

離岸堤等の被災事例及び変状連鎖フロー(案)

離岸堤等の変状連鎖フロー:対象施設、アウトプットイメージ

○離岸堤等の変状連鎖フローの検討対象施設、アウトプットイメージは以下のとおり

(1) 離岸堤等の変状連鎖フロー: 検討対象施設

離岸堤	潜堤・人工リーフ	突堤・ヘッドランド
7,347基	1,357基	7,666基
698,324m	182,751m	404,883m

※上記設置数は「海岸統計 平成30年度版」P62,63より集計

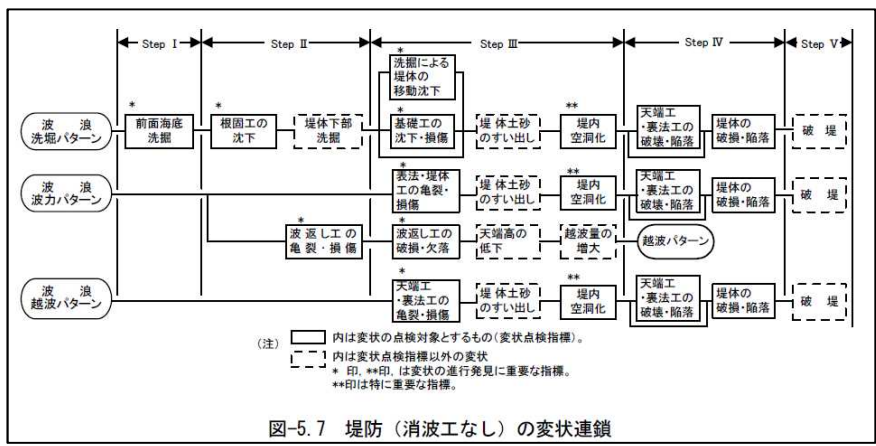
離岸堤：離岸堤のうち、新型離岸堤については、有脚式、鋼板セル式等があり、有脚式だけでも多様な工法が開発・施工されている。そのため、現状においては、一様な変状連鎖フローの検討は困難なことから、今回検討対象外とする。

突堤・ヘッドランド：今回収集できたヘッドランド(ヘッド部)の被災事例は3事例と、事例が非常に少ないことと併せ、ヘッド部の変状連鎖は、離岸堤の変状連鎖と同様と考え、突堤・ヘッドランドは分けずに検討することとする。

(2) 離岸堤等の変状連鎖フロー: アウトプットイメージ

現行マニュアルの変状連鎖フローと同様な体裁でとりまとめ

離岸堤等は、現行マニュアルの「土木構造物」の一部に位置付け



出典: 海岸保全施設維持管理マニュアル P59

表-1.1 施設の分類と本マニュアルの構成

大分類	中分類	小分類	第4章 定期点検	第5章 評価	第6章 対策工法等
堤防・護岸等 水門・陸閘等	土木構造物 部分	-	4-2. 土木構造物	5-1. 土木構造物の評価	6-1. 土木構造物の対策
			4-3-1. 一般点検設備	5-3. 水門・陸閘等の総合的健全度評価	6-3. 応急措置等
設備部分	-	-	4-3-2. 簡易点検設備	5-2. 水門・陸閘等の評価	6-2. 水門・陸閘等の設備の対策 6-3. 応急措置等
			4-3-1. 一般点検設備	-	-

土木構造物
水門・陸閘等の設備

出典: 海岸保全施設維持管理マニュアル P5

離岸堤等の被災事例及び変状連鎖フロー:検討の流れ

○離岸堤、潜堤・人工リーフ、突堤・ヘッドランドの被災事例の収集・整理及び、変状連鎖フローの検討は以下のとおり実施

(1) 離岸堤、潜堤・人工リーフ、突堤・ヘッドランドの被災事例の収集・整理

- ①離岸堤、潜堤・人工リーフ、突堤・ヘッドランドの被災事例として、「美しい海辺を守る災害復旧ガイドライン(案)」のA表・B表を全国から収集
- ②収集したA表・B表より、被災要因と被災形態(被災過程のイベントツリー等)を分類・整理し、離岸堤、潜堤・人工リーフ、突堤・ヘッドランドの被災概要を把握

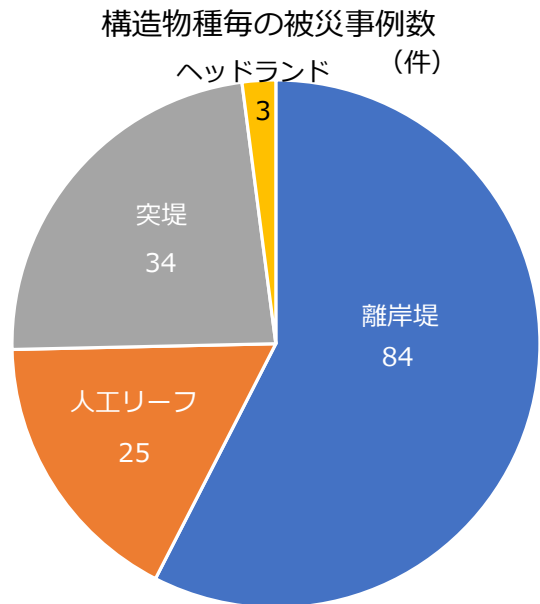
(2) 離岸堤、潜堤・人工リーフ、突堤・ヘッドランドの変状連鎖フローの検討

- ③収集した被災事例より、離岸堤、潜堤・人工リーフ、突堤・ヘッドランド毎に被災パターン及び、その被災パターンの件数を整理
 - ・被災過程のイベントツリーを通過するルート・件数を整理・集計)
 - ・被災過程のイベントツリーに含まれない「イベント」の有無を確認
- ④上記の整理・検討結果を踏まえ、離岸堤、潜堤・人工リーフ、突堤・ヘッドランドの変状連鎖フロー(案)を作成
- ⑤離岸堤、潜堤・人工リーフ、突堤・ヘッドランド毎に、比較的頻度の多い被災形態(変状連鎖)のイメージ図を作成

離岸堤等の被災事例の収集・整理

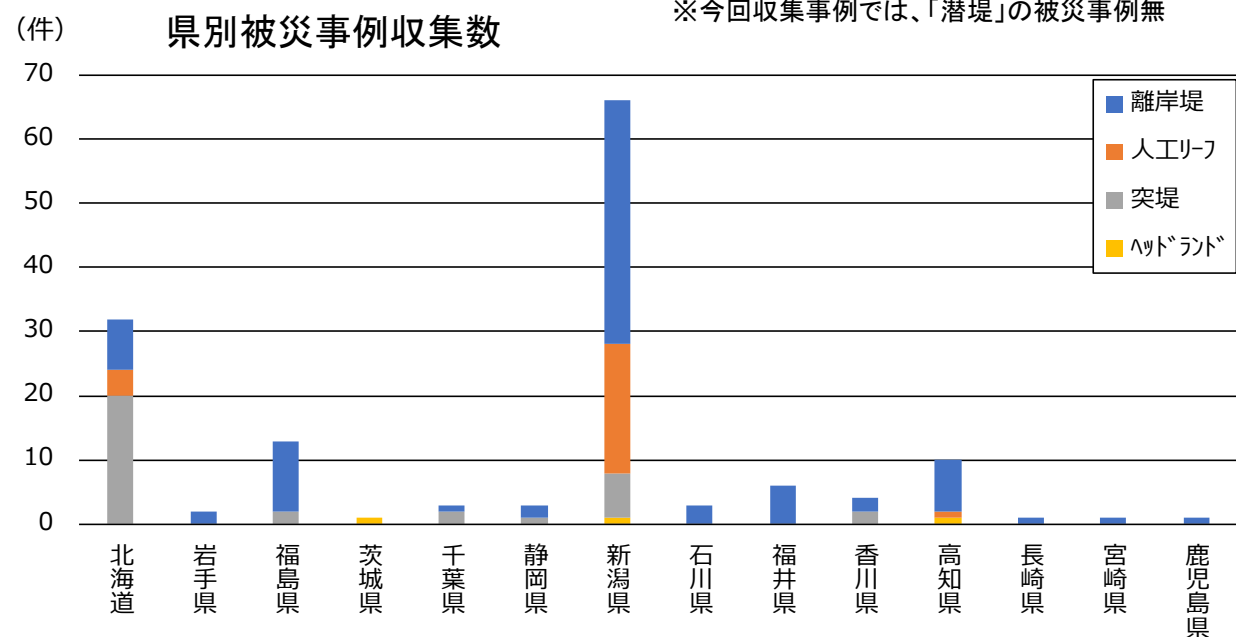
離岸堤等の被災事例の収集・整理(収集事例の内訳) 1/2

① 離岸堤等の被災事例として、「美しい海辺を守る災害復旧ガイドライン(案)」のA表・B表を全国から収集

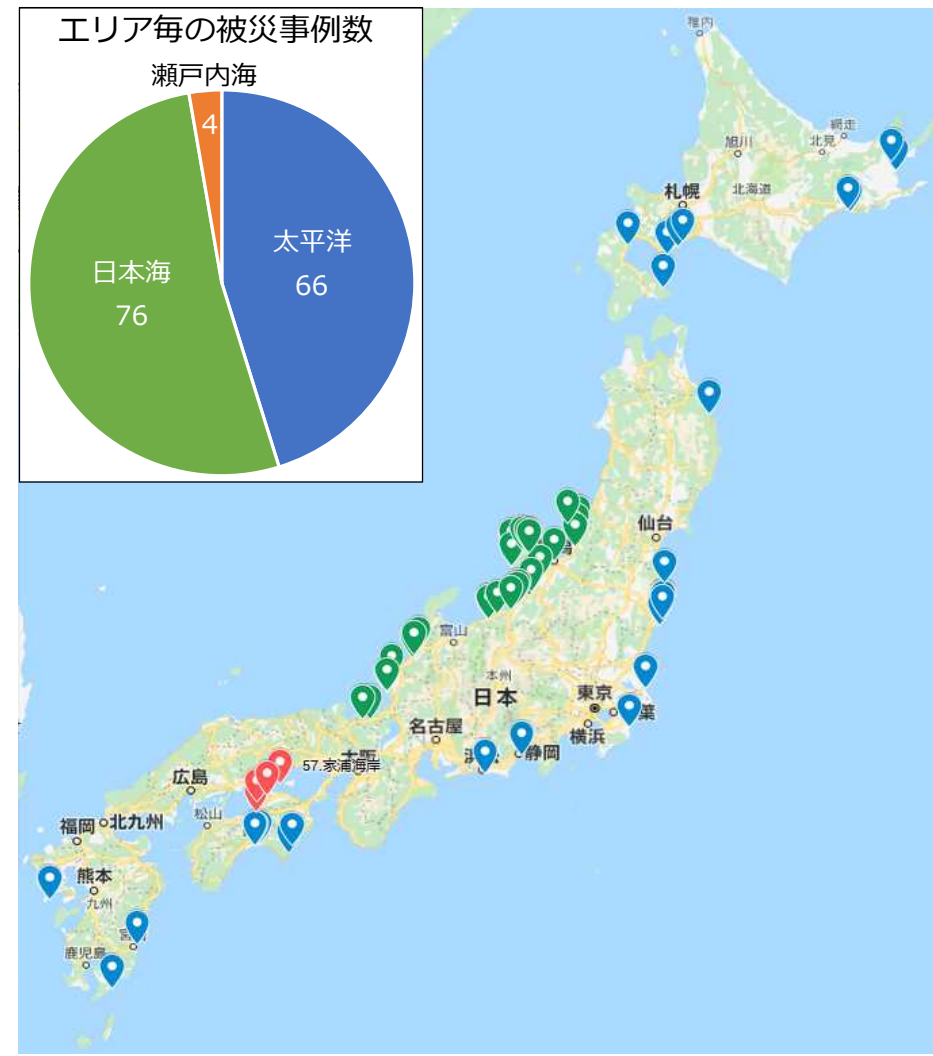


県	離岸堤	人工リーフ	突堤	ヘッドランド
北海道	8	4	20	
岩手県	2			
福島県	11		2	
茨城県				1
千葉県	1		2	
静岡県	2		1	
新潟県	38	20	7	1
石川県	3			
福井県	6			
香川県	2		2	
高知県	8	1		1
長崎県	1			
宮崎県	1			
鹿児島県	1			
合計	84	25	34	3

※今回収集事例では、「潜堤」の被災事例無



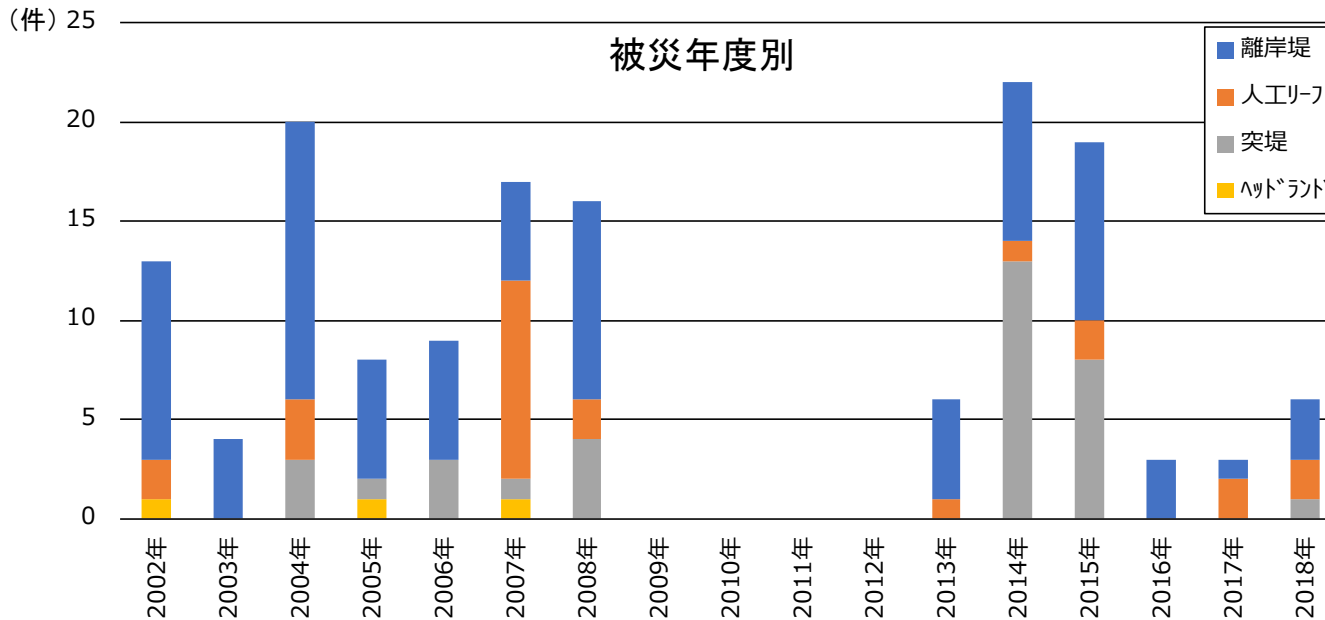
太平洋側と日本海側: 概ね半分ずつ収集



被災事例を収集した海岸の位置

① 離岸堤等の被災事例として、「美しい海辺を守る災害復旧ガイドライン(案)」のA表・B表を全国から収集

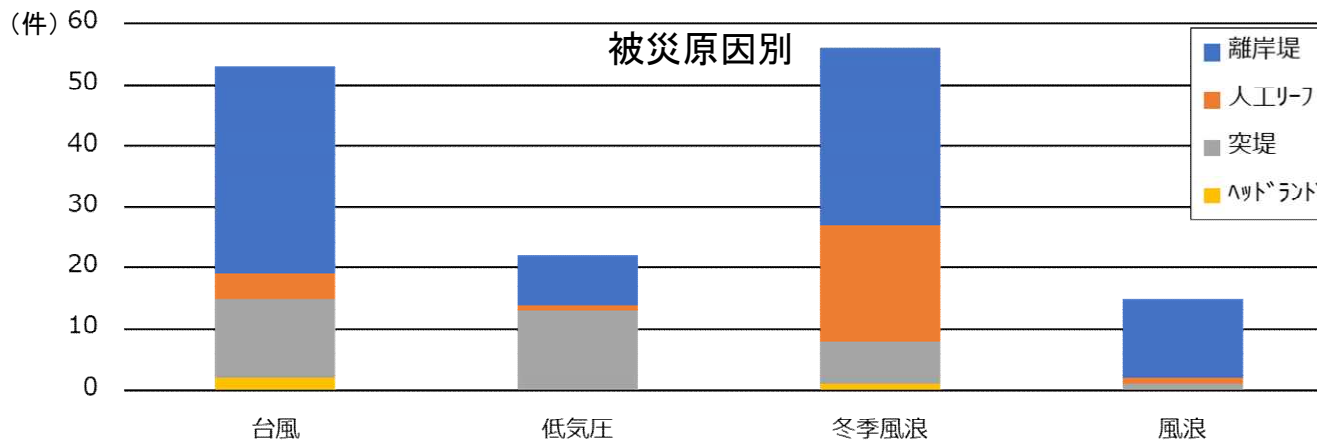
● 2002年～2018年(16年間分)の被災事例を収集(ただし、2009年～2012年は事例無し)



年	離岸堤	人工リーフ	突堤	ハットランド
2002年	10	2		1
2003年	4			
2004年	14	3	3	
2005年	6		1	1
2006年	6		3	
2007年	5	10	1	1
2008年	10	2	4	
2009年				
2010年				
2011年				
2012年				
2013年	5	1		
2014年	8	1	13	
2015年	9	2	8	
2016年	3			
2017年	1	2		
2018年	3	2	1	

※今回収集事例では、「潜堤」の被災事例無

● 被災原因は、台風、冬季風浪であることが多い



被災原因	離岸堤	人工リーフ	突堤	ハットランド
台風	34	4	13	2
低気圧	8	1	13	
冬季風浪	29	19	7	1
風浪	13	1	1	

※今回収集事例では、「潜堤」の被災事例無

離岸堤等の被災事例の収集・整理(被災概要) 1/3

②収集したA表・B表より、被災要因と被災形態(被災過程のイベントツリー等)を分類・整理し、離岸堤等の被災概要を把握

海岸災害実態調査 (A表) 例

復旧対象地区

沿岸名	海岸名	地区名	地先名	都道府県名	市町村名
○×	○△	△×	○△△	○○	△△

(1)被災実態

1)被災外力	①被災年月日 H6.3.8	②異常気象名 冬期風浪	③最大平均風速 16.4 m/s 観測所名 ○△気象台	④最大潮位 T. P. +1.6m 観測所名 ○×検潮所	⑤最大波高 3.6m 観測所名 ○△港	⑥その他 瞬間最大風速 (○△気象台)
2)一般被害	①家屋等被害 床下浸水家屋: 4戸		②人的被害 なし		③その他・公共施設等 小学校体育館床下浸水: 1棟	
3)海岸施設被害	①被災施設 護岸	②被災状況 倒壊	③主な被災原因 異常波浪 侵食		④越波状況 あり	

