

静岡県“みなと津波避難タワー”設計手引書
(案)

平成 27 年 1 月

静岡県交通基盤部港湾局

目 次

1	総則	1
1.1	総説	1
1.2	本手引書の適用範囲	2
1.3	対象とする地震と津波	3
1.4	用語の定義	4
1.5	関連法規等	5
2	みなとにおける津波避難施設の設計手順	7
2.1	みなとにおける津波避難施設の概要	7
2.1.1	津波避難施設の基本	7
2.1.2	津波避難タワーの分類	8
2.1.3	津波避難タワーの基本構造	11
2.2	津波避難施設の検討フロー	12
2.3	みなとにおける津波避難計画の基本的な考え方	13
2.3.1	対象地域	13
2.3.2	津波避難対策の対象期間	14
2.4	避難困難エリアの指定等	14
2.4.1	避難対象地域の把握	14
2.4.2	避難困難エリアの抽出	15
2.4.3	津波到達予想時間、避難目標地点、避難可能距離の設定	16
2.4.4	歩行速度	25
2.4.5	対象人員の算出	27

2.4.6	避難路・避難方法.....	28
2.5	津波避難タワー規模と配置.....	30
2.5.1	配置・形状・向き.....	30
2.5.2	必要面積	32
2.5.3	漂流物に対する配慮事項.....	33
3	避難上の要件	35
3.1	避難上の要件の基本.....	35
3.2	津波避難施設の高さと避難路の確保.....	36
3.2.1	避難スペースの高さ.....	36
3.2.2	階段、手すり、柵など避難路の仕様.....	38
4	構造上の要件	43
4.1	構造上の要件の基本.....	43
4.2	構造上の要求性能と構造性能照査.....	43
4.2.1	構造物の設計供用期間.....	43
4.2.2	構造上の要求性能.....	44
4.2.3	照査対象	46
4.2.4	照査フロー	46
4.3	構造物への作用事項.....	48
4.3.1	津波に関する事項.....	48
4.3.2	地震動に関する事項.....	52
4.3.3	風荷重に関する事項.....	53
4.3.4	積載荷重に関する事項.....	54

4.3.5	その他荷重に関する事項.....	55
4.3.6	漂流物に関する事項.....	56
4.3.7	火災に関する事項.....	57
4.4	性能照査法	59
4.4.1	津波避難施設の要求性能.....	59
4.4.2	液状化の検討	62
4.4.3	考慮する荷重と荷重の組み合わせ.....	64
4.4.4	構造物の安定性.....	66
4.4.5	構造部材の断面力.....	68
4.4.6	構造部材の耐力照査.....	69
4.4.7	基礎の設計	73
4.4.8	洗掘	82
5	管理上の要件	85
5.1	維持管理性能の確保.....	85
6	津波避難施設に設置する諸設備	86
7	建築確認（計画通知）	87
8	巻末資料	88

1 総則

1.1 総説

本手引書は、港湾・漁港の津波避難困難エリアに整備する津波避難施設のうち、特に津波避難タワーに関する設計諸元について、国の策定した「港湾の津波避難施設の設計ガイドライン」(H25年10月)を、本県の特性を踏まえて補完する参考資料である。

【解説】

みなと（みなと：港湾、漁港及びこれらに位置する広場・緑地を総称したもの）は、物流・水産機能や海上交通の拠点であり、沿岸部の堤外地という立地に、港湾・漁港関係者や旅行者など様々な人が活動していることから、

- ・ 地震発生から津波到達までの時間的猶予が短い
- ・ SOLAS フェンスに囲まれた場所等では避難に時間を要する
- ・ 地盤高が低い
- ・ 避難に適した高台から離れている
- ・ 埋立地が多く液状化しやすい
- ・ 津波や漂流物を減衰させる構造物が少ない

等、一般的な市街地（堤内地）に比べて津波や漂流物の作用を強く受ける可能性があり、その特性に配慮した津波への対策が必要である。

この中でも、特に静岡県は、プレート境界が近傍にあり津波発生源が非常に近いことから他県と比べて、地震発生から津波到達までの時間的猶予が極めて短い。そのため、みなとにおける津波対策が本手引書に基づいて整備する津波避難施設だけで完了するものではなく、同施設の常時利用及び避難訓練等を通じて、静岡県の特性を施設利用者に周知する必要があることに注意されたい。

本手引書は、上記静岡県におけるみなとの特性を踏まえ、対策の一つとして挙げられる津波避難施設のうち、特に津波避難タワーに関する設計諸元を取り纏めたものである。ただし、津波避難タワーに限らずその他の津波避難施設についても該当する場合、「津波避難施設」と明記して解説を行った。

取り纏めに当たっては、「港湾の津波避難施設の設計ガイドライン（国土交通省港湾局：平成25年10月）」を踏まえ、実際の設計が円滑に行えるよう各検討諸元について具体的に記述した。

また、本手引書では、津波避難計画の際に検討される項目（対象人員、避難路・方法、津波到達予想時間、避難可能距離、避難時の歩行速度等）についてもまとめている。

1.3 対象とする地震と津波

静岡県第4次地震被害想定におけるレベル2の地震・津波を対象とする。
 ただし、津波到達時間を検討する際は、レベル1津波も検討する。
 耐震照査（地震外力）については、道路橋示方書・建築基準法に準拠する。

【解説】

表 1-1 に静岡県第4次地震被害想定で用いられている地震・津波モデルを、表 1-2 に検討項目とその対象となる地震・津波モデルをそれぞれ示す。

表 1-1 想定対象地震一覧表

区分	想定対象地震	強震断層モデル
		津波断層モデル
レベル1の地震・津波	東海地震 東海地震・東南海地震 東海・東南海・南海地震	内閣府(2012)南海トラフ巨大地震モデル ・基本ケース 中央防災会議(2003) ・東海地震モデル ・東海・東南海地震モデル ・東海・東南海・南海地震モデル
	大正型関東地震	神奈川県(2009)を改変したモデル 行谷ほか(2011)を改変したモデル
レベル2の地震・津波	南海トラフ巨大地震	内閣府(2012)南海トラフ巨大地震モデル ・基本ケース ・陸側ケース ・東側ケース 内閣府(2012)南海トラフ巨大地震モデル ・ケース① ・ケース⑥ ・ケース⑧
	元禄型関東地震	東京都(2012)モデル 行谷ほか(2011)を改変したモデル

(平成 25 年度 11 月現在)

表 1-2 検討項目とその対象となる地震・津波モデル

検討項目	対象とするモデル	
想定浸水高	レベル2 津波断層	内閣府(2012)南海トラフ巨大地震モデル ケース①、⑥、⑧ 元禄型関東地震 行谷ほか(2011)を改変したモデル
津波外力	レベル2 津波断層	内閣府(2012)南海トラフ巨大地震モデル ケース①、⑥、⑧ 元禄型関東地震 行谷ほか(2011)を改変したモデル
地震外力	レベル2 強震断層	道路橋示方書(H24版) 建築基準法
津波到達時間	レベル1 津波断層	中央防災会議(2003) 東海・東南海・南海地震モデル 大正型関東地震 神奈川県(2009)を改変したモデル
	レベル2 津波断層	内閣府(2012)南海トラフ巨大地震モデル ケース①、⑥、⑧ 元禄型関東地震 行谷ほか(2011)を改変したモデル
避難開始時間	レベル2 強震断層	内閣府(2012)南海トラフ巨大地震モデル 基本ケース 元禄型関東地震 東京都(2012)モデル

地震外力については、道路橋示方書（H24 版）に示されている設計水平震度を与えることを基本とする。ただし、建築確認（計画通知）が必要な場合は、建築基準法での照査も行う。設計には、両基準のうちより大きな外力となる値を用いる。

津波到達時間については、レベル1津波の方がレベル2津波よりも早く到達する地区（地盤高の低いみなど）もあることが想定されるため、両者を比較し、津波到達時間が短いモデルの値を用いることとする。

避難開始時間については、南海トラフ巨大地震モデルに、基本ケース、陸側ケース、東側ケースとあるが、継続時間に関して大きな差異はないため、基本ケースを用いることとする。

想定浸水高、津波到達時間、避難開始時間については、「2.4.3 津波到達予想時間、避難目標地点、避難可能距離の設定」を参照すること。

津波外力、地震外力は、「4.3.1 津波に関する事項」、「4.3.2 地震動に関する事項」をそれぞれ参照すること。

1.4 用語の定義

本手引書内で使用する用語について、以下の通り定義する。

表 1-3 用語一覧表

用語	解説
みなと	港湾、漁港及びこれらに位置する広場・緑地を総称したもの。
最大クラスの津波	静岡県第4次地震被害想定レベル2津波。
津波避難施設(A種)	最大クラスの津波に対応した津波避難施設。 本手引書の「津波避難タワー」を指す。
津波避難施設(B種)	最大クラス以下の津波に対して効果的な避難対策となる津波避難施設。 既存する施設や照明塔などを津波避難施設として活用する場合は、この津波避難施設(B種)の基準を満たすものとする。
避難困難エリア	津波到達時間内に、避難目標地点まで到達できない範囲。 静岡県では、津波到達時間内に、避難目標地点まで到達できない範囲を避難困難エリアと定義し、津波避難施設の設置により避難困難が解消される場合は、避難困難エリアから除外されるものとする。

1.5 関連法規等

みなと津波避難施設は、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】

みなと津波避難施設が、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に基づいた基準が定められていることがあることから[※]、その基準目的と照らし合わせて、みなと津波避難施設等とすることが適切かどうか判断する。なお、満たすべき関連法規の基準については、本手引書で示す。

(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津波避難施設は、「港湾の津波避難施設的设计ガイドライン」でいう津波避難施設（A 種）に該当する。なお、津波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、津波避難施設は、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）

みなと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。

その他の工作物をみなと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。静岡県では、「架台が建築設備の架台など建築物の一部として利用されないこと」、「架台の下部が屋内的用途に供されない又は架台の床が屋根としての機能を果たさないこと」の条件を満たしていれば、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としている。^{※※}

(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）

港湾施設をみなと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、みなと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) 漁港漁場整備法 平成 19 年法律第 61 号

漁港・漁場の整備に関しては漁港漁場整備法に適合する必要がある、特に施設設計については、第 6 条の 2 の規定に定められた「漁港漁場整備事業の推進に関する基本方針」の「Ⅲ. 漁港漁場整備事業の施工上必要とされる技術的指針に関する事項」を確認する必要がある。「Ⅲ. 漁港漁場整備事業の施工上必要とされる技術的指針に関する事項」については、「漁港・漁場の施設の設計の手引 2003 年版 社団法人 全国漁港漁場協会」を参考にすることで的確かつ効率的な設計を行うことができる。

※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。

※※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、道路上に津波避難タワーを設置したケース（吉田町など）もある。

2 みなとにおける津波避難施設の設計手順
2.1 みなとにおける津波避難施設の概要
2.1.1 津波避難施設の基本

津波避難施設は、みなとにおける津波の避難困難エリアの避難対象者が津波襲来時に緊急的・一時的に避難することができる施設であり、避難上、構造上、管理上の要件を満たす必要がある。

【解説】

(1) みなとにおける津波避難施設

みなとは、その利用形態から、津波からの水平移動に時間を要し、かつ、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ある。みなとには、港湾関係者、漁港関係者、港湾緑地を訪れる一般客がおり、これらを避難対象者として考慮に入れる必要がある。また、みなとは、通常の沿岸部に比べ、液状化の発生しやすい埋立地が多く、漂流物の影響を受けやすい等の特性を有している。

本手引書が対象とする津波避難タワーは、みなとにおける津波の避難困難エリアの避難対象者が津波襲来時に緊急的・一時的に避難することができる施設であり、本手引書では、みなとの特性を考慮した津波避難タワーの配置及び作用条件に対する性能の確保について、津波避難計画及び構造安定性の観点から整理する。

(2) 津波避難施設が満たすべき要件

津波防災地域づくりに関する法律においては、指定津波避難施設が満たすべき要件として、避難上の要件、構造上の要件、管理上の要件を定義している。本手引書もこれに従い、みなとの津波避難施設が考慮する必要のある要件を、以下のとおり分類した。

・ 避難上の要件

想定する津波に対しても十分な高さや避難する場所までの避難路が確保されている等、避難するための施設として求められる要件。

・ 構造上の要件

想定する津波波力等の作用に対しても、安全であるために求められる要件。

・ 管理上の要件

津波発生時に直ちに使用（できるように）するために求められる要件であり、想定する津波の規模に依存しない要件。

2.1.2 津波避難タワーの分類

本手引書に示す津波避難タワーは、みなとにいる人が津波襲来時に緊急的、一時的に避難することができる施設であり、構造条件により分類が決まる。

【解説】

津波避難タワーは、工作物のうち、建築物に分類されるか否かがその構造条件により異なる。

工作物として分類されても建築確認（計画通知）が必要となるケースが考えられる（高さが8mを超えるもの）ため、その適用に留意する。

また、屋根や倉庫等を設置する場合は、高さに関係なく建築物に該当し、建築確認（計画通知）が必要となる。

建築確認（計画通知）に関しては、「7. 建築確認（計画通知）」を参照すること。

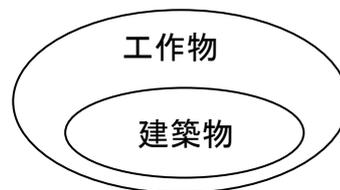


図 2-1 工作物と建築物の関係

[建築基準法 第二条一項]

建築物とは、土地に定着する工作物のうち、屋根及び柱若しくは壁を有するもの（これに類する構造のものを含む。）、これに附属する門若しくは扉、観覧のための工作物又は地下若しくは高架の工作物内に設ける事務所、店舗、興行場、倉庫その他これらに類する施設（鉄道及び軌道の線路敷地内の運転保安に関する施設並びに跨線橋、プラットホームの上家、貯蔵槽その他これらに類する施設を除く。）をいい、建築設備を含むものとする。

[建築基準法施行令 第百三十八条]

（工作物の指定）

第百三十八条 煙突、広告塔、高架水槽、擁壁その他これらに類する工作物で法第八十八条第一項の規定により政令で指定するものは、次に掲げるもの（鉄道及び軌道の線路敷地内の運転保安に関するものその他他の法令の規定により法及びこれに基づく命令の規定による規制と同等の規制を受けるものとして国土交通大臣が指定するものを除く。）とする。

- 一 高さが六メートルを超える煙突（支柱及び支線がある場合においては、これらを含み、ストーブの煙突を除く。）
- 二 高さが十五メートルを超える鉄筋コンクリート造の柱、鉄柱、木柱その他これらに類するもの（旗ざおを除く。）
- 三 高さが四メートルを超える広告塔、広告板、装飾塔、記念塔その他これらに類するもの
- 四 高さが八メートルを超える高架水槽、サイロ、物見塔その他これらに類するもの
- 五 高さが二メートルを超える擁壁

静岡県においては、津波避難タワーは上記の第百三十八条 第四項の物見塔に相当すると取り扱われている。次頁に静岡県建築行政連絡会議における基準総則を示す。

[静岡県建築行政連絡会議]

津波避難用の架台（タワー）の取り扱いについて

一定の条件に該当する津波避難用の架台（タワー）については、建築基準法施行令第 138 条第 1 項第四号に規定する工作物として取り扱う。

基準総則	津波避難用の架台、工作物 法第 88 条、令第 138 条
津波避難用の架台（タワー）の取り扱いについて	
平成23年春期部会	
<p>次のような津波避難用の架台（タワー）については、建築基準法施行令第 138 条第1項第四号に規定する工作物として取り扱う。</p> <p>(1) 架台が建築設備の架台など建築物の一部として利用されないこと。</p> <p>(2) 架台の下部が屋内的用途に供されない又は架台の床が屋根としての機能を果たさない（グレーチング、すのこ状）こと。</p> <p>なお、建築物の屋上に構造計算上一体で設置する場合は建築物の一部として扱う。</p>	

出典：静岡県建築行政連絡会議 2013 年 5 月 23 日

建築確認（計画通知）が必要となる建築物を表 2-1 に示す。

表 2-1 建築確認（計画通知）が必要となる建築物

建築基準法 6条1項 各号	建築物の種類	工事種別	確認申請(計画通知)が 必要となる建築場所
1号	特殊建築物(※1)で床面積の合計が 100平方メートルを超えるもの	<ul style="list-style-type: none"> ・建築(※2) ・大規模の修繕 ・大規模の模様替 	全地域
2号	木造で 1. 階数が3以上 2. 延べ面積が500平方メートル超 3. 高さが13m超 or 軒高9m超		
3号	非木造で 1. 階数が2以上 2. 延べ面積が200平方メートル超		
4号	上記の1号から3号以外のもの	建築(※2)	都市計画区域内 準都市計画区域内 法6条第1項第4号区域

注)都市計画区域内、準都市計画区域内、法6条1項4号区域内に新築する場合は面積の大小にかかわらず建築確認(計画通知)が

※1 建築基準法別表第1(イ)欄に掲げる用途に供するもの

(例:病院、共同住宅、飲食店、物販店、倉庫、自動車車庫など)

※2 建築物を新築、増築、改築、移転すること

※3 増築で述べ面積が10平方メートルを超える場合は建築確認(計画通知)が必要

ただし、準防火地域では1平方メートルでも必要

※4 工服用仮設建築物、災害応急復旧用建築物は建築確認(計画通知)不必要

※5 構造が仮設的(プレハブ等)であっても上記の※4に該当しなければ建築確認(計画通知)が必要

建築確認（計画通知）が必要となる工作物を表 2-2 に示す。

表 2-2 建築確認（計画通知）が必要となる工作物

工作物の種別		高さ	建築確認(計画通知)が必要となる建築場所
1	煙突(支わく・支線含み、ストーブの煙突を除く)	H>6m	全地域
2	RC柱、鉄柱、木柱、その他類似のもの (旗ざお、架空電線路用、保安通信設備用を除く)	H>15m	
3	広告塔、広告板、装飾塔、記念塔、その他類似のもの	H>4m	
4	高架水槽、サイロ、物見塔、その他類似のもの	H>8m	
5	擁壁	H>2m	

