

3. 津波防護施設の整備候補箇所の抽出

3. 1 津波防護施設の概要

(1) 津波防護施設について

津波防災地域づくり法、政令、技術的助言(2)の内容を踏まえて、津波防護施設における管理者、対象施設等について表-3.1.1 に、津波防護施設に関する設置目的、機能、作用、性能について表-3.1.2 にそれぞれ示す。

表-3.1.1 津波防護施設の管理者、対象施設等

項目	内容
管理者 (新設、改良、管理)	都道府県知事（管理について都道府県知事が指定したものは市町村長管理）
対象施設	盛土構造物、護岸、胸壁、閘門 (対象外施設：海岸保全施設、港湾施設、漁港施設、河川管理施設、保安施設事業に係る施設、指定津波防護施設)
整備（新設、改良）にあたっての条件等	<ul style="list-style-type: none"> ・(市町村が作成する) 推進計画区域内において、推進計画に即して行う。 ・市町村は、推進計画のうち津波防護施設の事項については管理者が作成する案に基づいて定める。 ・市町村は、必要があると認めるときは、管理者に対し、(上記の) 案の作成に当たり、津波防災地域づくりを総合的に推進する観点から配慮すべき事項を申し出ることができる。 ・(上記の) 申出を受けた管理者は、当該申出を尊重するものとする。 ・技術上の基準は、国土交通省令で定める基準を参酌して都道府県（市町村管理の場合は市町村）の条例で定める。

表-3.1.2 津波防護施設に関する設置目的、機能、作用、性能等

項目	技術的助言(2)の内容
目的	最大クラスの津波に対して人的災害の防止又は軽減
機能	内陸部において背後の市街地への津波による浸水を防止する機能
作用	津波、地震 ※水圧、漂流物による振動及び衝撃も含まれる。
目的達成性能	<p>所定（上記）の機能が発揮されるよう、適切な（上記の）目的達成性能を有する</p> <p>[照査]・目的を達成するための性能は、原則として天端高又は閘門のゲートの閉鎖時における上端の高さ（以下「天端高等」という。）により評価</p> <p>・地震動の作用により地盤等の沈下が想定される場合はその予測量を考慮</p>
安全性能	<p>上記の作用に対して安全な構造とする</p> <p>[照査]・津波や地震力等の作用に対して安全な構造とする</p> <p>・津波の流れにより、盛土構造物の法面の侵食、法尻洗掘による法面崩壊並びに胸壁の基礎地盤の洗掘が発生する可能性があることから、津波の継続時間や法面の植生の状況等を十分に考慮し、護岸設置や洗掘対策の必要性を照査する。（※注：文献3）、文献19) 参照）</p>
経済性	設計に当たっては、コスト縮減を図る
維持管理の容易性	所定の機能及び要求性能を確保するために適切な維持管理が行えるよう考慮する

(2) 整備の考え方について

津波防災地域づくり法では、表-3.1.1 に示すとおり、市町村から津波防災地域づくりを総合的に推進する観点から配慮すべき事項の申出がある場合、津波防護施設の案を作成する管理者（都道府県）は当該申出を尊重することとなっている。

また、基本指針では、津波防護施設に関する整備の考え方として次のように記載されている。

- ・津波防護施設は、ソフト施策との組み合わせによる津波防災地域づくり全体の将来的なあり方の中で、当該施設により浸水の拡大が防止される区域・整備効果等を十分に検討した上で、地域の選択として、市町村が定める推進計画に位置づけ整備する必要がある。
- ・（津波防護施設は）発生頻度が低い津波に対応するものであるため、後背地の状況等を踏まえ、道路・鉄道等の施設を活用できる場合に、当該施設管理者の協力を得ながら、これらの施設を活用して小規模盛土や閘門を設置するなど効率的に整備し一体的に管理していくことが適当である。

これらをまとめると、

- ・津波防災地域づくりの将来像から考慮すべき地域・施設を把握する作業（3.2.1に対応）
- ・浸水防止・軽減効果を有する既存の盛土構造物等の情報を把握する作業（3.2.2に対応）
- ・施設幅や施設高の観点から効率的な整備であるかを把握する作業（3.2.3に対応）

