-------------|
| ①港湾就業者（事業所・工場） | ○       | —           |
| ②港湾労働者         | ○       | —           |
| ③イベント参加者※      | —       | ○           |
| ④ショッピング参加者※    | —       | ○           |
| ⑤釣り人※          | —       | ○           |
| ⑥観光客※          | —       | ○           |
| ⑦旅客者※          | ○       | —           |
| ⑧船員            | ○       | —           |

※：老人・障害者を含む

なお、上記避難者の中には、日本語が分からない外国人が含まれている可能性があるため、避難に際しては配慮が必要である。

#### 3. 2. 2 避難対象地域の把握

避難困難地域の検討を行う当該港湾において、避難対象地域を把握する。

#### （3. 2. 1 津波浸水予想地域の確認）

#### 【解説】

過去の津波来襲時における浸水実績や、津波シミュレーション等により作成された津波浸水予測図、津波ハザードマップに示された浸水エリアをもって津波浸水予想地域とする。なお、津波浸水予想地域を検討する際は、津波の河川遡上による氾濫にも留意しておくことが必要である。

津波ハザードマップの作成にあたっては、「津波・高潮ハザードマップマニュアル」（平成16年3月：内閣府・農林水産省・国土交通省）等を参考とする。

(書きぶりについては親委員会Gとの整合を図る。以下、修正案)

【解説】

避難対象地域は、津波が発生した場合、被害が予想されるために避難が必要な地域であり、避難勧告や避難指示を発令する際に避難の対象となる地域であり、港湾における避難対象地域の指定は、津波浸水想定区域に基づき指定するが、全面が海である港湾は区域の全部または広範な地区が避難対象地域として指定されることがある。

実際にエリアの設定を行うにあたっては、津波浸水予想地域はあくまでも予測に基づいているため、安全側に立つ（広めに設定する）必要がある。

3. 2. 3 津波到達予想時間、避難目標地点、避難可能距離の設定

(親委員会Gとの整合を取るため、「避難困難地域の抽出」から独立)

避難困難地域を抽出するため、津波到達予想時間、避難目標地点、避難可能距離を適切に設定する。

【解説】

避難対象地域において、津波到達時間までの時間内に、避難路もしくは避難経路を經由して、避難目標地点まで到達可能な範囲を「避難可能距離 L1」に基づいて設定し、これを避難可能範囲とする。なお、避難可能範囲の検討にあたっては、津波に向かう方向への避難は原則として行わないこととする。

(1) 津波到達予想時間の想定

津波シミュレーション等の計算結果を用いて「津波到達予想時間 T」を想定する。なお、「津波到達予想時間」は、最大クラスの津波が最も早く到達する訳ではないので、幾つかの津波を想定して「津波到達予想時間」が最も早いものを選定することとする。(親委員会Gとの整合)

(2) 避難目標地点の設定

避難者が避難対象地域外へ脱出する際の目標地点を避難対象地域の外側に設定する。この避難目標地点は、避難対象地域の外縁と避難路との接点付近とする。

(3) 避難可能距離の算出

「津波到達予想時間 T」と「歩行速度 P1」との関係から、「避難可能距離 L1」を算出する。「避難可能距離 L1」とは、避難対象地域において、津波の第一波が到達するまでに避難目標地点に向かって移動できる距離を示す。なお、ここでの移動は徒歩を前提にしており、自動車等での移動は算定上考慮しない。

<避難可能距離 L1 の算定式>

$$\text{避難可能距離 L1} = \text{歩行速度 P1} \times (\text{津波到達予想時間 T} - \text{t1} - \text{t2})$$

(m)                      (m/秒)                      (秒)

ここに、

【歩行速度 P1】; 1.0m/秒を想定。港湾就業者（事業所、工場）や港湾労働者は、歩行速度がこれよりも速くなる可能性があることから、調査結果を基に歩行速度を上げて良い（親委員会Gとの整合）。一方、歩行困難者、身体障害者、乳幼児、重病人等については、さらに歩行速度が低下する（0.5m/秒）ことを考慮する必要がある。

【津波到達予想時間 T】; 津波シミュレーション等により算出

【t1】; 「地震発生後、避難開始までにかかる時間 t1」については、1993年北海道南西沖地震でのアンケート調査結果（表-3.1 参照）等を参考に、対象人員の津波に対する意識、地域特性の違いや地理特性の違いを十分勘案して設定する。

【t2】; 「高台や高層階等までに上がるのにかかる時間 t2」については、「最大浸水深 H (m) / 「階段・上り坂昇降速度 P2 (m/秒)」で求める。「最大浸水深 H (m)」は津波シミュレーション結果等から設定し、「階段・上り坂昇降速度 P2 (m/秒)」を想定する（表-2.2 参照）。

表-3.1 避難するまでの時間(北海道南西沖地震アンケート調査結果)

|         | N(実数) | %    |
|---------|-------|------|
| 1分以内に避難 | 8     | 4.4  |
| 1分後     | 5     | 2.7  |
| 2分後     | 9     | 4.9  |
| 3分後     | 30    | 16.5 |
| 4分後     | 20    | 11.0 |
| 5分後     | 65    | 35.7 |
| 6分後     | 2     | 1.1  |
| 7分後     | 2     | 1.1  |
| 8分後     | 2     | 1.1  |
| 10-14分後 | 21    | 11.5 |
| 15-19分後 | 1     | 0.5  |
| 20-24分後 | 4     | 2.2  |
| 30-34分後 | 1     | 0.5  |
| 無回答     | 12    | 6.6  |
| 計       | 182   |      |

(平均：5.3分)

※「1993年北海道南西沖地震における住民の対応と災害情報の伝達—巨大津波と避難行動—」，東京大学環境情報研究所「災害と情報」研究会，平成6年1月：地震後の津波発生地域における地域住民（奥尻町）に対するアンケート

### 3. 2. 4 避難経路・避難方法

避難経路は、安全性を確保したものとする。また、避難方法は原則として徒歩によるものとする。

#### 【解説】

##### (1) 避難経路

避難経路は、以下に示すような安全性を確保したものとする。

- ① 橋梁の耐震性を確保している。
- ② 周辺の建物の倒壊、転倒・落下物等がない。
- ③ 液状化による地盤の過大な不陸が生じない。

##### (2) 避難方法

以下の理由から、避難方法は原則として徒歩によるものとする。

- ① 港湾施設の倒壊、地盤の液状化による不陸、落下物等により円滑な避難ができない恐れが高いこと。
- ② 多くの避難者が自動車等を利用した場合、渋滞や交通事故等の恐れがあること。
- ③ 自動車の利用が徒歩による避難者の円滑な避難を妨げる恐れがあること。
- ④ 自動車は浮力があり、津波に流されやすい危険性があること。

ただし、自動車による避難に対して避難経路に容量があり、津波の来襲に対して十分安全に避難可能な場合には、これに従っても良い。(親委員会Gとの整合)

更に、避難経路は、避難時に確実な避難が可能なものとし、

- ①地震に強い道路構造であること
- ②路側に停車車両があっても円滑な避難が出来る道路幅員を確保していること
- ③円滑な合流が可能な交差点構造であること

が望まれる。

### 3. 2. 5 避難困難地域の抽出

津波到達時間内に、指定・設定した避難路、避難経路を通して避難目標地点まで到達可能な範囲を設定し、この範囲から外れる地域を「避難困難地域」として抽出する。

#### 【解説】(親委員会Gの内容を以下に記載)

避難困難地域の抽出にあたっては、地図上で想定するだけでなく、避難訓練等を実施して津波到達予想時間内に避難できるか否かを確認する必要がある。

避難困難地域を抽出するには、港湾の時間帯別に変化する人口動態や避難先の収容可能人数等を考慮する必要がある。

特に、不特定多数の人々が集まる港湾では、港湾における日常的な就労者数や漁業関係者数、観光や渡航、釣り客等の一時的に来訪する港湾利用者数、レジャー施設等の利用者の数を、昼間と夜間の分布に分けて把握し、適切な避難対策を立案することが望ましい。

避難困難地域の検討方法にあたっては、国土交通省都市局「津波防災まちづくりの計画策定に係る指針(第1版)【案】」において詳細が示されている為、併せて参考とされたい。

### 3. 2. 6 対象人員の算出 (親委員会Gとの整合、親委員会Gに平日、休日を含むか?)

避難施設の規模と配置を設定するにあたり、避難困難地域に存在する対象人数を算出する。また、可能であれば昼間の人数、夜間の人数、更に平日、休祭日の人数を算出する。

【解説】

(1) 避難困難地域に存在する港湾就業者・港湾労働者

避難困難地域に存在する港湾就業者・港湾労働者の人数を予め算出しておくことが望まれる。

(2) 避難困難地域に存在するイベント参加者・ショッピング参加者

避難困難地域にて実施するイベントへの参加者やショッピング参加者は、これまでの実績等から人数を算出しておくことが望まれる。

(3) 避難困難地域に存在する釣り人・観光客

釣り場や観光地等が存在する場合は、釣り及び観光目的の滞在者について、各種統計資料等から算出しておくことが望まれる。

(4) 避難困難地域に存在する旅客者・船員

発着する船の規模から旅客者・船員についても予め算出しておくことが望まれる。

3. 2. 7 その他

港湾の避難対策に関しては、「**港湾の避難対策に関するガイドライン**」等を参照し、他に検討すべき事項の有無を確認するものとする。

【解説】

本ガイドラインでは、避難困難地域の検討に関して、設計に関わる主要な部分のみを抜粋している。避難困難地域の詳細な検討に当たっては、「**港湾の避難対策に関するガイドライン**」等を参照する必要がある。

### 3. 3 避難施設の規模と配置

#### 3. 3. 1 必要面積

避難スペースの必要面積は、避難者 1 名当たり必要な面積に想定される避難者数を乗じて算定する。

#### 【解説】

避難者 1 名当たり必要な面積は、これまでのガイドライン等にて設定されている考え方にに基づき、1 名/1m<sup>2</sup> <sup>3)</sup>から 2 名/1m<sup>2</sup> <sup>5)</sup>として設定してよい。

#### 3. 3. 2 避難スペースの高さ

避難スペースの高さは、避難者の安全性が確保できるものとし、津波の最大浸水深さに対して余裕高を考慮して設定することとする。

#### 【解説】

津波避難施設の種類に応じて、避難スペースの高さを設定する。

##### (1) 津波避難タワー

津波の最大浸水深さから得られる高さに対して、余裕高として 2m から 4m を考慮した高さとする。

##### (2) 津波避難ビル

津波の最大浸水深さに相当する階に 2 を加えた階に避難スペースを設ければ安全側である。

#### 3. 3. 3 階段、手すり、柵など

津波避難施設には、階段（斜路含む）を設ける。この階段（斜路含む）は、津波来襲前の地震において被災することなく、避難者を確実に避難ステージに導くものでなければならない。また、階段（斜路含む）には手すりを設ける他、防護柵及び落下物防止策などを設ける。

