

修士設計

景観に配慮した防潮堤設計

～桂浜から種崎千松公園までの浦戸湾を対象として～

Design of aesthetic seawalls

: A case study on Katsurahama, Tanezaki Senshou Park and
Urado bay

高知工科大学大学院
工学研究科基盤工学専攻

見玉 翔

2018年3月

平成 29 年度 修士設計

景観に配慮した防潮堤設計

～桂浜から種崎千松公園までの浦戸湾を対象として～

高知工科大学大学院

工学研究科基盤工学専攻 社会システム工学コース

重山研究室 1205096

児玉 翔

指導教員 重山 陽一郎 教授

副指導教員 渡辺 菊真 准教授

論文要旨

現在高知県では、南海トラフ大地震・津波に備え、海岸保全施設の整備が進められている。しかし、東北の復興事例を見てみると、非常に圧迫感のある構造物や、表面的な分節化しかされておらず、存在感のある構造物が多く作られている。

高知県においても、このような海岸保全施設の整備が行われることはおおいに考えられる。しかし、高知市の浦戸湾では、設計範囲内に観光資源である桂浜、種崎千松公園が含まれており、この場所に東北のような防潮堤を設置することはふさわしくないといえる。

そこで、高知県浦戸湾における海岸保全施設の整備計画をもとに、景観に配慮した防潮堤の設計を行う。

Abstract

In Kochi, seawalls will be built within a few years preparing for Nankai Trough megathrust Earthquakes. However, case example of seawalls in Tohoku cause very oppressive feeling.

Similar seawalls will not be harmony with the scenery of Katsurahama and Tanezaki Senshou Park, because Katsurahama is the best known sightseeing area, and Tanezaki Senshou Park is beautiful beach.

Therefore, I design aesthetic seawalls which have enough height, strength and less oppression. And I propose design guidelines of seawalls in Urado bay.

目次

論文要旨

図目次

II

表目次

1. はじめに	1
1.1 背景	1
1.2 目的	1
2. 高知県浦戸湾における海岸保全施設の整備計画	2
2.1 高知県浦戸湾における海岸保全施設の現状	2
2.2 浦戸湾における海岸保全施設の整備計画	2
第2章 引用・参考文献	6
3. 種崎千松公園について	7
3.1. 種崎千松公園の現況	7
3.1.1. 利用状況	7
3.1.2. 防潮堤の現況	7
3.1.3. 周辺施設等について	9
3.2. 計画について	10
3.2.1. 設計津波と防潮堤必要高の設定	10
3.2.2. 周辺防潮堤計画	10
3.3. 設計方針	11
3.4. 設計内容	12
3.4.1. 構造検討	12
3.4.2. 防潮堤水平線の分節化	13
3.4.3. 身障者用駐車場の嵩上げ検討	14
3.4.4. 様々な形式を組み合わせた防潮堤	16
第3章 引用・参考文献	21
4. 桂浜の防潮堤設計	22
4.1. 桂浜の現状	22
4.1.1. 桂浜防潮堤の現況	22
4.1.2. 周辺施設について	24
4.2. 桂浜整備計画	24
4.2.1 防潮堤必要高の設定	24
4.2.2 賑わい拠点整備計画	25
4.3. 設計方針	28

4.4.	設計内容	28
4.4.1.	構造検討	28
4.4.2.	線形検討	29
4.4.3.	東浜側防潮堤における施設と一体的な防潮堤デザイン	30
4.4.4.	階段部における分節化	31
第4章 引用・参考文献		33
5.	湾口ボトルネックについて	34
5.1.	湾口ボトルネックについて	34
5.2.	設計方針	34
5.3.	設計内容	35
5.3.1.	ボトルネックの線形の検討	35
第5章 引用・参考文献		39
6.	浦戸湾一周について	40
6.1	浦戸湾一周の現状について	40
6.1.1.	防潮堤現況と計画について	41
6.1.2.	階段、陸閘調査	42
6.2.	設計方針	43
6.3.	設計内容	44
6.3.1.	階段デザイン	44
6.3.2.	構造計算	46
6.3.3.	概略積算	47
第6章 引用・参考文献		50
7.	総括	51
7.1	本設計のまとめ	51

図目次

図 1-1	東北における圧迫感のある防潮堤.....	1
図 2-1	三重防護のイメージ.....	2
図 2-2	第2、第3ラインの整備範囲.....	3
図 2-3	高知県における地域海岸の設定.....	4
図 2-4	防潮堤必要高の設定.....	5
図 3-1	現況の海岸保全施設の配置.....	7
図 3-2	現況の防潮堤断面図.....	7
図 3-3	埋没した海岸保全施設（左）、南に位置する直立型の防潮堤（右）.....	8
図 3-4	海岸保全施設周辺の津波避難箇所.....	9
図 3-5	現況の防潮堤（左）、壁を立ち上げた場合の防潮堤（右）.....	10
図 3-6	三里地区において計画されている防潮堤断面.....	10
図 3-7	コンセプトダイアグラム.....	11
図 3-8	種崎千松公園における設計範囲.....	12
図 3-9	構造形式ごとの配置計画.....	12
図 3-10	盛り土+セメント改良構造（左）、自立鋼管矢板構造（右）.....	13
図 3-11	水平線の分節化についてのコンセプトダイアグラム.....	13
図 3-12	スロープ配置検討.....	14
図 3-13	身障者用駐車場の嵩上げ検討.....	15
図 3-14	丘のような防潮堤配置図.....	16
図 3-15	丘のような防潮堤パース.....	16
図 3-16	景観に配慮されていない時の壁式防潮堤.....	16
図 3-17	壁式防潮堤の植樹・盛り土による圧迫感の軽減.....	16
図 3-18	四角階段パース.....	17
図 3-19	四角階段断面図.....	17
図 3-20	四角階段平面図.....	17
図 3-21	円形階段平面図.....	18
図 3-22	円形階段展望階平面図.....	18
図 3-23	円形階段断面図.....	18
図 3-24	円形階段パース.....	18
図 3-25	種崎全体平面図.....	19
図 3-26	種崎全体パース.....	20
図 4-1	桂浜防潮堤配置図.....	22
図 4-2	北側直立型防潮堤（左）、東側階段式護岸（右）.....	22
図 4-3	東浜と駐車場を隔てるフェンス.....	23

図 4-4	桂浜周辺の津波避難施設.....	24
図 4-5	桂浜賑わい拠点整備計画立面・平面図.....	25
図 4-6	桂浜公園基本計画配置図.....	26
図 4-7	桂浜賑わい拠点整備俯瞰図.....	27
図 4-8	東浜防潮堤緩傾斜防潮堤配置案（上）壁式防潮堤配置案（下）.....	28
図 4-9	東側防潮堤の線形検討.....	29
図 4-10	東浜側防潮堤俯瞰図.....	29
図 4-11	施設と一体的な防潮堤ダイアグラム.....	30
図 4-12	施設と一体的な防潮堤イメージパース.....	30
図 4-13	階段パース.....	31
図 4-14	階段平面図.....	31
図 4-15	桂浜平面図.....	32
図 5-1	ボトルネック案1.....	35
図 5-2	ボトルネック案2.....	36
図 5-3	ボトルネック案3.....	37
図 5-4	ボトルネック案4.....	38
図 6-1	高知港全域のゾーンわけについて ^[6-2]	40
図 6-2	各エリアにおける防潮堤嵩上げイメージ図.....	41
図 6-3	浦戸湾一周における陸閘プロット図.....	42
図 6-4	浦戸湾一周における階段プロット図.....	42
図 6-5	浦戸地区における現況の景観.....	43
図 6-6	浦戸地区における防潮堤嵩上げ後の景観.....	43
図 6-7	階段平面図.....	44
図 6-8	階段の模型検討.....	44
図 6-9	東北のような防潮堤を設計した時のイメージパース.....	45
図 6-10	階段部において分節化を行った時のイメージパース.....	45
図 6-11	概略積算に使用した階段デザインと防潮堤平面図.....	48

表目次

表 1	桂浜周辺の津波避難施設と避難時間.....	9
表 2	浦戸湾一周のゾーン分け.....	40
表 3	構造計算における設計条件.....	46
表 4	各階段デザインにおける積算費用一覧.....	48

第1章

はじめに

1. はじめに

1.1 背景

現在現在高知県では、今後起こりうる南海トラフ大地震に備え、海岸保全施設の整備が行われている。この対象範囲の中には、高知県の有数の観光地である桂浜、種崎千松公園も含まれている。ここで東北の復興事例を見てみると、表面的な分節化しかされておらず、圧迫感のある構造物が多く作られている。

桂浜や種崎千松公園のような高知県における有数の観光地である場所に東北で多く作られているような圧迫感のある防潮堤はふさわしくないといえる。そこで高知県浦戸湾における海岸保全施設の整備計画をもとに、景観に配慮した防潮堤の設計を行う。



図 1-1 東北における圧迫感のある防潮堤

1.2 目的

東北の復興事業では、圧迫感のある防潮堤が多く作られてきた。今回、浦戸湾における防潮堤設計では、公園や施設と一体的な設計を行うことで防潮堤の圧迫感を軽減し、防潮堤に新しい価値を見出すことを目指すとともに、今後行われていく浦戸湾における海岸保全施設の整備計画に基づいたデザインを提案することを目的とする。

第2章

高知県浦戸湾における海岸保全施設の整備計画

2. 高知県浦戸湾における海岸保全施設の整備計画

2.1 高知県浦戸湾における海岸保全施設の現状

浦戸湾背後には海拔 0 メートル地帯が約 700ha に渡って広がっている。また建設後 40 年以上経過した海岸保全施設が多く、老朽化による防護機能の低下が顕著になっている。南海トラフを震源とする地震が発生した場合、高知市内には 2m 程度の広域地盤沈下が発生するとともに、液状化により防潮堤等の倒壊・沈下が想定される。そのため、その後来襲する津波により広範囲かつ長期的な浸水被害が予想される。[2-2]

2.2 浦戸湾における海岸保全施設の整備計画

高知港海岸、直轄海岸保全施設整備事業資料によると、高知市の中心部は浦戸湾奥部に位置するという地理的特性を踏まえ、第 1 ライン：第一線防波堤、第 2 ライン：湾口地区津波防波堤・外縁部堤防等、第 3 ライン：浦戸湾地区 内部護岸等の 3 ラインでの対策による「三重防護」による対策が進められている。

この対策により、発生頻度の高い津波（レベル 1 津波）に対しては堤内地の浸水を防護し、レベル 1 津波を超える津波（最大クラスの津波（レベル 2 津波）を含む）に対しては浸水範囲及び浸水深を減少させるとともに、浸水するまでの時間を遅らせることを目指している。[2-2]



図 2-1 三重防護のイメージ

事業期間は平成28年度から平成43年度にかけて行われる。整備内容として、

- ・第1ライン：港湾施設
- ・第2ライン及び第3ライン：海岸保全施設
 - ・津波防波堤 230m、水門 3基、陸閘 1基
 - ・堤防（改良） 5,498m ・護岸（改良） 15,401m
 - ・胸壁（改良） 8,105m ・陸閘（改良） 99基

を対象に整備が行われる。

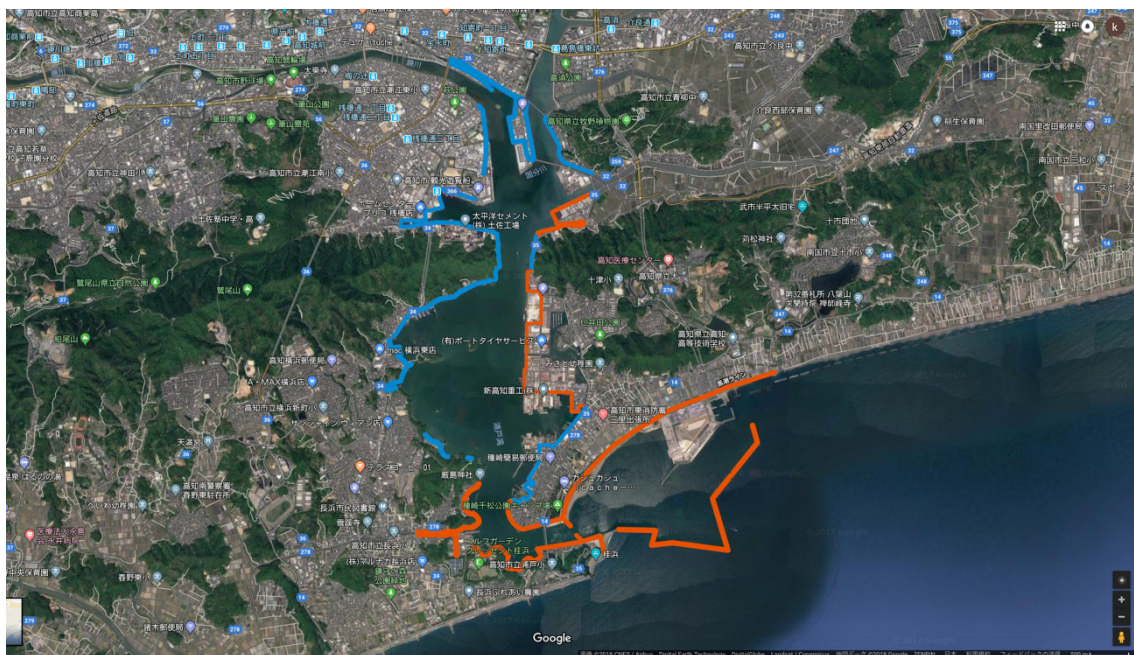


図 2-2 第2、第3ラインの整備範囲

第2、第3ラインの整備では、護岸等の嵩上げや変位量に応じた地盤改良により、発生頻度の高い津波（レベル1津波）に対して、背後地の津波の侵入を許さない整備が実施される。また、レベル1津波を超える津波に対して、施設が防護効果を発揮できるように、粘り強い構造への補強を実施される。

防潮堤必要高について

防潮堤の必要高は、設計津波高さに加え、地盤沈降量と余裕高を考慮する必要がある。

地盤沈降量は現在ボーリング調査が行なわれている最中であり、昭和南海地震の際の地盤沈降量が約1.2mであったことから、本設計では1.5mと仮定する。

また、防潮堤余裕高については、堤防天端高さの設定における若干の不確実性を考慮して設定され、背後地の社会的、経済的重要性を一つの目安として設定される。高度の安全性を要する場合には、最大1.0m程度を限度として余裕高が適宜決定されることが多い。^[2-3]

浦戸湾は背後地に高知市の主要な施設が集中しているため、余裕高は1.0mと仮定した。

よって、浦戸湾一周における防潮堤必要高さは、各地域海岸で定められた設計津波に、地盤沈降量1.5mと余裕高1.0mを加えた高さとする。

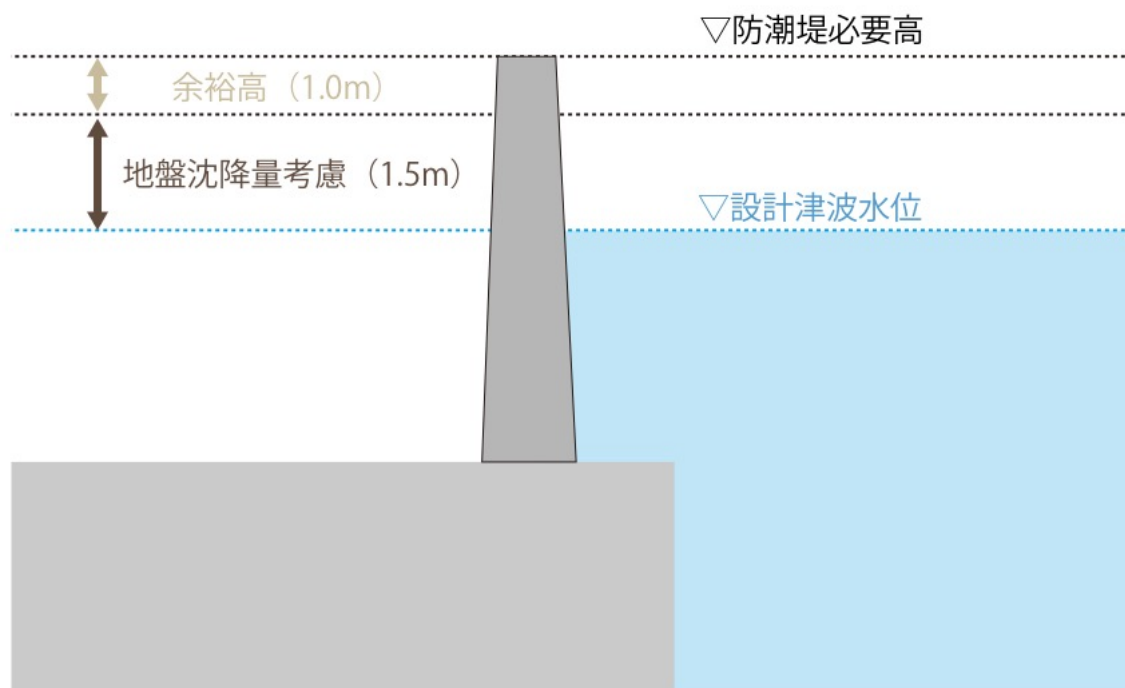


図 2-4 防潮堤必要高の設定

第2章 引用・参考文献

- [2-1] 高知県：高知県地震・津波防災技術検討委員会 資料，http://www.pref.kochi.lg.jp/soshiki/175001/files/2013111300066/2013111300066_www_pref_kochi_lg_jp_uploaded_life_96750_351786_misc.pdf 2018.1 取得
- [2-2] 国土交通省 四国地方整備局 高知港・空港整備事務所：高知港海岸直轄海岸保全施設整備事業の説明資料，2016.5 取得
- [2-3] 国土交通省：港湾の施設の技術上の基準・同解説（2007年版） ， 2007