が、津波防護施設の整備候補箇所の抽出の考え方となる。

以上の内容を踏まえ、津波防護施設の整備に関するフロー図を図-3.1.1 に示す。

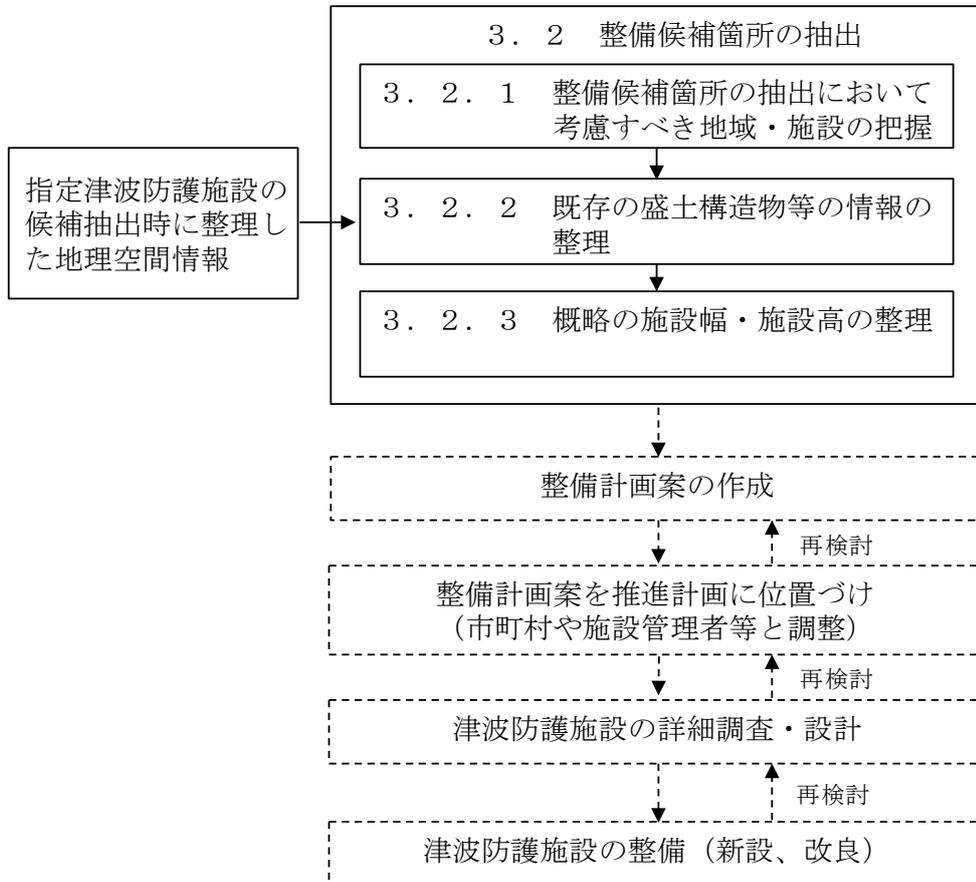


図-3.1.1 津波防護施設の整備に関するフロー図

3. 2 整備候補箇所の抽出

3. 2. 1 整備候補箇所の抽出において考慮すべき地域・施設の把握

最大クラスの津波に対して浸水の防止が必要な区域は、津波防災地域づくり全体の中で検討されるべきものであり、あらかじめ市町村における避難困難地域や防災拠点、要配慮者利用施設（以下、「避難困難地域等」という。）の立地等を把握し、津波防護施設の整備候補箇所の抽出の参考とする必要がある。市町村から津波防災地域づくり法に基づく配慮事項の申出がない場合でも、例えば、「津波防災地域づくり推進計画作成ガイドライン」（2018年4月改訂）⁵⁾に記載されている、市町村が推進計画を検討する際に作成する「課題図」（図-3.2.1 参照）を見ることで、避難困難地域等を把握することが可能である。



図-3.2.1 推進計画における課題図の一例（出典：文献5）

3. 2. 2 既存の盛土構造物等の情報の整理

(1) 避難困難地域等に近接した既存の盛土構造物等の情報の整理

3. 2. 1で把握した避難困難地域等の位置に近接した既存の盛土構造物等の情報を整理する。例えば、既存の盛土構造物等を活用して津波防護施設を設置する場合、**図-3.2.2**のように、浸水が防止される区域内に避難困難地域や防災拠点があれば整備効果が高い可能性がある。また、**図-3.2.3**のように、津波防護施設の設置位置よりも海側に防災拠点や要配慮者利用施設が立地している場合でも、浸水が防止される区域の創出によって、これら施設の移転場所を確保できる可能性がある。しかし、**図-3.2.4**のように避難困難地域等から離れた場所で津波防護施設を設置した場合、課題解決に至らず整備効果が低い可能性がある。よって、避難困難地域等に近接した既存の盛土構造物等の情報を収集することが重要である。

