

消波ブロック被覆堤の期待補修費を 考慮した維持管理手法の提案

国土交通省港湾局技術企画課

(前 国土技術政策総合研究所 港湾研究部 港湾施設研究室)

パシフィックコンサルタンツ株式会社

パシフィックコンサルタンツ株式会社

パシフィックコンサルタンツ株式会社

宮田 正史

熊谷 健蔵

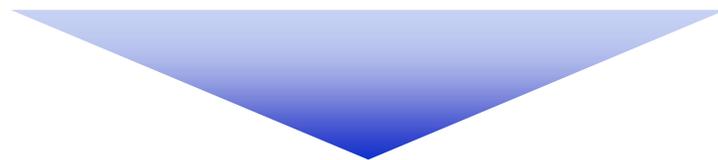
辻尾 大樹

大久保陽介

研究の背景

◆消波ブロック被覆堤の維持管理

経年的に進行する消波ブロック天端の沈下



波力の増大を招き、大規模被災の発生につながる

消波ブロックの補修時期を適切に定め、一定の管理水準を確保するように維持管理を行う必要がある。



しかしながら、

消波ブロックの**定量的な補修基準**が定められておらず、ブロックの沈下等の軽微な損傷への対応は積極的に為されていない。

研究の目的

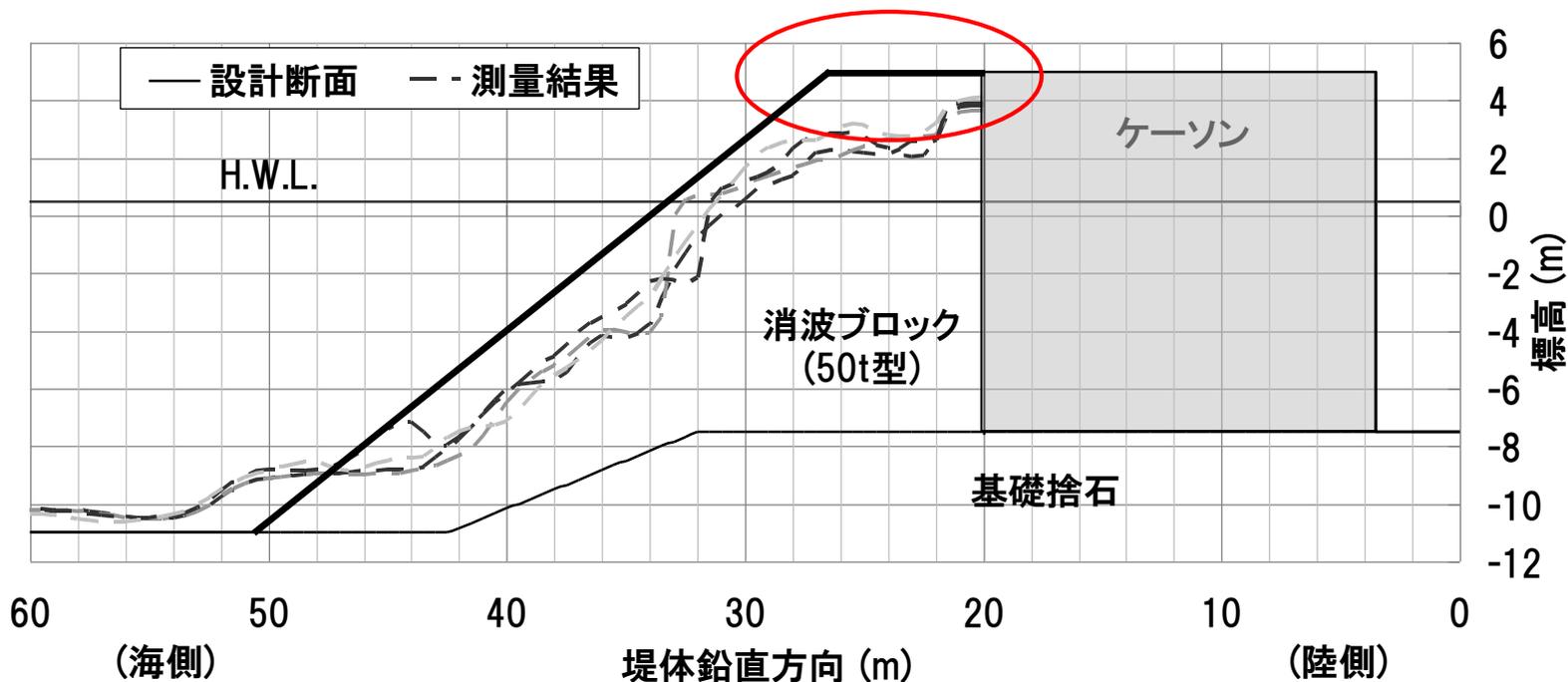
本研究では

消波ブロック被覆堤の補修基準について
定量的に評価できる手法を提案する

そのために、以下のことを解決することを目指した

- ①補修基準を何にするのか？
- ②補修費用をどのように算出するのか？
- ③被災の程度（→指標の設定が必要）に応じて、補修費用をどのようにモデル化するのか？
- ④補修基準の違いによる供用期間中における累積補修費を定量的に評価するために、どのようにモデル化するのか？