注) 鉄道・軌道内の運転保安施設を除く

2.1.3 津波避難タワーの基本構造

津波避難タワーは、鉄骨造の骨組み構造物とする。また、津波襲来時の使用だけでなく、平常時の利活用も可能な限り検討する。

【解説】

みなと津波避難施設は、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（使用上の不都合を生じずに施設等を使用できる性能）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。

また、平常時には展望台等としての利活用も可能な構造とする。

「津波避難タワー」の構造形式として考えられるものを以下にまとめた。

津波避難タワーの構造形式としては、鉄骨造（S造）、鉄筋コンクリート造（RC造）、鉄筋鉄骨コンクリート造（SRC造）が考えられる。

構造形式としては、以下に配慮した選定を行うことを基本とする。

- ・ 建設コスト及び、維持管理を含めたトータルコストにより適した構造形式とする。
- ・ 沿岸部という特性より、塩害に配慮した構造とする。
- ・ 埋立地という特性より、液状化に配慮し杭基礎等の採用など対策を行うこと。

表 2-3 に各形式の特徴を示す。

表 2-3 各構造形式の概要と特徴

型式	概要	特徴
鉄骨造 (S造)	鋼管、形鋼、鋼板で柱、梁を構成する架構形式でボルトや溶接などで組み立てられる。	低層から高層まで幅広く採用され、耐震性に優れる。溶融亜鉛メッキ等により耐久性に配慮する必要がある。
鉄筋コンクリート造 (RC造)	コンクリート内部に鉄筋を配置し強度を高めた構造で、基礎から屋上まで一体で築造される。	低層から高層まで幅広く採用される。SRC造と比較し部材断面が大きく自重が大きくなる傾向がある。したがって、基礎形式が大きくなる、柱面積増による波力の影響を大きく受けるなどの欠点がある。
鉄骨鉄筋コンクリート造 (SRC造)	コンクリート内部に鉄筋の他、鉄骨を用い、RC造に比較し小さな部材断面で強い骨組み構造を築造できる。	高層マンションなどに用いられる構造であり、上記2形式と比較するとコストは高価となる。

各構造の特徴より、津波避難タワーの構造は鉄骨造（S造）とする。

2.2 津波避難施設の検討フロー

津波避難施設の検討フローを図 2-2 に示す。

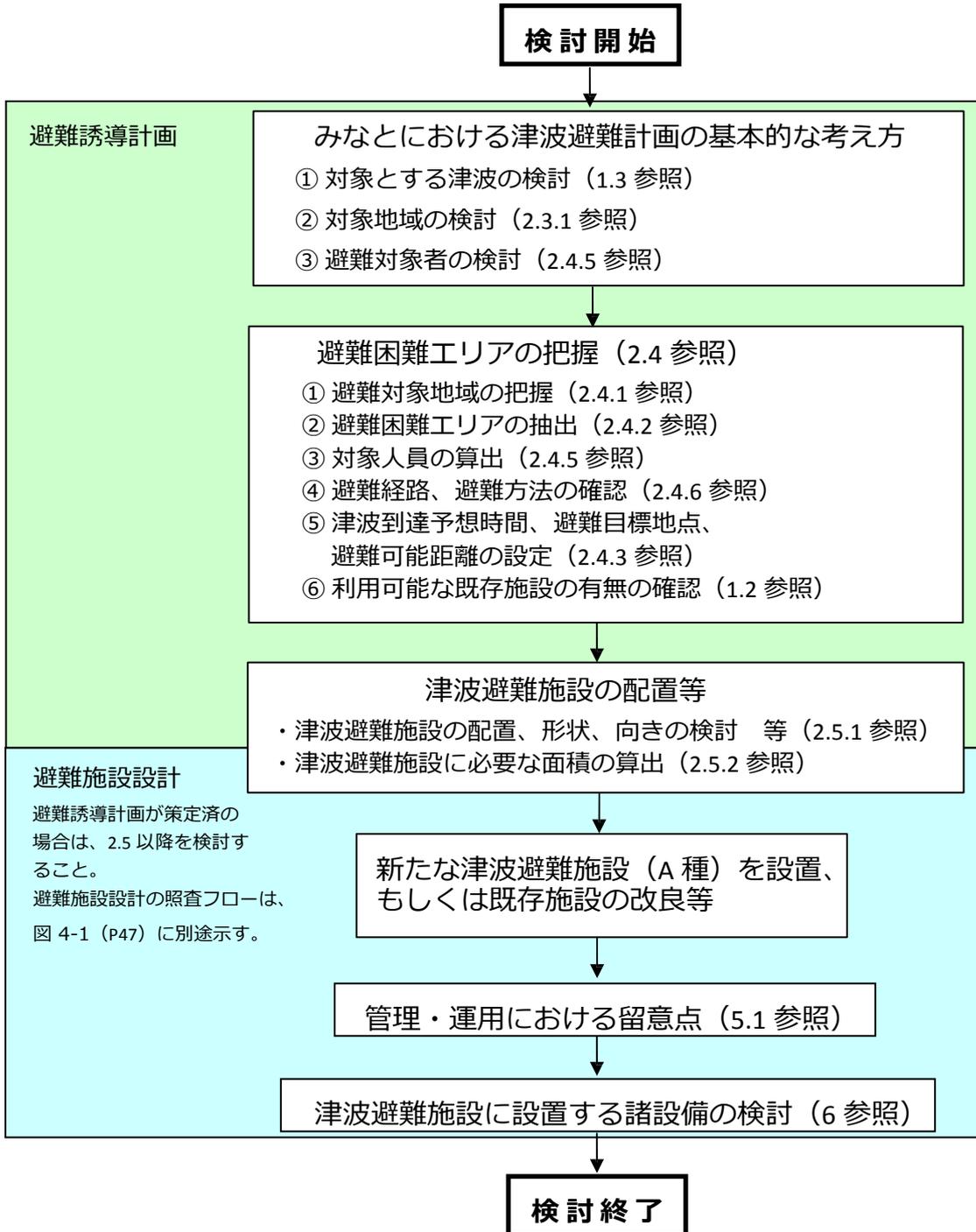


図 2-2 津波避難施設を設計するに当たっての検討フロー

2.3 みなとにおける津波避難計画の基本的な考え方

2.3.1 対象地域

津波避難対策の対象地域はみなととする。この際、みなと背後の市町村における津波避難計画や地域防災計画等との整合を図ることが必要である。

【解説】

対象地域であるみなとは、海岸保全施設や防潮堤等の防護ラインの外側（堤外地）に機能や施設が多く立地しており、地域における産業基盤やエネルギー基盤、流通基盤等が集積していることも多い。また、旅客ターミナルや商業施設などには渡航や観光を目的とした来訪者なども存在し、様々な利用者が存在する。

防護ラインの内側（堤内地）においても、倉庫や資材置き場、加工工場、レジャー施設など、港湾活動に関連する施設や集客施設が立地し、これらを利用する来訪者が存在する。

津波避難対策における避難対象者は、みなとを利用する港湾関係者、漁港関係者、港湾・漁港に位置する緑地等への一般来訪者とする。なお、みなとにおける堤内地については、みなとにおける一連の機能が含まれるように設定することが望ましいが、例えば、みなとにおける津波避難対策の対象地域の範囲としては、臨港地区を参考に設定することも考えられる。

対象地域の設定は、港湾・漁港背後の市町村における津波避難計画や地域防災計画との整合を図ることが必要である。

2.3.2 津波避難対策の対象期間

津波避難対策の対象とする期間は、地震・津波発生直後から津波が終息するまでとする。

【解説】

本手引書において津波避難対策の対象期間は、地震・津波発生直後から津波が終息するまでの概ね数時間～数十時間の間とする。この対象期間は、みなとにおける就労者や港湾利用者等の生命、身体の安全を確保する必要がある。

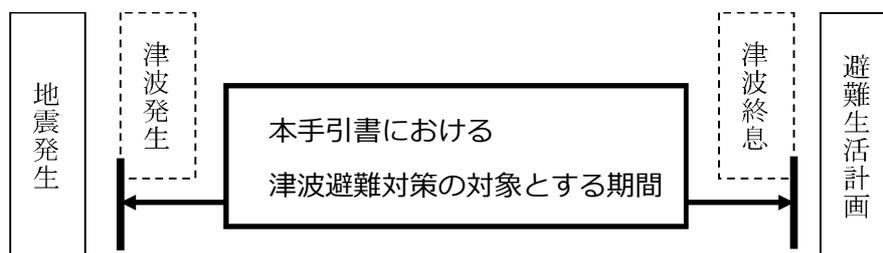


図 2-3 津波避難の対象期間

出典：「港湾の津波避難施設の設計ガイドライン」H25年10月

2.4 避難困難エリアの指定等

2.4.1 避難対象地域の把握

みなとにおける避難困難エリアの検討を行うため、避難対象地域を把握する。

【解説】

みなとにおける津波避難計画を十分確認し、避難対象地域を把握すること。

避難対象地域は、津波浸水想定区域に基づき検討する。

津波浸水想定区域は、推定や予測の上での限界があるため、安全側に立って、広めに指定する必要がある。

また、避難対象地域の設定は、一連の立地・利用企業等における津波避難対策と一体的なものとなるよう行うことが重要である。

なお、津波防災地域づくりに関する法律第53条第1項に基づく津波災害警戒区域の指定がなされている場合や、市町村における津波避難計画における避難対象地域の指定を受けている場合は、区域の整合等に留意する必要がある。

2.4.2 避難困難エリアの抽出

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「避難困難エリア」として抽出する。

「避難困難エリア」の抽出方法は、2.4.3 を参照すること。

【解説】

避難困難エリア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。避難困難エリアを抽出するには、みなと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みなとでは、みなとにおける日常的な就労者数や漁業関係者数、観光や渡航、釣り人等の一時的に来訪するみなと利用者数、レジャー施設等の利用者数を、昼間と夜間に分けて把握し、適切な避難対策を立案することが望ましい。避難困難エリア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。

本手引書では、2.4.3 に「避難困難エリア」を抽出するために必要な「津波到達予想時間」、「避難目標地点」、「避難可能距離」の設定方法を示している。

2.4.3 津波到達予想時間、避難目標地点、避難可能距離の設定

避難困難エリアを抽出するため、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、津波到達時間までに、避難路を経由して、避難目標地点まで到達可能な範囲を「避難可能距離 L1」と設定し、この距離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、海に向かう方向への避難は原則として行わないものとして行う。

(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、L1 津波の方が L2 津波よりも早くなる場所もあるので、全モデルの「津波到達予想時間」の結果のうち、最も早いものを選定することを原則とする。

(2) 避難目標地点

ここでの避難目標地点は、浸水区域外、緊急避難場所等の指定を受けている建物等を指す。

(3) 避難可能距離の算出

算出式を表 2-4 に示す。

「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。

避難場所への移動にかけられる時間は、「津波到達予想時間 T」から「避難開始時間 t1」と「昇降時間 t2」を差し引いた時間とする。

表 2-4 避難可能距離の算定式

<p><避難可能距離 L1 の算定式></p> <p>避難可能距離 L1 = 歩行速度 P1 × (津波到達予想時間 T - t1 - t2)</p> <p style="text-align: center;">(m) (m/秒) (秒)</p> <p>ここに、</p>	
<p>【歩行速度 P1】</p>	<p>1.0m/秒を想定。ただし、港湾関係者・漁業関係者は、歩行速度がこれよりも速くなる可能性があることから、各港湾関係者、漁業関係者を対象とした調査結果を基に歩行速度を上げて良い。詳細は、2.4.4 を参照。一方、対象者に歩行困難者、身体障害者、乳幼児、重病人等が存在する可能性がある場所については、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。^{※1}</p>
<p>【津波到達予想時間 T】</p>	<p>第 4 次地震被害想定 of シミュレーション結果より、適切に設定する。</p>
<p>【避難開始時間 t1】</p>	<p>地震の揺れが震度 5 弱以下となった時刻を避難開始時間とする。(表 2-5 参照)</p> <p>【参考】 静岡県内の港湾・漁港において地震動加速度波形(地表面波)から震度 5 弱以下になる時刻を避難開始時間として算出したところ、おおよそ 2 分 30 秒となった。(巻末資料参照)</p>
<p>【昇降時間 t2】</p>	<p>昇降時間(高台や高層階等まで上がるのにかかる時間)については、「最大浸水深 H (m) + 余裕高」÷「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する。昇降速度は 0.21 (m/秒) (老人昇降速度)を目安とする。^{※2}</p>
<p>※1 津波避難対策推進マニュアル検討会報告書 平成 25 年 3 月 消防庁 参照</p> <p>※2 「障害者を考慮した住宅団地の研究(その 1)歩行行動からみた障壁の分析」 日本建築学会大会学術講演梗概集 別冊 建築計画・農村計画(1980 年) 参照</p>	

表 2-5 より、震度 5 弱以下で避難開始とできるものとした。

表 2-5 人の体感・行動、屋内の状況、屋外の状況

震度階級	人の体感・行動	屋内の状況	屋外の状況	対応 gal
0	人は揺れを感じないが、地震計には記録される。	-	-	0~0.8
1	屋内で静かにしている人の中には、揺れをわずかに感じる人がいる。	-	-	0.8~2.5
2	屋内で静かにしている人の大半が、揺れを感じる。眠っている人の中には、目を覚ます人もいる。	電灯などのつり下げ物は大きく揺れる。		2.5~8.0
3	屋内にいる人のほとんどが、揺れを感じる。歩いている人の中には、揺れを感じる人もいる。眠っている人の大半が、目を覚ます。	電灯などのつり下げ物は大きく揺れ、棚にある食器類は音を立てる。座りの悪い置物が、倒れることがある。	電線が大きく揺れる。自動車を運転している、揺れに気付く人がいる。	8~25
4	ほとんどの人が驚く。歩いている人のほとんどが、揺れを感じる。眠っている人のほとんどが、目を覚ます。	電灯などのつり下げ物は激しく揺れ、棚にある食器類、書棚の本が落ちることがある。座りの悪い置物の大半が倒れる。	電線が大きく揺れる。自動車を運転している、揺れに気付く人がいる。	25~80
5弱	大半の人が、恐怖を覚え、物につかまりたいと感じる。	電灯などのつり下げ物は激しく揺れ、棚にある食器類、書棚の本が落ちることがある。座りの悪い置物の大半が倒れる。固定していない家具が移動することがあり、不安定なものは倒れることがある。	まれに窓ガラスが割れて落ちることがある。電柱が揺れるのがわかる。道路に被害が生じることがある。	80~250
5強	大半の人が、物につかまらなさと歩くことが難しいなど、行動に支障を感じる。	電灯などのつり下げ物は激しく揺れ、棚にある食器類や書棚の本で、落ちることがある。テレビが台から落ちることがある。固定していない家具が倒れることがある。	窓ガラスが割れて落ちることがある。補強されていないブロック塀が崩れることがある。据付けが不十分な自動販売機が倒れることがある。自動車の運転が困難となり、停止する車もある。	80~250
6弱	立っていることが困難になる。			250~400
6強	立っていることができず、はわないと動くことができない。		クッションのほとんどが崩れる。	250~400
7	揺れにほんろうされ、動くこともできず、飛ばされることもある。	固定していない家具のほとんどが移動したり倒れたりし、飛ぶこともある。	壁のタイルや窓ガラスが破損、落下する建物がさらに多くなる。補強されているブロック塀も破損するものがある。	400 以上

【震度 4】眠っている人のほとんどが目覚ます。
歩いている人も揺れを感じる。

【震度 5 弱】震度 5 強で歩くことが難しいとあるため、震度 5 弱までならば歩行は可能。

震度 4
80gal

震度 5 弱
110gal
気象庁計測震度算出式より
(次頁参照)

出典：気象庁震度階級関連解説表 平成 21 年
旧気象庁震度階級 1949 年（震度階級に対応した gal）

気象庁の計測震度算出方法に示されている式($I = \log a + 0.94$ a =最大加速度)より作成した震度階級グラフを図 2-4 に示す。

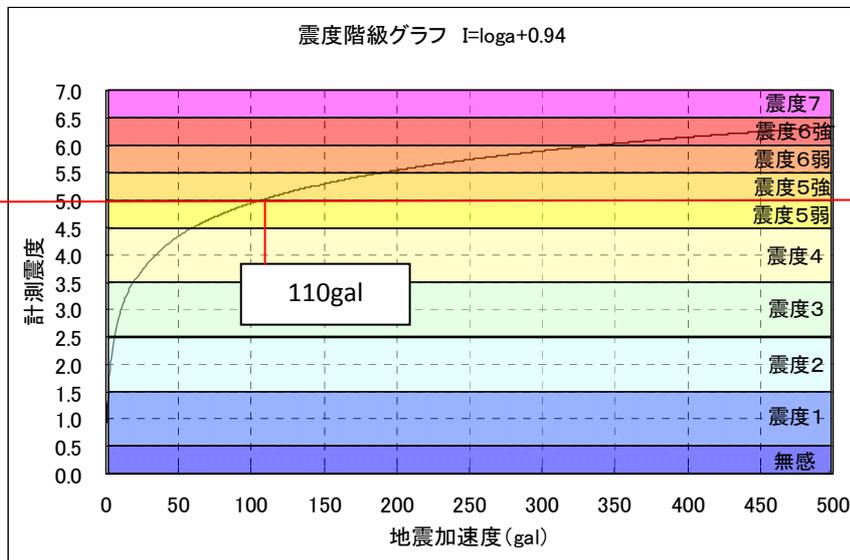


図 2-4 地震加速度に応じた震度階級グラフ

図 2-4 より震度 5 弱に相当する地震加速度は、110gal である。

【参考】

気象庁は緊急速報の発表目標時間を地震発生後から以下のように設定している。

- 緊急地震速報 : 数秒～数十秒後
- 震度速報 : 約 1 分 30 秒後
- 津波警報 : 約 3 分後



図 2-5 地震発生時に気象庁が発表する情報の流れ

出典：緊急地震速報の利用の拡大 平成 25 年 3 月 国土交通省

◆避難可能距離算出の流れを以下に示す。

① 避難開始時間 t_1

各みなと代表箇所（4 分の 1 メッシュコード）²における地震動データより、震度 5 弱となる避難開始時間 t_1 を設定する。

② 津波到達時間 T

各みなと代表箇所における津波水位データより避難困難な津波水位（30 cm）に達する津波到達時間 T を設定する。

本例では、津波による浸水深が 30cm となる時刻を津波到達時間としている。南海トラフの巨大地震モデル検討会資料（内閣府）で示されている避難行動が取れなくなる水深（30cm）を参考としている。