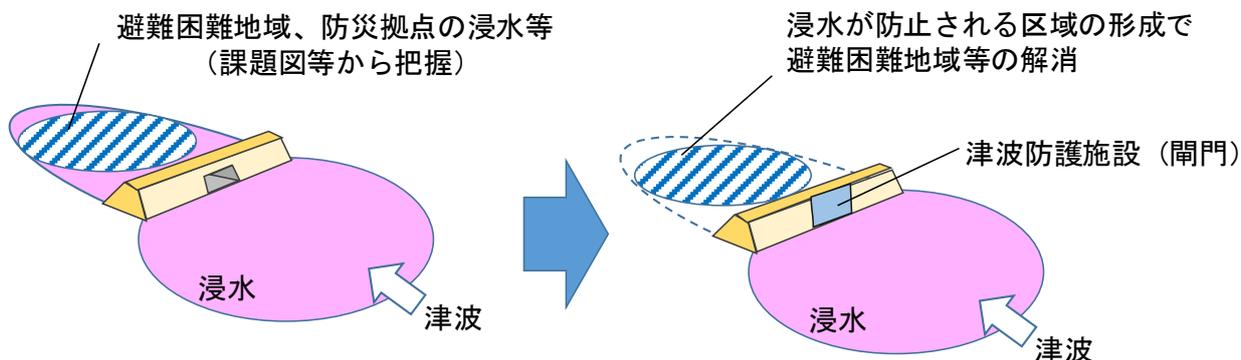


図-3.2.2 盛土構造物を活用した津波防護施設のイメージ(1)

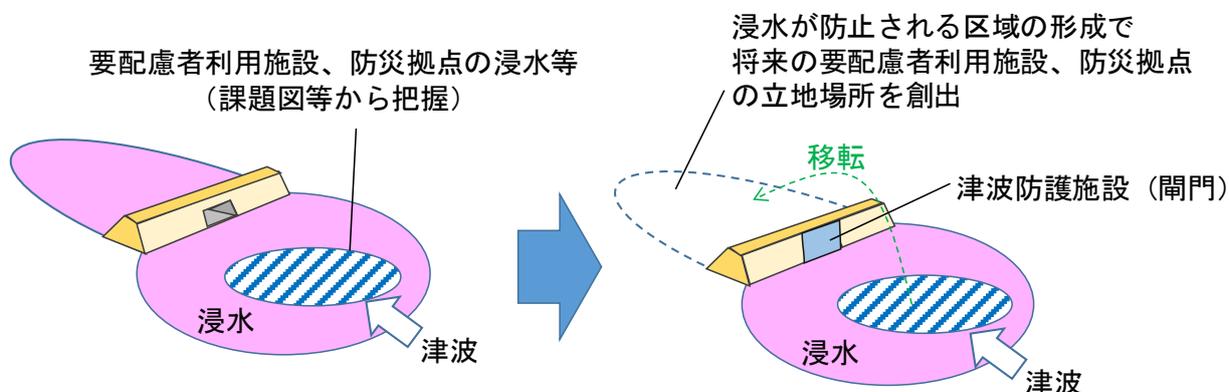


図-3.2.3 盛土構造物を活用した津波防護施設のイメージ(2)

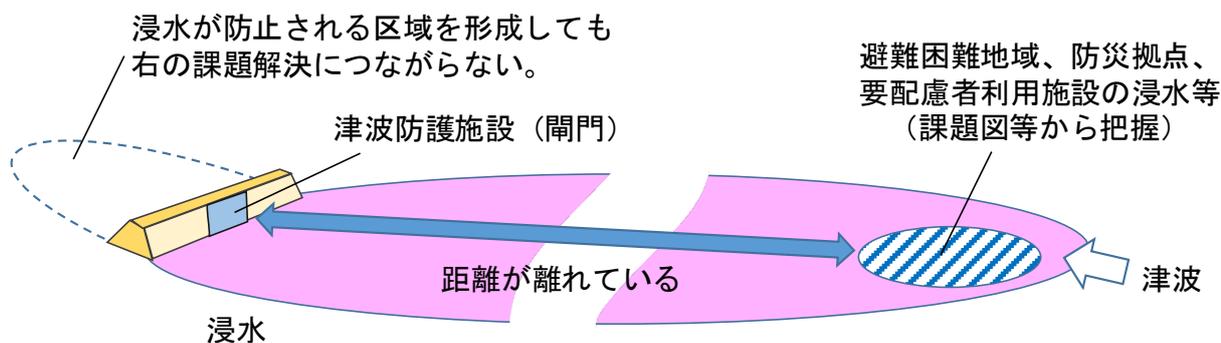


図-3.2.4 盛土構造物を活用した津波防護施設のイメージ(3)

