

## 1. はじめに

### 1. 1 本資料の位置づけ

平成 23 年 3 月の東北地方太平洋沖地震では、東北地方の太平洋沿岸を中心に、津波による浸水被害が生じ、堤防等の海岸保全施設も多く被災した。その災害復旧においては、数十年から百数十年に一度程度来襲すると考えられる津波を海岸保全施設の設計対象に用いることが「設計津波の水位の設定方法等について」（平成 23 年 7 月 8 日海岸省庁課長通知）により明確化され、その設計津波の水位を超える津波が越流しても堤防等が粘り強く効果を発揮することが「海岸堤防等の粘り強い構造及び耐震対策」（平成 23 年 12 月 15 日海岸省庁課長通知）により求められた。

国土交通省国土技術政策総合研究所では、東北地方太平洋沖地震の発生直後から海岸堤防の被災機構について調査するとともに、津波が越流しても粘り強く減災効果を発揮する海岸堤防の構造について研究を行ってきた。それらの成果は、国総研資料 No.646、国総研技術速報 No.1 及び No.3、国総研プロジェクト研究報告第 52 号、土木学会論文集（鳩貝ら；2012、加藤ら；2013、2014）等で順次発表してきたところである。

本資料は、津波が海岸堤防を越流することによって生じる水理現象と海岸堤防の破壊現象、及びそれに対する構造上の工夫の要点をまとめたものである。そのとりまとめにあたっては、「「海岸保全施設の技術上の基準について」の一部改正について」（平成 27 年 2 月 2 日海岸省庁局長通知）に記載された海岸堤防の粘り強い構造に関する規定との整合を図りつつ、これまでに発表した成果をもとに、海岸堤防の粘り強い構造の理解を容易にすることを意識した。

本資料では、2 章において津波越流によって生じる水理現象と堤防の破壊現象を説明し、3 章において構造上の工夫の考え方と要点を示し、4 章に全体の概要をまとめている。

## 1. 2 粘り強い構造の定義とその効果

平成 23 年に発生した東日本大震災の以前においては、海岸堤防の天端高は設計津波の水位等をふまえて設定することは規定されていたが、設計津波を超える津波が越流した状態での海岸堤防の機能や要求性能は定められていなかった。東日本大震災において、設計津波を超える津波が海岸堤防を越流することにより多くの海岸堤防が被災し、また、背後地に甚大な被害が発生した。

中央防災会議「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」は、津波対策を構築するにあたって、海岸堤防等の構造物により人命・財産を守ることを目指す比較的頻度の高い津波と、避難等のソフト対策を軸に何としても命を守ることを目指す最大クラスの津波の 2 つを想定すること、あわせて、海岸堤防等の施設については、設計を上回る津波に対しても粘り強く効果を発揮する技術開発を行い、整備を進めることを平成 23 年 7 月に提言した。

その提言を受けて、海岸関係省庁が設置した「海岸における津波対策検討委員会」は、比較的頻度の高い津波を数十年から百数十年に一度程度の頻度で到達すると想定される津波とし、その津波が海岸堤防を乗り越えて堤内地側へ侵入しないことを条件とした津波シミュレーションを行う等により算出された水位を設計津波の水位として設定することを提言した。また、設計津波を上回る津波に対して海岸堤防等の施設を粘り強い構造とすることで期待する効果を以下のように示した（海岸における津波対策検討委員会、2011）。

海岸堤防の粘り強い構造の基本的な考え方は、津波が越流した場合であっても、以下のいずれかもしくは両方の効果を発揮するよう構造上の工夫を施すものである。

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

また、海岸堤防の粘り強い構造により施設の効果が粘り強く発揮された場合には、以下に示す効果が期待される。

- ・浸水までの時間を遅らせることにより避難のためのリードタイムを長くする効果
- ・浸水量が減ることにより浸水面積や浸水深を低減し、浸水被害を軽減する効果、第 2 波以降の被害を軽減する効果
- ・施設が全壊に至らず、一部残存した場合には、迅速な復旧が可能となり二次災害のリスクが減る効果や、復旧費用を低減する効果
- ・今次津波においては、堤防が残存した箇所では侵食（砂浜幅の減少）が殆ど見られなかった事例も確認されており、海岸地形を保全する効果

平成 26 年に改正された海岸法では、津波、高潮等により海水が当該堤防を越えて侵入した場合にこれによる被害を軽減するため、当該堤防と一体的に設置された根固工又は樹林

を含めて海岸保全施設と規定された。また、海岸法改正後に改められた「海岸保全区域等にかかる海岸の保全に関する基本的な方針」（平成 27 年 2 月 2 日農林水産・国土交通省告示第一号）では、以下のような方針が示された。

- ・海岸保全施設の整備に当たっては、背後地の状況を考慮しつつ、津波、高潮等から海水の侵入又は海水による侵食を防止するとともに、海水が堤防等を越流した場合にも背後地の被害が軽減されるものとする。
- ・背後地の状況等を考慮して、設計の対象を超える津波、高潮等の作用に対して施設の損傷等を軽減するため、粘り強い構造の堤防、胸壁及び津波防波堤の整備を推進する。

以上のことをふまえ、本資料では、背後地の被害軽減を目的とした、堤防の損傷等を軽減する機能を有する構造を「粘り強い構造」として取り扱い、設計津波を超える津波の作用に対して海岸堤防を粘り強い構造とするための要点をまとめることとする。また、海岸堤防にはさまざまな型式のものがあるが、本資料では、**図-1.2.1**のような台形断面の土堤の表面が被覆された傾斜堤を主に対象とする。