なお、階段（斜路含む）は、常時開放するか施錠により閉鎖するかの管理方法については、予め管理者が決定しこれを利用者に周知する。必要に応じて自動解錠装置を設置するのも良い。

## 【解説】

### (1) 階段（斜路含む）、手すりの仕様

階段（斜路含む）は、津波が来襲する前の地震作用時においても、崩壊するなど被災しない構造とする。また、幅員に余裕を持たせることや比較的緩やかな勾配とすること、手すり等を設置すること、複数箇所に設置すること等、避難を容易にするように配慮する。また、施設内部に階段を設置することが困難な場合には、外部階段を設ける方法がある。外付け階段は、建築基準法その他の法令により設置が義務付けられているものを除き、階段の幅が、避難場所の面積が 100 平方メートル以下の場合にあつては 90cm 以上、避難場所の面積が 120 平方メートルを超える場合にあつては 120cm 以上のものとする<sup>8)</sup>。

階段（斜路含む）は、津波に伴う漂流物に対して影響を少なくするように、例えば津波の進行方向に対して施設の裏側などに設けると良い。また、2 箇所設けると良い。

照明灯のように階段を設けることが困難な施設に対しては、梯子を設けて避難者が昇降可能な工夫を行う。

### (2) 防護柵及び落下物防止柵の仕様

防護柵及び落下物防止柵は、経済性、施工性、維持管理性等に優れるアルミ製防護柵を採用するのが望ましい。

防護柵高さは、転落防止のため避難スペース面より 1.1m（防護柵の設置基準・同解説 日本道路協会）とする<sup>6)</sup>。

また、落下物防止柵は、2.0m（設計要領第五集 交通安全施設編 東日本高速道路株式会社 中日本高速道路株式会社 西日本高速道路株式会社）の高さとする<sup>5)</sup>。

### (3) 階段（斜路含む）の管理

津波避難施設利用に際して、常時開放する或いは安全性への配慮として施錠して閉鎖するのは、予め管理者が検討しこれを決定する。なお、施錠した場合、地震発生時に自動解錠を行うように設定する、或いは遠隔操作で解錠を行うように設定する方法も有効である。

## 3. 3. 4 配置・形状・向き

津波避難施設は、津波シミュレーション等の結果を参考に、施設にとって影響を少なくするように配置する。また、津波の進行方向などを考慮して、適切な形状・向きを設定する。

## 【解説】

津波避難施設は、津波シミュレーション等の結果を参考に、港湾施設の開口部正面付近や到達時間が短い位置には配置しない。

また、津波の進行とともに漂流する船舶・コンテナ等に対して、影響が少ない形状・向きを設定する。特に、津波避難施設を円形にすることにより、津波の流れの向きにより漂流物の施設への衝突エネルギーを低減できるなどの利点がある。

### 3. 3. 5 液状化および地殻変動による沈下に対する対応

液状化および地殻変動による沈下が生じても津波避難施設は、所定の高さを有する必要がある。

#### 【解説】

津波避難施設が直接基礎構造の場合、地盤の液状化に伴い施設自体が沈下することが想定される。

また、東北地方太平洋沖地震では、地殻変動量として 1m 以上の沈下が生じた箇所がある。

これより、地盤の液状化に伴う沈下量の推定を行うとともに、地殻変動量については、対象とする地震の特性および過去の地震に伴う地殻変動量を参考に適切に評価し、仮に津波避難施設が沈下しても、所定の高さを有することを確認する。

### 3. 3. 6 漂流物に対する配慮事項

津波避難施設は、漂流物に対して可能な限り影響が少ないように配慮する。

#### 【解説】

漂流物が直接、津波避難施設に作用することを防止する方法として、防衝工による衝突力の緩和<sup>9)</sup>や補足スクリーンによる漂流物のトラップ等<sup>9)</sup>の対策がある。補足スクリーンの支柱の設計においては、漂流物のエネルギーを評価して、これと構造物の吸収エネルギーを比較する方法がある<sup>10)</sup>。

また、津波に伴う漂流物として引火性危険物や劇薬等が津波避難施設に衝突した場合、状況により避難者の安全性を損なうことになる。また、船舶・コンテナ等が漂流し同様に衝突した場合に、構造上主要な部分が破壊し、建築物全体の崩壊につながる可能性もある。従って、津波避難施設の配置に際しては、以下について配慮を行うものとする。

- ① 引火性危険物や劇薬等の漂流
- ② 船舶・コンテナ等の漂流物

### 3. 4 避難施設に設置する諸設備

津波避難施設は、津波が収束するまでの一次避難施設としての機能を有するものである。従って、同施設には、一次避難として必要な非常用の電源・通信等の設備や、非常食・飲料水・医薬品や各種防災機材を配備しておくことが望ましい。

また、必要に応じて避雷設備を設けることとする。

なお、施設に避難者を安全に誘導するための設備を設けることが望ましい。

#### 【解説】

津波避難施設には非常用の設備、備品などを配備しておくことが望ましい。

#### (1) 非常用電源

避難時には対象地区が停電となっている可能性があるため、津波による浸水の危険性がない場所に、非常用電源（自家発電設備等）を確保しておく。非常用電源の活用用途としては、以下のものが考えられる。

- ③ 非常用の照明
- ④ 冬期の暖房
- ⑤ 各種電気・通信機器類の充電
- ⑥ 調理 等

#### (2) 非常用通信設備

非常用の通信設備として、携帯電話が輻輳してつながりにくい状態でも通話が可能な衛星電話を配備しておくことが望ましい。

#### (3) 避雷設備

津波避難設備が高さ 20m を超える場合には、有効に避雷設備を設けるものとする。ただし、周囲の状況によって安全上支障がない場合においては、この限りではない（建築基準法第 33 条、建築基準法施行令 129 条の 15）。

なお、周囲に高い施設がない場合には、高さが 20m を超えなくても落雷する可能性があるため、避雷設備を設けることが望ましい。

#### (4) 非常食・飲料水・医薬品

避難者のための非常食、飲料水、医薬品、簡易トイレ、毛布などを配備しておく。その量は、一次避難を目的とし 1 日から 2 日分程度とする。また、各種防災機材を配備しておく。

#### (5) 誘導設備

避難施設に避難者を安全に誘導するために、避難の支障とならないように、必要に応じて避難誘導用の照明や看板、標識灯などの設備を設けることが望ましい。なお、避難者の中には日本語が分からない外国人が含まれている可能性があるため、看板、標識などには日本語だけでなく、当該地に存在する外国人に対応した表示を行うことが望ましい。

#### 4. 構造上の要件

##### 4. 1 構造上の要件の基本

「港湾の津波避難施設」は、設計津波および設計津波に先行する地震動の作用に対して構造的な損傷を生じず、使用性と安全性が確保されることが求められる。また、設計津波に付随して発生する事象に対しても使用性および安全性が確保されることが望ましい。

#### 【解説】

津波避難施設は、設計津波の来襲時にその機能を発揮する必要があることから、設計津波の津波波力に対しては、施設全体が安定であるとともに、主要部材に発生する断面力が耐力以下で安全であることが求められる。また、設計津波を引き起こす地震動に対しても、同様の安定性、安全性が求められる。

設計津波に付随して発生する事象としては、コンテナや小型船舶等の漂流物の津波避難施設への衝突、津波避難施設の周囲に漂着した浮遊物にガソリンや軽油が引火して発生する火災、津波の早い流れによって発生する津波避難施設の基礎部の洗掘などがあり、これらの事象が発生した場合にも津波避難施設を安全に使用できることが望ましい。

##### 4. 2 津波避難施設の要求性能と性能照査

###### 4. 2. 1 津波避難施設の要求性能

「港湾の津波避難施設」の要求性能は、当該施設に本来求められる要求性能の他に、設計津波来襲時において不特定かつ多数の避難者が安全に避難できるものとし、次のとおりとする。

- (1) 設計津波の浸水高に対して十分に安全な高さに避難者が避難できるスペースを確保すること。
- (2) 設計津波の作用による損傷等が、津波避難施設としての機能を損なわずに使用できること。
- (3) 設計津波を引き起こす地震動の作用による損傷等が、津波避難施設としての機能を損なわずに使用できること。
- (4) 設計津波に付随して発生する漂流物の衝突や火災による損傷等が、津波避難施設としての機能を損なわずに使用できること。
- (5) その他、設計津波の来襲時に発生することが予想される事象による損傷が、津波避難施設としての機能を損なわずに使用できること。

【解説】

「港湾の津波避難施設」に係る構造上の要件の整理は下表のとおりである。

|                 | 津波防災地域づくり法<br>関連規定  | 「旧ガイドライン」       | 本ガイドライン  |
|-----------------|---|-----------------|--|
| 構造形式            | —   | ・RC もしくは SRC 構造 | —  |
| 要求性能            |   |                 |  |
| 設計津波            | ・構造耐力上主要な部分が最大クラスの津波に対して安全であること   |                 | ・同左  |
| 地震動             | ・建築基準法並びにこれに基づく命令及び条例の規定又は地震に対する安全上これらに準ずるものとして国土交通大臣が定める基準に適合するものであること | ・耐震性を有していること    | ・施設の設置目的の基準に対応する地震動を設定し、それに対して安全であること<br>・最大クラスの津波に先行する地震動（レベルⅡ地震動になることもある）を考慮すること<br>・液状化については、港湾の判定法を用いて評価すること |
| 浮力の影響<br>その他の事情 | ・転倒、又は滑動しないこと   | —               | ・同左  |
| 洗掘              | ・基礎杭を使用すること、若しくは転倒、滑動、又は著しい沈下がないこと                                      | —               | ・同左  |
| 漂流物             | ・容易に倒壊、崩壊するおそれがない構造物であること   | —               | ・同左<br>・漂流物による直接的な作用を低減させること   |
| 火災              | —   | —               | ・油の漂流による火災の可能性を適切に考慮   |
| 耐久性             | —   | —               | ・厳しい環境下にあることを適切に考慮   |

※津波防災地域づくり法関連規定の内容は、「新ガイドライン」と同じ

#### 4. 2. 2 照査対象

津波避難施設の性能照査は、「津波避難ビル」、「津波避難タワー」などの施設を対象とする。

なお、避難経路、命山などの盛り土については、別途基準に従う。

#### 【解説】

本ガイドラインは、「津波避難ビル」や「津波避難タワー」などの施設を対象に性能照査方法を示すものであり、避難経路や盛り土などの土構造物については、地震に伴う円弧滑りや津波に対する洗掘に対する検討などを別途基準に沿って実施するものとし、本ガイドラインでは記載を省略する。

