

減災効果を有する粘り強い構造の海岸堤防の 評価手法について(たたき台)

国土交通省 水管理・国土保全局

粘り強い構造の海岸堤防の効果

- 東日本大震災以前、堤防等の海岸保全施設は、過去に経験した最大の津波、高潮、波浪等を考慮して、当該海岸保全施設に到達するおそれ大きい津波等を想定し、その計画外力に対し、海水の侵入又は海水による侵食を防止できるよう設計されてきた。
- 東日本大震災を教訓として推進している「粘り強い構造」の海岸堤防は、想定する津波(レベル1の津波)を超える津波が発生し、海水が堤防を越流した場合に、堤防の効果が粘り強く発揮されることにより、破堤に至るまでの時間を遅延させること等で、浸水被害を軽減する効果、避難のためのリードタイムを長くする効果等が期待される。
- また、粘り強い構造の海岸堤防として、「緑の防潮堤」を整備した場合、景観形成、自然環境保全等の効果が期待される。

■粘り強い構造の海岸堤防の効果の例

○津波越流時の減災効果

津波越流時において、法尻部の洗掘抑止、裏法被覆工の飛散抑止、堤防天端部の被災抑止等により、堤体への被災抑制効果が発揮される。



○破堤に至るまでの時間を遅延させることで浸水量が減り、浸水面積や浸水深が低減することから、背後地への浸水被害の軽減効果が発揮される。

○また、浸水までの時間を遅らせることにより、避難のためのリードタイムを長くする効果が発揮される。

○環境・景観、利用の効果

粘り強い構造の海岸堤防として「緑の防潮堤」を整備した場合、景観形成、自然環境保全、海岸利用等への効果が発揮される。

粘り強い構造の海岸堤防の評価手法(案)

- これまでは、施設整備により被害を「防護」する便益を算出してきたが、計画外力を上回る外力に対して施設の効果が粘り強く発揮する効果については、評価の対象外となっている。
- 減災効果を有する粘り強い構造の海岸堤防の評価にあたっては、当面、①追加費用、②破堤遅延による浸水被害軽減効果、③事業全体としての費用便益比(B/C) について整理し、事業実施の妥当性について総合的に評価を行うこととする。

①追加費用の確認

- 粘り強い構造の海岸堤防に要する追加費用分について、これまでの全体事業費からの増加分を整理。

$$C=C_0+\Delta C \quad (+ * * \% \text{増})$$

C_0 =これまでの全体事業費
 ΔC =粘り強い構造に要する費用

※堤防整備が主要工種でない場合、従前の堤防整備に対する増加割合について「参考値」として算定することとする。

②被害軽減効果の確認

- 当面は破堤時間の遅延による浸水被害軽減効果について整理し、粘り強い構造の海岸堤防を整備することの妥当性を確認。

③費用便益分析

- 便益については、定量的に確定することが困難^(注)なことから、新たに便益に算出しない。
- ①で求めた追加費用額を含めた額を費用便益比の費用(C)として、費用便益比を確認する。

$$B=B \quad (\text{変化なし})$$

$$C=C_0+\Delta C \quad (+ * * \% \text{増})$$

④総合評価

- ①②③の観点やその他の効果等を総合的に評価することで、減災効果を有する粘り強い構造の海岸堤防の評価を行う。

(注)減災効果を費用便益分析へ適用させるには、外力(津波高、越流時間)、生起確率、被害軽減額(with-withoutの関係による被害額の差額)が必要となるが、計画外力を上回る場合の破堤メカニズムについては現時点では知見が不足しており、計画外力を上回る破堤遅延効果を定量的に評価することは困難。