第 3 章

種崎千松公園の防潮堤の設計

3. 種崎千松公園について

3.1. 種崎千松公園の現況

3.1.1. 利用状況

種崎海水浴場は高知市唯一の海水浴場となっており、日本白砂青松 100 選に選ばれている。また、種崎千松公園は無料のキャンプ施設となっており、夏季はキャンプ客等で賑わう。日常利用としては、主に散歩コースとして利用されており、海との距離が近いことで市民に親しまれている。

3.1.2. 防潮堤の現況

種崎千松公園に接する南側は直立型の防潮堤が整備され、東側は海岸環境整備事業で整備された公園を挟んで東西方向に2列の海岸保全施設が整備されている。^[3-1]



図 3-1 現況の海岸保全施設の配置

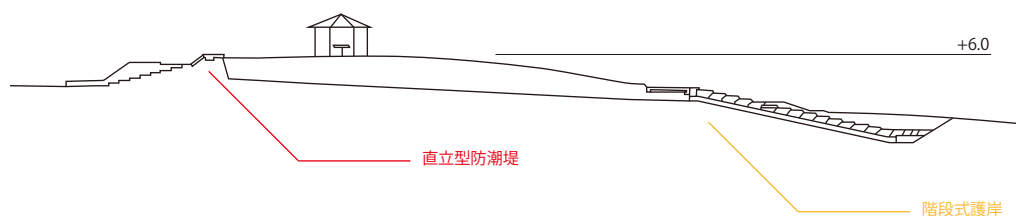


図 3-2 現況の防潮堤断面図

駐車場南側の直立型の防潮堤は高さがあることから、圧迫感のある施設となっている。一方、種崎千松公園と海岸整備事業で整備された公園との間は腰石積のある法面となっており、海岸保全施設は埋没している。また、砂浜部は海水浴場の利用を想定し、海岸護岸が整備されている。^[3-1]



図 3-3 埋没した海岸保全施設（左）、南に位置する直立型の防潮堤（右）

3.1.3. 周辺施設等について

種崎千松公園付近には二つの津波避難ビルが存在する。

種崎千松公園護岸付近からの避難距離、避難時間は以下の通りである。

表 1 桂浜周辺の津波避難施設と避難時間

津波避難ビル	距離	避難時間
貴船ノ森津波避難センター	560m	約 25 分
てくたね	390m	約 20 分

なお、高知市津波避難計画から、避難開始までの時間を 10 分、歩行速度は 0.6m/s としている。^[3-1]

また、現在は、浦戸大橋の橋台付近に橋へ登っていくためのスロープと階段が整備されているため、2つの津波避難ビルへ向かうより浦戸大橋へ逃げる方が距離が短いため、安全性が高いといえる。

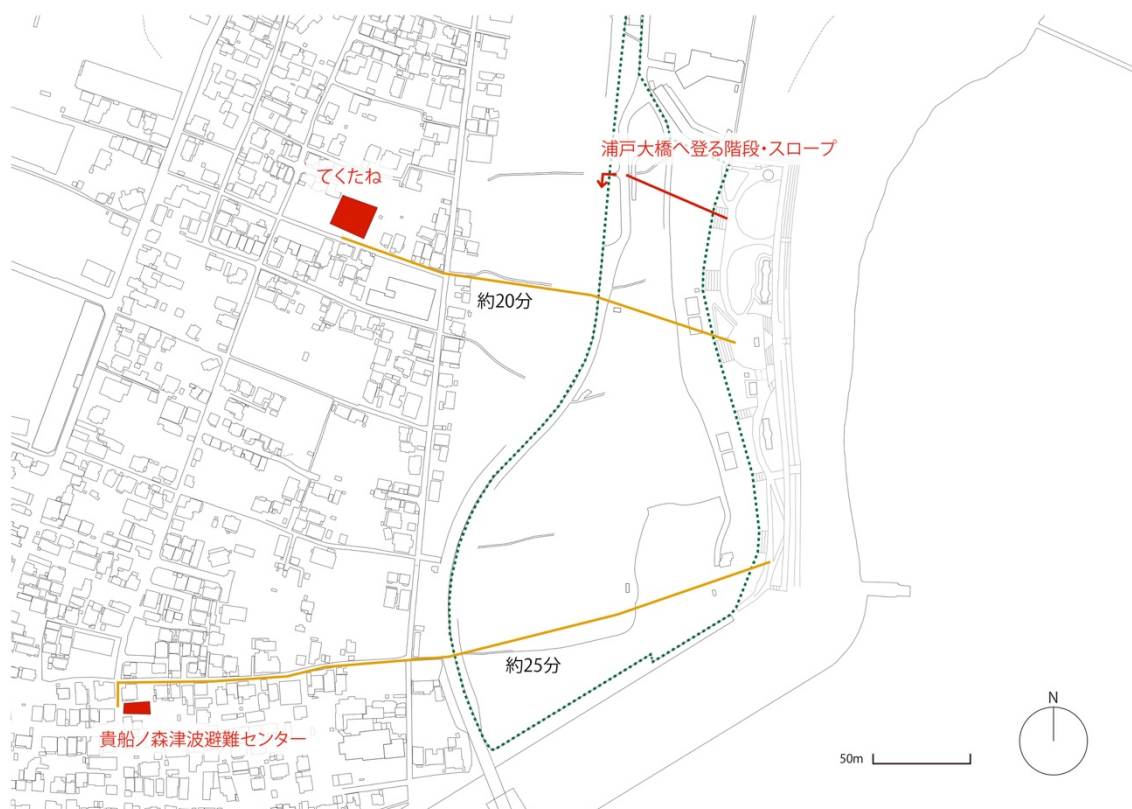


図 3-4 海岸保全施設周辺の津波避難箇所

3.2. 計画について

3.2.1. 設計津波と防潮堤必要高の設定

種崎千松公園は、高知港の中で、高知港 1 地域海岸に含まれ、設計津波は 8.9m である。
 [3-2]

ここに地盤沈降量 1.5m と余裕高 1.0m を加えることで防潮堤必要高さは、11.4m となる。
 現状の防潮堤天端高は約 6.0m であることから、約 5.0m 嵩上げされることとなる。



図 3-5 現況の防潮堤（左）、壁を立ち上げた場合の防潮堤（右）

3.2.2. 周辺防潮堤計画

種崎千松公園の北側に位置する三里地区においては平成 28 年度より地震津波対策断面が検討されている。地震対策として既存防潮堤の前面に重力式構造物を構築し、先掘防止のための鋼矢板等を施すこととしている。
 [3-3]

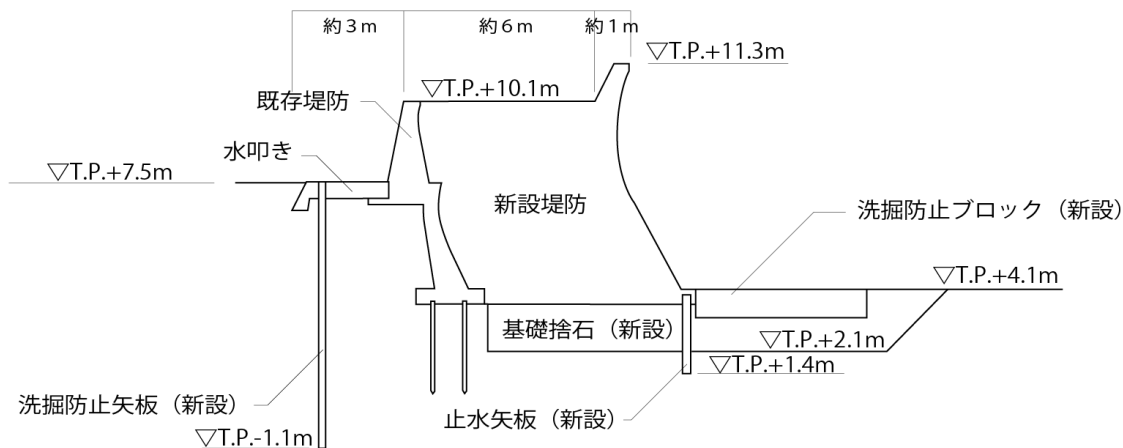


図 3-6 三里地区において計画されている防潮堤断面

(出典：種崎海岸防潮堤（三里地区）における対策検討について：国土交通省四国地方整備局)

3.3. 設計方針

種崎千松公園は高知市唯一の海水浴場であり、海を見るために訪れる地元住民、観光客が多く見られることから、海への動線を分断しないような防潮堤が必要となる。また、公園と一体的な設計を行うことによって、より圧迫感の少ない防潮堤の提案を行う。

長さ方向についても、同じ形式の防潮堤が長い距離続くことによって、自然地形の中では違和感のある構造物となり得るため、様々な形式の防潮堤を組み合わせることで分節化を行う。

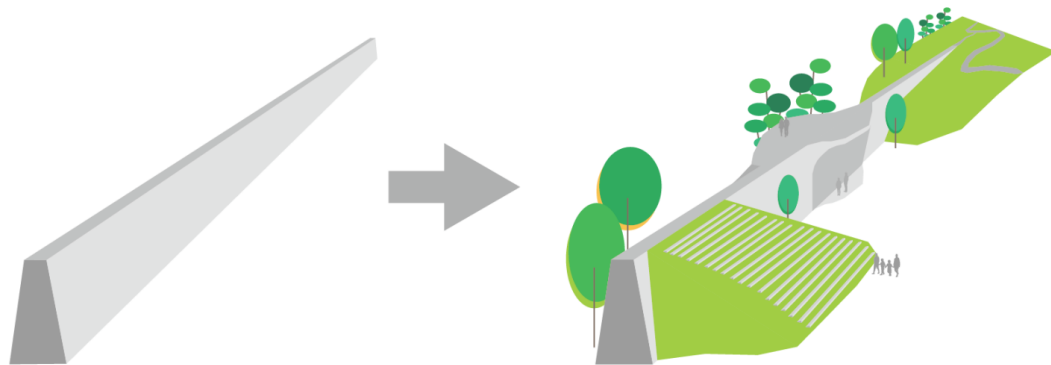


図 3-7 コンセプトダイアグラム

3.4. 設計内容

3.4.1. 構造検討

種崎千松公園の設計範囲は、北側に広く、南に向かうにつれて狭くなっていく敷地となっている。



図 3-8 種崎千松公園における設計範囲

そこで、北側に盛り土式の防潮堤、南側に直立型の防潮堤の2種類の構造形式を組み合わせることとした。このことで、防潮堤の見た目の分節化を図った。



図 3-9 構造形式ごとの配置計画

北側の盛り土式の防潮堤では、盛り土+セメント系改良構造を検討している。この案では、盛り土+被覆ブロック構造の防潮堤より、防潮堤法面を緑化することが可能であり、丘のような防潮堤を計画する点で有利といえる。一方、壁側の壁式構造では、自立鋼管矢板構造を検討している。壁式構造は、圧迫感に対して配慮が必要とはなるが、狭い設計範囲では、緩傾斜の防潮堤に比べ、コンクリートの見える水平面は小さくなる。その分前面に盛り土や植樹を用いることで、比較的コンクリート面を隠しやすいというメリットがある。また、北側の盛り土構造との差別化が行いやすい。

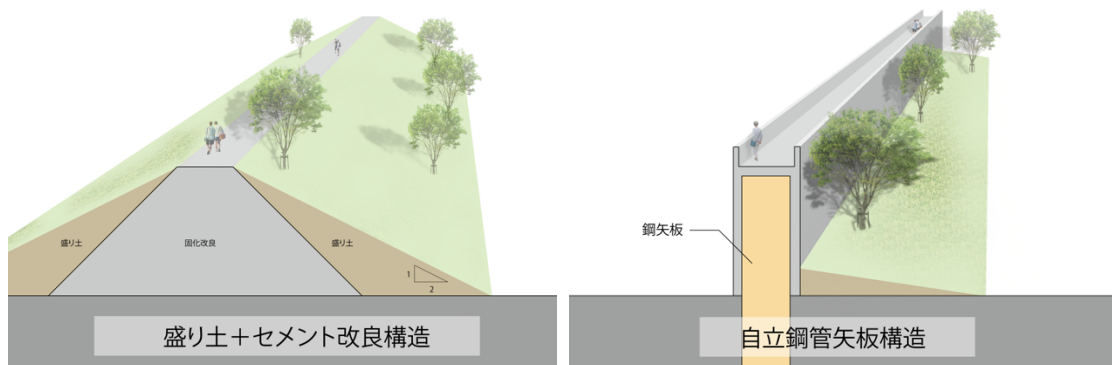


図 3-10 盛り土+セメント改良構造（左）、自立鋼管矢板構造（右）

3.4.2. 防潮堤水平線の分節化

永遠と続く防潮堤の天端のラインは、自然環境において景観に違和感を与える可能性が高い。そこで、本設計では、防潮堤の必要高さよりも高い部分をつくることにより、永遠と続く水平線を分節化した。

主に必要高さより高い丘を設けることや、防潮堤を超えるような階段やスロープを分節化のポイントとして活用し、手すりの高さだけ防潮堤必要高より高くすることで、水平線を分節化した。



図 3-11 水平線の分節化についてのコンセプトダイアグラム

3.4.3. 身障者用駐車場の嵩上げ検討

種崎千松公園は、地盤の高さが約4mとなっており、防潮堤の必要高が約11mである。この防潮堤の高さをスロープで越えようとする、スロープ勾配が、1/12以下であり、高さ750mmごとに1500mmの水平面を設けなければいけないため、スロープの延長は97.5m必要となる。このようなスロープをいくつもつくることは身障者が一人で乗り越えるのは非常に大変になるとともに、景観を損なう要因の一つとなり得る。

一直線にスロープを配置した場合、設計範囲内をスロープが縦断ほどの長さになる。



図 3-12 スロープ配置検討

そこで本設計では、少しでもスロープを短くするために、身障者用駐車場の嵩上げの検討を行った。現在駐車場は、公園南部に位置しており、身障者用駐車場は2台確保されている。駐車したときに、海側から、車が見えないよう嵩上げ高さの検討を行った。小型車、普通車の全高を調べると、トヨタのハイエースワゴンが全高2285mmで最高であったことから、必要高である+11.4mから2.5m低い、+8.6mの高さで嵩上げを行うこととした。

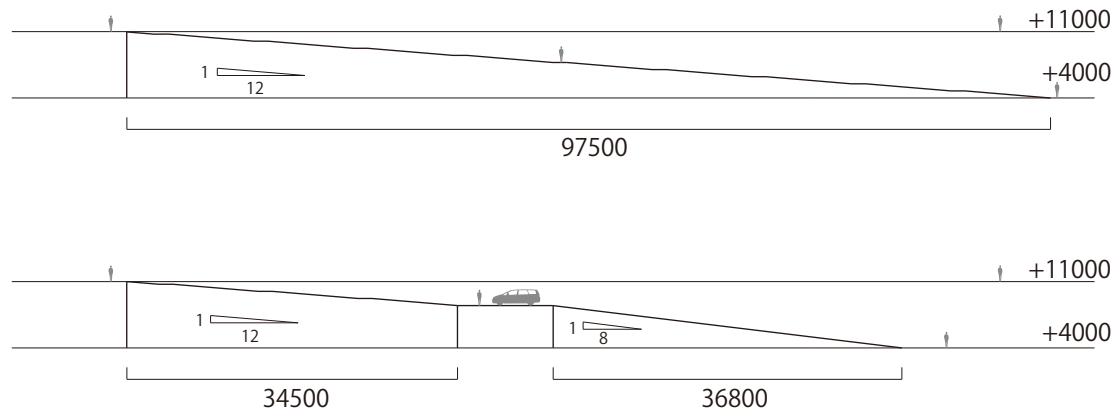


図 3-13 身障者用駐車場の嵩上げ検討

+8.6mまで車用スロープの勾配で上がることができたため、防潮堤天端高さに到達するまでの身障者用スロープの長さを63m短くすることができた。

3.4.4. 様々な形式を組み合わせた防潮堤

本設計では、種崎千松公園内をいくつかのゾーンに分け設計を行い、ゾーンごとに断面検討を行った。基本的に防潮堤の天端を歩ける幅を確保し、散策路としての利用を想定している。

1. 丘のような防潮堤：対象敷地北側は、比較的広いため、盛り土形式の防潮堤とした。それに伴い、盛り土を行い、丘のような防潮堤を形成した。防潮堤の水平線を分節化するために、防潮堤必要高よりも少し高い位置まで盛り土し、頂上を避けるように園路を設置した。園路を公園側に通すことで、天端のラインが丘で隠れ、長さ方向にも分節化することができた。北側には、浦戸大橋へと逃げる避難路があるため、盛り土の勾配は1:3を基本とし、災害時には園路以外も駆けあがることができる。



図 3-14 丘のような防潮堤配置図



図 3-15 丘のような防潮堤パース

2. 壁のような防潮堤：対象範囲の南側は、設計範囲が狭く、1:3の緩傾斜の防潮堤を作ることは困難であった。範囲が狭いことから、無理に緩傾斜の防潮堤を作るのは非合理的であり、壁式の防潮堤と緩傾斜の防潮堤の2パターンの構造形式をとることにより、空間の差別化を図った。しかし、壁式の防潮堤では、圧迫感が出てしまうため、盛り土により、防潮堤の見かけ上の高さを減らすとともに、植樹することによって、防潮堤の天端高さより、高い部分を作り出し、圧迫感の軽減を図った。緩傾斜に比べ、壁式の方が露出するコンクリート法面は小さくなるため、植樹によって壁を隠すことが容易になることが考えられる。