(2)災害復旧履歴

①被災年月日	②復旧方法	③被災施設	④復旧施設	⑤主な被災原因
S34.9.15	構造形式を変えて復旧	護岸	護岸	洗濯による波浪外力の増大

(3)海岸の状況

①海岸線の形状	長い直線状の砂浜(バーなし)			
②底質	砂・礫・岩	汀線部の中央粒径(mm)	0.3mm	
③被災延長(m)	170m			
④被災箇所の砂浜幅(m)	30m	⑤前浜勾配(水深5m以浅)	1/50	
⑥漂砂環境	別紙に記入			
⑦最大侵食量(m)	1.2m	根拠	1947.3~1998.3	
⑧最近の汀線変化速度(m/年)	0.8m	根拠	1990.3~1998.3	

(4)被災前後の状況図

①被災施設の状況

②海底地形断面変化図(施工時と被災時の比較)

(5)保全の施設状況

①被災箇所の 海岸保全施設(工種)	現況	護岸	
	計画	なし	あり: 離岸堤
②隣接区間の 海岸保全施設(工種)	現況	護岸, 離岸堤	
	計画	なし	あり:

(6)被災メカニズム

①被災要因と被災形態(被災過程のイベントツリーをもとに図示)

図-〇, 写真-〇を添付

被災要因	侵食・洗濯	あり/なし	優先要因	沿岸漂砂の連続性の阻止
被災形態	異常波浪	あり/なし	護岸の欠損等の被害	護岸の連続性の阻止
被災形態	海岸地盤の低下	○	表土・堤体の亀裂・損傷	○
被災形態	消浪工の沈下・散乱	○	堤体の空洞化	○
被災形態	根固工の沈下・散乱	○	天端・裏法の破壊・陥没	○
被災形態	根固工の沈下・散乱	○	堤体の崩壊	○

②海岸のタイプと漂砂機構(漂砂機構と侵食原因の判定表)

海岸地形タイプ	A・B・C・D・E・F・G		長期的な侵食が生じている場合							
被災箇所の状況	なし	あり	侵食原因	沿岸部の連続性の阻止	波の連続性の減少	供給土砂量の減少	遊歩・砂浜の減少	深部の土砂損失	地盤沈下	崩壊
長期予測の侵食	あり	なし	あり	○						
安定・前進	あり	なし	あり	○△港		○〇川	○〇川 17年/年			

③海岸状況図

(7)背後地の状況

①住宅地	商業用地・工業用地・農用地・森林・その他()	
②重要交通機関	県道 ○×線	
③重要施設	○×小学校, ○△病院	

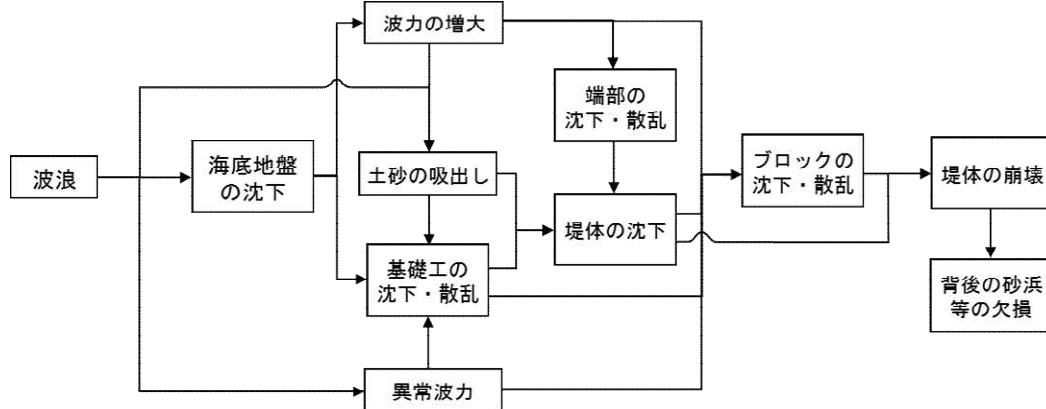
(8)自然環境・利用等

①配慮すべき自然環境等(貴重種・ウミガメの上陸・鳴砂・藻場・干潟等)	最近までハマヒルガオが群生していた		
②海岸林	有・無		
③水質	類型指定	B	達成状況 達成している
④海浜等利用	海水浴・釣り・サーフィング・その他()		
⑤国立公園・国定公園・都道府県立公園・その他()			

「美しい海辺を守る災害復旧ガイドライン(案)」に示される各施設の被災過程のイベントツリー

離岸堤

離岸堤のイベントツリー

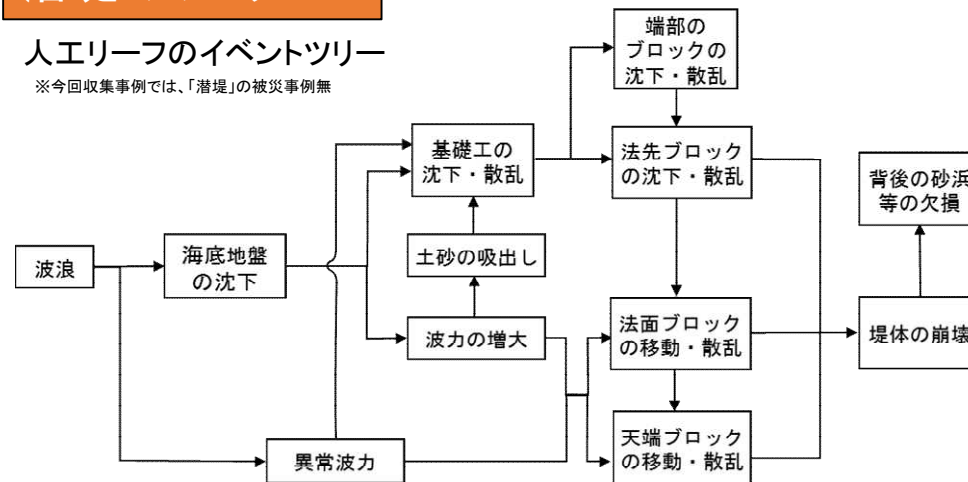


出典: 美しい海辺を守る災害復旧ガイドライン(案) p.30

潜堤・人工リーフ

人工リーフのイベントツリー

※今回収集事例では、「潜堤」の被災事例無



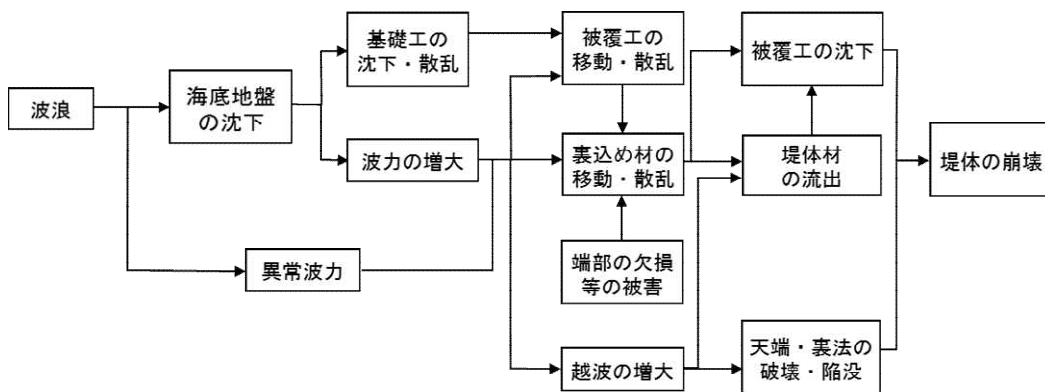
出典: 美しい海辺を守る災害復旧ガイドライン(案) p.32

突堤・ヘッドランド

突堤・ヘッドランドの被災パターンは、「陸上部は堤防・護岸や緩傾斜堤」、「海上部分は離岸堤や緩傾斜堤」と同様である。

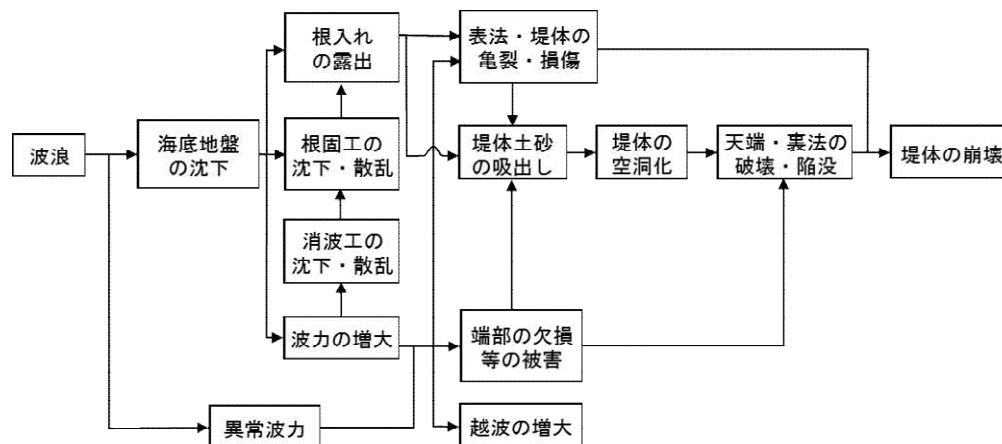
※出典:「美しい海辺を守る災害復旧ガイドライン(案)」 P33

緩傾斜堤のイベントツリー



出典: 美しい海辺を守る災害復旧ガイドライン(案) p.27

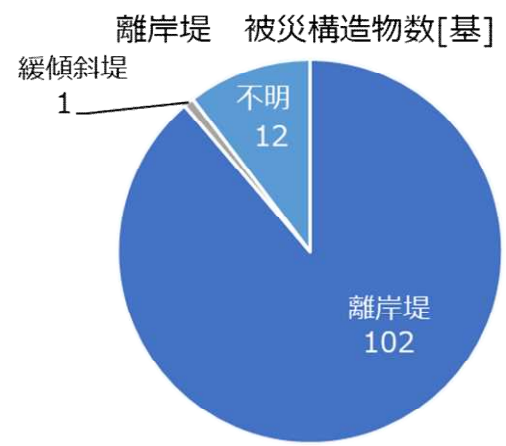
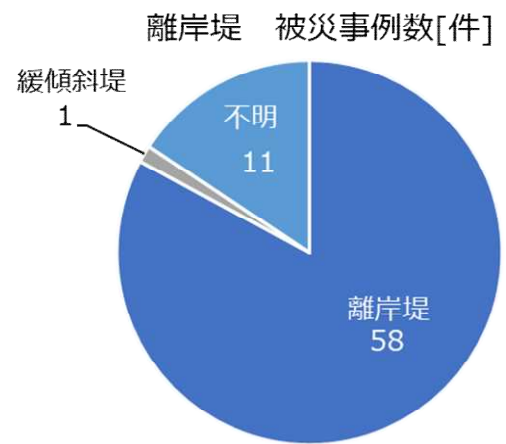
堤防・護岸のイベントツリー



出典: 美しい海辺を守る災害復旧ガイドライン(案) p.24

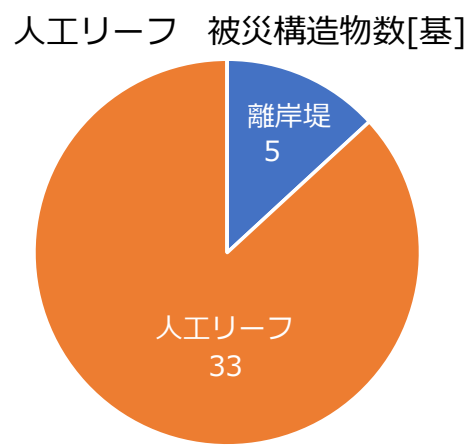
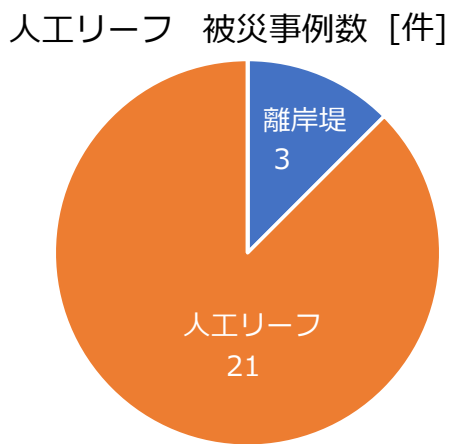
各施設で実際に使用された被災過程のイベントツリーを分類・整理

離岸堤



8割超が離岸堤のイベントツリーを使用

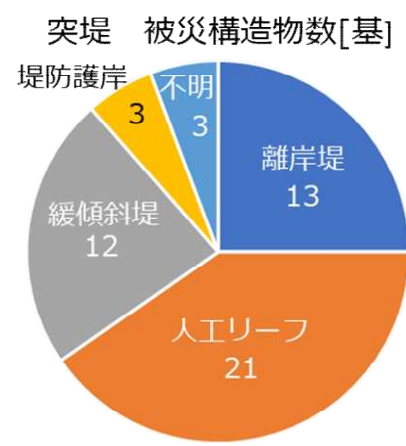
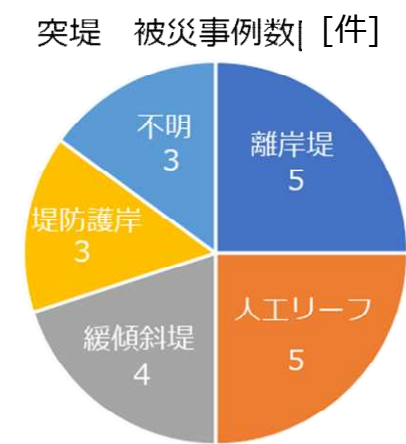
潜堤・人工リーフ



8割超が人工リーフのイベントツリーを使用

※今回収集事例では、「潜堤」の被災事例無

突堤・ヘッドランド

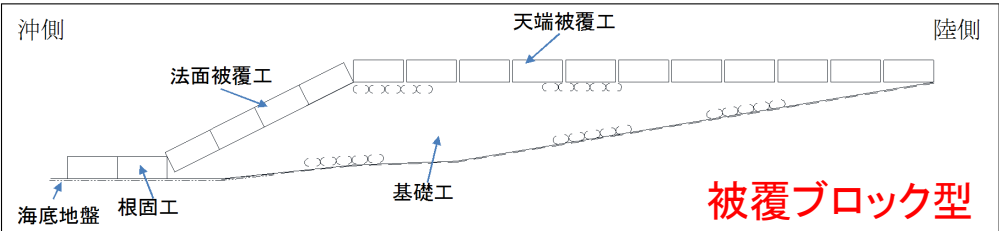


様々なイベントツリーが使用されている

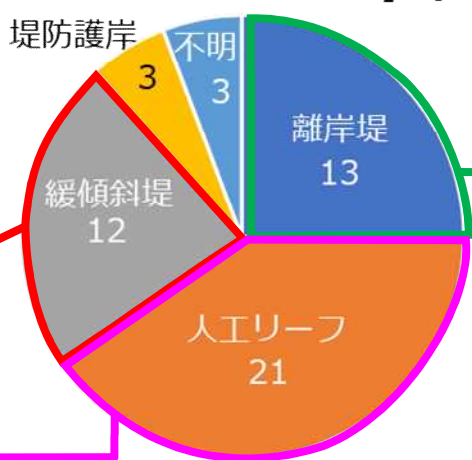
不明:「美しい海辺を守る災害復旧ガイドライン(案)」にはない、独自のイベントツリーを作成して被災過程を整理

離岸堤等の被災事例の収集・整理【突堤】

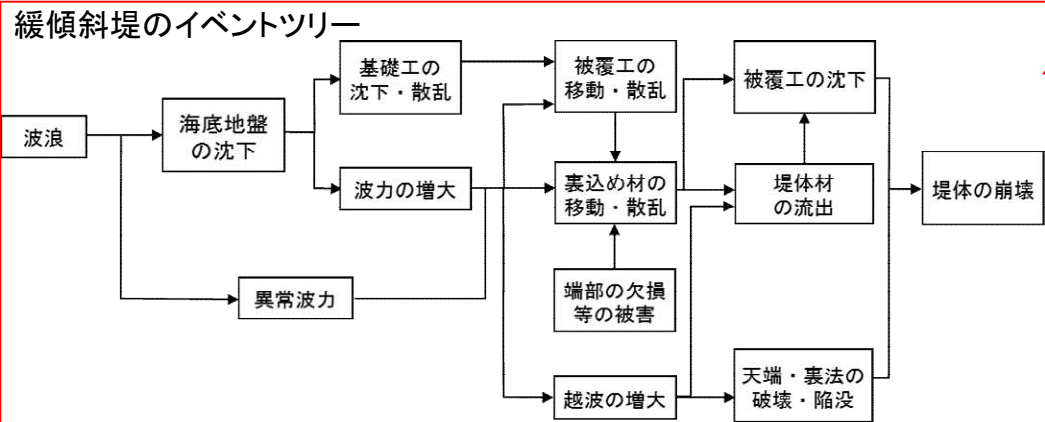
突堤・ヘッドランドの構造は、被覆ブロック型と消波ブロック型の大きく2種類に分けられ、被覆ブロック型は緩傾斜堤のイベントツリー、消波ブロック型は離岸堤のイベントツリーが使用されている



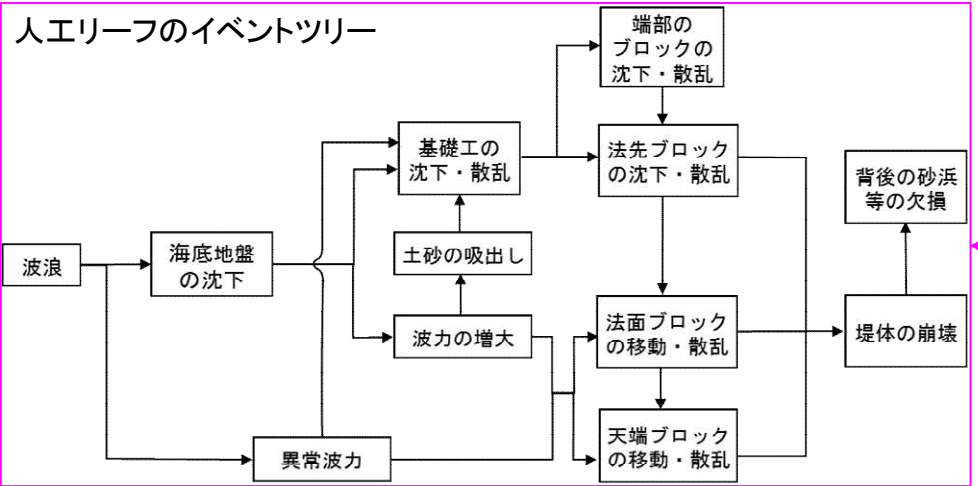
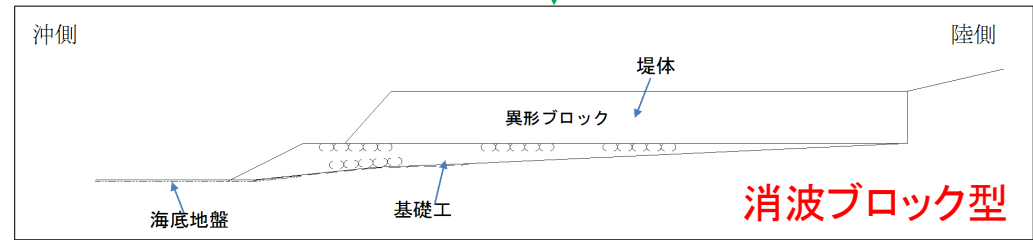
突堤 被災構造物数[基]



