

第Ⅱ 海 岸 編

第Ⅱ 海 岸 編

目 次

第1章 一 般	Ⅱ-1
1-1 一 般	Ⅱ-1
1-1-1 一般事項	Ⅱ-1
1-1-2 設計基礎条件の決定方針	Ⅱ-1
1-1-3 設計基礎条件	Ⅱ-2
1-2 海岸保全区域に係る記号	Ⅱ-3
1-3 計画諸元	Ⅱ-4
第2章 堤防及び護岸	Ⅱ-5
2-1 設計の基本方針	Ⅱ-5
2-2 設計条件	Ⅱ-6
2-3 型式の選定	Ⅱ-6
2-4 基本形	Ⅱ-9
2-4-1 法線	Ⅱ-9
2-4-2 表のり勾配	Ⅱ-9
2-4-3 天端高	Ⅱ-9
2-4-4 裏のり勾配	Ⅱ-9
2-4-5 天端幅	Ⅱ-9
2-5 堤 体	Ⅱ-10
2-6 構造細目	Ⅱ-10
2-6-1 表のり被覆工	Ⅱ-10
2-6-2 天端被覆工及び裏のり被覆工	Ⅱ-12
2-6-3 基礎工	Ⅱ-12
2-6-4 止水工	Ⅱ-14
2-6-5 根固工	Ⅱ-14
2-6-6 消波工	Ⅱ-15
2-6-7 波力に対する捨石等の所要重量	Ⅱ-16
2-6-8 波返工	Ⅱ-17
2-6-9 根留工	Ⅱ-17
2-6-10 排水工	Ⅱ-17
2-7 空洞化対策	Ⅱ-19

第 3 章 突 堤	II-21
3-1 設計の基本方針.....	II-21
3-2 設計条件	II-21
3-3 型式の選定.....	II-21
3-4 基本形.....	II-21
3-4-1 堤 長.....	II-23
3-4-2 方 向.....	II-23
3-4-3 間 隔.....	II-24
3-4-4 天端高.....	II-24
3-4-5 天端幅.....	II-25
3-5 堤 体.....	II-25
3-6 構造細目	II-25
第 4 章 離岸堤	II-26
4-1 設計の基本方針.....	II-26
4-2 設計条件	II-28
4-3 型式の選定.....	II-28
4-4 基本形.....	II-29
4-4-1 平面配置.....	II-29
4-4-2 天端幅.....	II-31
4-4-3 天端高.....	II-31
4-5 堤 体.....	II-32
4-6 構造細目	II-33
4-6-1 本 体.....	II-33
4-6-2 基礎工.....	II-34
第 5 章 人工リーフ	II-36
5-1 設計の基本方針.....	II-36
5-2 設計条件	II-38
5-3 型式の選定.....	II-38
5-4 基本形.....	II-42
5-4-1 断面形状.....	II-42
5-4-2 平面配置.....	II-42
5-5 堤 体.....	II-44
5-6 構造細目	II-44
5-6-1 被覆工.....	II-44
5-6-2 中詰工.....	II-46

第6章 養 浜 II-47

6-1 設計の基本方針..... II-47

6-2 設計条件 II-47

6-3 基本形 II-47

 6-3-1 養浜形態（工法） II-47

 6-3-2 基本形状 II-48

 6-3-3 海浜縦断形..... II-48

 6-3-4 平面形（安定汀線） II-49

6-4 養浜材料 II-49

6-5 養浜量 II-49

第7章 附帯施設 II-50

7-1 水門及び樋門 II-50

 7-1-1 設計の基本方針 II-50

 7-1-2 設計条件..... II-50

 7-1-3 位置の選定 II-50

 7-1-4 敷高及び断面 II-50

 7-1-5 構 造 II-50

 7-1-6 本体及びゲート II-50

7-2 排水機場 II-51

 7-2-1 設計の基本方針 II-51

 7-2-2 位 置 II-51

 7-2-3 設計条件..... II-51

 7-2-4 構 造 II-51

 7-2-5 ポンプ及び原動機 II-51

7-3 陸こう II-52

 7-3-1 設計の基本方針 II-52

 7-3-2 設計条件..... II-52

 7-3-3 扉体の構造 II-52

7-4 昇降路及び階段工 II-52

7-5 えい船道及び船揚場..... II-52

第1章 一般

海岸施設の設計にあたっては、以下の基準等に基づき実施するものとする。

- (1) 海岸保全施設の技術上の基準・同解説(平成16年6月)
- (2) 国土交通省河川砂防技術基準 同解説 計画編
基本計画編 第4章 海岸保全計画
施設配置等計画編 第4章 海岸保全施設配置計画(平成17年11月)
- (3) 緩傾斜堤の設計の手引き(改訂版)(平成18年1月)
- (4) 人工リーフの設計の手引き(改訂版)(平成16年3月)
- (5) 海岸施設設計便覧(2000年版)(平成12年11月)
- (6) 実務者のための養浜マニュアル(平成17年10月)
- (7) その他関連図書等

なお、本要領では、上記の基準類に記載のない当地整管内の特性を踏まえた施工事例や、施設諸元の設定事例を参考として記載した。しかし、これらは必ずしも限定するものではなく、個々の現地状況に応じた検討を行うことを基本とする。

1-1 一般

1-1-1 一般事項

海岸保全施設は、施設の求められる機能と高潮、波浪、地震、津波等による作用が構造物ごとに異なることを考慮し、求められる機能を満たし、考慮すべき作用に対して構造的に安全でなければならない。

設計に際しては、高潮、波浪、津波、流れ、漂砂、海浜形状、地盤、土圧、水圧、地震、環境と利用等の設計条件を考慮するものである。

・設計にあたって考慮すべき事項

(1) 作用と基礎条件の把握

海岸保全施設の設計において対象とする主な作用は、高潮、波浪である。構造物、条件によっては、津波、地震、水圧力、土圧力、流れ、風圧等も含まれる。構造物の安全性の検討には、設置地点の地質構造、地盤支持力も必要となる。海浜変形、地盤変動、海面の長期変動等も施設の安全性の支配要因になる。したがって、これらの事項について、十分な調査・観測が必要である。

(2) 規模と設計共用期間の認識

施設規模は、背後地の重要度などと整合のとれたものでなければならない。規模、構造型式の決定に当たっては、求められる機能を満足する技術的な検討と経済性から見た検討が必要である。経済的な検討では、工費のみではなく、もたらされる便益も考慮した費用便益分析などにより検討すべきである。その際には、施設の耐用期間と設計供用期間との関係を考慮して、維持管理費や更新を含めたライフサイクルコストに配慮する必要がある。

(3) 周辺海岸環境への影響

海岸保全施設は、当該海岸周辺の生態系や自然環境に、施設規模かそれ以上のスケールの範囲で影響を及ぼす。施設の設計に当たっては、求められる機能を満足する複数の設計案について、周辺海岸環境に及ぼす影響を検討し、好ましくない影響をできるだけ回避する設計案を選択する必要がある。

(4) 海岸利用や開発計画との調和

海岸は、陸と海の接点であり、漁業、レクリエーション、船舶航行等の利用が錯綜する空間であるとともに独自の自然環境・景観が形成されている。これら海岸の利用、自然環境・景観に配慮する必要がある。

(5) 施工性や維持管理面への配慮

当該海岸の地理的・社会的条件によっては、材料や作業船等の調達などにより、施工や維持管理が設計に際しての支配要素となることがあるので、これらへの配慮が必要である。

1-1-2 設計基礎条件の決定方針

設計に使用する基礎条件は、信頼できる実測値および推算値に基づいて決定するものとする。ただし、信頼できる実測値が得られない場合においては、近傍隣地などでほぼ基礎条件が等しい箇所の実測資料、模型実験、数値計算などから合理的に算定するものとする。

1-1-3 設計基礎条件

設計条件の決定のための手段として使用する次の項目については、海岸保全施設の技術上の基準・同解説（平成16年）、及び国土交通省河川砂防技術基準 同解説 計画編 基本計画編 第4章海岸保全計画（平成17年）、平成23年東北地方太平洋沖地震及び津波により被災した海岸堤防等の復旧に関する基本的な考え方（平成23年）等を参照のこと。

- (1) 波
 - 1) 沖 波
 - 2) 浅海部における波の変化(水深のみにおける変化、屈折による変化、回折による変化、反射による変化、砕波等)
 - 3) 波力の算定(砕波の波圧、重複波の波圧、揚圧力、波力に対する捨石などの所要質量等)
- (2) 越波量
- (3) 波のうちあげ高
- (4) 津 波
- (5) 潮 位
- (6) 流 れ
- (7) 漂 砂および飛砂
- (8) 海岸形状
- (9) 地 盤
- (10) 地 震
- (11) 土圧および水圧
- (12) 風圧
- (13) 海岸の環境と利用
- (14) 海岸景観

1-2 海岸保全区域に係る記号

記 号

(建設省河川局長通達 昭和32年12月25日)

名 称	記 号	名 称	記 号
設 計 高 潮 位	H. H. W. L.	東 京 湾 中 等 潮 位	T. P.
朔 望 平 均 満 潮 位	H. W. L.	基 本 水 準 面	C. D. L.
平 均 満 潮 面	M. H. W. L.		
平 均 水 面	M. S. L.		
平 均 干 潮 面	M. L. W. L.		
朔 望 平 均 干 潮 位	L. W. L.		

1-3 計画諸元

計画諸元		海岸名		新潟海岸		下新川海岸		石川海岸
		有明浜工区	金衛町工区	生地以東	生地以西			
潮位	既往最高潮位	T.P+1.23m		T.P+1.03m		T.P+1.07m		
	朔望平均満潮位	T.P+0.71m		T.P+0.51m		T.P+0.46m		
	朔望平均干潮位	T.P+0.27m		T.P+0.06m		T.P+0.01m		
	計画偏差	0.61m		0.56m		0.75m		
	設計高潮位	T.P+1.40m		T.P+1.07m		T.P+1.21m		
波高	既往最大波高	6.92m		6.6m	2.7m	7.82m		
	同上周期	12.0sec		13.9sec	5.9sec	14.1sec		
	計画沖波波高	8.0m		7.4m	3.1m	9.0m		
	同上周期	14sec		13.9sec	6.6sec	14.1sec		
	波形勾配	0.026		0.025	0.046	0.029		
	設計波向	NNW		N10°E~ N10°W	W	NW~ WNW		
堤防 (護岸)	波のうちあげ高	2.1m		4.34m	2.96m	3.24m		
	設計余裕高	1.0m		0.29m	0.17m	0.9m		
	計画堤防高	T.P+4.5m	T.P+5.5m	T.P+5.7m	T.P+4.2m	T.P+5.4m		
消波工	天端幅			8.50m				
離岸堤	堤長	150m	—	100m	副 80m	150m		
	計画天端高	T.P+2.0m	—	T.P+2.7m	副 T.P+3.4m	T.P+2.7m		
	開口幅	50m	—	50m	副 70m	75m		
	離岸距離	150m	—	70m	副 130m	150m		
	設置地盤高	T.P-2.5m ~-3.5m 程度	—	離岸堤・副離岸堤 T.P-4.0m~-7.0m 程度		T.P-5.0m ~-7.0m		
人工リーフ	堤長	150m	404~624m	100m		150m		
	計画天端高	T.P-1.5m	二山型 沖側 T.P.-1.5m 陸側 T.P.-1.5m	T.P-2.0m		T.P-1.5m		
	開口幅	50m	沖側 60m 陸側 連続	50m		75m		
	離岸距離	150m		40~50m		150m		
	設置地盤高	T.P-4.5m 程度		T.P-6.2~-7.0m		T.P-7.0m		

※主要な施設のみ記載

第2章 堤防及び護岸

2-1 設計の基本方針

堤防および護岸は、海岸背後にある人命・資産を高潮、津波および波浪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。

堤防は高潮若しくは津波による海水の浸入を防止する機能、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。

堤防および護岸の設計にあたっては、自然条件、背後地の重要度、隣接する海岸保全施設、土地および水面の利用状況等を考慮して、型式、法線、表裏のり勾配、天端高、天端幅等を決定するものとする。

堤防と護岸の構造形状の違いは、堤防が原地盤を嵩上げて建設されるのに対し、護岸は原地盤の嵩上げを伴わない構造物であることである。

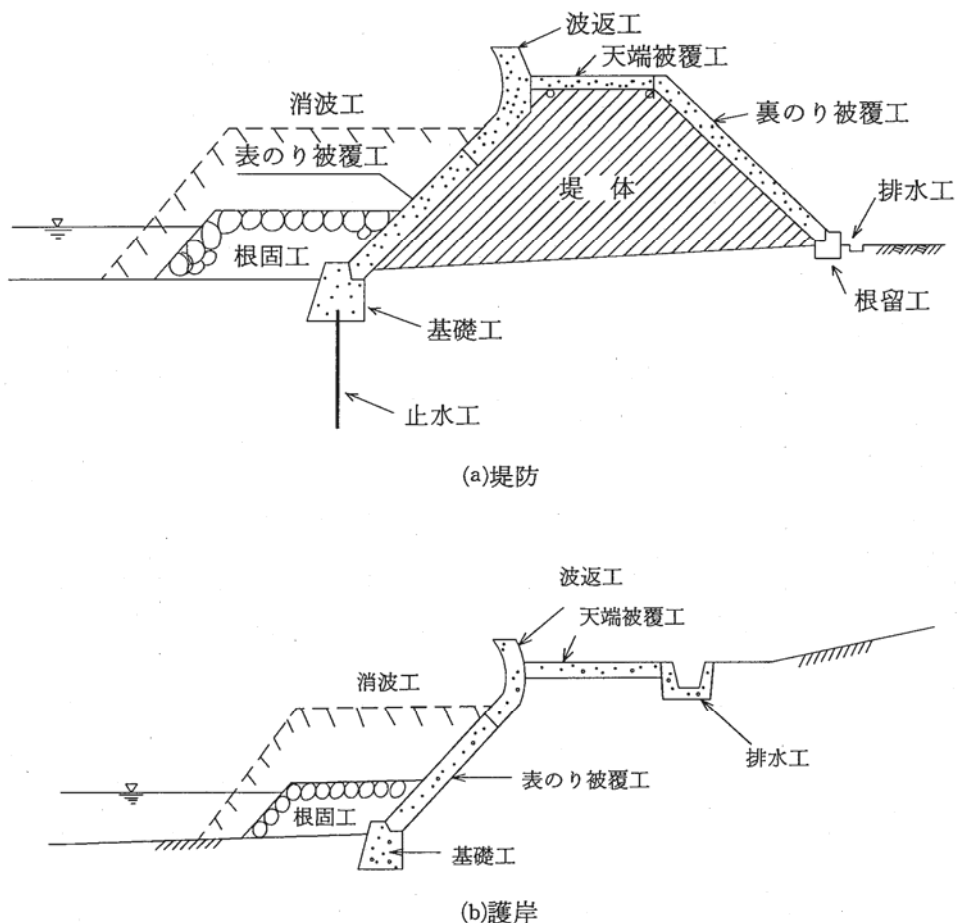


図2-1 堤防および護岸の概念図

2-2 設計条件

堤防および護岸の設計条件は、次の事項を考慮するものとする。

1. 潮位および波浪、津波
2. 流れ
3. 地盤
4. 海底地形および海浜地形、漂砂、底質
5. 地震力
6. 背後地の重要度
7. 施工条件
8. その他（海岸の環境、海岸の利用及び利用者の安全、船舶航行条件 等）

2-3 型式の選定

堤防および護岸の型式は、次の事項を考慮して選定するものとする。

1. 水理的条件
2. 基礎地盤の条件
3. 堤体土砂の確保の難易
4. 用地取得の難易
5. 海浜の利用
6. 施工条件
7. その地

表2-1 堤防および護岸に共通する型式 (法勾配)

傾斜堤	石張式、コンクリートブロック張式、コンクリート被覆式など	1:1以上
緩傾斜堤	コンクリートブロック張式、コンクリート被覆式など	1:3以上
直立堤	石積式、重力式、扶壁式など	1:1未満
混成堤	上記の組み合わせ	—

表2-2 主として護岸に用いられる型式

傾斜護岸	捨石式、捨ブロック式など
直立護岸	突型式(L型式を含む)、ケーソン式、コンクリートブロック積式、セル式、矢板式、石枠式など
混成護岸	上記の組み合わせ