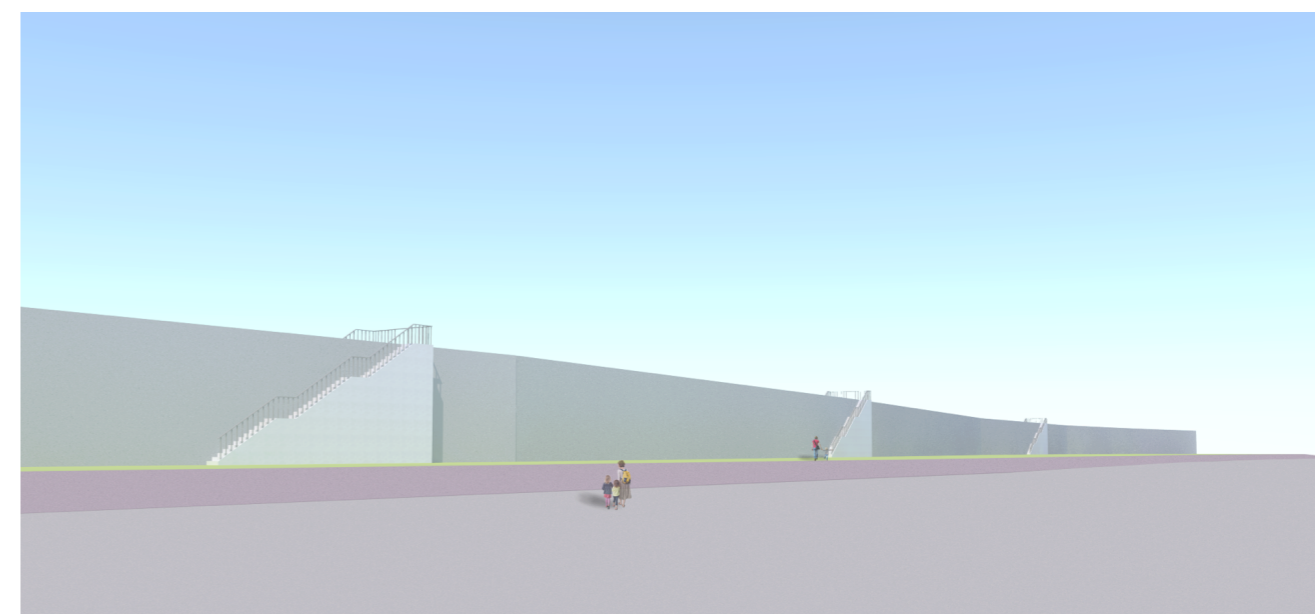


図 3-16 景観に配慮されていない時の壁式防潮堤



図 3-17 壁式防潮堤の植樹・盛り土による圧迫感の軽減

3. 階段+防潮堤のデザイン：防潮堤を超える階段は分節化のポイントとし、展望台の機能を付加することで、防潮堤の天端高さより高い部分を設けた。

階段は、種崎千松公園内の東西を結ぶ園路の軸が振れる範囲に配置し、園路を歩いていると階段が見え隠れする。

四角の階段は、塔のような形をしており、展望台の機能を持っている。展望台、防潮堤の天端の高さ、海へ降りるスロープの通路の4つのフロアがあり、それぞれを階段で結んでいる。壁で囲まれた空間を園路の途中に配置することで、園路を歩く際、明暗の差を感じることができるようにした。

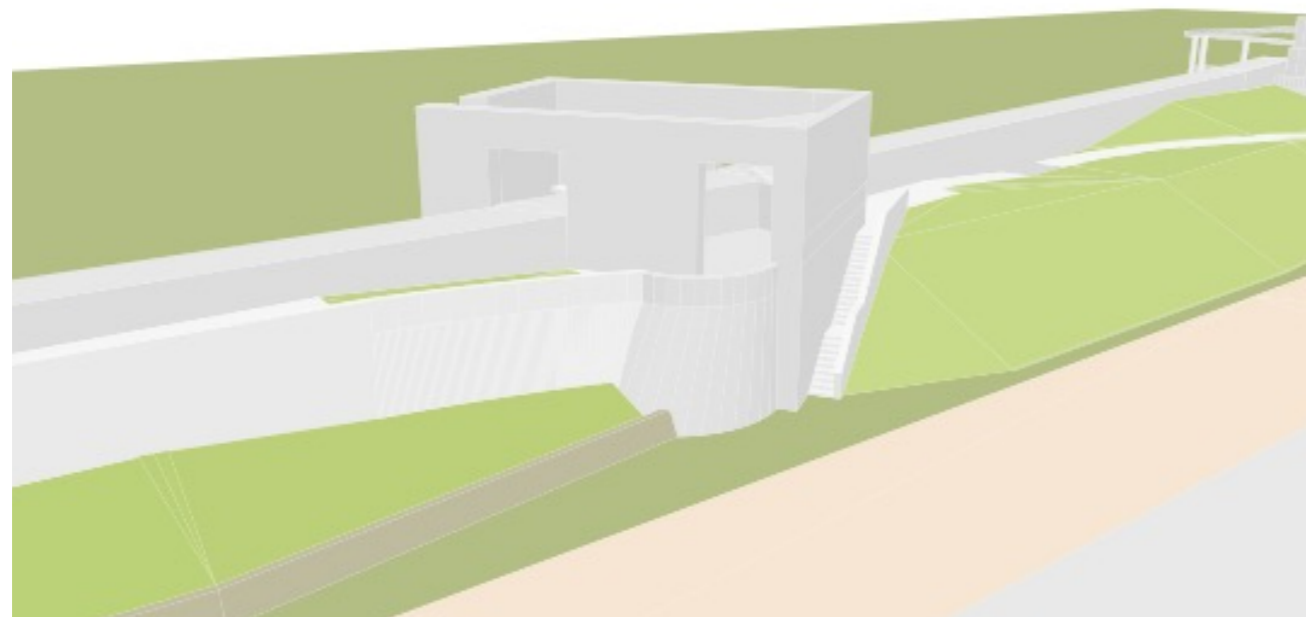


図 3-18 四角階段パース

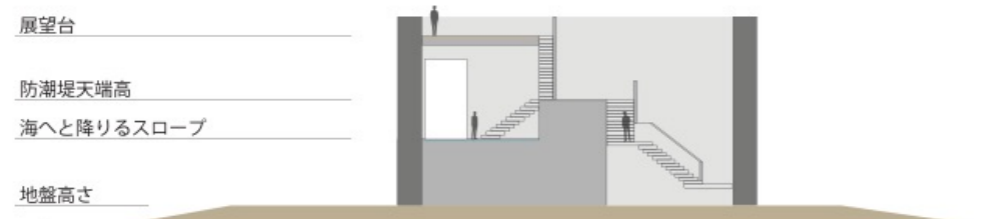


図 3-19 四角階段断面図

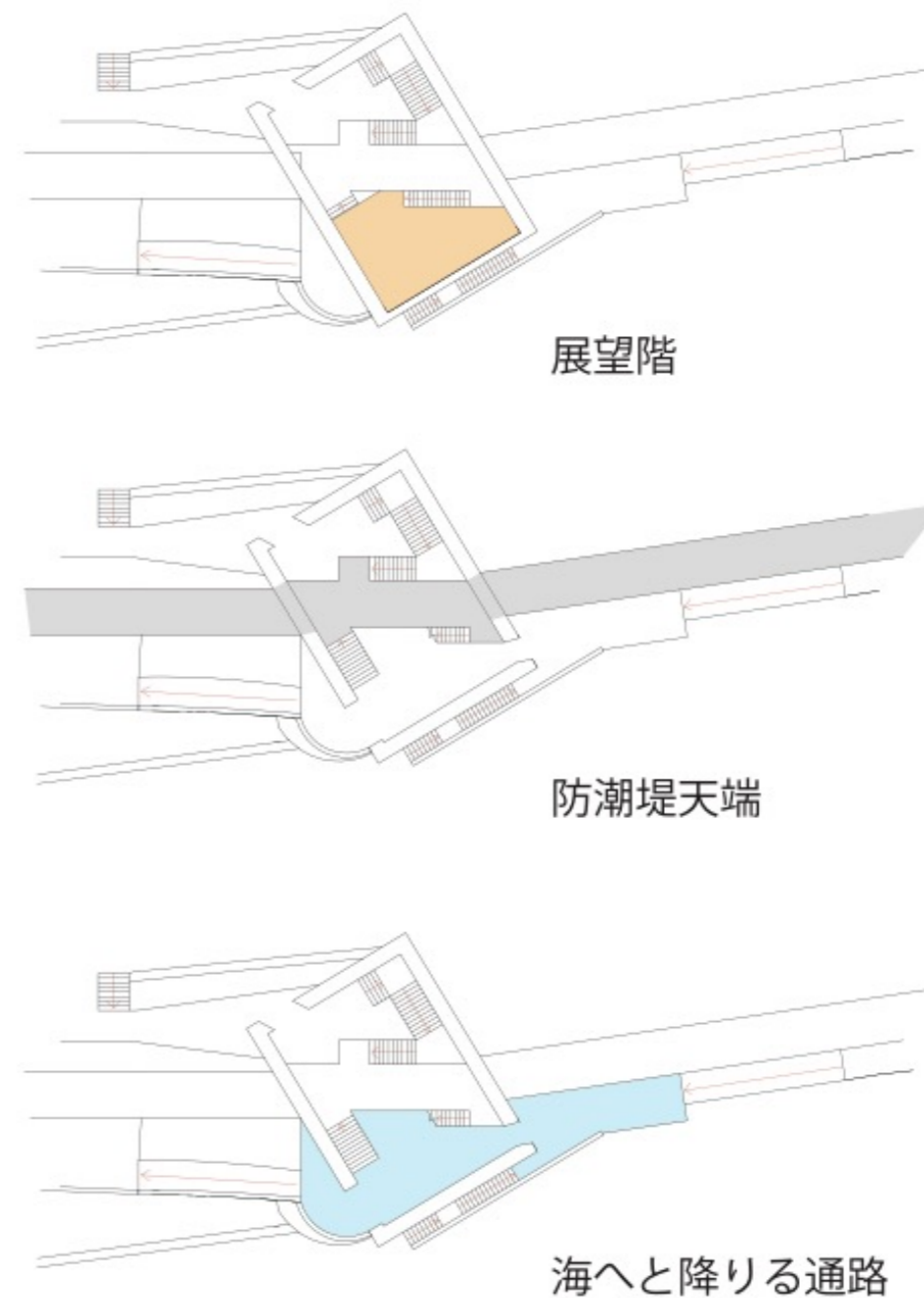


図 3-20 四角階段平面図

円形の階段は、階段とスロープを一体的に設計した。
 構造体を円形に合わせて曲げることで、防潮堤の長さ方向に分節化する。円の半径は、スロープが一周した際に、建築限界の2.5m以上高さを確保できるように半径を定めた。