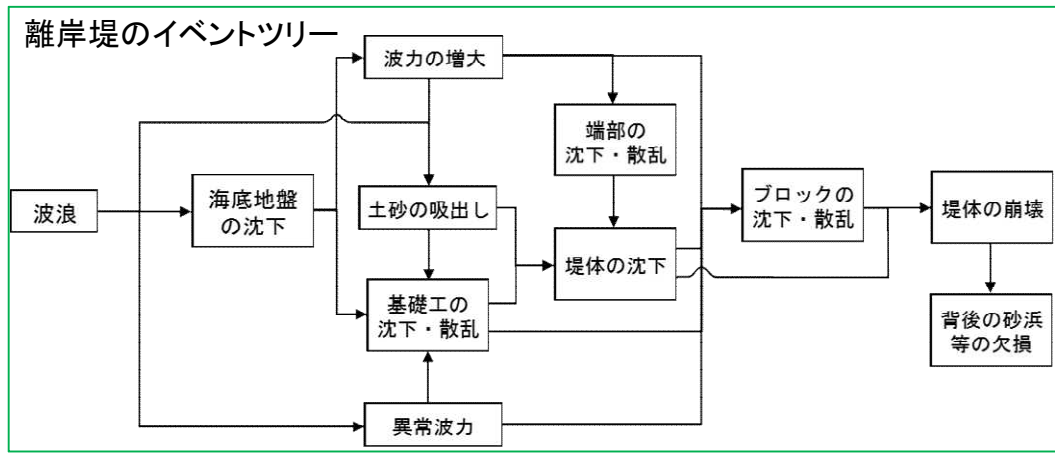
※人工リーフのイベントツリーを使用した被災は、全てが異常波力に起因する被災である



出典: 美しい海辺を守る災害復旧ガイドライン(案) p.27



出典: 美しい海辺を守る災害復旧ガイドライン(案) p.32



出典: 美しい海辺を守る災害復旧ガイドライン(案) p.30

離岸堤等の被災事例【離岸堤】

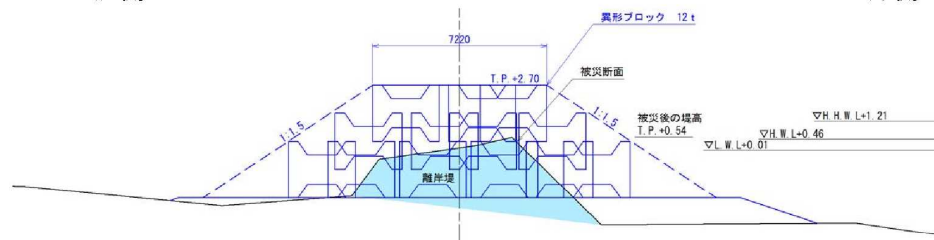
離岸堤の被災事例

①被災施設	②被災状況	③主な被災原因
離岸堤	離岸堤の沈下	離岸堤沖側の海底地盤の洗掘により、法先部の沈下が発生し、更なる海底洗掘の進行に伴い、離岸堤全体が沈下した。

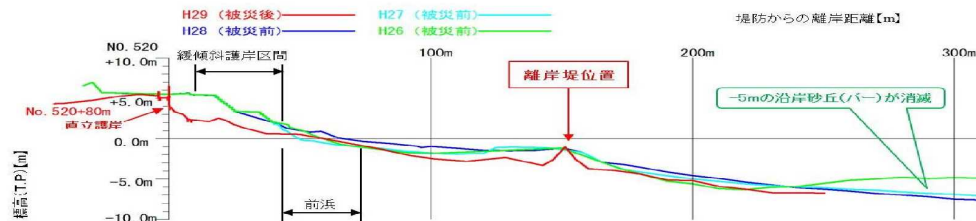
①被災施設の状況

浜側

沖側

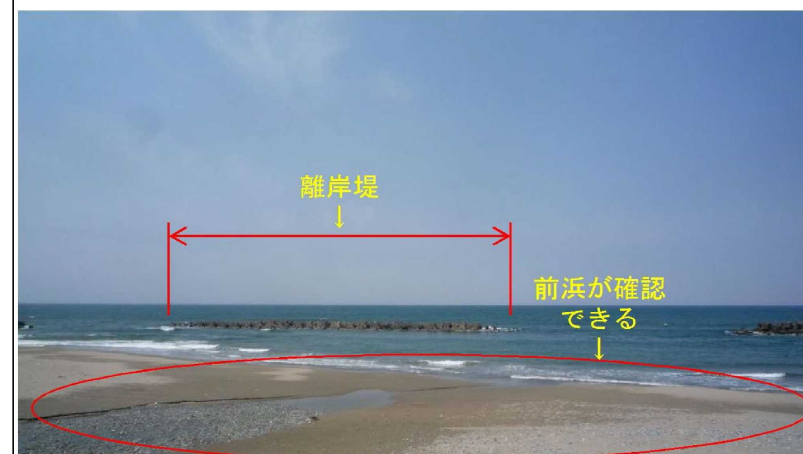


②海底地形断面変化図(施工時と被災時の比較)



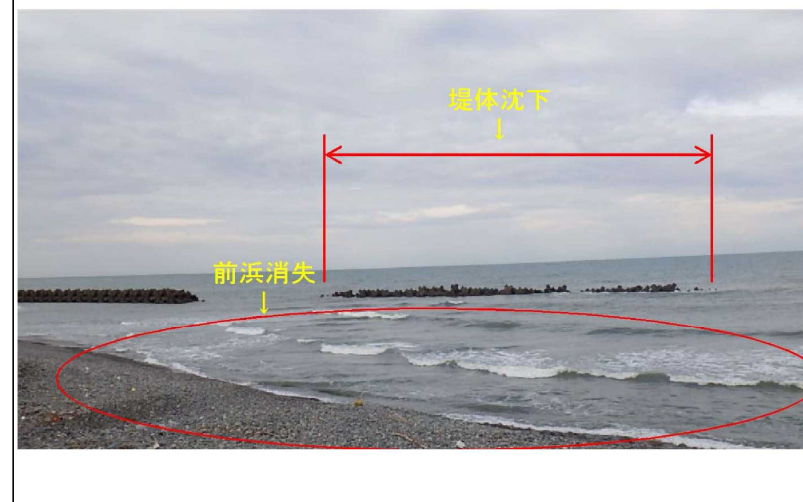
海岸状況写真 : 被災前

H28. 4 撮影



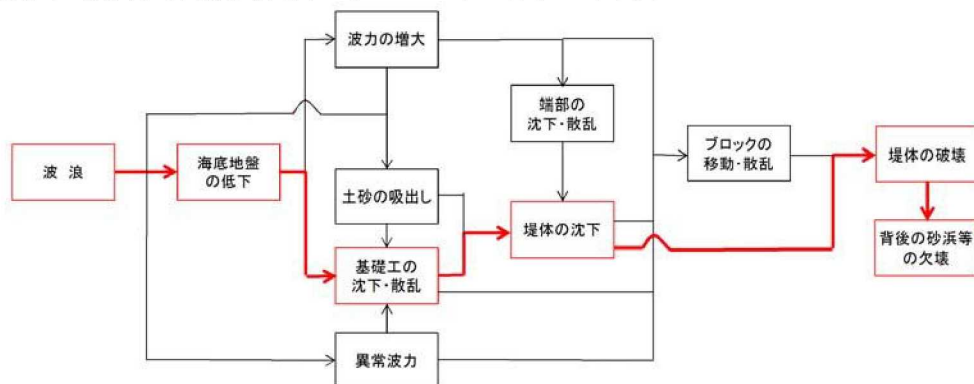
海岸状況写真 : 被災後

H29. 1 撮影



(6)被災メカニズム

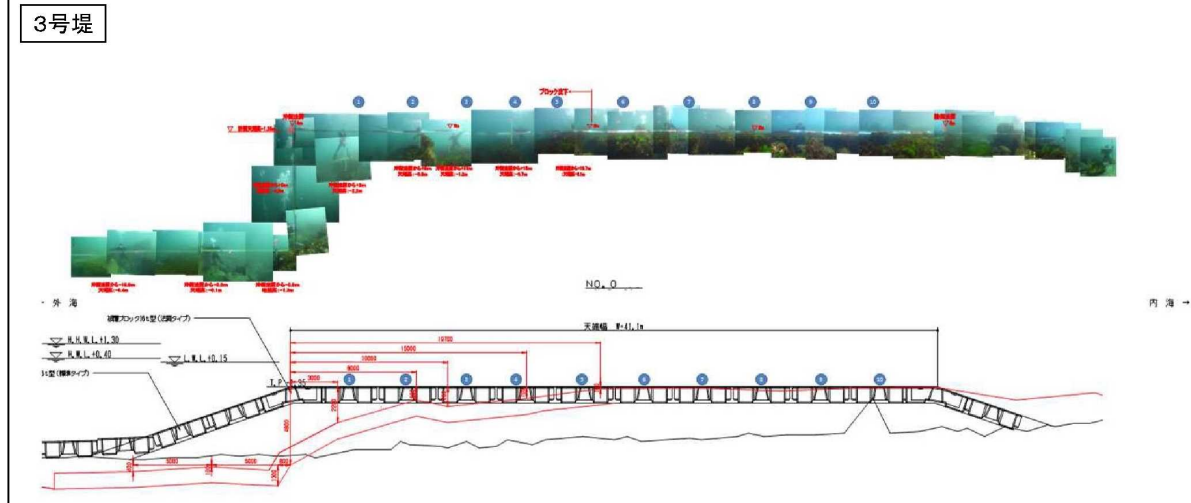
①被災要因と被災形態(被災過程のイベントツリーをもとに図示)



離岸堤等の被災事例【潜堤・人工リーフ】

潜堤・人工リーフの被災事例

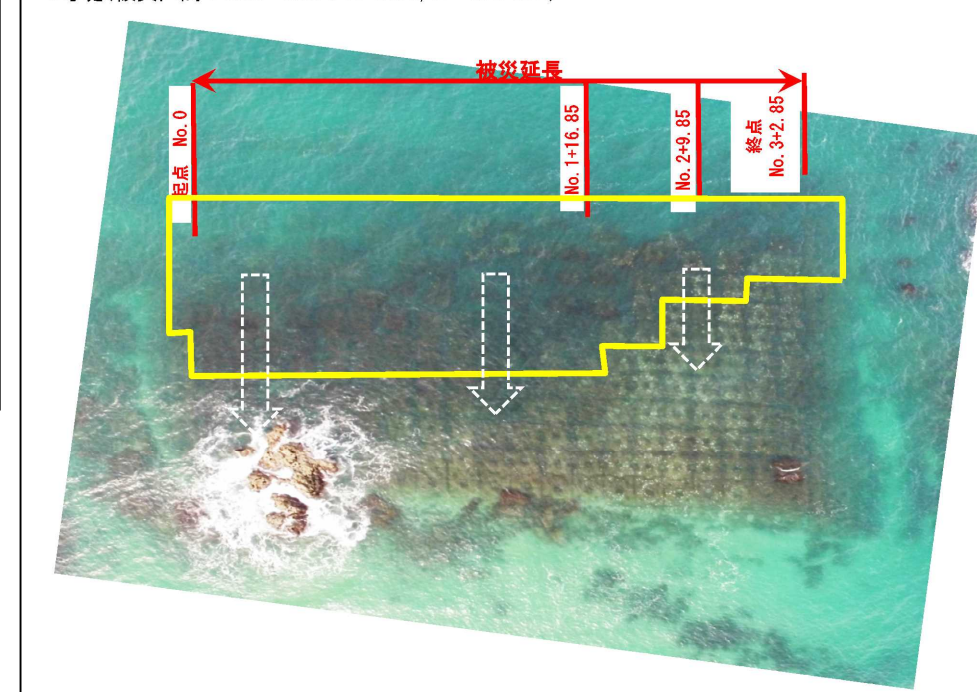
①被災施設の状況及び海底横断面



①被災施設	②被災状況	③主な被災原因
人工リーフ	人工リーフの被覆ブロック散乱 中詰材(捨石200~500kg/個)散乱	被覆ブロックの所用質量不足

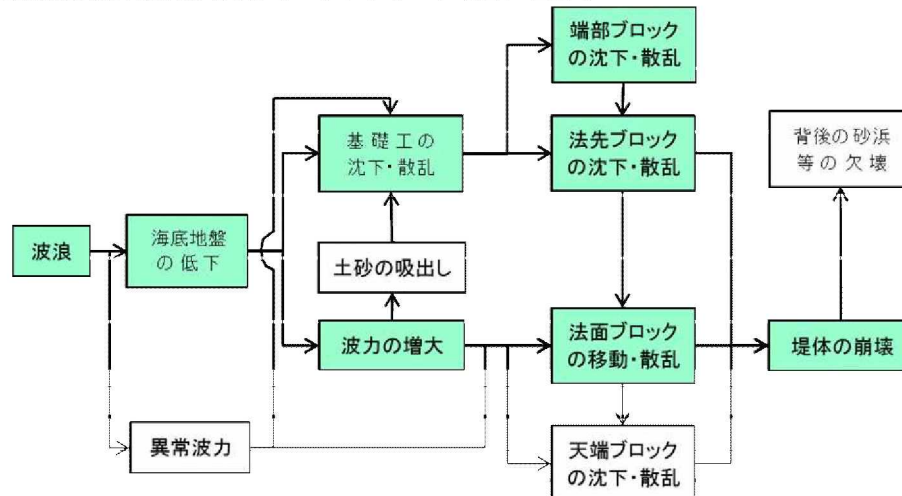
海岸状況写真:被災後

3号堤(被災区間: No.0~No.3+2.85m, L=62.9m)



(6)被災メカニズム

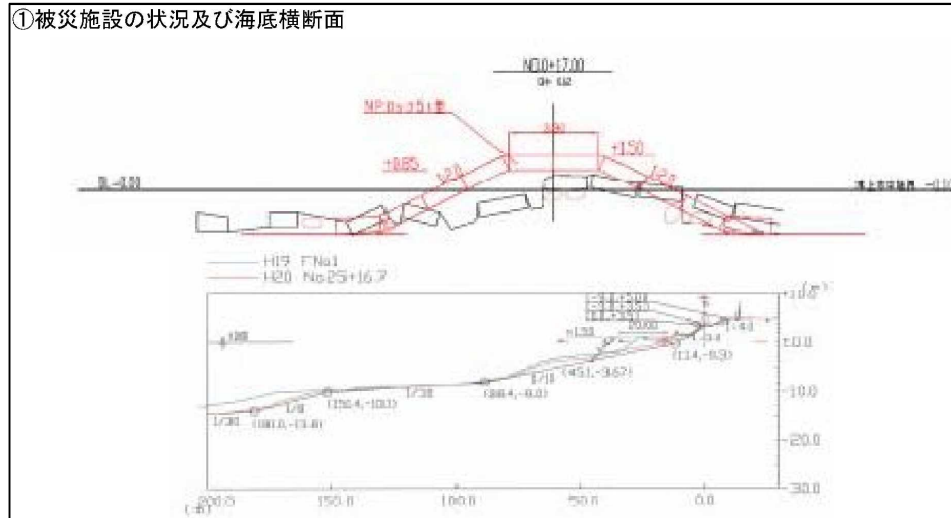
①被災要因と被災形態(被災過程のイベントツリーをもとに図示)



離岸堤等の被災事例【突堤・ヘッドランド】

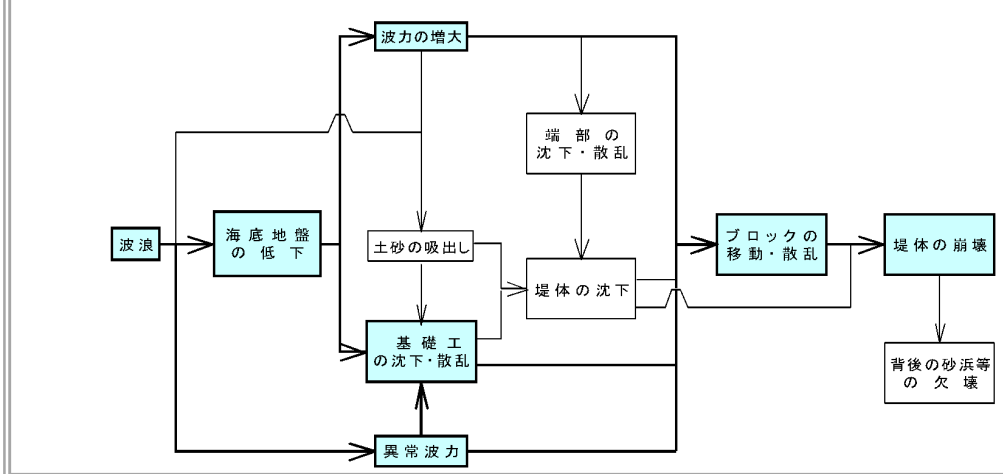
突堤・ヘッドランドの被災事例

①被災施設の状況及び海底横断面



(6)被災メカニズム

①被災要因と被災形態(被災過程のイベントツリーをもとに図示)