①傾斜型

傾斜型の堤防は、原則として次のような場合に用いるものとする。

- a) 基礎地盤が比較的軟弱な場合
- b) 堤体土砂が容易に得られる場合
- c) 堤防用地が容易に得られる場合
- d) 水理条件、既設堤防との接続の関係などから判断して傾斜型が望ましい場合
- e) 海浜利用上、望ましい場合や親水性の要請が高い場合

②直立型

直立型の堤防は、原則として次のような場合に用いるものとする。

- a) 基礎地盤が比較的堅固な場合
- b) 堤防用地が容易に得られない場合
- c) 水理条件、既設堤防との接続の関係などから判断して直立型が望ましい場合

③混成型

混成型の堤防は、傾斜型及び直立型の特性を生かした型式が望ましい場合に用いるものとする。

上記の適合条件とともに海浜の利用状況、地形変化状況にも十分注意を払って型式を選定する。特に、堤防用地が容易に得られる場合には、越波流量、波のうちあげ高を低減でき、海浜利用上、親水性の高い緩傾斜堤の採用が考えられるが、その場合には、既存海浜を必要以上に占有し、海域植生に影響を与える場合もあるので注意が必要である。なお、前浜が狭い場合に直立堤の海側に前出しして緩傾斜堤を設置すると、設置と同時に砂浜が消失し、防護機能や安定性を損なう場合が多い。また、大量の越波が予想される箇所では、緩傾斜堤の設置によって越波・越流が助長され防護機能を損なうので、嵩上げを余儀なくされる場合が多い。そのため、このような場合には留意する必要がある。

また、適合条件でいう水理条件とは波浪の条件であって、例えば、堤防の予定されている位置が砕波帯の外にあり、重複波が作用する場合、またこれとは逆に堤防の予定される位置が陸上にあるなど、作用する波圧が小さいことが予想される場合には直立型が有利である。その中間の場合、特に堤防直前で砕波がおこる場合は、波力が強大となるので、傾斜堤とすることが水理的には有利である。また波力とは別に、堤防の背後地の利用条件などから越波流量にも制約を受けることがあるのでこれも考慮に入れることが必要である。

既設堤防との接続の関係とは、既設堤防と型式を変えた場合は、その接続部が構造上の弱点となるなどの支障があるので、同一型式とするなどの考慮をすることを意味する。

混成型の堤防は、傾斜型及び直立型の特性を生かして、基礎地盤があまり強固でなく、水深が大きな場所などに建設される。

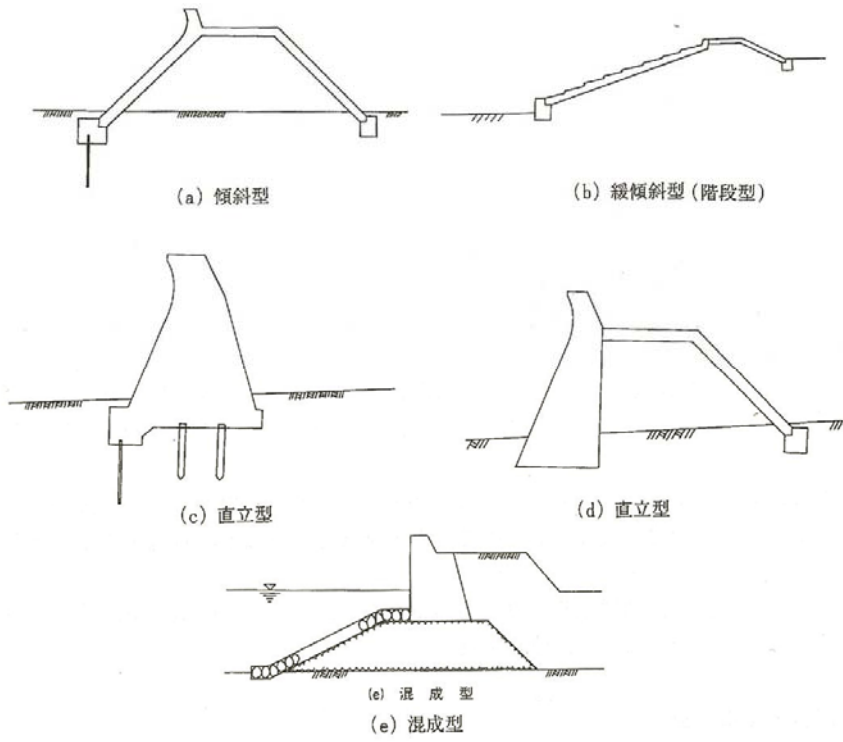


図2-2 堤防の型式

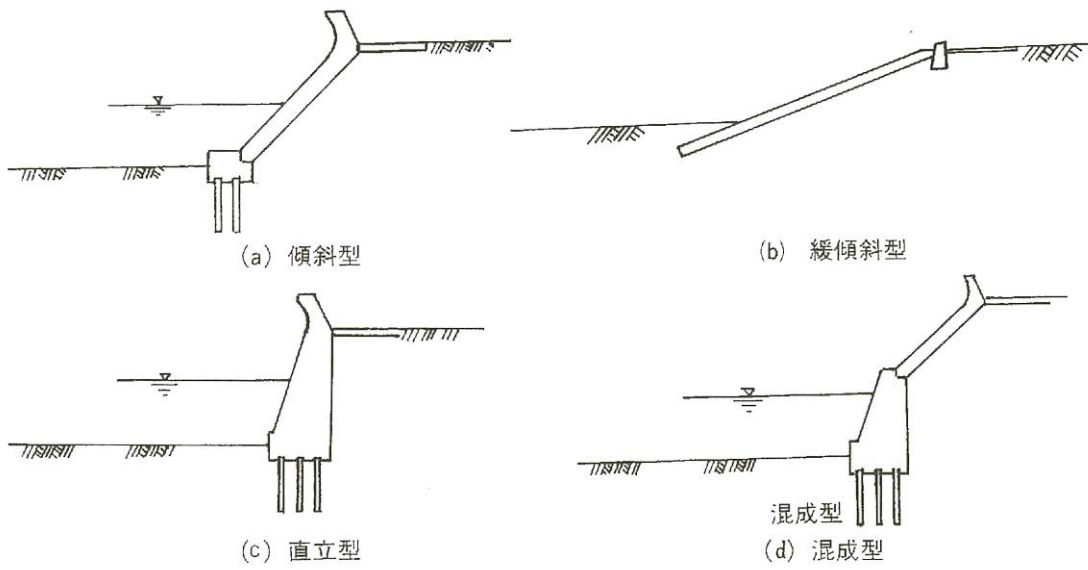


図 2-3 護岸の型式

2-4 基本形

2-4-1 法線

堤防の法線は、海浜および背後地の状況等を考慮し、高潮、波浪、津波の侵入を有効に防止できるように天端高と併せて決定するものとする。

護岸の法線は、海浜および背後地の状況を考慮し、波浪等による陸岸の侵食を防止できるように決定するものとする。

法線の決定にあたっては、背後地の土地利用状況と海岸利用、隣接構造物との関係、波の収れん、海浜地形への影響、施工性および維持管理などを考慮するものとする。

2-4-2 表のり勾配

堤防および護岸の表のり勾配は、堤体の安定、水理的条件、海浜の利用、土質、地形条件等を考慮して決定するものとする。

2-4-3 天端高

堤防および護岸の天端高(波返工のある場合はその頂高)は、設計高潮位に計画波浪に対して必要な高さおよび余裕高を加えたものとし、自然条件、堤防、護岸の形状、消波施設の効果、越波の許容の程度等を考慮して決定するものとする。

計画波浪に対して必要な高さは、設計高潮位、計画波浪、海浜断面、堤防・護岸の形状等の条件のもとで、適切な算定手法、または水理模型実験により求めるものとする。

必要がある場合には越波の状況を考慮し、適切な許容越波量を設定し、天端高を設定するものとする。許容越波量は、越波が海岸保全施設、背後の資産や利用に与える影響を考慮して設定するものとする。

津波を対象とする堤防・護岸の天端高は、設計津波、堤防・護岸の設置位置および構造、海浜および背後地の状況等を考慮して決定するものとする。

2-4-4 裏のり勾配

堤防の裏のり勾配は、堤防の円形すべりに対する安全性などを考慮して決定する。また、堤防の直高が5m以上の場合、または5m未満であっても特に必要な場合には、幅1.5m以上の小段を設けることが望ましい。

2-4-5 天端幅

堤防および護岸の天端幅は、波返工等を除き、原則として3m以上とするものとする。ただし、直立型の重力式堤防においては、1m以上とすることができるものとする。

2-5 堤 体

堤体は、波力、地震力、土圧等の外力に対して安定した構造としなければならない。また、必要に応じて地震力を考慮するものとする。なお、堤体は、浸透をできるだけ抑制し、堤体土砂の吸出し等を防止する構造としなければならない。

堤体の盛土材料としては原則として多少粘土を含む砂質、または砂礫質のものを用いるものとし、盛土の収縮および圧密による沈下に対して必要な余盛りを行い、必要に応じて隔壁を一定間隔に設けるものとする。

2-6 構造細目

2-6-1 表のり被覆工

堤防および護岸の表のり被覆工は、波浪による侵食および摩耗、ならびに堤体の土砂の流失を防止し、土圧、波力等の外力に対して安定した構造でなければならない。また、必要に応じて地震力を考慮するものとする。なお、斜面の上部は、作用する波力に応じて下部の被覆工と異なった被覆工とすることができるものとする。ただし、傾斜を変える場合にはできるだけ漸変させるか、または、その部分の構造を強化しなければならない。

コンクリートを場所打ちする場合には、原則として6～10mの間隔に伸縮目地を設けるものとする。また、伸縮目地は、スリップバー等により食違いを防止するとともに、止水板、または充てん材により水密性をもたせるものとする。

表のり被覆工の表面に曲面を付し、波返しの機能をもたせる場合には、その断面形状については波返工の断面形に準ずるものとする。また、波走止工を設ける場合には、構造上の弱点とならないように注意しなければならない。

表2-3 表のり被覆工の型式と標準構造

型 式		標 準 構 造	
傾 斜 型	石 張 式	<ul style="list-style-type: none"> ・築石の控長35cm以上 ・裏込め厚さは原則として30cm以上 	
	コンクリート ブロック張式	<ul style="list-style-type: none"> ・ブロックの厚さは50cm以上、ブロック重量は2t以上 ・裏込め厚さは原則として50cm以上 	
	コンクリート被覆式	平 張 式	<ul style="list-style-type: none"> ・コンクリート厚は標準50cm以上 ・裏込めコンクリート施工
		階 段 式	<ul style="list-style-type: none"> ・最小コンクリート厚は50cm ・階段の高さ20~30cm程度
		の り 枠 式	<ul style="list-style-type: none"> ・枠材の太さは、幅20~40cm、高さ30~50cm程度 ・枠は鉄筋コンクリートとする。 ・枠間隔は1~3mとし、ハンチを付ける。 ・中詰は石羽口工、またはコンクリートブロックを用いる。
直 立 型	石 積 式	<ul style="list-style-type: none"> ・原則として練積み ・築石の控長35cm以上 ・裏込めコンクリート厚は10cm以上 ・裏込め厚は50cm以上 	
	コンクリート ブロック積式	<ul style="list-style-type: none"> ・石積式に準ずる。 	
	重 力 式	<ul style="list-style-type: none"> ・堤体の構造に準ずる。 	
	扶 壁 式	<ul style="list-style-type: none"> ・壁体の最小厚さは、無筋コンクリートにあつては50cm以上、鉄筋コンクリートにあつては30cm以上 ・扶壁間隔は3mを標準とする。 	

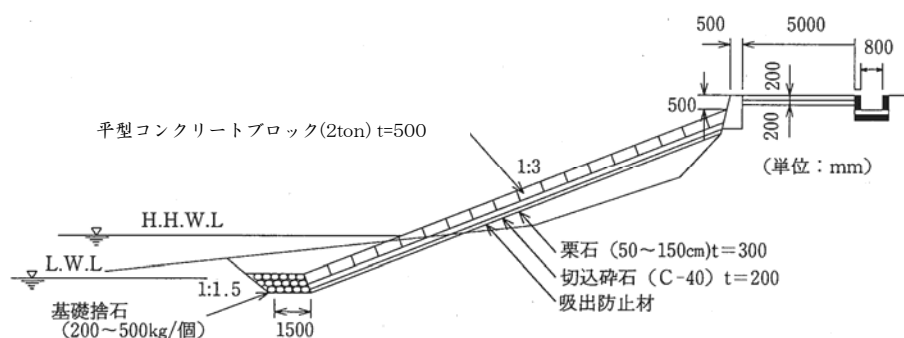


図2-4 コンクリートブロック張表のり被覆工

2-6-2 天端被覆工及び裏のり被覆工

堤防の天端および裏のり、また、護岸の天端には、原則として被覆工を設けるものとする。被覆工は、堤体を保護するとともに、堤体土砂の収縮や沈下に対しても順応できる構造とするものとする。また、天端上の排水を考慮した形状とするものとする。なお、堤防天端を道路として兼用する場合には、予想される交通荷重に対して堤防の安全を維持するために必要な強度を有するものとする。

表2-4 天端被覆工および裏のり被覆工の標準構造

型 式	標 準 構 造
石積み、石張式	<ul style="list-style-type: none"> ・築石は原則として控長30cm以上。 ・裏込めについては表のり被覆工に準ずる。
コンクリートブロック張式	<ul style="list-style-type: none"> ・ブロックは原則として辺長30cm以上、厚さ10cm以上。 ・裏込めについては表のり被覆工に準ずる。
コンクリート被覆式	<ul style="list-style-type: none"> ・コンクリート厚は原則として20cm程度 ・裏込めについては表のり被覆工に準ずる
アスファルト被覆式	<ul style="list-style-type: none"> ・締固工法による場合、原則としてアスファルト厚は6cm以上とする。 ・基礎砕石は厚さ20cm程度が望ましい。
コンクリートのり枠式	<ul style="list-style-type: none"> ・枠材の太さは幅20～40cm、高さ30-50cm程度を標準とする。 ・枠は鉄筋コンクリート構造とする。 ・枠の間隔は2～3m程度を標準とする。 ・中詰めは、コンクリート張り、アスファルト張り、石張り、ブロック張り等がある。

2-6-3 基礎工

堤防および護岸の基礎工は、上部構造物を安全に支えるため滑動や沈下を防止するとともに、波による洗掘にも耐えうる構造として設計するものとする。また、基礎地盤の透水性が大きい場合には止水工を併せ設置するものとする。なお、緩傾斜堤の基礎工は、表のり被覆工ののり先に設置されるものであり、必要に応じて捨石等を用いて表のり被覆工が安定となるよう設計するものとする。

緩傾斜堤の根入れ長

のり勾配は1:3以下とし、のり尻についてはブロックを水平に設置すると先端のブロックが波を反射して洗掘を助長しかねないため、ブロックの先端を同一勾配で地盤に突込むことが望ましい。また、緩傾斜堤の場合のブロックの根入れ深さ(図2-5 参照)は、次に示す堤脚部の地形変化に対して堤体の安定性が確保されるよう決定する必要がある。

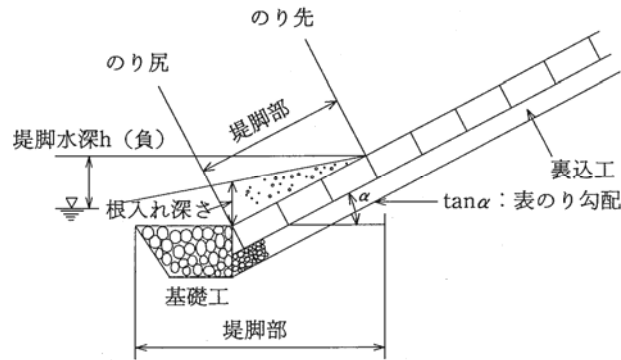


図2-5 緩傾斜堤の根入れ

- (a) 施工性・経済性から見てドライ施工の採用が可能な場合
 侵食による地盤低下量より根入れ深さを大きくするために、根入れ深さは次式を満足するようになる。

根入れ深さ > 地形変化(イ)による長期耐な地盤低下量
 + 地形変化(ロ)と(ハ)を合わせた最大洗掘深

地形変化(イ) 沿岸漂砂の不均衡によって生じる海岸侵食に伴う海浜変形

地形変化(ロ) 高波浪時の沖向き漂砂による、堤がなくても生じる海浜変形

地形変化(ハ) 高波浪により、堤脚部で生ずる局所洗掘

- (b) 水中施工となる場合

根入れにより洗掘に対処するのではなく、基礎工を設置する。この基礎工は、おもに高波浪時の堤脚部の地形変化に追随するためのものであり、地形変化の影響が堤体に及ばないだけの規模とする必要がある。