③ 昇降時間 t_2

各みなと代表箇所（10m メッシュコード）における最大浸水深をもとに避難スペースの高さ（最大浸水深+余裕高）を設定し、昇降時間 t_2 を設定する。最大浸水深は、基本的に避難困難エリア内の最大値を各みなとでそれぞれ設定する。清水港や焼津漁港など、範囲が大きく最大浸水深にばらつきがみられる場合は、埠頭ごとなどで最大浸水深を設定する。（避難スペースの高さは、3.2.1 で設定方法を示している。）

④ 「避難可能時間」 = 「津波到達時間 T 」 - 「避難開始時間 t_1 」 - 「昇降時間 t_2 」より歩行可能時間（水平移動時間）を算出する。

⑤ 歩行可能時間と歩行速度 P_1 より避難可能距離 L_1 を設定する。

次頁以降に算出例を示す。

また、巻末資料に各みなとの避難可能距離の参考値をまとめた。

（注意）詳細設計においては、当該地に相当するメッシュデータ用い、また昇降速度、歩行速度についても各みなとでの特徴を反映した値を用いることが必要である。

² 地域メッシュコードであり、250m メッシュを指す。

◆【参考】避難可能距離の算出例を清水港（興津埠頭）を例に、ここで紹介する。

①避難開始時間 t_1 の算出

避難可能距離を算出したいポイントの4分の1メッシュコードを確認する。

下記サイト等で確認可能。

Geocode Viewer <http://www.geosense.co.jp/map/tool/geoconverter.php>

図 2-6 に清水港（興津埠頭）のメッシュコード確認状況を示す。

The screenshot shows the Geocode Viewer interface. On the left, there is a map of the Aizetsu Wharf area with a red crosshair indicating the current location. The map includes labels for various landmarks such as '清水港' (Aizetsu Wharf), '興津埠頭' (Aizetsu Wharf), and '清水港公園' (Aizetsu Wharf Park). The map is overlaid with a grid representing mesh codes.

On the right side, there is a list of mesh codes for different levels of detail. The selected code is '5238-4441-3-4', which is highlighted in red. The list includes:

- 1次メッシュコード: 5238
- 2次メッシュコード: 5238-44
- 3次メッシュコード: 5238-4441
- 1/2メッシュコード: 5238-4441-3
- 1/4メッシュコード: 5238-4441-3-4 (Selected)
- 1/8メッシュコード: 5238-4441-3-4-4
- 5倍メッシュコード: 5238-441
- 2倍メッシュコード: 5238-4440-5

Below the map, there are input fields for coordinates and a dropdown menu for the display format. The current coordinates are Latitude: 35.03224046, Longitude: 138.51536751. The display format is set to '度 (ddd.ddd)'. The map data is attributed to Google and ZENRIN.

On the right side, there are several sections of text providing additional information:

- 各種のジオコードを表示します。** (Display various geo-codes.)
- 表示項目** (Display items): 地域メッシュコード (Regional mesh code)
- 地域メッシュコード** (Regional mesh code): A list of codes with '表示' (Display) buttons.
- 別名** (Aliases): 3次メッシュ: 基準地域メッシュ, 1kmメッシュ, 標準メッシュ; 1/2メッシュ: 4次メッシュ, 500mメッシュ; 1/4メッシュ: 5次メッシュ, 250mメッシュ; 1/8メッシュ: 6次メッシュ, 125mメッシュ.
- 地図上の点のメッシュコードを表示する場合** (When displaying mesh codes for points on the map): 地点をクリックして下さい。
- メッシュコードの区域を地図上に表示する場合** (When displaying mesh code areas on the map): メッシュコードを指定して表示ボタンを押して下さい。ハイフンは無くとも構いません。
- 測地系に関して** (Regarding the datum): 測地系が違えばメッシュコードが表す範囲も違ってきます。JIS規格では日本測地系でのメッシュコードを「地域メッシュコードN」と呼ぶようになっていますが、測地系の変更以前に作成された資料ではそのような名称は使われていません。新旧のメッシュコードを比較する場合は測地系の違いにご注意下さい。

図 2-6 Geocode Viewer を使用したメッシュコード確認

この場合では「5238-4441-3-4」となる。

確認した 4 分の 1 メッシュコードにおける地震動データを港湾企画課の担当者に依頼し、地震動データを提供して頂く。地震動データから震度 5 弱（地震加速度 80～110gal）以下になる時間（＝避難開始時間 t1）を算出する。

地震動データは、レベル 2（南海トラフ巨大地震基本ケース、元禄型関東地震）について確認し、算出する。

E W成分波、N S成分波³について確認し、地震発生から 110gal になる時間が遅い方を採用する。

ここでは、南海トラフ地震の基本ケースのE W成分波の算出例を図 2-7 に示す。地震波形を図化すると分かりやすい。正確な時間を算出するには、Excel 等に加速度データを読み込み、確認する。

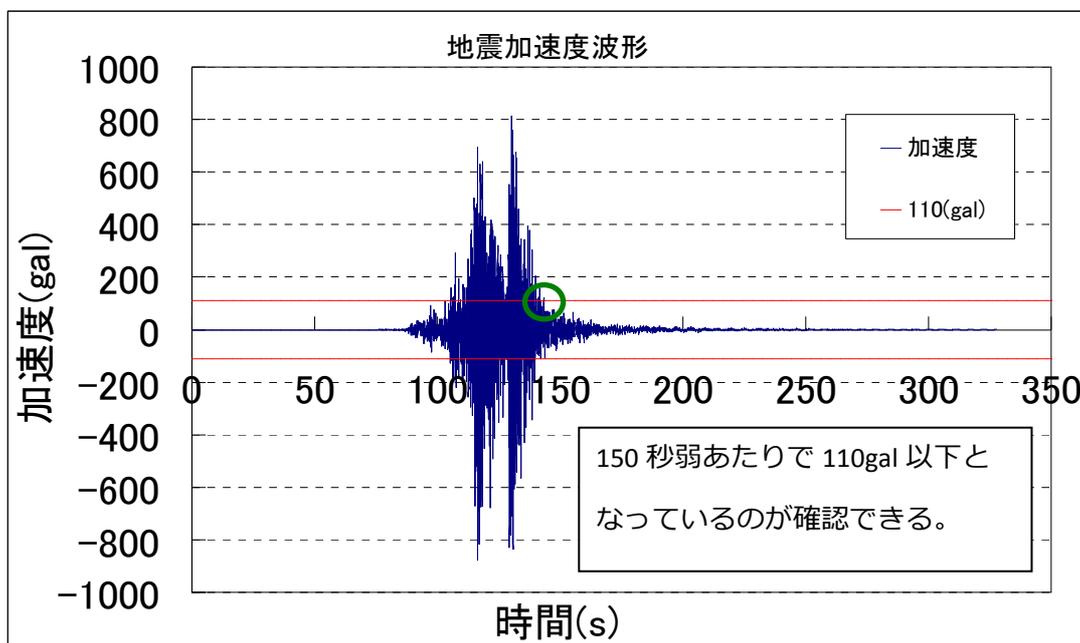


図 2-7 地震加速度波形（清水港 興津埠頭）

この場合では、地震発生から 143 秒後（＝2.4 分後）に 110gal 以下となる。

同様に N S 成分波で算出したところ、147 秒後（＝2.5 分後）に 110gal 以下となったため、避難開始時間 t1 は 2.5 分後と設定する。

清水港は、相模トラフと離れているため、元禄型関東地震の検討は行わないものとする。（伊豆半島など、相模トラフに近く、元禄型関東地震でも大きな被害が予想される地域については、元禄型関東地震についても同様な検討を行う。）

³ 地震波形データは、1つの地震に対してE W成分波、N S成分波、U D成分波の3つある。

②津波到達時間 T の算出

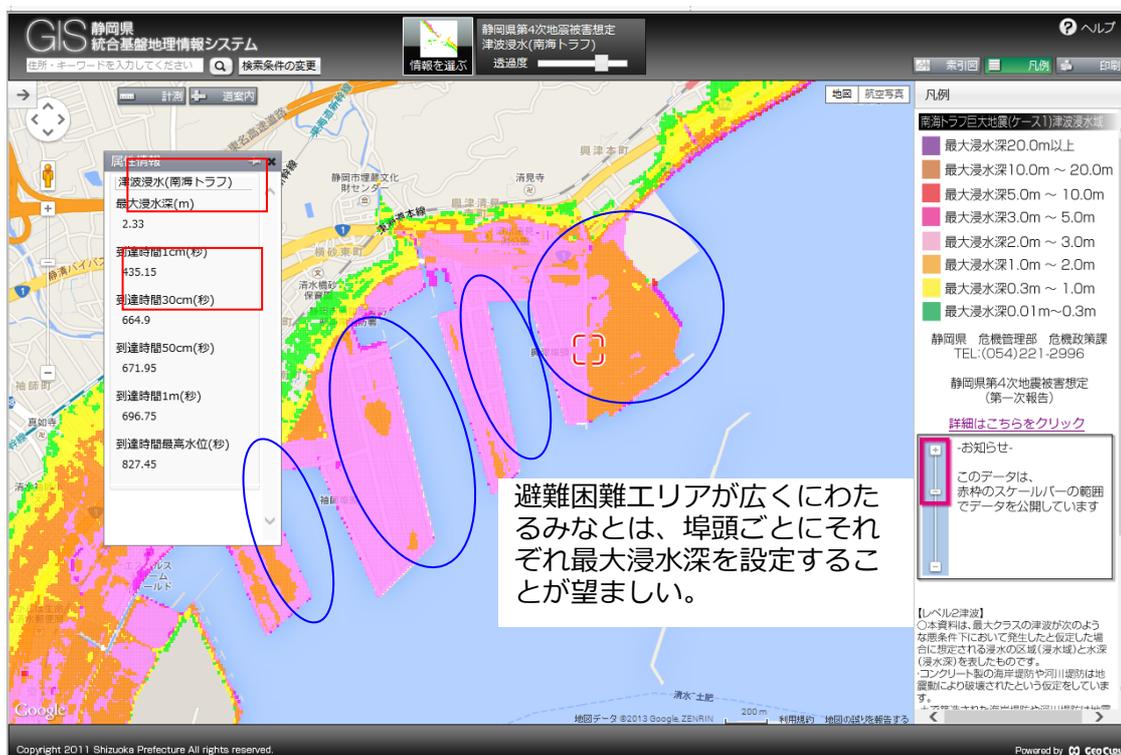
検討するエリアを静岡県が公表している GIS (<http://www.gis.pref.shizuoka.jp/>) で表示する。図 2-8 に南海トラフ巨大地震ケースの清水港（興津埠頭）を表示した例を示す。

確認したいポイントをクリックすることで、そのメッシュコードでのデータが表示される。地震動データと異なり、10mメッシュコードであるため、より詳細な地点でのデータとなる。

表示されるデータは、最大浸水深(m)と浸水深が 1cm、30cm、50cm、1m、最高値となる津波到達時間(秒)である。

必要とするデータは、最大浸水深(m)と到達時間 30cm(秒)である。

本例では、最大浸水深(m)は 2.33m、到達時間 30cm(秒)は 664.9 秒 (= 11.1 分後)となる。よって 11.1 分後が津波到達時間 T となる。



③昇降時間 t2 の算出

②で確認した最大浸水深に余裕高を見込み避難スペースの高さ（浸水深+余裕高）を設定する。

最大浸水深は、基本的に避難困難エリア内の最大値を各みなとでそれぞれ設定する。清水港や焼津漁港など、範囲が大きく最大浸水深にばらつきがみられる場合は、埠頭ごとなどで最大浸水深を設定する。図 2-8 参照

本例も埠頭内で最大浸水深を設定する。

最大浸水深は、小数点以下を整数に切り上げた数値を用いることを基本とする。本例では、2.33m→3.0m となる。（ただし、避難時間が短くなる地域などでは、小数点以下も含めた詳細な検討を行うことも可能）

本例では余裕高を最低値の 2m とし避難スペースの高さを 5.00m と設定する。

昇降時間 t2 を以下の式より算出する。

昇降時間 t2 = 昇降スペース高さ ÷ 昇降速度

5.00 ÷ 0.21 = 24 秒 (= 0.4 分) となり、本例での昇降時間は 0.4 分となる。

④避難可能時間の算出

①、②、③で得たデータから、避難可能時間を算出する。

避難可能時間 = 津波到達時間 T - 避難開始時間 t1 - 昇降時間 t2 より

本例では、11.1 分 - 2.5 分 - 0.4 分 = 8.2 分となる。

よって、8.2 分間が水平方向に逃げるのが可能な時間である。

⑤避難可能距離 L1 の算出

④で得た避難可能時間と歩行速度より、避難可能距離 L1 を算出する。

避難可能距離 L1 = 避難可能時間 × 歩行速度

歩行速度は、各みなとの特性を踏まえて設定する。

本例では歩行速度 1.0m/秒として、計算すると、8.2 分 × 60 × 1.0m/秒 = 492m となり、避難可能距離 L1 は 492m である。

よって、津波避難施設を設けた場合、その場所からおよそ 490m の範囲が避難可能範囲となる。

2.4.4 歩行速度

避難時の歩行速度 P1 は 1.0m/秒を基本する。

ただし避難対象者が、港湾関係者、漁業関係者等に特定される場合は、各みなとの特徴を反映した速度として良い。

【解説】

避難困難エリアを抽出するにあたって、該当する避難対象者が特定される場合は、そのみなとの特徴（港湾関係者、漁業関係者の性別、年齢、体力等）に合わせて歩行速度を設定しても良い。

歩行速度の参考として、体育科学センターが日本人の体力区分に合わせて評価基準を検討した「12分走の性、年齢別評価表」（表 2-6、表 2-7）を用いることができる。12分走とは、12分間での到達可能距離を計測するものであり、年齢や性別における有酸素運動時の体力区分を示す体力テストとして用いられている。

避難行動は揺れや揺れによって生じた障害物に妨げられることも考慮しつつ、各みなとの特徴と照らし合わせて表 2-6、表 2-7 から歩行速度を参照することができる。

ただし、運用にあたっては、実際の避難対象者の構成や現地条件により設定した歩行速度の妥当性を検証し、関係者の合意を得る必要がある。

また、避難訓練で実際に歩行速度を計測する等して、最低限必要な歩行速度を普段から体験してもらうことが大切である。

表 2-6 男性の12分走 年齢別評価表

年齢 体力区分	18～19	20～29	30～39	40～49	50～59	60～
①低い	0.0～ 2.8 m/秒	0.0～ 2.8 m/秒	0.0～ 2.6 m/秒	0.0～ 2.5 m/秒	0.0～ 2.4 m/秒	0.0～ 2.2 m/秒
②やや低い	2.8～ 3.3 m/秒	2.8～ 3.3 m/秒	2.6～ 3.2 m/秒	2.5～ 3.1 m/秒	2.4～ 2.9 m/秒	2.2～ 2.8 m/秒
③普通	3.3～ 3.9 m/秒	3.3～ 3.9 m/秒	3.2～ 3.7 m/秒	3.1～ 3.6 m/秒	2.9～ 3.5 m/秒	2.8～ 3.3 m/秒
④やや高い	3.9～ 4.4 m/秒	3.9～ 4.4 m/秒	3.8～ 4.3 m/秒	3.6～ 4.2 m/秒	3.5～ 4.0 m/秒	3.3～ 3.9 m/秒
⑤高い	4.4 m/秒～	4.4 m/秒～	4.3 m/秒～	4.2 m/秒～	4.0 m/秒～	3.9 m/秒～

表 2-7 女性の12分走 年齢別評価表

年齢 体力区分	18～19	20～29	30～39	40～49	50～59	60～
①低い	0.0～ 2.4 m/秒	0.0～ 2.4 m/秒	0.0～ 2.1 m/秒	0.0～ 1.9 m/秒	0.0～ 1.8 m/秒	0.0～ 1.7 m/秒
②やや低い	2.4～ 2.8 m/秒	2.4～ 2.8 m/秒	2.1～ 2.5 m/秒	1.9～ 2.4 m/秒	1.8～ 2.2 m/秒	1.7～ 2.1 m/秒
③普通	2.8～ 3.2 m/秒	2.8～ 3.2 m/秒	2.5～ 2.9 m/秒	2.4～ 2.8 m/秒	2.2～ 2.6 m/秒	2.1～ 2.5 m/秒
④やや高い	3.2～ 3.6 m/秒	3.2～ 3.6 m/秒	2.9～ 3.3 m/秒	2.8～ 3.2 m/秒	2.6～ 3.1 m/秒	2.5～ 2.9 m/秒
⑤高い	3.6 m/秒～	3.6 m/秒～	3.3 m/秒～	3.2 m/秒～	3.1 m/秒～	2.9 m/秒～

(健康づくり運動カルテ 体育科学センター方式 1976年 より算出)

2.4.5 対象人員の算出

津波避難施設の規模と配置を設定するにあたり、避難困難エリアに存在する避難対象者を抽出し、対象人数を算出する。昼間の人数、夜間の人数、更に平日、休日・祝祭日の人数をそれぞれ算出する。