※離岸堤のイベントツリーを使用

①被災施設	②被災状況	③主な被災原因
突堤	突堤の被覆ブロックの移動・散乱	異常波浪による所要質量不足 法先洗掘によるブロックの移動

被災前



被災



被災後

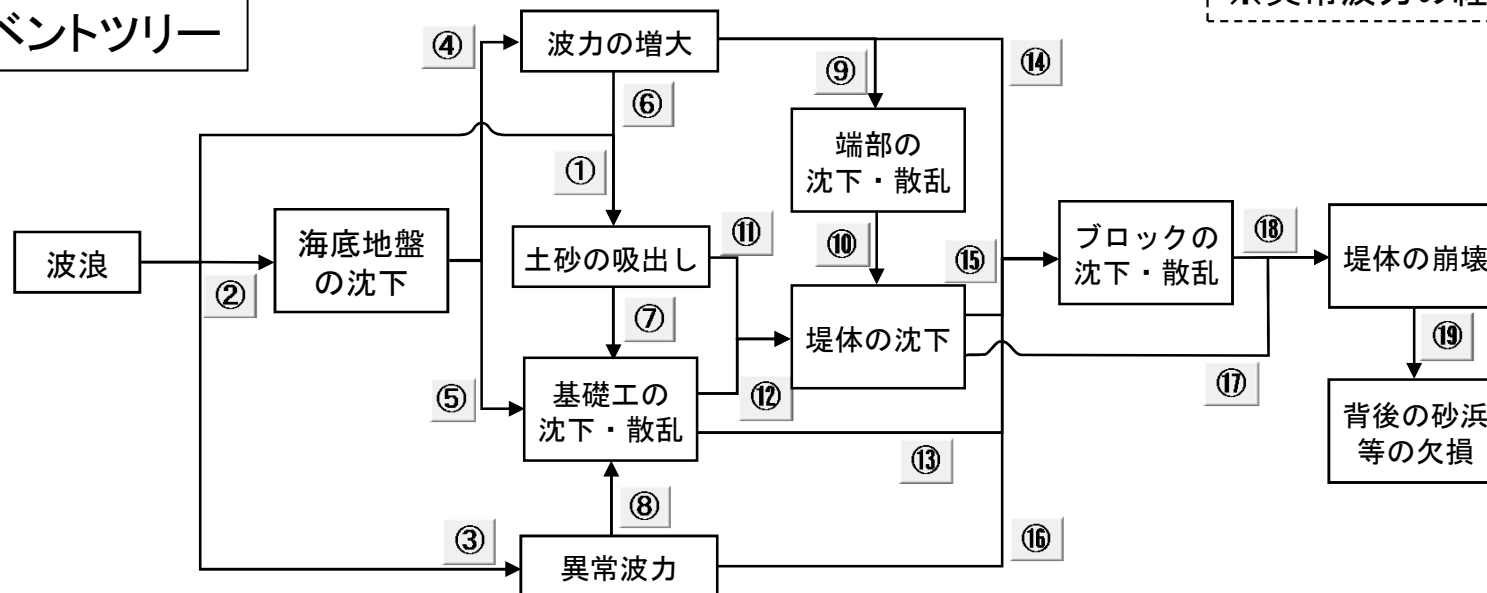


変状連鎖フローの検討【離岸堤】

変状連鎖フローの検討【離岸堤】

○収集した被災事例に対して①～⑱の被災過程を通過する回数を集計し、頻度の多い被災パターンを整理

離岸堤のイベントツリー



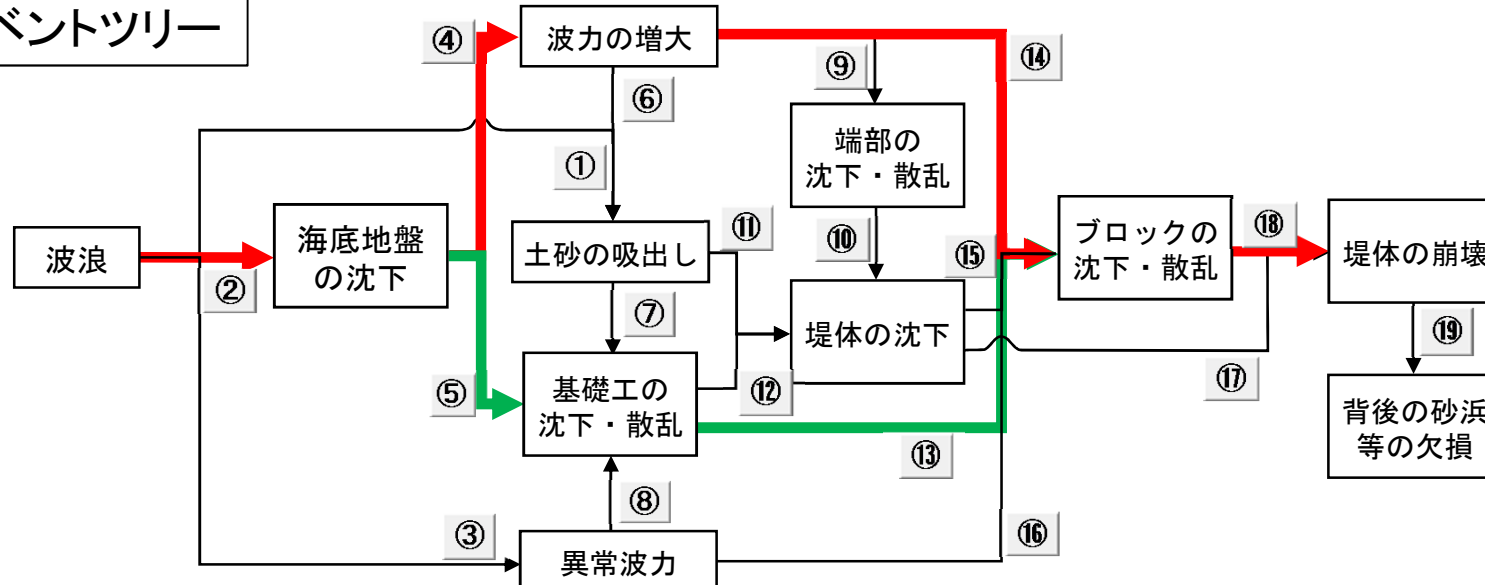
※異常波力の経由有無を分けて評価

- | | | | |
|------------|-------------|--------------|--------------|
| ① 波浪 | → 土砂の吸出し | ⑪ 土砂の吸出し | → 堤体の沈下 |
| ② 波浪 | → 海底地盤の沈下 | ⑫ 基礎工の沈下・散乱 | → 堤体の沈下 |
| ③ 波浪 | → 異常波力 | ⑬ 基礎工の沈下・散乱 | → ブロックの移動・散乱 |
| ④ 海底地盤の沈下 | → 波力の増大 | ⑭ 波力の増大 | → ブロックの移動・散乱 |
| ⑤ 海底地盤の沈下 | → 基礎工の沈下・散乱 | ⑮ 堤体の沈下 | → ブロックの移動・散乱 |
| ⑥ 波力の増大 | → 土砂の吸出し | ⑯ 異常波力 | → ブロックの移動・散乱 |
| ⑦ 土砂の吸出し | → 基礎工の沈下・散乱 | ⑰ 堤体の沈下 | → 堤体の崩壊 |
| ⑧ 異常波力 | → 基礎工の沈下・散乱 | ⑱ ブロックの移動・散乱 | → 堤体の崩壊 |
| ⑨ 波力の増大 | → 端部の沈下・散乱 | ⑲ 堤体の崩壊 | → 背後の砂浜等の決壊 |
| ⑩ 端部の沈下・散乱 | → 堤体の沈下 | | |

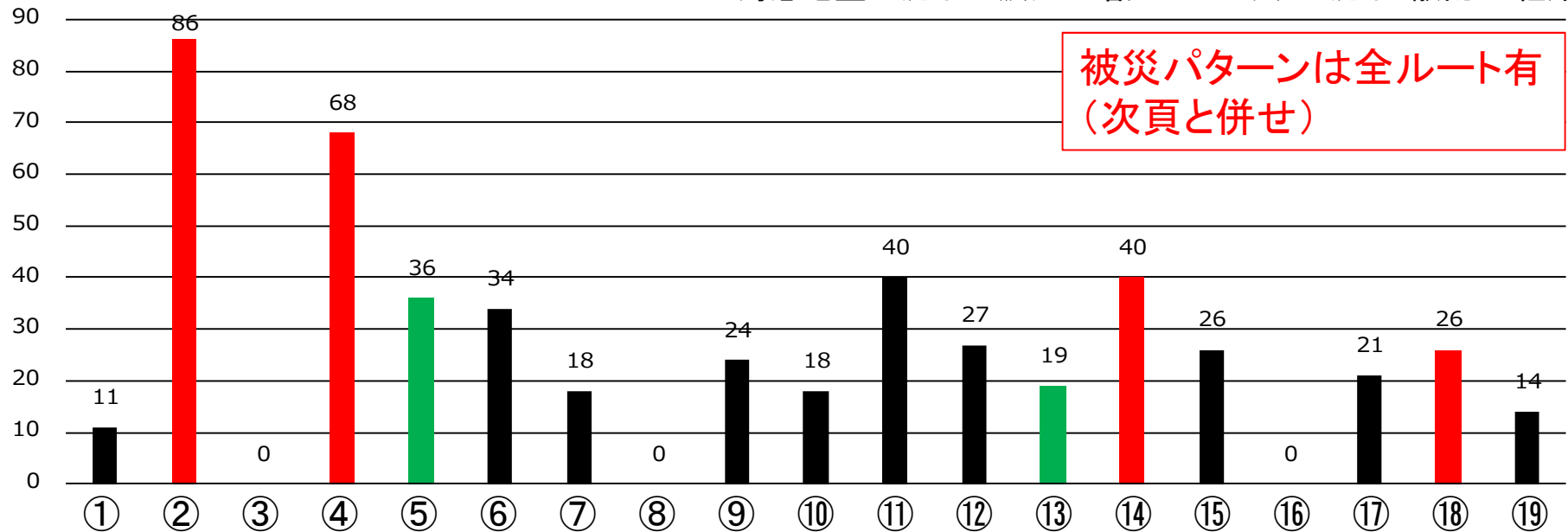
変状連鎖フローの検討【離岸堤】（異常波力経由なし）

○整理の結果、異常波力を経由しない場合の主要な被災パターンは以下のとおり

離岸堤のイベントツリー



海底地盤の沈下→波力の増大→ブロックの沈下・散乱の経路が最も多い

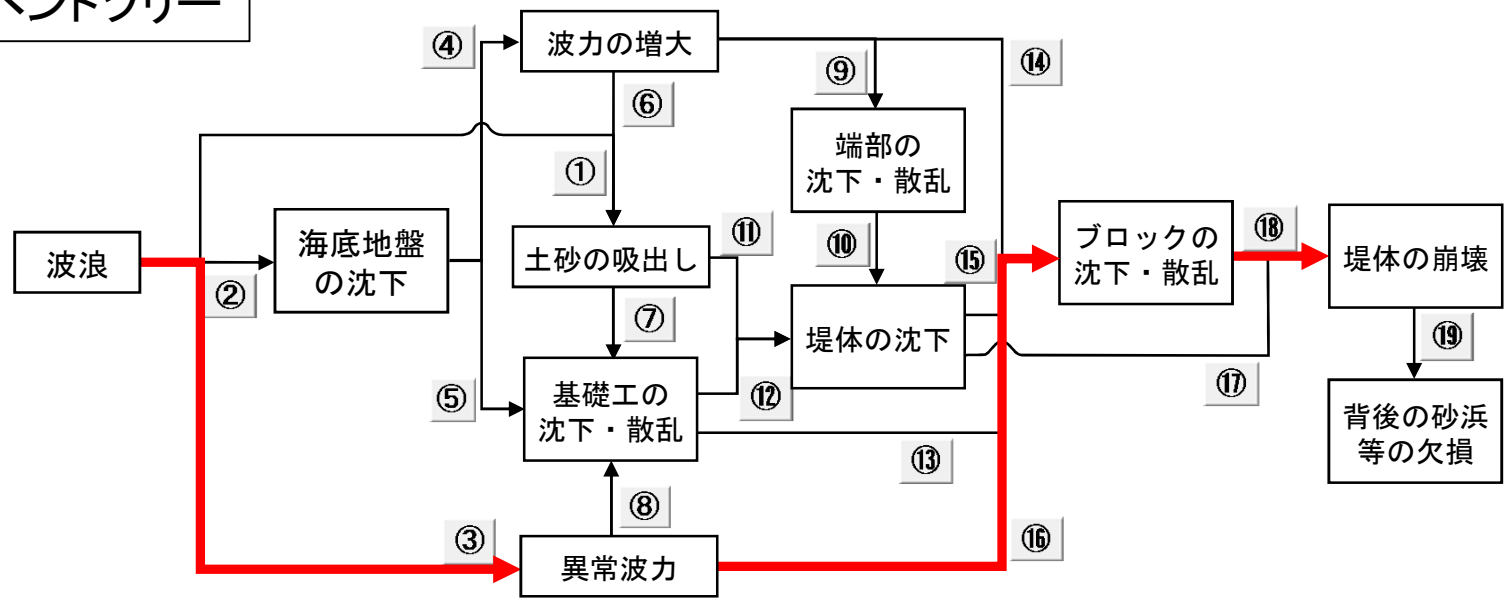


被災パターンは全ルート有
(次頁と併せ)

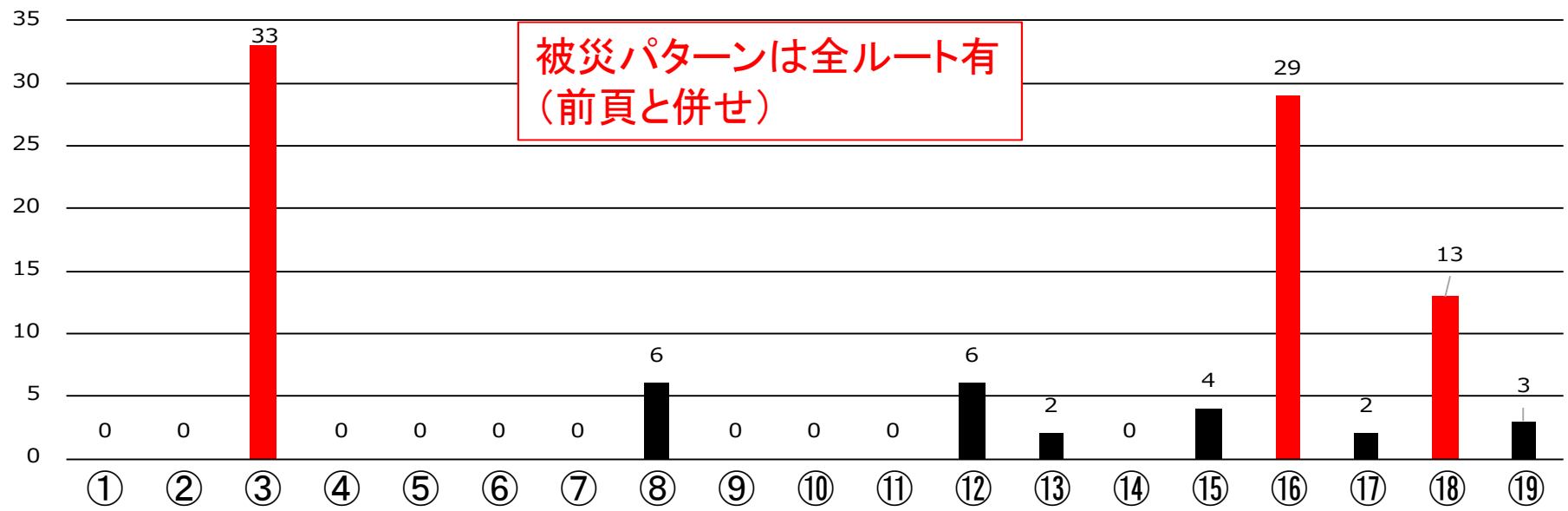
変状連鎖フローの検討【離岸堤】（異常波力経由あり）

○整理の結果、異常波力を経由する場合の主要な被災パターンは以下のとおり

離岸堤のイベントツリー



異常波力より直接ブロックの沈下・散乱が発生

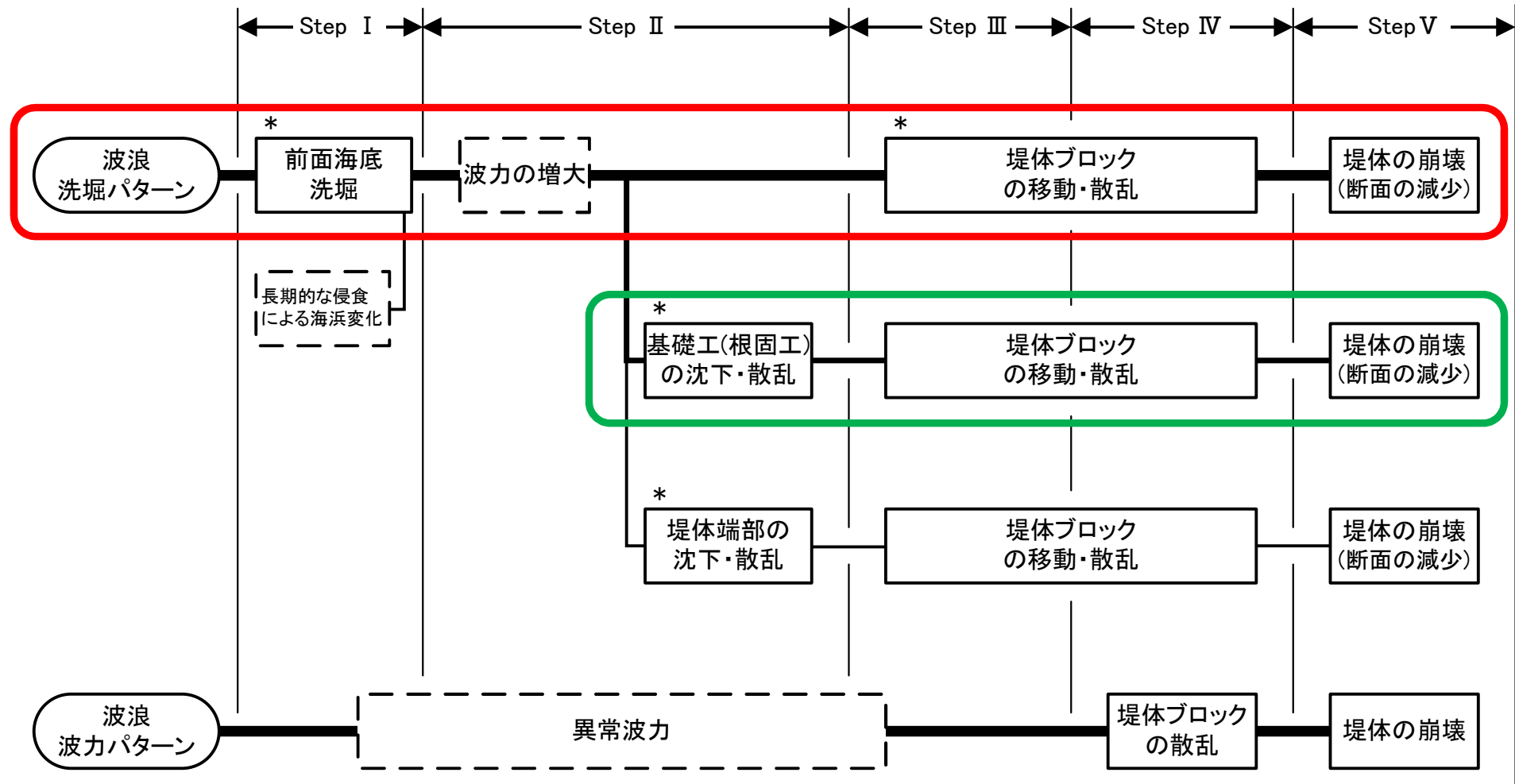


被災パターンは全ルート有 (前頁と併せ)

変状連鎖フローの検討【離岸堤】

○被災事例の整理結果をもとに、離岸堤の変状連鎖フロー(案)を作成

Step I : 健全な状態 Step II : 軽度の変状 Step III : 進展した変状 Step IV : 安全性、機能が損なわれた状況 Step V : 破壊、機能停止