なお、2-3 型式の選定に示したように前浜が無い箇所への緩傾斜堤を採用すると、防護機能や堤体の安定性の低下をまねくため、留意する必要がある。

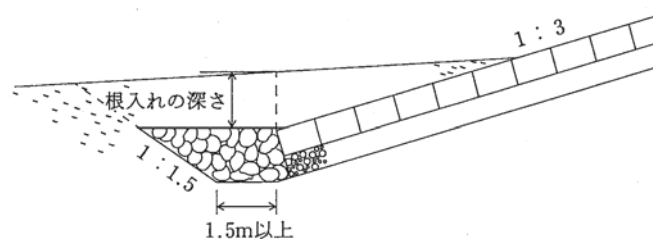


図2-6 根入れを伴う基礎工

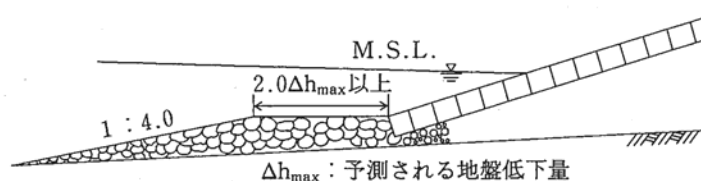


図2-7 根入れを伴わない基礎工

2-6-4 止水工

止水工は、基礎地盤、または基礎地盤と基礎工との間からの漏水の恐れのある場合に設けるものとする。また、基礎地盤の土質、透水層の深さ等を考慮し、堤体の漏水に対する安定性が確保されるとともにパイピングが発生しないよう設計するものとする。

2-6-5 根固工

根固工は、原則として(1)表のり被覆工の下部、または基礎工を保護する必要がある場合、(2)表のり前面の地盤の洗掘を防止する必要がある場合、(3)堤体の滑動を防止する必要がある場合に設けるものとする。

根固工は、表のり被覆工ののり先、または基礎工の前面に接続して設けるものとし、単独に沈下、または屈とう性を有する構造としなければならない。

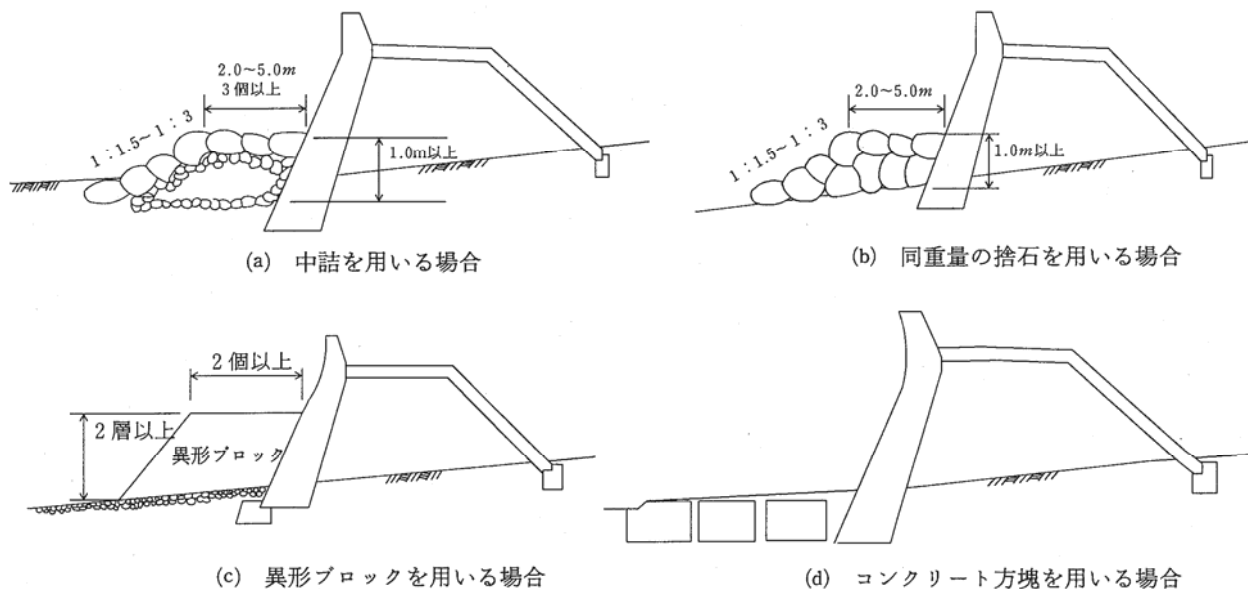


図2-8 根固工の種類

根固工には、次のような条件が要求される。

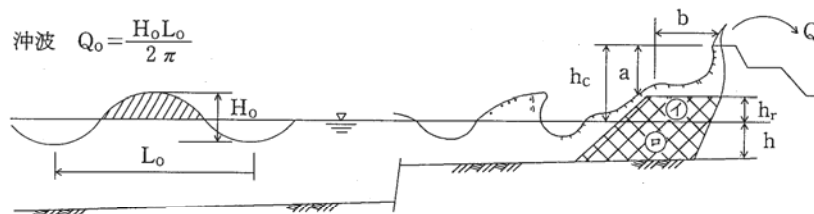
- (1) 波の堤防への衝突や反射の影響をできるだけ小さくすること。
- (2) 砕波や渦あるいは戻り流れなどにより、海底や浜の土砂が乱され、移動し、運び去られることを極力防ぐため、海底あるいは海浜のある範囲を覆い、海水のじょう乱が直接及ばないようにすること。
- (3) 根固工自体の前面洗掘もできるだけ小さくすること。
- (4) 波力によって散乱、崩壊しないよう十分な重量を有すること。
- (5) ブロック相互のかみ合わせがよく、できれば連繋させて、屈とうできる一帯性のもので、地盤の変形、沈下に追従できること。
- (6) 簡単に沈下、変形しないよう原則として適当な基礎工を有すること。
- (7) 維持、補修が容易であること。

2-6-6 消波工

(1) 消波工は、計画潮位、計画波浪等の条件のもとに必要な機能を発揮し、適正な規模となるよう設計するものとする。

消波工として必要な条件は、以下のとおりとなる。

- (1) 表面粗度の大きいものであること。
- (2) 適度な大きさ、形、分布を有する空隙をもつこと。
- (3) ある程度の容量をもつこと。この容量は、水量の一部を消波工の内部に貯留するのに必要な容量であるので、図2-9において平均水面上の④の部分が大いことが望ましい。
- (4) 堤防天端(波返工天端)は、消波工天端よりある程度の高さをもつこと。
- (5) 波力に対して安定であること。



- h : 堤防の堤脚水深 (m)
 h_c : 堤防(波返工)天端の水面上の高さ (m)
 h_r : 消波工天端の水面上の高さ (m)
 a : 消波工天端から、堤防(波返工)天端までの高さ (m)
 $a = h_c - h_r$
 S : 消波工の水面上の面積 (m²)
 (図中) ④に相当するもので、 $S = h_r \times b$

図2-9 消波工の説明図

表2-5 消波工の諸元の標準

消波工の高さ 水深	① $\frac{h_r}{H_0}$	② $\frac{h_c + h_r}{H_0}$	③ $\frac{h_c + h_r}{h}$	④ $\frac{2 \pi S}{H_0 L_0}$
$h/H_0 = 0$	0.5	1.0	—	0.1
$h/H_0 = 0.5$	0.6	1.5	3.5	0.2
$h/H_0 = 1.0$	0.8	2.0	2.5	0.4
$h/H_0 = 2.0$ 以上	0.7	1.7	1.0	0.2

2-6-7 波力に対する捨石等の所要重量

のり面における表面捨石等の所要重量は、ハドソン式等、適切な算定式又は水理模型実験により算定するものとする。

1. ハドソン式について

この算定式はハドソン(Hudson)がイリバレンーハドソン(Iribarren-Hudson)式に代わるものとして発表したものであり、次式によって表される。

$$W = \frac{\gamma_r \cdot H_D^3}{K_D (\gamma_r/w_0 - 1)^3 \cot \alpha}$$

- ここに
- W : のり面における表面捨石などの重量 (tf {kN})
 - γ_r : 捨石などの空中単位体積重量 (tf/m³ {kN/m³})
 - w_0 : 海水の単位体積重量 (tf/m³ {kN/m³})
 - α : のり面が水平面となす角 (度)
 - K_D : 捨石等の種類によって決まる常数
 - H_D : のり面の前面における進行波の波高 (m)

(1) HD について

この式を用いて被覆材の設計重量を求める際には斜面ののり先での波高を求める必要がある。また、波高HDは有義波高を用いることとする。

(2) KDの値について

式中の係数(KD)は、捨石、ブロックの種類や積み方等により異なるものである。表2-6に示すように粗石では2～5、異形ブロックでは5～20とさまざまであり、個々のブロックKDについては、それぞれの実験結果などを用いることとする。

表2-6 粗石の K_D の値

区 分	層 数	K_D
丸みのある石	2層以下	2.5～2.6
	3層以上	3.0～3.2
角ばった石	2層以下	3.0～3.5
	3層以上	4.0～4.3

2. 必要重量についての配慮

水面下の部分の被覆材の安定重量は、波の作用も弱まるので、1.5HDから2.0HDより深い場所などでは重量の小さい捨石およびブロックを使うことができる。波力の集中する波の取れん部あるいは堤端部等においては予め5割程度重量を割増しておくことが望ましい。堤頂をL.W.L付近に有する潜堤の場合には、さらに重量を割り増しておくことが望ましい。また、前面水深が洗掘によって増加し、これにつれて波高が増大する恐れがあるので、洗掘に対しても安定であり、かつ増大した波高に対しても斜面の安定をくずさないよう重量を割増しすることが望ましい。また、砂利海岸などの根固用では、摩耗を考慮してブロック重量を割増しすることなどもある。

2-6-8 波返工

必要となる堤防・護岸天端高のうち、原則として1m以下を波返工をもってあてることができるものとする。波返工は、堤体と一体となるように堅固に取り付けるものとし、原則として鉄筋コンクリート構造とするものとする。また、波返工の幅は原則としてなめらかに続く曲面とするものとし、波返工の幅は、原則として50cm以上とするものとする。なお、伸縮目地は表のりの伸縮目地と一致させるものとする。

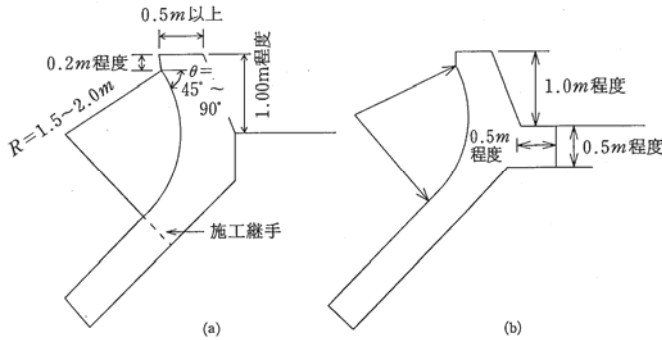
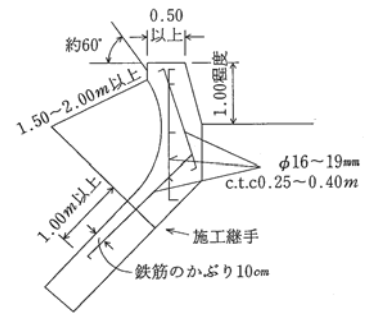


図2-10 波返工の構造



※異形棒鋼の採用も可とする

図2-11 波返工の配筋

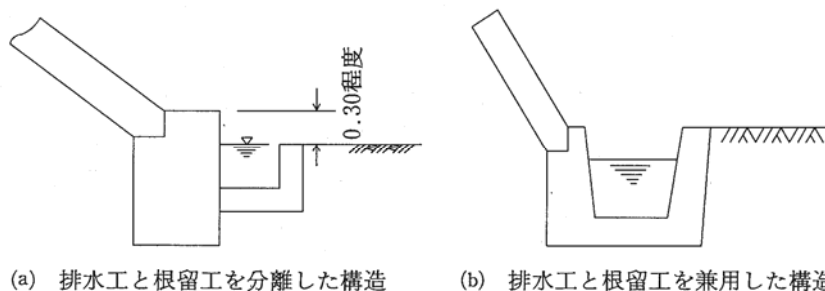
2-6-9 根留工

堤防の裏のり尻には、原則として根留工を設けるものとする。根留工は、裏のり被覆工の基礎としての機能、越波した海水によるり尻洗掘防止の機能等をもつように設計するものとする。

2-6-10 排水工

堤防および護岸には、原則として排水工を設けるものとする。排水工は、原則として計画上の越波量を対象として設計するものとするが、地形、背後の土地利用状況等を考慮して適正な規模のものとする。排水工は堤防にあっては裏のり尻に設けるものとし、構造上の弱点となる恐れがない場合は根留工と兼ねさせることができるものとする。護岸にあっては天端工に併設するものとする。また、計画規模を超過した波による越波が背後地へ侵入するのを極力防止したい場合には、副堤を設けることも可能とする。

なお、設置にあたっては背後地の排水も考慮して排水流末を設けるものとする。



(a) 排水工と根留工を分離した構造

(b) 排水工と根留工を兼用した構造

図2-12 根留工と排水工(単位:m)

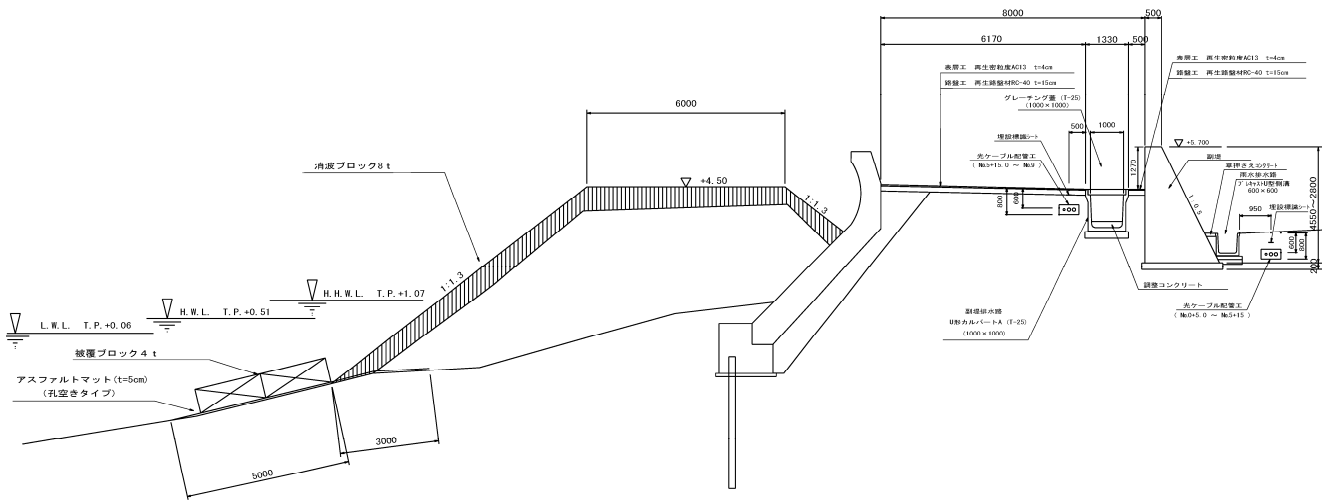


図2-13 施工事例 副堤標準断面図（下新川海岸・生地）

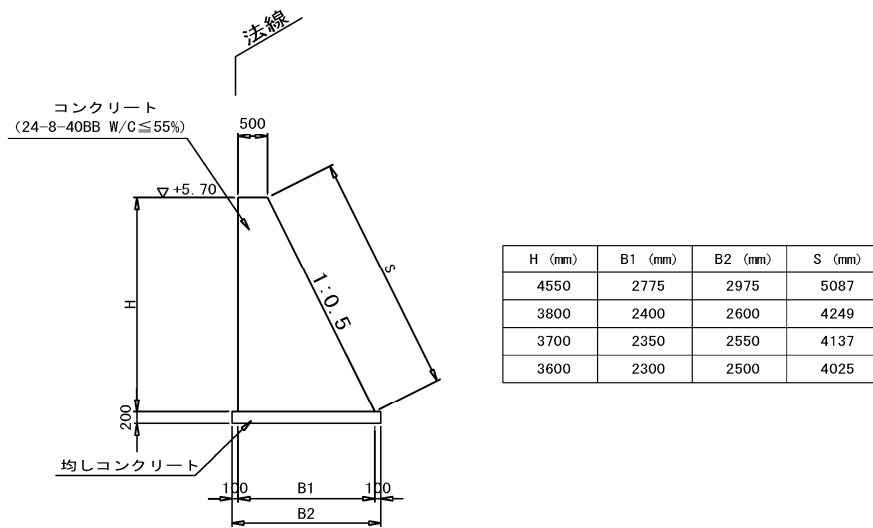


図2-14 施工事例 副堤断面図（下新川海岸・生地）

2-7 空洞化対策

空洞化の有無を定期的に確認ができるよう、必要に応じて堤防天端に観測孔を設けるものとする。
老朽化や地盤の沈下による変状などに伴って吸い出しが生じ、堤体内に空洞が発生している可能性がある場合には、適切な対策を施すものとする。