【解説】

みなと管理上の避難対象者は、主に以下の（１）～（３）が考えられる。

（１）港湾関係者

避難困難エリアに存在する港湾関係者の人数を予め算出しておく。

（２）漁業関係者

避難困難エリアに存在する漁業関係者の人数を予め算出しておく。

（３）港湾、漁港等の来訪者

避難困難エリアに存在する港湾・漁港緑地等の港湾・漁港管理者として把握すべき一般来訪者人数を、統計資料等から算出しておく。

2.4.6 避難路・避難方法

避難路は、安全性や機能が確保されている道路とする。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) 避難路

避難路は、安全性や機能が確保されている道路とし、安全・短時間で避難できるルートを検討し、設定する。

また、みなとにおける一時的な来訪者の利用も考慮し、津波避難施設の位置が分かるような案内・誘導標識等の整備・充実や赤色回転灯等の目標物の整備により、津波避難施設の周知も図る。また、夜間にも、使用の可能性がある避難路については、夜間用の照明を設ける。

みなとの特徴として、以下に示すような点に配慮したものとする。

- ① SOLAS フェンス等の障害物の存在・配置を確認し、ゲートの施錠等の施設管理において配慮すること。
- ② 地震による火災等、二次災害発生の可能性のある危険物の存在・配置を確認し、避難路の設定を行うこと。
- ③ 液状化が発生する可能性のある箇所はできるだけ避難路として避けること。

なお、「津波避難対策推進マニュアル検討会報告書」（平成 25 年 3 月 消防庁）に整理されている避難路の安全性・機能性についても踏まえて考慮し検討する。表 2-8 に整理されたものを示す。

(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 建物の倒壊、荷役機械の転倒、流出物、落下物、液状化による路面の凹凸等により自動車走行が困難となり、事故等に繋がりがやすく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、みなとでは道路も限られ、みなとから一般道への流出による渋滞や交通事故等の恐れが高いこと。
- 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高いこと。

ただし、自動車等を利用した場合であっても、整備されたヤード内や工場敷地内の移動など、渋滞や交通事故等の恐れや徒歩による避難者への妨げとなる恐れが低い場合や企業等において組織的な避難行動が可能な場合などには、自動車による避難方法を予め検討しておくことも可能である。この場合は、自動車を放棄するタイミングや場所等を明確にしておく必要がある。

表 2-8 避難路の安全性・機能性の確保

<p>避難路の安全性の確保</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・山・崖崩れ、建物の倒壊、転倒・落下物等による危険が少なく、避難者数等を考慮しながら幅員が広いこと。特に観光客等の多数の避難者が見込まれる地域にあっては、十分な幅員が確保されていること。 ・橋梁等を有する道路を指定する場合は、その耐震性が確保されていること。 ・防潮堤や胸壁等の避難障害物を回避する対策（例えば階段等の設置）が図られていること。 ・海岸、河川沿いの道路は、原則として避難路としない。 ・避難路は原則として、津波の進行方向と同方向に避難するように指定する（海岸方向にある緊急避難場所へ向かっての避難をするような避難路の指定は原則として行わない。） ・避難途中での津波の襲来に対応するために、避難路に面して津波避難ビルが指定されていることが望ましい。 ・地震による沿道建築物の倒壊、落橋、土砂災害、液状化等の影響により避難路が寸断されないよう耐震化対策を実施し、安全性の確保を図る必要がある。 ・家屋の倒壊、火災の発生、橋梁等の落下等の事態にも対応できるように、近隣に迂回路を確保できる道路を指定することが望ましい。
<p>避難路の機能性の確保</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・円滑な避難ができるよう避難誘導標識や同報無線等が設置されていること。 ・夜間の避難も考慮し、夜間照明等が設置されていること。 ・階段、急な坂道等には手すり等が設置されていることが望ましい。

出典：「津波避難対策推進マニュアル検討会報告書」（平成 25 年 3 月 消防庁）

2.5 津波避難タワー規模と配置

2.5.1 配置・形状・向き

津波避難タワーは、津波シミュレーション等の結果を参考に、津波等からの影響が少なくなるように配置する。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】

(1) 配置

津波避難タワーは、津波シミュレーション等の結果を参考に、地震動による液状化影響が大きい場所や港湾・漁港施設の開口部正面付近は避け、漂流物の衝突が少ない配置が望ましい。配置について、検討フローを図 2-9 に示す。

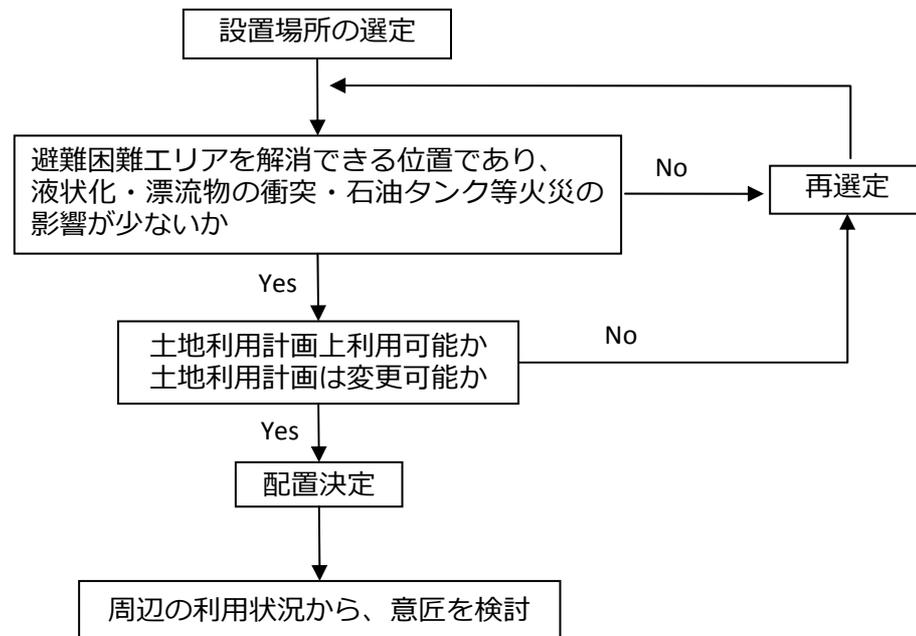


図 2-9 配置検討フロー

(2) 形状と向き

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。特に津波避難タワーを円形にすることは、津波の流れの向きによらず、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。

図 2-10 に流水に対して優位となる形状・向きを示す。

津波シミュレーションによって作成されている津波到達時間や浸水高の分布図等から津波の進行方向を予測し被害が軽減される向きを検討する。

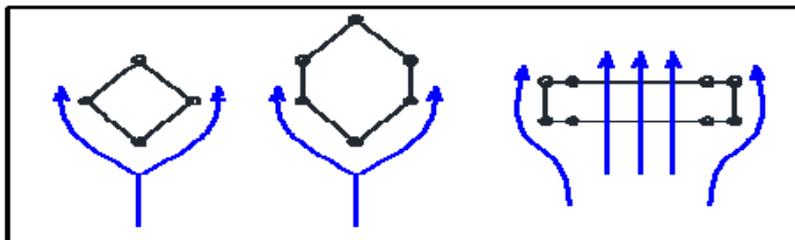


図 2-10 流水に対して優位となる形状・向き

2.5.2 必要面積

避難スペースの必要面積は、避難者 1 名あたりに必要な面積に想定される避難者数を乗じて算定する。原則 1 名/1m² とする。ただし、用地条件により適宜設定しても良い。

【解説】

避難者 1 名あたりに必要な面積は、港湾の津波避難施設の設計ガイドラインにて設定されている考え方に基づき、原則 1 名/1m² とする。

ただし、用地条件の制約、滞在時間が短い（近くに避難所がある）などの条件により適宜設定しても良い。表 2-9 に事例等を示す。

表 2-9 避難者 1 名あたりに必要な面積の基準・事例

1人あたり面積	基準・事例
2名/1m ²	<ul style="list-style-type: none"> 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」H24.9
1名/1m ²	<ul style="list-style-type: none"> 港湾の津波避難施設の設計ガイドライン 国土交通省港湾局 H25.10 大規模地震対策「避難計画策定指針」 静岡県危機管理部 H25.9.11 津波対策推進マニュアル検討報告書H25.3(H14.3) 津波避難ビルに係わるガイドラインH17.6 静岡県地震防災センター 水産庁「災害に強い漁業地域づくりガイドライン」H24.3 資料編 漁村における津波対策基本方針 高知県海洋局漁港課H17.3 宮城県「津波避難のための施設整備指針」H24.3 高知県「南海地震長期浸水対策検討結果」H25.3
0.625名/1m ²	<ul style="list-style-type: none"> 大阪市 http://www.city.osaka.lg.jp/naniwa/page/0000162067.html
0.5名/1m ²	<ul style="list-style-type: none"> メーカー等
3名/1m ² (直立)	<ul style="list-style-type: none"> 「観光地における避難対策検討マニュアル」H17.11 三重県防災危機管理局地震対策室 東北大学大学院工学研究科附属災害制御研究センター http://www.city.toba.mie.jp/bousai/documents/kankohinan.pdf

2.5.3 漂流物に対する配慮事項

津波避難タワーは、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。
 基本的には、表 2-10 に示す「影響小」となる対策を講じることが望ましい。

【解説】

- (1) 漂流物が直接、津波避難タワーに作用することを防止する方法として、防衛工による衝突力の緩和や捕捉スクリーンによる漂流物のトラップ等の対策がある。捕捉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。
- 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タワーに衝突した場合、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、タワー全体の崩壊につながる可能性もあるため、十分留意する必要がある。
- (2) 対策案を表 2-10 に整理した。影響程度や用地条件等を勘案し当該地における対応を検討する。

表 2-10 対策案比較表

影響	影響小 影響大		
対策案	津波漂流物対策施設 捕捉スクリーン・緩衝杭	防衛工	漂流物の衝突を許容する構造
概要	津波避難タワーの周囲に緩衝杭や、防護ネット等の施設を設置し津波避難タワーに直接影響を及ぼさない対策である。	津波避難タワーに防衛工（防舷材）を設置し、漂流物の衝突エネルギーを吸収する。	柱の一部が破壊しても、当該柱が支持していた鉛直荷重を他の柱で負担することにより、建築物が容易に倒壊、崩壊等しない構造とする。
長所	漂流物の衝突は、別構造である捕捉スクリーン等が受け、津波避難タワーには作用しない。	津波避難タワーの柱に設置するため大きなスペースは不要である。	大きなスペースは不要である。
短所	津波避難タワー周囲に用地が必要である。	少なからず衝撃はあり、避難者の不安を煽る恐れがある。	柱の一部をどこまでと設定するかが課題となる。本数、箇所の組み合わせを考慮すると検討ケースが多く現実的ではないと考えられる。 また、残った柱の本数設定等により、構造自体がより剛性が高いものが必要となり、経済性にも影響する。



漂流物対策施設の効用



漂流物対策施設例（釧路港）

図 2-11 漂流物対策施設例

出典：「津波漂流物対策施設設計ガイドライン H26.3」

財団法人 沿岸技術研究センター

社団法人 寒地港湾技術研究センター

(3) 大規模な油の漂流による火災は、漂流物対策施設等でも防ぐことは難しいため、津波避難タワーを設置する周りに石油タンク、大きな船舶等がある場合は、あらかじめ油・ガソリン等が流出しないような対策を取るよう管理者と調整を行う。

(4) その他の漂流物対策案

津波避難タワー柱部におけるコンクリート中詰対策

漂流物衝突時に即時に崩壊することがないように局部座屈の発生を防止する目的とし、津波避難タワー柱部（鋼管柱）内部に中詰コンクリートを実施することで局部座屈の発生を防止し耐震性能の向上に寄与した報告もある。

土木学会論文集 No.647/I-51,17-30,200.4

「阪神・淡路大震災における鋼構造物の震災の実態と分析」

鋼構造物委員会鋼構造震災調査特別小委員会

3 避難上の要件

3.1 避難上の要件の基本

津波避難施設は、避難上安全な高さに避難スペースを設け、かつ階段やその他の経路があることを要件とする。

【解説】

(1) 避難スペースの高さに関する要件

「津波避難ビル等に係るガイドライン H17 年 6 月」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。」と定められている。これは、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ことを示している。

一方、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津波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。

また、避難スペースの高さについては、1.1 に挙げたようなみななどの特性（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。

本手引書においては、以上のことを参考に適切な余裕高の設定方法を示す。

(2) 避難スペースまでのアクセスに関する要件

新しく整備する津波避難施設には、避難路に面し、かつ、外部からの避難が可能な階段を設けることとする。

3.2 津波避難施設の高さと避難路の確保

3.2.1 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余裕高を考慮した高さを設定する。

【解説】

避難スペースの高さは、地震・津波により起こりうる事象を考慮し、避難者の安全性が確保できる高さを設定する。

以下の式を参考に避難スペースの高さを設定する。

$$\text{避難スペースの高さ} \geq \text{浸水深（沈下量考慮）} + \begin{array}{l} \text{①～③に対する余裕高の最大値} \\ \text{①せり上がり・飛沫等} \\ \text{②漂流物の浮遊高} \\ \text{③漂流物による火災高} \end{array}$$

(1) 浸水深と沈下量

地盤沈下量を加味した浸水深を第4次地震被害想定シミュレーション結果より設定する。設定にあたっては、各みなとの最大浸水深を用いる。

ただし、清水港や焼津漁港など、避難困難エリアの範囲が広く、最大浸水深にばらつきがみられる場合は、埠頭ごとなどの最大浸水深を用いる。設計には小数点以下を切り上げた整数値を用いる。

(2) 余裕高

① せり上がり・飛沫等

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

※2mの設定について

東日本大震災における津波被害地域で行われた建築物（壁を含む構造）の調査では痕跡から見た浸水深（計測浸水深）よりも1～2m高い位置まで浸水が及んだと推測されている。

また、河川砂防技術基準（国交省）より河川に橋梁を架設する場合に対する余裕高は最大で2mとなっている。

本手引書の設計対象である津波避難タワーは、柱のみの構造であるため、壁を含む構造で起こるせり上がりは起こらないと考えられる。そのため、河川砂防技術基準（国交省）で示された最大の余裕高2mを適用する。

② 漂流物

津波避難施設に漂流物対策がなく、漂流物が衝突することが考えられる場合は、各みなどで想定される漂流物（車両、コンテナ、木材等）の浮遊高以上の余裕高を設定する。

漂流物の浮遊高は、漂流物の形状等より、「津波漂流物対策施設設計ガイドライン H26.3」を参考に、喫水深を算出し、対象物の全高から差し引き設定する。設計には小数点以下を切り上げた整数値を用いる。

$$\text{漂流物の浮遊高} = \text{漂流物の全高} - \text{喫水深}$$

$$\text{喫水深} = (\text{漂流物の質量} \div \text{海水の単位重量 } 1.03\text{g/cm}^3) \div (\text{漂流物の長さ} \times \text{幅})$$

出典：「津波漂流物対策施設設計ガイドライン H26.3」 P47 車両の喫水 参考

③ 漂流物による火災

東日本大震災では、津波火災による被害が多く発生している。特に高台との際や、津波避難ビルの手前で発生している事例が多く、波の上で火のついたがれきが、波によって押し流され津波避難ビル等に集積し、まわりのがれきとともに延焼するものであった。

実際の事例では、1 階、2 階部分に衝突した車両等が燃え出す。もしくは、吹き寄せられて燃えた炎が 3 階窓に達している。（NHK：クローズアップ現代 2012.9.3 放送）

よって、少なくとも 1 階分の高さ（4m程度）を余裕高として考える必要がある。

ただし、2.5.3 を参考に、津波避難施設に直接漂流物が衝突しない対策を講じた場合はこの限りではない。

3.2.2 階段、手すり、柵など避難路の仕様

津波避難施設には、階段（斜路含む）を設ける。この階段は、津波襲来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ペースに導くものでなければならない。また、階段には手すりを設ける他、防護柵及び落下物防止柵などを設ける。

なお、階段は、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、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) 階段の仕様（斜路含む）

階段（斜路含む）は、津波が襲来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、避難時の使用（群集行動）を考慮し、混雑した状況でもスムーズに避難できる仕様にする必要がある。そのため、本項では、幅員、勾配、蹴上高および踏み幅、踊り場、手すり等、などの検討内容を詳細に示した。

◆幅員

階段の幅員については、静岡県津波避難ビル整備事業費補助金交付要綱を参考に避難場所の面積によって設定する。

津波からの避難者を屋上その他の避難場所に受け入れるために外付け階段（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）の幅員は以下とする。

避難場所の面積 100m² 以下・・・90 cm
100m² 超える・・・120 cm

出典：静岡県津波避難ビル整備事業費補助金交付要綱 第4条別表より

ただし、避難対象者が港湾関係者・漁業関係者以外の一般者を含む場合、高齢者等への配慮も必要となってくる。その場合においては、下記を参考とする。

高齢者、身体障害者等の移動の円滑化のために必要であると認められる箇所に設置する立体横断施設の幅員は、下記によるものとする。

階 段：1.5m以上
通 路：2.0m以上
傾斜路：2.0m以上

出典：道路設計要領 2008年12月 中部地方整備局 立体横断施設

また、避難の際に混雑が予想される立地条件を有する場所に設置する場合は、「立体横断施設技術基準・同解説 S54 日本道路協会」に示されている設計歩行者数（施設を利用すると推定される1分間歩行者数）に応じた幅員を設定することが望ましい。以下に算出式を示す。

$$W = \frac{Q_s}{P \cdot V}$$

ここに、W：幅員（m）

Q_s：歩行者数（人/秒）（避難計画より設定）

P：歩行者の密度（人/m²）

V：歩行者の速度（m/秒）

利用者の年齢、性別などの特定は難しい場合は、平均歩行速度を用いるものとし、同基準で示されている、P = 2 人/m²、V = 0.45m/秒^{※1}とする。

参考として平均歩行速度を用いた場合の標準的な幅員と設計歩行者数の関係を表 3-1 に示す。

表 3-1 標準的な幅員と設計歩行者数の関係

幅員 (m)	設計歩行者数 (人/分)
1.50	80 未満
2.25	80 以上 120 未満
3.00	120 " 160 "
3.75	160 " 200 "