消波ブロック被覆堤の変状調査結果

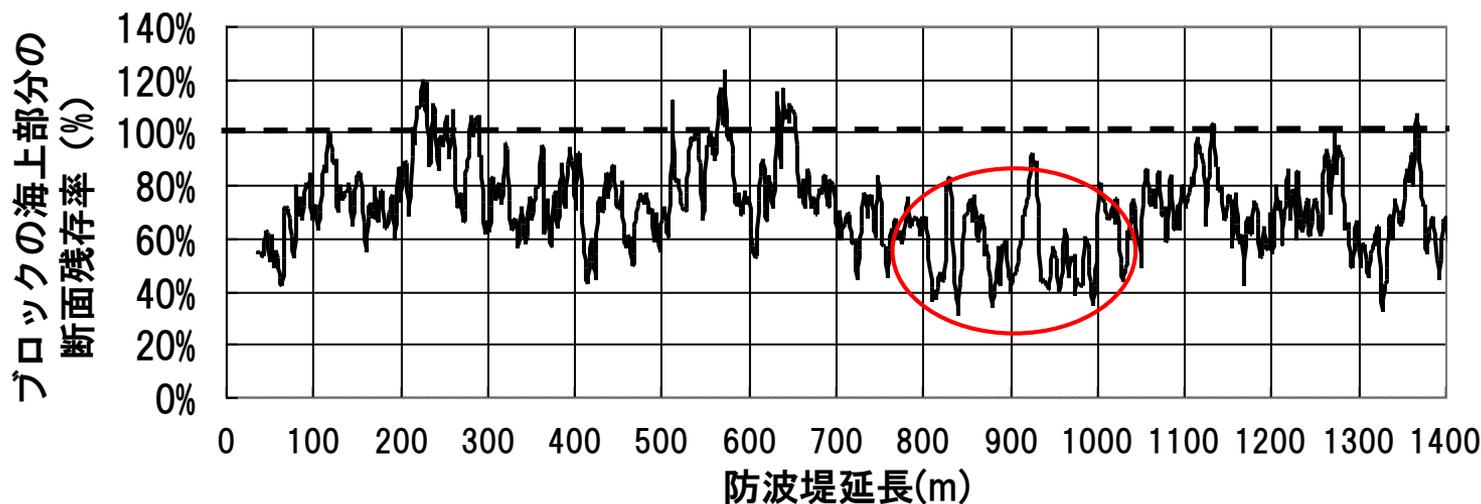


消波ブロックの天端が下がると、以下のリスクが生じる。

- ✓波がケーソンに直接作用することによる波力の増大
- ✓部分被覆状態となり、衝撃碎波力が発生する可能性の増大

本研究では、消波ブロック被覆堤の経年的な変状のうち、**消波ブロック天端の沈下**を補修基準として着目する。

消波ブロック被覆堤の変状調査結果



海上部分の断面残存率 = $\frac{\text{HWLより上方の海上部分で消波ブロックが残存している断面積}}{\text{海上部分の消波ブロックの原断面積}}$