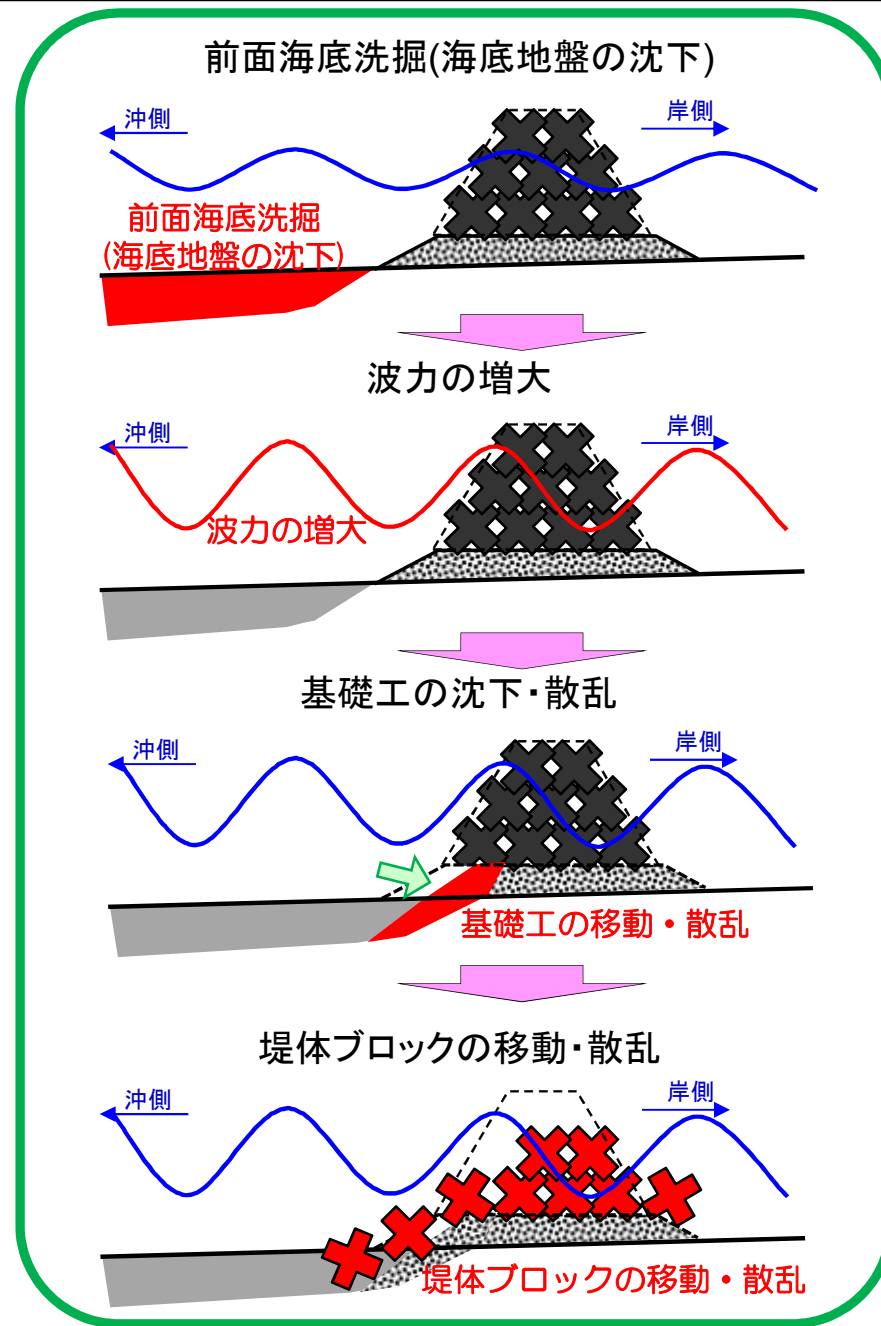
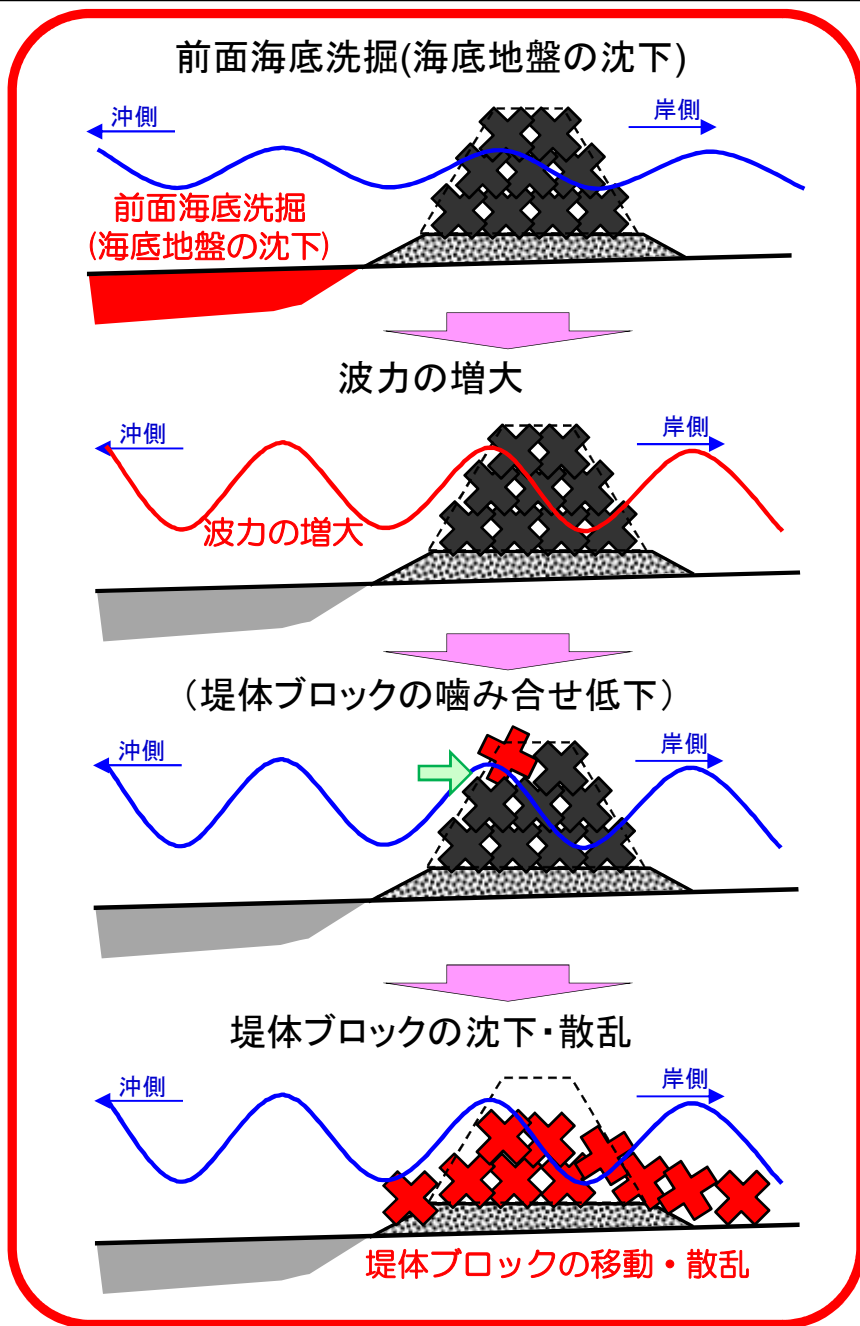
(注) [] 内は変状の点検対象とするもの(変状点検指標)

[- - -] 内は変状点検指標以外の変状

* 印は変状の進行発見に重要な指標。

変状連鎖フローの検討【離岸堤】

○被災事例の整理結果から作成した、離岸堤の主要な被災形態(変状連鎖)のイメージ

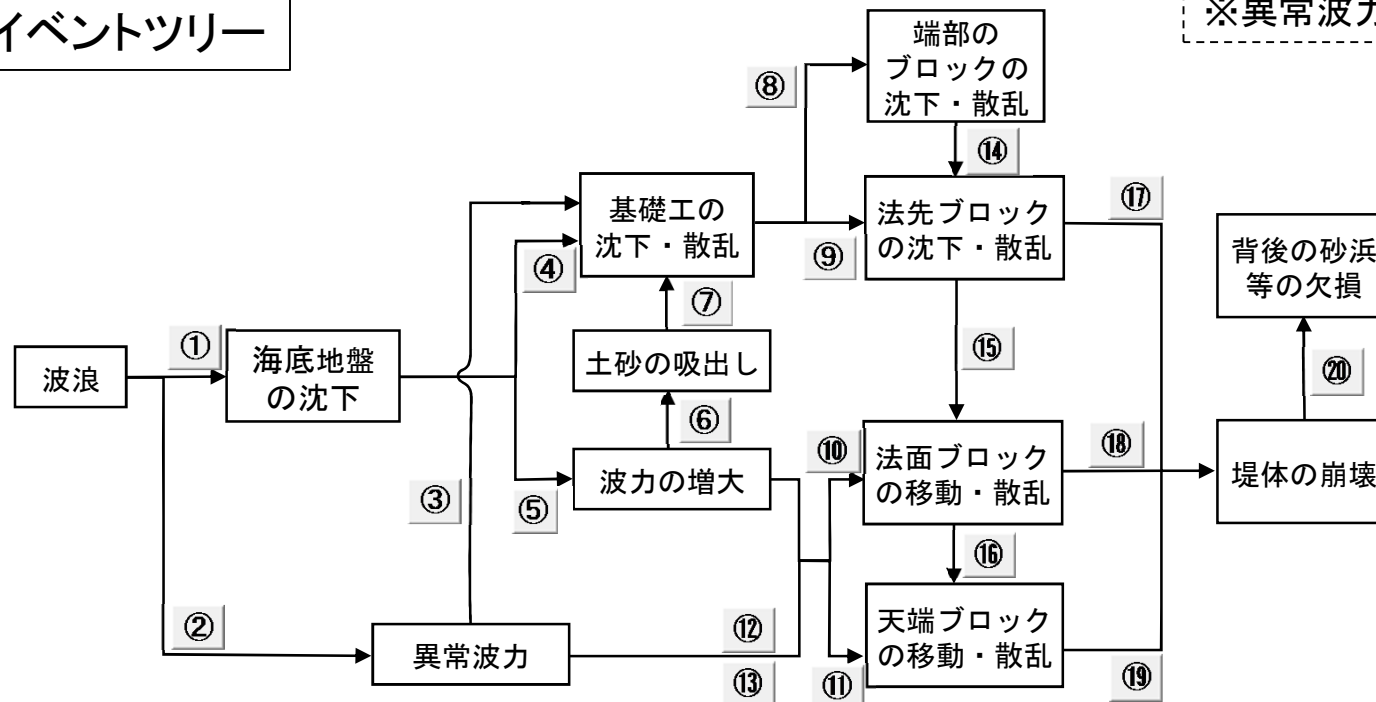


変状連鎖フローの検討【潜堤・人工リーフ】

変状連鎖フローの検討【潜堤・人工リーフ】

○収集事例に対して①～⑳の被災過程を通過する回数を集計し、頻度の多い被災パターンを整理

人工リーフのイベントツリー



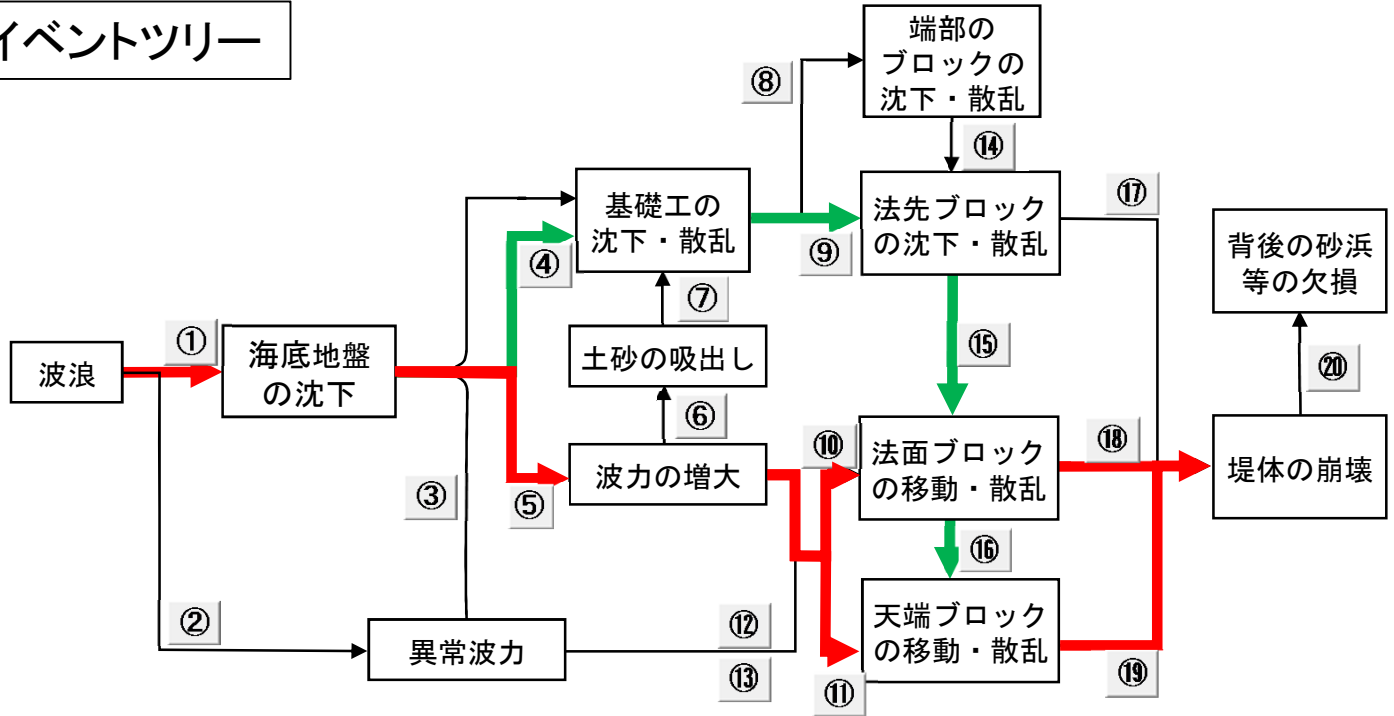
※異常波力の経由有無を分けて評価

- | | | | |
|-------------|-----------------|-----------------|----------------|
| ① 波浪 | → 海底地盤の沈下 | ⑪ 波力の増大 | → 天端ブロックの移動・散乱 |
| ② 波浪 | → 異常波力 | ⑫ 異常波力 | → 法面ブロックの移動・散乱 |
| ③ 異常波力 | → 基礎工の沈下・散乱 | ⑬ 異常波力 | → 天端ブロックの移動・散乱 |
| ④ 海底地盤の沈下 | → 基礎工の沈下・散乱 | ⑭ 端部のブロックの沈下・散乱 | → 法先ブロックの沈下・散乱 |
| ⑤ 海底地盤の沈下 | → 波力の増大 | ⑮ 法先ブロックの沈下・散乱 | → 法面ブロックの移動・散乱 |
| ⑥ 波力の増大 | → 土砂の吸出し | ⑯ 法面ブロックの移動・散乱 | → 天端ブロックの移動・散乱 |
| ⑦ 土砂の吸出し | → 基礎工の沈下・散乱 | ⑰ 法先ブロックの沈下・散乱 | → 堤体の崩壊 |
| ⑧ 基礎工の沈下・散乱 | → 端部のブロックの沈下・散乱 | ⑱ 天端ブロックの移動・散乱 | → 堤体の崩壊 |
| ⑨ 基礎工の沈下・散乱 | → 法先ブロックの沈下・散乱 | ⑳ 堤体の崩壊 | → 背後の砂浜等の欠損 |
| ⑩ 波力の増大 | → 法面ブロックの移動・散乱 | | |

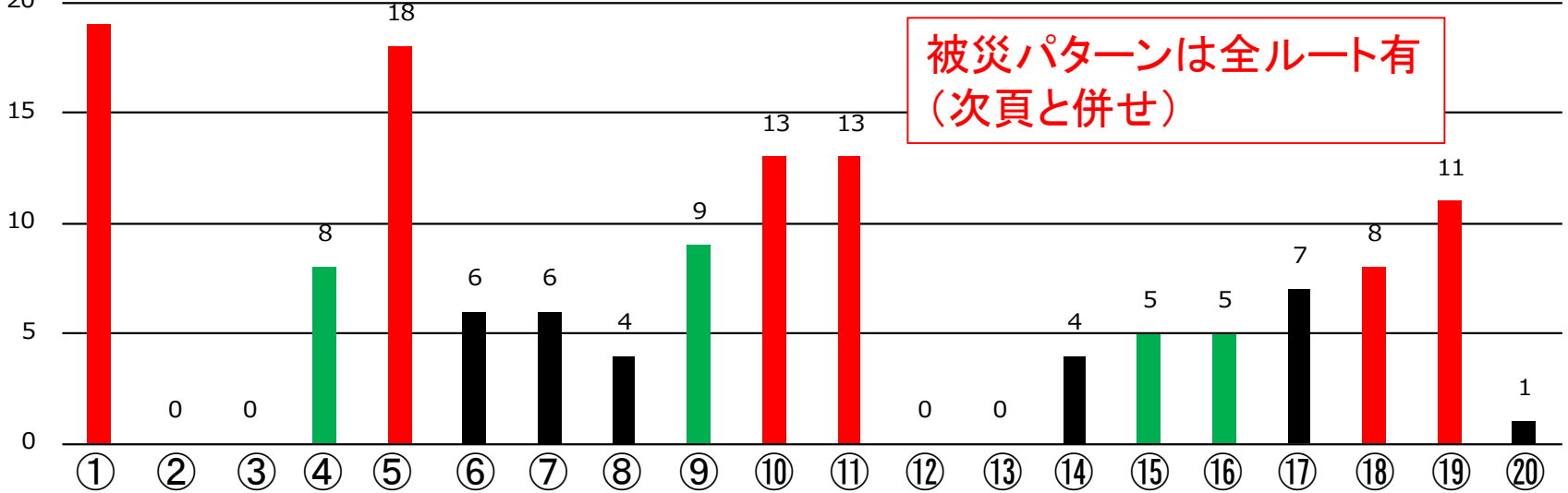
変状連鎖フローの検討【潜堤・人工リーフ】（異常波力経由なし）

○整理の結果、異常波力を経由しない場合の主要な被災パターンは以下のとおり

人工リーフのイベントツリー



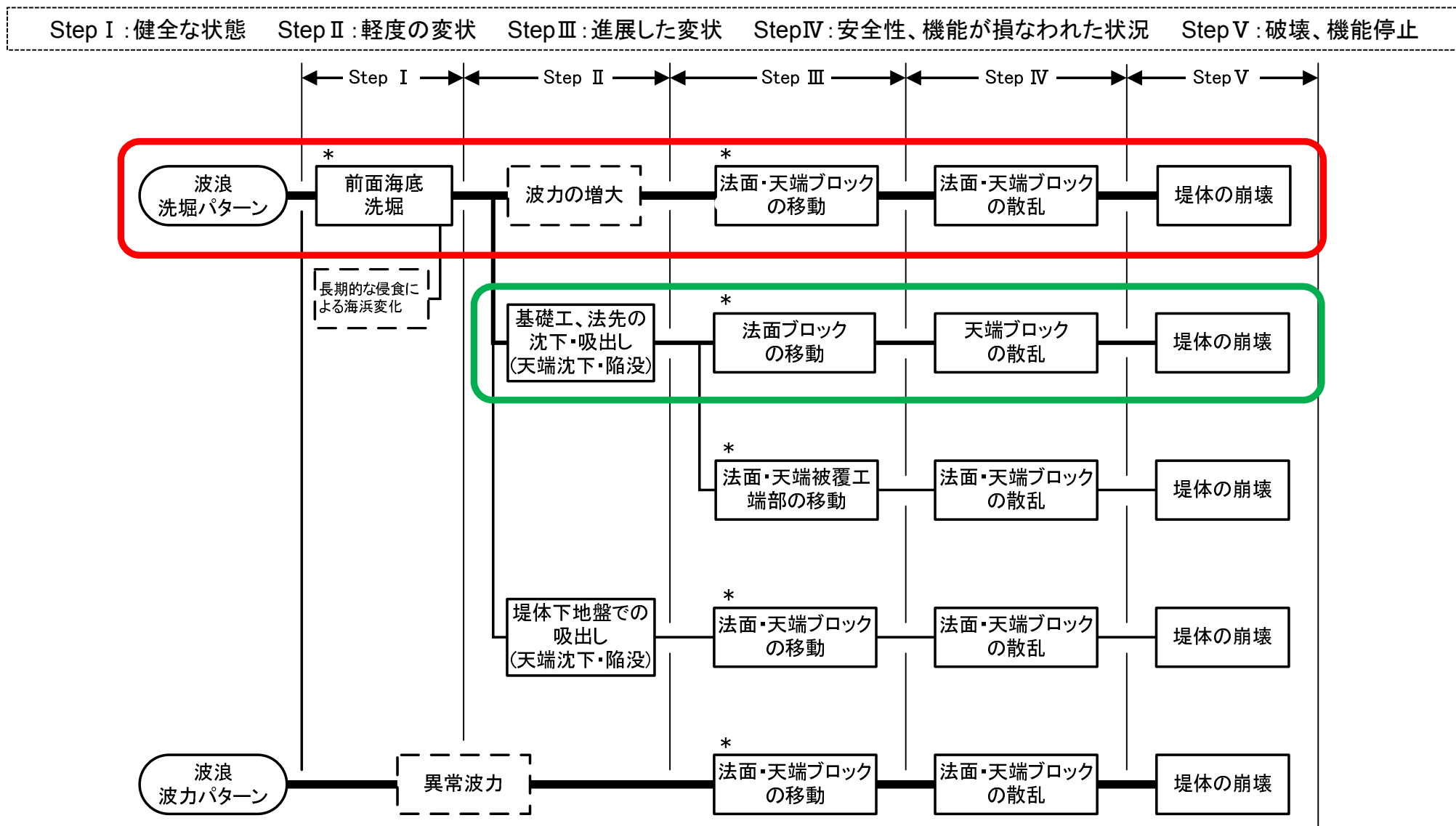
海底地盤の沈下→波力の増大→法面・天端ブロックの移動・散乱の経路が最も多い



被災パターンは全ルート有
(次頁と併せ)