円形の階段にも展望台の機能を設け、手すりの高さだけ高くすることによって、高さ方向にも分節化を行なった。

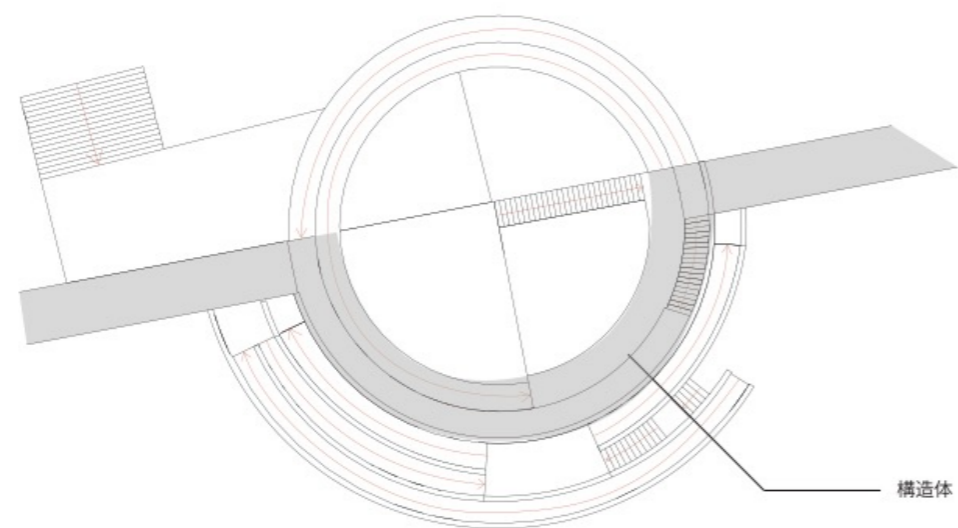


図 3-21 円形階段平面図

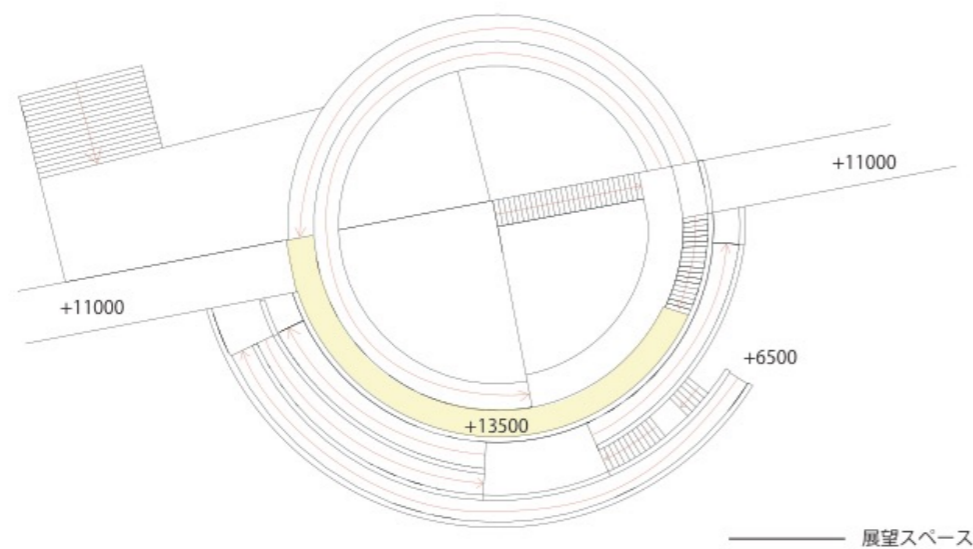


図 3-22 円形階段展望階平面図

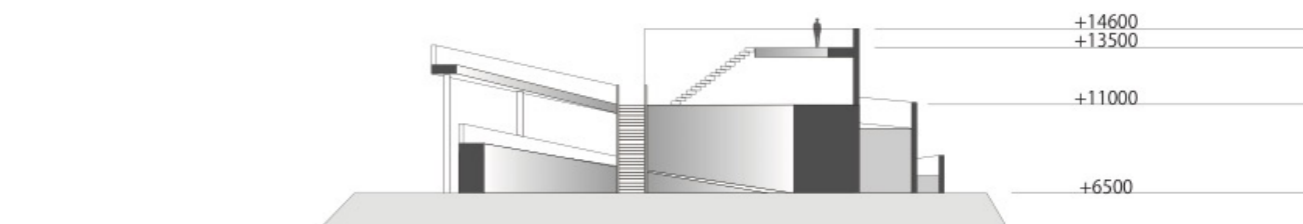


図 3-23 円形階段断面図

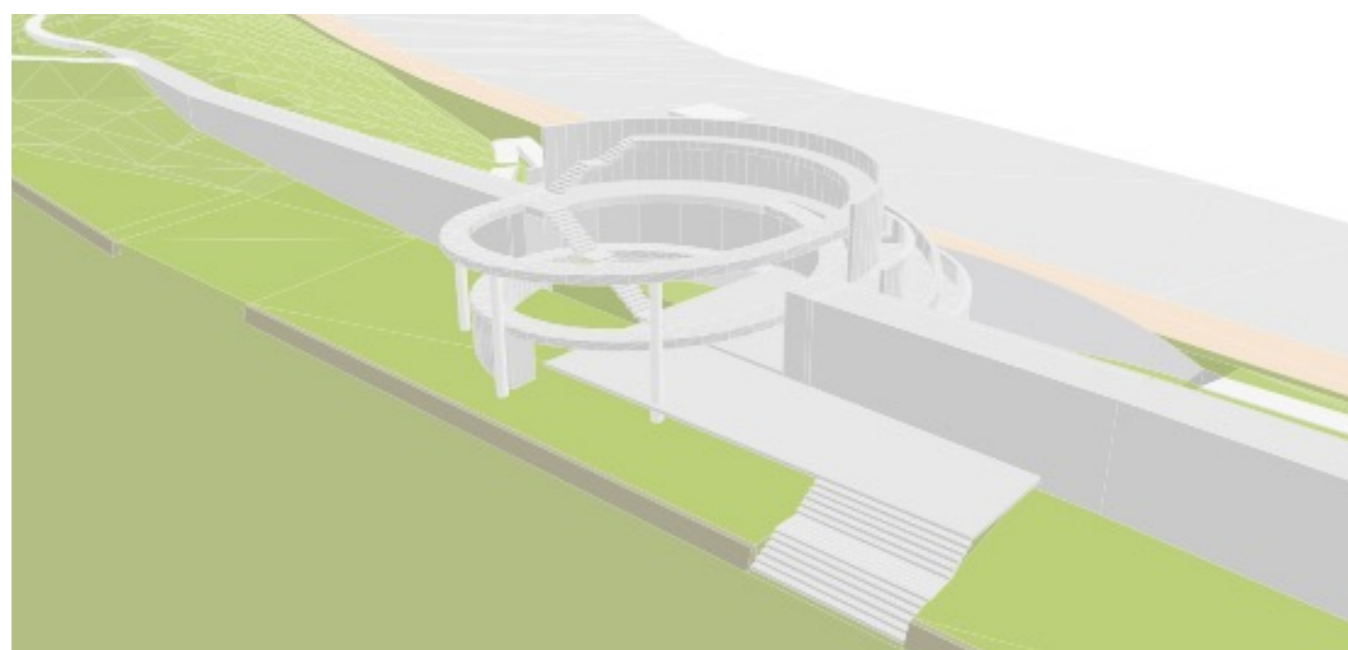


図 3-24 円形階段パース

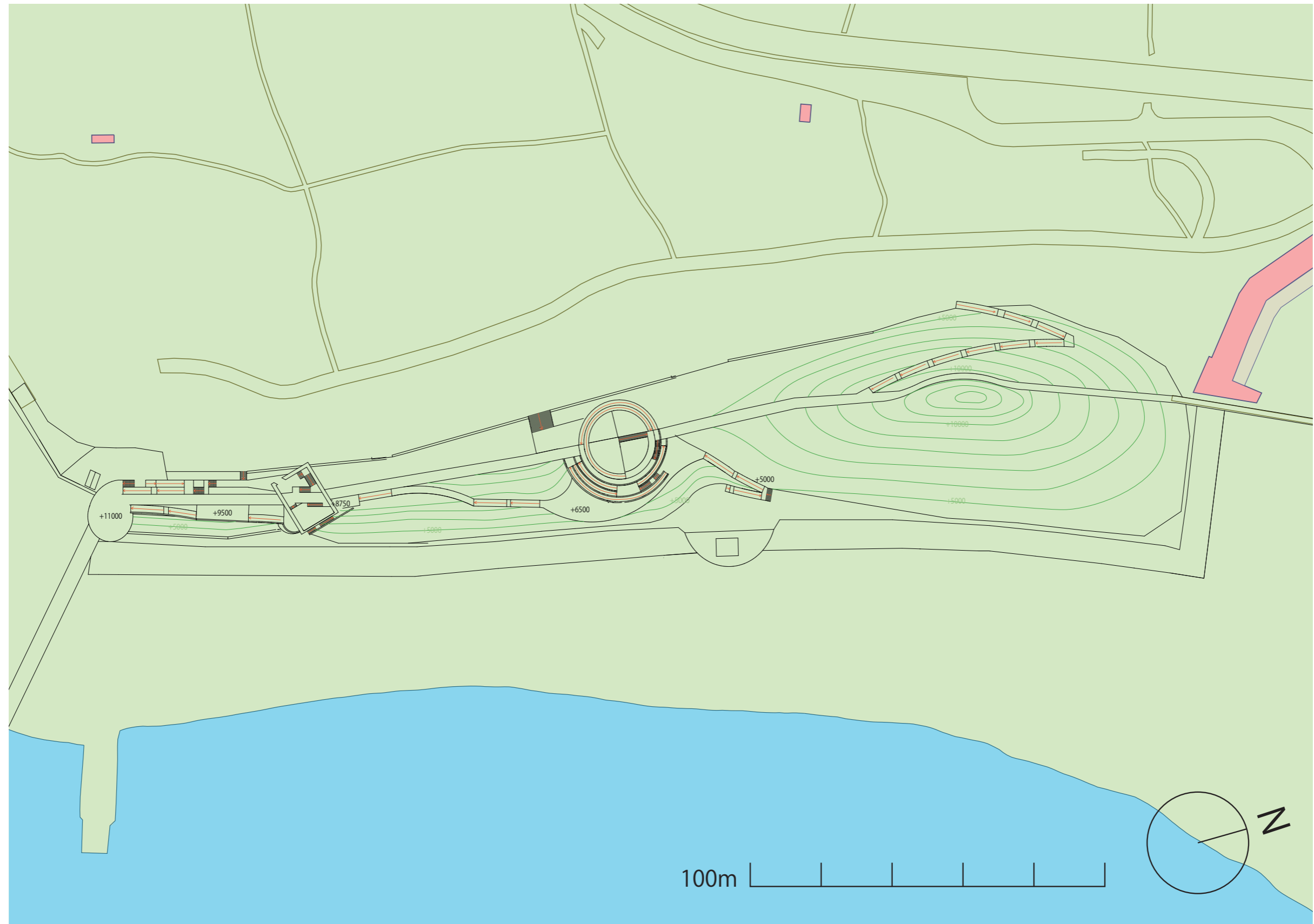


図 3-25 種崎全体平面図

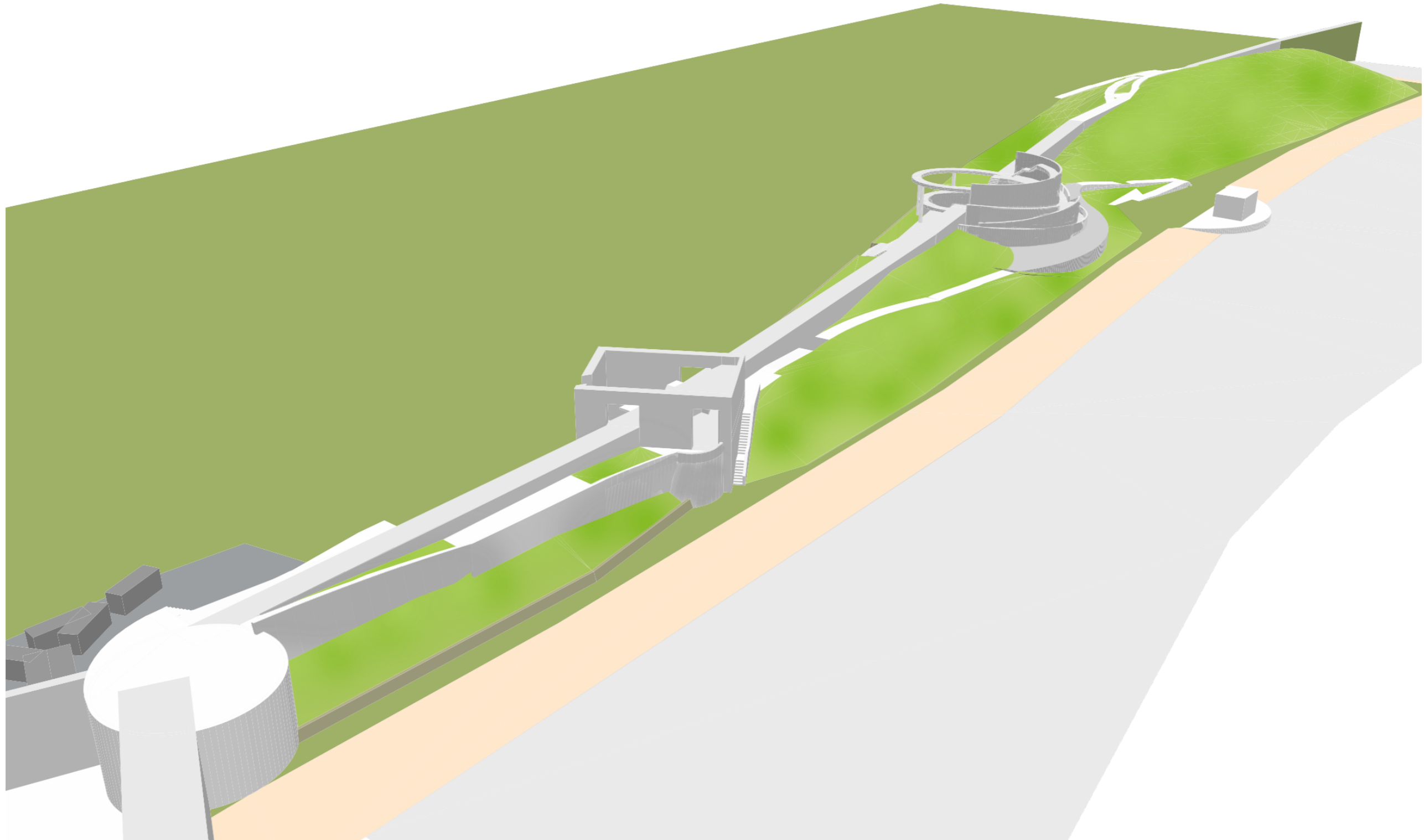


図 3-26 種崎全体パース

第3章 引用・参考文献

- [3-1] 第2回 高知港海岸景観・利便性等検討会の説明資料：重点検討地区における海岸保全施設周辺の現況等, <http://www.pa.skr.mlit.go.jp/kouchi/A/image/290228-s01.pdf>, 2017.2
- [3-2] 高知県：高知県地震・津波防災技術検討委員会 資料, http://www.pref.kochi.lg.jp/soshiki/175001/files/2013111300066/2013111300066_www_pref_kochi_lg_jp_uploaded_life_96750_351786_misc.pdf, 2013.11
- [3-3] 高知県港湾土木部港湾・海岸課, 国土交通省四国地方整備局：種崎海岸防潮堤（三里地区）における対策検討について〈報告事項〉の説明資料, <http://www.pa.skr.mlit.go.jp/kouchi/A/image/290228-s05.pdf>, 2017.2

第4章

桂浜の防潮堤設計

4. 桂浜の防潮堤設計

4.1. 桂浜の現状

高知市の都市公園である桂浜公園は、坂本龍馬の銅像が雄大な太平洋を眺望する高知市の代表的な観光地として多くの観光客が訪れている。しかし、昭和50年代にハード整備が行われた有料駐車場やみやげ品店の並ぶサービスエリア地区を中心に整備から30年余りが経過し、各施設の老朽化や多様化する観光客のニーズに対応できていない状況が見られるようになってきており、桂浜公園魅力向上に向けて再整備が必要となっている。

4.1.1. 桂浜防潮堤の現況



図 4-1 桂浜防潮堤配置図

既存の防潮堤は、駐車場北側および東側に位置し、東側は直立型、東側は階段式の護岸となっている。天端高はそれぞれ7.0m、8.0mである。

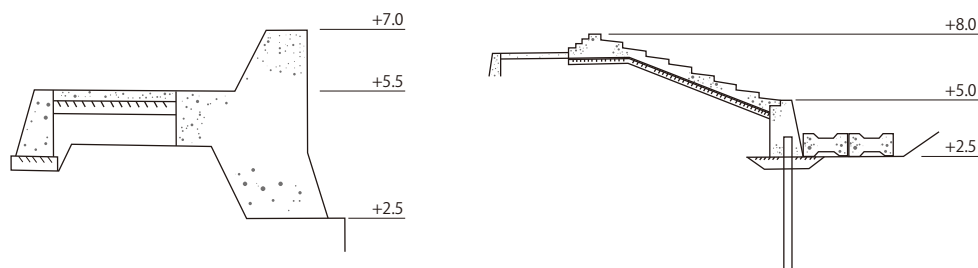


図 4-2 北側直立型防潮堤（左）、東側階段式護岸（右）

駐車場と防潮堤の間には、フェンスがあるため、駐車場から東浜、本浜へは直接立ち入ることができない状態となっている。



図 4-3 東浜と駐車場を隔てるフェンス

4.1.2. 周辺施設について

津波避難施設として桂浜荘が指定されている。龍馬像が位置する場所も津波浸水の影響がない場所として指定されているが、想定以上の高さの津波が襲来した際、それ以上高いところがないため、津波避難場所として積極的に誘導することは危険であるといえる。

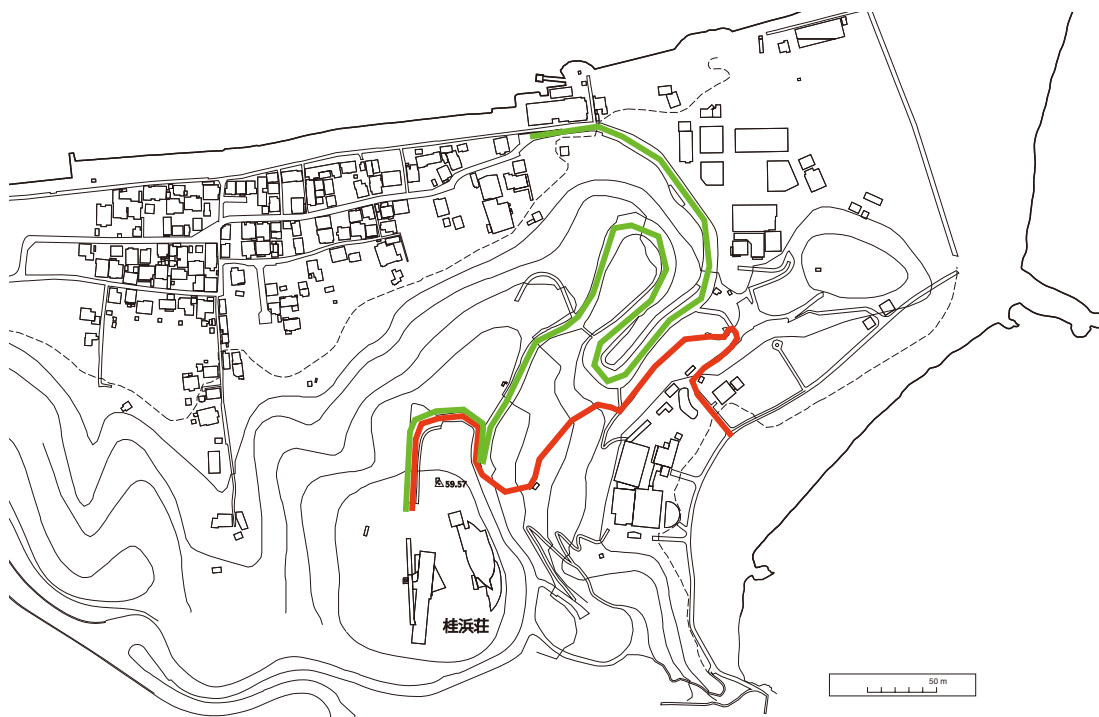


図 4-4 桂浜周辺の津波避難施設

4.2. 桂浜整備計画

4.2.1 防潮堤必要高の設定

桂浜は、高知県の定める高知港 6 地域に属し、設計津波は 8.2m に設定されているため、防潮堤必要高は沈降量 1.5m、余裕高 1.0m を加えて、10.7m となる。現況から 2.7m～3.7m 嵩上げされることとなる。

4.2.2 賑わい拠点整備計画

高知市は、桂浜の魅力向上に向けて、観光・宿泊関連業界関係者・有識者などで組織される桂浜公園整備検討委員会を立ち上げ、委員の意見や市民アンケート等をもとに、平成27年4月に桂浜整備基本構想を策定した。^[4-1]



図 4-5 桂浜賑わい拠点整備計画立面・平面図



図 4-6 桂浜公園基本計画配置図

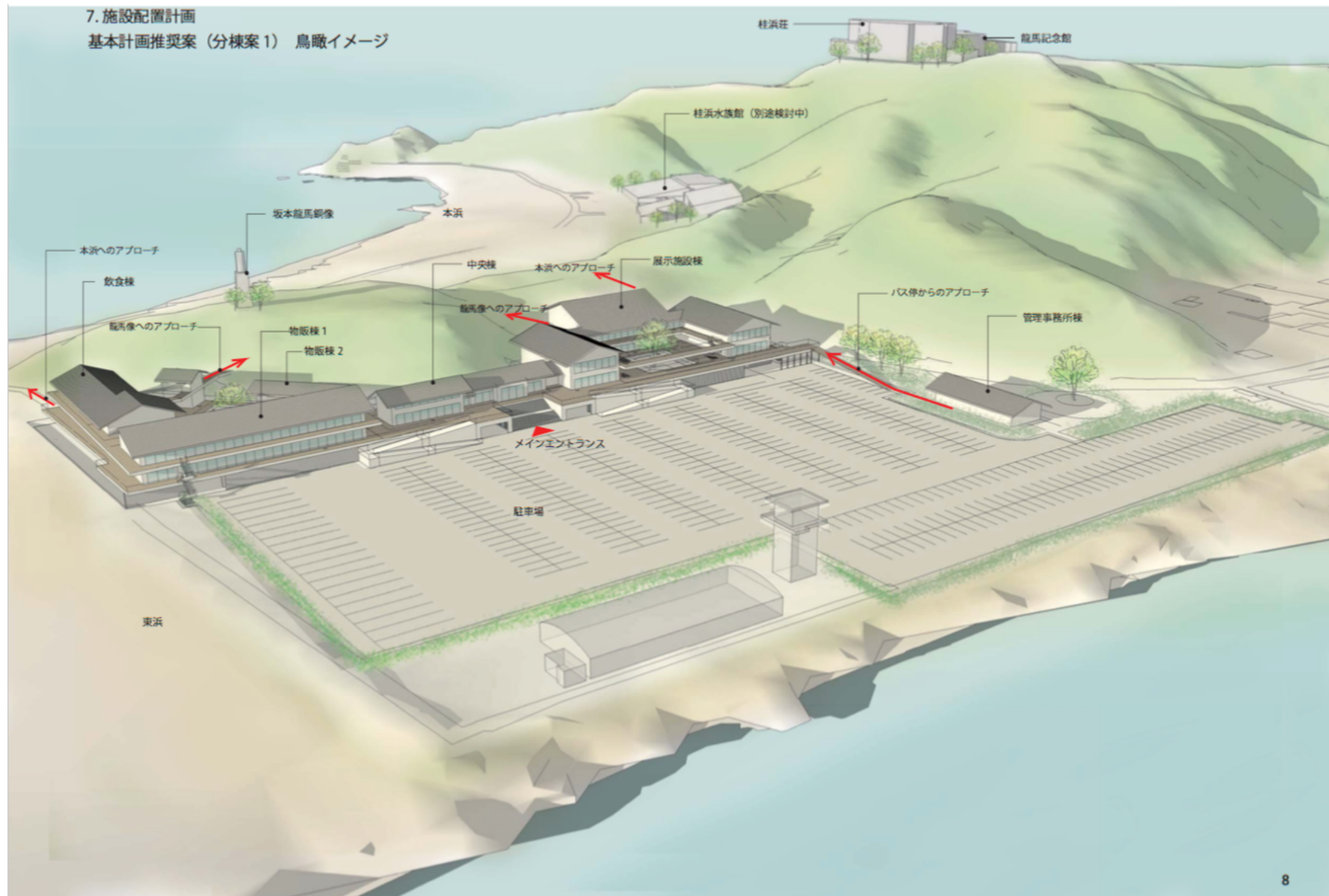


図 4-7 桂浜賑わい拠点整備俯瞰図

4.3. 設計方針

桂浜では賑わい拠点整備によって、東側防潮堤と施設の一体的な設計が必要となる。賑わい拠点整備に伴い、現在立ち入ることができない東浜の利用を想定し、防潮堤のデザインの検討を行う。