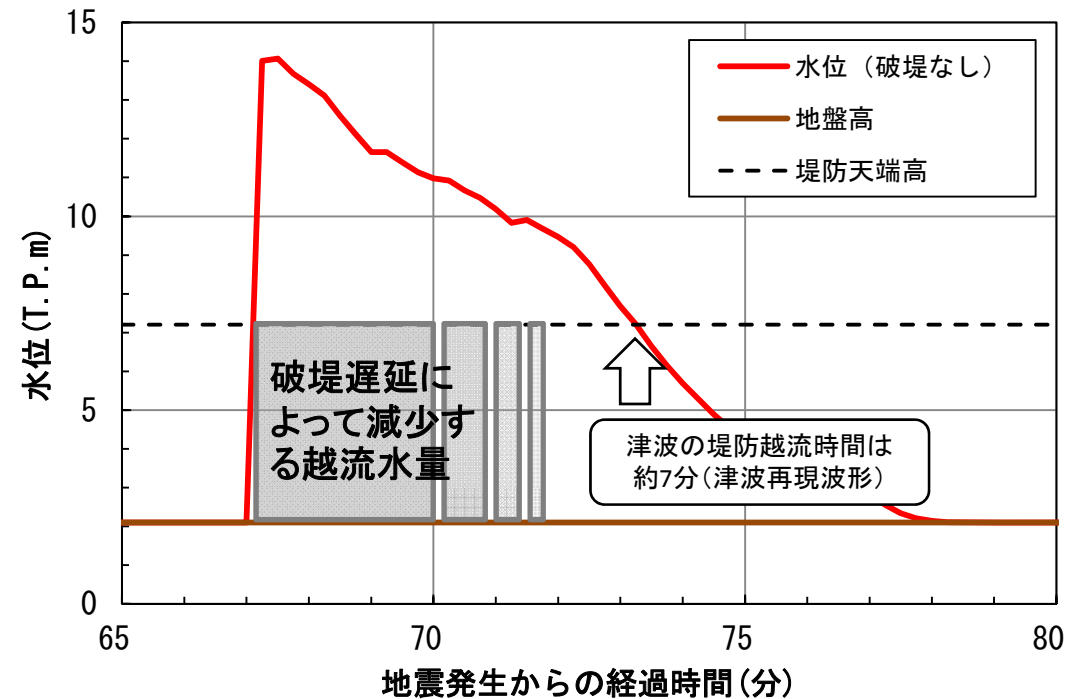
②被害軽減効果の確認例

○破堤遅延効果の整理

・津波シミュレーションを用いて、破堤遅延による津波浸水被害軽減効果を整理し、粘り強い構造の海岸堤防を整備することの妥当性を確認。

- ・浸水面積、浸水深の軽減に伴い、家屋被害や人的被害等の直接的被害を軽減する効果を算定。
- ・東日本大震災クラス(L2)の津波再現シミュレーションにて、浸水域の変化を算定。
- ・「0分～3分～5分～破堤しない」などを用いて、被害額を比較し、軽減額を整理。