#### 4. 2. 3 照査フロー

照査は、はじめに避難上の要件について照査を行い、その後構造上の要件について照査を行う。

#### 【解説】

津波避難施設の規模と配置に係わる検討を実施し、避難上の要件を満足したものに対して、構造検討により構造上の要件について照査を行う。

照査方法は、応力照査、或いは耐力照査を行う。照査区分と施設の取り扱いと適用基準の関係を表-4.1 に示す。

表-4.1 照査区分と施設の取り扱いと適用基準

| 照査区分  | 施設の取り扱い                 | 適用基準   |
|-------|-------------------------|--|
| ・応力照査 | ・建築物<br>・横断歩道橋          | ・建築基準法、建築基準法施行令、告示（一次設計）<br>・道路橋示方書・同解説  |
| ・耐力照査 | ・建築物<br>・港湾施設<br>・土木構造物 | ・建築基準法、建築基準法施行令、告示（二次設計）<br>・港湾の技術基準（港湾の施設の技術上の基準を定める省令、港湾の施設の技術上の基準の細目を定める告示）<br>・コンクリート標準示方書 |

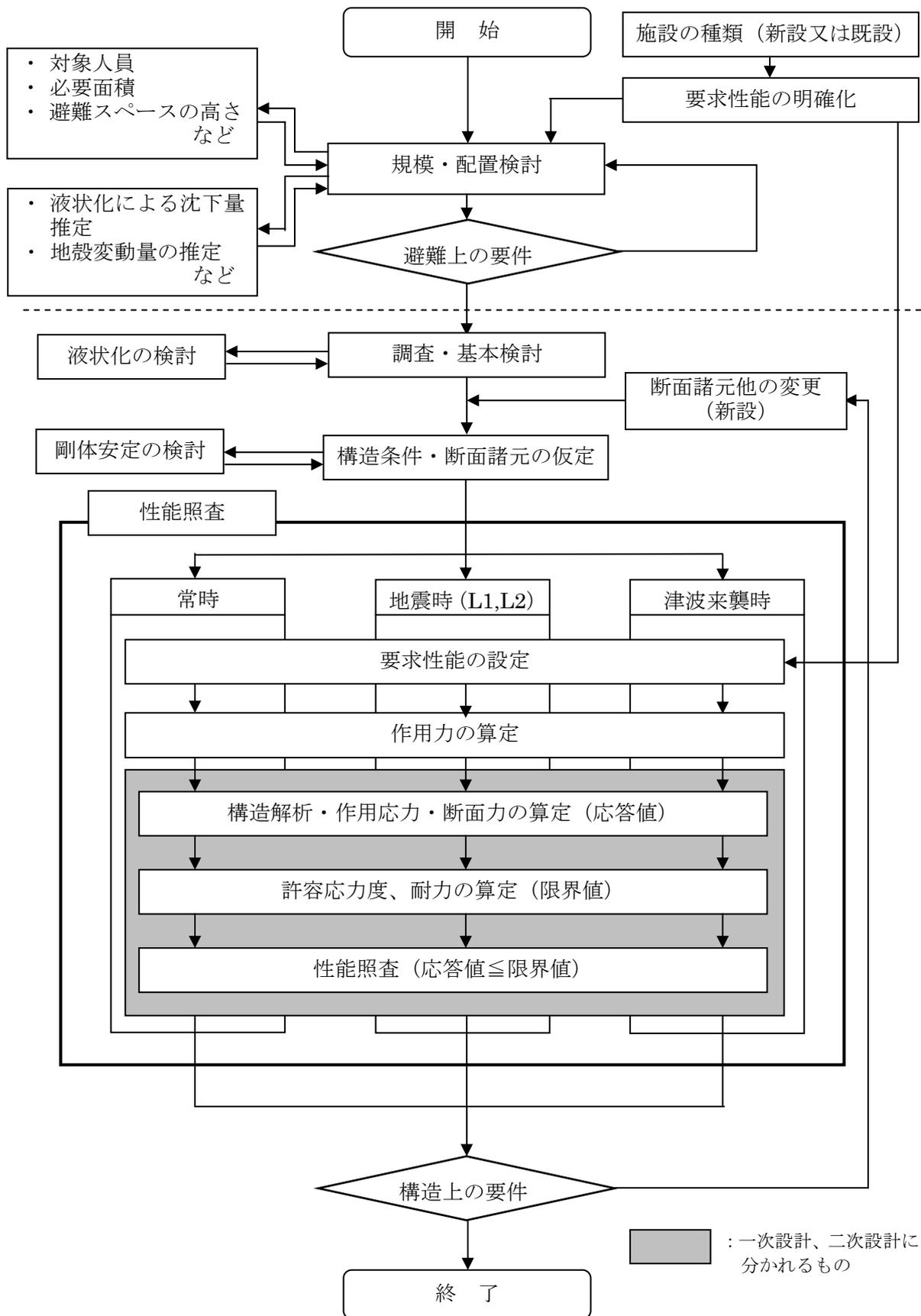


図-4.1 照査フロー

#### 4. 3 作用

##### 4. 3. 1 津波に関する事項

「港湾の津波避難施設」の照査における津波については、避難施設設置位置での津波浸水深、津波流速、来襲方向、到達時間等をもとに、新ガイドライン、港湾技術基準、その他津波に関する技術資料等を参考に、適切な方法で津波の影響を評価するものとする。

#### 【解説】

##### (1) 港湾の津波避難施設位置での津波の規模の設定

港湾の津波避難施設が設置される場所は、水際線から比較的近い位置であることが多いことから、津波浸水深、津波流速、来襲方向、到達時間等の津波の規模の設定にあたっては、岸壁・護岸等の形状や敷地地盤高を適切に考慮する必要がある。このため、既存の津波浸水予測図や津波ハザードマップのみでは情報が不足し、適切な設定ができない可能性がある。

このような場合には、別途津波シミュレーションを行って、津波避難施設位置での津波の規模を設定することが望ましい。

津波シミュレーションは、最大クラスの津波を対象とし、津波を引き起こす地震動により防波堤等の外郭施設が被災する可能性がある場合には、その影響を考慮することが望ましい。

##### (2) 矩形の構築物に対する津波の作用

港湾の津波避難施設のうち、倉庫や上屋、旅客ターミナル等の津波避難ビルなどの矩形の構築物に作用する津波荷重は、新ガイドラインに掲載されている下記の津波波力算定式が適用できる。

$$qz = \rho g(ah - z) \text{ ----- (4.1)}$$

ここに、 $qz$  : 構造設計用の進行方向の津波波圧(kN/m<sup>2</sup>)

$\rho$  : 水の単位体積質量(t/m<sup>3</sup>)

$g$  : 重量加速度(m/s<sup>2</sup>)

$h$  : 設計用浸水深(m)

$z$  : 当該部分の地盤面からの高さ( $0 \leq z \leq ah$ )(m)

$a$  : 水深係数(表-4.2 参照) (注: この係数は建築物等の前面でのせき上げによる津波の水位の上昇の程度を表したものでない。)

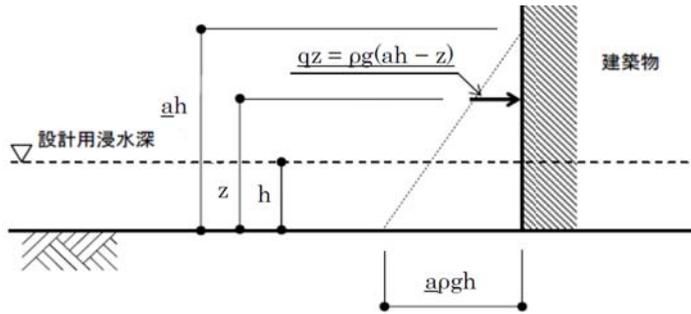
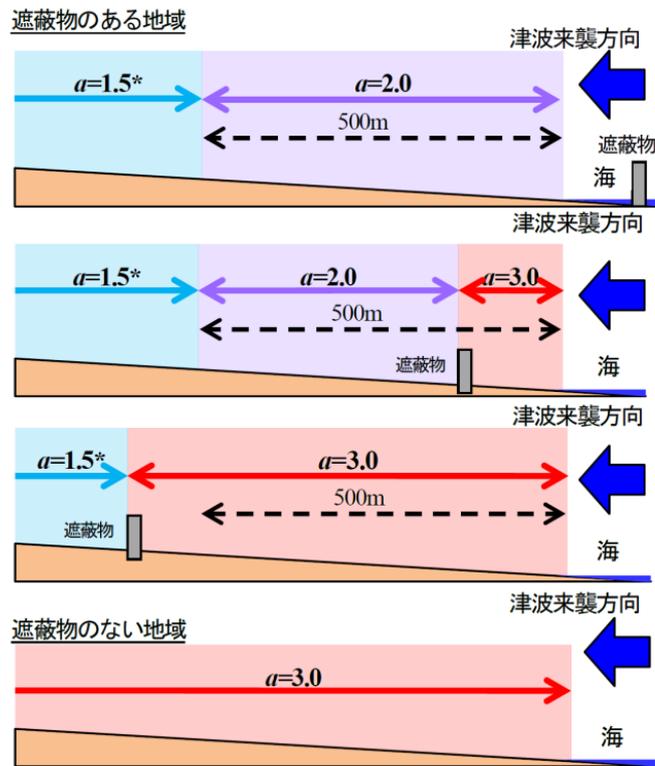


図-4.2 (4.1)式による津波波圧

表-4.2 水深係数： $a$

|   | 要件   | 水深係数： $a$ |
|---|--|-----------|
| ① | 下記②，③以外の場合   | 3         |
| ② | 津波避難ビル等から津波が生じる方向に施設又は他の建築物がある場合(津波を軽減する効果が見込まれる場合に限る) | 2         |
| ③ | ②の場合で、津波避難ビル等の位置が海岸及び河川から500m以上離れている場合                 | 1.5       |

【海からの距離と遮蔽物の有無による水深係数】



\* $a=1.5$ への低減は津波の流速増加がない地域を対象とする

(3) 円筒形の構築物に対する津波の作用

津波避難施設のうち、円筒形の構築物に作用する津波荷重は、「危険物施設の津波・浸水対策に関する調査報告書（平成 21 年 3 月、総務省消防庁）」に示されている屋外貯蔵タンクに作用する津波波力算定式を準用することができる。

円筒形構築物の側面に作用する津波波圧は次式のとおりである。

$$q_2 z(\theta) = \rho g (\beta h - z) \cdot \gamma(\theta) \quad \text{----- (4.2)}$$

ここに、 $q_2 z(\theta)$  : 構造設計用の円周方向の津波波圧

$\beta$  : 浸水深係数

$$\beta = \begin{cases} 1.8 & F_r \geq 1.3 \\ 2.0F_r - 0.8 & 1.3 \geq F_r \geq 0.9 \\ 1.0 & 0.9 \geq F_r \end{cases}$$