既存の盛土構造物等の情報については、指定津波防護施設の候補抽出時に整理した地理空間情報が参考になる。2.2で示した地理空間情報（津波範囲端部の浸水深図・津波水位図、津波水位の傾斜角図、指定対象外施設の情報）によって、津波に対して減災効果を有する既存の盛土構造物等の把握や、表-3.1.1に示した整備対象外施設の把握ができる。

(2) 盛土構造物の新設により浸水が防止される区域の形成が可能な地形の把握

3.2.2の(1)の作業の結果、避難困難地域等に近接して既存の盛土構造物等が無い場合でも、図-3.2.5のように谷底平野がある場合、盛土構造物の新設によって浸水が防止される区域を創出できる可能性がある。特に、山地に挟まれ、平野の幅がその周囲に比べて縮小しているように見える場所を「平野の縮小部」と定義すると、平野の縮小部では山地が近接しているため、盛土構造物の新設延長が短くなり、効率的に浸水が防止される区域を創出できる可能性がある。

このような平野の縮小部の把握には、陰影起伏図から目視で抽出する方法や、横山ら(1999)²²⁾の研究に基づく指標である地上開度を用いた方法がある。地上開度とは、対象地点から探索距離の範囲内で見える空の広さを表し、図-3.2.6及び式(3.2.1)に示すように方位別の地上角を平均して算出する。

$$\Phi = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \varphi_n \quad (3.2.1)$$