東日本大震災の津波再現波形



<参考>

- ・模型実験結果からの推定によれば、粘り強い構造の海岸堤防により一定の破堤遅延効果が期待される。

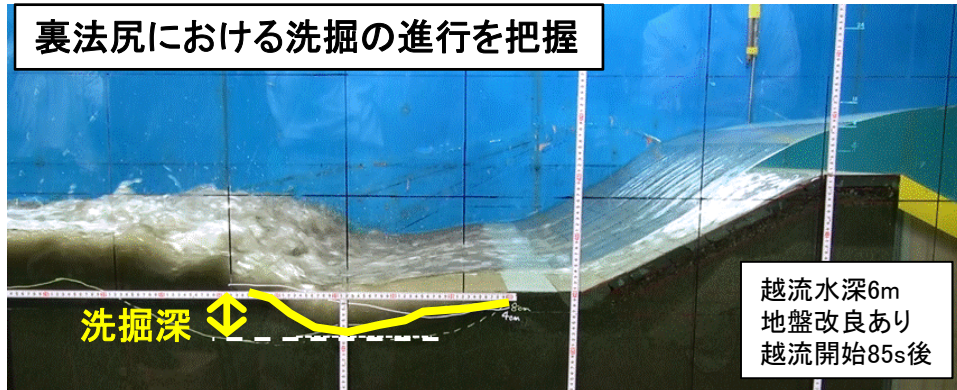
<参考>小規模水理模型実験による粘り強い構造の海岸堤防の破堤遅延時間の推定

○破堤遅延時間の推定

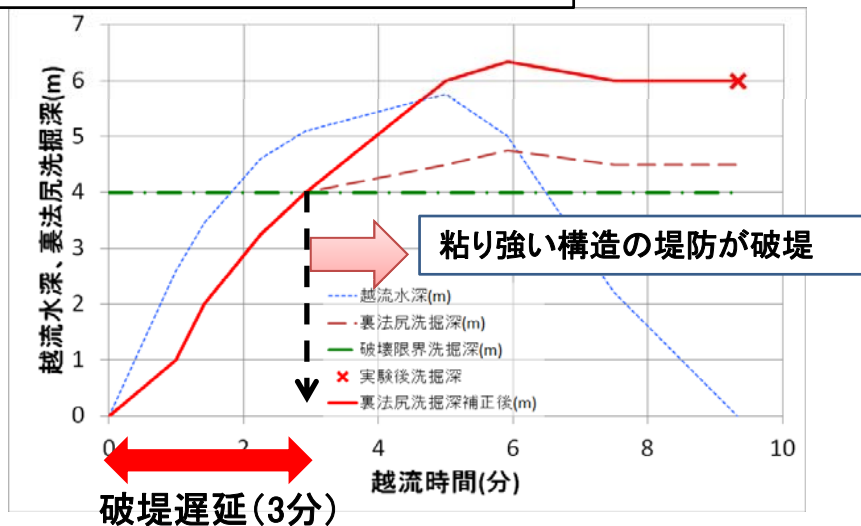
・小規模水理模型実験結果から、破堤時間を一定程度遅らせることが期待される。ただし、小規模実験では土質条件等の再現性に限界があり、実際の破堤遅延時間を確定することは現時点の知見では困難。