$\gamma(\theta)$  : 円周方向の低減係数

$$\gamma(\theta) = \sum_{m=0}^3 p_m \cos m\theta$$

$$p_0 = 0.680, \quad p_1 = 0.340, \quad p_2 = 0.015, \quad p_3 = -0.035$$

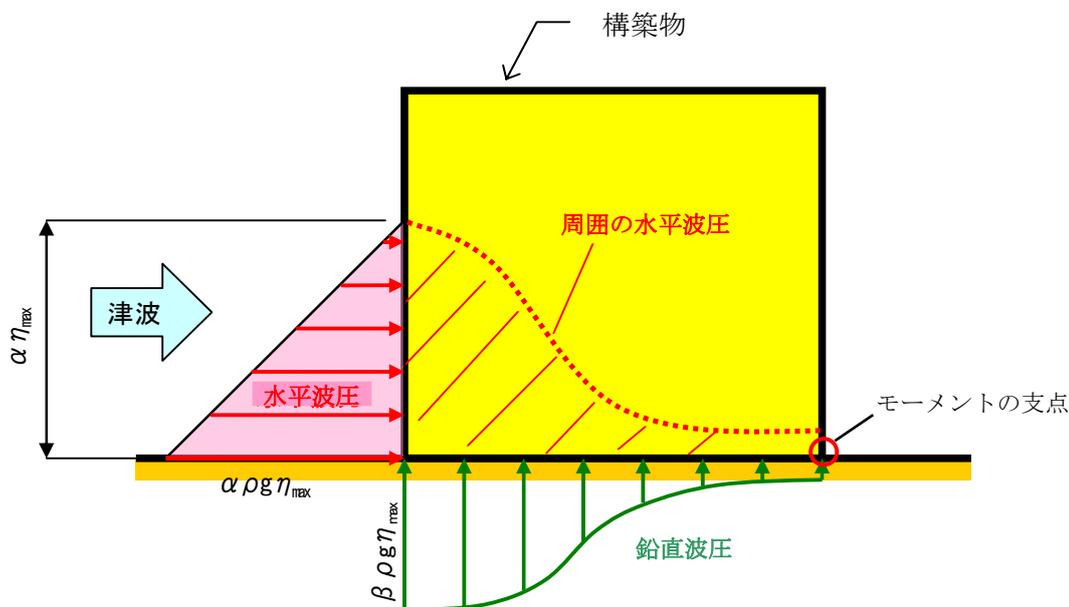


図-4.3 円筒形の構築物に作用する津波波力

(4) 柱状骨組み構築物に対する津波の作用

津波避難施設のうち、津波避難タワー等の柱状構築物の骨組み部材に作用する津波荷重は、次式に示す港湾の技術基準に示されている海中部材に作用する波力算定式（モリソン式）を準用することができる。

$$\vec{f}_n = \frac{1}{2} C_D \rho_o \left| \vec{u}_n \right| \vec{u}_n D \Delta S + C_M P_o \vec{a}_n A \Delta S$$

ここに、

$\vec{f}_n$  : 部材軸方向の微小長さ  $\Delta S$  (m) に作用する、部材軸と水粒子運動方向の共通面における部材軸に直角な方向の力 (kN)

$\vec{u}_n, \vec{a}_n$  : 部材軸と水粒子運動方向の共通面における、部材軸直角方向 ( $\vec{f}_n$  と同じ方向) の水粒子速度成分 (m/s) 及び加速度成分 (m/s<sup>2</sup>) (部材によって乱されない入射波による成分)

$\left| \vec{u}_n \right|$  :  $\vec{u}_n$  の絶対値 (m/s)

$C_D$  : 抗力係数 (表-4.3 参照)

$C_M$  : 慣性力係数 (表-4.4 参照)

$D$  :  $\vec{f}_n$  の方向から見た部材軸直角方向の部材幅 (m)

$A$  : 部材軸に垂直な面で切った部材断面積 (m<sup>2</sup>)

$P_o$  : 海水の密度 (通常は 1.03 t/m<sup>3</sup>)

上式を用いて津波避難施設の骨組み部材に作用する津波荷重を算定する場合には、津波避難施設の設置位置における津波の流速値が必要となり、そのためには、津波シミュレーションを実施することが望まれる。津波シミュレーションを実施できない場合には、過去の津波の流速値を参考に設定してもよい。

表-4.3 抗力係数

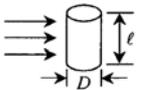
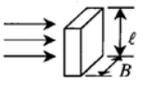
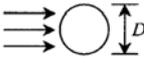
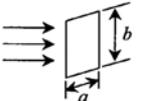
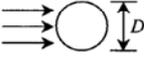
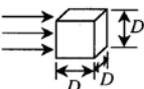
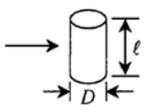
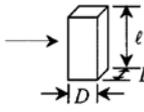
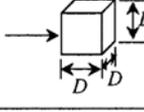
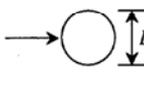
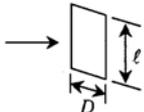
| 物体の形状  | 基準面積                | 抗力係数  |
|--|---------------------|---|
| 円柱<br>(粗面)  | $Dl$                | 1.0 ( $l > D$ )   |
| 角柱          | $Bl$                | 2.0 ( $l > B$ )   |
| 円板          | $\frac{\pi}{4} D^2$ | 1.2   |
| 平板          | $ab$                | $a/b=1$ の場合 1.12<br>" 2 " 1.15<br>" 4 " 1.19<br>" 10 " 1.29<br>" 18 " 1.40<br>" $\infty$ " 2.01 |
| 球           | $\frac{\pi}{4} D^2$ | 0.5~0.2   |
| 立方体       | $D^2$               | 1.3~1.6   |

表-4.4 慣性力係数

| 物体の形状   | 基準体積                  | 慣性力係数   |
|---|-----------------------|---|
| 円柱   | $\frac{\pi}{4} D^2 l$ | 2.0 ( $l > D$ )   |
| 正角柱  | $D^2 l$               | 2.19 ( $l > D$ )  |
| 立方体  | $D^3$                 | 1.67  |
| 球    | $\frac{\pi D^3}{6}$   | 1.5   |
| 平板   | $\frac{\pi}{4} D^2 l$ | $D/l=1$ の場合 0.61<br>$D/l=2$ の場合 0.85<br>$D/l=\infty$ の場合 1.00 |

(5) 津波波力算定式

構造設計用の進行方向の津波波力は、4.1 式の津波波圧が同時に生じると仮定し、下式により算定する。

$$Q_z = \rho g \int_{z_1}^{z_2} (\underline{ah} - z) B dz \quad \text{-----} \quad (4.3)$$

ここに、

$Q_z$  : 構造設計用の進行方向の津波波力(kN)

$B$  : 該当部分の受圧面の幅(m)

$z_1$  : 受圧面の最小高さ( $0 \leq z_1 \leq z_2$ )(m)

$z_2$  : 受圧面の最高高さ( $z_1 \leq z_2 \leq \underline{ah}$ )(m)

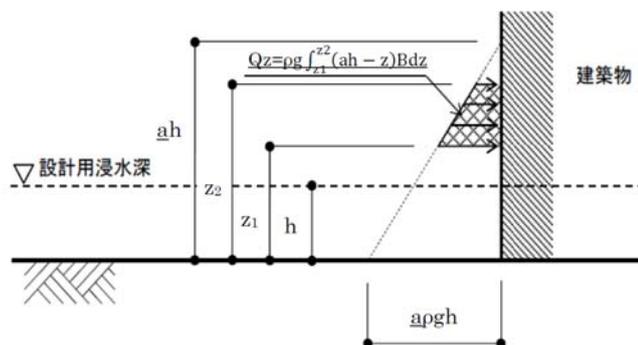


図-4.4 4.3 式による津波波力

(6) 開口による低減

開口部(津波波圧により破壊するよう設計した非耐圧部材によるものに限る。以下同じ。)における津波波力は、各高さ毎の受圧面の幅から各高さ毎の開口部の幅を除外して津波波力を算定すること、又は受圧面の面積から開口部の面積を除外した面積を受圧面の面積で除して得た割合を津波波力に乗じることにより低減することができる。ただし、原則として、除外する前の津波波力の 7 割を下回らないこととする。

(7) ピロティの取り扱い

ピロティを有する部分の津波波力は、ピロティ部分(柱・梁等の耐圧部材を除く。)に津波波圧が作用しないこととして、算定することができる。

(8) 水平荷重の方向

津波の水平荷重は、すべての方向から生じることを想定する。

ただし、津波の進行方向が、シミュレーション等による浸水深の予測分布や海岸線の形状から想定できる場合は、この限りでない。また、実状に応じて引き波を考慮する。

(9) 浮力算定式

津波によって生じる浮力は、下式により算定する。

$$Q_z = \rho g V \quad \text{-----} \quad (4.4)$$

ここに、

$Q_z$  : 浮力(kN)

$V$  : 津波に浸かった建築物の体積(m<sup>3</sup>)

ただし、開口率を勘案して水位上昇に応じた開口部からの水の流入を考慮して算定することができる。

#### 4. 3. 2 地震動に関する事項

地震動については、レベル一地震動とレベル二地震動の他に、設計津波を引き起こす地震動を適切に設定し、地震動による荷重とそれによって引き起こされる液状化及び地殻変動の影響を評価するものとする。

##### 【解説】

##### (1) 地震動の設定の基本

「港湾の津波避難施設」は、津波から避難するための施設であるため、津波が来襲する前に、地震動によって倒壊することがあってはならない。また、堤外地は、発生頻度の高い津波よりも小さな規模でも浸水する可能性があるため、津波の作用とその津波を引き起こす地震動や余震による作用の複合作用について検討することが望ましい。

津波に先行する地震動の設定については、「防波堤の耐津波設計ガイドライン」<sup>10)</sup>等を参考にすることができる。

##### (2) 地震動による荷重

港湾と建築の技術基準においては、地震動の考え方がそれぞれ異なる。港湾の技術基準では、レベル一地震動、レベル二地震動ともに、震源特性、伝播経路特性及びサイト特性を考慮した時刻歴波形が設定され、レベル一地震動においては確率論的地震危険度解析によって設定される<sup>11)</sup>。これに対して、建築基準においては、保有水平耐力計算や時刻歴応答解析などが行われ、照査方法により地震力の設定方法が異なる。

##### (3) 地震動による地盤沈下

津波に先行する地震動により、「港湾の津波避難施設」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し、「港湾の津波避難施設」が沈下する可能性がある。また、地殻変動によっても防波堤の沈下の可能性がある。

「港湾の津波避難施設」が沈下した場合、「港湾の津波避難施設」の避難上の要件が満足できないものとなる可能性がある。また、「港湾の津波避難施設」に作用する浮力及び波力が増大し、安定性が低下する可能性もある。

#### 4. 3. 3 漂流物に関する事項

「港湾の津波避難施設」に作用する漂流物については、当該港湾の周辺にある漂流物になりえるものを勘案し、適切に設定する必要がある。また、堤外地においては、発生頻度の高い津波よりも小さな規模の津波でも浸水する可能性があり、その対策も検討することが望ましい。

##### 【解説】

##### (1) 漂流物が作用する条件

津波による漂流物には、船舶、車両、コンテナ、木材等が考えられ<sup>9)</sup>、周辺の漂流対象物の有無や配置等を調査した上で、「港湾の津波避難施設」に作用する漂流物を適切に設定する必要がある。