出典：立体横断施設技術基準・同解説 S54 日本道路協会

- ※1 避難可能距離 L1 を算出する場合の昇降速度は、目安として安全側の設定になるよう 0.21 m/秒としているが、幅員の設定に関する歩行者の速度は、過大な設計とならないように平均的な値を用いることとし、基準に示されている値とした。ただし、歩行困難者、身体障害者、乳幼児、重病人等が多数見込まれる場合においては、歩行速度を適切に設定し、渋滞が起こらない幅員とする。階段を複数設置する場合は、設計歩行者数を分散させるなどして、適切な幅員を設定する。

◆勾配

昇降施設の勾配については、表 3-2 を標準とする。

表 3-2 昇降施設の勾配

形式	勾配
階段	50%
斜路付階段	25%
斜路	8~12%

出典：道路設計要領 平成 13 年 4 月 中部地方整備局
 立体横断施設技術基準・同解説 日本道路協会 P.31~
 道路の移動等円滑化整備ガイドライン 財) 国土技術研究センターP139

◆蹴上高および踏み幅

階段及び斜路付階段の蹴上高及び踏み幅については、道路設計要領 立体横断施設の値を標準とする。

表 3-3 階段の蹴上高・踏み幅

形式	蹴上高	踏み幅
階段	15cm	30cm
斜路付階段	15cm	60cm

出典：道路設計要領 2008 年 12 月 中部地方整備局 立体横断施設

なお、建築基準法による階段の蹴上高及び踏み幅では、蹴上高 22cm 以下、踏み幅 21cm 以上とあるが、緊急時の混雑を考慮し、立体横断施設の基準値を標準とする。

表 3-4 建築基準法の階段幅員・蹴上高・踏み幅

階段の種類別		階段及びその踊場の幅 (単位 cm)	けあげの寸法 (単位 cm)	踏面の寸法 (単位 cm)
(一)	小学校における児童用のもの	140以上	16以下	26以上
(二)	中学校、高等学校若しくは中等教育学校における生徒用のもの又は物品販売業(物品加工修理業を含む。第130条の5の3を除き、以下同じ。)を営む店舗で床面積の合計が1,500m ² を超えるもの、劇場、映画館、演芸場、観覧場、公会堂若しくは集会場における客用のもの	140以上	18以下	26以上
(三)	直上階の居室の床面積の合計が200m ² をこえる地上階又は居室の床面積の合計が100m ² をこえる地階若しくは地下工作物内におけるもの	120以上	20以下	24以上
(四)	(一)から(三)までに掲げる階段以外のもの	75以上	22以下	21以上

出典：建築基準法施行令第 2 3 条

◆踊り場

階段の高さが3mを超える場合においては、その途中に踊り場を設ける。

踊り場の幅は、直階段の場合においては、1.2m以上とし、そのほかの場合にあっては当該階段の幅員の値以上とする。

表 3-5 踊り場の幅員

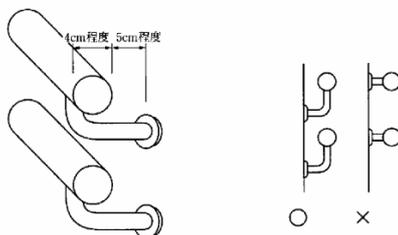
昇降方式	階段	斜路付階段、斜路
直階段	1.2m	1.7m
その他の場合	階段の幅	

出典：道路設計要領 2008年12月 中部地方整備局 立体横断施設

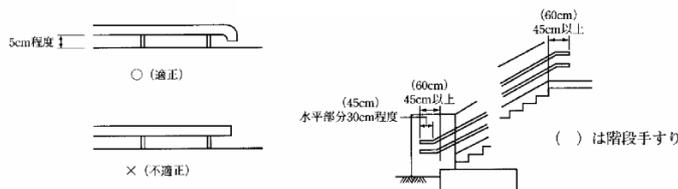
道路の移動等円滑化整備ガイドライン 財) 国土技術研究センター P.140

◆手すり

- ・高さは踏板より85cm程度とする。(幼児、高齢者、身体障害者の利用がある場合は2段設置とする。)
- ・材質はステンレス製が望ましい。
- ・取付金具間隔は高欄支柱間隔とする。
- ・手すりの先端は図3-1(b)のように横断者にとって危険とならない構造とし、端部には原則としてキャップを設置する。



(a)手すりの形状



(b)高欄面との関係と端部の処理

(c)階段・斜路付階段手すり設置例



(d)斜路手すりの設置例

図 3-1 手すりの設置例

出典：道路設計要領 第9章 立体横断施設 中部地方整備局

(2) 階段の設置位置・箇所数について

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。

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、倒壊による使用不可のリスクを下げるため2箇所以上設けると良い。

照明塔（津波避難施設 B 種）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。

(3) 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ステンレス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。

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。

(4) 階段（斜路含む）の管理

津波避難施設利用に際して、常時開放するのか、安全性への配慮として施錠して閉鎖するのかは、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、若しく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。

(5) 屋根・門扉について

屋根：日差しや雨風等を防ぐ必要がある場合は屋根やシェルターの設置を検討する。

設置する場合には、該当施設からの救出にも対応できるように部分的にするなど配置の検討をするのが望ましい。

門扉：管理上常時開放が難しい場所に設置する場合は、門扉を設置する。緊急時の利用の妨げにならないような構造（揺れを感知して自動解錠する、蹴破ることが可能など）とする。

4 構造上の要件

4.1 構造上の要件の基本

津波避難タワーは、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ものとする。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ものとする。

【解説】

新設する津波避難タワーは、設計津波の襲来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部材耐力以下で安全であることが求められる。また、設計地震動に対しても、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、下記の通り。

- ・ コンテナや小型船舶等の漂流物の津波避難タワーへの衝突
- ・ 津波避難タワー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タワーの基礎部の洗掘

これらの事象が発生した場合にも津波避難タワーを安全に使用できることが望ましい。

4.2 構造上の要求性能と構造性能照査

4.2.1 構造物の設計供用期間

設計供用期間は、施設の目的や利用状況等をもとに適切に設定する。

【解説】

構造物の一般的な耐用年数は 50 年程度であるが、耐久性の高い部材や塗装及び適切な維持管理を行うことで長寿命が図れる仕様とする。

平常時の利用も含め、兼用工作物としての活用を極力図り、津波避難タワーの損傷や腐食の早期発見につなげる。

設置場所や平常時の使用方法・頻度により、施設の耐久年数は変わってくるため、維持管理を行いつつ、供用期間を判断する。

4.2.2 構造上の要求性能

津波避難タワーの要求性能は、当該施設に本来求められる要求性能の他に、設計津波襲来時において避難対象者が安全に避難できるものとし、次のとおりとする。

- (1) 対象とする津波の最大浸水深さに対して、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) 対象とする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、安全に使用できること。
- (3) 対象とする津波に先行する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、安全に使用できること。
- (4) 対象とする津波に付随して発生する漂流物の衝突や施設近傍での火災、その他の予想される事象に対して著しい損傷等が少なく、津波避難施設として使用することが可能であること。

【解説】

津波避難タワーは、建築基準法やその他の技術基準で定められる構造上の要件に加え、対象とする津波及び対象とする津波に先行する地震動に対して、津波避難施設としての機能は損なわず、安全に使用できなければならない。特に、地震発生後に津波が来襲することから、地震後の施設の状態に対して、対象とする津波が作用しても、安全に使用できる必要がある。

なお、津波避難施設（B種）に関しては、暫定的な措置であるという位置付けから、（4）に記載した性能は必ずしも要求しない。

構造上の要件の整理は、表 4-1 のとおりである。

表 4-1 各基準の構造要件

基準等		津波防災地域づくり法 関連規定※	「津波避難ビル等に係 るガイドライン H17 (旧ガイドライン)」	港湾の津波避難施設 の設計ガイドライン	本手引書
構造形式		—	津波避難ビル (RC、SRC 構造)	津波避難ビル 津波避難タワー 高台等	津波避難タワー (S 造の骨組み構造)
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	・ 静岡県第 4 次地震 被害想定における最大 クラスの津波に対し安 全であること。
	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。 ・ 最大クラスの津波に 先行する地震動（レベ ル 2 地震動になるこ ともある）を考慮する こと。	・ 道路橋示方書のレベ ル 2 地震動に対し、 安全であること。 ・ 建築確認（計画通 知）が必要な場合は、 建築基準法での照査も 行うこと。
	液状化	—	—	・ 液状化の評価につい ては、津波避難施設 の特性と液状化判定法 の適用範囲を考慮し、 適切な方法で行うこ と。	・ 液状化の評価につい ては、港湾の判定法を 用いて評価すること。
	浮力の影響 その他の事情	・ 転倒、又は滑動しな いこと。	—	・ 同左	・ 同左
	洗掘	・ 杭基礎を使用するこ と、若しくは転倒、滑 動、又は著しい沈下が ないこと。	—	・ 同左	・ 洗掘防止対策を実施 するもしくは杭基礎や 地盤改良をするなどの 対策を施すこと。
	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 ・ 漂流物による直接的 な作用を低減させるこ と。	・ 同左 ・ 同左 ・ 浮遊高に対して余裕 高を確保する。
	火災	—	—	・ 油の漂流による火災 の可能性を適切に考慮	・ 同左 ・ 余裕高を確保する。
	耐久性	—	—	・ 厳しい環境下にある ことを適切に考慮	・ 同左

※津波防災地域づくり法関連規定の内容は、東日本大震災における津波による建築物の被害を踏まえた津波避難ビル等の構造上の要件に係わる暫定指針（新ガイドライン）と同じである。

4.2.3 照査対象

本手引書は、堤外地に新設される「津波避難タワー」を対象とする。
なお、津波避難ビル、避難路、築山（命山）などについては、別途基準に従う。

【解説】

本手引書は、「津波避難タワー」を対象に性能照査方法を示すものであり、津波避難ビルなど既往の建築物、避難路や築山（命山）については、別途基準に沿って実施するものとし、本手引書の適用範囲外である。

ただし、津波避難タワーに類似した柱状構築物については、本手引書を参考にすることができる。

4.2.4 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。

照査フローは、建築基準法に従って行うものとする。ただし、構造上の要件としては、道路橋示方書・同解説（平成 24 年度版）の基準を満たすものとする。

【解説】

津波避難タワー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。

構造に関する照査は、建築基準法に従い、応力照査と耐力照査を行う。照査区分と施設の取り扱いと適用基準の関係を表 4-2 に示す。津波避難タワーの構造や固有周期を考慮し、道路橋示方書・同解説（平成 24 年度版）の基準を満たすよう設計を行う。

ただし、建築確認（計画通知）が必要な場合は、建築基準法での照査も行うこととする。

図 4-1 に標準的な性能照査フローを示す。

表 4-2 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 ・ 横断歩道橋	・ 建築基準法、建築基準法施行令、告示（一次設計） ・ 道路橋示方書・同解説
・ 耐力照査	・ 建築物 ・ 港湾施設 ・ 漁港、漁場 ・ 土木構造物	・ 建築基準法、建築基準法施行令、告示（二次設計） ・ 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） ・ 漁港・漁場の施設の設計の手引 ・ 道路橋示方書・同解説 ・ コンクリート標準示方書

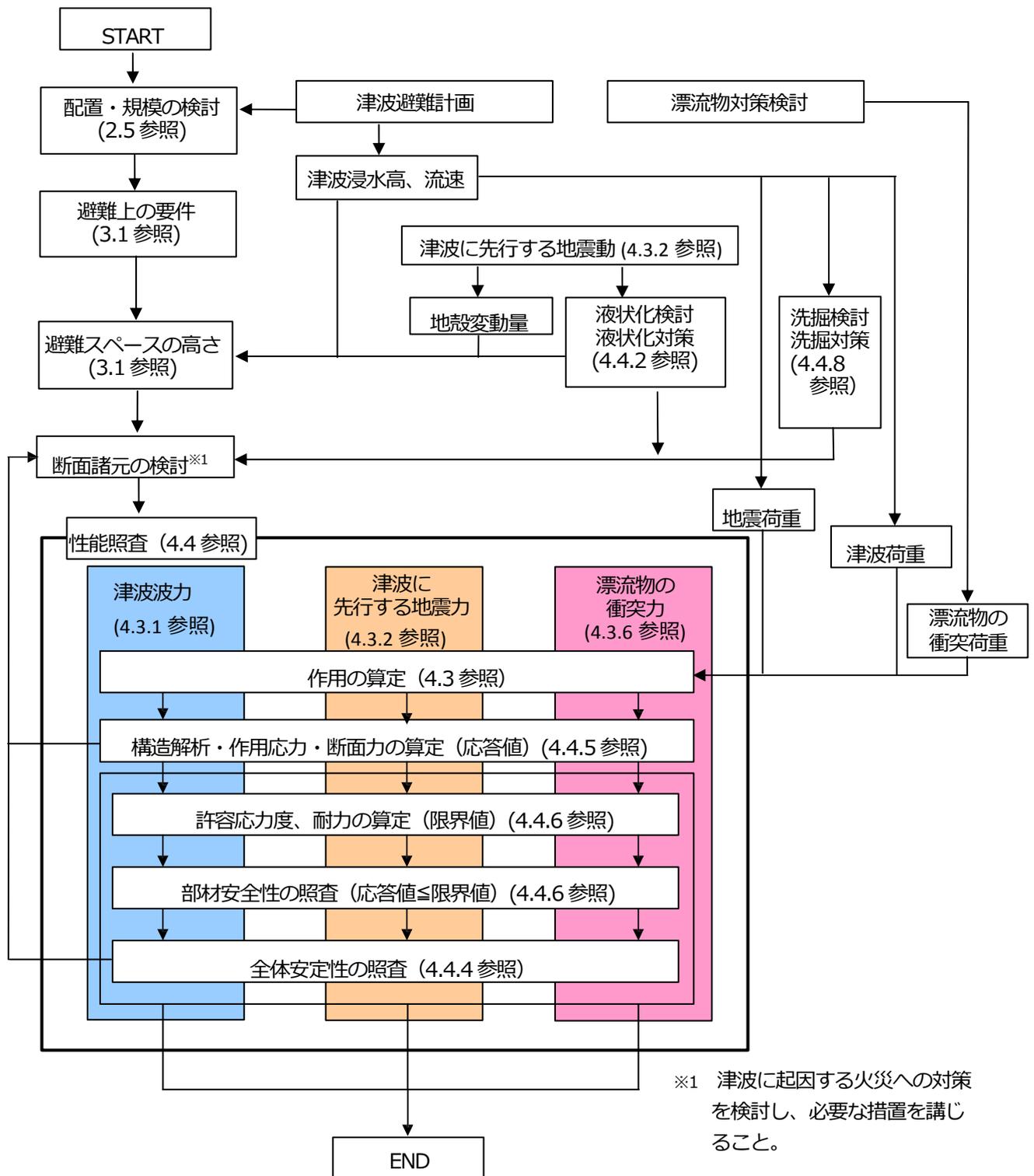


図 4-1 性能照査フロー

4.3 構造物への作用事項

4.3.1 津波に関する事項

津波避難タワーの照査における津波については、津波避難施設設置位置での津波浸水深、津波流速、襲来方向、到達時間等をもとに、「港湾の津波避難施設の設計ガイドライン」より、適切な方法で津波の影響を評価するものとする。

【解説】

(1) みなとの津波避難施設位置での津波規模の設定

みなと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ため、津波浸水深、津波流速、襲来方向、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。

本手引書が対象とする静岡県第4次地震被害想定で用いられている地震動・津波モデルでは、モデルごとに各構造物の計算条件を設定しており、防波堤等の外郭施設が十分機能しない場合を想定している⁴。

これら外郭施設による多重防護が期待できる場合は、別途津波シミュレーションを行い、その結果を持って津波の規模の設定を行ってもよい。

(2) 津波荷重の算定

「港湾の津波避難施設の設計ガイドライン」には以下に適用する式が掲載されている。

- ① 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（津波避難ビル等の構造上の要件の解説（平成24年2月、国土交通省国土技術政策総合研究所、一般社団法人建築性能基準推進協会、独立行政法人建築研究所））
- ② 屋外貯蔵タンクに作用する津波波力（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））
- ③ 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（モリソン式）（港湾の施設の技術上の基準・同解説（平成19年7月））

本手引書は、柱状構築物である津波避難タワーを対象としているため、③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を採用する。

次頁に算定式を示す。

⁴ 静岡県第4次地震被害想定（第一次報告）本編 P. I -18

◆モリソン (Morison) 式⁵

$$\vec{f}_n = \frac{1}{2} C_D \rho_0 \left| \vec{u}_n \right| \vec{u}_n D \Delta S + C_M \rho_0 \vec{a}_n A \Delta S$$

ここに、

\vec{f}_n : 部材軸方向の微小長さ ΔS (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/s²) (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) (10m/s を基本とする)

C_D : 抗力係数 (表-4.3 参照)

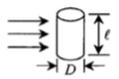
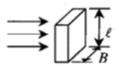
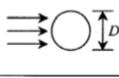
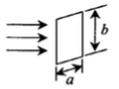
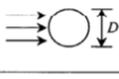
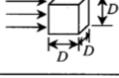
C_M : 慣性力係数

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 (m²)

ρ_0 : 海水の密度 (通常は 1.03 t/m³)

表 4-3 抗力係数

物体の形状	基準面積	抗力係数
円柱 (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 " 2 " 1.15 " 4 " 1.19 " 10 " 1.29 " 18 " 1.40 " ∞ " 2.01
球 	$\frac{\pi}{4} D^2$	0.5~0.2
立方体 	D^2	1.3~1.6