ここで、 Φ は地上開度(°)、 φ_n は方位 n の地上角(°)、 N は計算対象の方位の総数

探索距離の範囲内に山地がほとんど無い平野部では地上開度は90°に近い値となるが、平野の縮小部では地上開度は小さくなる。

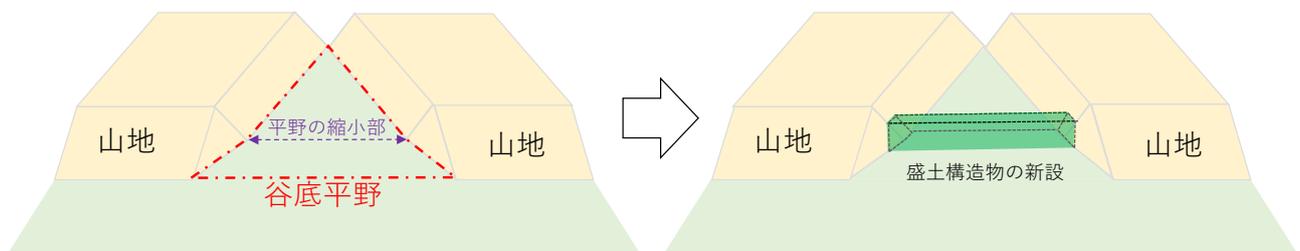


図-3.2.5 平野の縮小部のイメージ

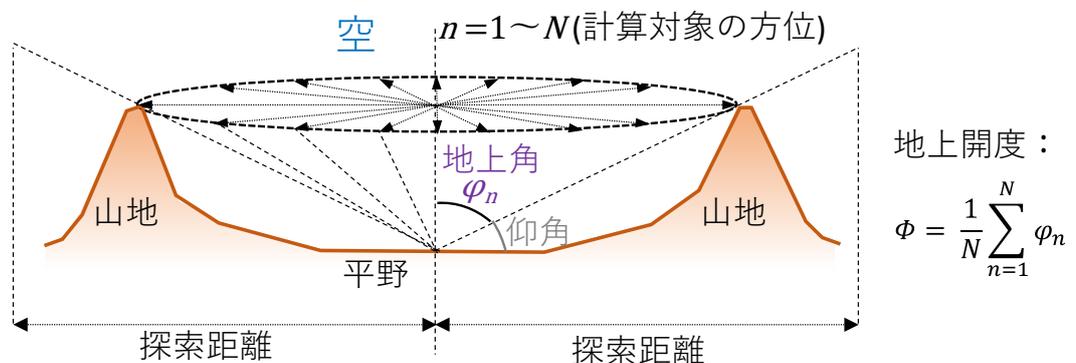


図-3.2.6 地上開度の概念図

図-3.2.7 は平野の縮小部の陰影起伏図の例であり、平野の縮小部を視覚的に把握できる一方、目視による判定が必要なことや、陰となっている部分の地形が不明瞭となる課題がある。図-3.2.8 は、図-3.2.7 と同じ位置で地上開度図（16 方位の地上角の平均値）を作成したものである。地上開度を色分け表示すれば山地の近接の度合い（平野の縮小部）を数値的に把握できる。例えば、図-3.2.7 では陰影起伏図の目視の判読から平野の縮小部と思われる部分に点線 A～H を付しているが、図-3.2.8 で確認すると、地上開度の色分けから、大きく 2 つのグループ（探索距離 2000 m（図-3.2.8 の左図）の地上開度の場合、点線 A, B, D, F, H：概ね 82.5～87.5°，点線 C, E, G：概ね 80.0～82.5°）に分類できる。点線 C, E, G のグループは山地に近接しているため盛土構造物を設置しても背後の浸水を防止できる範囲が限定される。一方、点線 A, B, D, F, H のグループは探索距離 250 m（図-3.2.8 の右図）で整理すると地上開度 87.5° を境にして、点線 A, D と点線 B, F, H の 2 つのグループに分類できる。ここで、探索距離を変化させているのは、横山ら²²⁾が探索距離を 5000 m と 500 m の 2 種類の地上開度図を作成し、前者では尾根や谷等の巨視的な地形特徴を抽出し、後者では微地形等の微視的な地形特徴を抽出できると述べていることを踏まえたものであり、対象地域によって地形特徴は異なることから、適宜、探索距離を変化させて対象地域に適した探索距離を設定する必要がある。

このように、地上開度は数値情報であるため計算機による自動処理が可能であり、平野の縮小部を把握する方法としては、陰影起伏図を用いた目視による判定に比べて、地上開度を用いた計算処理の場合、広範囲を短時間で、平野の縮小部の探索及び分類できることが期待される。なお、図-3.2.8 の 16 方位平均値の地上開度図の場合、平野が広がる方位（地上開度 90°）が多い位置では地上開度が 90° に近づき、近接する山地との関係が強調されない場合があることから、図-3.2.9 のように 16 方位のうち地上角が小さい順に上位 8 方位の平均値を用いた地上開度図を作成する方法もある。

陰影起伏図や地上開度図によって収集した平野の縮小部に関する情報については、既存の盛土構造物等の情報の整理で示した図-3.2.2～図-3.2.4 のように避難困難地域等に近接しているか否かで整理することが重要である。

（3）洪水・内水氾濫時の排水への支障、土砂災害危険箇所の把握

津波防護施設の整備にあたっては、技術的助言(2)では「洪水時・内水氾濫時を考慮し、排水等に支障がないようにすること」とされている。また、津波を生じさせる地震によって土砂災害が発生する可能性がある箇所は津波防護施設が破壊する恐れがあり、整備候補箇所としては適さない。このため、ハザードマップ等から洪水・内水の浸水想定区域や土砂災害危険箇所・土砂災害警戒区域をあらかじめ把握する必要がある。