各海岸における空洞化対策の実施例を以下に示す。

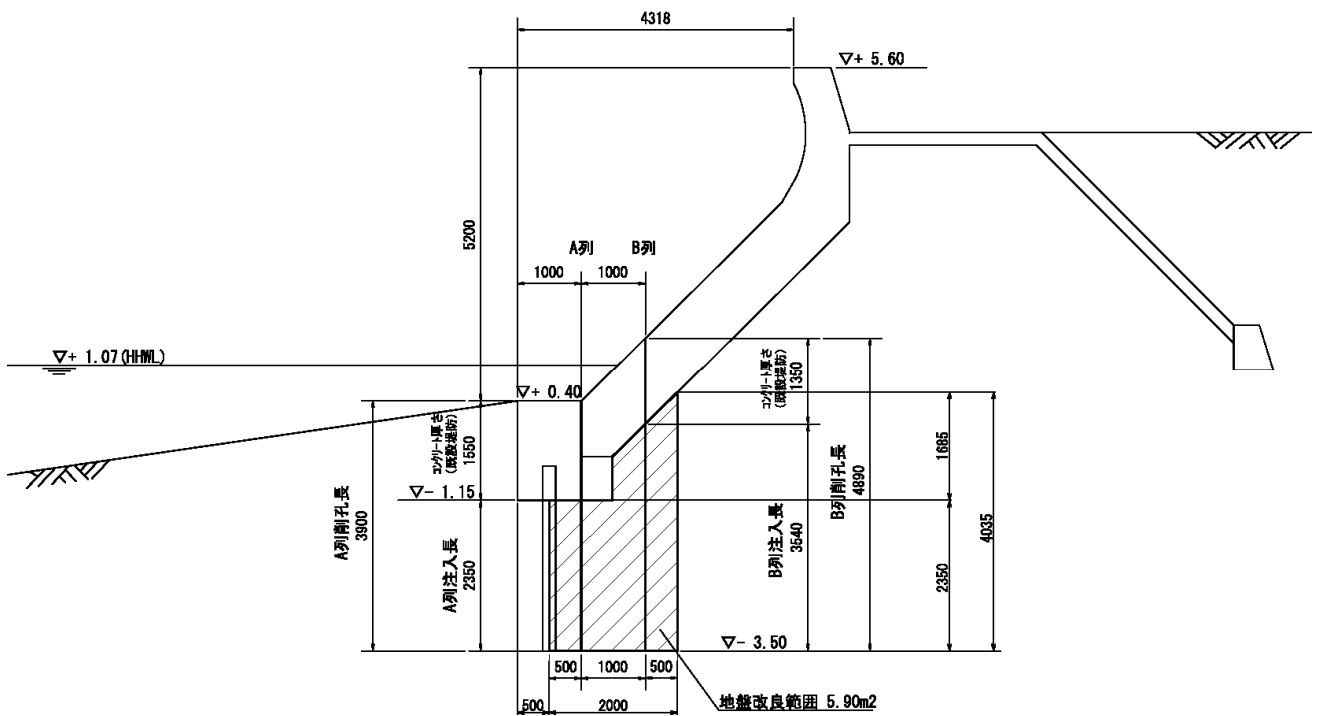


図2-15 施工事例 地盤改良工標準断面図（下新川海岸・目川）
（特殊スラグ系注入材を用いた薬液注入工法による地盤改良の実施例）

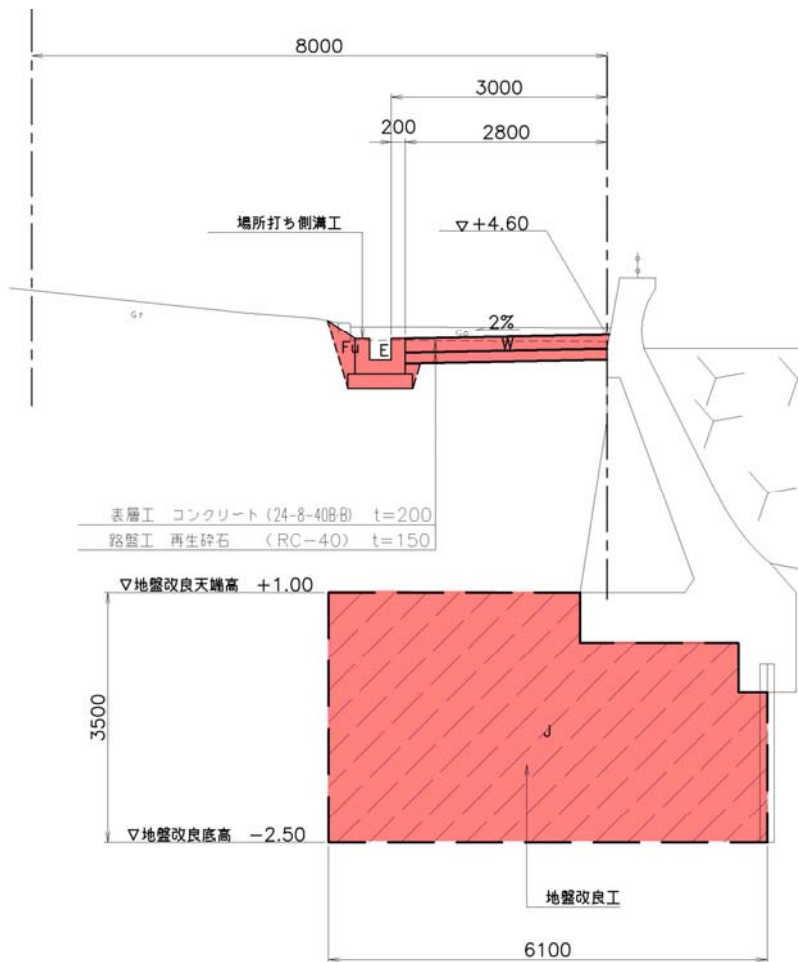


図2-16 施工事例 地盤改良工標準断面図 (石川海岸・浜佐美)
(天端工・排水工をあわせて整備した例)

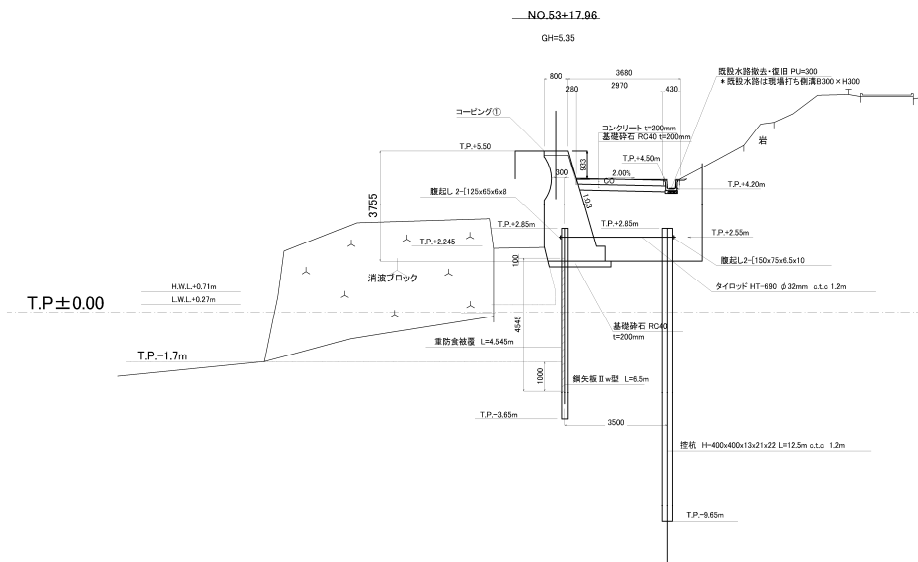


図2-17 施工事例 控え鋼矢板 標準断面図 (新潟海岸・金衛町)

第3章 突 堤

3-1 設計の基本方針

突堤は、海岸侵食の防止、軽減及び海浜の安定化を図ることを目的として設置される陸上から沖方向に細長く突出した海岸保全施設である。

突堤は、漂砂を制御することにより汀線を維持し、又は回復させる機能を有するものとする。

突堤の設計にあたっては、自然条件、設置に伴う影響、海浜の利用状況等を考慮して、長さ、天端高、方向、間隔等を決定するものとする。

3-2 設計条件

突堤の設計条件は、次の事項を考慮するものとする。

1. 潮位および波浪
2. 地盤
3. 海底地形および海浜地形
4. 流れおよび漂砂
5. 施工条件
6. その他（背後地の重要度、海岸の環境、海岸の利用及び利用者の安全、船舶航行条件 等）

3-3 型式の選定

突堤の型式は、原則として透過性および横断面形状を検討し選定するものとする。

1. 透過型、不透過型の選定にあたっては、海浜地形、漂砂、卓越する波向、沿岸流の方向等を考慮するものとする。
2. 横断面形状の選定にあたっては、設置水深、潮差、波力、必要とする透過性、材料の入手の難易等を考慮するものとする。

表3-1 突堤の構造型式

	型式名	構造等
透 過 性	捨石、捨ブロック式	石、ブロック(異形ブロックを含む)を捨て込んだもの。ブロックに孔をあけ、これに杭を差し込んだ串形のものもある。
	詰杭式	コンクリート杭等を2列に打ち並べ、この中に、中詰石を詰めたもの。透過率は小さく不透過に近い。
	石枠式	鉄筋コンクリートで枠を作り、中に詰石をするもの。最近はほとんどない。
	有脚式	杭とプレキャストコンクリートブロック等を重ね合わせたもの。海底勾配が急峻であり設置水深が大きくなる場合に有効。(施工例：下新川海岸生地地区)
不 透 過 性	石積式、石張式	捨石し、表面を割石で張るもの。のり勾配が1:1より急なものが石積み、穏やかなものが石張り。
	コンクリートブロック積式	コンクリート方塊ブロックを積み上げるもの、平らな形のブロックに孔をあけ、これに杭を差し込んだ串形のものもある。
	場所打コンクリート式	陸上部分に用いられるのが大半である。
	ウエル、ケーソン、セルラーブロック式	外洋に面した急勾配海岸の堤頭部にウエルが用いられることが多い。他は混成堤タイプとして用いられる
	二重矢板式	鋼矢板を二重に打ち、中に砂利、土砂を中詰めしたもの。
	パイラル式	鋼管矢板を一行に打ち並べたもの。

表3-2 横断面形による分類

直立型	斜面勾配 鉛直～1:1	石積式、コンクリートブロック積式、ケーソン式、セルラーブロック式、ウエル式、石砕式など
傾斜型	斜面勾配 1:1より緩やか	石張式、捨石式、捨ブロック式など
混成型	—	上記の組み合わせ

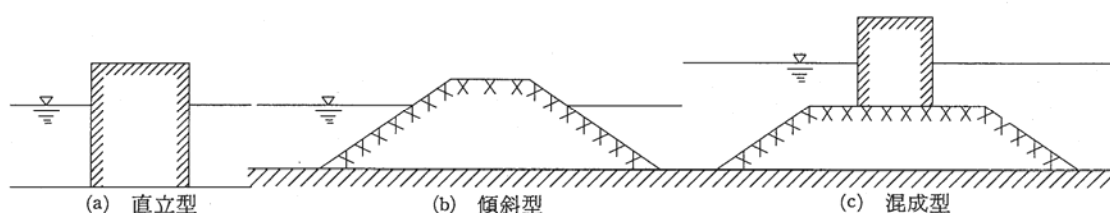


図3-1 突堤の横断形状

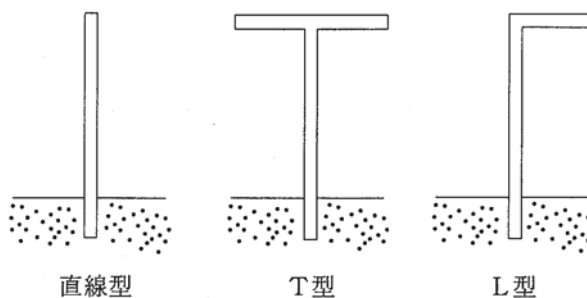


図3-2 突堤の平面形状

3-4 基本形

3-4-1 堤長

長さは、保全すべき海浜地形および漂砂をしゃ断しようとする範囲を考慮して次により決定するものとする。

1. 突堤の基部は、原則として荒天時に波が基部の背後に回り込まない位置まで設けるものとする。
2. 突堤の先端は、沿岸漂砂の制御効果の支配的要因であり、上手側の堆砂効果及び下手側の侵食に対する影響を十分に考慮して決定する必要がある。このためには、防御する範囲及び目標とする海浜形状・必要砂浜幅を設定するとともに、沿岸漂砂や沿岸流の実態を把握することが必要となる。

3-4-2 方向

方向は、波向に対して最も効果が得られるように決定するものとし、波向に変動がある場合には原則として汀線に対しほぼ直角とするものとする。

3-4-3 間 隔

突堤の間隔は、突堤間の最も後退した汀線部において、海岸保全上および利用上必要な幅の砂浜が確保できるように決定するものとする。

突堤間の汀線は、**図3-3** に示すように沿岸漂砂の上手側では後退、下手側では前進し、突堤の間隔が広がるとともに後退量、前進量ともに大きくなる。したがって、突堤の間隔は突堤間で最も汀線が後退すると予想される箇所において、海岸保全及び海岸域の利用、自然環境に必要な砂浜幅が確保されるように決める必要がある。

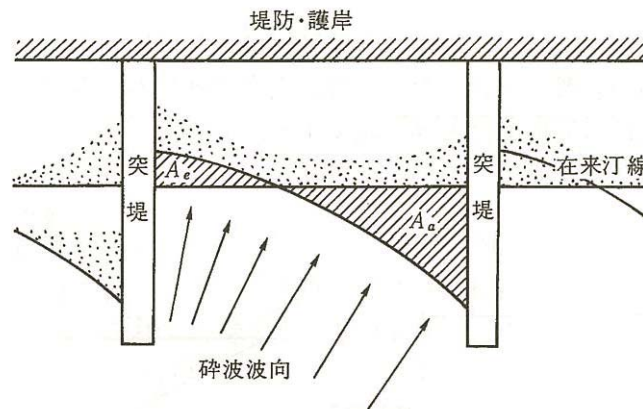


図 3-3 突堤間の汀線形状

3-4-4 天端高

天端高は、原則として次により決定するものとする。

1. 陸側の水平部分は原則として設計に使用する波が越えない程度の高さとする。
2. 中間の傾斜部分は前浜勾配にほぼ平行にする。
3. 先端部は水平、または海底勾配に平行とし、天端高は、突堤の構造、下手側に補給される漂砂量等により決定する。

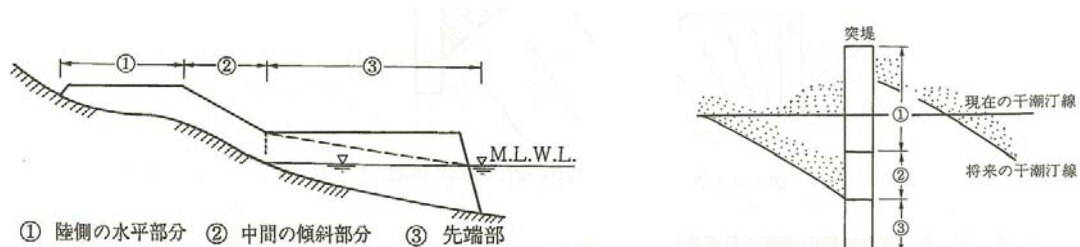


図3-4 突堤の各部分の天端高

3-4-5 天端幅

天端幅は、堤体の安定を考慮して決定するものとする。なお、施工方法が陸上からの巻きだしとなる場合には、重機が通行可能な幅を確保する必要がある。

3-5 堤 体

堤体は、波力、土圧等の外力に対して安定した構造とするものとする。なお、脚部が洗掘される恐れのある場合には、洗掘を防止するために必要な基礎工または根固工を設けるものとする。