⁵港湾の施設の技術上の基準・同解説、日本港湾協会、平成 19 年 7 月、P203

式中の第 2 項の慣性力項については、部材幅（柱幅）が小さいため、ゼロとしてよい。⁶

モリソン式を用いて津波避難タワーの骨組み部材に作用する津波荷重を算定する場合には、津波避難タワーの設置位置における津波の流速値が必要となるが、静岡県第 4 次地震被害想定における津波シミュレーションでは、流速値は算定されていない。

そのため、本手引書では、流速 10m/s を基本値として設定する。ただし最大浸水深が 10m 以上で流速が速くなるとされる箇所については、「港湾の施設の技術上の基準・同解説 平成 19 年 7 月 P238」、「津波漂流物対策施設設計ガイドライン H26.3 P37」に示されている算出式を用いて流速を確認し、10m/s を超えるようならばその値を使用すること。

◆流速の設定【参考】

1) 算出式

津波の流速

①港湾の施設の技術上の基準・同解説 平成 19 年 7 月 P238

$$u = \frac{C \eta}{h} = \eta \sqrt{\frac{g}{h}}$$

ここに

μ : 津波の流速 (m/s)

η : 平常潮位を基準とした津波による海面変動 (m)

C : 波速 (m/s) $C = \sqrt{gh}$

h : 水深 (m)

g : 重力加速度 (m/s²)

②津波漂流物対策施設設計ガイドライン H26.3 P37

$$u = F_r \sqrt{gh}$$

ここに

μ : 津波の流速 (m/s)

F_r : 流速を算出するための係数 ($F_r = 0.9$ としても良い)

h : 最大浸水深 (m)

g : 重力加速度 (m/s²)

ただし、「津波漂流物対策施設設計ガイドライン H26.3」は、浸水深 5m 以下の規模を想定しているため、参考値として扱うものとする。

⁶第 48 回海岸工学講演会討議集 論文番号 179 水辺植生に作用する波力と消波機能に関する研究

2) 実績値

○東日本大震災

流速 $6.3\sim 7.5\text{m/s}$ ⁷ (映像解析による)

○スマトラ沖地震

海岸線から $1\text{ km}\sim 2\text{ km}$ の範囲 $7.0\text{m/s}\sim 5.0\text{m/s}$

内陸部 8.0m/s ⁸ (痕跡後からの推定)

3) 津波伝播シミュレーション

水理模型実験又は水理実験で十分に精度を検証された数値波動水路によって流速を求める。ただし、地形や周りの建物の影響などを考慮した実験は、難しいことから、設置場所の状況を精度よく再現できる場合には、用いることができる。

⁷東北地方を襲った津波の流況と建物被害、越村俊一・郷右近英臣

⁸スマトラ沖地震津波によるバンダアチェ、シグリにおける流速の推定# 松富 英夫[1]; 榊山 勉[2]; 都司 嘉宣[3]; 村上 嘉謙[4]; 行谷 佑一[3] [1] 秋大・工資・土木; [2] 電中研・流体科学領域; [3] 東大地震研; [4] 関電

4.3.2地震動に関する事項

地震動は、道路橋示方書・建築基準法に従い、設計水平震度を設定する。

【解説】

(1) 地震動の設定

津波避難タワーは、津波から避難するための施設であるため、津波が襲来する前に、地震動によって倒壊することがあってはならない。

躯体の照査は、道路橋示方書（H24年版）に示されているレベル2地震動の設計水平震度を用いて静的解析を行うこと基本とする。ただし、建築確認（計画通知）が必要となる場合は、建築基準法での照査が必要であるため、建築基準法での設計水平震度でも照査を行い、設計計算書を作成する。

表4-4に解析時に使用する設計水平震度を示す。

津波避難タワーは、高さ45m以下であるため、動的解析は不要とする。

表4-4 構造解析に使用する地震波形

解析	使用する設計水平震度・地震波形
静的解析 （骨組みモデルを用いた耐力照査）	<ul style="list-style-type: none">道路橋示方書（H24年版）で示されている設計水平震度建築基準法で示されている設計水平震度 建築確認（計画通知）が必要な場合は、各基準の設計水平震度で照査を行い、設計計算書を作成する。 設計は、両基準値に耐えうるものとする。

4.3.3 風荷重に関する事項

建築物として扱う場合、建築基準法に準拠した設定を行うこと。

ただし、土木構造物として扱う場合などは道路橋示方書等を参考に適切に設定する。

【解説】

(1) 建築基準法

「建築基準法施行令第 82 条四項」、平成 12 年建設省告示第 1458 号及び第 1454 号に示されている算定方法を用いる。建築基準法は 2000 年の改定により、大幅に改定されている。特に、平成 12 年建設省告示第 1454 号により地表面の粗度区分を考慮し設定する。これにより周辺状況、構造物の高さ、海岸線からの距離等を考慮した風荷重の設定を行うことができるようになっている。

(2) 道路橋示方書

道路橋示方書・同解説（H24 4 月）の I 共通偏 2.2.9 風荷重より最大風速 55m/s と
なる。

4.3.4積載荷重に関する事項

積載荷重（活荷重、群集荷重）は、「建築基準法施行令第 85 条」の「百貨店、店舗の売場」に準じて、床版（床材）及び床組設計時は、「2900N/m²」、主桁等の主構造設計時は、「2400N/m²」とする。

【解説】

津波避難タワーの想定避難者数は、原則 1 名/1m² と想定している。一人あたり 70kg（成人男性）と想定すると 700N/m² となるが、想定外の状況（たとえば、各自の荷物、津波避難施設に設置した諸設備等）も考慮して、上記を網羅できる仕様とする。基準としては、建築基準法施行令第 85 条より表 4-5 に示す屋上広場またはバルコニーに相当すると考え、かつ大勢の人が集中することを考慮し、4.百貨店、店舗の売り場相当を位置づけた。

備蓄倉庫を設ける場合は、1m² あたりの荷重が 2900N/m² 以下であることを確認し、その値を超えるような場合（1 m² あたりに水を 300 ℓ 以上置く場合など）は、その荷重に合わせて積載荷重を設定する必要がある。

表 4-5 建築基準法施行令第 85 条 積載荷重表

室の種類		床計算用 (単位 N/m ²)	大梁・柱・基礎 (単位 N/m ²)	地震力用 (単位 N/m ²)	
1	住宅の居室・住宅以外の建築物の寝室又は病室	1800	1300	600	
2	事務室	2900	1800	800	
3	教室	2300	2100	1100	
4	百貨店・店舗の売場	2900	2400	1300	
5	劇場・映画館・園芸場・観覧場・公会堂・集会場その他これらに類する用途に供する建築物の客席又は集会室	固定席	2900	2600	1600
		その他	3500	3200	2100
6	自動車車庫及び通路	5400	3900	2000	
7	廊下・玄関又は階段	3. から5. までの掲げる室に連絡するものにあつては5. の「その他の場合」の数値による。			
8	屋上広場又はバルコニー	1. の数値による。但し学校または百貨店の用途に供する建築物にあつては4. の数値による。			

4.3.5 その他荷重に関する事項

設計上考慮すべきその他の荷重（添架物等）がある場合については、適宜考慮すること。

【解説】

設計上考慮すべきその他の荷重としては、以下に示すようなものが挙げられる。設置箇所や形状によっては、津波や風の影響を受ける可能性があるため、必要に応じて考慮すること。

- ・ 常時・避難時の車両の衝突
- ・ 大型標識（行先案内板等）
- ・ 添架物 など

車両の衝突に関しては、衝突荷重として津波避難タワーに影響を与える他に、避難者に対して直接危険を及ぼす可能性があるため、車両の衝突の危険性がある場所に津波避難タワーを設置する場合は、防護柵等を設置することとする。

4.3.6 漂流物に関する事項

津波避難施設に作用する漂流物については、当該港湾・漁港の周辺にある漂流物になりうるものを勘案し、適切に設定する。また、堤外地においては、発生頻度の高い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) 漂流物が発生する条件

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、周辺の漂流対象物の有無や配置等を調査した上で、津波避難タワー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深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。

上記の2点を整理し、漂流物となりうる対象物を整理する。

1) 喫水深による判定

津波による浸水深が漂流対象物の喫水深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。

$$H > D$$

H：陸上の浸水深

D：漂流物の喫水深

2) 滑動抵抗による判定

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。

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

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

μ ：漂流対象物の静止摩擦係数

(2) 漂流物対策

漂流物に対する対策は、2.5.3 を参考に対策工を検討する。対策工は、津波漂流物対策施設の設置あるいは防衝工の設置とし、新設する津波避難タワーへの影響を少なくすることを基本とする。対策工の検討にあたっては以下を参考とする。

1) 津波漂流物対策施設（捕捉スクリーン）による対策

(財) 沿岸技術研究センター「津波漂流物対策施設設計ガイドライン H26.3」

ただし、上記図書は、設計対象とする浸水深は 5m 以下であることや、最大クラスの津波に対して「漂流物の捕捉」を考えているものではないため、想定する外力に応じて適切に準用すること。

2) 防衝工

「港湾の施設の技術上の基準・同解説平成 19 年 7 月 P1177」

4.3.7 火災に関する事項

津波に起因する火災については、漂流する燃焼物や出火源となりえる引火性の危険物等の状況を勘案し、適切に考慮する。

(1) 火災発生の要因

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、小型船舶や漁港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。

(2) 火災時間

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くため、火災が拡大する恐れがあり、津波に起因する火災は数時間から数日間続くことがある。

(3) 耐火対策

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、津波避難タワー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）を津波避難タワーに近づけないことを基本とする。

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している。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ものが考えられるため、漂流物等による火災の影響を受ける可能性がある場所に設置する場合は、コンクリート被覆を行う、若しく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。表 4-6 に耐火対策事例を示す。

表 4-6 耐火対策事例

耐火対策	
塗装（Z C - 1）	下塗り 亜鉛メッキ用エポキシ樹脂塗料
	中塗り フッ素樹脂塗料
	上塗り フッ素樹脂塗料
耐火材吹付け	乾式吹付けロックウール
	半乾式吹付けロックウール
	湿式ロックウール
耐火板張り	繊維混入ケイ酸カルシウム板
耐火材巻付け	高断熱ロックウール
吹付けロックウール（t=25mm）	

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

津波避難タワーには、所定の安全性と使用性、維持管理性が求められる。

【解説】

津波避難タワーは常時、地震時、津波襲来時、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も求められる。津波避難タワーがおかれる各状態における要求性能を表 4-7 に示す。

表 4-7 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	○	○	—
・津波襲来時	○	○	—

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行わ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、構造体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。</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>(2) 津波避難タワー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、若しく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、4.3.2 を参照のこと。

(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 4-8 のように段階的に与えられる。

表 4-8 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)	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】

建築基準法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

津波襲来時における性能は、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襲来することから、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襲来し、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。

新設する津波避難タワーに対し、2.5.3 により対策を十分検討すること。

4.4.2 液状化の検討

4.4.2.1 液状化の影響

津波避難タワー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】

津波避難タワーの周辺の液状化に伴い地盤の支持力が低下すると、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。したがって、沈下の影響が大きいと判断される場合には、施設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

津波避難タワーが立地する地盤においては、港湾における液状化の予測・判定法によって当該地における液状化の有無を評価する。

液状化の評価においては、津波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・判定法や、建築基準による方法によるほか、「宅地の液状化被害可能性判定に係る技術指針」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。よって港湾における液状化の予測・判定法により、液状化に対する評価を行うものとする。

港湾における液状化の予測・判定法を表 4-9 に示す。

表 4-9 液状化判定基準一覧

準拠指針	レベル1 地震動/中規模地震	レベル2 地震動/大規模地震
港湾の施設の技術上の基準・同解説 H19	粒度及び等価 N 値により予測判定する。 その結果より、精度を高める場合 FL 法で判定する。（繰返し三軸）	対象施設の周辺の施設の状況等を考慮した総合的な検討を行う。 詳細な検討を行う場合は、動的解析「FLIP」等がある。 「FLIP」で使用する波形は、第4次地震被害想定地表面加速度波形とする。

○沈下・傾斜について

津波に先行する地震動により、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、津波避難施設が沈下・傾斜する可能性がある。沈下・傾斜に対して、避難上の要件（避難上安全な高さ、避難路の確保）が満足できるものか検討する必要がある。

特に護岸の近傍等では、津波避難施設が護岸側へ側方流動が生じることが予想されるため注意が必要である。

沈下については、沈下後の高さが、避難上安全な高さ（浸水深+余裕高）を満たしているか確認する。

傾きについては、以下に許容値の目安を示す。

①津波避難タワー（津波避難施設A種）

新設する津波避難タワーについては、液状化に対して有効な基礎形状で設計を行い、大きな傾きや沈下は起こらないようにする。（4.4.7 参照）

「官庁施設の総合耐震計画基準及び同解説 平成 8 年版 社団法人 公共建築協会」に示されている鋼構造の目標層間変形角（1/100）（4.4.6 参照）を許容値の目安とする。

②既存施設や照明塔等（津波避難施設B種）

既存施設や照明塔等を津波避難施設として使用する場合、液状化に対して十分な対策が取れていないことが考えられる。特に、直接基礎構造の場合、地盤の液状化に伴い施設自体が大きく沈下・傾くことが想定される。

その場合の傾きは、避難者がその場に留まれる程度（1：3 の勾配、18°程度 図 4-2 参照）までを許容し、それ以上となる場合は地盤改良など、対策案を検討する。

階段施設においては、地盤が沈下しても容易にアプローチできるよう、沈下を考慮した階段数をあらかじめ土中に設置しておくことが考えられる。

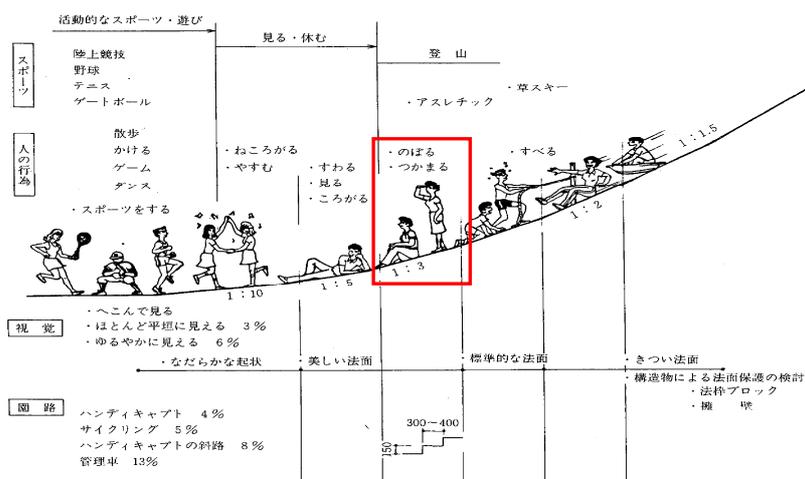


図 4-2 勾配と利用状況

出典：ランドスケープデザイン造園設計ディテールシート 青島利浩

4.4.2.3 液状化に対する対応策

液状化に対する対応策として、基礎の検討を十分行い、津波避難タワーに影響を及ぼさないようにする。

【解説】

(1) 基礎の検討

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。もしくは、杭基礎にするなどの対応が必要となる。4.4.7 を参照とする。

(2) 津波避難タワーへの影響

沈下後の昇降設備へのアプローチ、津波避難タワーの傾斜等に留意する。

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を、表 4-10 に示す。

表 4-10 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
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）	$G + P + K$	$G + P + K + 0.35S$
	津波襲来時	$G + P + T$	$G + P + T + 0.35S$
	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	$G + P + S$	$G + P + S$

出典：「港湾の津波避難施設の設計ガイドライン」H25年10月

- 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。4.3.4 参照
- 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。4.3.2 参照
- T : 津波荷重によって生じる力。4.3.1 参照
- CO : 漂流物による衝突によって生じる力。4.3.6 参照
- W : 風荷重によって生じる力。4.3.3 参照

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(杭基礎にあっては、杭の引き抜き耐力を超えないこと等)を確認する。

【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、若しくは津波荷重・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、若しくは津波荷重・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。

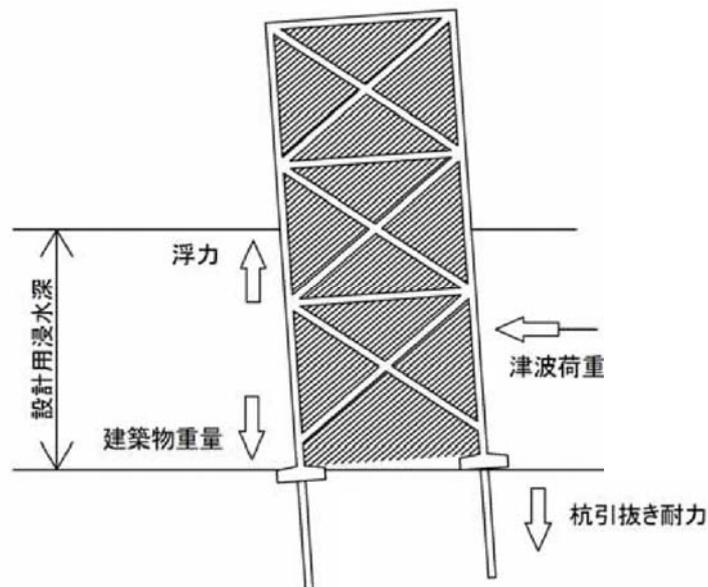


図 4-3 建築物の転倒に対する考え方（杭基礎）

出典：「港湾の津波避難施設の設計ガイドライン」H25年10月

(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、若しくは津波荷重・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、若しくは津波荷重・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及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及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。