粘り強い構造による効果の推定

裏法尻における洗掘の進行を把握



裏法尻における洗掘深の時系列変化

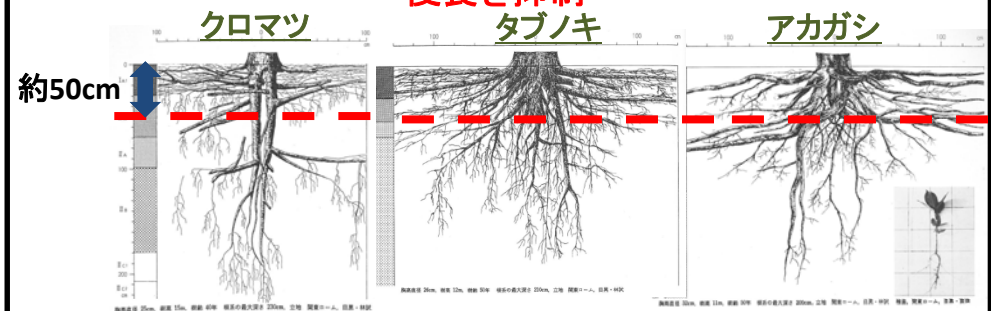


粘り強い構造にすることで破堤が遅れる

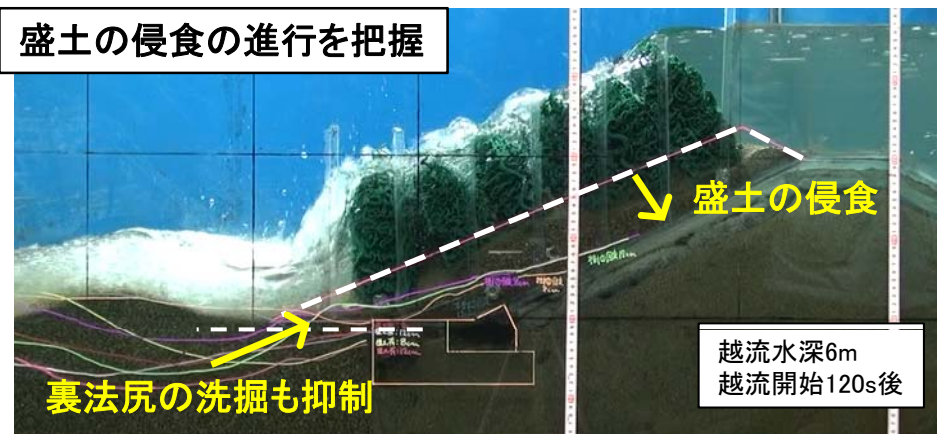
盛土と植生による効果の推定

海岸の樹木の根系

深さ約50cmまでに密集した根が侵食を抑制



盛土の侵食の進行を把握



樹木による効果が失われる(盛土が50cm侵食)まで約1.5分
→裏法尻の洗掘開始が約1.5分遅れると推定

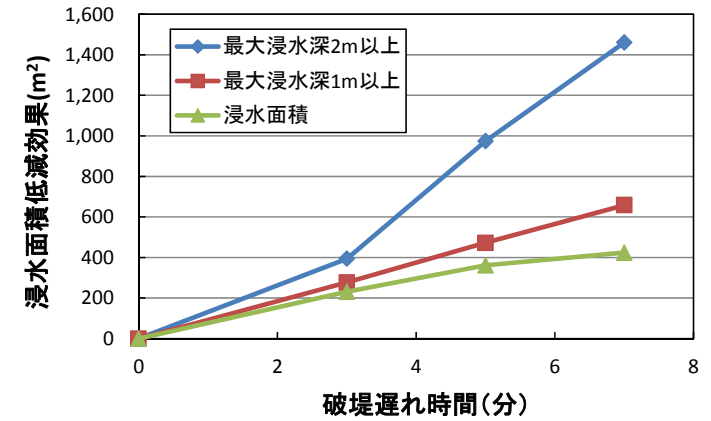
盛土と樹木によっても破堤が遅れる

②被害軽減効果の確認イメージ

○破堤遅延効果の整理

・津波シミュレーションを用いて、破堤遅延による津波浸水被害軽減効果を整理する。