4.4. 設計内容

4.4.1. 構造検討

現在桂浜が位置する場所は埋立地であることから、種崎千松公園のような緩傾斜の防潮堤を設計することは、敷地用地を広く使ってしまふ点で非合理的であり、直立型の防潮堤によって設計することが良いと考えた。

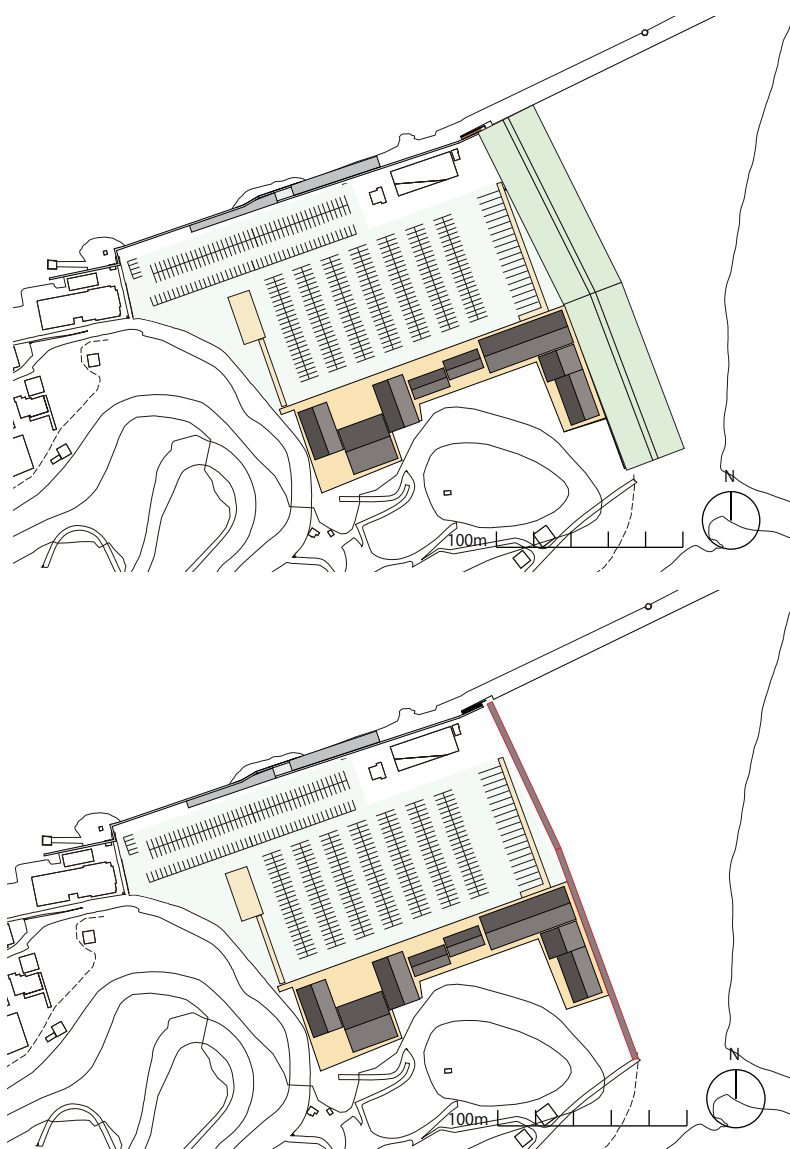


図 4-8 東浜防潮堤緩傾斜防潮堤配置案（上）壁式防潮堤配置案（下）

4.4.2. 線形検討

東浜側防潮堤において、南側は施設に据え付けられるように線形が決まる。北側は、北側防潮堤の端部と接続する。一直線に線形を引くのではなく、階段部において分節化を行うことや、ズレをつくることによって、空間を作り出す。

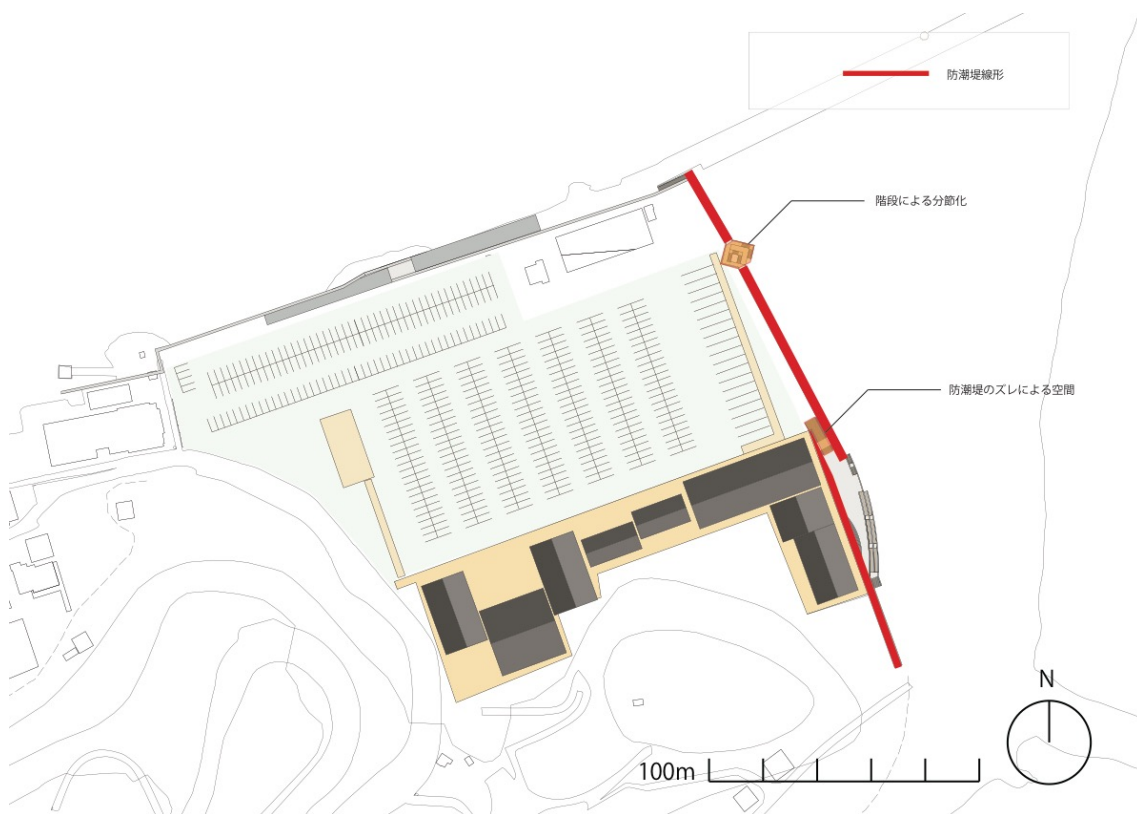


図 4-9 東側防潮堤の線形検討

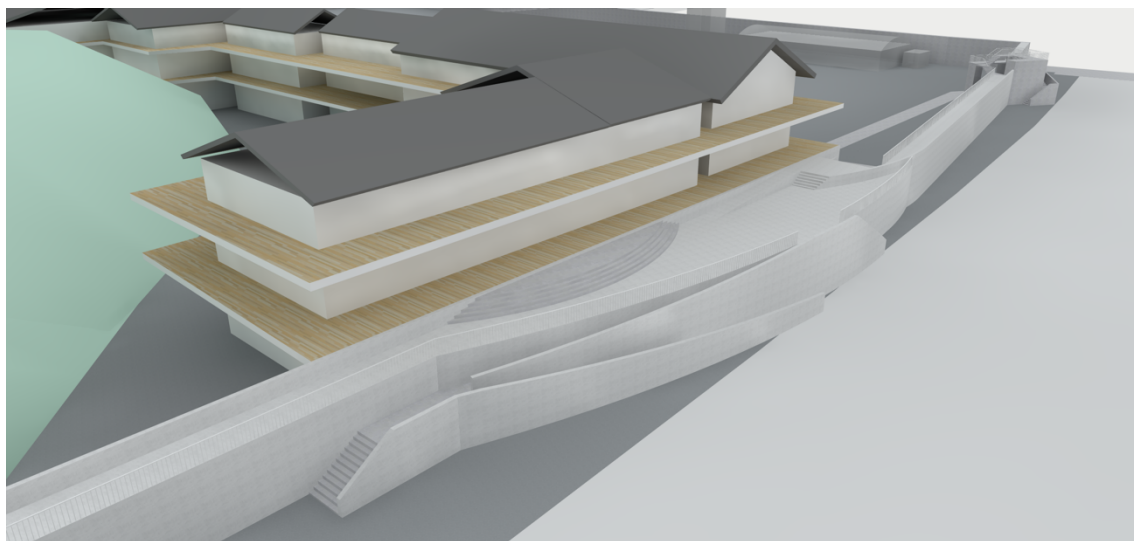


図 4-10 東浜側防潮堤俯瞰図

4.4.3. 東浜側防潮堤における施設と一体的な防潮堤デザイン

東浜の防潮堤は、新設の施設と接触、または接近することが考えられる。そこで、施設の2階のデッキから直接防潮堤の天端までアクセスできるものと仮定して設計を行う。デッキの前面に1m下げた空間を設け、手すりの高さに天端高さがくるように設計することで、賑わい拠点の2階飲食店、デッキからの眺望を確保した。

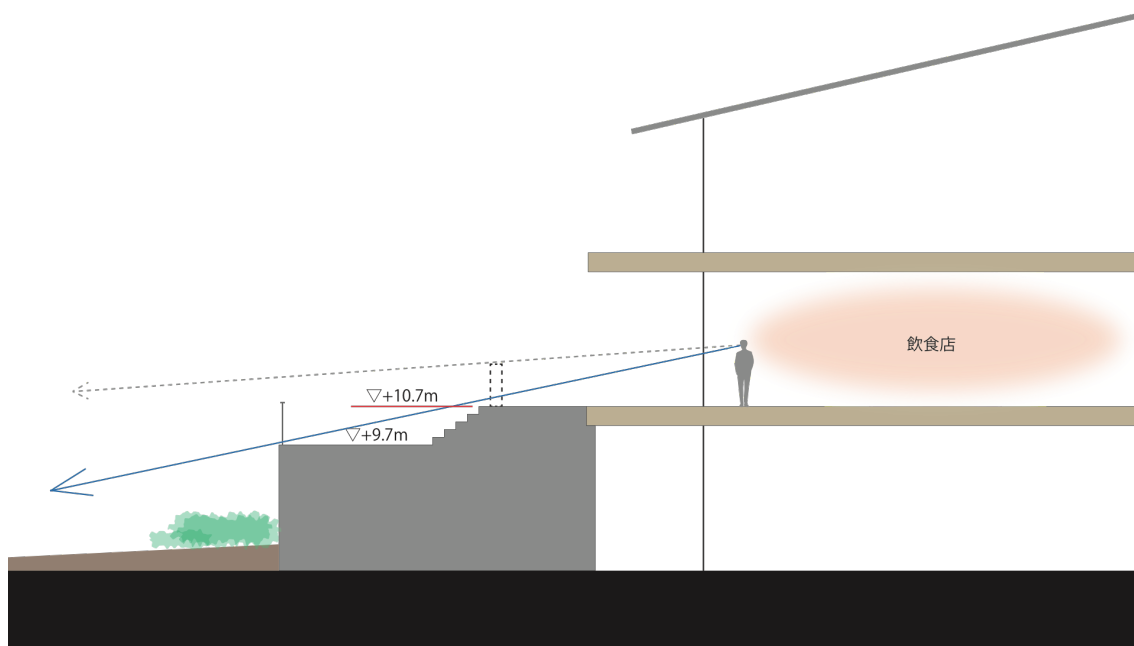


図 4-11 施設と一体的な防潮堤ダイアグラム

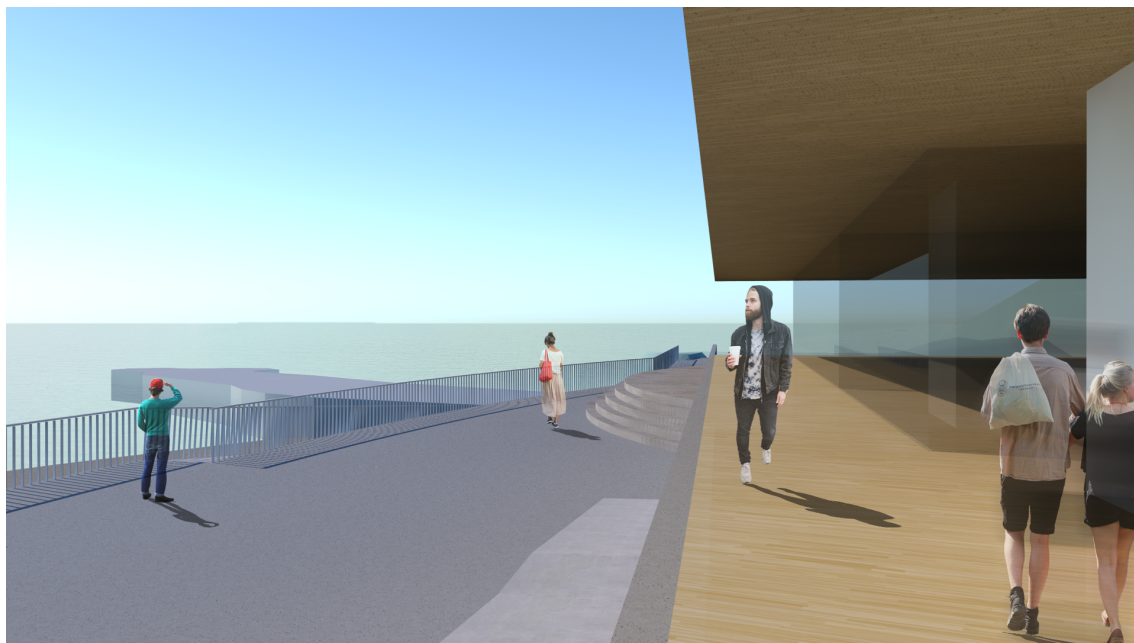


図 4-12 施設と一体的な防潮堤イメージパース

4.4.4. 階段部における分節化

東浜防潮堤では、駐車場北側から防潮堤の天端を歩けるよう、防潮堤の北側にも階段を配置した。展望スペースを付加し、防潮堤天端より高い位置を設けたことで高さ方向に分節化を行った。

