

海岸堤防（盛土を含む構造）の耐震性能照査に関する技術資料

1. 総説

1. 1 本資料の位置づけ

本資料は、海岸保全施設の技術上の基準に沿って、海岸保全施設のうち盛土を含む構造の海岸堤防について耐震性能照査を実施する際の方法等についてまとめた技術資料である。

解説

平成 27(2015)年 2 月 2 日付海岸省庁通知「「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」¹⁾では、レベル 1 地震動、レベル 2 地震動に加え、新たに設計津波を生じさせる地震の地震動に対する耐震性能が追加された。

また、平成 27(2015)年 8 月 31 日海岸省庁事務連絡「海岸堤防の設計に当たって準用する技術書の基本的な考え方について」²⁾では、

- ・コンクリートを主要材料とする構造：漁港施設、港湾施設に用いる技術書の準用を基本
- ・盛土を含む構造：河川堤防の設計に用いる技術書の準用を基本
- ・「海岸保全施設の技術上の基準・同解説」（平成 16(2004)年 6 月）については、上記の基準の一部改正及び事務連絡の内容を含めて、最近の知見等を適切に反映して用いる

等が示されている。本資料は、上記の経緯を踏まえ、盛土を含む構造の海岸堤防について、海岸管理者が耐震性能照査を実施する際の方法等についてまとめたものである。

「海岸保全施設の技術上の基準」のうち、「施設が所要の耐震性能を満足することを適切に照査すること」が地方自治法第 245 条の 9 第 1 項に規定する法定受託事務の処理基準となっているが、耐震性能や照査基準、設計震度、設計入力地震動等の内容については、地方自治法第 245 条の 4 第 1 項に規定する技術的な助言となっている。本資料は、盛土を含む構造の海岸堤防の耐震性能照査を実施する海岸管理者の支援を目的として、技術的な助言の内容についての解説（考え方、一般的な方法等）をまとめたものである。

本資料は、枠囲みと解説から構成されている。枠囲みは、主に「海岸保全施設の技術上の基準」のうち技術的な助言の内容であるが、分かりやすさの観点から内容の一部を図表で整理し、処理基準の文章、河川堤防の設計で用いる技術書から準用した設計震度も記載している。解説は、枠囲みについての考え方や一般的な方法等を記載している。

なお、地形・地盤等の基礎調査や概略の耐震点検については、「海岸保全施設耐震点検マ

マニュアル【堤防・護岸・胸壁編】（平成7(1995)年4月 農林水産省・水産庁・運輸省・建設省）」³⁾が既にあるが、本資料は同マニュアルで対象外となっている詳細調査のうち、盛土を含む構造の海岸堤防に関する事項にあたるものである。

また、「海岸保全施設の技術上の基準」の基本は「性能規定」であり、対象海岸における地域特性や最新の技術的知見を踏まえ、本技術資料で記載された内容以外の手法で耐震性能照査を行うことが適切な場合には、これにより耐震性能照査を行うことができる。

本資料のとりまとめにあたっては、下記の委員による勉強会を設置し、ご助言を頂いた。ここに深甚なる謝意を表す。

(学識経験者)

井合 進 京都大学防災研究所教授
一井 康二 広島大学大学院工学研究院 社会環境空間部門准教授
安田 進 東京電機大学 副学長、理工学部教授

(関係機関)

片岡 正次郎 国土技術政策総合研究所 道路地震防災研究室長
佐々木 哲也 国立研究開発法人土木研究所 土質・振動チーム上席研究員

※敬称略、五十音順

(2017年3月時点)

1. 2 盛土を含む構造の海岸堤防における耐震性能照査の考え方

地震の作用を考慮する必要がある盛土を含む構造の海岸堤防については、堤防の機能及び構造、堤防背後地の重要度、地盤高等を考慮して、当該堤防が下記の所要の耐震性能を満足することを適切に照査するものとする。