対象物が津波によって漂流を開始する条件は、津波による浸水深が漂流対象物の喫水よりも大きくなった場合と津波による作用力が滑動抵抗を上回る場合が考えられる。

津波による浸水深が漂流対象物の喫水よりも大きくなった場合の漂流条件としては、下式が参考となる。

$$H > D$$

ここに、 $H$ ：陸上の浸水深、 $D$ ：漂流物の喫水である。また、津波による作用力が滑動抵抗を上回る場合の漂流条件としては、下式が参考となる。

$$F \geq \mu(W - B - L)$$

ここに、 $F$ ：漂流物として想定する物体への津波による作用力、 $W$ ：漂流対象物の重量、 $B$ ：漂流対象物に作用する浮力、 $L$ ：漂流対象物に作用する津波の揚力、 $\mu$ ：漂流対象物の静止摩擦係数である。

##### (2) 漂流物による作用の評価

漂流物が「港湾の津波避難施設」に衝突した場合における安定性の照査の方法としては、漂流物の衝突力を評価して部材にかかる作用力を検討する方法、漂流物のエネルギーと部材の吸収エネルギーを比較して検討する方法、漂流物の運動量変化と建物の許容力積を比較する方法等が考えられる。

##### 【漂流物の衝突力を評価する方法】

漂流物の衝突力を評価する方法としては、流木やコンテナを対象としたものがあるが、現状の技術では、それらを精度良く評価することは困難である<sup>3), 12)</sup>。以下に、その方法の例を示す。

##### (流木の衝突力の評価)

流木の衝突力の評価方法として、松富の評価式<sup>13)</sup>と池野・田中の評価式<sup>14)</sup>がある。前者は、円柱形状の流木が縦向きに衝突する場合の衝突力評価式であり、後者は、円柱以外にも角柱、球形状をした木材の評価式である。

$$\text{松富の評価式} \quad \frac{F_m}{\gamma D^2 L} = 1.6 C_{MA} \left\{ \frac{v}{(gD)^{0.5}} \right\}^{1.2} \left( \frac{\sigma_f}{\gamma L} \right)^{0.4}$$

$$\text{池野・田中の評価式} \quad \frac{F_m}{gM} = S \cdot C_{MA} \left\{ \frac{V}{g^{0.5} D^{0.25} L^{0.25}} \right\}^{2.5}$$

ここに、 $F_m$ ：漂流物の衝突力、 $\gamma$ ：流木の単位体積重量、 $g$ ：重力加速度、 $D$ ：流木の直径、 $L$ ：流木の長さ、 $M$ ：漂流物の質量、 $C_{MA}$ ：見かけの質量係数（松富の式の場合、サージでは1.7、定常流では1.9。池野・田中の式の場合、円柱横向きでは2.0（2次元）、1.5（3次元）、角柱横向きでは2.0～4.0（2次元）、1.5（3次元）。円柱縦向きでは、2.0程度。球では、0.8程度）、 $v$ ：漂流物の衝突速度、 $V$ ：段波波速、 $\sigma_f$ ：流木の降伏応力、である。

（コンテナの衝突力の評価）

コンテナの衝突力の評価方法として、水谷らの評価式<sup>15)</sup>と有川らの評価式<sup>16)</sup>がある。

$$\text{水谷らの評価式} \quad F_m = 2\rho_w \eta_m B_c v^2 + \frac{Wv}{gdt}$$

$$\text{有川らの評価式} \quad F_m = \gamma_p \chi^{2/5} \left( \frac{5}{4} \tilde{M} \right)^{3/5} v^{6/5}$$

$$\chi = \frac{4\sqrt{a}}{3\pi} \frac{1}{k_1 + k_2} \quad k = \frac{1-v^2}{\pi E} \quad \tilde{M} = \frac{M_1 M_2}{M_1 + M_2}$$

ここに、 $dt$ ：衝突時間、 $\eta_m$ ：最大遡上水位、 $\rho_w$ ：流体の密度、 $B_c$ ：コンテナ幅、 $W$ ：コンテナ重量、 $a$ ：衝突面半径の1/2（コンテナ衝突面の縦横長さの平均の1/4）、 $E$ ：ヤング率（コンクリート版）、 $v$ ：ポアソン比、 $\gamma_p$ ：塑性によるエネルギー減衰効果（0.25）であり、 $M$ や $k$ の添え字は、衝突体と被衝突体を示す。

（材木・丸太、コンテナの衝突力の評価）

材木・丸太、コンテナの衝突力の評価として FEMA の方法<sup>17), 18)</sup>がある。以下に東日本大震災後に改訂された FEMA の式を示す<sup>8-7-1)</sup>。

$$\text{FEMA の式} \quad F_m = 1.3 u_{\max} \sqrt{kM(1+c)}$$

ここに、 $u_{\max}$ ：漂流物を運ぶ流体の最大流速（漂流物は流れと同じ速度で動くものと仮定さ

れる)、 $c$  : 質量係数 (大きさ、形状、流れに対する漂流物の向きに依存する係数)、 $k$  : 漂流物と漂流物が衝突することで変形した構造物部材の有効剛性係数、である。それぞれの係数は下表の通りである。

| 漂流物                | 質量 ( $M$ , kg) | 質量係数 ( $c$ ) | 漂流物の剛性 ( $k$ , N/m) |
|--------------------|----------------|--------------|---------------------|
| 材木もしくは丸太 (軸方向)     | 450            | 0.00         | $2.4 \times 10^6$   |
| 20ft 標準コンテナ (軸方向)  | 2200 (空)       | 0.30         | $85 \times 10^6$    |
| 20ft 標準コンテナ (法線方向) | 2200 (空)       | 1.00         | $80 \times 10^6$    |
| 20ft 重量コンテナ (軸方向)  | 2400 (空)       | 0.30         | $93 \times 10^6$    |
| 20ft 重量コンテナ (法線方向) | 2400 (空)       | 1.00         | $87 \times 10^6$    |
| 40ft 標準コンテナ (軸方向)  | 3800 (空)       | 0.20         | $60 \times 10^6$    |
| 40ft 標準コンテナ (法線方向) | 3800 (空)       | 1.00         | $40 \times 10^6$    |

#### 【漂流物のエネルギーを評価する方法】

漂流物の質量と漂流速度から衝突エネルギーを算出する方法があり、防衝工の様な比較的簡易な構造物においては、衝突エネルギーの吸収を見積もることにより設計を行うことができる。詳細については、「津波漂流物対策施設設計ガイドライン」<sup>9)</sup>を参照できる。

漂流物の衝突力とエネルギーを評価する方法以外に、運動量を評価する方法もある。これは、運動量保存則から、耐震設計における応答加速度を考慮して建築物の許容力積を求めらるもので、衝突加重の概算に用いることができる<sup>8-2)</sup>。

#### (3) 発生頻度の高い津波よりも小さな規模の津波に関する検討

港湾の場合には発生頻度の高い津波よりも小さな規模の津波でも浸水する可能性があり、それによって漂流対象物が浮遊して漂流する危険性があることに注意が必要である。

#### 4. 3. 4 火災に関する事項

##### 4. 3. 4. 1 火災発生の要因

津波に起因する火災は、集積した家屋、自動車、流木、瓦礫に、自動車、小型船舶や港湾に設置された漁業用の燃料タンクから漏洩したガソリン・軽油、プロパンガスボンベなどが出火源となり、これが引火して発生することが要因とされる。

#### 【解説】

津波に起因する火災は、津波浸水域の境界付近まで流された家屋や自動車が、残っている家屋等の建物にせき止められ集積し、そこに火源や引火性の危険物が漂着して引火することにより発生すると考えられている。出火源としては、自動車、小型船舶や港湾に設置された漁業用の燃料タンクから漏洩したガソリンや軽油、プロパンガスボンベ、地震や津波の衝撃により出火したまま流された家屋など様々なものが考えられる。

火種の周囲に瓦礫等の多量の可燃物が集積した状況が続き、火災が拡大する。

##### 4. 3. 4. 2 火災時間

津波に起因する火災は、数時間から数日間続くことが想定される。

#### 【解説】

これまでの津波に起因する火災実績によると、火災は数時間から数日間続くことが分かっている。

#### 4. 3. 4. 3 耐火対策

耐火対策は、漂流する燃焼物や可燃性の危険物（家屋、自動車、流木、瓦礫、燃料タンクなど）を津波避難施設に近づけないことを基本とする。

仮に、施設の周囲に漂着する燃焼物や可燃性の危険物が集積し、これによる火災が生じた場合でも、避難者の安全確保のために避難スペースを火災発生箇所から遠ざけるなどの工夫を行う。

#### 【解説】

津波に起因する火災は、数時間から数日間続くことが想定されることから、津波避難施設の火災対策としては、施設の周りに漂着防止部材や緩衝帯を設けることにより、漂流する燃焼物や可燃性の危険物（家屋、自動車、流木、瓦礫、燃料タンクなど）を津波避難施設に近づけないことを基本とする。

仮に、燃焼物や可燃性の危険物が近づき施設の周りに火災が生じた場合には、これまでの火災被害調査によると、鉄筋コンクリート製の構造が高い耐火性能を有することから、津波避難施設の構造は、同種構造とすることが望ましい。なお、鋼構造の場合は、火熱により柱の耐力が低下すると建築物全体の崩壊につながることから、コンクリート被覆を行う或いは耐火塗料を塗布するなどの耐火対策を施すこととする。

#### 4. 3. 5 耐久性に関する事項

##### 4. 3. 5. 1 耐用年数

港湾の津波避難施設のうち津波避難ビルや津波避難タワーなどの建築物は、耐用年数を原則 50 年と設定する。ただし、命山などの盛り土については耐用年数を設定しない。

#### 【解説】

津波避難ビルや津波避難タワーなどの建築物は、鉄骨鉄筋コンクリート造や鉄筋コンクリート造で一般に用いられている耐用年数の 50 年を採用した。一方、命山などの盛り土については、経年とともに安定することから耐用年数を設定しない。

##### 4. 3. 5. 2 維持管理性能の確保

港湾の津波避難施設の耐用期間中の維持管理性能を確保するため、設計・建設・改良時において耐久性向上のための配慮を行うとともに、定期的な点検診断とこれに基づく適切な対策を実施する。

#### 【解説】

港湾の津波避難施設は、他の港湾構造物と同様に厳しい自然環境にさらされ、様々な荷重作用および環境作用を受ける。港湾の津波避難施設は、その要求性能を踏まえれば、予定された供用期間中、これらの作用により施設の安全性や使用性の低下を招くことがあってはならない。

そのため、設計・建設・改良時においては、使用する材料の選定、鉄筋や鉄骨に対するコンクリートのかぶり厚さ、鋼材の防食対策や、入念な施工の実施などの耐久性向上のための配慮とともに、定期的な点検診断と適切な対策によりその要求性能を満足させることが重要である。

しかし、例えば、施設の維持対策工事実施中にその施設を利用せざるを得ない状況が発生することも考えられる。このため、施設の構造形式、荷重作用や環境作用などを考慮し、あらかじめ維持管理の省力化に配慮しておくことが望ましい。