3-6 構造細目

突堤の構造は、構造形式ごとに外力に対し安定であるよう決定するものとする。

1. 表面被覆材重量の算定

表面被覆材の安定な質量の算定には、ハドソン式を用いる。波高は有義波高を用いることを標準とする。また、被災事例の多い海岸においては、所要質量の1.5倍程度の質量を使用することが望ましい。

$$M = \frac{\rho_r H^3}{K_D (S_r - 1)^3 \cot \alpha}$$

ここに、

M ; 斜面被覆材の重量(t)

ρ_r ; 斜面被覆材の密度 (t/m³)

H ; 設計計算に用いる波高(m)

K_D ; 被覆材の形状及び被害率などによって決まる定数 (K_D 値)

S_r ; 斜面被覆材の海水に対する比重 (ρ_r / ρ_0)

ρ_0 ; 海水の密度 (1.03t/m³)

α ; 斜面が水平面となす角

2. 捨石材の品質について

基礎捨石に用いる石材は、偏平や細長でなく、堅硬、ち密で、耐久性があるものとするべきである。使用石材の決定に当たっては、十分に材質を把握した上で、入手の難易、運搬能力、価格等を考慮すべきである。

第4章 離岸堤

4-1 設計の基本方針

離岸堤は海岸背後にある人命、資産を高潮及び波浪から防護すること若しくは海岸侵食の防止、軽減及び海浜の安定化を図ること又はその両方を目的とし、汀線の沖側に設置される天端高が海面よりも高い海岸保全施設である。

離岸堤は、消波することにより越波を減少させる機能、漂砂を制御することにより汀線を維持し若しくは回復させる機能のいずれかの機能又はその両方の機能を有するものとする。

離岸堤は、自然条件、設置に伴う影響、海浜の利用状況等を考慮して、配置、天端高等を決定するものとする。

離岸堤の機能としては次のものがあげられる。

(1) 波浪制御機能

離岸堤は、直接的には波浪を制御する構造物であり、間接的に陸域側の漂砂制御や越波対策の役割を担う。

波高や越波の低減を目的とした離岸堤の機能を期待する場合には、離岸堤背後に生じる水位上昇や開口部の存在などにより必ずしも有効な消波効果をできない場合があるので留意する必要がある。一方、離岸堤背後に堆砂しトンボロが形成された場合にはより高い消波効果が期待できる。

(2) 漂砂制御機能

離岸堤は、波の回折及び消波によって沿岸方向、または岸沖方向の漂砂を制御する効果を持つ。砕波帯内に設置される透過型離岸堤の堆砂機構は次のように考えられる。

- a) 回折波によって離岸堤背後に向かう沿岸方向の流れが生じるとともに、離岸堤背後の波高が減衰し、離岸堤を通過して沖から岸に向かう流れが発生する。
- b) 砕波や反射波によって浮遊した底質は、この流れによって岸側に運ばれる。
- c) 離岸堤背後は、離岸堤により他の水域と比べ静穏域となっているため、浮遊した底質の一部はここに沈降し、離岸堤背後の汀線が前進し、舌状砂州(トンボロ)が形成される。

なお、離岸流背後の循環流の発達によって、沿岸流が分断され強い沿岸流が生じにくくなるため、沿岸漂砂量を小さくでき、離岸堤設置範囲において侵食を抑えられる。

一方、消波効果の高い離岸堤の開口幅を広くとって設置することにより静的に安定的な海浜を形成することもできる。

このように離岸堤は、供給土砂が減少した海岸では沿岸漂砂量を減少させる上で有効な対策となる。ただし、離岸堤によって沿岸漂砂を完全に止めてしまうと離岸堤の下手側で侵食が発生する可能性があるため、下手海岸への影響について十分な検討が必要である。また、前浜が完全に侵食された海岸や漂砂源が枯渇した海岸では、離岸堤を設置しても前浜の復元は困難であり、周辺の海岸侵食のみが現れる場合があるので、対象海岸の漂砂特性を十分に検討した上で選定の可否を判断する必要がある。

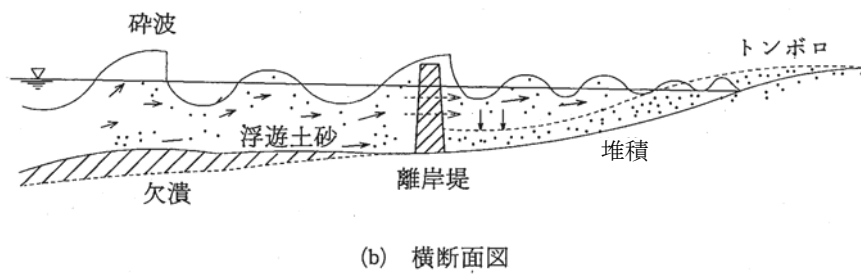
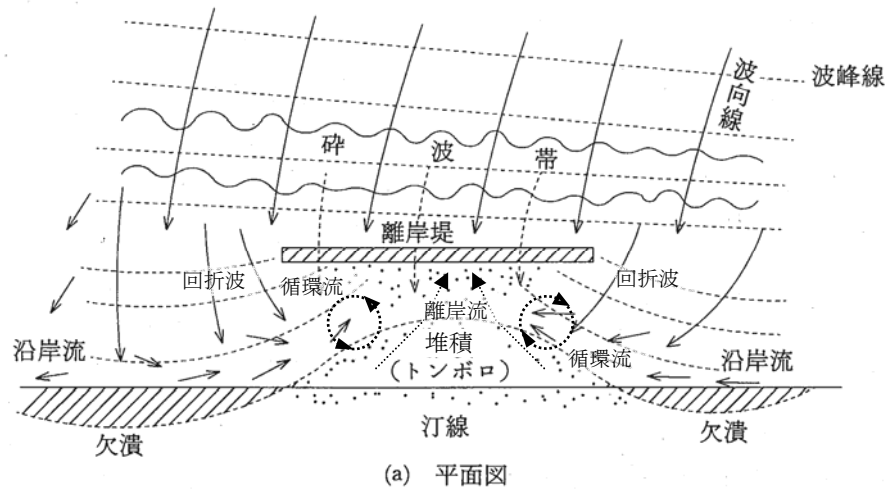
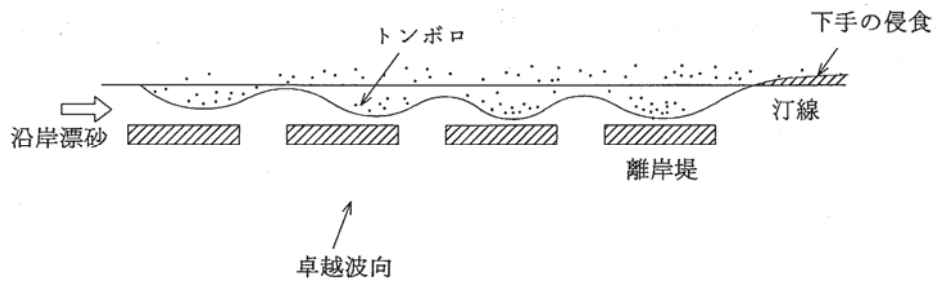


図4-1 離岸堤による地形変化状況



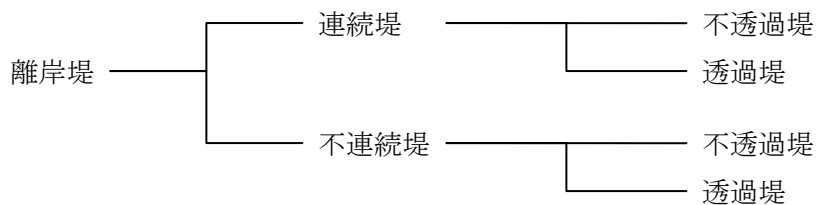
4-2 設計条件

離岸堤の設計条件は、次の事項を考慮するものとする。

1. 潮位および波浪
2. 流れおよび漂砂
3. 海底地形および海浜地形
4. 地盤
5. 施工条件
6. その他（背後地の重要度、海岸の環境、海岸の利用及び利用者の安全、船舶航行条件 等）

4-3 型式の選定

離岸堤の型式の選定は、突堤に準ずるものとする。



構造型式に関しては、海底勾配が急峻であり設置水深が大きくなる場合や、海浜の利用および景観が重視される場合は、杭とプレキャストコンクリートブロック等を組み合わせた有脚式離岸堤についても検討する。

4-4 基本形

4-4-1 平面配置

平面配置(離岸距離、堤長及び開口幅をいう。以下同じ。)は、設置目的を達するように設置に伴う影響、海浜の利用等を考慮して決定するものとする。

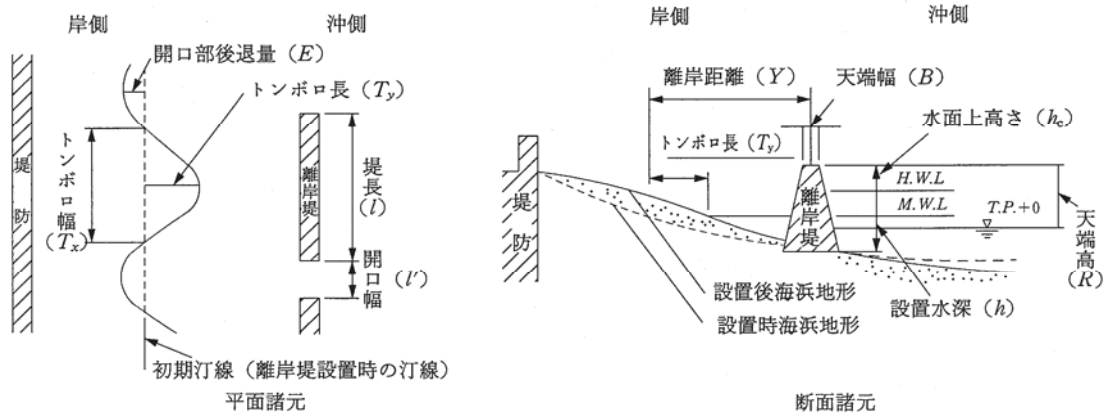


図4-3 用語の定義

(1) 波浪制御機能

離岸堤の沖合消波施設としての性能は、天端高、天端幅、堤長、汀線からの距離(離岸距離)、構造型式に支配される。特に、離岸堤の透過率は波の周期、天端高、天端幅、設置水深(離岸距離)の関数となる。また、離岸堤群として機能させる場合には、離岸堤相互の距離(開口幅)にも規定される。

a) 堤長及び離岸距離

離岸堤背後の波高はほぼ堤長で決まる。離岸堤の長さが、離岸堤設置位置での波長(L)の半分より短くなると離岸堤背後に波が回り込み消波効果は低くなる。

b) 開口幅

開口部背後の波高は、開口幅によってほとんど規定され、開口幅を波長の0.6倍以下にすれば開口部背後の波高の低下が見られる。ただし堤長が波長の3倍程度長くなると開口部の影響は小さい。また、設置水深が深くなると開口幅の影響は小さくなる。

堤長が波長の2倍以上の離岸堤では、開口部の影響が小さく、堤体の透過率によって消波効果がほとんど規定されるため、たとえば、離岸堤を連続堤として伝達波高を求めることができる。

c) 副離岸堤の設置

海底谷地形により波が収斂する箇所など、離岸堤のみでは越波被害を防止しきれない箇所では、離岸堤の沖側に副離岸堤を設置することも有効である。下新川海岸では、副離岸堤の堤長を、背後の波のうちあげ高が堤防天端高となるような延長を波浪変形計算に基づいて決定している。

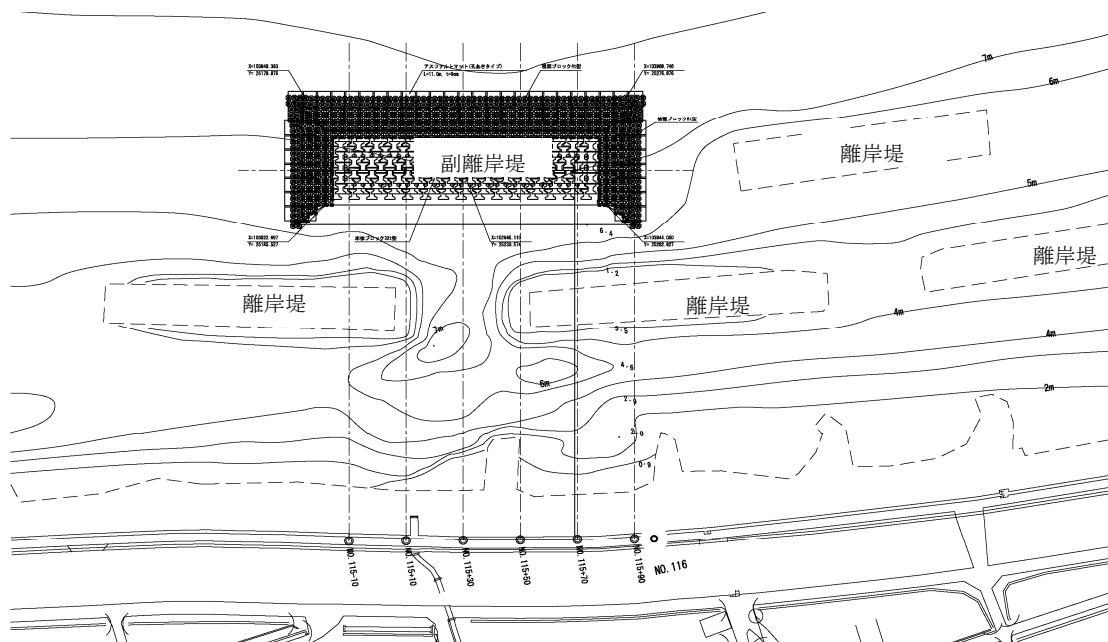


図4-4 施工事例 副離岸堤の配置例（下新川海岸・五十里）

(2) 漂砂制御機能

離岸堤の漂砂制御施設としての性能は、堤長、離岸距離、天端幅、天端高であり、離岸堤群として機能させる場合には、開口幅にも規定される。ただし、天端幅は、消波ブロックの種類、質量及び積み方など堤体の安全性を満たすことで十分な機能を果たす場合が多い。

a) 離岸堤の長さ

設置水深における波長よりも離岸堤が長い場合に堆砂効果が高い。

b) 離岸距離

碎波水深より浅い設置水深の場合に堆砂効果が高い場合が多い。堤長と離岸距離の比が大きくなるにしたがい開口部汀線は基本的に前進するものの、その変位量は小さくなる。

c) 開口幅

開口幅と堤長の比が0.5以上では、開口部汀線は後退する場合がある。

4-4-2 天端幅

天端幅は、堤体の安定および期待する消波効果を考慮して決定するものとする。

沼田の式から求めて作成された朔望平均満潮位面での天端幅(B_h)及び設置水深(h)と透過率の関係は以下のとおりであり、離岸堤の消波効果は、天端幅が狭くなるほど、小さくなる。

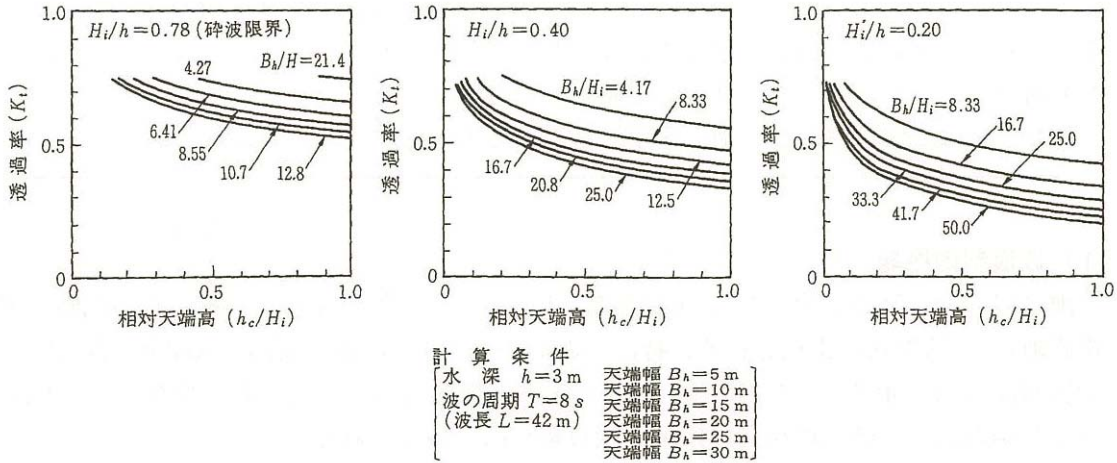


図 4-5 天端幅と設置水深と透過率の関係

4-4-3 天端高

天端高は、設置目的に応じて決定するものとする。

(1) 波浪制御機能

離岸堤の天端高 h_c と透過率の関係は図4-6の関係にある。 h_c が入射波高(H_i)より大きい場合には天端高に関係なく高い消波効果が期待できる。 h_c が H_i より小さい場合には、堤内側に越波した水が侵入するため、消波効果は天端高の影響を受け、 h_c が高いほど消波効果は高くなる。