表-1.2.1 地震動毎に満たすべき耐震性能

地震動	耐震性能
レベル1地震動 (堤防の供用期間中に1～2度発生する確率を有する地震動)	所要の構造の安全を確保し、かつ、海岸保全施設の機能を損なわない
設計津波を生じさせる地震の地震動	設計津波を生じさせる地震がレベル1地震動を超える強度の場合においても、これに対して生じる被害が軽微であり、かつ、地震後に来襲する津波に対して所要の構造の安全を確保するとともに海岸保全施設の機能を損なわない
レベル2地震動 (現在から将来にわたって当該地点で考えられる最大級の強さを持つ地震動)	生じる被害が軽微であり、かつ、地震後の速やかな機能の回復が可能 (より高い耐震性能が必要と判断されるもののみ)

解説

上記は、「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(2015)年 2月 2日）¹⁾（以下、「技術上の基準」という）の「2. 10. 2 海岸保全施設の耐震性能」における地震に関する規定である。本規定に関連して、堤防に関する設置目的、機能、作用、性能（目的達成性能、安全性能）について、「海岸保全施設の技術上の基準・同解説（平成 16(2004)年）6月」⁴⁾で既に解説されているものを表-1.2.2 に示す。

表-1.2.2 堤防に関する設置目的、機能、作用、性能⁴⁾

項目	基準・同解説の内容（抜粋）
設置目的	<ul style="list-style-type: none"> ・海岸背後にある人命・資産を高潮、津波及び波浪から防護する ・陸域の侵食を防護する
機能	<ul style="list-style-type: none"> ・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 ・海水による侵食を防止する機能 （これらの機能に加え、堤防の損傷等を軽減する機能） } いずれか又は全ての機能
作用	（海岸保全施設全般）高潮、波浪、地震、津波等 ※水圧、土圧、風圧等も含まれる
目的達成性能	所定の機能が発揮されるよう適切な性能を有する [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、裏法勾配等の組合せにより評価。
安全性能	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 [照査]波力、地震力、土圧等の作用に対して安全な構造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

また、「土木・建築にかかる設計の基本（平成14(2002)年10月 国土交通省）」⁵⁾における「基本的要求性能」と「限界状態」を以下に示す。

（「土木・建築にかかる設計の基本」⁵⁾における「基本的要求性能」）

設計においては、設計対象とする構造物の設計供用期間を定め、設定した期間において以下の(1)～(3)の基本的要求性能を確保することを基本とする。

- (1) 想定した作用に対して構造物内外の人命の安全性等を確保する（安全性）。
- (2) 想定した作用に対して構造物の機能を適切に確保する（使用性）。
- (3) 必要な場合には、想定した作用に対して適用可能な技術でかつ妥当な経費および期間の範囲で修復を行うことで継続的な使用を可能とする（修復性）。

安全性の概念は「人の安全」を基本とし、ここでは、人為的に建設され、通常は無人の構造物の崩壊を防止することも安全性の概念に含め、「構造物内外の人命の安全性等」としている。

（「土木・建築にかかる設計の基本」⁵⁾における「限界状態」）

表-1.2.3 限界状態

終局限界状態（安全性）	想定される作用により生ずることが予測される破壊や大変形等に対して、構造物の安定性が損なわれず、その内外の人命に対する安全性等を確保しうる限界の状態
使用限界状態（使用性）	想定される作用により生ずることが予測される応答に対して、構造物の設置目的を達成するための機能が確保される限界の状態
修復限界状態（修復性）	想定される作用により生ずることが予測される損傷に対して、適用可能な技術でかつ妥当な経費及び期間の範囲で修復を行えば、構造物の継続使用を可能とすることができる限界の状態