浸水深区分	越流直後破堤	越流3分後破堤	越流5分後破堤	破堤を免れた場合
最大浸水深 2m以上	0ha減少	394ha減少 (9%減少)	974ha減少 (22%減少)	1,460ha減少 (33%減少)
最大浸水深 1m以上	0ha減少	277ha減少 (6%減少)	472ha減少 (10%減少)	658ha減少 (13%減少)
浸水面積	0ha減少	231ha減少 (4%減少)	361ha減少 (7%減少)	424ha減少 (8%減少)

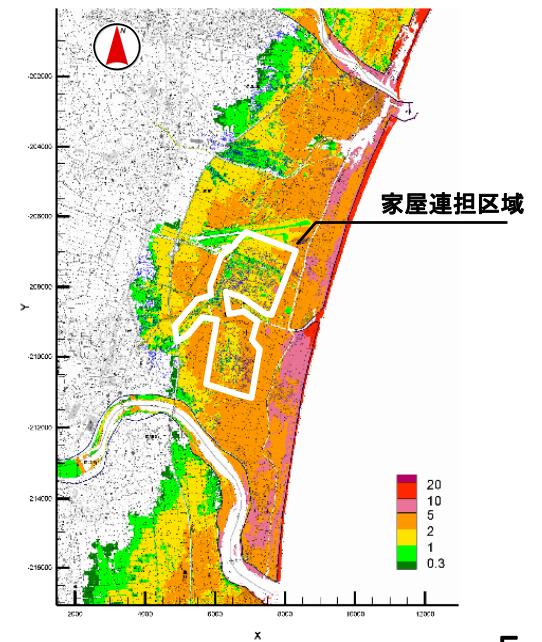
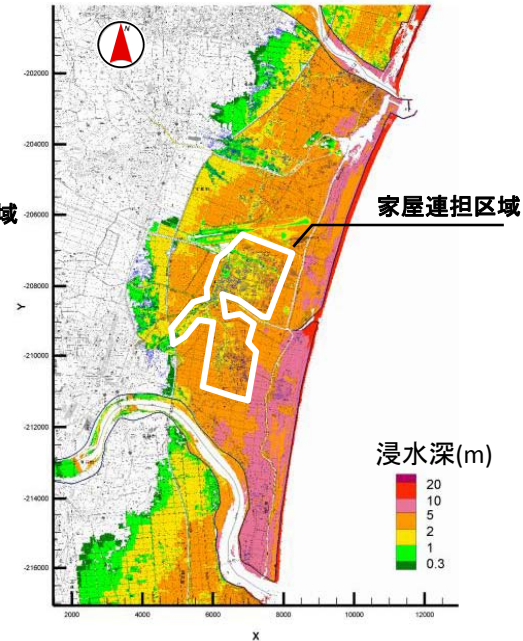
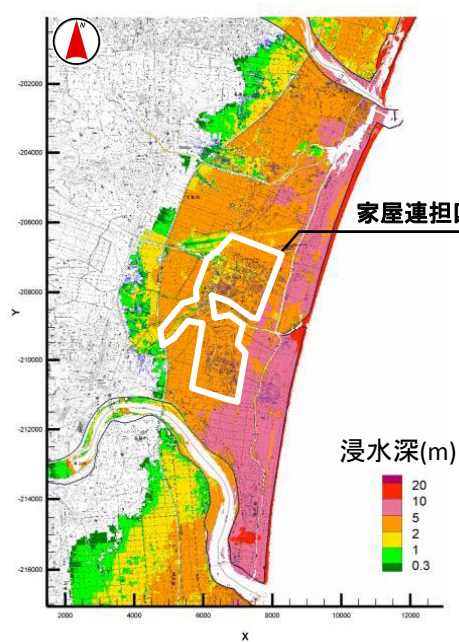
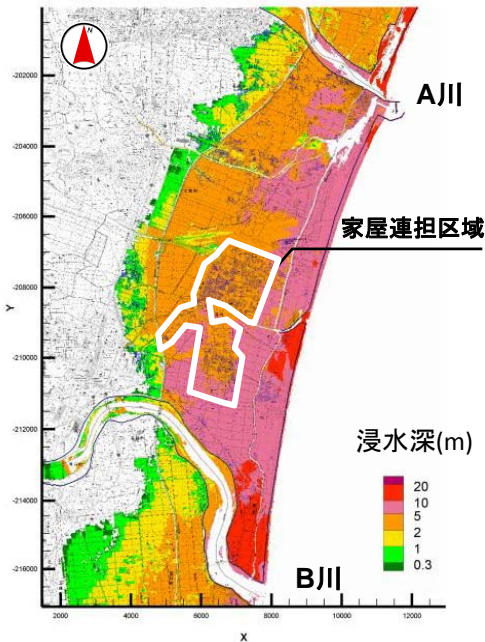