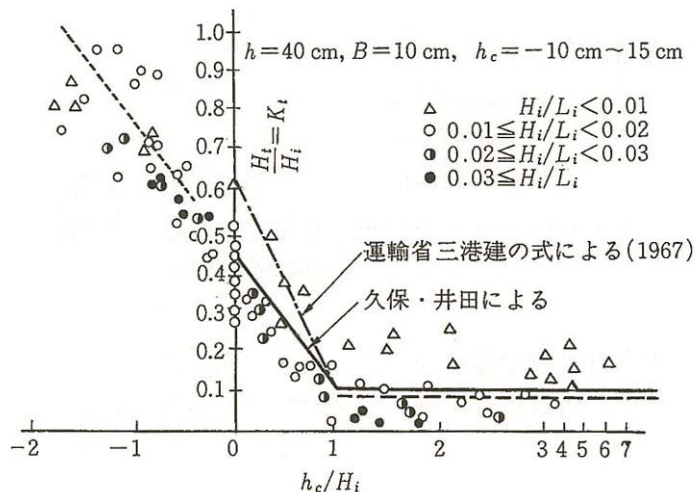


図4-6 離岸堤天端高と透過率の関係

また、以下に示す沼田の式による算定も可能とする。(出典：離岸堤設計の手引き 昭和61年3月 建設省河川局)

$$Kt = 0.123 \log \frac{43.12 \cdot U_{\max} \cdot \eta_c \cdot T}{\bar{B}_h \cdot hc}$$

$$\text{ここに、} U_{\max} = \frac{\pi H}{T} \sqrt{1 + \alpha \left(\frac{H}{h}\right)^{1/2} \cdot \left(\frac{h + \eta_c}{h}\right)^3} \cdot \frac{\cosh k(h + \eta_c)}{\sinh kh}$$

$$\frac{\eta_c}{h} = \frac{H}{2h} + 0.455 \left(\frac{H}{h}\right)^{2.18}$$

$$\text{ただし、} \frac{H}{h} < 0.8$$

$$\alpha = -0.646 \log \left\{ 1.562 \left(\frac{h}{L}\right) \right\} \quad \text{ただし、} 0.07 < \frac{h}{L} < 0.4$$

$$\alpha = 1.50 \quad \frac{h}{L} < 0.07$$

$$\alpha = 0.25 \quad \frac{h}{L} > 0.4$$

ここに、 \bar{B}_h : 水面上の離岸堤幅、 hc : 離岸堤水面からの高さ、 h : 離岸堤前面水深

H : 離岸堤前面波高、 T : 周期、 L : 波長

(2) 漂砂制御機能

消波ブロック構造の離岸堤については、

天端高=朔望平均満潮位+1/2H または、

天端高=朔望平均満潮位+1.0~1.5m

(H は設置水深における進行波として年数回波程度の有義波高)

とする場合が多い。さらに、想定される沈下量を見込んで設定することが望ましい。

4-5 堤体

堤体は、波力等の外力に対して安定な構造とするものとする。

堤体は、基礎工と本体から構成することを基本とする。

4-6 構造細目

4-6-1 本体

本体は、異形ブロックを用いることを基本とするものとする。

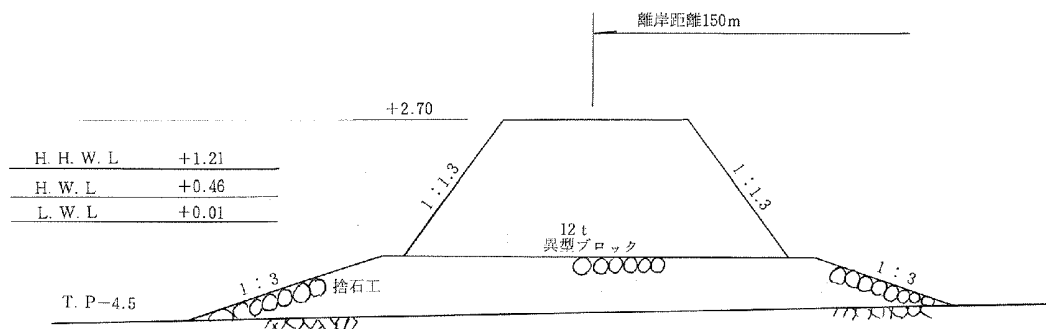


図4-7 施工事例 異形ブロックを用いた離岸堤標準断面図（石川海岸）

ブロックの質量は、ハドソン式を用いる。波高は有義波高を用いることを標準とする。また、被災事例の多い海岸においては、所要質量の1.5倍程度の質量を使用することが望ましい。

$$M = \frac{\rho_r H^3}{K_D (S_r - 1)^3 \cot \alpha}$$

ここに、

M ; 斜面被覆材の重量(t)

ρ_r ; 斜面被覆材の密度 (t/m³)

H ; 設計計算に用いる波高(m)

K_D ; 被覆材の形状及び被害率などによって決まる定数 (K_D 値)

S_r ; 斜面被覆材の海水に対する比重 (ρ_r / ρ_0)

ρ_0 ; 海水の密度 (1.03t/m³)

α ; 斜面が水平面となす角

4-6-2 基礎工

基礎工は、捨石式を基本とするものとする。

先端部や開口部など、流れや渦などにより洗掘が生じやすい箇所では、洗掘対策を施すものとする。

基礎捨石に用いる石材は、偏平や細長でなく、堅硬、ち密で、耐久性があるものとするべきである。使用石材の決定に当たっては、十分に材質を把握した上で、入手の難易、運搬能力、価格等を考慮すべきである。

離岸堤の先端部（堤頭部）では、その角付近に波による速い流れと、それによる渦が発生する。そうした流れは、周期が長いほど大きく、先端部に洗掘を生じる場合が多い。

また、開口部においても、越波によって堤体背後の水位が上昇し、沖側との水位差が生じ開口部から流れが出るために洗掘が発生しやすい。その場合には、沈下対策工を敷設するものとする。

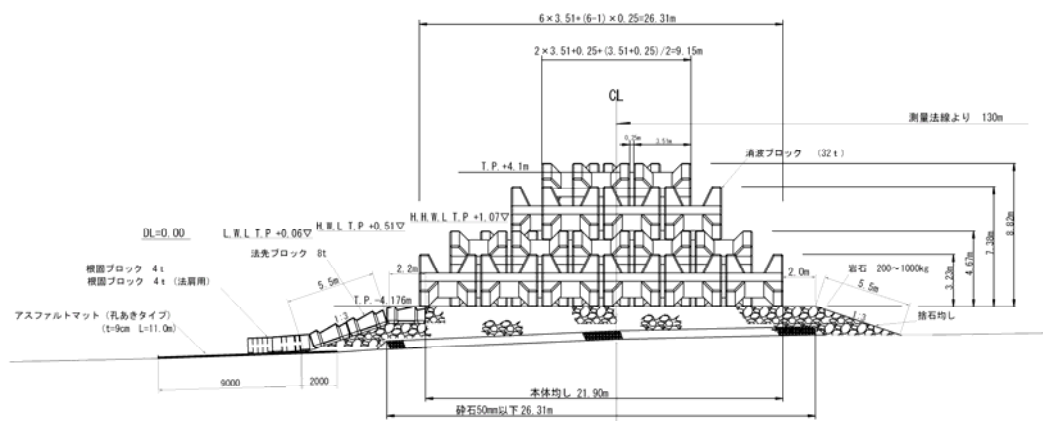


図4-8 アスファルトマット施工事例（下新川海岸・五十里 副離岸堤）

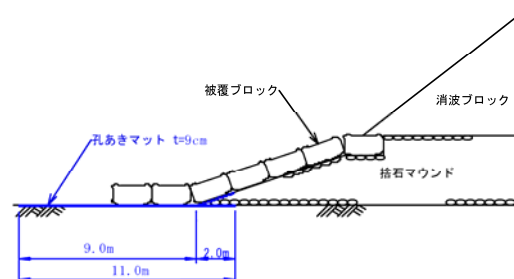


図4-9 アスファルトマットの標準断面図（下新川海岸・五十里 副離岸堤）

- ① マットの張出しによる最大相対洗掘深 S_{max}/H は平衡状態においてほぼ 0.6 になる。
- ② 洗掘孔が形成されても、マウンド法先が安定であるマット先端の深さ S/S_{max} の最大値は 0.9 である。
- ③ 平衡状態における洗掘孔の斜面勾配は約 1:2 である。

以上より、①～③及び図－ 2.13 より、波高(H)=6.0m のとき

①より、 $S_{max}=H \times 0.6=6.5 \times 0.6=3.90\text{m}$

②より、 $S=S_{max} \times 0.9=3.90 \times 0.9=3.51\text{m}$

③より、 $\phi 1 = \sqrt{5} \times S=7.85\text{m} \approx 8.0\text{m}$

さらに、余裕長： $\phi 2$ を 1m 程度見込むと $L1 \approx 9.0\text{m}$ となる。

捨石マウンド内への根入れ長さ $L2$ を 2.0m 以上とすると、アスファルトマットの長さは下記のようになる。

アスファルトマットの長さ： $L=L1+L2=9.0\text{m}+2.0\text{m}=11.0\text{m}$

	港 外 側	港 内 側
L1	5.0m 以上	3.0m 以上
L2	2.0m "	2.0m "

被覆層 L1 L3:被覆石の底面幅
L2 L3 アスファルトマット

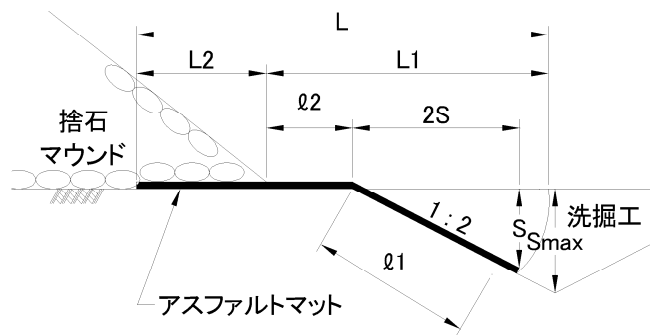


図4-10 アスファルトマットの敷設長さの設定例 (下新川海岸・五十里 副離岸堤)

第5章 人工リーフ

5-1 設計の基本方針

人工リーフは、海岸背後にある人命、資産を高潮及び波浪から防護すること若しくは海岸侵食の防止、軽減及び海浜の安定化を図ること又はその両方を目的とし、汀線の沖側に設置される天端高が海面よりも低い海岸保全施設である。

人工リーフは、消波することにより越波を減少させる機能、漂砂を制御することにより汀線を維持し若しくは回復させる機能のいずれかの機能又はその両方の機能を有するものとする。

人工リーフの設計にあたっては、海岸保全計画に従い、必要とされる機能を満たすとともに、十分な安定性を有するよう断面形、平面形、構造を設計するものとする。この際、経済性、施工性、隣接の海岸保全施設、海岸の利用、環境条件等にも配慮するものとする。

人工リーフは、越波の軽減や海浜の安定化を図る消波構造物であり、天端幅が広い潜堤であり、その具体的な設置目的は次のようである。

- (1) うちあげ高、越波量、あるいは飛沫量を減少させる。
 - (2) 沿岸漂砂量を減少させる。
 - (3) 人工リーフの岸側に砂を堆砂させて汀線を前進させる。
 - (4) 人工リーフの岸側の砂が沖向きに流出するのを防止する。
- 一般に、これらの目的は単独ではなく、複合的に達成される。

一方、人工リーフは防災目的のみではなく、次のような海岸の利用や環境の改善を期待することもできる。

- (1) 静穏な海域をつくり利用を促進する。
- (2) 人工リーフによる岸向き流れの発生を利用して水質の改善を図る。
- (3) 人工磯と同様に魚礁効果を発揮させる。

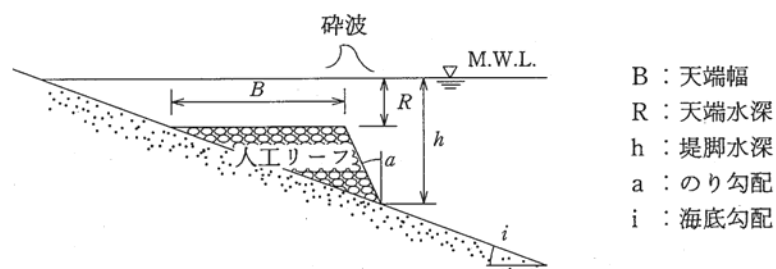
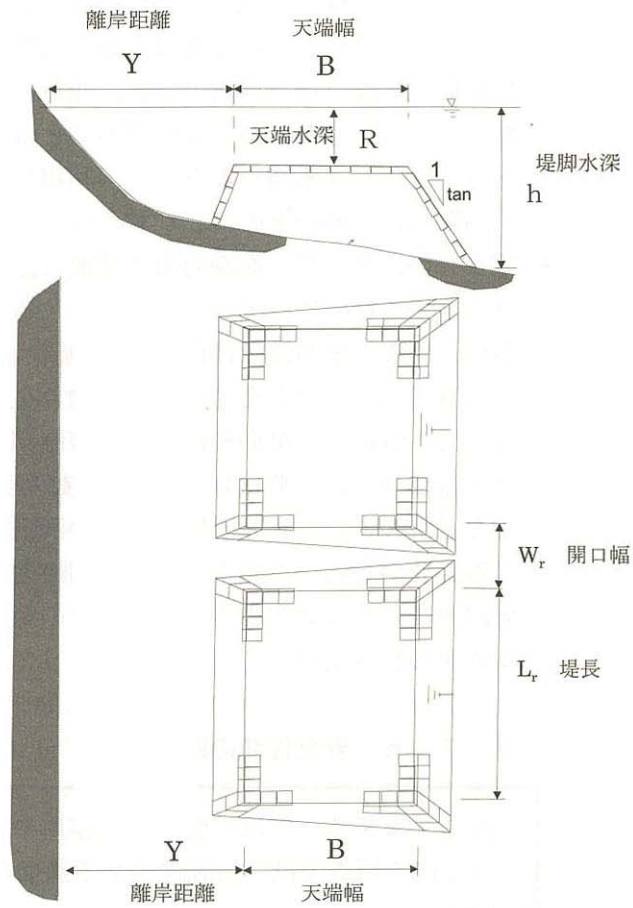
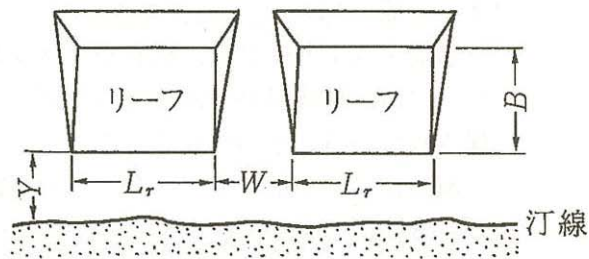


図5-1 人工リーフの断面



開口幅が狭いパターン



開口幅が広いパターン

図5-2 潜堤・人工リーフ平面配置の諸元

5-2 設計条件

リーフ工法の設計条件は、次の事項を考慮するものとする。

1. 潮位および波浪
2. 流れおよび漂砂
3. 海底地形および海浜地形、底質
4. 地盤
5. 施工条件
6. その他（背後地の重要度、海岸の環境、海岸の利用及び利用者の安全、船舶航行条件 等）

5-3 型式の選定

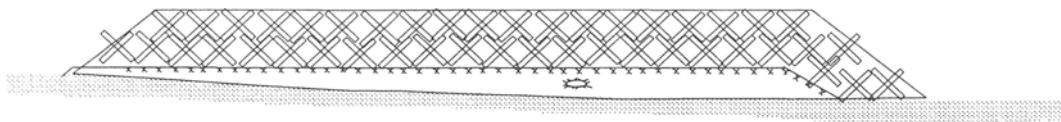
人工リーフの形式は、目的をする性能を踏まえ、適切な形式を選定するものとする。

人工リーフの形式は、天端が平坦で中詰材が捨石等で構成され、表面を被覆材で覆った不透過型が一般的であるが、様々な形式が提案・施工されているため、設置しようとする箇所の海岸特性等を踏まえて適切な形式を選定する。