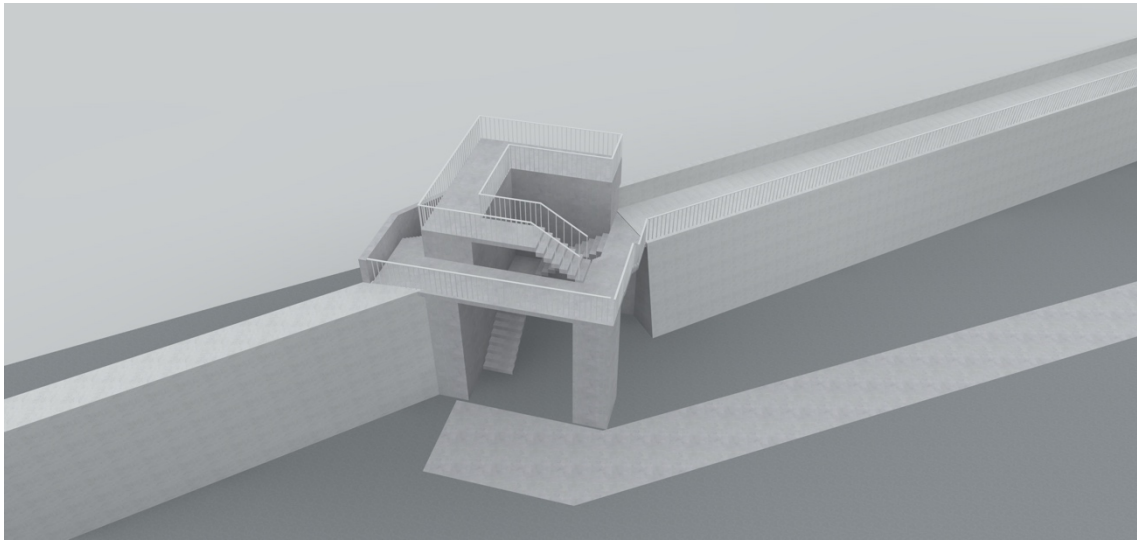


図 4-13 階段パース

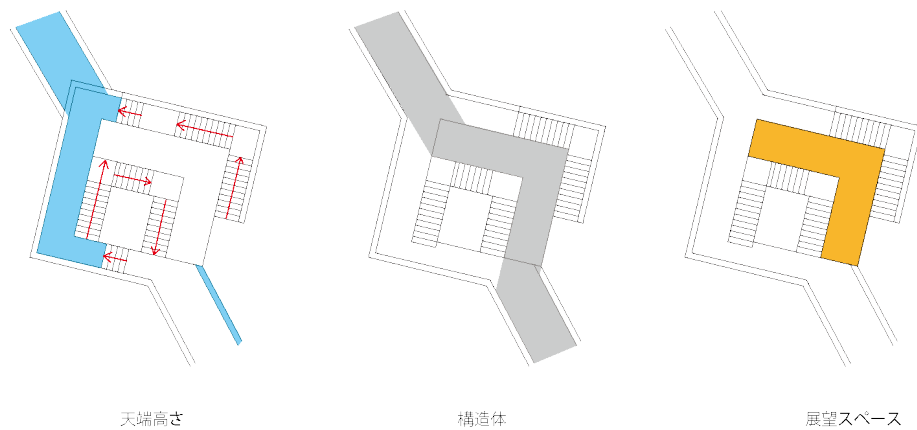


図 4-14 階段平面図

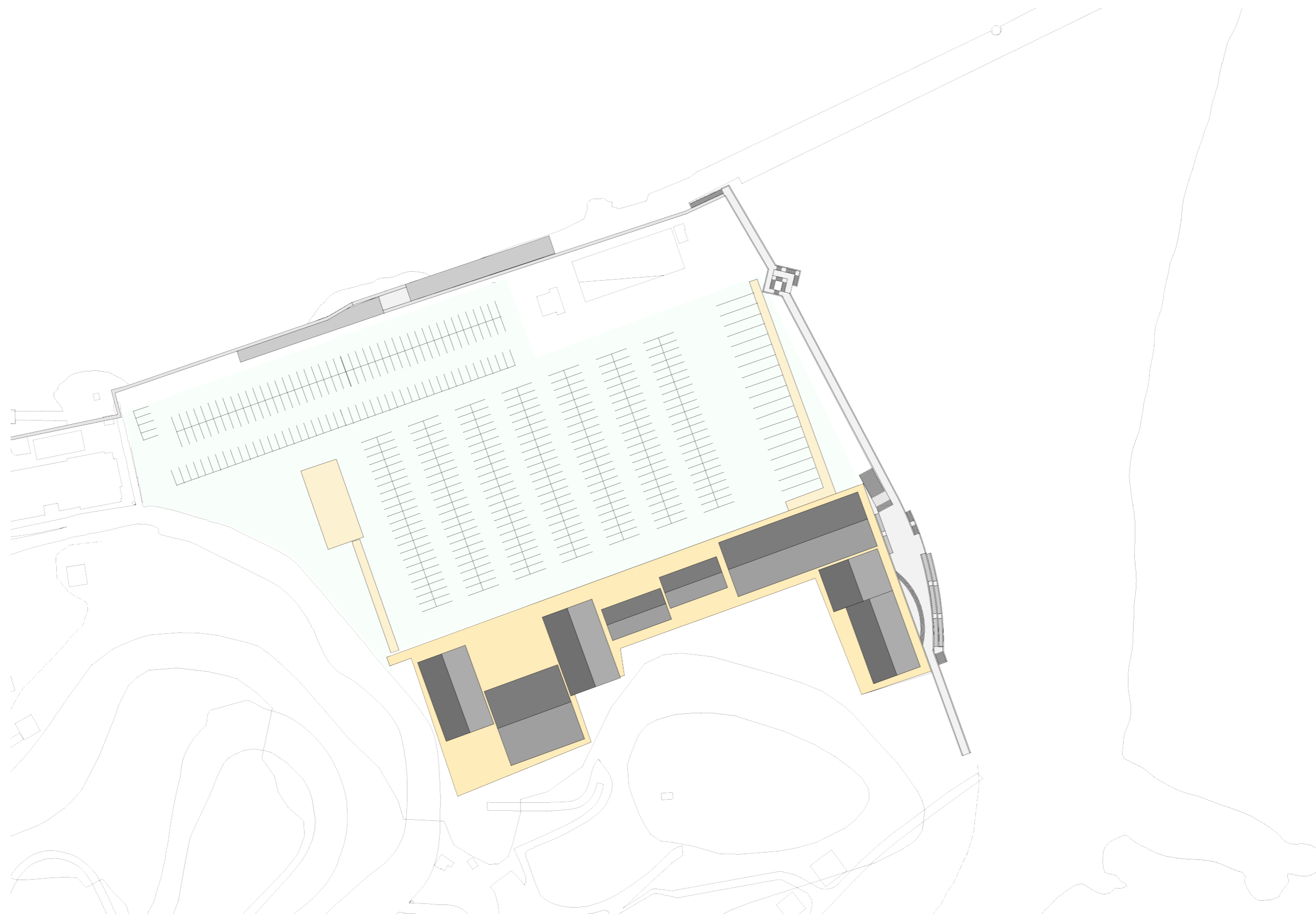


図 4-15 桂浜平面図

第4章 引用・参考文献

- [4-1] 高知市：桂浜公園整備基本計画（概要版），2016.10
- [4-2] 第2回 高知港海岸景観。利便性等検討会：重点検討地区における海岸保全施設周辺の現況等，2017.2

第5章

湾口ボトルネックについて

5. 湾口ボトルネックについて

5.1. 湾口ボトルネックについて

高知港海岸の海岸保全施設整備にあたっては、発生頻度の高い津波（レベル1津波）に対しては、津波防護ラインより陸側への津波の侵入を防ぐ、“防災”、最大クラスの津波（レベル2）津波に対しては、浸水面積や浸水深の低減、津波到達時間を遅延させ避難時間を稼ぐ“減災”の対策を図る。

防波堤を湾口に設置することにより、浦戸湾へ侵入する津波流量・流速を軽減することができ、湾内の防潮堤の施設高を低く抑えることが可能である。^[5-1]

5.2. 設計方針

浦戸湾湾口におけるこの防波堤は海からの玄関のような印象を与える。そこで、玄関にふさわしいデザインが求められるため、左右対称のデザインとなる必要があると考えた。

5.3. 設計内容

5.3.1. ボトルネックの線形の検討

(1) 種崎千松公園と桂浜を一直線に結ぶ案

浦戸湾湾口におけるこの防波堤は海からの玄関のような印象を与える。そこで、玄関にふさわしいデザインとして左右対称となるデザインを考えた。

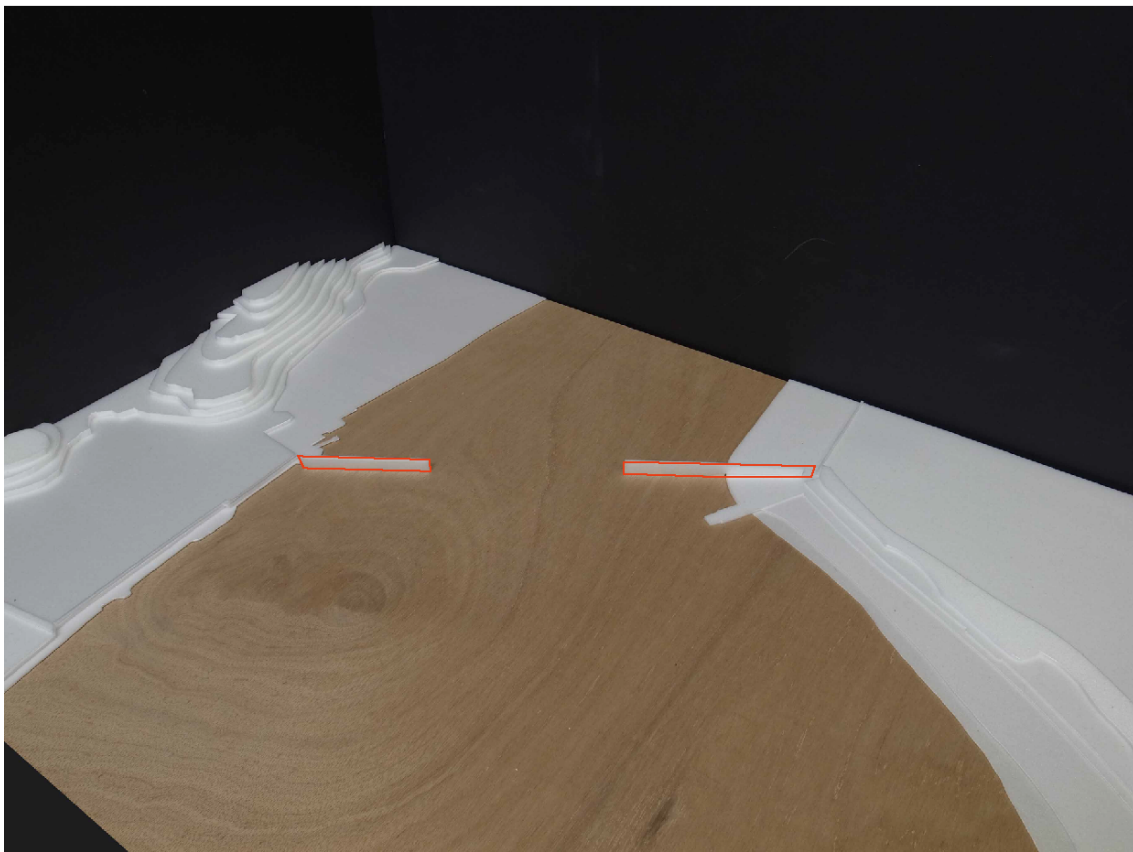


図 5-1 ボトルネック案1

(2) 種崎海水浴場の突堤に合わせて曲げた案

現在、種崎千松公園には、突堤が設けてある。そこで、まず防波堤を現在の突堤に軸を合わせ、途中から曲げた案の検討を行った。途中から曲げ、曲がった先の長さを揃えることで、対称性を強調し、海からの玄関というイメージを保った。

しかしながら、この案では、種崎千松公園側、桂浜側に突堤と防潮堤の接続部に隅角部ができてしまうため、海側は隅角部を埋め立てる必要があることがわかった。

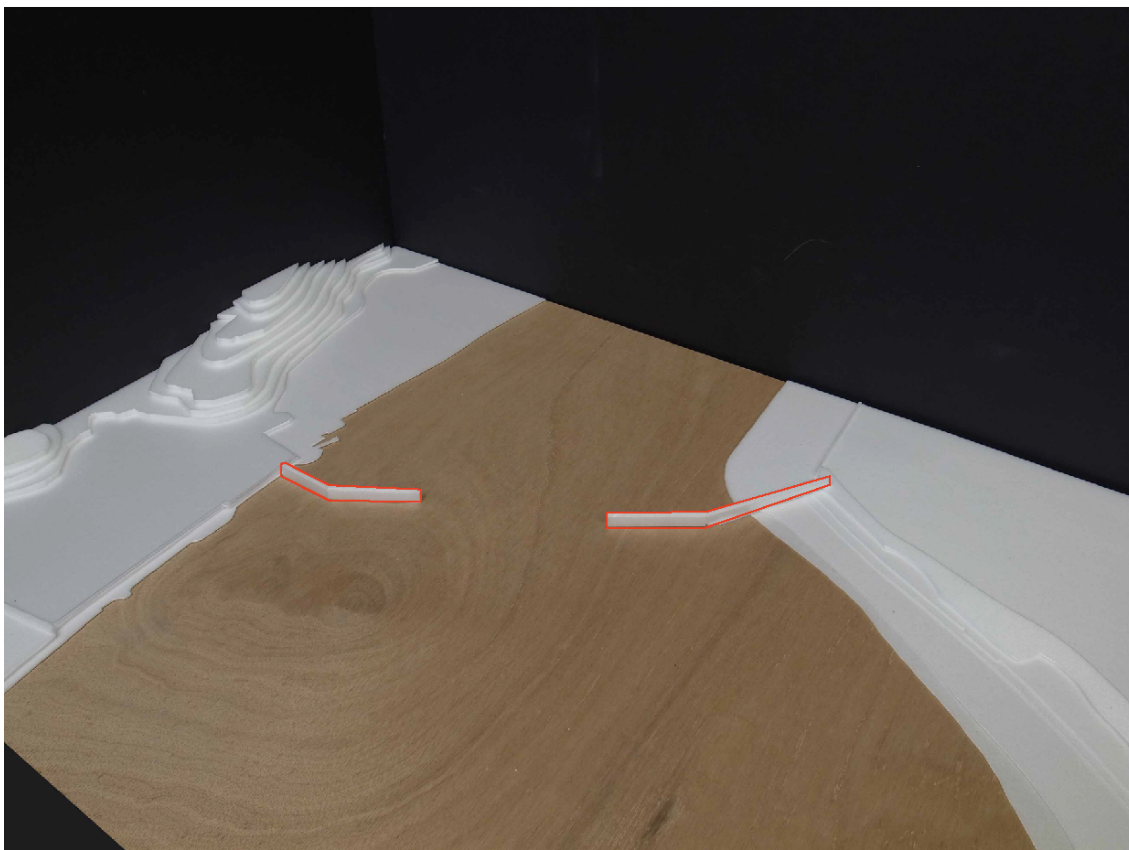


図 5-2 ボトルネック案2

(3) 2の案と同じ線形で隅角部を埋め立てた案

次に防波堤の線形は変えず、隅角部の埋め立て案について検討を行った。階段状に2m、5m、8m、10m、というように、桂浜の防潮堤のレベルに合わせて埋め立てを行った。

しかし、この埋め立てはコストがかかり、埋められた空間は非常に大きく、また震災時は価値を持つが、日常的な利用は釣りをを行うことができる程度であり、費用対効果が小さいと考えた。