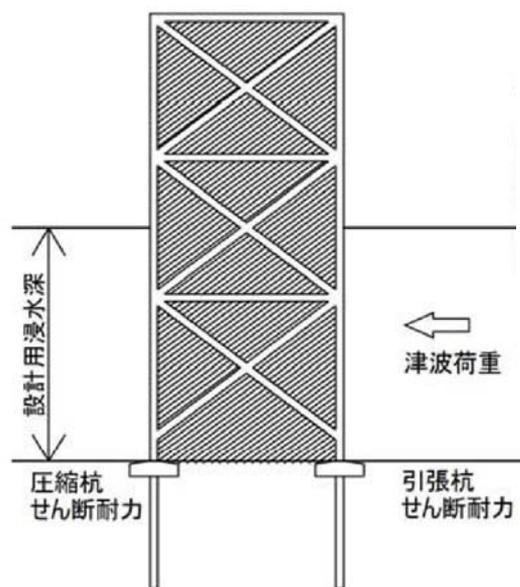


図 4-4 建築物の滑動に対する考え方（杭基礎）

出典：「港湾の津波避難施設的设计ガイドライン」H25年10月

4.4.5 構造部材の断面力

津波避難タワー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算定する方法、若しく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】

津波避難タワーの構造部材の断面力の算定は、柱・梁を 2 次元あるいは 3 次元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 構造部材の耐力照査

津波避難タワーの構造部材の耐力照査は、骨組みモデルを用いた静的解析とする。

津波避難タワー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、若しく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。

$$Q_{ui} \geq Q_i$$

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、若しくは津波荷重・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、建築基準（建築物の構造関係技術基準解説書）に従うこととする。

②津波荷重・衝突荷重の合計

津波荷重、衝突荷重を考慮する場合においても、上記地震荷重と同様に建築基準に準拠するものとする。耐震計算ルートに従った算定式を用いるものとする。

国営整第 69 号平成 23 年 7 月 5 日「建築構造設計基準の資料」に示されている S 造の構造計算フローから津波避難タワーに該当するフローをとりまとめたものを図 4-5 に示す。

津波避難タワーの耐震安全性の分類は、「官庁施設の総合耐震計画基準及び同解説 H 8 年版」で示されている「避難所として位置づけられた施設」に該当するものとし、構造体は II 類とする。よって、重要度係数 I は 1.25 とする。

表 4-11、表 4-12 に耐震安全性の分類と目標及び設計方針の概要を示す。

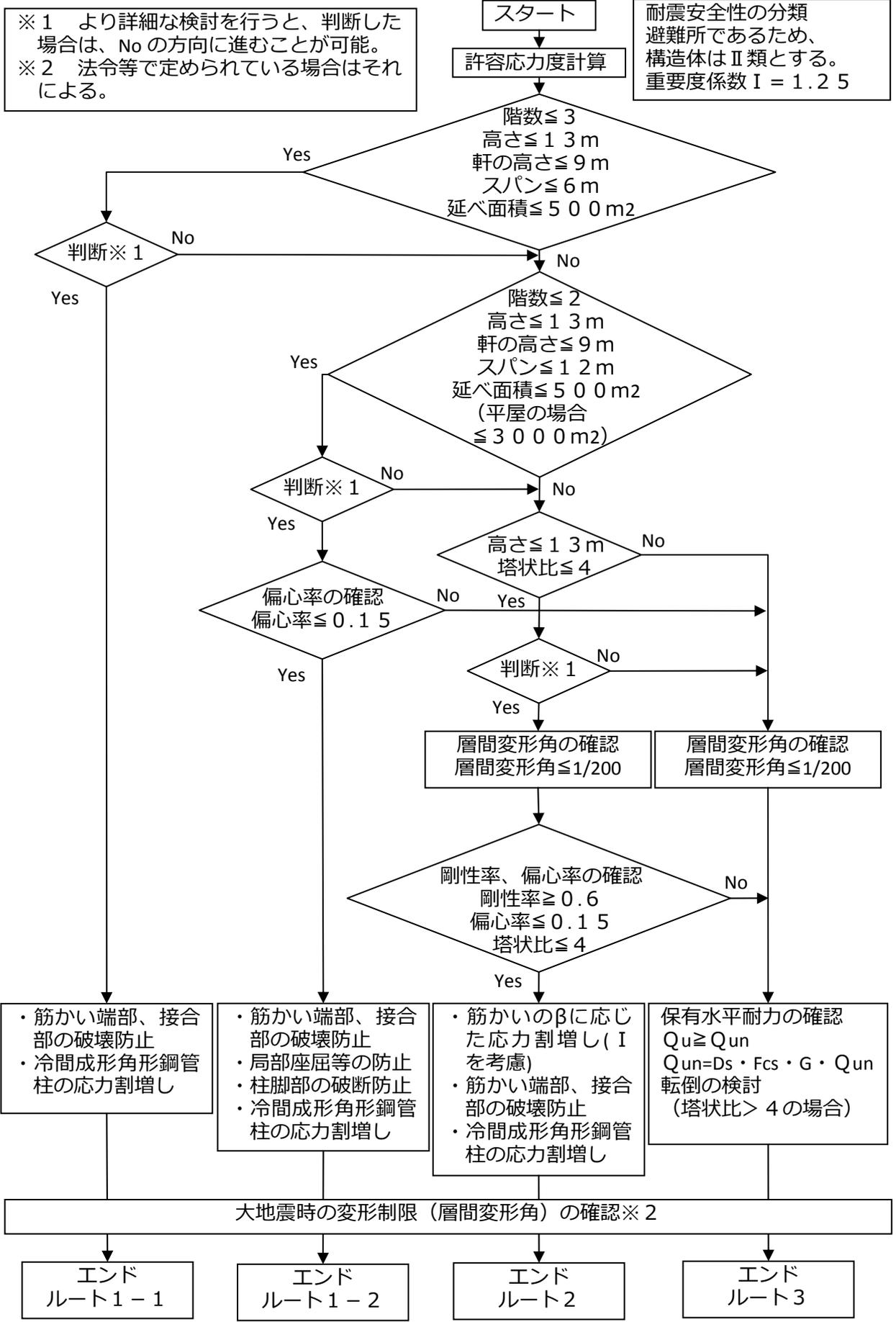


図 4-5 S 造の構造計算フロー

表 4-11 耐震安全性の分類

分類		活動内容	対象施設	耐震安全性の分類		
				構造体	建造部材 非材構	建築設備
災害応急対策活動に必要な施設	伝達等 の指 揮、 情 報	災害時の情報の収集、 指令 二次災害に対する警報 の発令 災害復旧対策の立案、 実施 防犯等の治安維持活動 被災者への情報伝達 保健衛生及び防疫活動 救援物資等の備蓄、緊急 輸送活動等	指定行政機関が入居する施設 指定地方行政機関のうち地方ブ ロック機関が入居する施設 指定地方行政機関のうち東京圏、 名古屋圏、大阪圏及び大震法の強化 地域にある機関が入居する施設	I類	A類	甲類
			指定地方行政機関のうち上記以外 のもの及びこれに準ずる機能を有す る機関が入居する施設	II類	A類	甲類
	救護 施設	被災者の救難、救助及 び保護 救急医療活動 消火活動等	病院及び消防関係施設のうち災害 時に拠点として機能すべき施設	I類	A類	甲類
			病院及び消防関係施設のうち上記 以外の施設	II類	A類	甲類
避と位 難し置 所てづ れ設	被災者の受入れ等	学校、研修施設等のうち、地域防 災計画において避難所として位置づ けられた施設	II類	A類	乙類	
人確 命保 及び 特に 物品 に必 要な 安全 施設	危険物を貯蔵又は使用する施設	放射性物質若しくは病原菌類を貯 蔵又は使用する施設及びこれらに関 する試験研究施設	I類	A類	甲類	
		石油類、高圧ガス、毒物、劇薬、 火薬類等を貯蔵又は使用する施設及 びこれらに関する試験研究施設	II類	A類	甲類	
	多数の者が利用する施設	文化施設、学校施設、社会教育施 設、社会福祉施設等	II類	B類	乙類	
そ の 他		一般官庁施設	III類	B類	乙類	

出典：官庁施設の総合耐震計画基準及び同解説 平成8年版

表 4-12 耐震安全性の目標及び設計方針の概要

建築物の種類		一般的な建築物	地震応答解析により設計する建築物 (高層建築物等)
一次設計	地動と目標性能	Co=0.2 程度の入力地震動に対して、損傷を生じないことを目標とする。	25 cm/sec 程度の入力地震動に対して、損傷を生じないことを目標とする。
	中地震動に対する設計 構造体の目標性能と設計方法	[上部構造及び基礎構造] 建築基準法、同法施行令及び建築構造設計基準に従った許容応力度設計を行う。	[上部構造] 建築基準法、同法施行令及び建築構造設計基準に準じた許容応力度設計を行うと共に、入力地震動をレベル 1 = 25 cm/sec として地震応答解析を行い、各部材がほぼ弾性範囲内であることを確認する。 [基礎構造] 上部構造のレベル 1 地震応答解析結果をもとに、許容応力度設計を行う。
二次設計	地動と目標性能	Co=1.0 程度の入力地震動に対して、人命の安全に影響を与える著しい損傷を生じないことに加え、I 類の建築物では、地震動後補修をすることなく、また、II 類の建築物では、地震動後大きな補修をすることなく建築物を使用できることを目標とする。	50 cm/sec 程度の入力地震動に対して、人命の安全に影響を与える著しい損傷を生じないことに加え、地震動後補修をすることなく建築物を使用できることを目標とする。
	大地震動に対する設計 構造体の目標性能と設計方法	[上部構造：地上階] 大地震動時の層間変形角が目標値以下であることを確認する。 鉄筋コンクリート造 1/200 鉄骨鉄筋コンクリート造 1/200 <u>鉄骨造 1/100</u> I 類及び II 類の建築物では、重要度係数により割り増した必要保有水平耐力に対し、保有水平耐力を確保する。 I 類 I = 1.5 <u>II 類 I = 1.25</u> III 類 I = 1.0 [上部構造：地下階] I 類及び II 類の建築物では、上記の重要度係数により割り増した必要保有水平耐力に対し、保有水平耐力を確保する。 [基礎構造] I 類及び II 類の建築物、高さが 31 m を超える建築物及び表層付近の地盤状況が悪い敷地の建築物は、保有水平耐力の検討を行い、基礎構造の損傷が上部構造の機能確保に有害な影響を与えないことを確認する。	[上部構造：地上階] 入力地震動をレベル 2 = 50 cm/sec として地震応答解析を行い、層間変形角及び層の塑性率が目標値以下であることを確認する。 <u>層間変形角 1/100</u> 層の塑性率 2.0 I 類の建築物のうち、特に重要なものについては、入力地震動の割り増しを行う。 [上部構造：地下階] 地震応答解析結果を基にした地震力に対し、保有水平耐力を確保する。 [基礎構造] 地震応答解析結果を基にした地震力により保有水平耐力の検討を行い、基礎構造の損傷が上部構造の機能確保に有害な影響を与えないことを確認する。

出典：官庁施設の総合耐震計画基準及び同解説 平成 8 年版

4.4.7 基礎の設計

4.4.7.1 基礎形式の検討

基礎形式の選定にあたっては、地盤調査により地盤条件（支持層深度、液状化層の有無）を把握した上、構造的、経済性、施工性等を勘案して、総合的な観点から決定する。

【解説】

建築物基礎形式について、日本建築学会「建築基礎構造設計指針」より基礎形式を図 4-6 に示す。

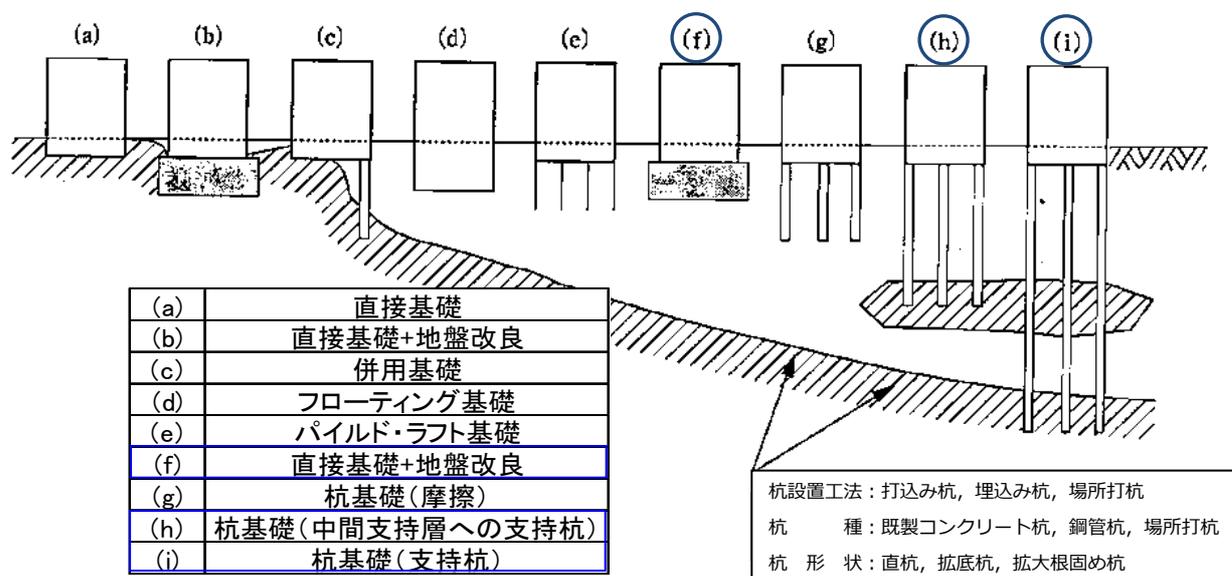


図 4-6 支持地盤の深度と適用可能な基礎形式

出典：日本建築学会「建築基礎構造設計指針」2001年 P58

堤外地における特性としては、主に埋立地であり、液状化が起こりやすい点である。よって、基礎形式は液状化に配慮し以下の方式を基本に検討する。

液状化を抑制する方法（直接基礎+地盤改良）・・・ f

液状化を許容する方法（杭基礎（支持杭））・・・ h、 i

また、杭基礎を選択する場合において支持層が非常に深い場合が考えられる。したがって、施工性及び経済性にも留意する必要があるほか、施設の高さが確実に確保できるよう配慮する。

なお、地盤改良においては、改良体のせん断剛性、改良地盤の改良形式・アスペクト比・支持方式に依存し改良地盤の卓越周期が決まり、地震動の周期特性のうち卓越周期に近い成分が増幅して改良地盤を伝達し上部建築物への入力地震動となる。上部建築物の固有周期の組み合わせによって建築物の応答値が増幅することもあるため改良地盤の構造特性の選択には留意が必要である。地盤改良については、日本建築学会「建築基礎のための地盤改良設計指針案 2006 年版」を参考とするとよい。

4.4.7.2 地盤調査

堤外地は埋立地である場合が多く、たとえ近隣の調査結果においても同一な地層構成であるとは言い難いため、建設する当該地において地盤調査を行うことを基本とする。

【解説】

津波避難タワーの設計対象となる地域は、埋立地である可能性が高く、地層構成が明確でないため、詳細設計時には地質調査を行い、適切な液状化判定・基礎形式の選定ができるようにする。

必要となる地盤調査内容を表 4-13 に示す。（なお、地盤調査の実施項目は、津波避難施設の設置場所に応じて適切に選定する。）

表 4-13 地盤調査項目の整理

	港 湾		建 築		必要となる試験	物性値の推定可否	判定※
	港湾の施設の技術上の基準・同解説H19 （旧日本港湾協会）	2007年版 建築物の構造関係技術解説書 国交省住宅局建築指導課他					
工学的基礎の確認	砂質土 N>50						
	粘性土 $q_u > 650 \text{KN/m}^2$		N値50以上	標準貫入試験	推定不可	○	
	せん断弾性波 $V_s > 300 \text{m/s}$		せん断弾性波 $V_s > 400 \text{m/s}$	PS検層	N値による推定可能	△	
	深さ確認は明記なし		5m程度有すること。				
液化判定対象深度	地表面から20m以浅		地表面から20mの深さ以内	標準貫入試験	推定不可	○	
	※港湾の基準⇒埋立地の液化化対策ハンドブック参		砂質土で比較的粒径が均一な中粒砂	土の粒度試験	推定不可	○	
			地下水以下にあって、水で飽和している	土の液性限界試験	推定不可	○	
			N値がおおむね15以下	土の塑性限界試験	推定不可	○	
動的解析 (FLIP) に必要となるパラメタ	湿潤密度			土の湿潤密度試験	N値による推定可能	△	
	内部摩擦角			土の三軸圧縮試験	N値による推定可能	△	
	変相角				簡易設定法		
	初期せん断弾性係数			PS検層	簡易設定法	△	
	堆積弾性係数				簡易設定法		
	ポアソン比				簡易設定法		
	せん断波速度				簡易設定法		
	履歴減衰の上限值				簡易設定法		
	液化化特性				簡易設定法		
				土の繰返し非排水三軸試験	簡易設定法	△	

※○は試験を必要とするもの、△は試験をすることが望ましいが算出式等での推定が可能であるもの。
 ※簡易設定法：運輸省港湾技術研究所「港湾技研資料」No.889 液化化による構造物被害予測プログラムFLIPにおいて必要な各種パラメタの簡易設定方法

調査深度
 原位置試験
 室内試験
 ※PS検層、土の湿潤密度試験、土の三軸圧縮試験、土の繰返し非排水三軸試験は、N値等から推定可能であるため必須項目から外した。

工学的基礎の確認として、建築基準法より5.0mを確認するまでとする。

標準貫入試験は、全層実施する。
 液化化判定に必要な試験(土の粒度試験、土の液性限界試験、土の塑性限界試験)は、地下水以下でGL-20m以内の層を対象とし、1mピッチで実施する。

【参考】

建築基礎設計を行うための、地盤調査について以下に示す。

(1) 調査内容

地盤調査計画にあたっては、採用の可能性がある基礎形式を想定し、その要求性能を検討するために必要となる地盤情報を取得できるようにする。

表 4-14 地形・地質と基礎形式の一般的な組み合わせの例

建築物の規模	地形・表層部の地質		
	山地	丘陵地・台地	低地・埋立地
	岩盤 ~ 第三紀層 ~ 洪積層		沖積層
低層	直接基礎		直接基礎 (地盤改良など)
中層			
高層	直接基礎		パイルド・ラフト基礎 杭基礎
超高層	パイルド・ラフト基礎		