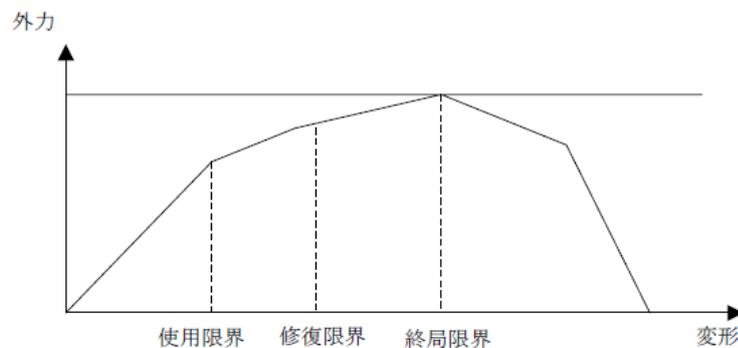


図-1.2.1 各限界状態のイメージ（出典：「土木・建築にかかる設計の基本」⁵⁾）

また、海岸堤防における限界状態の設定の参考として、井合ら（2003）⁶⁾、「道路土工 盛土工指針（平成 22(2010)年 日本道路協会）」⁷⁾における要求性能（許容被害程度）と限界状態の考え方を示す。

表-1.2.4 要求性能（許容被害程度）と限界状態の整理例

土構造物の許容被害程度（注1）			道路土工 盛土工指針	
許容被害程度	構造被害(直接被害)	機能被害(間接被害)	要求性能	盛土の限界状態
被害程度Ⅰ： 使用可能	無被害ないし 軽微な被害	機能維持ないし 軽微な機能低下	性能 1	想定する作用によって生じる盛土の変形・損傷が盛土の機能を確保でき得る限界の状態
被害程度Ⅱ： 補修可能	限定被害 (限定された塑性応答ないし残留変位)	短時間の機能停止(短期間の応急復旧完了までの機能喪失)	性能 2	想定する作用によって生じる盛土の変形・損傷が修復を容易に行い得る限界の状態
被害程度Ⅲ： 非崩壊限界	著しい被害 (崩壊はしない)	長期間の機能停止ないし機能喪失	性能 3	想定する作用によって生じる盛土の変形・損傷が隣接する施設等への甚大な影響を防止し得る限界の状態
被害程度Ⅳ 崩壊	機能喪失		—	—

注1) 井合 進, 菅野高弘, 一井康二: 耐震性能設計に向けて, 土と基礎 51-2 (541), 2003 ⁶⁾

なお、「土木構造物の耐震性能と耐震設計法等に関する第3次提言（平成 12(2000)年 土木学会）」⁸⁾では、「レベル1 地震動に対して、基本的にはいずれの新設構造物においても「無被害レベル」の耐震性能を要請することは、現時点での技術的及び社会経済的条件を前提としたシビルミニマムの要求と見なされる」とあることから、表-1.2.4のうち、「無被害」とあるのは、レベル1地震動が対象となるものと考えられる。

表-1.2.1～表-1.2.4、図-1.2.1 を踏まえ、盛土を含む構造の海岸堤防における耐震性能を表-1.2.5、限界状態を表-1.2.6、図-1.2.2 に示す。

表-1.2.5 地震動毎の耐震性能の整理

地震動と性能ランク	安全性能	目的達成性能
レベル1 地震動 (性能1)	所要の構造の安全を確保 →地震力の作用に対して 無被害(災害復旧を要しない範囲の変位含む)	海岸堤防の機能を損なわない ・海水侵入防止機能(高潮・津波) ・越波減少機能(波浪) ・侵食防止機能
設計津波を生じさせる地震の地震動 (性能1')	地震後に来襲する津波(設計津波)に対して所要の構造の安全を確保 →被害が軽微 (津波の作用に対する海岸堤防の安定性や右記の機能を損なわない範囲の変位:使用限界)	地震後に来襲する津波(設計津波)に対して海岸堤防の機能を損なわない →海水侵入防止機能(津波に限定)
レベル2 地震動 (性能2)	(より高い耐震性能が必要と判断されるもののみ) 被害が軽微 (右記の速やかな機能の回復が可能な範囲の変位:修復限界)	(より高い耐震性能が必要と判断されるもののみ) 地震後の速やかな機能の回復が可能
※参考 レベル2 地震動 (性能3)	(より高い耐震性能を必要としないもの) 基準の範疇外 ※地震動によっては、変位が終局限界を超える場合(隣接する施設等への甚大な影響を及ぼす崩壊)あり。	(より高い耐震性能を必要としないもの) 基準の範疇外