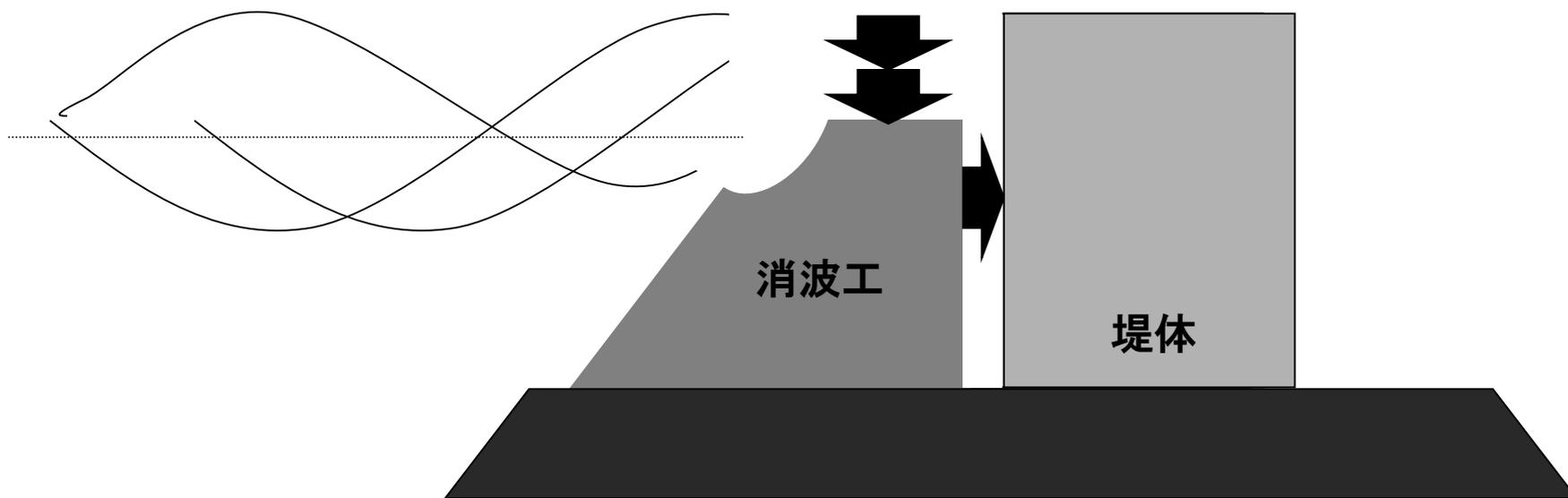
防波堤延長の中で相対的に耐波安定性が低下している区間が即座に特定できる(防波堤延長800m~1,000m付近).

今後は詳細測量データを用いた断面情報を用いて耐波安定性の低下を定量化し, 具体的な補修時期, 内容を検討できる手法の構築が必要である.

ブロック補充費の考え方

○高山ら2007の方法

- 波浪によって消波ブロックが移動 ➡ 天端高が低下
- ケーソンが滑動 ➡ ブロックが落ち込み、天端高が低下



消波ブロック補修費用算出の考え方

ブロック沈下量 = 波浪による沈下量 + 堤体の滑動による沈下量

波浪によるブロック沈下量

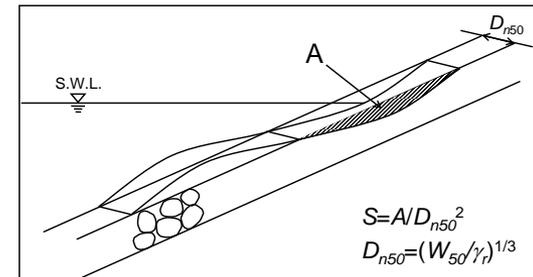
高橋ら(1998)が提案する安定数算定式

$$N_s = \frac{H_{1/3}}{(S_r - 1)D_n} = C_H \cdot \{a(N_0 / N^{0.5})^c + b\}$$

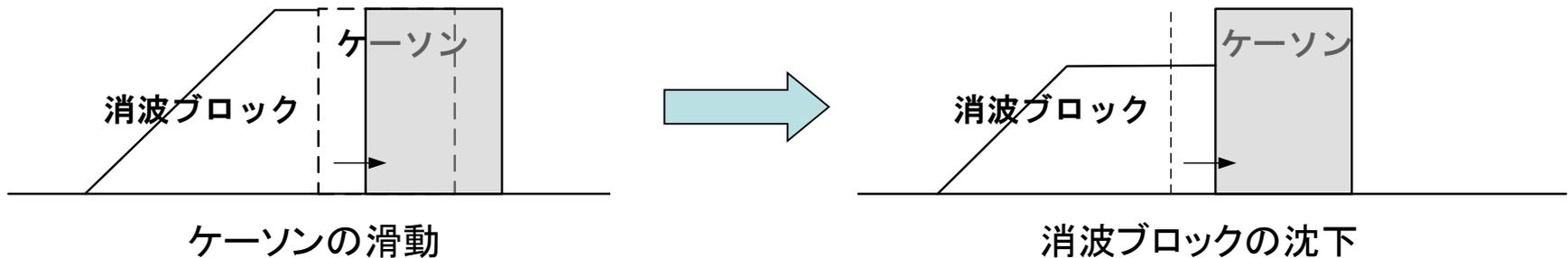
N_s : 安定数 N_0 : 被災度 D_n : 代表径 (体積の3乗根)

C_H : 碎波効果係数 N : 波の数 a, b : 定数

参考(被覆石の被災度)