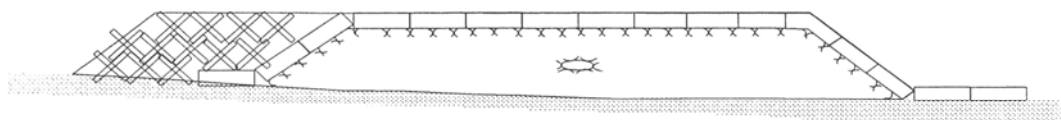
全断面異形ブロック：透過性が高く、リーフの岸側の水位上昇を抑制でき、均し工がなく施工性がよいなどの利点があるが、不透過のリーフに比べ波浪低減効果は低い。

(岸側)

(沖側)



岸側異形ブロック：既存の離岸堤による防護機能を高めながら、景観を改良する場合などに適用できる。全断面不透過のリーフに比べ、水位上昇を抑制できる効果もある。



沖側異形ブロック：既存の離岸堤の岸側にリーフの施工が可能な場合やリーフ前面の洗掘を防止する必要がある場合などに適用できる。

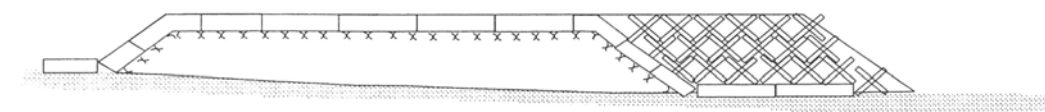


図5-3 異形ブロックを用いた人工リーフの構造例

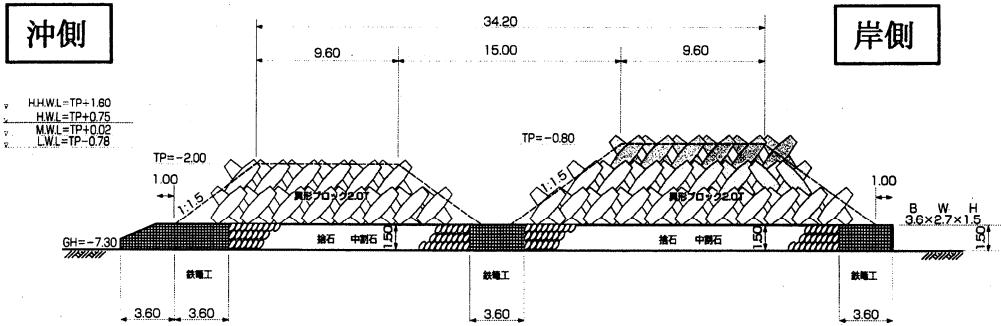
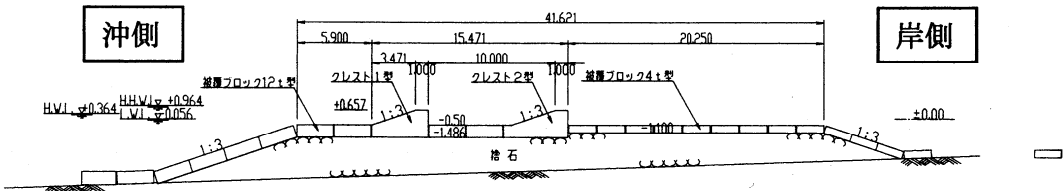
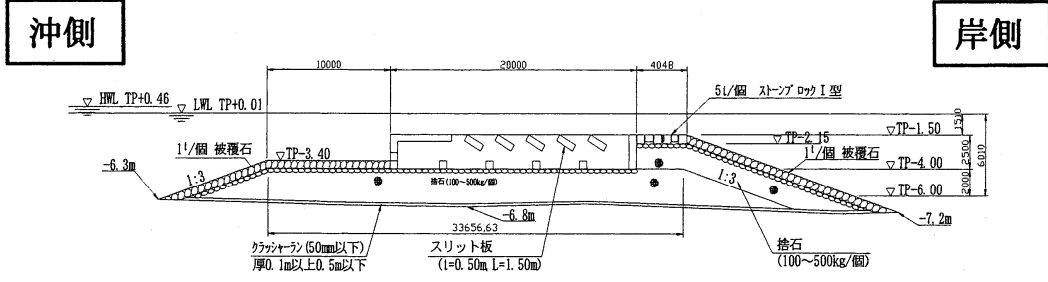
名称	構造概要
タンデム型人工リーフ	<p>人工リーフを二山とし岸側・沖側に配置したタイプ。沖側の低い人工リーフで波浪を縮流状態とし、水塊の運動方向を人工リーフと直角方向に変え、これを岸側人工リーフの前面に衝突、反射させることで波高伝達率の低下を目指した。</p> 
クレスト型人工リーフ	<p>人工リーフの天端にクレスト（嶺）を持つ傾斜型ブロックを設けたタイプ。水面上に突出したクレストによる岸向きの流れ低減により、消波効果と海浜保全効果の向上を目指した。</p> 
トラップ式ダブルリーフ	<p>人工リーフの天端には箱形のブロックを置き、内部は空洞、上部にスリットを設けたタイプ。消波効果の向上と背後の水位上昇の抑制を目指した。</p> 

図5-4 新しいタイプの人工リーフの構造例

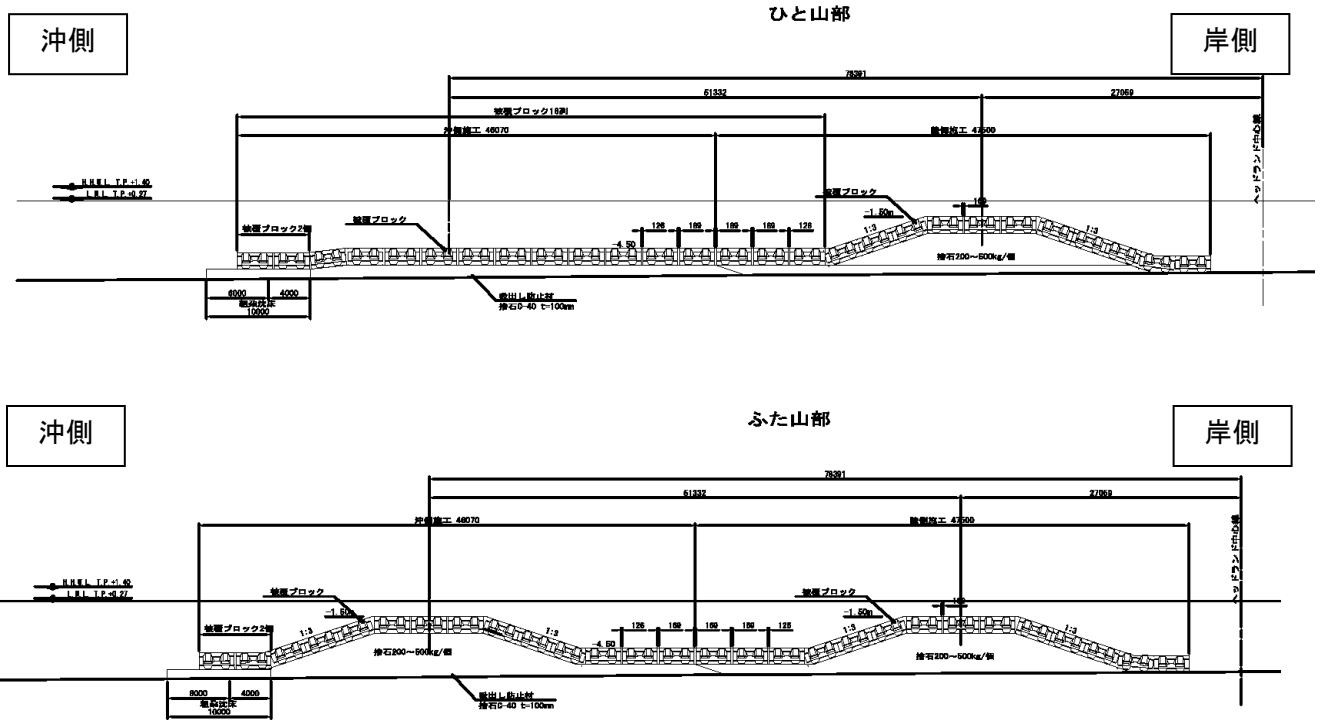


図5-5 施工事例 ふた山型人工リーフ 標準断面図（新潟海岸・金衛町）

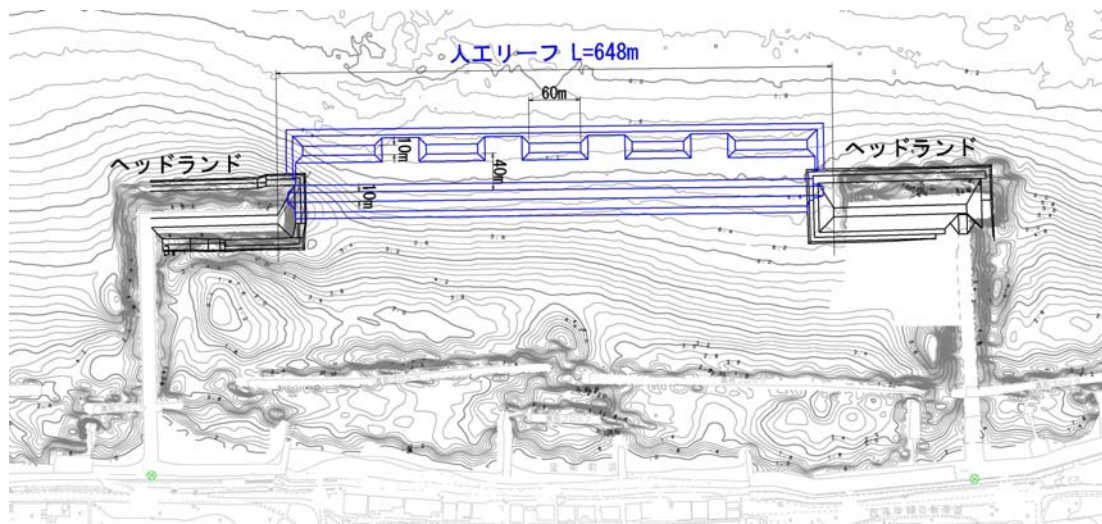


図5-6 施工事例 ふた山型人工リーフ 平面配置計画図（新潟海岸・金衛町）

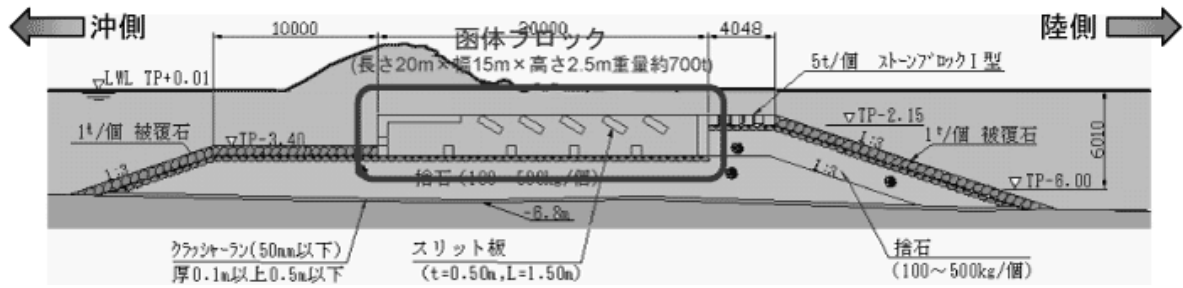


図5-7 トラップ式ダブルリーフ 施工事例
(石川県石川海岸)

5-4 基本形

5-4-1 断面形状

人工リーフの性能は、断面形状（天端水深、天端幅、堤脚水深、沖側のり勾配）および平面形状（堤長、離岸距離）の諸元と密接な関係があるため、これらの組み合わせにより評価・設計することを基本とする。

断面形状は、設計波浪に対し波浪減衰効果が得られ、かつ利用等に支障のないように設計するものとする。

5-4-2 平面配置

人工リーフの性能は、断面形状（天端水深、天端幅、堤脚水深、沖側のり勾配）および平面形状（堤長、離岸距離）の諸元と密接な関係があるため、これらの組み合わせにより評価・設計することを基本とする。

平面配置は、リーフ周辺の海浜流、海浜変形、海浜の利用等を考慮して決定するものとする。

人工リーフ設置に伴う海浜流の変化や海浜変形に関しては十分な知見が得られていない。そのため、潜堤・人工リーフの平面諸元については模型実験等（水理模型実験、数値実験）によって検討することが望ましい。

ここでは、1/20海底勾配での実験結果より、その平面配置について述べる。

潜堤・人工リーフ周辺に生じる海浜流は、構造諸元、波の条件によって異なる。潜堤・人工リーフ沖側端部で波が砕ける条件では、主に堤長 L_r 、開口幅 W 及び離岸距離 Y で流況パターンが変化する。

- ・ $W > 1/4L_r$ 程度の場合には、**図5-8a**のように開口部では冲向き流れが生じ、背後には一對の循環流が生じる。ただし、 $L_r > 4Y$ となると明確な循環流が生じず、流れは不安定となる。
- ・ $W > 1/4L_r$ 程度の場合には**図5-8b**のように循環流は生じず、背後の流れは不安定になり、よどむ。

高潮対策や波浪の静穏化を目的とする場合には、沿岸方向に一様な波浪減衰が得られることが望ましい。開口部が広いと開口部からの波の侵入や循環流と波の干渉、波の回折、屈折などの影響により、一様な波高分布を得ることは困難である。また、海水浴場などの海浜利用には循環流や開口部の冲向きの流れが強くなる方が望ましい。よって、高潮対策や波浪の静穏化を目的とする場合には $W > 1/4L_r$ 程度とすることが多い。背後の循環流は沖側への砂の流出を抑制し、条件によっては背後にトンボロを形成させる働きを持つ。

よって、背後への堆砂や沿岸漂砂の制御を目的とする場合には、 $W > 1/4L_r$ 程度、 $L_r > 4Y$ 程度とすることが多い。ただし、開口部での洗掘に注意する必要がある。このときの Y は利用条件や対象波浪に対する砕波帯から汀線までの距離を目安に決めればよい。

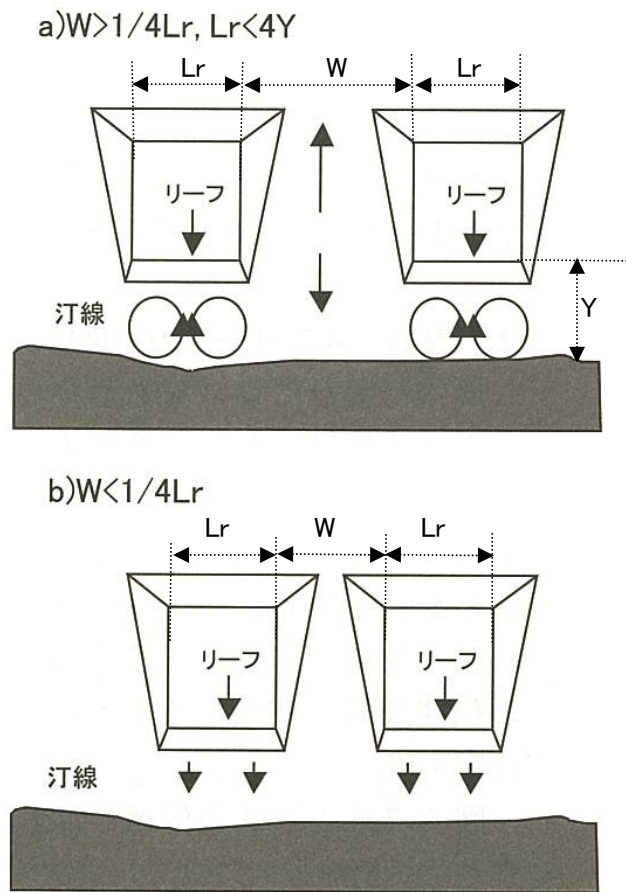


図 5-8 潜堤・人工リーフ周辺の流れパターン

5-5 堤 体

人工リーフの被覆工は、波や流れの作用に対して堤体が安定となるように設計するものとする。
中詰工は沈下・散乱が生じないように、海底面および被覆工との接合面の処理に十分注意して設計するものとする。
のり先付近の海底地盤の変動が予想される場合には、変動に対処できる構造とするものとする。