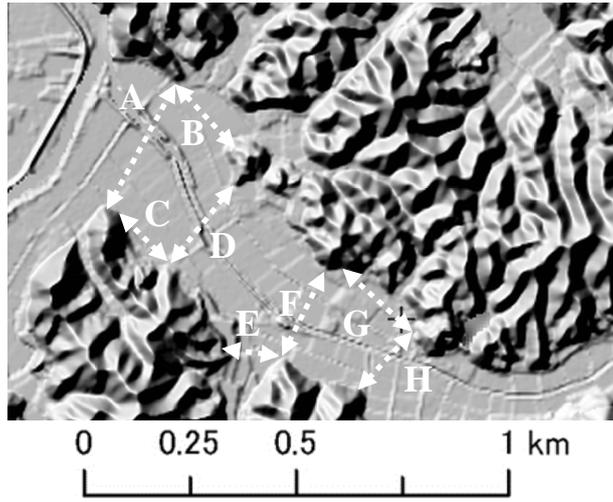


図-3.2.7 平野の縮小部の陰影起伏図の例

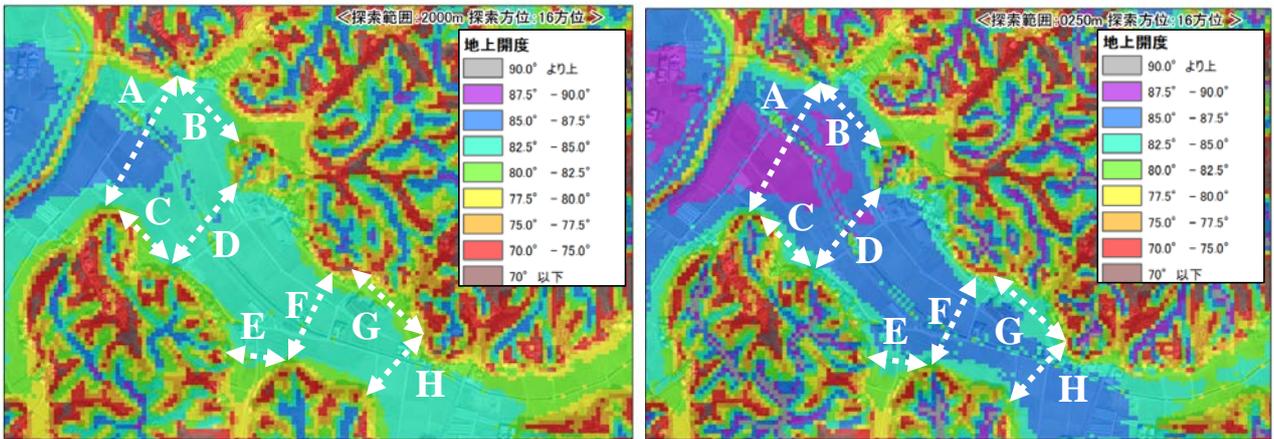


図-3.2.8 地上開度図（16方位の地上角の平均値）の例
 (図-3.2.7 と同じ位置、探索距離：(左図) 2000 m , (右図) 250 m)

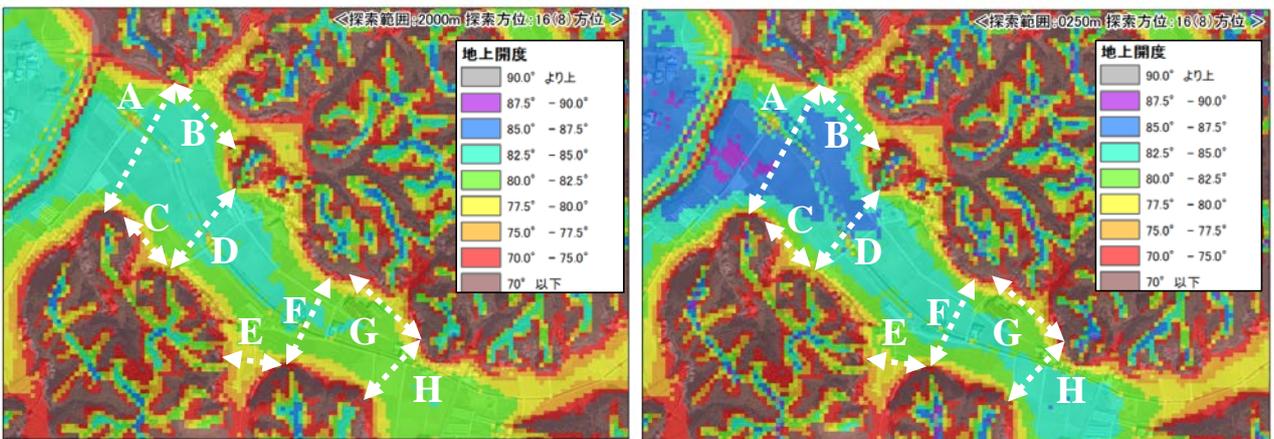


図-3.2.9 地上開度図（16方位のうち地上角の小さい順に上位8方位の平均値）の例
 (図-3.2.7 と同じ位置、探索距離：(左図) 2000 m , (右図) 250 m)

3. 2. 3 概略の施設幅・施設高の整理

3. 2. 2で整理した既存の盛土構造物等や地形の情報をもとに、津波防護施設の概略の施設幅・施設高を検討し、津波防護施設の整備候補箇所の情報（位置、概略の施設幅、施設高）として整理する。

(1) 概略の施設幅の検討

2. 2. 1で示した浸水範囲端部の浸水深図・津波水位図を活用した津波防護施設の整備候補箇所における概略の施設幅の検討方法を図-3.2.10に示す。浸水範囲端部の浸水深図・津波水位図で把握した既存の盛土構造物等及びその周囲で、

- ・部分的に天端高が低い箇所
- ・盛土構造物等にある開口部
- ・既存の盛土構造物等の延長が短く、隣接して開口部がある箇所

を抽出し、これらの箇所の地形形状から概略の施設幅を検討する。

また、2. 2. 2で示した津波水位の傾斜角図を活用した概略の施設幅の検討方法を図-3.2.11に示す。津波水位の傾斜角が大きい箇所は越流水深が小さく津波防護施設の整備候補箇所となる可能性があるため、当該箇所の地形形状から概略の施設幅を検討する。その際、既存の盛土構造物等の延長が短く、隣接して開口部がある箇所では津波水位の傾斜角が小さい場合もあるため、図-3.2.11に示すように津波の浸入を防止できる一連の区間を概略の施設幅として検討することが必要である。