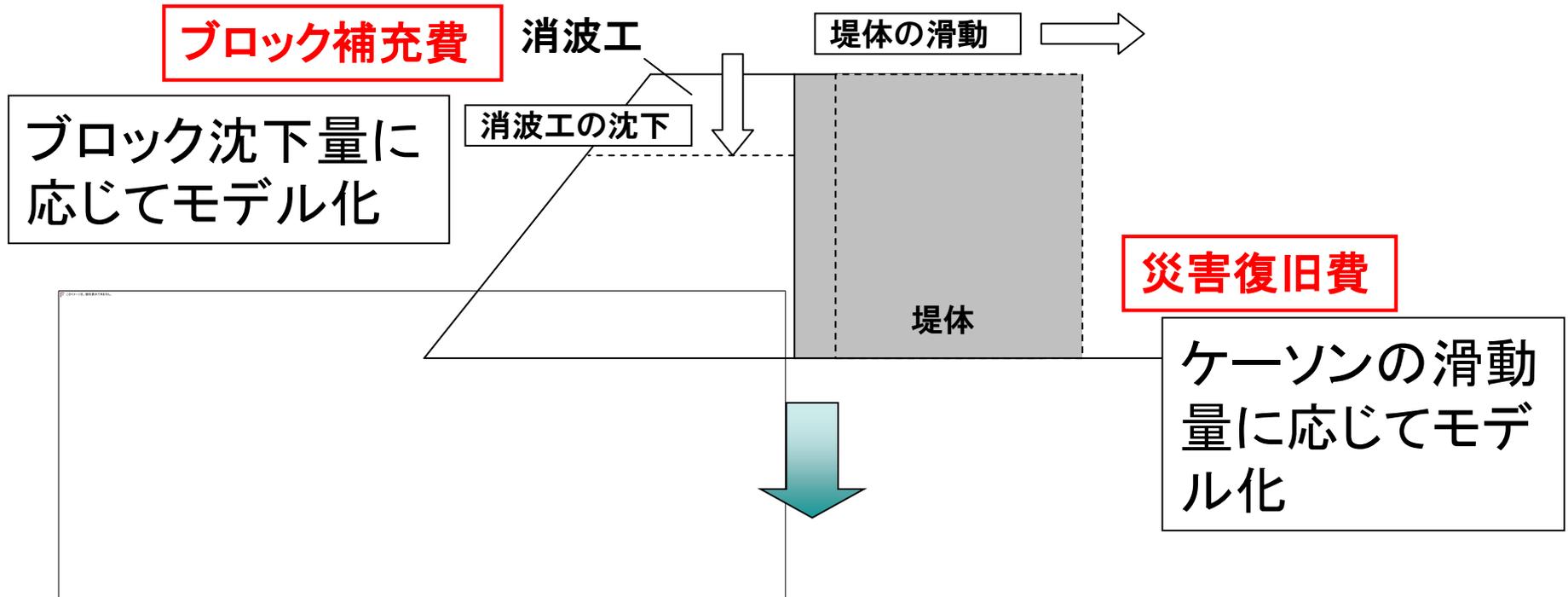
堤体の滑動によるブロック沈下量



累積沈下量が補修基準を上回る場合に、消波ブロックの新規製作・据付費を補充費として計上する。