変状連鎖フローの検討【潜堤・人工リーフ】

○被災事例の整理結果をもとに、潜堤・人工リーフの変状連鎖フロー(案)を作成



(注) 内は変状の点検対象とするもの(変状点検指標)

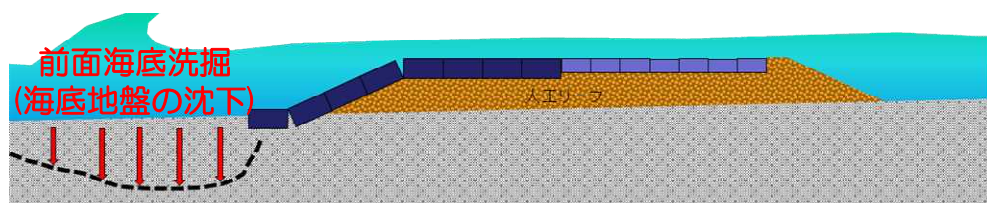
内は変状点検指標以外の変状

* 印は変状の進行発見に重要な指標。

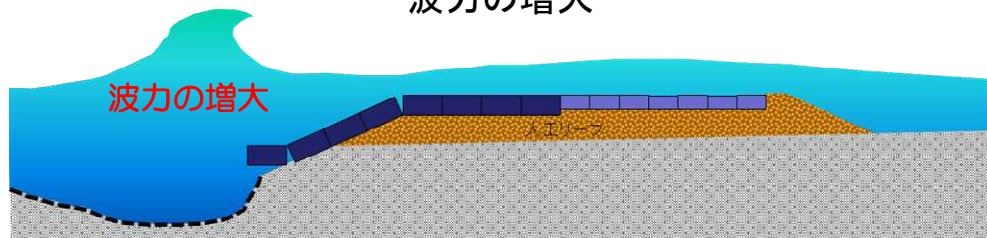
変状連鎖フローの検討【潜堤・人工リーフ】

○被災事例(人工リーフ)の整理結果から抽出した潜堤・人工リーフの主要な被災形態(変状連鎖)のイメージ

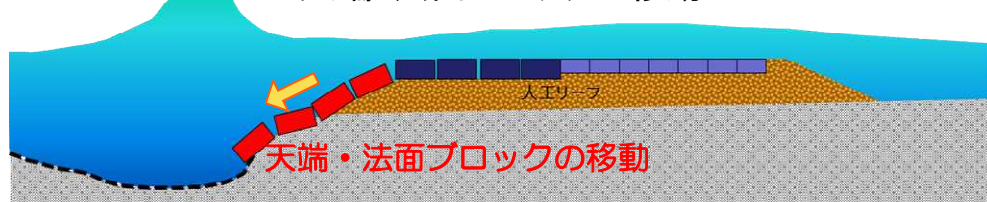
前面海底洗掘(海底地盤の沈下)



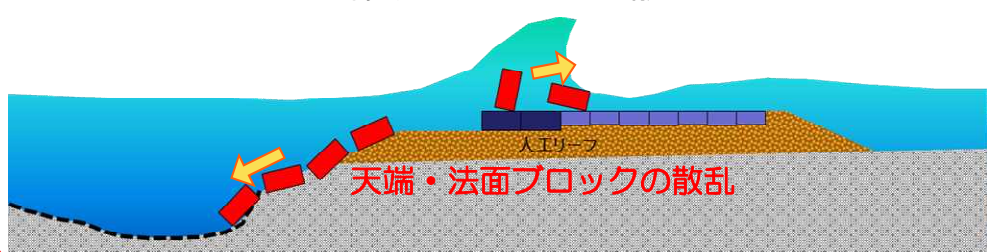
波力の増大



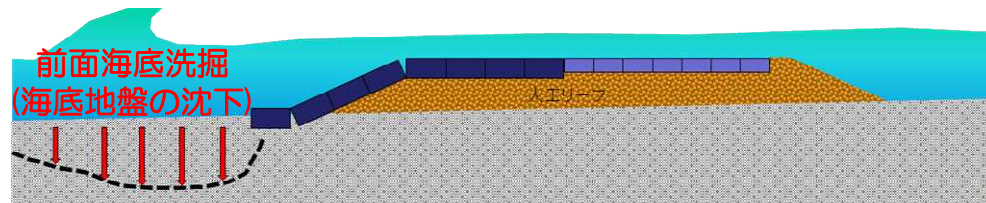
天端・法面ブロックの移動



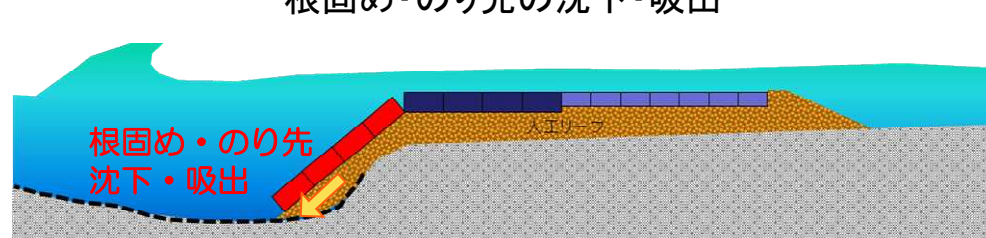
天端・法面ブロックの散乱



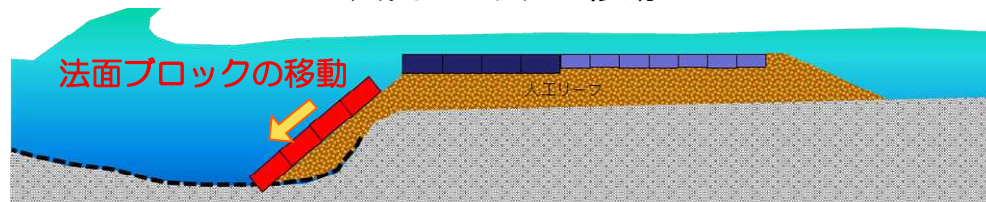
前面海底洗掘(海底地盤の沈下)



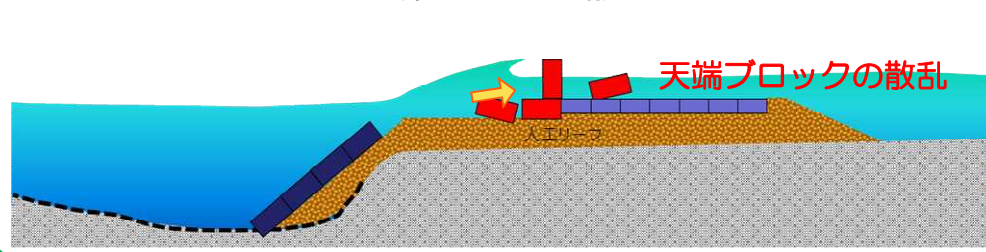
根固め・のり先の沈下・吸出



法面ブロックの移動



天端ブロックの散乱



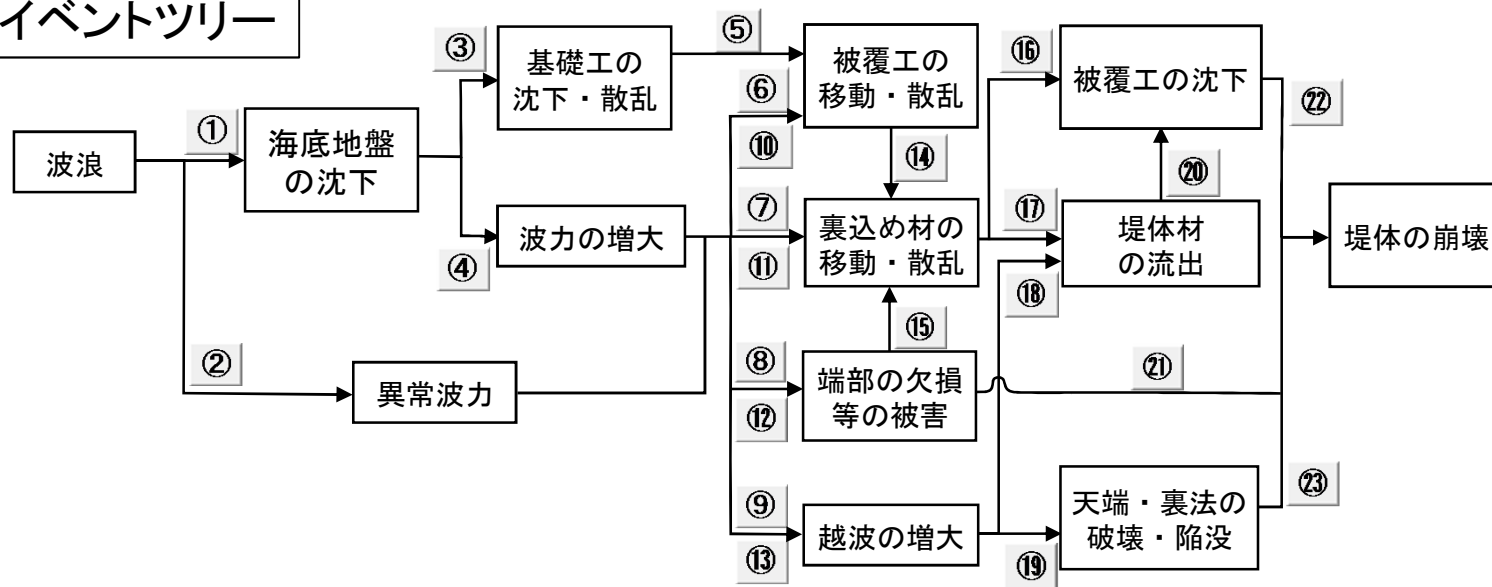
変状連鎖フローの検討【突堤・ヘッドランド】

被覆ブロック型

変状連鎖フローの検討【突堤・ヘッドランド】被覆ブロック型

○収集事例に対して①～⑳の被災過程を通過する回数を集計し、頻度の多い被災パターンを整理

緩傾斜堤のイベントツリー

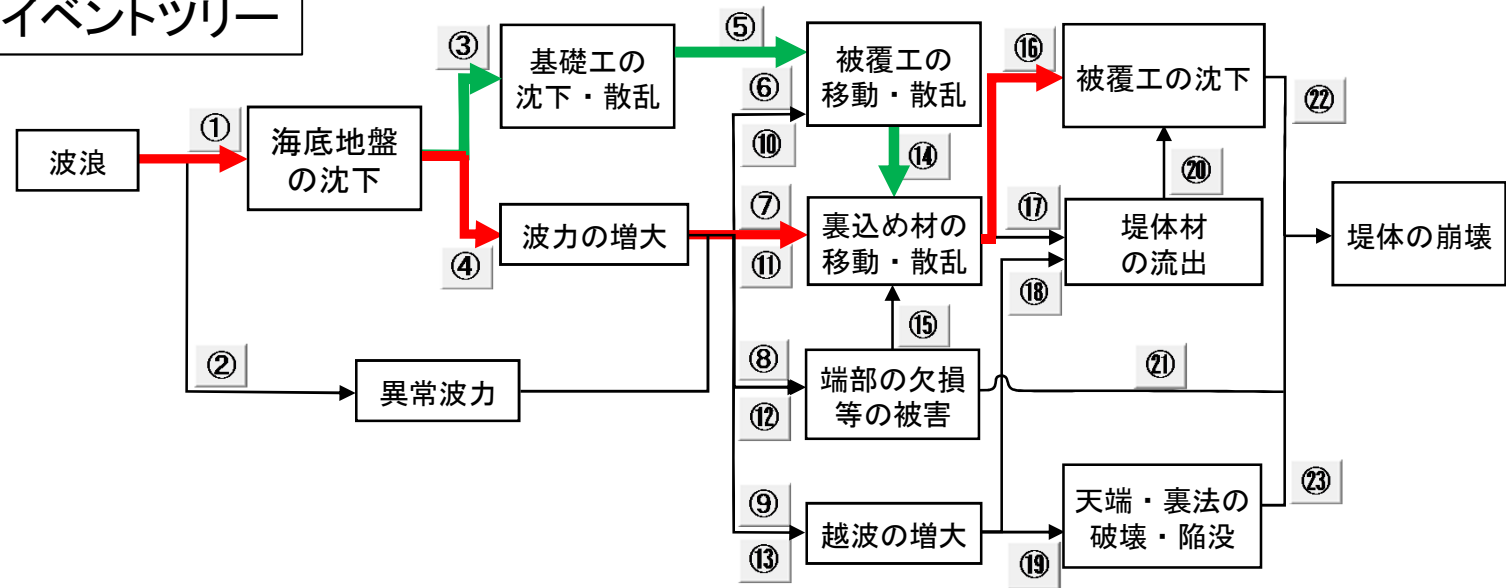


- | | | | |
|-------------|--------------|---------------|---------------|
| ① 波浪 | → 海底地盤の沈下 | ⑬ 異常波力 | → 越波の増大 |
| ② 波浪 | → 異常波力 | ⑭ 被覆工の移動・散乱 | → 裏込め材の移動・散乱 |
| ③ 海底地盤の沈下 | → 基礎工の沈下・散乱 | ⑮ 端部の欠損等の被害 | → 裏込め材の移動・散乱 |
| ④ 海底地盤の沈下 | → 波力の増大 | ⑯ 越波の増大 | → 天端・裏法の破壊・陥没 |
| ⑤ 基礎工の沈下・散乱 | → 被覆工の移動・散乱 | ⑰ 裏込め材の移動・散乱 | → 堤体材の流出 |
| ⑥ 波力の増大 | → 被覆工の移動・散乱 | ⑱ 越波の増大 | → 堤体材の流出 |
| ⑦ 波力の増大 | → 裏込め材の移動・散乱 | ⑲ 越波の増大 | → 天端・裏法の破壊・陥没 |
| ⑧ 波力の増大 | → 端部の欠損等の被害 | ⑳ 堤体材の流出 | → 被覆工の沈下 |
| ⑨ 波力の増大 | → 越波の増大 | ㉑ 端部の欠損等の被害 | → 堤体の崩壊 |
| ⑩ 異常波力 | → 被覆工の移動・散乱 | ㉒ 被覆工の沈下 | → 堤体の崩壊 |
| ⑪ 異常波力 | → 裏込め材の移動・散乱 | ㉓ 天端・裏法の破壊・陥没 | → 堤体の崩壊 |
| ⑫ 異常波力 | → 端部の欠損等の被害 | | |

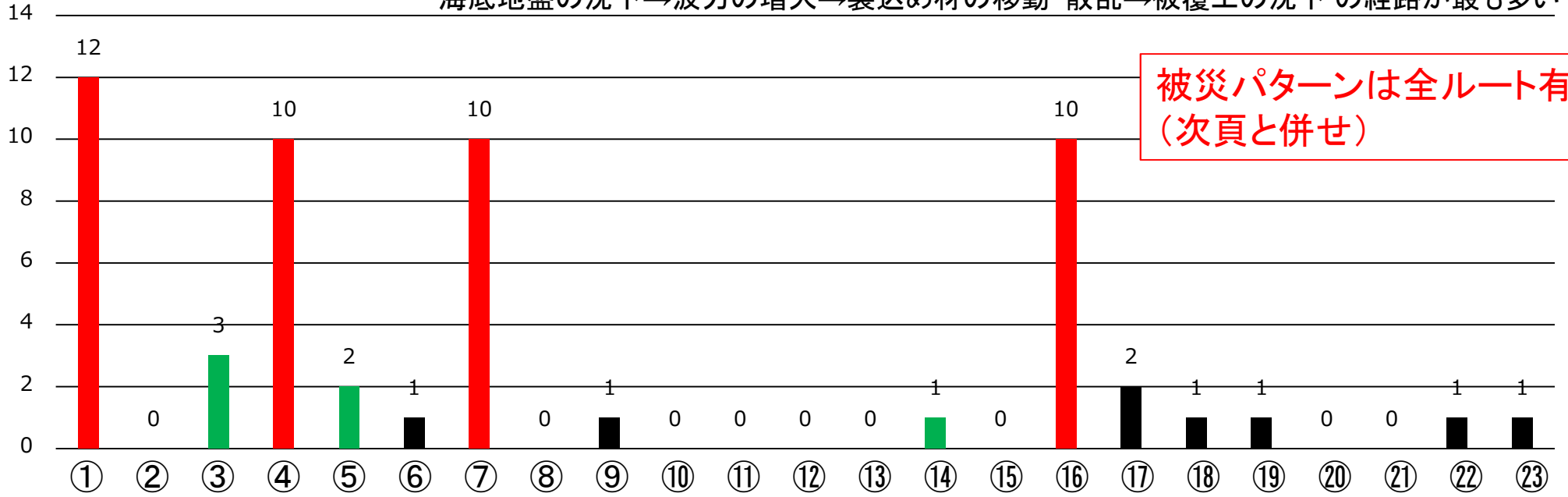
変状連鎖フローの検討【突堤・ヘッドランド】被覆ブロック型(異常波力経由なし)