#### 4. 4 性能照査法

##### 4. 4. 1 津波避難施設の要求性能

###### 4. 4. 1. 1 一般

津波避難施設には、所定の安全性と使用性、維持管理性が求められる。

#### 【解説】

津波避難施設は常時、地震時、津波来襲時、火災時において、所定の安全性と使用性が求められる。

また、常時において所定の安全性と使用性以外に維持管理性が求められる。

津波避難施設がおかれる各状態における要求性能を表-4.5 に示す。

表-4.5 各状態における要求性能

|        | 安全性 | 使用性 | 維持管理性 |
|--------|-----|-----|-------|
| ・常時    | ○   | ○   | ○     |
| ・地震時   | ○   | ○   | —     |
| ・津波来襲時 | ○   | ○   | —     |

ここで、安全性とは、人命の安全等を確保できる性能のことであり、使用性とは使用上の不都合を生じずに施設等を使用できる性能のことである。また、維持管理性とは施設の利用想定した作用による施設の劣化損傷に対して、技術的に可能でかつ経済的に妥当な範囲で補修・補強等を施すことにより、施設に必要な所要の性能を継続的に確保することができる性能のことである。

###### 4. 4. 1. 2 常時性能

常時における性能は、安全性と使用性を満足できるように、構造が耐荷性能を有するものとして設定する。また、維持管理性を満足できるように、供用期間における経年劣化に対しても大規模な補修をしないで使用できる耐久性能を有するものとして設定する。

#### 【解説】

常時における安全性と使用性は、作用に対して想定される施設の構造的な応答において、構造が十分な耐荷性能を有しており損傷が発生しないこととする。

また、維持管理性は、材料（コンクリート・鋼材等）の経年劣化による部材の大規模な補修が生じないこととする。

#### 4. 4. 1. 3 耐震性能

|   |
|---|
| <p>(1) 耐震性能を設定する対象として、次のとおり地震動を設定する。これらは、全て津波を引き起こす地震動を対象とする。なお、「設計津波を引き起こす地震動」は「極めて稀に発生する地震」になることがある。</p> <p>1) 極めて稀に発生する地震 (L2 相当)</p> <p>2) 稀に発生する地震 (L1 相当)</p> <p>3) 設計津波を引き起こす地震</p> <p>(2) 津波避難施設が地震に対して保有すべき性能は、地震の程度に応じて、地震時および地震後の施設の安全性と使用性に関する要求性能を満足するように設定する。</p> <p>1) 極めて稀に発生する地震、或いは設計津波を引き起こす地震に対しては、建築物が倒壊・崩壊しないこと</p> <p>2) 稀に発生する地震に対しては、建築物の構造耐力上主要な部分に損傷が生じないこと。</p> |
|---|

#### 【解説】

##### (1) について

地震動の設定は、「4. 2. 2 地震動に関する事項」を参照のこと。ここで「極めて稀に発生する地震 (L2 相当)」及び「稀に発生する地震 (L1 相当)」は、津波を引き起こす地震を対象とし、津波を引き起こさない地震は本ガイドラインでは対象としない。

##### (2) について

地震時および地震後における津波避難施設の要求性能は、対象とする地震動の程度に応じて表-4.6のように段階的に与えられる。なお、上記(1)に示す津波を引き起こさない地震のうち、L1相当の地震では津波避難施設の安全性、使用性を満足することが要求されるが、L2相当の地震では、安全性、使用性を満足する必要はない。

表-4.6 地震時に確保すべき津波避難施設の要求性能

| 性能設定の分類 | 性能の水準                               |   |
|---------|-------------------------------------|---|
|         | 極めて稀に発生する地震 (L2 相当)<br>設計津波を引き起こす地震 | 稀に発生する地震 (L1 相当)                            |
| 安全性     | ・ 避難者自身の安全を損なわない                    | ・ 避難者自身と施設の安全を損なわない                         |
| 使用性     | ・ 想定される作用に対して修復不可能となっても全体系として崩壊しない。 | ・ 想定される作用に対して構造耐力上主要な部分に損傷が生じないで、そのまま使用できる。 |

#### 【参考】

建築基準における保有水平耐力計算の場合、建築物への地震力の算定において、全国を数区域に区分して0.7から1.0までの値（静岡県では、静岡県建築構造設計指針で1.2）で設定した地震地域係数 $Z$ が用いられる。地震地域係数 $Z$ は、過去の地震記録等により得られた地震動の期待値の相対的な比を示すものであり、工学的判断と行政区域を考慮して設定されている。保有水平耐力計算を行う場合にはこの地震地域係数 $Z$ が必要となるが、震源・伝播・サイト特性を考慮して作成された地震動との関係は明確ではなく、その数値の選択には注意を要する。

時刻歴応答解析においては、工学基盤での加速度応答スペクトルで規定した告示波が主に用いられることとなっているが、断層、振動伝播等を考慮した建設地で想定される地震波形の使用を妨げるものではない。また、建築では一般的に複数の地震動に対する照査が行われる。津波に先行する地震動については、その一つに加えて照査することが考えられる。

#### 4. 4. 1. 4 津波に対する性能

津波来襲時における性能は、地震後の施設の状態に対して想定される最大津波波力が作用しても安全性と使用性を満足できるように、構造が耐荷性能を有するものとして設定する。

#### 【解説】

地震発生後に津波が来襲することから、地震時に構造に損傷が生じている、あるいは全体系として崩壊しない状態に対して、想定される最大津波波力が作用しても安全性と使用性を満足することが求められる。

#### 4. 4. 1. 5 漂流物に対する性能

漂流物衝突時における性能は、地震後の施設の状態に対して想定される衝突荷重が作用しても安全性と使用性を満足できるように、構造が耐荷性能を有するものとして設定する。

#### 【解説】

地震発生後に津波が来襲し、これに伴い漂流物が施設に衝突することから、地震時に構造に損傷が生じている、あるいは全体系として崩壊しない状態に対して、想定される衝突荷重が作用しても安全性と使用性を満足することが求められる。

なお、「新ガイドライン」と津波防災地域まちづくり法に関連告示においては、避難施設の構造上の要件として、漂流物が衝突しても、構造耐力上主要な部分が破壊しないか、柱若しくは耐力壁の一部が損傷しても建築物全体が崩壊しないこと、としている。

#### 4. 4. 2 液状化の検討

##### 4. 4. 2. 1 液状化の影響

津波避難施設の周辺が液状化すると、地盤の支持力の低下、地盤の沈下、護岸から近い所では側方流動などの影響が生じる。

#### 【解説】

津波避難施設の周辺の液状化に伴い地盤の支持力が低下することから、直接基礎構造の場合には、傾斜や転倒が想定される。また、杭基礎構造の場合には、水平抵抗の低減が想定される。

一方、液状化後の地盤の沈下により、施設自体の沈下（直接基礎構造）や施設基礎杭の突出（杭基礎構造）が想定される。施設自体の沈下が想定される場合には、施設に作用する津波波力が沈下前よりも大きくなることから、影響が大きいと判断される場合には、施設が沈下後の津波波力による検討を行う。

更に護岸近傍では側方流動が生じ、施設の護岸側への移動が想定される。

##### 4. 4. 2. 2 液状化に対する評価

津波避難施設が立地する地盤においては、液状化の有無を評価する。

液状化の評価においては、避難施設の特性と判定法の適用範囲を十分に理解し、地盤条件をもとに地震動による作用を考慮して適切な方法を選択する必要がある。

#### 【解説】

液状化を評価する手法には、港湾における液状化の予測・判定法<sup>19)</sup>や「宅地の液状化被害可能性判定に係る技術指針」<sup>20)</sup>等がある。後者については、「中地震動（震度5程度）に対する宅地の液状化被害の可能性の程度の目安を示すもので、個別には建物特性等によって被害発生状況は異なり、被害の有無等を保証するものではない。」との注意が示されている。

##### 4. 4. 2. 3 液状化に対する対応策

液状化に対する対応策は、地震動のレベルに応じて検討する。

なお、避難経路においては避難者を確実に避難施設に導くものであることから、液状化により避難に支障がないように対応策を施す。

### 【解説】

#### (1) レベル一地震動に対する対応策

レベル一地震動に対する地盤の液状化の検討において、液状化が生じると予測・判定された場合には、施設の特성에応じて、適切な方法により地盤改良を行う必要があり、仮に液状化対策が実施できない場合においては、津波避難施設の新規設置は行わないこととする。また、液状化により側方流動の影響を受ける可能性がある場所においても同様である。

#### (2) レベル二地震動\*1に対する対応策

レベル二地震動に対する地盤の液状化の検討において、液状化が生じると予測・判定された場合には、施設の設計において適切に地盤の強度低下を見込むこととする。

#### (3) 避難経路に対する対応策

徒歩、或いは自動車により避難する際に、地盤流動化や過大な不陸が生じると避難に支障が生じる。そのため、避難経路に対しては、液状化に対して確実な対応策が求められる。

\*1：設計津波を引き起こす地震動は、レベル二地震動になることがある。

### 4. 4. 3 考慮する荷重と荷重の組み合わせ

建築物の構造設計では、「固定荷重」、「積載荷重」、「積雪荷重」、「地震荷重」、「津波荷重」、「衝突荷重」、「風荷重」を考慮する。

また、上記荷重を適切に組み合わせ、構造部材に生じる応力度等を計算する。

### 【解説】

建築物の構造設計では、「固定荷重」、「積載荷重」、「積雪荷重」、「地震荷重」、「津波荷重」、「衝突荷重」、「風荷重」を考慮する。なお、「温度荷重」は影響が少ないと想定されることからこれを除いたが、鋼構造物でこの影響が大きい場合には、これを考慮する。

上記荷重の組み合わせは、表-4.7による。

表-4.7 荷重・外力の組み合わせ

| 力の種類    | 荷重・外力について想定する状態         | 荷重・外力の組み合わせ  |                      |
|---------|-------------------------|--------------|----------------------|
|         |                         | 多雪地域以外の地域    | 多雪地域                 |
| 長期に生じる力 | 避難時                     | $G + P$      | $G + P$              |
|         | 避難時（積雪時）                | $G + P$      | $G + P + 0.7S$       |
| 短期に生じる力 | 地震時（L1,L2,設計津波を引き起こす地震） | $G + P + K$  | $G + P + K + 0.35S$  |
|         | 津波来襲時                   | $G + P + T$  | $G + P + T + 0.35S$  |
|         | 漂流物衝突時                  | $G + P + CO$ | $G + P + CO + 0.35S$ |
|         | 暴風時                     | $G + P + W$  | $G + P + W + 0.35S$  |
|         | 積雪時                     | $G + P + S$  | $G + P + S$          |

ここに、

$G$  : 固定荷重によって生じる力。固定荷重とは、構造物自体の重量または構造物上に常時固定されている物体の重量による荷重をいう。（建築基準法施行令第 84 条）

$P$  : 積載荷重によって生じる力。積載荷重とは、固定荷重に含まれない人間や移動がそれほど困難でない物品などの荷重を総称している。（建築基準法施行令第 85 条第 1 項）。なお、避難時には避難スペースに群集荷重を考慮する。