累積補修費の算出の考え方

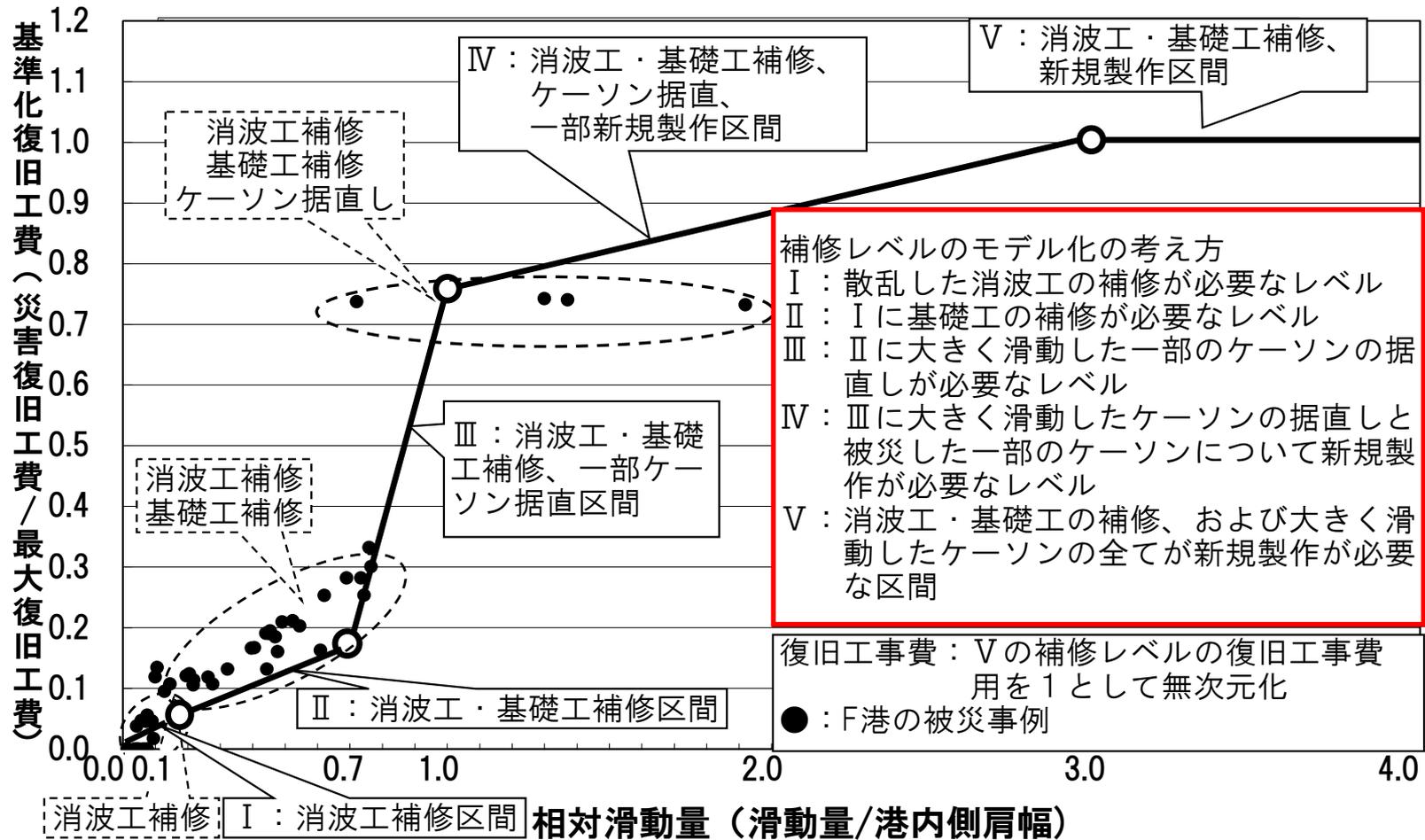
$$\text{補修費} = \text{災害復旧費} + \text{ブロック補充費}$$