○整理の結果、異常波力を経由しない場合の主要な被災パターンは以下のとおり

緩傾斜堤のイベントツリー



海底地盤の沈下→波力の増大→裏込め材の移動・散乱→被覆工の沈下 の経路が最も多い

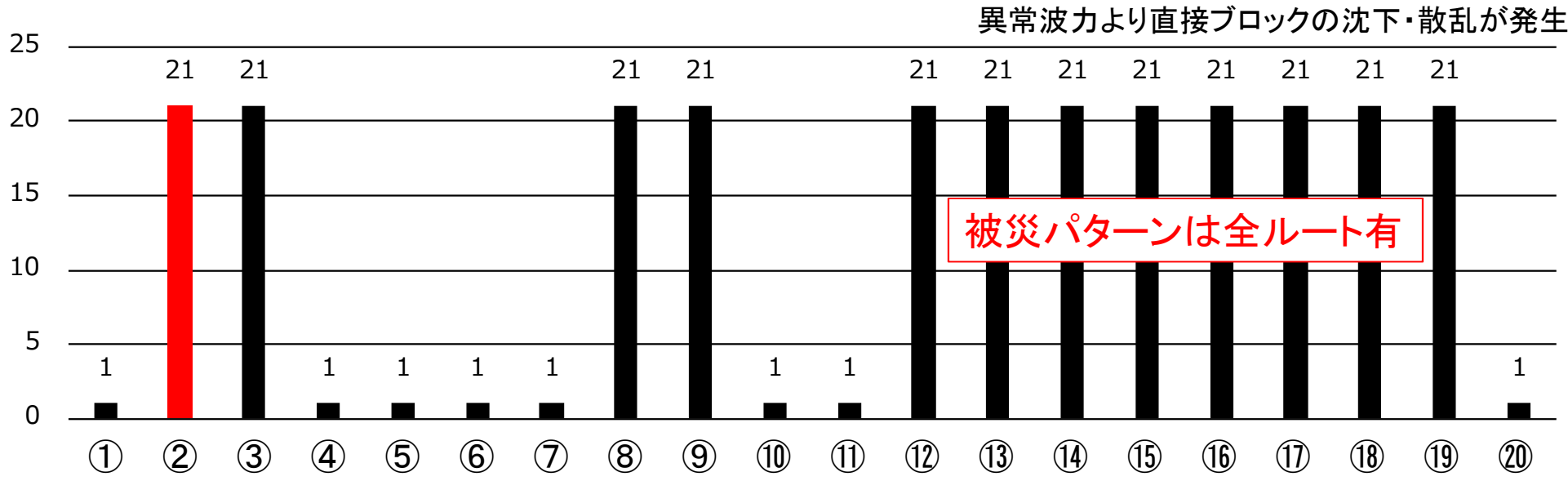
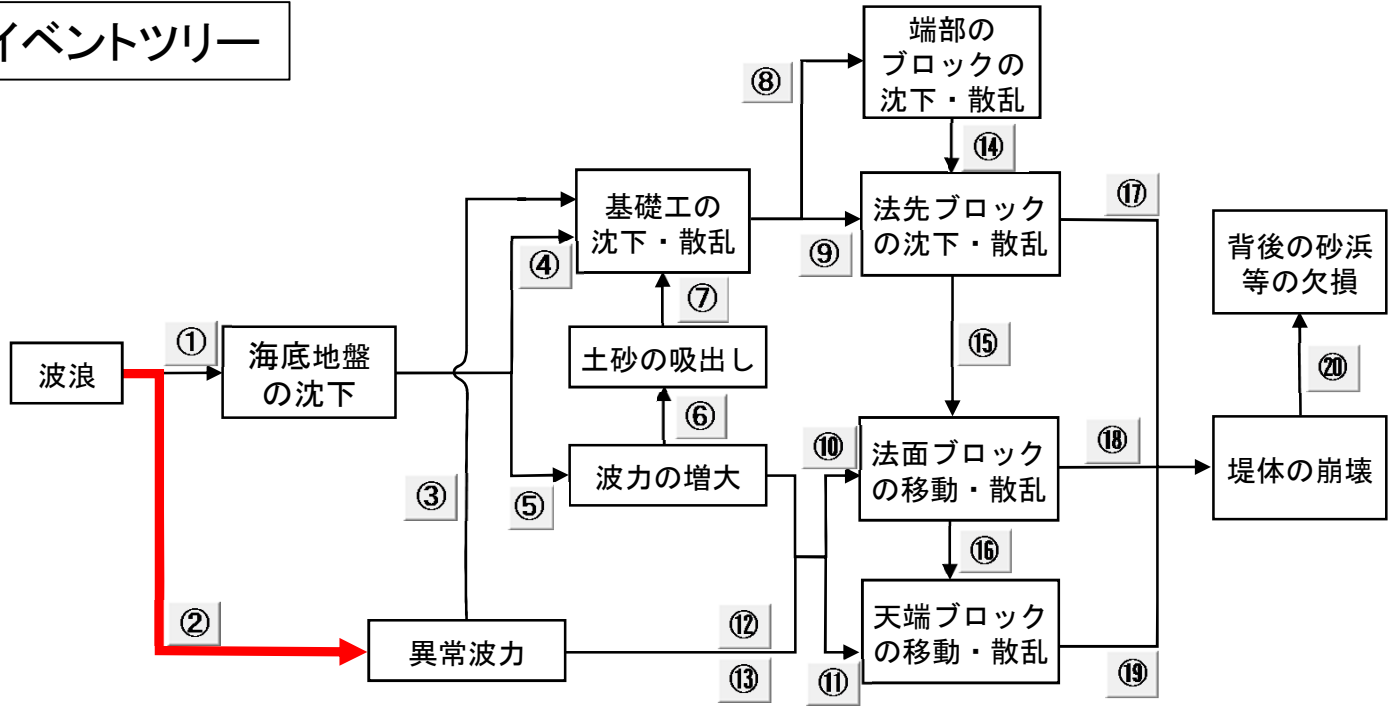


被災パターンは全ルート有 (次頁と併せ)

変状連鎖フローの検討【突堤・ヘッドランド】被覆ブロック型(異常波力経由あり)

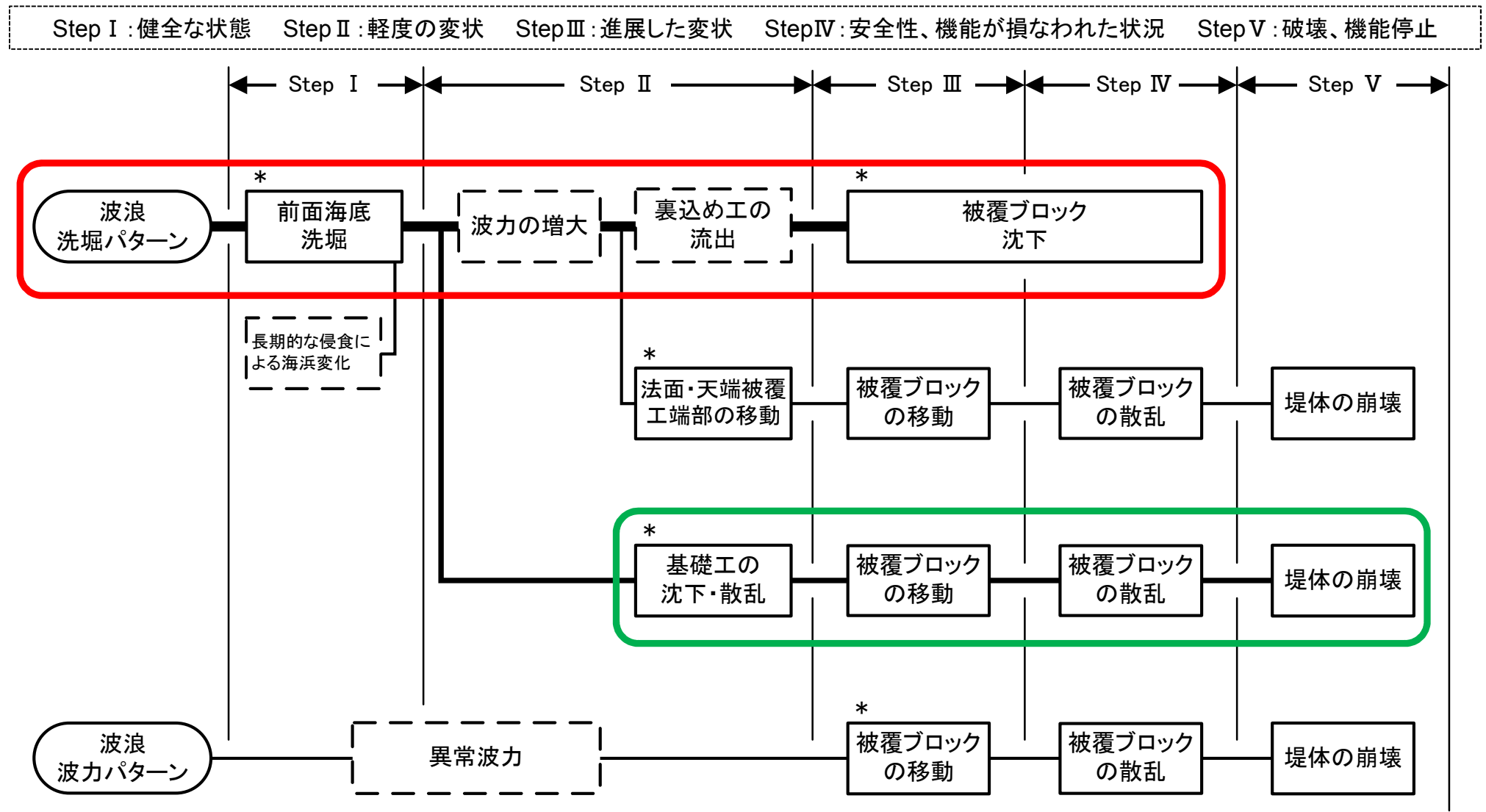
○整理の結果、異常波力を經由する場合の主要な被災パターンは以下のとおり

人工リーフのイベントツリー



変状連鎖フローの検討【突堤・ヘッドランド】被覆ブロック型

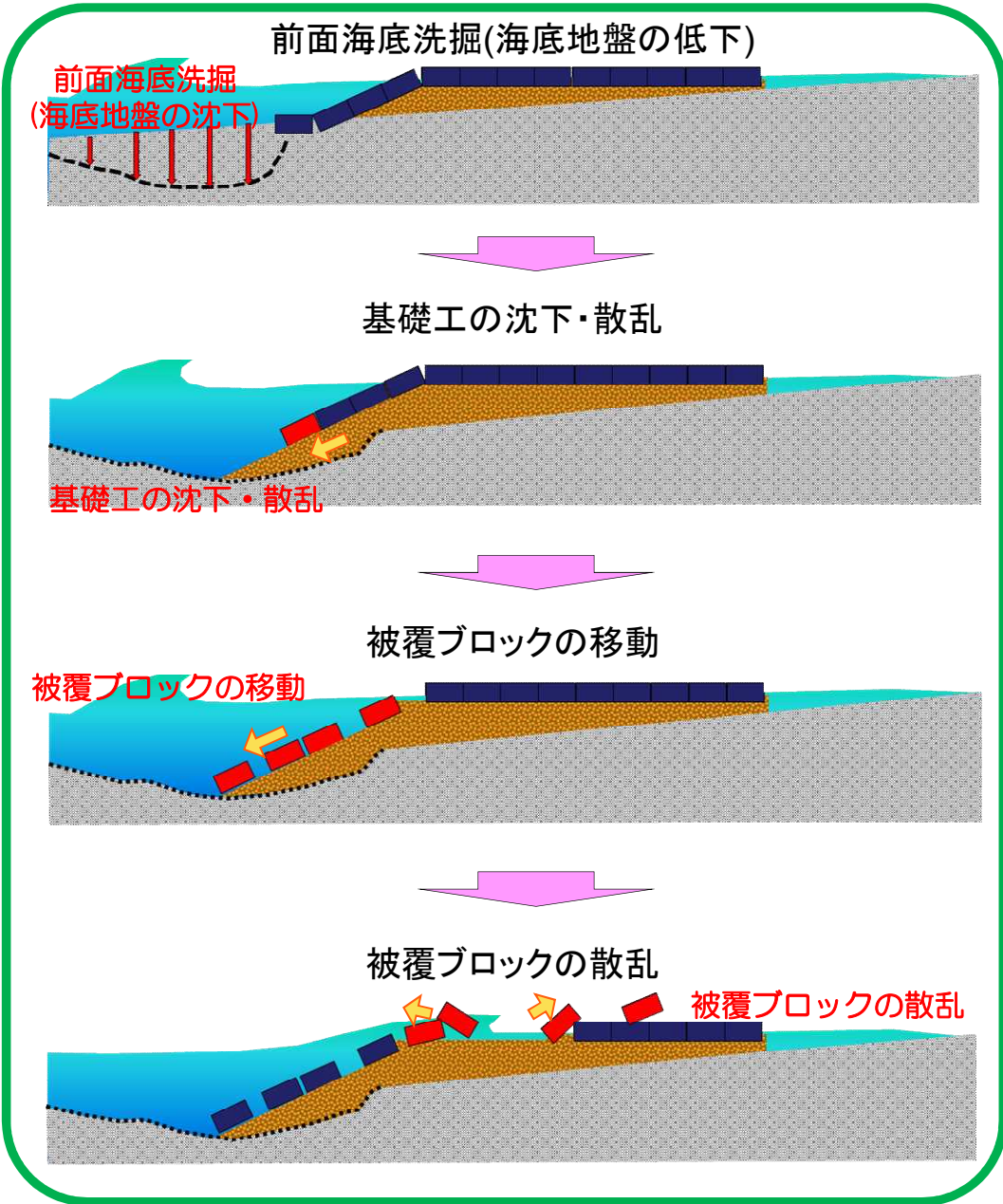
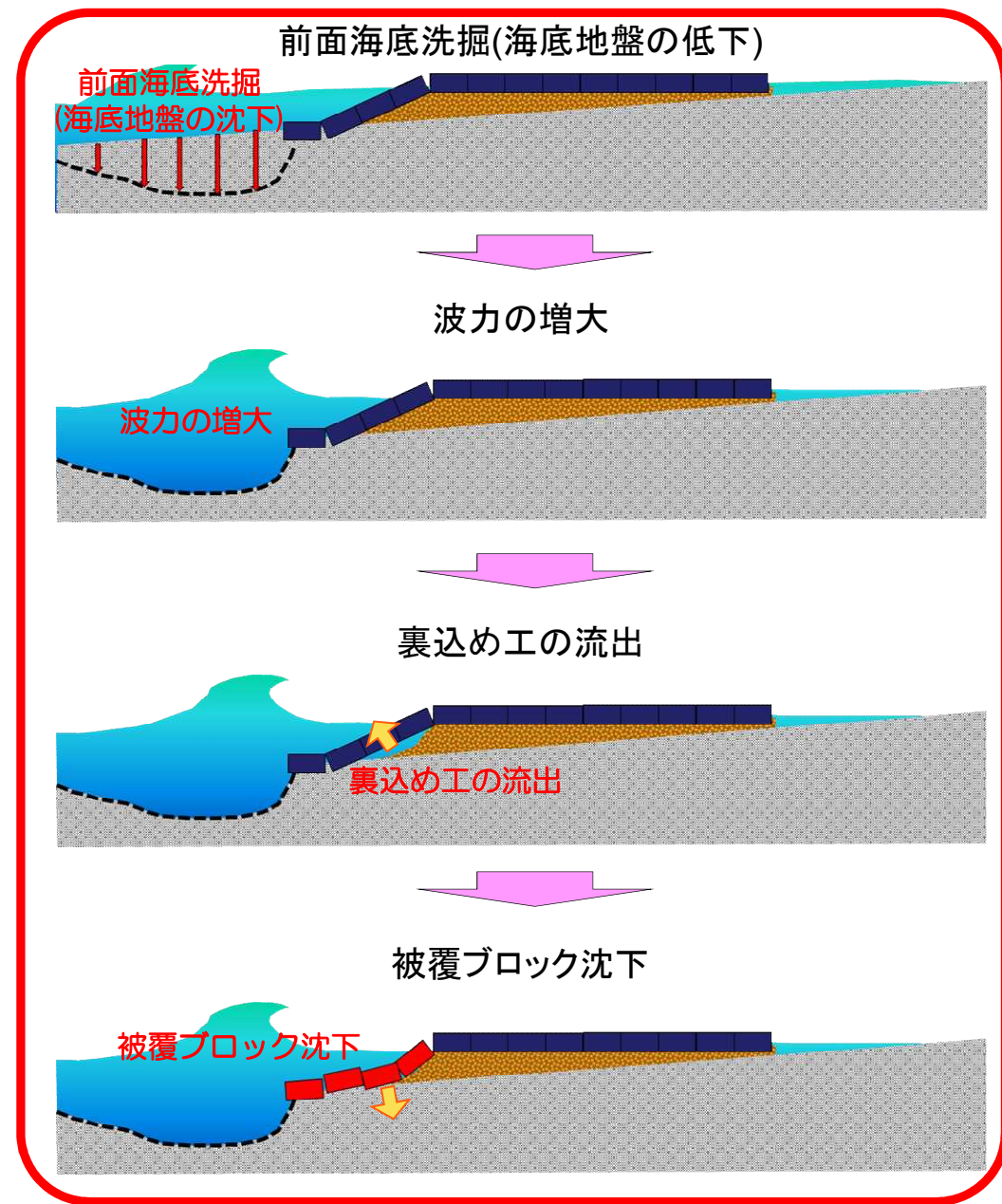
○被災事例の整理結果をもとに、突堤・ヘッドランド(被覆ブロック型)の変状連鎖フロー(案)を作成