$S$  : 積雪荷重によって生じる力。積雪荷重とは、積雪の単位荷重に屋根の水平投影面積およびその地方における垂直積雪量を乗じて計算する。（建築基準法施行令第 86 条）

$K$  : 地震荷重によって生じる力。4. 2. 2 による。

$T$  : 津波荷重によって生じる力。4. 2. 1 による。

$CO$  : 漂流物による衝突によって生じる力。4. 2. 3 による。

$W$  : 風荷重によって生じる力。（建築基準法施行令第 87 条）

なお、多雪地域は、特別な検討等による場合を除いて、建築基準法施行令第 86 条の規定に基づき特定行政庁が指定する区域とする。

#### 4. 4. 4 構造物の安定性

##### 4. 4. 4. 1 転倒及び滑動の検討

建築物が、浮力及び自重を考慮して、地震荷重、津波荷重・衝突荷重によって転倒又は滑動しないこと(杭基礎にあつては、杭の引き抜き耐力を超えないこと等)を確かめる。

#### 【解説】

##### (1) 転倒に対する検討

建築物の転倒を防ぐため、各基礎構造において以下の検討を行う。

##### ①直接基礎構造

地震荷重、或いは津波荷重・衝突荷重の合計により発生する転倒曲げモーメントが、基礎重量を含んだ自重及による抵抗モーメントを上回らないこと等を確認する。この場合、浮力による転倒モーメントを考慮する。

##### ②杭基礎構造

地震荷重、或いは津波荷重・衝突荷重の合計により発生する転倒曲げモーメントが、基礎重量を含んだ自重及び杭の引き抜き耐力（杭基礎の場合）による抵抗モーメントを上回らないこと等を確認する。この場合、浮力による転倒モーメントを考慮する。また、杭の引き抜き耐力は、杭自重および杭周面摩擦力の和とする。

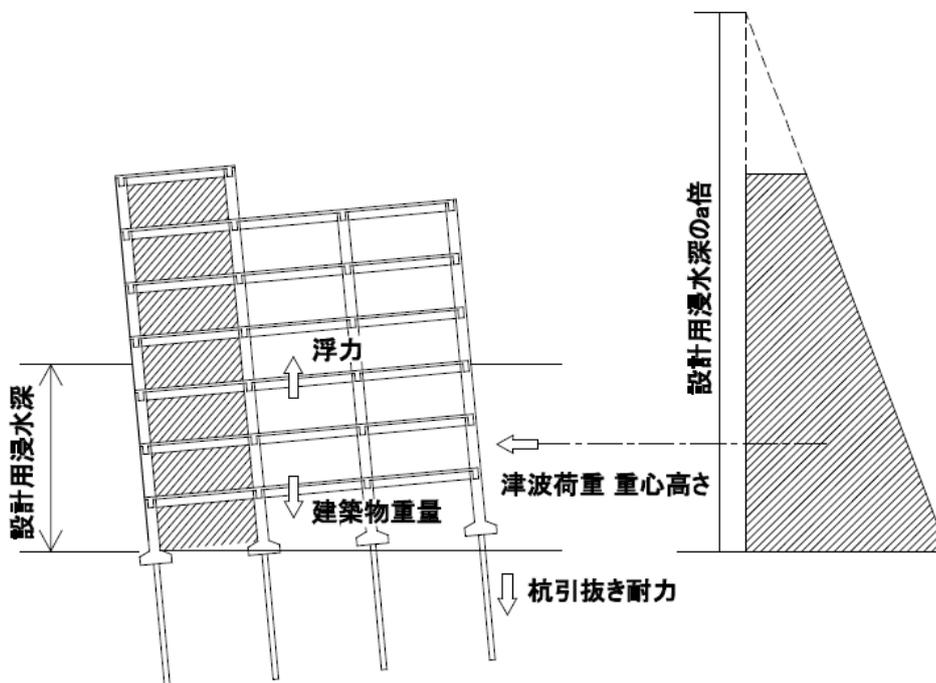


図-4.5 建築物の転倒に対する考え方（杭基礎）・・・（絵は修正予定）

## (2) 滑動に対する検討

建築物の滑動を防ぐため、各基礎構造において以下の検討を行う。

### ①直接基礎構造

地震荷重、或いは津波荷重・衝突荷重の合計により建築物に作用する水平力が、施設の底面と地盤との間に作用する摩擦力を上回らないことを確認する。なお、摩擦力算定の際に、浮力による鉛直力の低減を考慮する。

### ②杭基礎構造

地震荷重、或いは津波荷重・衝突荷重の合計により杭に作用する水平力が、圧縮側および引張側の杭の終局せん断耐力および終局曲げせん断耐力の総和を上回らないことを確認する。

なお、杭の終局せん断耐力および終局曲げせん断耐力を算定する際の軸力は、津波荷重・衝突荷重、自重、浮力による応力状態を適切に考慮して定める。

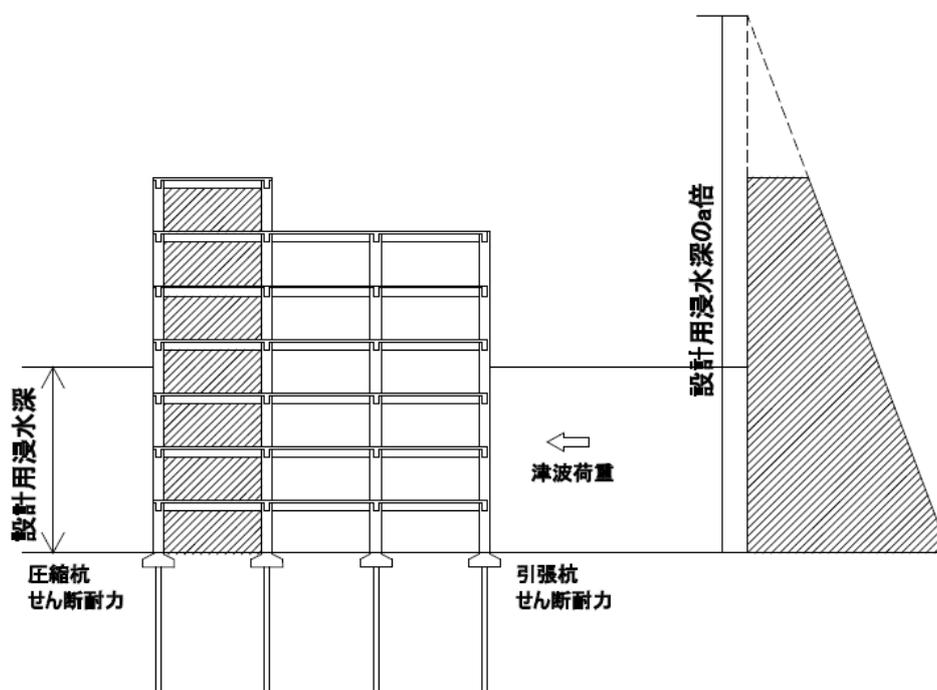


図-4.6 建築物の滑動に対する考え方（杭基礎）・・・（絵は修正予定）

#### 4. 4. 5 構造部材の断面力

津波避難施設の構造部材の断面力の算定は、構造体を骨組みにてモデル化を行い、これに各荷重状態において想定される荷重を作用させて断面力を算定するものとする。

なお、杭に作用する断面力は施設の上部構造と杭を一体化してモデル化する、或いはこれを分離して上部構造より得られる反力をもとに杭の断面力を算定する方法がある。

#### 【解説】

津波避難施設の構造部材の断面力の算定は、柱・梁を 2 次元、或いは 3 次元の骨組みにてモデル化する。なお、耐力壁については、これと等価な骨組みにてモデル化するのが合理的である。

上記モデルに各荷重状態において想定される荷重（「4. 3. 3 考慮する荷重と荷重の組み合わせ」参照）を作用させて断面力を算定する。

なお、杭基礎構造の場合で上部構造と杭とを一体化してモデル化することが複雑な場合には杭のみをモデル化し、上部構造より得られる反力を杭頭部に作用させて杭の断面力を算定するのが良い。

#### 4. 4. 6 構造部材の耐力

津波避難施設を建築物として取り扱った際に、一次設計（許容応力度設計法）においては、各部材に生じる断面力に対して、材料の許容応力度を超えないことを確かめる。

二次設計（保有水平耐力計算法）においては、各方向、各階において、構造骨組みの水平耐力が、地震荷重、或いは津波荷重と衝突荷重の水平荷重以上であることを下式により確認する。

$$Q_{ui} \geq Q_i$$

ここに、

$Q_{ui}$  :  $i$  層の水平荷重に対する水平耐力(材料強度によって計算する各階の水平力に対する耐力等)

$Q_i$  :  $i$  層に生じる地震荷重、或いは津波荷重・衝突荷重の合計による水平荷重  
また耐圧部材は、設計した荷重の組み合わせに対して終局強度以内とする。

#### 【解説】

##### (1) 一次設計について

材料の許容応力度は、建築基準法施行令第 90 条から第 94 条による。

##### (2) 二次設計について

###### ①地震荷重

鉄骨造、鉄筋コンクリート造、鉄骨鉄筋コンクリート造の保有水平耐力の算定は、基準解説書<sup>2)</sup>に従うこととする。

###### ②津波荷重・衝突荷重の合計

鉄筋コンクリート造建築物の耐震設計ルート 1 およびルート 2 においては、各階の必要耐力が式として示されており、これを当該階の骨組みの必要耐力の算定式として概算的に用いることができる。ただし、これらの式を用いる場合には、建築物はそれぞれの耐震設計としてのルートも満足することを確認する必要がある。

|           |   |                                   |
|-----------|---|-----------------------------------|
| ・ ルート 1   | $Q_u = \sum 2.5\alpha A_w + \sum 0.7\alpha A_c$   | ( $\geq ZW A_i$ かつ 高さ 20m 以下)     |
| ・ ルート 2-1 | $Q_u = \sum 2.5\alpha A_w + \sum 0.7\alpha A_c$   | ( $\geq 0.75ZW A_i$ かつ 高さ 31m 以下) |
| ・ ルート 2-2 | $Q_u = \sum 1.35\alpha A_w + \sum 1.35\alpha A_c$ | ( $\geq 0.75ZW A_i$ かつ 高さ 31m 以下) |