表-1.2.6 盛土を含む構造の海岸堤防における地震力の作用に対する限界状態

要求性能	限界状態	
	安全性（安全性能）の観点	使用性、修復性（目的達成性能）の観点
性能1	・地震力の作用に対して無被害（災害復旧を要しない範囲の変位含む）である状態	・地震力の作用に対して海岸堤防の機能（海水侵入防止機能、越波減少機能、侵食防止機能）を損なわない状態
性能1'	・地震力の作用に対して被害が軽微な状態	・地震後に来襲する津波（設計津波）に対して海岸堤防の機能（海水侵入防止機能）を損なわない状態
性能2	・地震力の作用に対して被害が軽微な状態	・地震後の速やかな機能の回復が可能な状態（常時の潮位変化による越流が生じない）
性能3	・地震力の作用によって生じる海岸堤防の変形・損傷が隣接する施設等への甚大な影響を防止し得る限界の状態	・復旧は可能だが、長期の機能停止、機能喪失となる状態（常時の潮位変化による越流が生じない）

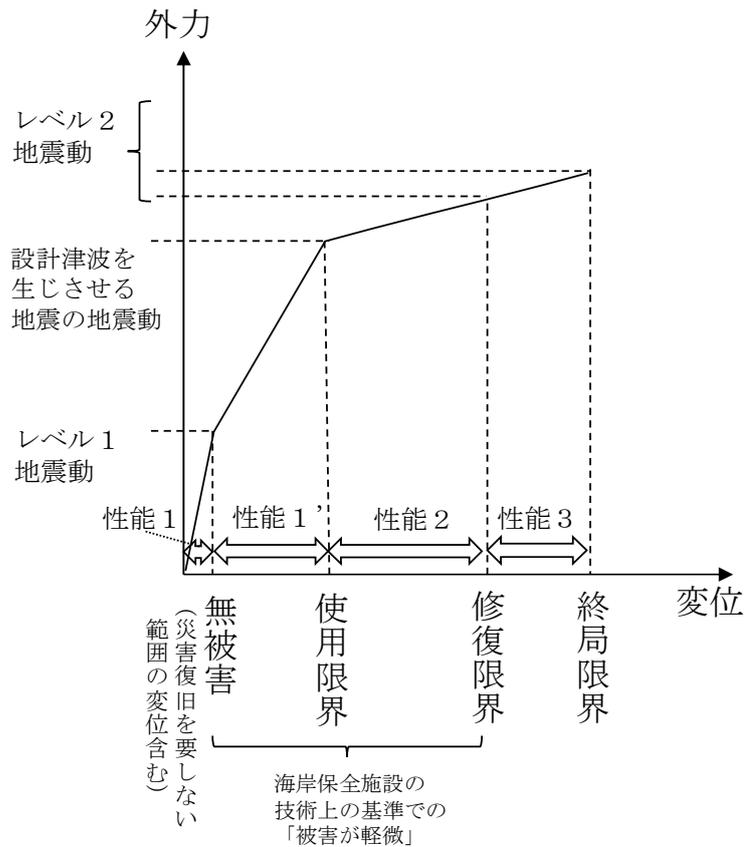


図-1.2.2 盛土を含む構造の海岸堤防における限界状態のイメージ

1. 3 盛土を含む構造の海岸堤防における耐震性能照査の流れ

盛土を含む構造の海岸堤防における耐震性能照査は、下図の流れで行うこととする。