越流直後破堤

越流3分後破堤

越流5分後破堤

破堤を免れた場合



※現地の地形条件の元、東日本大震災クラスの津波再現シミュレーションを実施。

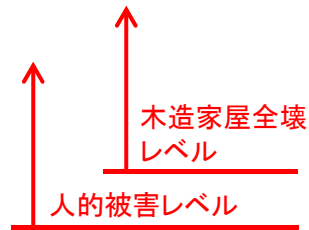
②被害軽減効果の確認イメージ

○破堤遅延効果の整理

- ・津波シミュレーションを用いて、破堤遅延による津波浸水被害軽減効果を整理する。

浸水面積、浸水深の軽減に伴い、家屋被害や人的被害等の直接的被害を軽減する効果を算定。

■浸水深区分と被害想定との定義※



浸水深区分	区分の考え方
10m以上	3階建ての建物(或いは3階部分までが)が完全に水没する
5m以上10m未満	2階建ての建物(或いは2階部分までが)が水没する
2m以上5m未満	木造家屋のほとんどが全壊する
1m以上2m未満	津波に巻き込まれた場合、ほとんどの人が亡くなる
0.3m以上1.0m未満	避難行動がとれなく(動くことができなくなる)

※内閣府(防災担当):南海トラフの巨大地震モデル検討会(第二次報告)追加資料(津波の推計結果の活用に応じた留意点等). 2012

■被害軽減額の算出

被害軽減額 = 越流直後破堤の想定家屋被害額
 - 各破堤条件の想定家屋被害額

※「海岸事業の費用便益分析指針(改訂版), H16.6」の算定手法を用いて家屋被害額を試算する。

【モデル海岸(A川~B川区間)において被害額を試算】

○3分間の破堤遅延

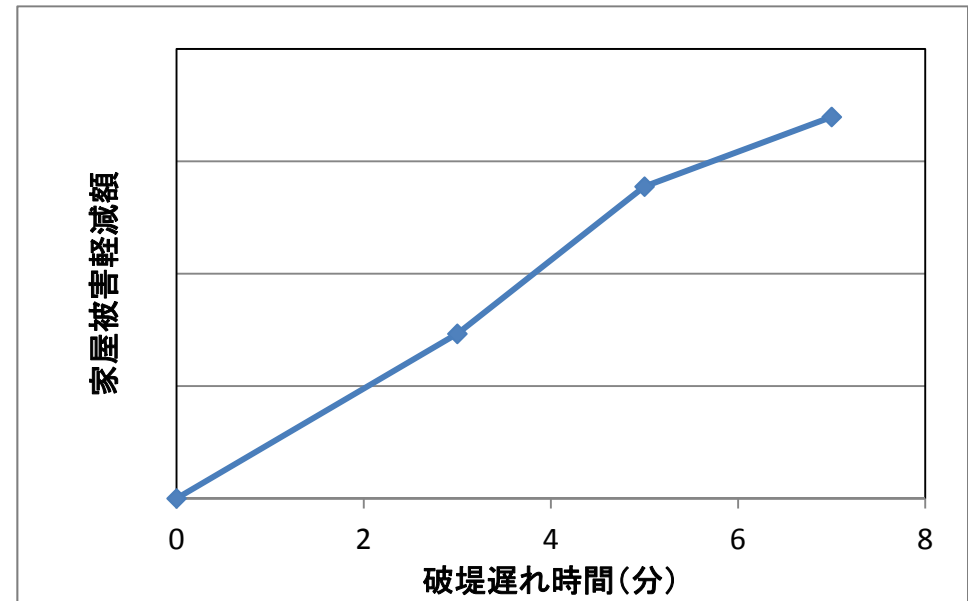
... **〇〇億円**の軽減効果

○5分間の破堤遅延

... **〇〇億円**の軽減効果

○破堤を免れた場合

... **〇〇億円**の軽減効果

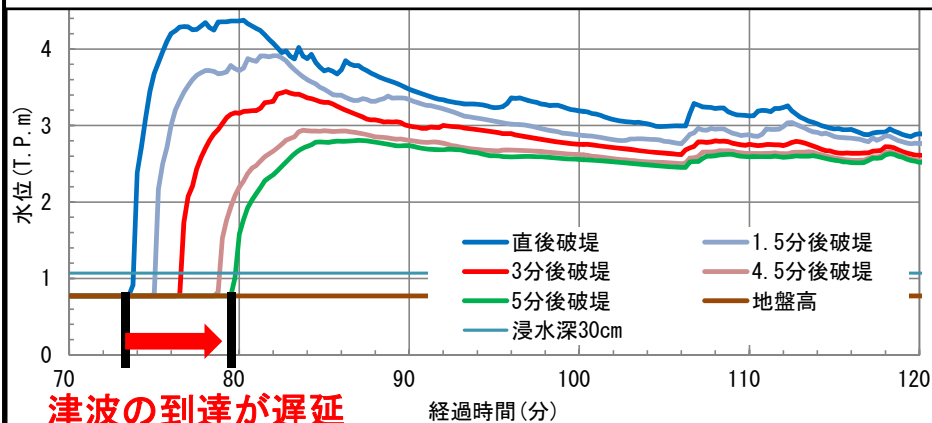


②被害軽減効果の確認イメージ

○避難時間の算出

- ・津波シミュレーションを用いて、津波到達までの時間を計測する。
- ・破堤時間の遅延により、避難に使える時間が増加し、避難の選択肢の増加等の効果が期待。

海岸から約1.5kmの地点(A地点)における浸水深の変化



破堤時間の遅延による避難可能な範囲の変化

※(例)津波に対して警戒している人が8割避難できる範囲



○想定される避難可能距離

(出典)「津波避難を想定した避難路、避難施設の配置及び避難誘導について」
国土交通省都市局 街路交通施設課(平成25年4月)

項目	80%の人が避難可能な距離(避難時間)	
	警戒ある人 (29分後に避難開始)	警戒ない人 (42分後に避難開始)
越流直後破堤	1,680m (45分間)	1,195m (32分間)
越流5分後破堤	1,904m (51分間)	1,419m (38分間)