出典：建築基礎設計のための地盤調査計画指針 日本建築学会 2009年11月

当該地は低地・埋立地であることから、直接基礎（地盤改良）もしくは杭基礎を想定することが望ましい。想定した基礎形式に対する検討項目は、表 4-15 に示すとおり、要求性能レベル（限界状態）に応じて基礎形式ごとに設定されている。

表 4-15 直接基礎及び杭基礎の検討項目

要求性能レベル (限界状態)	要求性能		
	上部構造に対する影響	基礎部材	地盤
a. 終局限界状態	(基礎の変形角, 傾斜角)	各部材の応力または変形量	鉛直支持力, (沈下), (滑動抵抗), 液状化
	(基礎の変形角, 傾斜角)	各部材の応力, または弾性変形量	鉛直支持力, (沈下量), 引抜き抵抗力, (引抜き量), 水平抵抗力, (水平変位量), 液状化
b. 損傷限界状態	基礎の変形角, 傾斜角	各部材の応力	鉛直支持力, 沈下, 滑動抵抗, 液状化
	基礎の変形角, 傾斜角	各部材の応力	鉛直支持力, 沈下量, 引抜き抵抗力, 引抜き量, 水平抵抗力, 水平変位量, 液状化
c. 使用限界状態	基礎の変形角, 傾斜角	各部材の応力またはひび割れ幅	沈下, 滑動抵抗
	基礎の変形角, 傾斜角	各部材の応力またはひび割れ幅	沈下量, (引抜き抵抗力), (引抜き量), (水平抵抗力), (水平変位量)

[注] 1) 上段が直接基礎, 下段が杭基礎に対応する。 2) () の項目は必要に応じて検討する。

出典：建築基礎設計のための地盤調査計画指針 日本建築学会 2009年11月

地盤条件と建築物の規模で分類した基礎形式別の検討項目を表 4-16に示す。

表 4-16 地盤条件と建築物の規模で分類した基礎形式別の検討項目

基礎形式別の検討項目 地盤条件 (地表または 基礎下から支持層まで の地盤条件)と建築物の規模			直接基礎				杭基礎				共通				
			鉛直支持力	滑動抵抗	即時沈下量	圧密沈下量	鉛直引き抜き抵抗	沈下量	引き抜き量	水平抵抗力	水平変位量	液状化 側方流動	地盤振動特性	入力地震動 (偏)土圧	耐久性
低地 埋立地 (盛土造成地を含む)	粘性土 腐植土	低層	○	-	-	○	○	-	○	-	-	-	-	○	○
		中層・高層	○	○	-	○	○	○	○	○	-	-	-	○	○
		超高層	○	○	-	○	○	○	○	○	-	○	-	○	○
	砂質土 砂礫	低層	○	-	○	-	○	-	○	-	○	-	-	○	○
		中層・高層	○	○	○	-	○	○	○	○	○	-	-	○	○
		超高層	○	○	○	-	○	○	○	○	○	○	-	○	○
台地 丘陵地	粘性土 火山灰質 粘性土	低層	○	-	-	○	○	-	○	-	-	-	-	○	○
		中層・高層	○	○	-	○	○	-	○	-	-	-	-	○	○
		超高層	○	○	-	○	○	○	○	○	-	○	-	○	○
	砂質土 砂礫	低層	○	-	○	-	○	-	○	-	-	-	-	○	○
		中層・高層	○	○	○	-	○	-	○	-	-	-	-	○	○
		超高層	○	○	○	-	○	○	○	○	-	○	-	○	○
山地 (傾斜地・ 斜面)	風化岩 土砂 崖すい	低層	○	○	○	-	○	-	○	-	-	-	○	○	
		中層・高層	○	○	○	-	○	-	○	-	-	-	○	○	
		超高層	○	○	○	-	○	○	○	○	-	○	○	○	

[注] ○：通常は検討する， -：通常は検討が不要または対象外

出典：建築基礎設計のための地盤調査計画指針 日本建築学会 2009年11月

また検討項目とそれに対応する地盤調査方法を表 4-17 に示す。

表 4-17 検討項目と地盤調査方法

調査・試験方法	調査によって得られる主な地盤情報	検討事項												本指針の参照先
		直接基礎				杭基礎				共通				
		鉛直支持力	滑動抵抗	即時沈下量	圧密沈下量	鉛直引き抜き支持力	引抜き沈下量	水平抵抗力	水平変位量	液状化	地盤振動特性	土圧	耐久性	
事前調査	地形・地質他	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	2.2 節
原位置調査	ボーリング調査	土質分類, 地層構成	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	2.3.2 項
	地下水水位測定	地下水水位	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	2.3.3 項
	標準貫入試験	N 値, 土質	○	○	○	-	○	○	○	○	○	-	○	2.3.6 項
	孔内水平載荷試験	地盤反力係数	○	-	○	-	○	○	○	-	○	-	-	2.3.8 項
	PS 検層	弾性波速度	-	-	○	-	-	○	-	○	-	-	○	2.3.11 項
	微動測定, 微動アレー観測	振動特性	-	-	-	-	-	-	-	-	○	-	-	2.3.11 項
	平板載荷試験	荷重～変位関係, 地盤反力係数, 支持力	○	-	○	-	-	-	-	-	-	-	-	2.3.12 項
	杭の載荷試験	同上	-	-	-	-	○	○	○	-	-	-	-	2.3.13 項
	透水試験・揚水試験	透水係数	-	-	-	-	-	-	-	○	-	-	-	2.3.3 項
	室内土質試験	物理試験	物理特性	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
化学試験		化学特性	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	○	2.3.5 項
圧密試験		圧密特性	-	-	-	○	-	○	-	-	-	-	-	2.3.9 項
一軸圧縮試験 三軸圧縮試験		せん断強度, 変形係数	○	○	○	-	○	○	○	-	-	○	-	2.3.8 項
動的変形試験		せん断剛性, 減衰定数	-	-	-	-	-	-	-	-	○	-	-	2.3.11 項
液状化試験		液状化強度	-	-	-	-	-	-	-	○	-	-	-	2.3.10 項
地盤環境調査	付録Ⅱ参照	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	付録Ⅱ	

[注] ○：得られた地盤情報を検討に用いることができる， -：検討できない

出典：建築基礎設計のための地盤調査計画指針 日本建築学会 2009 年 11 月

上表を基に基礎形式に対応した地盤調査方法を選択する。ただし、表 4-7 には直接検討できるものと、経験式や設計者の判断により間接的に推定するものが合わされて示されているため、専門書等を参考に選定・評価することが必要である。

(2) 調査本数・位置

津波避難タワーの設計対象となる地域は、埋立地である可能性が高く、地層構成が不均質で明確でないことが多い。よって、2本以上の調査を行い当該地の地盤を評価することが望ましい。

日本建築学会「建築基礎設計のための地盤調査計画指針」においても、建築面積が小さい場合でも調査本数は2本以上とすることを原則とし、建物形状を考慮して、建物範囲が効果的に含まれるよう、端部および建物内部に配置することが望ましいとされている。

建築面積に応じた調査本数のグラフに実務経験におけるボーリング本数に関するアンケート調査結果を重ねたものを図4-7に示す。これらを目安に調査本数を検討し、決定する。

また調査位置に関する例を図4-8に示す。

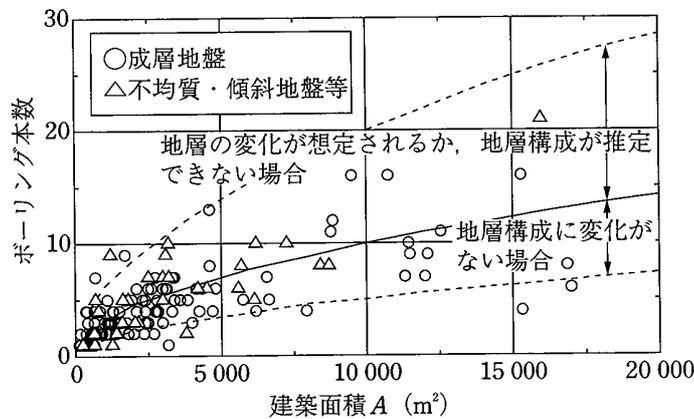


図 4-7 ボーリング本数の実態調査結果

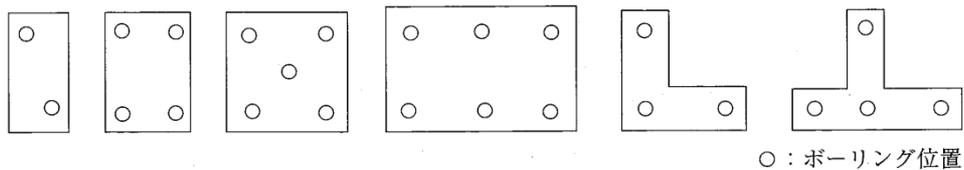


図 4-8 建物の形状とボーリング調査配置

出典：建築基礎設計のための地盤調査計画指針 日本建築学会 2009年11月

(3) 調査深さ

調査深さは、事前調査により地盤構成や支持層の不陸、工学的基盤の傾斜の可能性を推定し、基礎形式を想定した上で設定する。また、液状化判定等、耐震検討に必要な工学的基盤層（5m）を確認することを基本とする。

表 4-18 設計のためのボーリング調査深さの目安

想定する基礎形式 解析条件	直接基礎	杭基礎
① 一般の場合	<p>支持層として想定される地層が確認できる深さまで。ただし、以深に沈下の原因となる地層が現れることが想定される場合は、当該層の有無が確認できる深さまで。</p> <p>事前に地層構成の想定ができない場合は、べた基礎スラブ短辺長さの2倍以上または建物幅の1.5~2倍程度が目安となる。</p>	<p>沖積層全層かつ支持層として想定される地層が5~10m以上確認できる深さまで。</p> <p>支持杭の場合は、杭先端深さより杭先端径の数倍の深さまで（一般に2~3倍とすることが多いが、採用予定の杭工法の先端支持力の評価方法や形状に留意して設定する必要がある。）。ただし、以深に軟質な層が現れることが想定される場合は、当該層の有無が確認できる深さまで。</p>
② 地震応答解析を行う場合 (PS 検層用, 2.3.11 参照)	<p>工学的基盤を5~10m以上確認できる深さまで。ただし、以深に軟質な層が現れることが想定される場合は、その下の工学的基盤同等の層が確認できる深さまで。</p>	

出典：建築基礎設計のための地盤調査計画指針 日本建築学会 2009年11月

4.4.7.3 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支持力以下であること、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。

4.4.7.4 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。

4.4.8 洗掘

津波避難タワーは、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場合は、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。津波避難タワーでは、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の採用が望まれる。

(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。

(3) 洗掘深の想定

FEMA ガイドライン (FEMA : アメリカ合衆国連邦 緊急事態管理庁) を用いて最大浸水深から最大洗掘深を想定する。(津波防災地域づくりに係る技術検討報告書 H24 年 1 月 27 日においても同ガイドラインを引用している。)

表 4-19 浸水深に対する洗掘深さの比率

Table 7-1 Approximate Scour Depth as a Percentage of Flow Depth, <i>d</i> (Dames and Moore, 1980)			
Soil Type	Scour depth (% of <i>d</i>) (Shoreline Distance < 300 feet)		Scour depth (% of <i>d</i>) (Shoreline Distance > 300 feet)
	Loose sand	緩い砂	80
Dense sand	締まった砂	50	35
Soft silt	柔らかいシルト	50	25
Stiff silt	固いシルト	25	15
Soft clay	柔らかい粘土	25	15
Stiff clay	固い粘土	10	5

海岸線からの距離 < 90m
海岸線からの距離 > 90m

出典 : Guidelines for Design of Structures for Vertical Evacuation from Tsunami FEMA P646/ June2008 P96 表 7-1 抜粋

(例) 海岸線からの距離 90m 以上、柔らかいシルト 最大浸水深さ 10m
 最大浸水深 10m * 25% (上表より) = 洗掘深 2.5m

(4) 洗掘防止対策

基礎部の洗掘対策としては、想定される最大洗掘深を考慮し保護工（各種根固め、道路舗装工等）を行う。なお、道路舗装工の場合、簡易舗装は除く。

保護工の必要幅は、最大洗掘深を想定し、河川砂防技術基準の根固め工の必要敷設幅に係わる規定を用いて設定する。

保護工の必要幅 B は根固工敷設高と最深河床高の評価高の高低差 ΔZ を用いて以下の式より算出する。

$$B = L_n + \Delta Z / \sin \theta$$

L_n = 護岸前面の平坦幅（根固め工 1 列もしくは 2m 程度以上）（m）

θ = 河床洗掘時の斜面勾配（一般的には 30° を用いてよい）

ΔZ = 根固工敷設高から最深河床の評価高までの高低差（m）

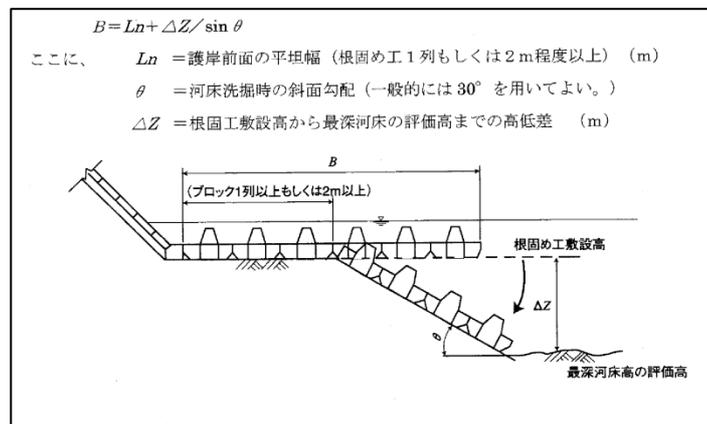


図 4-9 滑動・転倒を安定条件とする根固め工の敷設幅

出典：河川砂防技術基準設計編 第 3 章護岸 根固工 2-3-65

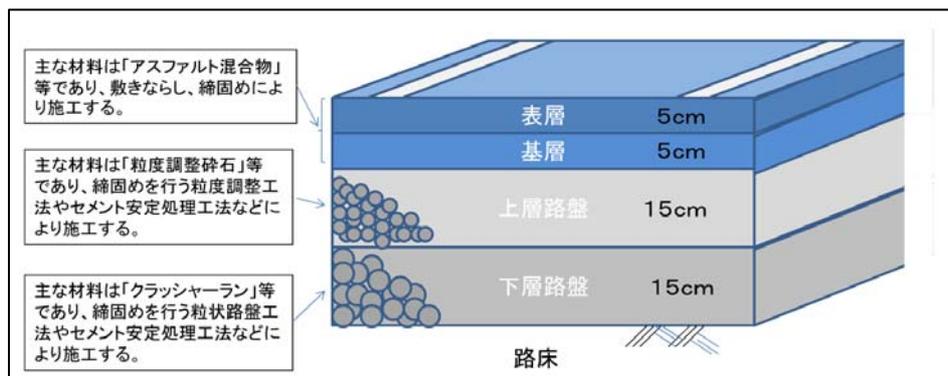


図 4-10 保護工の効果がある道路舗装工（簡易舗装は除く）

出典：津波防災地域づくりに係る技術検討報告書 H24 年 1 月 27 日

5 管理上の要件

5.1 維持管理性能の確保

津波避難タワーの供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】

みなとの津波避難タワーは、海岸線に近く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。みなとの津波避難タワーは、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、鋼材の防食対策（溶解亜鉛メッキなど）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、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。

6 津波避難施設に設置する諸設備

津波避難タワーは、津波の危険から緊急的・一時的に避難するための施設であるが、津波が終息するまでに数時間～数十時間を要することもあることから、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、津波避難施設に避難者を安全に誘導するための設備の設置を検討する必要がある。

【解説】

津波避難タワーには非常用の設備、備品などを配備しておくことが望ましい。ただし、各みなとの津波避難計画との整合を図り、その必要性について十分検討を行う。

設備や備品を配備する場合は、それらによる建築確認（計画通知）の必要性を確認すること。

(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。

- ① 非常用の照明
- ② 冬期の暖房
- ③ 各種電気・通信機器類の充電

(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、戸別受信機、ラジオ等を配備しておくことが望ましい。

(3) 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、一時避難を目的とし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。

(4) 誘導設備

津波避難タワーに避難者を安全に誘導するために、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、当該地に従事する外国人に対応した表示を行うことが望ましい。

(5) 避雷設備

津波避難タワーが高さ 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。

(6) 意匠・景観への配慮

平常時に展望台として開放する場合など、津波避難以外の用途で利用されるタワーについては、意匠や周りとの景観に配慮する。

7 建築確認（計画通知）

設計する津波避難タワーが、建築物もしくは建築確認（計画通知）が必要となる工作物に該当する場合は、計画の通知書を建築主事に提出して確認を受ける必要がある。計画を変更する場合も同様である。

【解説】

静岡県の所管行政庁（県と建築主事を置く市（建築基準法の特定行政庁））は、表 7-1 となっている。

確認のための通知書は、該当する建築主事に従い、必要な書類を提出する。

表 7-1 静岡県の所管行政庁

区域	建築基準法第 6 条第 1 項	
	第 1～3 号建築物	第 4 号建築物
特定行政庁（静岡市、浜松市、沼津市、富士市、富士宮市、焼津市）の区域	当該特定行政庁	
限定特定行政庁（伊東市、三島市、御殿場市、裾野市、島田市、藤枝市、磐田市、袋井市、掛川市、湖西市）の区域	県	当該限定特定行政庁
その他の区域	県	

8 巻末資料

各みなとの代表地点における参考値

- ・ 位置図
- ・ 避難開始時間
- ・ 昇降高さ（津波避難タワーの避難スペース高さ）
- ・ 昇降時間
- ・ 津波到達予想時間
- ・ 水平方向の避難にかけられる時間
- ・ 避難可能距離