注：「海岸保全施設の技術上の基準について」の一部改正について」（平成 27 年 2 月 2 日海岸省庁局長通知）における「根固工」は、「海岸保全施設の技術上の基準・同解説」（海岸保全施設技術研究会編、平成 16 年 3 月）における基礎工（表法先に設置するもの）、根固工（表法先に設置するもの）、または根留工（裏法尻に設置するもの）に相当する。これらの混同を避けるため、本資料では、「海岸保全施設の技術上の基準・同解説」に沿って、**図-1.2.1**に示す表記で統一する。

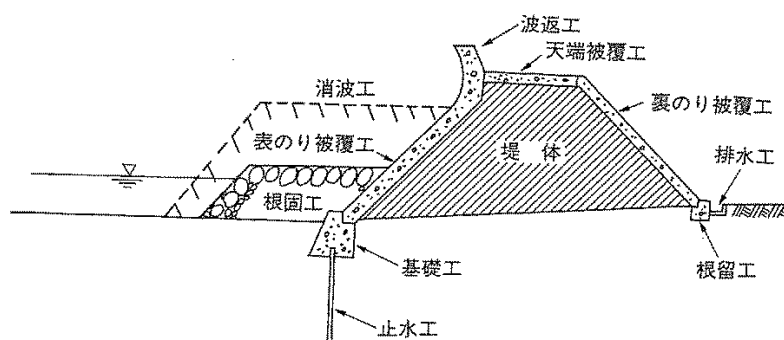


図-1.2.1 堤防の各部分の名称

## 参考

「「海岸保全施設の技術上の基準について」の一部改正について」（平成27年2月2日海岸省庁局長通知）における堤防の規定（下線部は粘り強い構造に関する部分）。

### 3. 2 堤防

#### 3. 2. 1 目的と機能

堤防は、海岸背後にある人命、資産を高潮、波浪及び津波から防護するとともに、陸域の侵食を防止することを目的として設置される海岸保全施設である。

堤防は、設計高潮位の海水若しくは設計波又は設計津波の作用に対して、高潮若しくは津波による海水の侵入を防止する機能、波浪による越波を減少させる機能、若しくは海水による侵食を防止する機能のいずれかの機能又は全ての機能を有するものとする。

これらの機能に加えて、当該堤防の背後地の状況等を考慮して、設計高潮位を超える潮位の海水若しくは設計波を超える波浪又は設計津波を超える津波の作用に対して、当該堤防の損傷等を軽減する機能を有するものとする。

#### 3. 2. 2 設計の方針

設計高潮位の海水若しくは設計波又は設計津波の作用に対して所定の機能が発揮されるよう、堤防の型式、天端高、天端幅、法勾配及び法線を定めるものとする。

また、設計高潮位を超える潮位の海水若しくは設計波を超える波浪又は設計津波を超える津波の作用に対して所定の機能が発揮されるよう、堤防の型式、天端幅及び法勾配（根固工にあっては型式、幅及び厚さ、樹林にあっては樹種並びに盛土の幅及び厚さ）を適切に定めるものとする。

#### 3. 2. 3 要求性能

堤防は、所定の機能が発揮されるよう、適切な性能を有するものとする。また、堤防は、設計高潮位以下の潮位の海水、設計波、設計津波、設計の対象とする地震及びその他の作用に対して安全な構造とするものとする。

さらに、設計高潮位を超える潮位の海水若しくは設計波を超える波浪又は設計津波を超える津波の作用に対して、背後地の状況等を考慮して、当該堤防の損傷等を軽減する構造とするものとする。

#### 3. 2. 4 照査において考慮すべき条件

堤防の構造型式や構造諸元の決定に当たり考慮すべき条件は以下のとおりとする。

- (1) 自然条件
  - a) 潮位
  - b) 波浪

- c) 津波
- d) 流れ
- e) 漂砂
- f) 海底地形及び海浜地形
- g) 地盤
- h) 地震

(2) その他の条件

- a) 背後地の重要度
- b) 海岸の環境
- c) 海岸の利用及び利用者の安全
- d) 船舶航行条件
- e) 施工条件

3. 2. 5 目的達成性能の照査

堤防の設置目的を達成するための性能は、原則として天端高、表法勾配、天端幅、裏法勾配、根固工の型式、幅及び厚さ、樹林の樹種並びに盛土の幅及び厚さの組合せにより評価するものとする。

性能の照査に当たっては、当該海岸における設計潮位、設計波、設計津波等を適切に設定し、波のうちあげ高若しくは越波流量又は設計津波の水位（堤防によるせり上がりを考慮した津波高さ）が所定の値（うちあげ高にあつては天端高、越波流量にあつては許容越波流量、設計津波の水位にあつては地震後の天端高）を上回らないことを確認するものとする。

また、当該堤防における設計高潮位を超える潮位の海水若しくは設計波を超える波浪又は設計津波を超える津波の作用に対する所定の性能の照査に当たっては、当該堤防の損傷等を軽減する機能を有していることを確認するものとする。

照査手法は、信頼性のある適切な手法を用いるものとする。

3. 2. 6 安全性能の照査

堤防は、波力、地震力、土圧等の作用に対して安全な構造とするものとするとともに透水をできるだけ抑制し得るものとする。安全性能の照査では、信頼性のある適切な手法を用いるものとする。

ただし、構造の細目については実績のある適切な例を参考にして設定することができるものとする。