※徒歩による避難時移動速度平均: 2.24km/h

破堤遅延により避難可能距離が約200m
(1.7km→1.9km)拡大
→避難可能エリアの面積は約1.26km²
(4.43km²→5.69km²)拡大

破堤が遅れることで避難に使える時間が増加

避難の選択肢の増加、避難場所整備の軽減

④総合評価のイメージ

- 追加費用額(割合)、被害軽減効果、費用便益比等を総合的に評価し、粘り強い構造の海岸堤防の評価を実施する。

粘り強い構造の総合的評価例

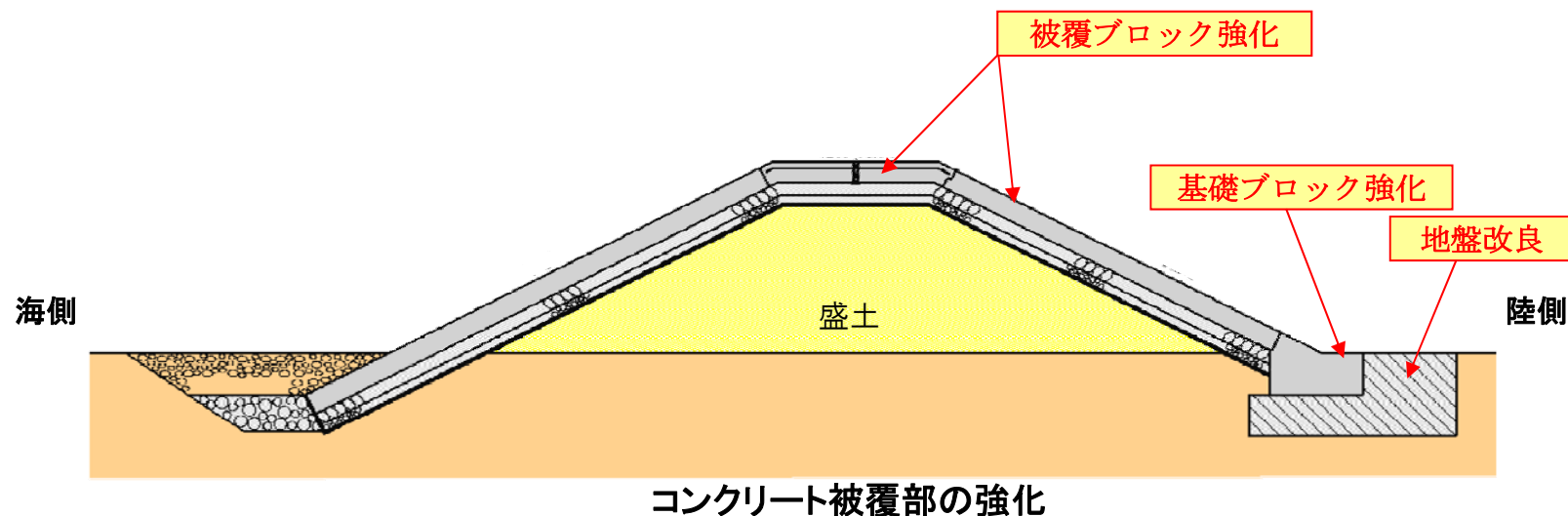
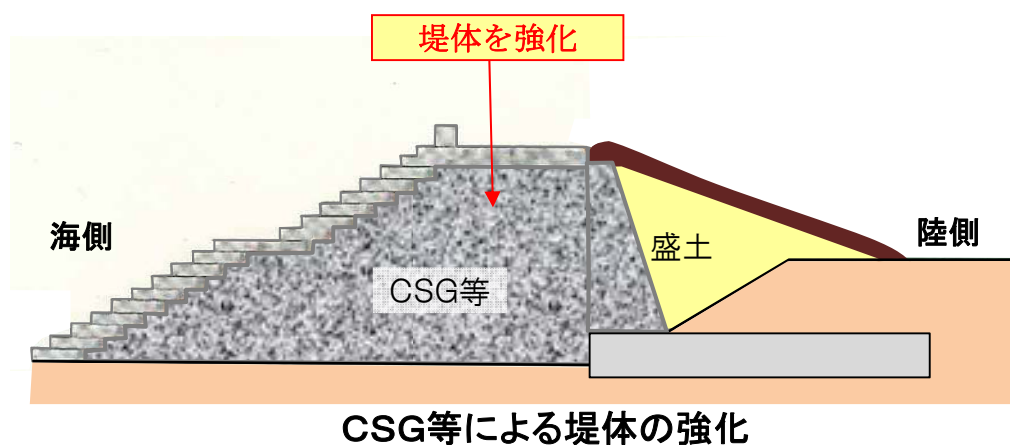
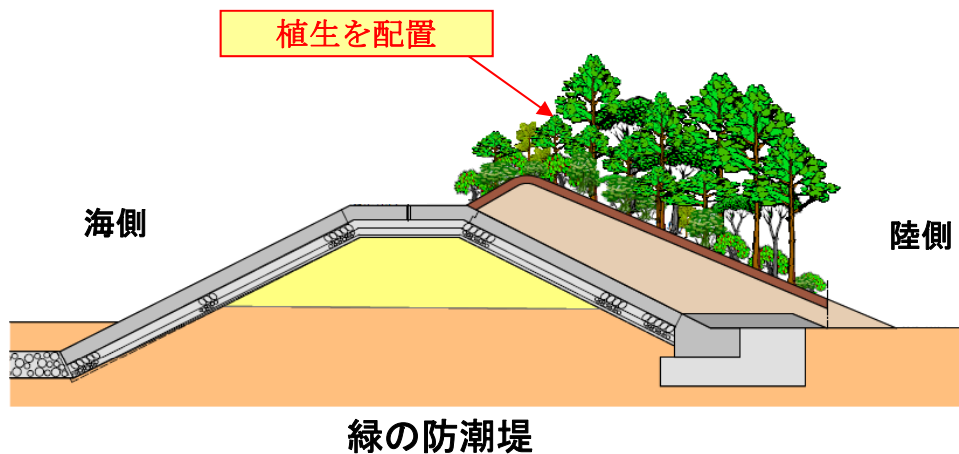
評価指標	粘り強い構造の海岸堤防		
①追加費用の確認	$C=C_0+\Delta C$ =〇〇億円 (+ * * %)		
②被害軽減効果の確認	東日本大震災クラス(L2)の津波再現シミュレーションにて、資産被害軽減額を算定。		
	3分破堤遅延	5分破堤遅延	破堤を免れた場合
	約〇〇億円	約〇〇億円	約〇〇億円
	避難時間確保効果を考慮。		
③費用便益分析	〇. 〇〇 (既事業の総便益 / 粘り強い構造の費用を追加した事業費)		
その他の効果	必要に応じて、景観・環境評価等を考慮。		