モンテカルロ法を用いて、累積補修費の期待値・標準偏差を算出することで、補修基準を確率的に評価

ケーソン滑動量に対応した復旧工費モデル

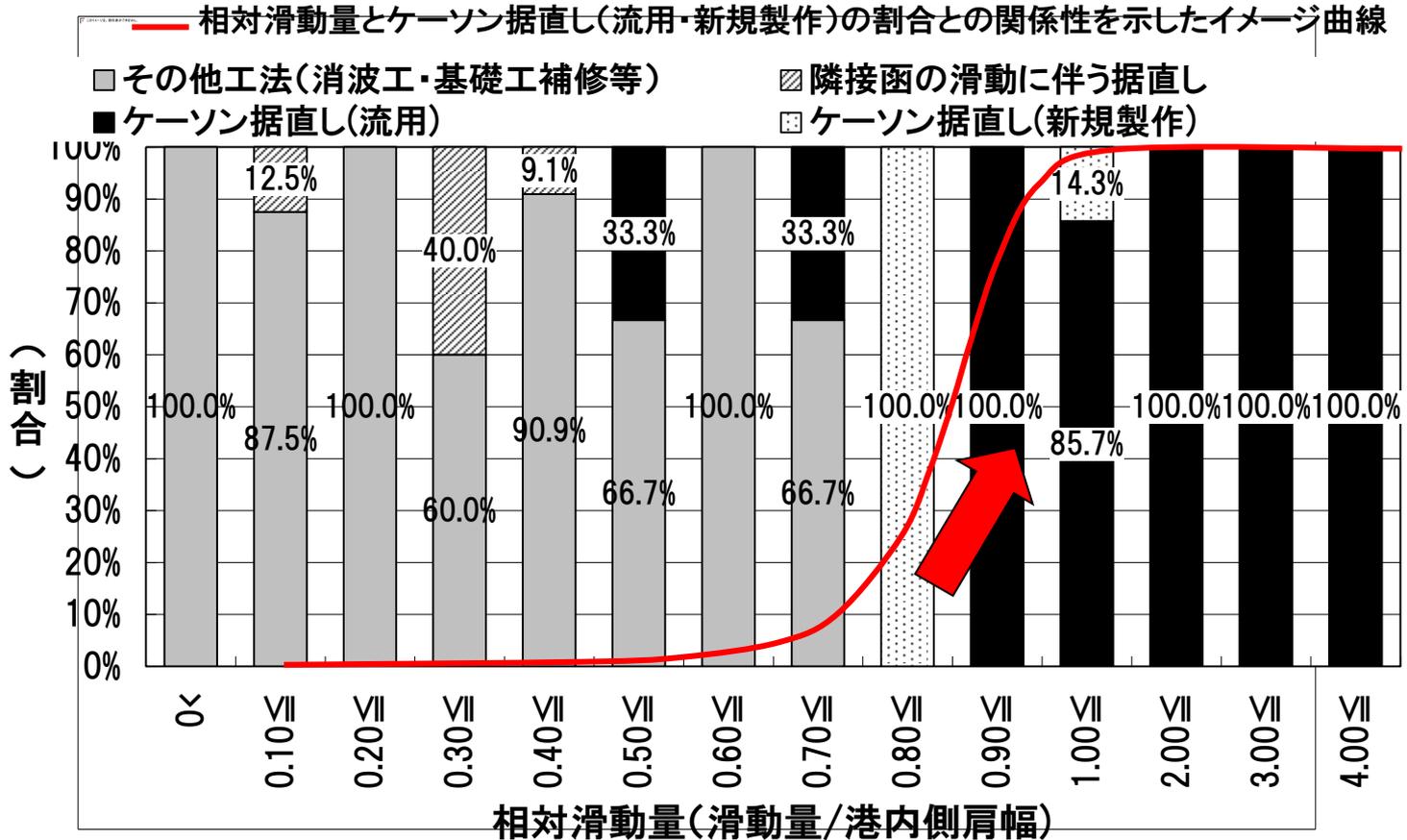
・復旧工費のモデル化



◆災害復旧費は被災時の堤体滑動量の関数として定義し、5つの補修レベルを設定した。

相対滑動量と復旧工法の関係(消波ブロック被覆堤)