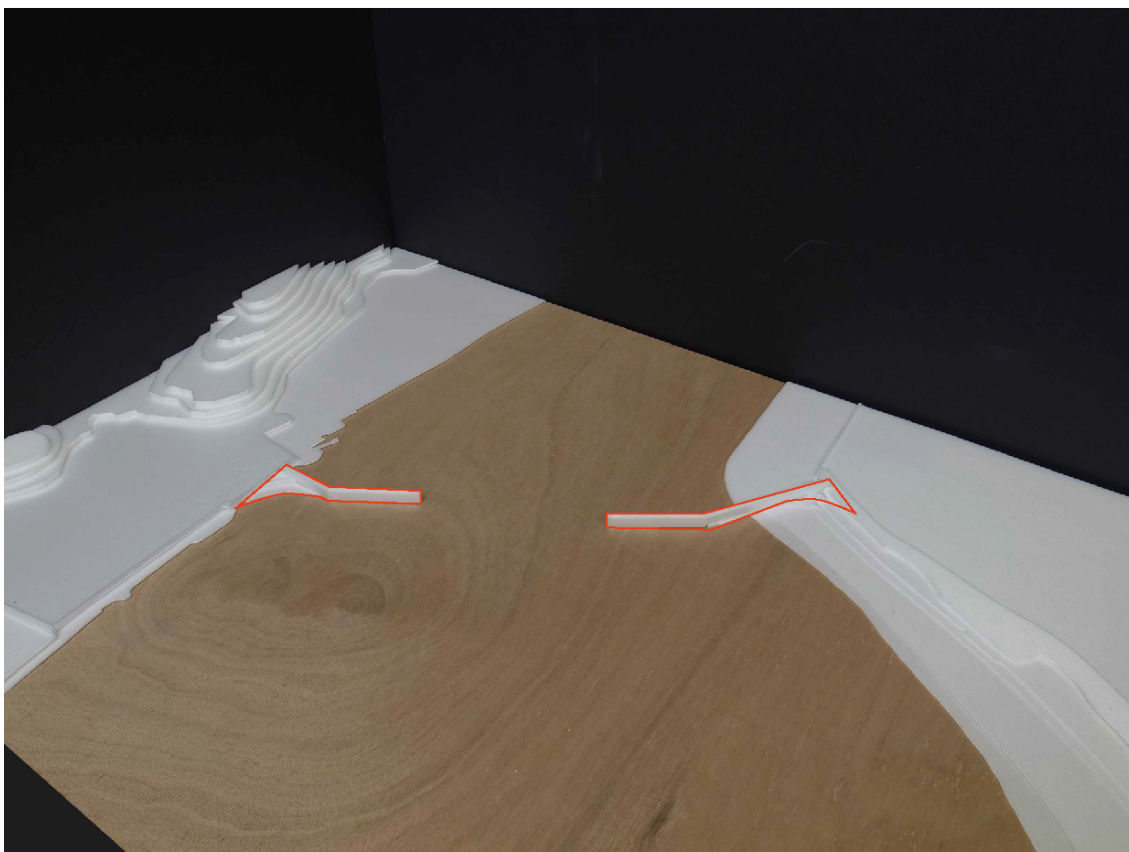


図 5-3 ボトルネック案3

(4) 埋め立て部分まで防波堤を押し出した案

最後に防波堤の線形を先ほどの埋め立ての際に必要であった部分に合わせて海側へ押し出した案の検討を行った。

これでは、防波堤の線形が不自然であり、あまりふさわしいデザインとは言えない。

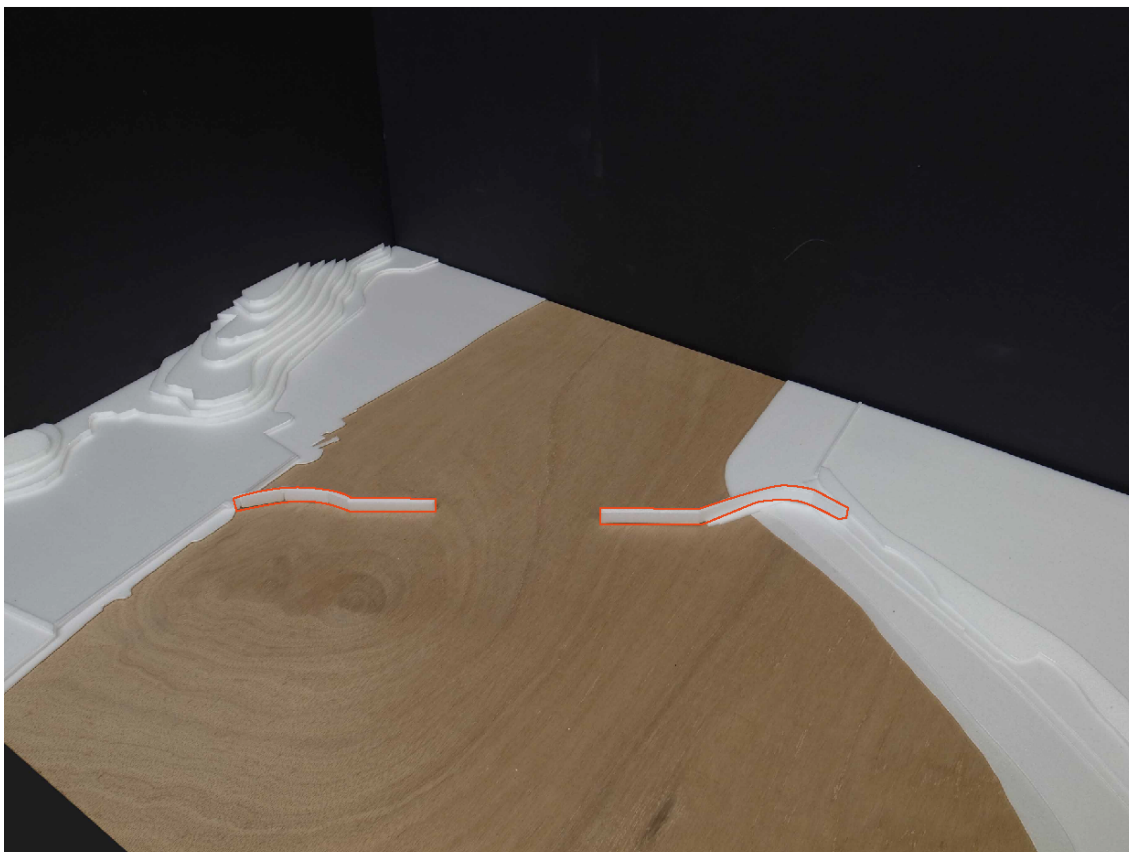


図 5-4 ボトルネック案4

また、より現実的な検討を行う場合は、津波の遡上状況のシミュレーションや河床の形状等も検討する必要がある。

第5章 引用・参考文献

- [5-1] 高知県土木部港湾・海岸課：浦戸湾の地震・津波対策（三重防護）について（事業概要）の資料, http://www.pref.kochi.lg.jp/soshiki/175001/files/2017030200056/file_2017324112337_1.pdf, 2017.2

第6章

浦戸湾一周について

6. 浦戸湾一周について

6.1 浦戸湾一周の現状について

本設計の中で、浦戸湾一周とは高知港沿岸部のうち、桂浜と種崎千松公園を除く範囲を指す。これらの地域は、高知県地震・津波防災技術検討委員会の資料^[6-1]では、7つの地域海岸に分けられ、高知港における用途地域図や高知港長期構想で示す海岸全域のゾーニングを踏まえると9地域に分けられる。^[6-2]

表 2 浦戸湾一周のゾーン分け

	地区名	ゾーン分け	施工主
A	桂浜地区	緑地レクリエーションゾーン	国直轄施工箇所
B	御畳瀬 - 浦戸地区	漁業関連ゾーン	国直轄施工箇所
C	横浜地区	緑地レクリエーションゾーン	高知県施工箇所
D	潮江 - 西孕地区	生産ゾーン 交流拠点ゾーン	高知県施工箇所
E	若松町 - 吸江地区	親水生活ゾーン 交流拠点ゾーン	高知県施工箇所
F	タナスカ地区	エネルギーゾーン	国直轄施工箇所
G	仁井田地区	親水生活ゾーン 生産ゾーン	国直轄施工箇所
H	種崎地区	緑地レクリエーションゾーン	国直轄施工箇所 高知県施工箇所
I	三里地区	物流拠点ゾーン 漁業関連ゾーン	国直轄施工箇所

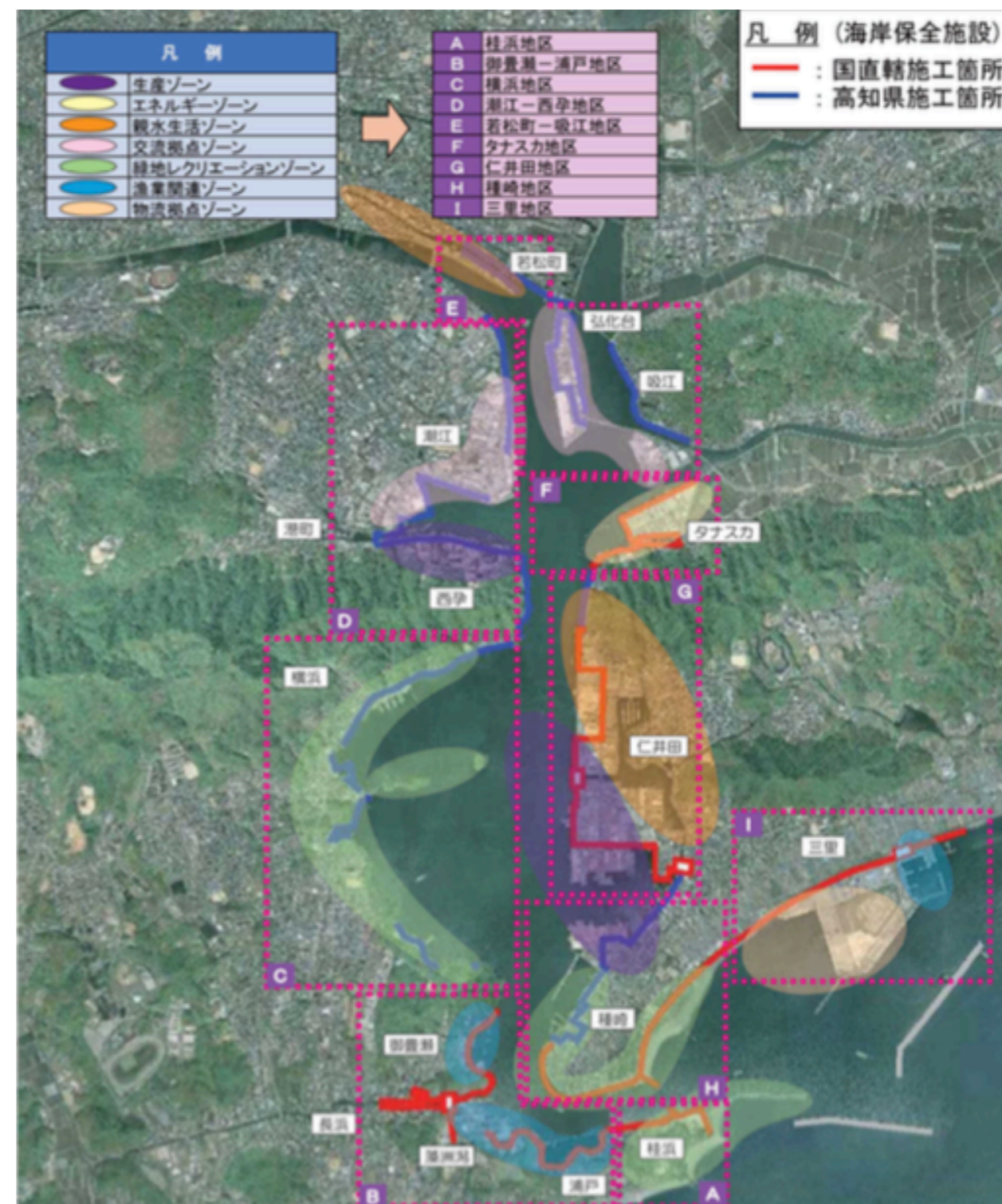


図 6-1 高知港全域のゾーンわけについて^[6-2]

6.1.1. 防潮堤現況と計画について

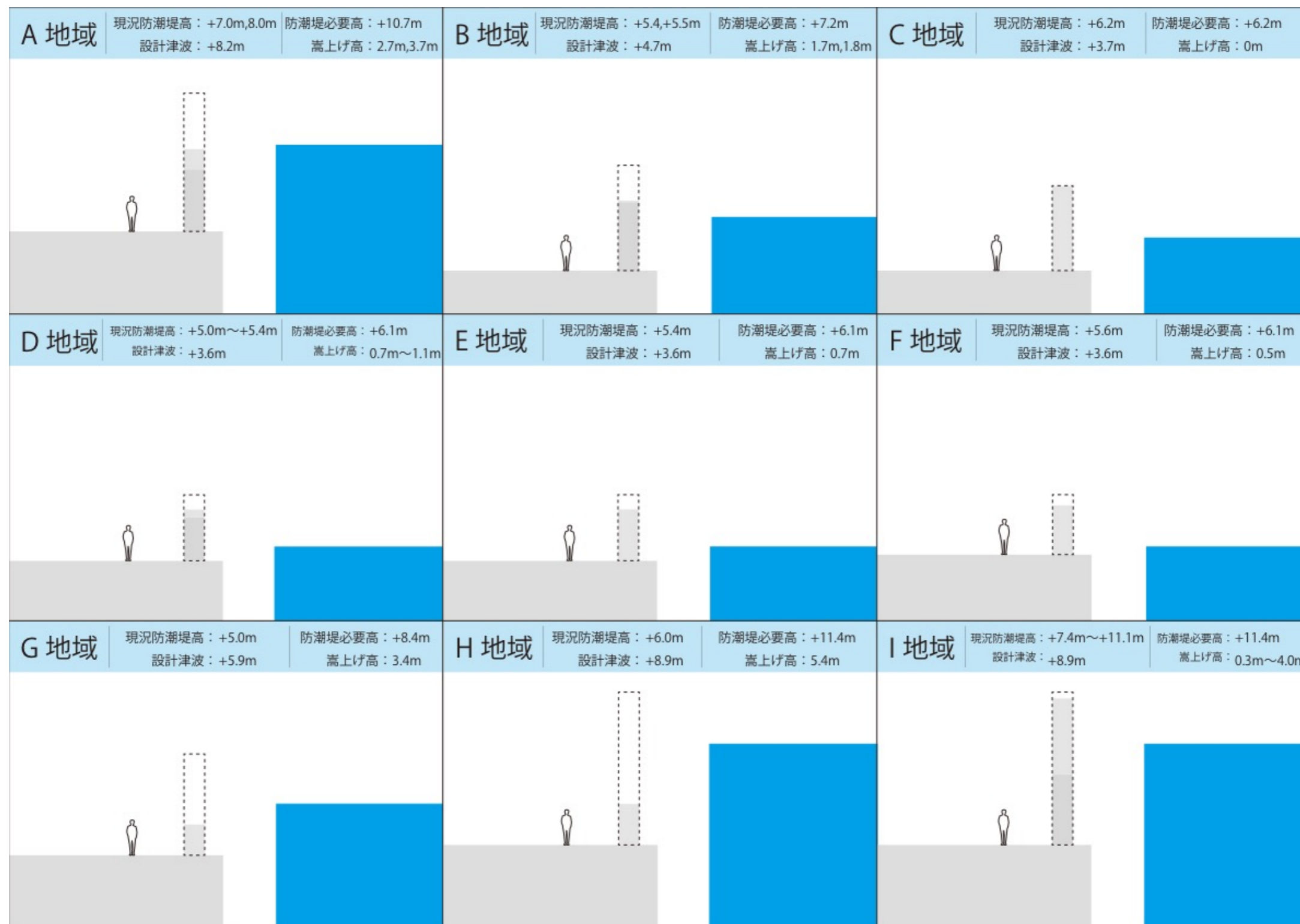


図 6-2 各エリアにおける防潮堤嵩上げイメージ図

6.1.2. 階段、陸間調査

浦戸湾一周において、分節化に使えるポイントとしては、階段や陸間が考えられる。そこで、浦戸湾一周において、階段、陸間がどれくらいあるのか、どのような間隔であるのかを調査した。その結果、階段は、189箇所、陸間は、74基確認することができた。

住宅が密集する地域では、階段の間隔も狭くなり、数も多くなる。防潮堤の存在感、圧迫感の緩和のため、階段や陸間は有効な分節化のポイントとなりうると考えた。

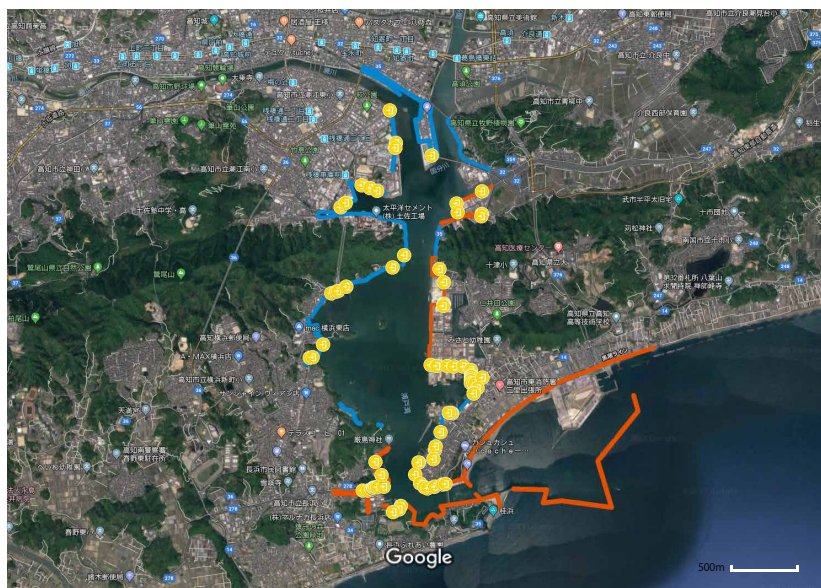


図 6-3 浦戸湾一周における陸間プロット図

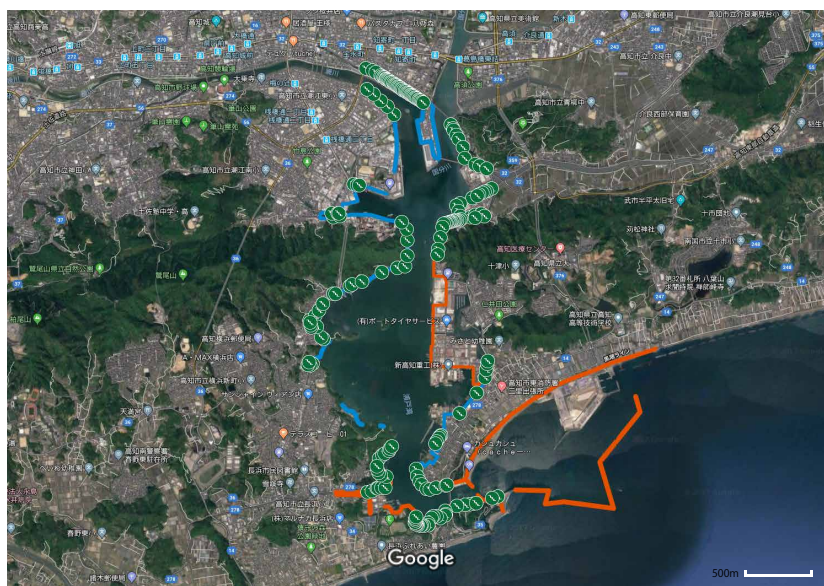


図 6-4 浦戸湾一周における階段プロット図

6.2. 設計方針

浦戸湾一周においては、設計範囲が非常に長く、今後事業にあたっては、いくつかの企業が地区ごとの防潮堤を設計・施工することが考えられる。統一的なルールがない中で、各企業がそれぞれ防潮堤の設計を行うことは乱雑な景観の形成につながる事が考えられる。また、桂浜や種崎千松公園のようにお金をかけて整備することは難しいエリアとなる。