①②③の観点やその他の効果等も踏まえて総合的に評価することで、粘り強い構造の海岸堤防について費用対効果分析を実施するとともに、災害発生危険度や地域の協力体制等を勘案し、総合的に事業実施の妥当性について判断する。

粘り強い構造の海岸堤防の形式選定に係る比較考量の視点

- 粘り強い構造の海岸堤防には、「コンクリート被覆部の強化」、「植生を配置した緑の防潮堤」、「堤体を強化するCSG堤」等の複数の形式が考えられる。
- 代替案比較にあたっては、安全度、景観・環境、コスト、実現性、地域社会への影響等の視点から代替案比較を行い、総合的に判断して選定するものとする。



粘り強い構造の海岸堤防の形式選定に係る比較考量の視点

視点	主な考え方の例
安全度 (被害軽減効果)	<ul style="list-style-type: none"> ・計画外力を上回る津波等に対して、資産被害抑止効果はどの程度か。 ・避難までのリードタイムを確保することによる、人的被害抑止効果はどの程度か。
景観・環境	<ul style="list-style-type: none"> ・地域の自然環境に対して、どのような効果があるか。 ・各案を整備することによって、景観がどう変化するのか。
コスト	<ul style="list-style-type: none"> ・整備に要する費用はどの程度か。
実現性	<ul style="list-style-type: none"> ・土地所有者等の協力の見通しはどうか。 ・その他の関係者との調整の見通しはどの程度か。
地域社会への 影響等	<ul style="list-style-type: none"> ・周辺への影響(経済活動、コミュニティ、まちづくり等)はどの程度か。 ・環境への影響(水環境、土砂環境等)はどの程度か。 ・その他

今後の課題

- 粘り強い構造の技術開発を進めるとともに破壊メカニズムを解明し、より確からしい減災機能の効果算定の技術開発を進める。
- より低頻度なリスクに対する事業評価を参考に、事業評価手法のさらなる向上を図る。
- また、大規模な災害により、背後の資産状況が大きく変化した場合の便益算出方法が検討課題。