(注) 内は変状の点検対象とするもの(変状点検指標)
 内は変状点検指標以外の変状
 * 印は変状の進行発見に重要な指標。

変状連鎖フローの検討【突堤・ヘッドランド】被覆ブロック型

○被災事例の整理結果から抽出した突堤・ヘッドランド(被覆ブロック型)の主要な被災形態(変状連鎖)のイメージ



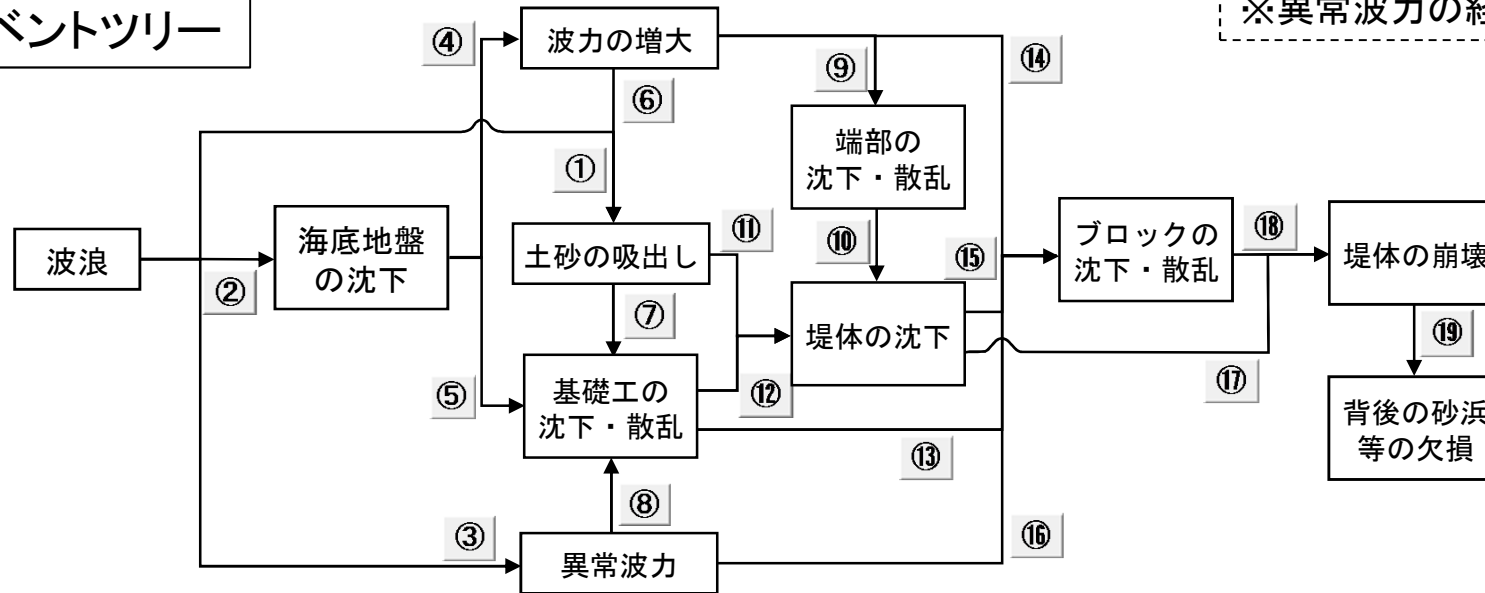
変状連鎖フローの検討【突堤・ヘッドランド】

消波ブロック型

変状連鎖フローの検討【突堤・ヘッドランド】消波ブロック型

○収集事例に対して①～⑱の被災過程を通過する回数を集計し、頻度の多い被災パターンを整理

離岸堤のイベントツリー



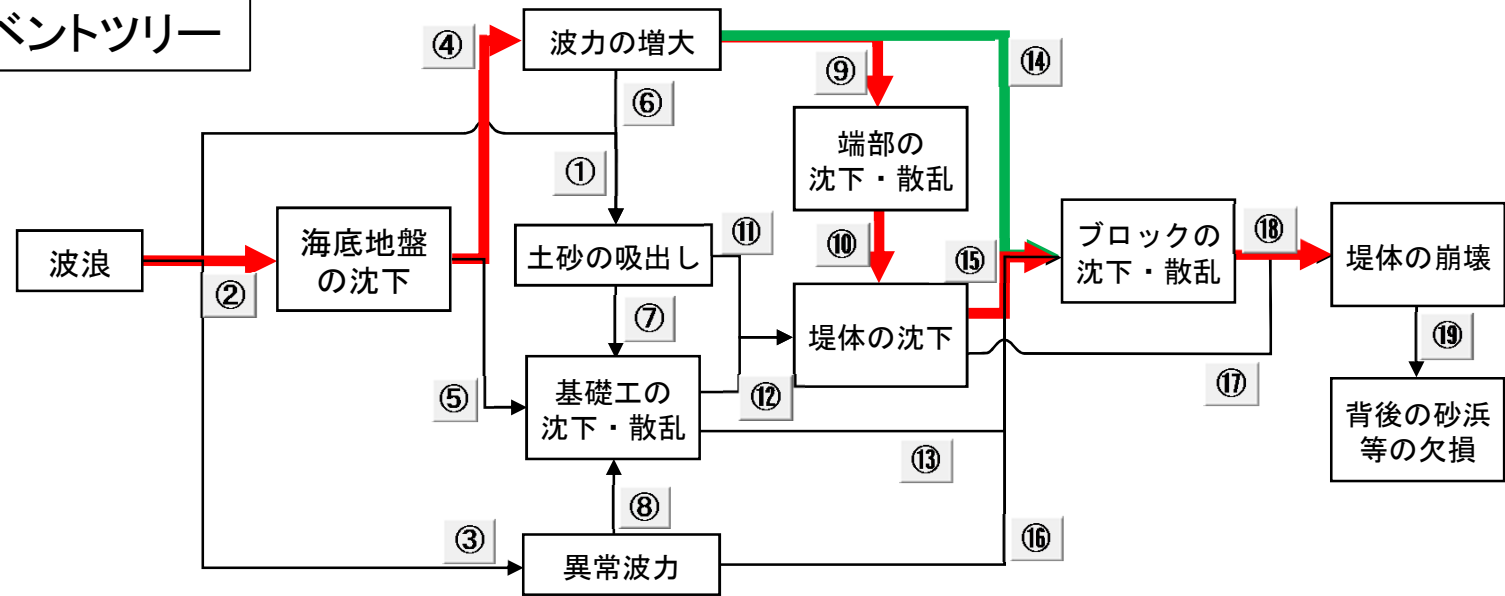
※異常波力の経由有無を分けて評価

- | | | | |
|------------|-------------|--------------|--------------|
| ① 波浪 | → 土砂の吸出し | ⑪ 土砂の吸出し | → 堤体の沈下 |
| ② 波浪 | → 海底地盤の沈下 | ⑫ 基礎工の沈下・散乱 | → 堤体の沈下 |
| ③ 波浪 | → 異常波力 | ⑬ 基礎工の沈下・散乱 | → ブロックの移動・散乱 |
| ④ 海底地盤の沈下 | → 波力の増大 | ⑭ 波力の増大 | → ブロックの移動・散乱 |
| ⑤ 海底地盤の沈下 | → 基礎工の沈下・散乱 | ⑮ 堤体の沈下 | → ブロックの移動・散乱 |
| ⑥ 波力の増大 | → 土砂の吸出し | ⑯ 異常波力 | → ブロックの移動・散乱 |
| ⑦ 土砂の吸出し | → 基礎工の沈下・散乱 | ⑰ 堤体の沈下 | → 堤体の崩壊 |
| ⑧ 異常波力 | → 基礎工の沈下・散乱 | ⑱ ブロックの移動・散乱 | → 堤体の崩壊 |
| ⑨ 波力の増大 | → 端部の沈下・散乱 | ⑲ 堤体の崩壊 | → 背後の砂浜等の決壊 |
| ⑩ 端部の沈下・散乱 | → 堤体の沈下 | | |

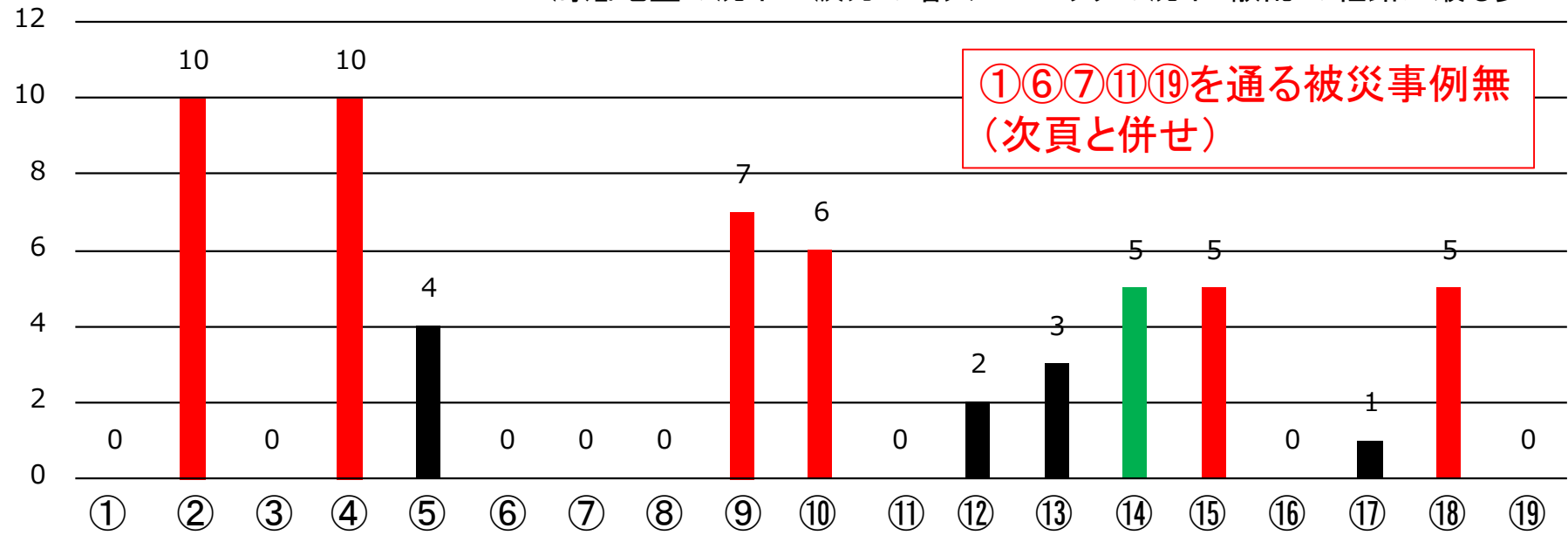
変状連鎖フローの検討【突堤・ヘッドランド】消波ブロック型(異常波力経由なし)

○整理の結果、異常波力を経由しない場合の主要な被災パターンは以下のとおり

離岸堤のイベントツリー



海底地盤の沈下→波力の増大→ブロックの沈下・散乱の経路が最も多い

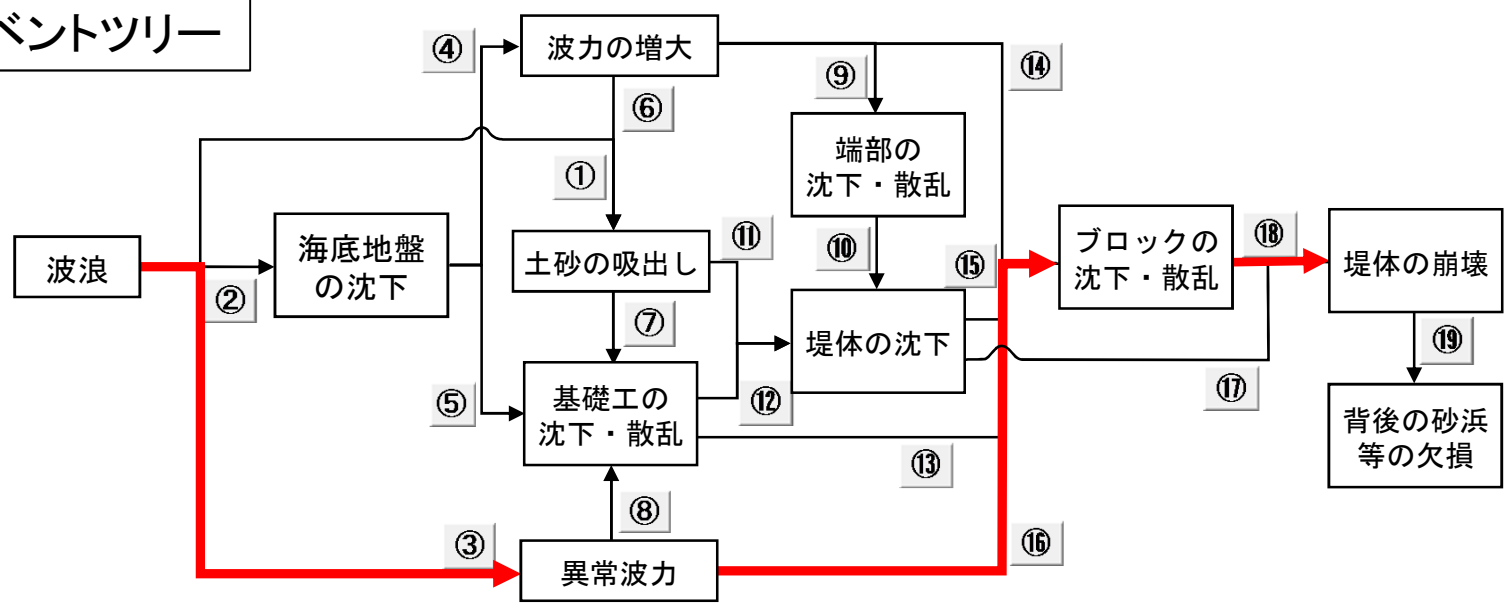


①⑥⑦⑪⑱を通る被災事例無
(次頁と併せ)

変状連鎖フローの検討【突堤・ヘッドランド】消波ブロック型(異常波力経由あり)

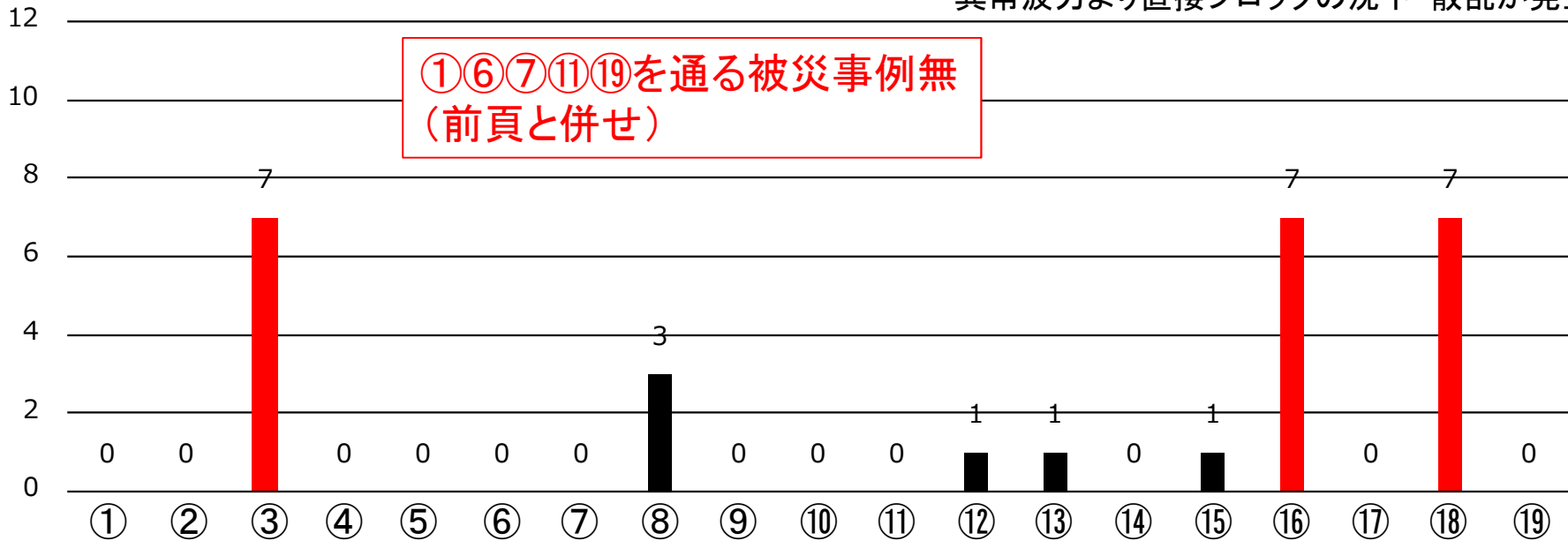
○整理の結果、異常波力を經由する場合の主要な被災パターンは以下のとおり

離岸堤のイベントツリー



異常波力より直接ブロックの沈下・散乱が発生

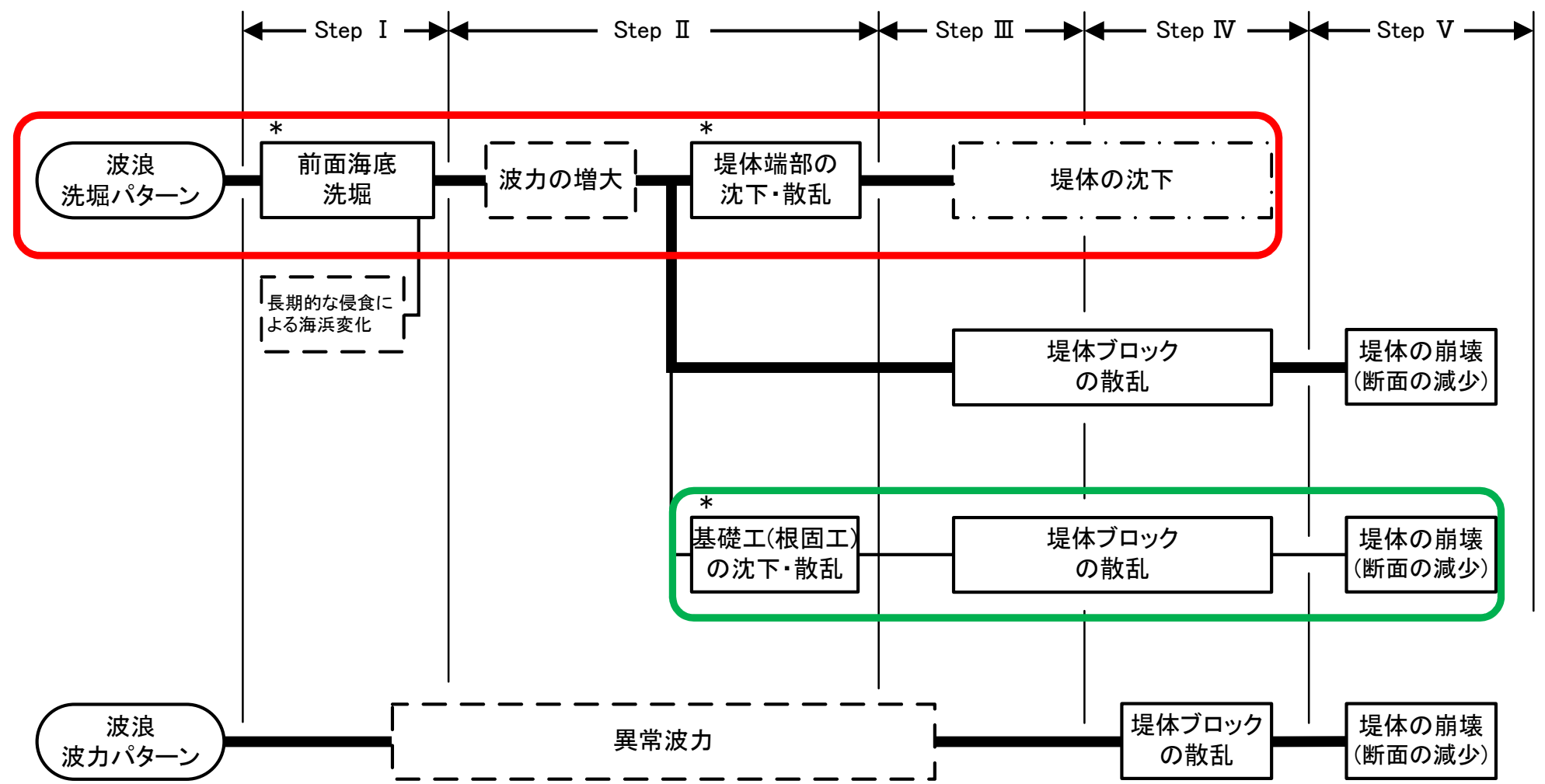
①⑥⑦⑪⑱を通る被災事例無
(前頁と併せ)



変状連鎖フローの検討【突堤・ヘッドランド】消波ブロック型

○被災事例の整理結果をもとに、突堤・ヘッドランド(消波ブロック型)の変状連鎖フロー(案)を作成

Step I : 健全な状態 Step II : 軽度の変状 Step III : 進展した変状 Step IV : 安全性、機能が損なわれた状況 Step V : 破壊、機能停止



(注) 内は変状の点検対象とするもの(変状点検指標)
内は変状点検指標以外の変状
 * 印は変状の進行発見に重要な指標。

変状連鎖フローの検討【突堤・ヘッドランド】消波ブロック型

○被災事例の整理結果から抽出した突堤・ヘッドランド(消波ブロック型)の主要な被災形態(変状連鎖)のイメージ