5-6 構造細目

5-6-1 被覆工

人工リーフの被覆工は、波力等の作用に対して安全な構造とするものとする。

被覆材の所用重量は、以降の検討フローに基づいて行う。詳細は、「人工リーフの設計の手引き（改訂版）」を参照のこと。

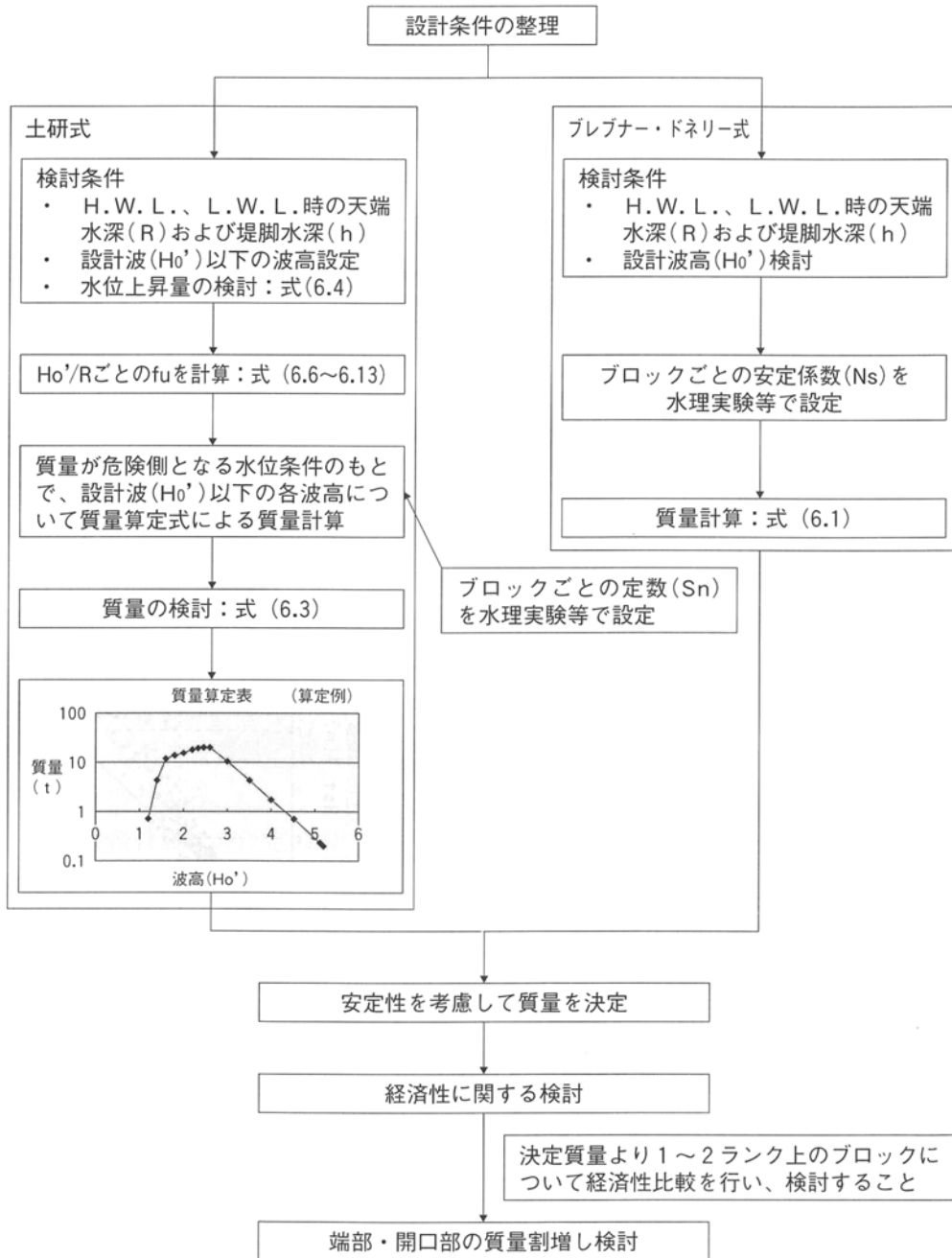


図5-9 被覆材の所用質量検討フロー

以下にプレブナー・ドネリーの算定式および土研式を示す

1) ブレブナー・ドネリー式

ブレブナー・ドネリーの式は以下に示すとおりである。

$$M = \rho_r H_i^3 \cdot (N_s^3 (S_r - 1)^3) \quad (6.1)$$

ここに、M：被覆材の安定質量、 ρ_r ：被覆材の密度、 S_r ：被覆材の比重、 N_s ：安定数、 H_i ：堤前波高（人工リーフすぐ沖の波高）である。 N_s は通常、1から2程度の定数である。 N_s の値については、種々のブロックについて安定性に関する実験（浅川ら、1992；半沢ら、1996）^{11,5)}が行われており、使用するブロックごとに異なった値を持つ。

なお、 α をのり面の傾斜角度とすると、ハドソン式の K_D 値、ブレブナー・ドネリーの N_s の関係は式(6.2)となる。

$$K_D \cot(\alpha) = N_s^3 \quad (6.2)$$

2) 土研式

土研式は、宇多ら（1990）¹⁾の示した堤体表面上の流速の評価式に修正を加えたものであり、以下に示すとおりである。

$$M = K_L \frac{\rho_s (R + \bar{\eta}_t)^3}{s^3 \cos^3 \phi} \quad (6.3)$$
$$K_L = S_n^3 f_u^6 K_V$$

ここに、 ρ_s ：被覆材の密度、 s ：被覆材の水中比重（ $= (\rho_s - \rho_w) / \rho_w$ ）、 ϕ ：堤体表面上の最大流速発生地点の堤体表面と水平面のなす角度、 $\bar{\eta}_t$ ：平均水面からの高さ、 S_n ：安定係数、 f_u ：堤体表面上の最大流速の無次元係数、 K_V ：被覆材形状に関する係数である。

5-6-2 中詰工

中詰工は沈下・散乱が生じないように、海底面及び被覆工との接合面の処理に十分注意して設計するものとする。

中詰工は、多くの場合砂質の海底地盤上に設置されるため、海底面となじみの良い材料を用いる必要がある。一般には10～500kg/個程度の質量を持った自然石が用いられることが多い。

また、沈下を防止するために海底面上にクラッシャーランなどを敷き均し、その上に設置する方法がとられることもある。

第6章 養 浜

6-1 設計の基本方針

養浜は、海岸背後にある人命、資産を高潮及び波浪から防護すること、若しくは堤防等の洗掘を防止すること又はその両方を目的として設けられた砂浜を直接的に維持・回復するものである。

養浜は、背後の堤防、護岸と一体として、防災機能、海浜の安定性、海浜の利用等を考慮し、養浜量、基本断面、養浜材料、流出防止施設の種類等を決定するものとする。

6-2 設計条件

養浜の設計条件は、次の事項を考慮するものとする。

1. 潮位および波浪、波浪制御施設
2. 海底地形および海浜地形
3. 流れおよび漂砂、漂砂制御施設
4. 地盤
5. 養浜材料
6. その他（背後地の重要度、海岸の環境、海岸の利用及び利用者の安全、船舶航行条件 等）

6-3 基本形

6-3-1 養浜形態（工法）

静的養浜では、漂砂の流出防止、波浪制御を目的とした付帯施設を伴うのが一般的であり、付帯施設は、養浜の安定性、養浜の維持管理、周辺海岸への影響、付帯施設の工事費等を総合的に判断して決定する。一方、動的養浜では、漂砂環境を人工的に復元、創造するものであり、沿岸漂砂量の低減のために漂砂制御施設を設置する場合はあるが、基本的には付帯施設は伴わない。

(1) 静的養浜

静的養浜はポケットビーチなど、もともと浜幅が狭い海岸において実施されることが多く、養浜砂の流出防止のための付帯施設を伴うのが一般的であり、利用を目的とした人工海浜の造成や面的防護方式に基づく保全対策に広く用いられている。この方式は、計画地域の自然条件、社会条件により適宜選定する。例えば養浜区域の沖側には、海浜利用、防災機能を確保することを目的とした波浪制御施設（人工リーフ、潜堤、離岸堤等）、漂砂制御施設（ヘッドランド、離岸堤、突堤等）を設置することにより、沿岸漂砂量の流出を少なくすることで、ほぼ静的に安定な海浜を形成させる。このほか、養浜の安定性を向上させるために砂止め堤等を設置する方法もある。

これらの手法によって創出された海岸は、いずれも人工構造物で囲まれた環境となり、長く続く海岸線や、施設のない自然海岸の環境とは大きく異なる。また、養浜砂の流失を過度に危惧するあまり過度な囲い込みを行うと、閉鎖性水域となり水質低下が起こる。適度な波浪の作用を期待すべきであり、このためには、養浜砂の粒径ごとの平衡勾配と縦断勾配の関係や、各種施設のある条件下で定まる安定海浜の形状について十分検討し、海浜変形の原理に基づいた無理のない設計を行う必要がある。

なお、養浜形態（工法）は、静的養浜の採用を基本とするが、海岸特性に応じて十分検討する。

(2) 動的養浜

動的養浜は、連続した砂浜海岸の保全対策として用いるものであり、一連の漂砂系全体を対象とすることを基本とする。この方法は、①漂砂源からの土砂供給量の減少を補うための養浜、②構造物によって沿岸漂砂の連続性が断たれた海岸において、沿岸漂砂の連続性を人工的に確保するサンドバイパス(図6-1 参照)、③漂砂系内の下手側、あるいは沖側に流出した土砂を回収し、上手側の海岸にリサイクルするサンドリサイクル(バックパス)(図6-2 参照)に大別される。これらのうち、サンドバイパス、サンドリサイクルは、河口埋没・航路埋没の対策にも利用可能である。

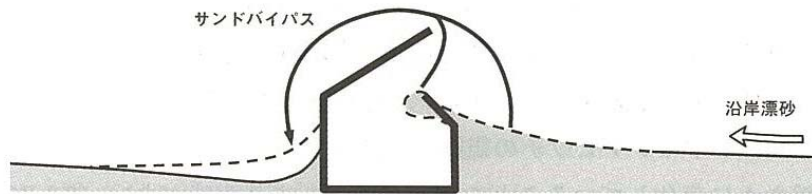


図 6-1 サンドバイパスの例

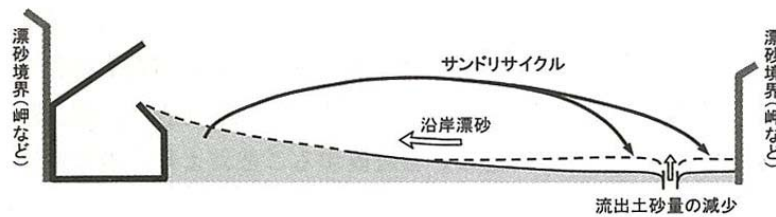


図 6-2 サンドリサイクルの例

6-3-2 基本形状

断面形状は、波浪条件および底質特性により決まる断面形状と、防災および海浜の利用の点から必要とされる断面形状を比較し設定するものとする。

6-3-3 海浜縦断形

海浜形状は、波浪条件、養浜材料および流出防止施設の配置等から決まる海浜形状と、防災および利用の点から必要とされる海浜形状を比較し設定するものとする。

海浜形状の変化の予測にあたっては、その長期的変化及び短期的変化を考慮するものとする。

6-3-4 平面形（安定汀線）

平面形は、養浜形態（工法）に応じて、適切に設定するものとする。

(1) 静的養浜

静的養浜の平面形（安定海浜形状）は、汀線が波向に対して直角になるという原理に基づいて設計する。また、養浜砂の流出を防止するために、必要に応じて漂砂制御施設（ヘッドランド、突堤）や消波施設（人工リーフ、離岸堤など）及び砂止め潜堤などの流出防止施設を設計する。これら、付帯施設が設置されている場合には、入射波の波向を設定し、方向分散法などにより構造物周辺の波浪場を求め、それに応じた静的安定海浜から得られるように設計する。施設の種類、及び施設の基本断面、平面形状の考え方は、それぞれの設計基準に準じ、海岸の安定性だけでなく利用目的や下手側で侵食が生じることがないように周辺海岸に与える影響についても十分考慮するものとする。

(2) 動的養浜

等深線変化モデルなど信頼性のある適切な地形変化予測手法により、養浜時の海浜形状やその後の海浜変形を予測するものとする。

6-4 養浜材料

養浜材料の材質は、海浜の安定性、周辺環境に及ぼす影響および供給可能量等を考慮して決定するものとする。

6-5 養浜量

継続的に養浜を行い海浜の安定を保つ場合には、安定のために必要な養浜量を求めるものとする。この場合、施設による対策を併せて比較検討するものとする。

第7章 附帯施設

7-1 水門及び樋門

7-1-1 設計の基本方針

水門および樋門は、海水等の外水の侵入を抑えながら不要な内水を排除し、海岸背後にある人命及び資産を湛水の被害から防護することを目的として設置される海岸保全施設である。

水門および樋門は、その機能を果たすとともに、設置目的を達成するように自然条件、流域の排水計画等を考慮して、設置位置、敷高、通水断面等を決定するものとする。

7-1-2 設計条件

水門および樋門の設計条件は、次の事項を考慮するものとする。

1. 流域からの流入量
2. 計画内水位、計画外水位および計画外水位曲線
3. 波浪
4. 地盤
5. 漂砂
6. 流域内地盤高
7. 地震力
8. その他（海岸の利用及び利用者の安全、流域及び外水域の環境、船舶航行条件 等）

7-1-3 位置の選定

設置位置は、地盤の状態、潮汐、波、漂砂等を考慮して決定するものとする。

7-1-4 敷高及び断面

敷高および断面は、排水機能を有効に維持しうるように、接続する水路、流域からの流入量、外水位、内水位、船舶の航行等を考慮して決定するものとする。

7-1-5 構造

樋門および水門の構造は、「河川編 第6章 樋門」に準ずるものとする。

7-1-6 本体及びゲート

本体およびゲートは、「河川編 第6章 樋門」に準ずるものとする。

7-2 排水機場

7-2-1 設計の基本方針

排水機場は、自然排水が不可能な場合又は不足する場合に、不要な内水を機械排水により排除し、海岸背後にある人命及び資産を湛水の被害から防護することを目的として設置される海岸保全施設である。

排水機場は、海水等の外水の侵入を防止するとともに、不要な内水を排除する機能を有するものとする。

排水機場は、設置目的を達するように自然条件、流域の排水計画等を考慮して、設置位置、施設能力等を決定するものとする。

7-2-2 位置

排水機場の設置位置は、地形、土質、堤防および護岸への影響、隣接海岸の利用、環境等を考慮して設定するものとする。

7-2-3 設計条件

排水機場の設計条件は、次の事項を考慮するものとする。

1. 流域からの流入量
2. 計画内水位、計画外水位および計画外水位曲線
3. 計画排水量
4. 地盤
5. 波浪
6. 地震力
7. 隣接海岸の利用
8. 環境保全
9. その他

7-2-4 構造

排水機場の構造は、「河川編 第8章 揚排水機場」に準ずるものとする。

7-2-5 ポンプ及び原動機

ポンプおよび原動機は、「河川編 第8章 揚排水機場」に準ずるものとする。

7-3 陸こう

7-3-1 設計の基本方針

陸こうは、堤防、護岸又は胸壁の前面の漁港、港湾、海浜等を利用するために、車両及び人の通行のために設けた海岸保全施設である。

陸こうは、堤防および胸壁の機能を満たすとともに、設置目的を達するよう諸元、位置、扉体の構造等を決定するものとする。

7-3-2 設計条件

陸こうの設計条件は、次の事項を考慮するものとする。

1. 潮位および波浪、津波
2. 流れ
3. 海底地形及び海浜地形、漂砂
4. 地盤
5. 地震
6. その他（背後地の重要度、海岸の環境、海岸の利用及び利用者の安全、施工条件）

7-3-3 扉体の構造

扉体は、確実かつ容易に開閉でき十分な水密性を有する構造とするものとし、鋼構造または、これに準ずる構造とするものとする。

7-4 昇降路及び階段工

昇降路および階段工は、堤防および護岸の機能を損なうことなく構造上の弱点とならないように設けるものとする。

7-5 えい船道及び船揚場

えい船道および船揚場は、堤防および護岸の機能を損なうことなく、漂砂に悪影響を及ぼさないように設けるものとする。