◆災害復旧費の算出方法

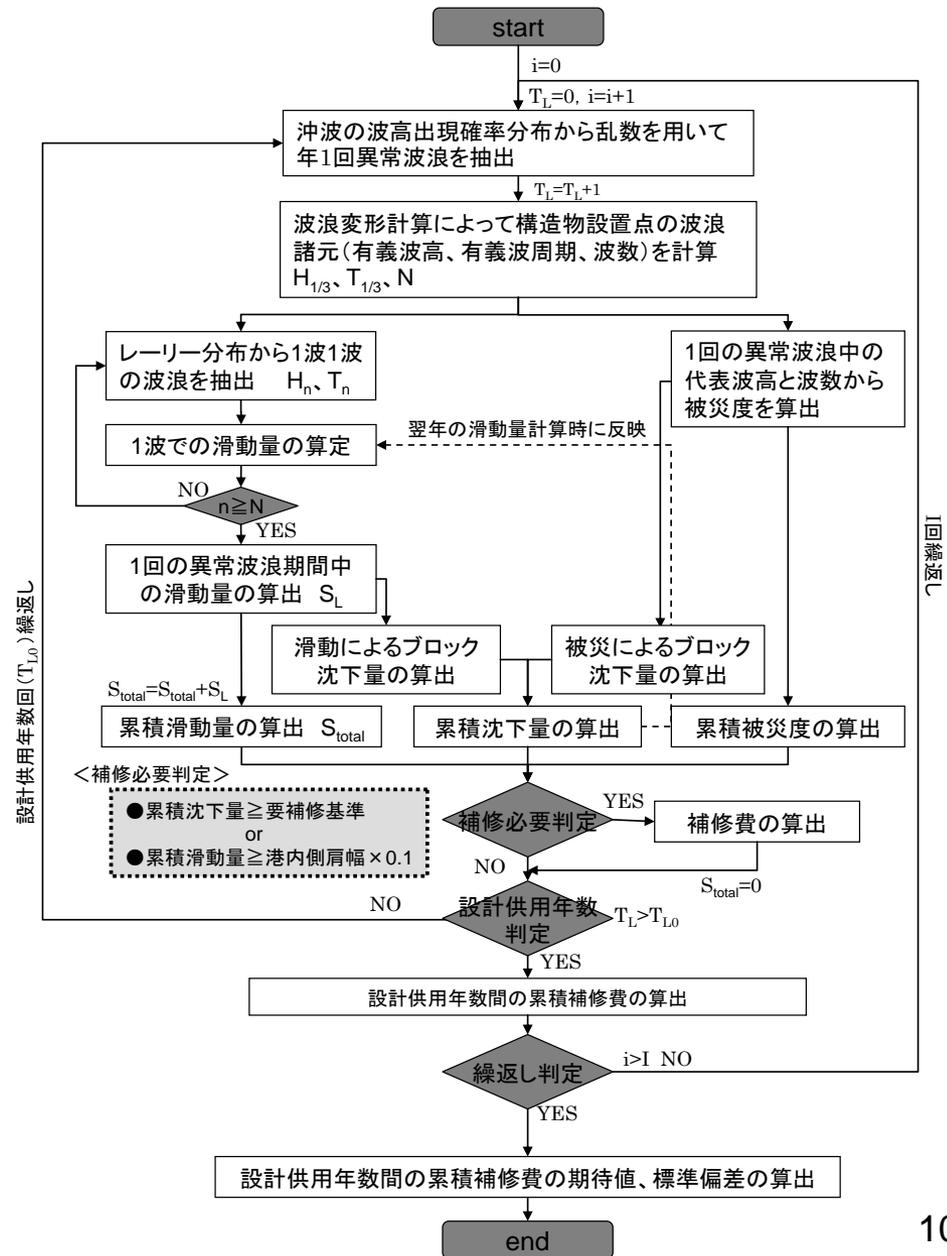


相対滑動量が0.7程度を越えるとケーソンの据直しが急増する。

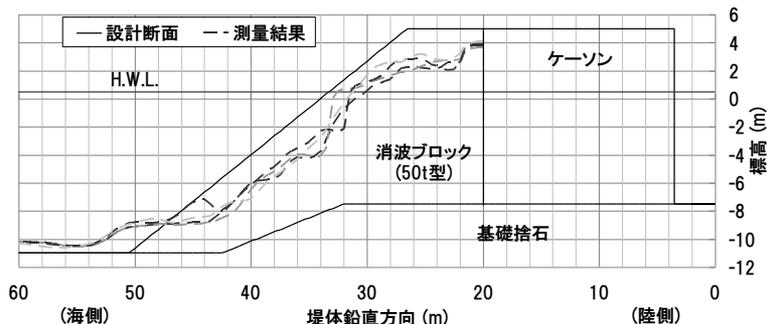
モンテカルロ法による補修費算出モデルの計算フロー

- ✓年1回の異常波浪に対する堤体の滑動量・消波ブロックの沈下量を算出
- ✓相対累積滑動量が0.1を超える場合
→災害復旧費を累積補修費に計上
- ✓累積沈下量が補修基準を上回る場合
→ブロック補充費を累積補修費に計上
- ✓設計供用年数間(50年間)繰返し, 50,000回の試行を繰返し, 累積補修費の期待値, 標準偏差を算出

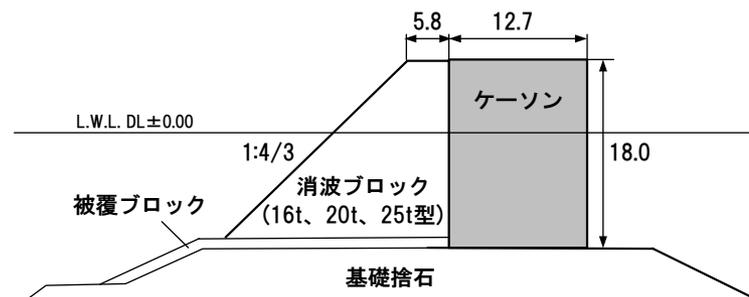
消波ブロックの補修基準として, ブロック0.5個・1個・1.5個・2個の沈下量を設定した.



解析条件



解析対象断面(A港)