ここに、

$A_c$  : 当該階の柱の水平断面積及び耐力壁以外の水平断面積

$A_w$  : 当該階の耐力壁の水平断面積

$\alpha$  : コンクリートの設計基準強度による割り増し係数

$Z$  : 地震地域係数

$W$  : 当該階が支える部分の固定荷重と積載荷重との和

$A_i$  : 地震層せん断力の高さ方向の分布を表す係数

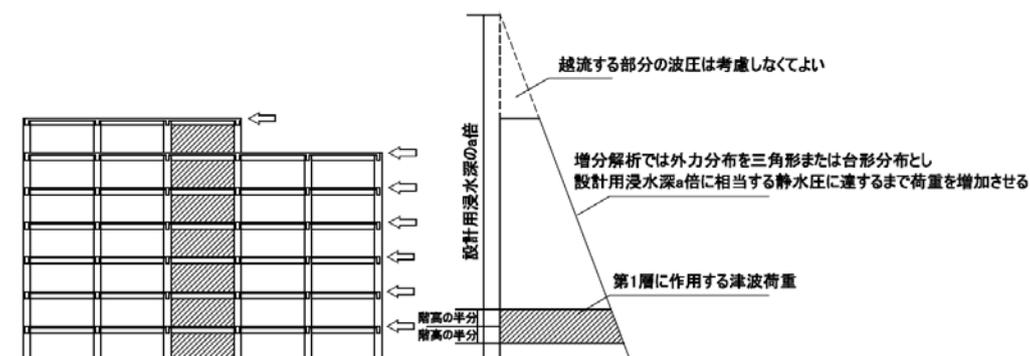


図-4.7 水平耐力の計算方法（津波の例）・・・（絵は修正予定）

#### 4. 4. 7 受圧面の設計

受圧面の設計は、耐圧部材と非耐圧部材に分けて設計を行う。

耐圧部材は、終局強度以内とし、確実に構造骨組に力を伝達できるようにする。また、必要に応じて止水に配慮する。

一方、非耐圧部材は、構造骨組みに損傷を与えることなく壊れることを容認する。

#### 【解説】

建築物に津波荷重が作用したとき、各部材には非常に大きな圧力が作用するため、設計者は耐圧部材、非耐圧部材を適切に設定しなければならない。ここで、耐圧部材として扱う必要のある部材は受圧面において水平耐力の算定に考慮している部材（柱、耐力壁など）であり、非耐圧部材はそれ以外の部材である。耐圧部材を受圧面の部材に限定したのは、津波が直接作用しない構面では、前面や側面に位置する開口部などから流入した波力が作用するが、受圧面に比べて弱まっていることが想定されるためであり、そのような部材については、耐圧部材としての検討を行わなくてもよいこととした。

#### 4. 4. 8 基礎の設計

##### 4. 4. 8. 1 直接基礎の設計

- (1) 直接基礎の設計は、基礎底面に作用する鉛直力による応力度が地盤の許容応力度以下であること、及び沈下によって上部構造に有害な影響を与えないことを確認し、また、基礎底面に水平力が作用する場合は、基礎のすべりに対する検討を行う。
- (2) 敷地の内外に高低差がある場合は、必要に応じて、地盤の安定性に関する検討を行い、適切な対策を講じる。

##### 4. 4. 8. 2 杭基礎の設計

- (1) 杭基礎の設計は、杭に作用する荷重、杭の力学的性能、地盤条件、施工性、経済性等を考慮して材料及び工法を選定する。
- (2) 杭の許容支持力は、杭材料の許容応力度、地盤の許容支持力及び許容沈下量より求まる値のうち最小値を採用する。
- (3) 杭基礎に短期に作用する鉛直力、引抜き力及び水平力により、杭に生ずる応力度は、許容応力度以下とする。
- (4) 杭基礎は必要に応じて保有水平耐力の検討を行う。また、杭が地盤の強制変形を受ける可能性がある場合は、必要に応じて、杭と地盤の相互作用の影響を考慮して検討を行う。
- (5) 杭と基礎床版との接合は、接合部に生じる引抜き力、せん断力及び曲げ応力に対して安全性の確保されたものとする。
- (6) 杭が負の摩擦力を受ける可能性がある場合は、その影響を考慮して設計する。

#### 4. 4. 9 構造細目

##### 4. 4. 9. 1 鉄筋かぶり厚さ

RC 構造の鉄筋に対するコンクリートのかぶり厚さは、耐力壁以外の壁又は床にあつては 2 センチメートル以上、耐力壁、柱又ははりにあつては 3 センチメートル以上、直接土に接する壁、柱、床若しくははり又は布基礎の立上り部分にあつては 4 センチメートル以上、基礎（布基礎の立上り部分を除く。）にあつては捨てコンクリートの部分を除いて 6 センチメートル以上としなければならない。

なお、上記規定は、水、空気、酸又は塩による鉄筋の腐食を防止し、かつ、鉄筋とコンクリートとを有効に付着させることにより、同項の規定のかぶり厚さとした場合と同等以上の耐久性及び強度を有するものとして、国土交通大臣が定めた構造方法を用いる部材及び国土交通大臣の認定を受けた部材については、適用しない。

#### 【解説】

（建築基準法施行令第 79 条を参考）

##### 4. 4. 9. 2 鉄骨のかぶり厚さ

SRC 構造の鉄骨に対するコンクリートのかぶり厚さは、5 センチメートル以上としなければならない。

なお、上記規定は、水、空気、酸又は塩による鉄骨の腐食を防止し、かつ、鉄骨とコンクリートとを有効に付着させることにより、同項の規定のかぶり厚さとした場合と同等以上の耐久性及び強度を有するものとして、国土交通大臣が定めた構造方法を用いる部材及び国土交通大臣の認定を受けた部材については、適用しない。

#### 【解説】

（建築基準法施行令第 79 条を参考）

#### 4. 4. 10 その他の構造設計上の配慮

##### 4. 4. 10. 1 洗掘

津波避難施設は、洗掘に配慮し、杭基礎とするか又は直接基礎の場合は洗掘により傾斜しないようにする。

#### 【解説】

津波による流勢によって建築物の基礎部分や周辺部に地盤洗掘が発生し、沈降、傾斜などの被害が発生する可能性があることから、対策を行う。

##### (1) 杭基礎構造の採用

建築物の重量を杭が安全に支持し、沈降や傾斜を防止できることを確認する。津波避難施設では、ある程度の建築物高さや規模が求められるので、新設の場合は杭基礎構造を用いるのが望まれる。

##### (2) その他の方法

###### ①直接基礎構造

地下階や十分な深さの基礎根入によって、洗掘による沈降、傾斜を防止できるようにする。

###### ②周辺地盤の強化

津波による洗掘を防止できるように、建築物下部の地盤改良や周辺部を津波によって剥離しないような舗装を行う。また、建築物の周囲をシートパイルや地中連続壁で囲って地盤の流出を防ぐ対策も有効である。

##### 4. 4. 10. 2 漂流物の衝突

漂流物の衝突による損傷を考慮し、衝突により構造耐力上主要な部分が破壊を生じないこと又は柱若しくは耐力壁の一部が損傷しても、建築物全体が崩壊しないことを確かめる。

#### 【解説】

東日本大震災における津波では、漂流物の衝突により外壁に局部的損傷が生じたと推測される建築物が見られる。また、既往の研究を踏まえた検討からも、漂流物の衝突の条件によっては部材が破壊する可能性が示されている。そこで、構造耐力上主要な部分の破壊は建築物全体の崩壊を招くおそれがあることを考慮し、漂流物の衝突により構造耐力上主要な部分が破壊を生じないこととした。また、衝突する漂流物によっては、柱や耐力壁のような鉛直部材の一部が破壊することを防止するのが困難である場合もあるため、柱や耐

力壁の一部が破壊しても、それに伴い建築物全体が崩壊することがないことを確認すれば良いこととした。

具体的な方法としては、例えば漂流物の衝突によりいずれかの外柱が破壊し、当該柱が負担していた長期軸力を隣接する柱等の鉛直支持部材に伝達可能であることを確認し、かつ、当該鉛直支持部材が伝達後の軸力を負担可能であることを確認する方法等が考えられる。

そのほか、建築物に漂流物が直接衝突しないよう、建築物の周囲に防護設備・施設等を設けるといった計画も有効な方法である。

## 5. 管理上の要件

避難施設は、津波の発生時において住民等に開放される等の管理に係る要件を満たす必要がある。

### 【解説】

民間等の施設を避難施設として指定する場合、これらの所有者や管理者の理解が必要である。なお、津波防災地域づくり法の指定避難施設として指定する場合には、「指定避難施設の管理及び協定避難施設の管理協定に関する命令」（平成 23 年内閣府令・国土交通省令第 8 号）で定める基準に適合する必要がある。

## 参考文献

- 1) 国土交通省港湾局：港湾の避難対策に関するガイドライン、平成25年9月
- 2) 中央防災会議：防災基本計画、平成24年9月
- 3) 消防庁国民保護・防災部防災課、  
[http://www.fdma.go.jp/neuter/about/shingi\\_kento/h24/tsunami\\_hinan/index.html](http://www.fdma.go.jp/neuter/about/shingi_kento/h24/tsunami_hinan/index.html)
- 4) 津波避難ビル等に係るガイドライン検討会、内閣府政策統括官（防災担当）：津波避難ビル等に係るガイドライン、平成17年6月
- 5) 国土交通省国土技術政策総合研究所、(一社)建築性能基準推進協会（、協力 独立行政法人 建築研究所）：津波避難ビル等の構造上の要件の解説、平成24年2月
- 6) 静岡県吉田町防災課：道路上に設置する津波避難タワーの標準仕様設計基準（静岡県吉田町適用基準 平成24年9月版）、平成24年9月
- 7) 多賀谷一照：詳解 逐条解説 港湾法、平成24年7月
- 8) 静岡市津波避難ビル整備事業費補助金交付要領
- 9) (社)日本港湾協会：港湾の施設の技術上の基準・同解説（下巻）、平成19年7月
- 10) (一財)沿岸技術研究センター、(一社)寒地港湾技術研究センター：津波漂流物対策施設設計ガイドライン、平成25年〇月
- 11) 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7月
- 12) (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
- 13) 東京大学生産技術研究所：「40. 津波危険地域における建築基準等の整備に資する検討」、平成23年度建築基準整備促進事業 中間報告書その2、平成23年10月
- 14) 松富英夫：流木衝突力の実用的な評価式と変化特性、土木学会論文集 No. 621/II-47、111-127、1999年5月
- 15) 池野正明、田中寛好：陸上遡上津波と漂流物の衝突力に関する実験的研究、海岸工学論文集、第50巻、2003
- 16) 水谷法美、高木祐介、白石和睦、宮島正悟、富田孝史：エプロン上のコンテナに作用する津波力と漂流衝突力に関する研究、海岸工学論文集、第52巻、2005
- 17) 有川太郎、大坪大輔、中野史丈、下迫健一郎、石川信隆：遡上津波によるコンテナ漂流力に関する大規模実験、海岸工学論文集、第54巻、2007
- 18) FEMA P-646: Guidelines for design of structures for vertical evacuation from Tsunamis
- 19) FEMA P-646: Guidelines for design of structures for vertical evacuation from Tsunamis –Second Edition–, April 2012
- 20) 国土交通省港湾局：港湾の施設の技術上の基準・同解説、改訂版、  
<http://www.mlit.go.jp/common/000221249.pdf>、平成24年8月
- 21) 国土交通省都市局：宅地の液状化被害可能性判定に係る技術指針、  
[http://www.mlit.go.jp/report/press/toshi06\\_hh\\_000009.html](http://www.mlit.go.jp/report/press/toshi06_hh_000009.html)、平成25年4月

22) 2007年版 建築物の構造関係技術基準解説書