3. 2. 2の(2)で示した陰影起伏図や地上開度図から把握した平野の縮小部については、当該平野の縮小部の幅を概略の施設幅として検討する。

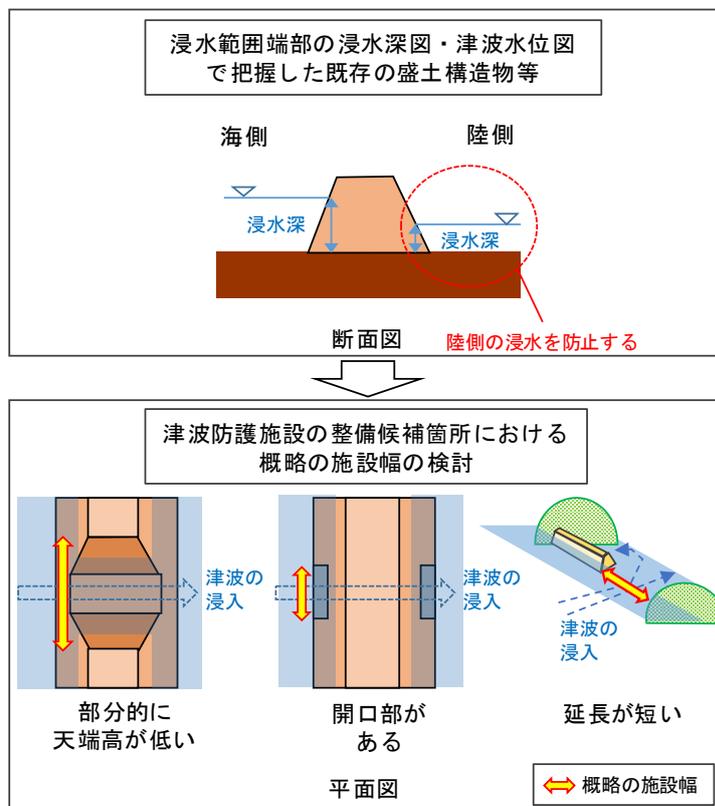


図-3.2.10 浸水範囲端部の浸水深図・津波水位図を活用した概略の施設幅の検討イメージ

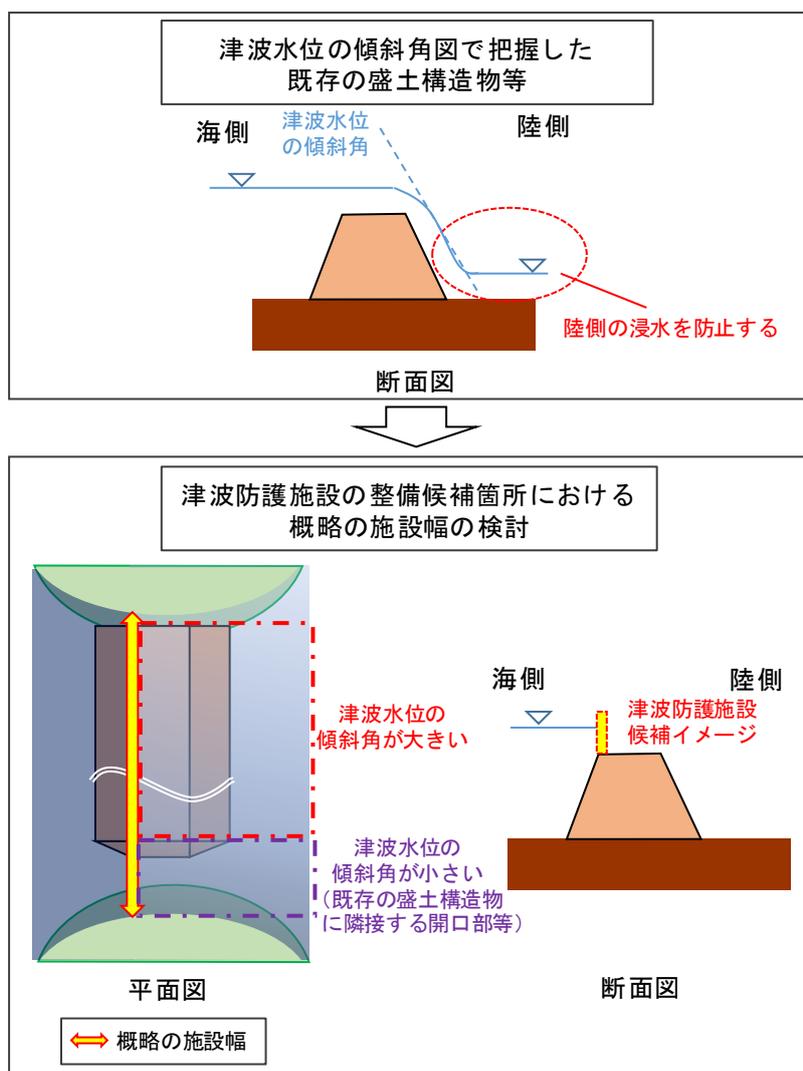


図-3.2.11 津波水位の傾斜角図を活用した概略の施設幅の検討イメージ

(2) 概略の施設高の検討

上記3. 2. 3 (1) で概略の施設幅を検討した箇所について、概略の施設高の検討を行う。

概略の施設高の検討にあたっては、省令第18条にて、「天端高は、津波浸水想定に定める水深に係る水位に盛土構造物への衝突による津波の水位の上昇等を考慮して必要と認められる値を加えた値以上とする」とあることから、当該値を推定する必要がある。例えば、「海岸保全施設の技術上の基準・同解説（2018年8月）」¹⁹⁾では、津波防護施設と同様に線的構造物である胸壁に働く津波波圧の作用高さの算定式（図-3.2.12 及び式(3.2.2)～(3.2.4)参照）が示されており、当該式から求められる津波波圧の作用高さ h_c を概略の施設高の目安として用いることが考えられる。当該式中の最大浸水深 η_{max} 、水平流速 \bar{U} には、津波浸水想定の設定の際に算出された浸水深データと流速データを入力すればよい。

$$h_c = \max\{3, \alpha\}\eta_{max} \quad (3.2.2)$$

$$\alpha = 1.0 + 1.35Fr^2 \quad (3.2.3)$$