そこで、本設計では、浦戸湾一周における全体的な設計方針の提案を行い、概略の積算・構造計算を行うことで、案の妥当性を検討する。

浦戸湾一周については、階段を分節化のポイントとして利用し、階段部分において高さ方向と長さ方向の分節化を行う。



図 6-5 浦戸地区における現況の景観

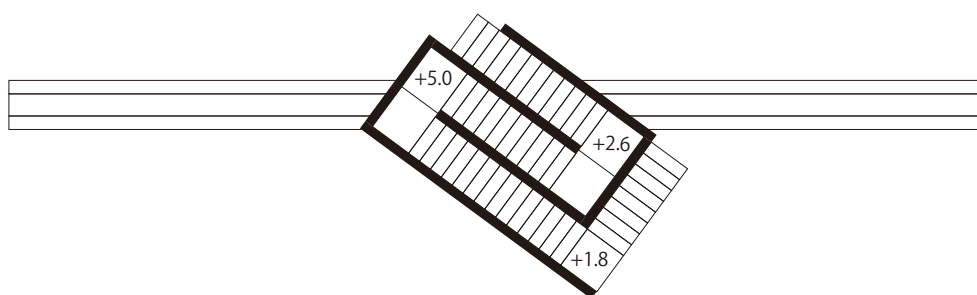


図 6-6 浦戸地区における防潮堤嵩上げ後の景観

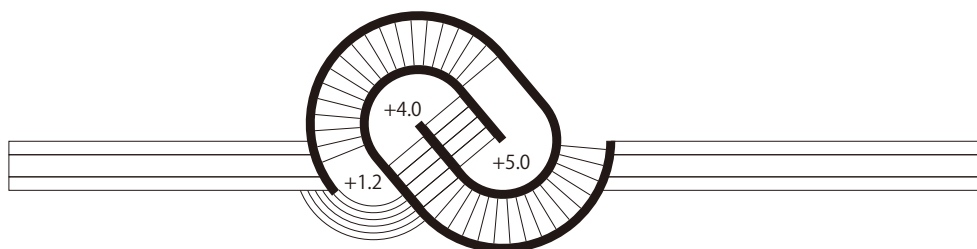
6.3. 設計内容

6.3.1. 階段デザイン

本設計では、2種類の階段のデザインについて検討を行った。階段の動線は、直線的ではなく、折れ曲がる形をとることで、奥に進みたくなるデザインとし、外形を四角型と曲線型と検討した。また、手すりの分だけ天端高さより高くなることで高さ方向に、斜めに直線型、曲線型配置し、法面から飛び出ることによって長さ方向に分節化を図った。



直線型階段デザイン



曲線型階段デザイン

図 6-7 階段平面図

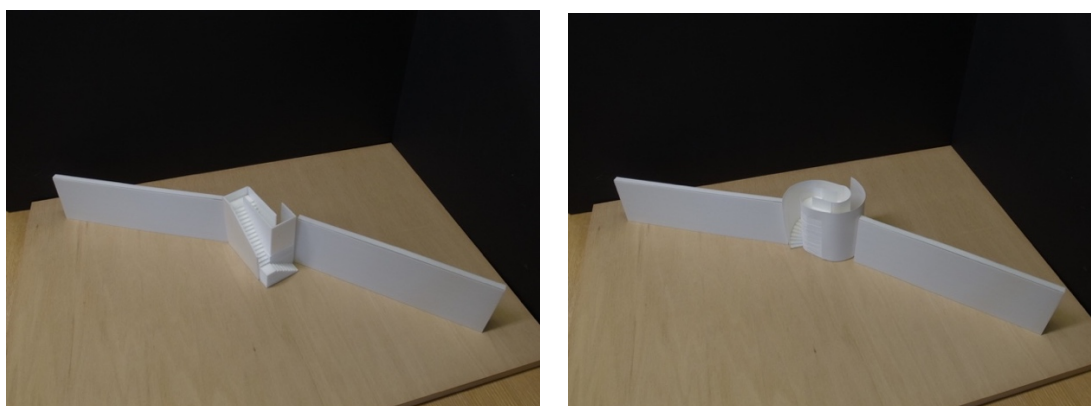


図 6-8 階段の模型検討

東北のような防潮堤では、どうしてもとってつけたような階段が取り付けられてしまい、防潮堤の天端のラインが永遠とつづくような印象を与える景観になってしまう。

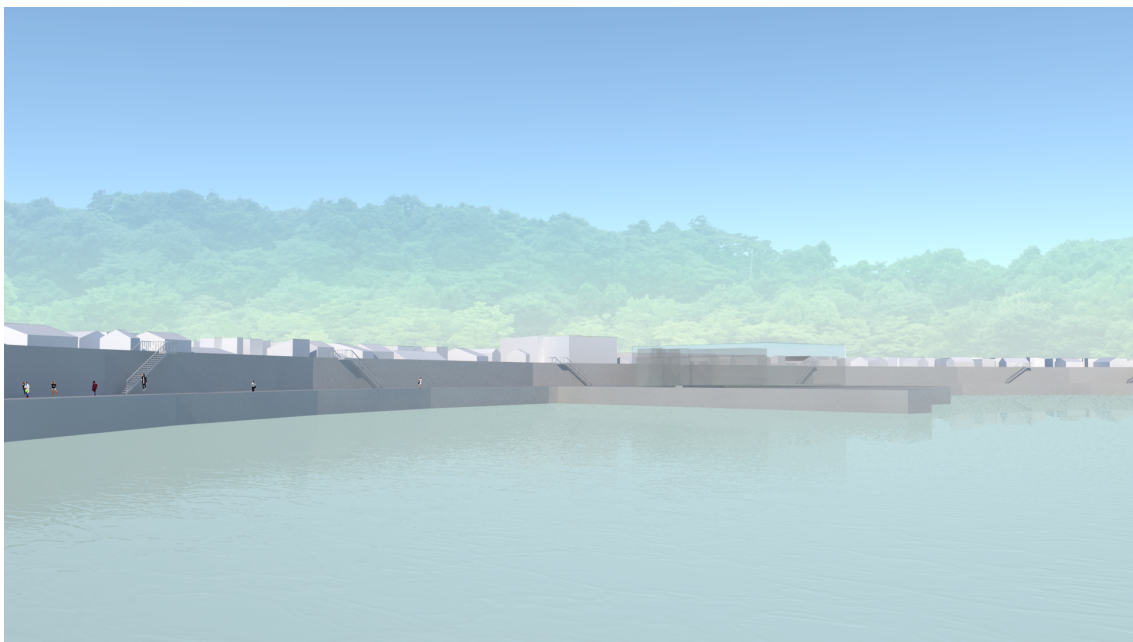


図 6-9 東北のような防潮堤を設計した時のイメージパース

しかし、本設計では、階段部において違うボリュームを配置することで、長さ方向に分節化を図った。

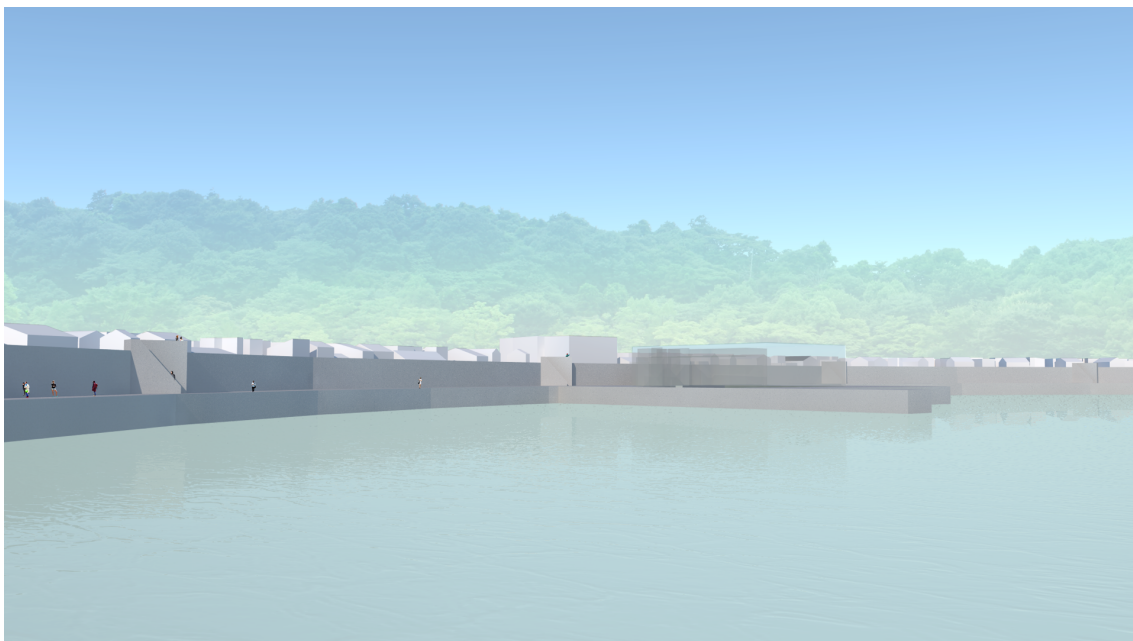


図 6-10 階段部において分節化を行った時のイメージパース

6.3.2. 構造計算

構造計算を行うことで、防潮堤の最低限必要な幅を算出し、本設計において構造検討における案の妥当性を確保することとした。

本設計では、『津波に対する建築物の構造設計法について -その2：設計法（案）-』^[6-3]を参考に、津波荷重の算出を行い、重力式防潮堤の構造計算を行った。自立鋼管矢板構造については、津波荷重の算出後、津波荷重による曲げモーメントと、JFE社のsky400の鋼管矢板^[6-4]の降伏強度の釣合を考慮し、鋼管矢板の必要外形についての算出を行った。

計算の方針としては、L2津波による津波荷重がかかる際に滑動、転倒、曲げが起こらないものとし、その時の必要な防潮堤幅の算出を行った。

対象エリアについて

本設計では、御豊瀬地区を対象に津波荷重の算出を行い、計算条件は以下の通りである。

表 3 構造計算における設計条件

計算条件	
平均的な地盤高さ	2.1m
L2津波高さ	16m
地盤沈降量（仮定）	1.5m
余裕高（仮定）	1m
嵩上げ後の防潮堤高さ	5.1m

(1) 津波荷重算出

資料を参考に御豊瀬地区におけるL2津波の際の津波荷重を算出し、算出結果より、防潮堤に約2308.85kNの津波荷重がかかることがわかった。

(2) 重力式構造

転倒・滑動・支持について照査を行った。

(i) 転倒の照査では、津波による転倒モーメントと、自重による抵抗モーメントの釣り合いから、防潮堤の必要幅を算出した。

この時、防潮堤高さ5.1m、防潮堤幅9.71mとなった。

(ii) 滑動の照査では、津波による水平荷重と、摩擦抵抗による釣り合いを検討し、浮力による抵抗力の減少も考慮した。

検討により、滑動を防止する時の防潮堤必要幅は、65.12mとなった。

以上の検討より、浦戸湾において重力式の防潮堤の整備は不可能であることがわかった。

(iii)本設計では、既存の防潮堤があり、舗装された地盤面であることから、支持力はあるものと仮定した。

(3) 自立鋼管矢板構造

次に自立鋼管矢板構造による防潮堤整備を行う場合の防潮堤必要幅の算出を行った。

浦戸湾では、現在ボーリング調査が行なわれている最中であることから、本設計では、鋼管矢板は支持層まで達した整備を行うと仮定した。

曲げについての照査を行い、支持層までの鋼管矢板の長さは不明であることから、地盤面での曲げの検討を行った。

このとき、津波荷重による曲げモーメントから、コンクリート重量による抵抗モーメントを引いた値と、鋼管矢板の曲げ強度の比較により鋼管矢板の必要外径の算出を行った。検討により、JFE の鋼管矢板、sky400 における必要な鋼管矢板の外形は 1800mm 必要である。

6.3.3. 概略積算

浦戸湾一周においては、防潮堤延長が長く、お金をかけた防潮堤の整備は行うことはできない。そこで、提案する防潮堤デザインについて概略の積算を行うことで、案の妥当性を検討した。

本設計では、防潮堤のコンクリート体積と表面積を算出し、コンクリート単価と型枠単価のそれぞれをかけたものを算出し、概略の積算額とした。

基本方針として、既存の階段、陸閘の箇所に階段を整備することとし、防潮堤延長と階段部分の合計の費用を算出した。

積算においては、以下の図面を参考に体積と表面積の算出を行った。なお、曲線型の階段デザインでは、曲線の踏面を台形に近似して計算を行っている。

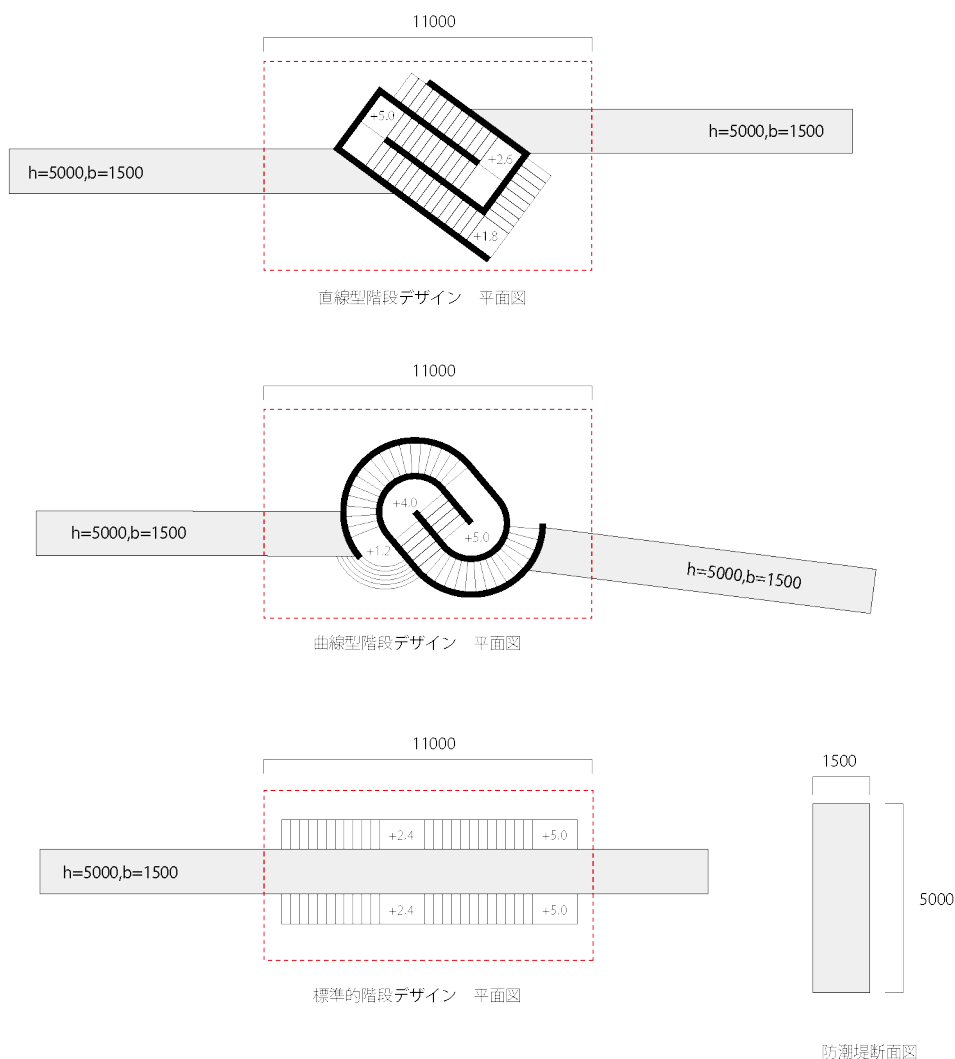


図 6-11 概略積算に使用した階段デザインと防潮堤平面図

なお、コンクリート単価は、高知県生コンクリート共同組合連合会 普通ポルトランドセメント 生コンクリート標準単価表において、普通セメントの高知【1地区】の最高単価と最安単価の平均値である 13,350 円を採用した。

型枠単価については、平成 26 年春における型枠工事の価格である 5000 円を採用した。

表 4 各階段デザインにおける積算費用一覧

	体積 [m ³]	コンクリート単価 [円]	表面積 [m ²]	型枠単価 [円]	合計 [円]
直線階段	143.46	13350	278.66	5000	3308537
曲線階段	138.87	13350	252.60	5000	3116900
分節化無し階段	139.74	13350	86.60	5000	2298529

計算結果より、階段により分節化を行う案では、分節化を行わない案より、1.36～1.44 倍ほど費用が増えることが考えられる。

ここで、浦戸湾沿岸に階段、陸間それぞれ 189 箇所、74 基確認できているため、その箇所の整備を行うこととし、浦戸湾沿岸の防潮堤延長は 29km であることから、階段整備後の費用は以下の通りとなる。

直線型階段デザイン：3,653,275 円

曲線型階段デザイン：3,461,637 円

標準的階段デザイン：2,643,267 円

計算結果より、階段による分節化によっておよそ 100 万費用が増加する。

防潮堤全体の予算が 600 億であるため、全体の費用から考えると現実的な階段のデザインといえる。

第6章 引用・参考文献

- [6-1] 高知県:第3回 高知県地震津波防災技術遠投委員会の資料, 2016.11
- [6-2] 高知県:第1回 高知港海岸景観・利便性等検討会:高知港及び浦戸湾周辺における景観・利用等の現況, 2016.11
- [6-3] 津波に対する建築物の構造設計法について -その2:設計法(案)-,岡田恒男 菅野忠 石川忠志 扇丈朗 高井茂光 浜辺千佐子, <http://www.hiroi.iii.u-tokyo.ac.jp/index-iinkai-tsunami-bosai-hinanbil-guideline-02-06.pdf>, 2004.11
- [6-4] JFE スチール株式会社, JFE の鋼管矢板, <http://www.jfe-steel.co.jp/products/katakou/catalog/d1j-503.pdf>, 2018.11

第7章

総括

7. 総括

7.1 本設計のまとめ

本設計では、浦戸湾を対象に景観に配慮した防潮堤の設計を行なった。本設計では、高く感じさせないデザインとして、盛り土や植樹によって防潮堤の壁面を隠し、防潮堤よりも高い樹木や丘を設けることとした。長く感じさせないデザインでは、異なる構造の防潮堤を組み合わせることや、必要な付属構造物を用い、分節化を行うことで長さ方向への分節化を図った。

また、壁の上を常に歩けるようにすることを基本方針とし、展望台を設けることや、周辺の施設と一体的に防潮堤をデザインすることで、日常的な利用を想定した防潮堤の設計を行った。