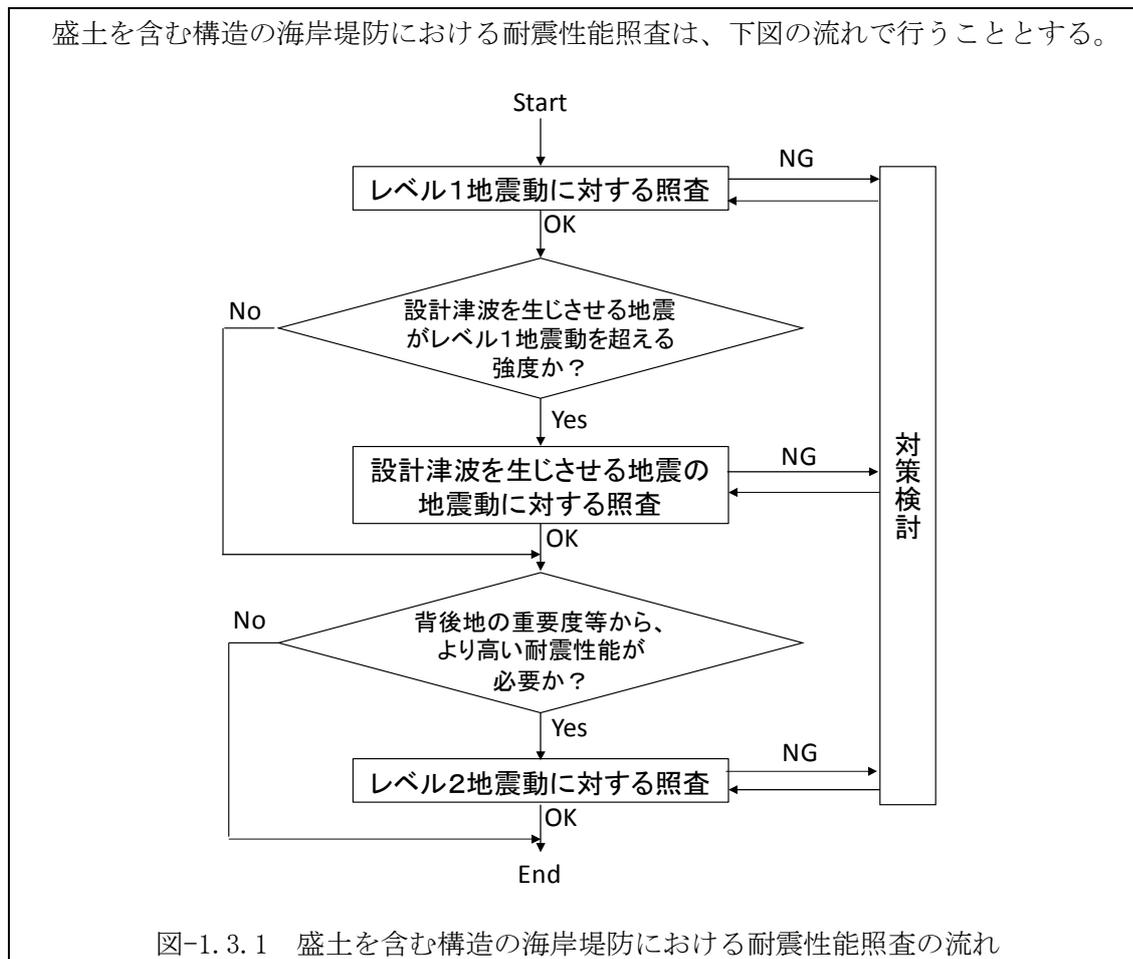


図-1. 3. 1 盛土を含む構造の海岸堤防における耐震性能照査の流れ

解説

上図は、「技術上の基準」の「2. 10. 2 海岸保全施設の耐震性能」に基づき記載している。レベル1地震動、設計津波を生じさせる地震の地震動については耐震性能照査が必須であるが、レベル2地震動については背後地の重要度等からより高い耐震性能が必要な場合に限定されるため、上図の流れとなっている。

また、照査対象となる海岸堤防によって、考慮すべき地震動のレベルは異なるため、図-1. 3. 1 のフロー図のように各地震動レベルに応じて対策を検討し、再度照査を行う必要がある。検討過程で当初想定していた対策が変更となれば、再度レベル1地震動の段階に戻って図-1. 3. 1 のフロー図に従い再度照査が必要である。

なお、「河川堤防の液状化対策の手引き（平成 28(2016)年 3 月 土木研究所資料第 4332 号）」⁹⁾では、レベル1地震動で設計した河川堤防が東日本大震災ではほとんど被災しなかったことを踏まえ、レベル1地震動に対して対策工の諸元を決め、当該対策工でレベル2地震動による照査を行うという2段階設計法を採用しており、図-1. 3. 1 の検討の流れは河川堤防における対策工での手法とも基本的に整合している。