$$Fr = \frac{\bar{U}}{\sqrt{g\eta_{max}}} \quad (3.2.4)$$

ここで、 h_c は津波波圧の作用高さ（地表面基準）、 η_{\max} は最大浸水深、 \bar{U} は水平流速、 g は重力加速度、フルード数 Fr は $0.0 \leq Fr \leq 1.5$ の範囲。

式 (3.2.2) は海岸付近に設置された胸壁を対象としたものであり、安全側を見て水深係数 α の下限値を 3 としているが、津波防護施設の設置位置が海岸線から相当程度離れた内陸側に位置し、既存の津波浸水シミュレーションの流速データで見ても水深係数 α が 3 を大きく下回ることが明らかである場合は、下限値を設けずに式 (3.2.3) の値をそのまま用いることも考えられる。なお、式 (3.2.3) については、津波防災地域づくり法第 53 条第 2 項の「基準水位」の算定式⁴⁾とは異なることに注意が必要である。

津波防護施設の設置位置が、最大クラスの津波発生時において広域地盤沈下の恐れがある場合には、当該広域地盤沈下量を考慮して、施設高を設定する必要がある。広域地盤沈下量は津波浸水想定の設定に係る津波浸水シミュレーションの過程で算出されるものを用いる。また、広域の地盤変動で陸側の隆起が想定される場合は、「津波浸水想定の設定の手引き Ver.2.10 (2019 年 4 月)⁴⁾」と同様に、万が一、隆起しなかった際の危険性を踏まえて隆起は考慮しないこととする必要がある。

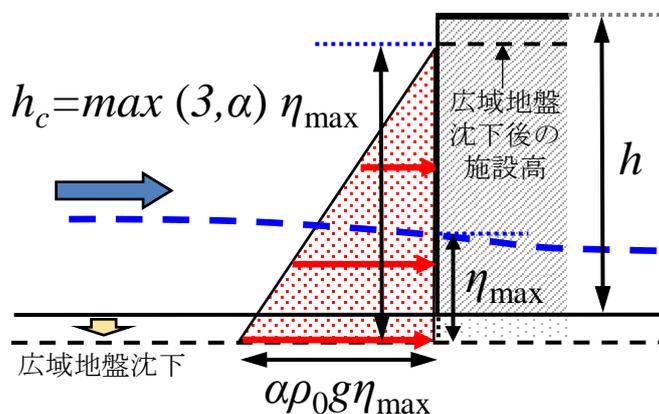


図-3.2.12 津波波圧の作用高さ h_c と津波防護施設の概略の施設高 h の概念図