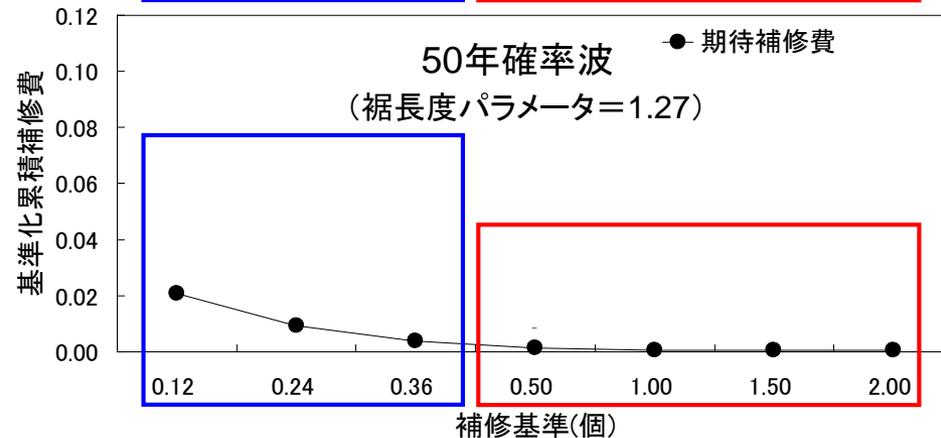
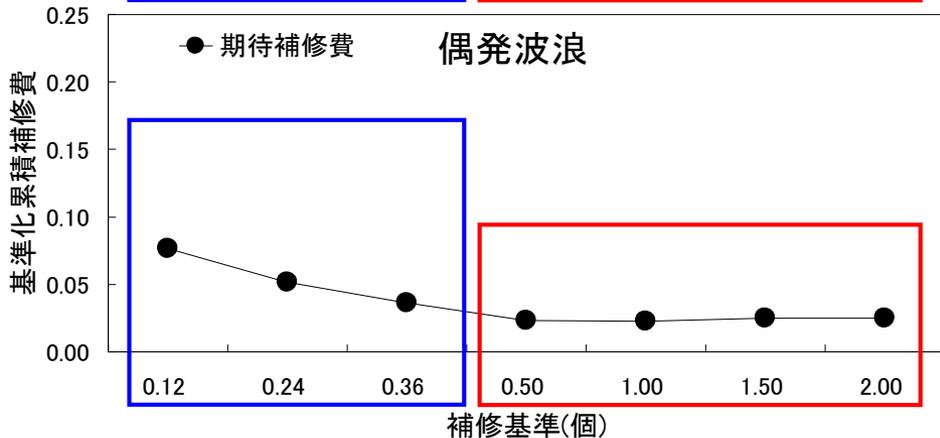
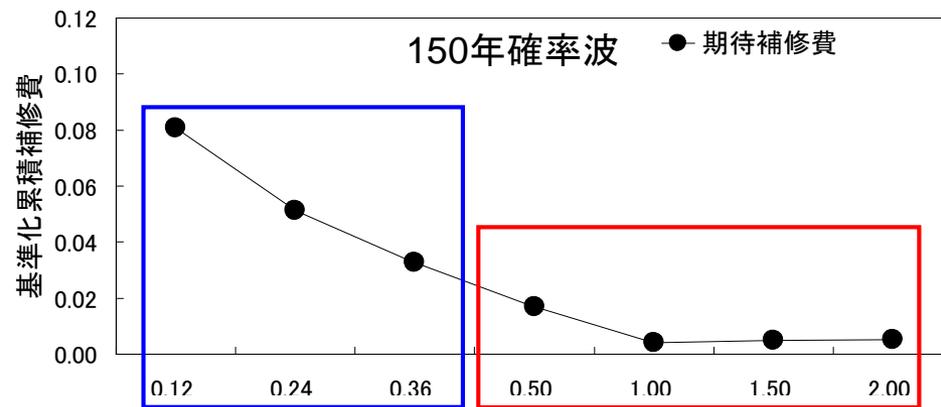
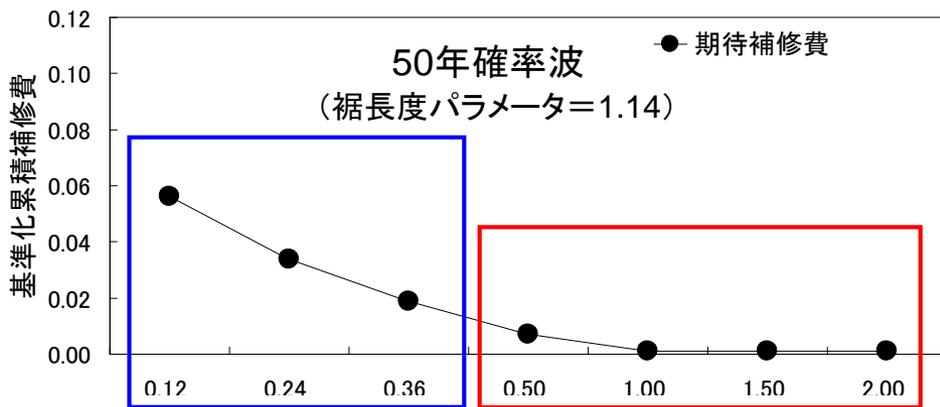


解析対象断面(S港)

	A港			S港
	50年確率波浪 ワイブル分布	偶発波浪 ワイブル分布	150年確率波浪 ワイブル分布	50年確率波浪 ワイブル分布
裾長さパラメータ	1.14	1.27	1.14	1.27
形状母数(k)	2.0	1.4	2.0	1.4
尺度母数(A)	3.211	3.106	3.211	3.21
位置母数(B)	5.852	3.972	5.852	4.127
波高(m)	12.2	12.2	13.0	13.4
波周期(s)	14.0	17.0	14.5	16.1
波形勾配	0.040	0.027	0.040	0.039
消波ブロック 被覆堤時の安全率	1.67	1.55	1.50	1.20
天端高(m)	5.0			6.0
堤体幅(m)	12.5			12.7
法面勾配	1:4/3			1:4/3
消波ブロック種別	50t型 (高さ4.155m)			25t型 (高さ3.30m) 20t型 (高さ3.06m) 16t型 (高さ2.83m)
設計供用年数	50年			50年
継続時間	2.0時間			2.0時間
繰り返し回数	50,000回			50,000回

条件の違いによる累積補修費への影響を評価する。

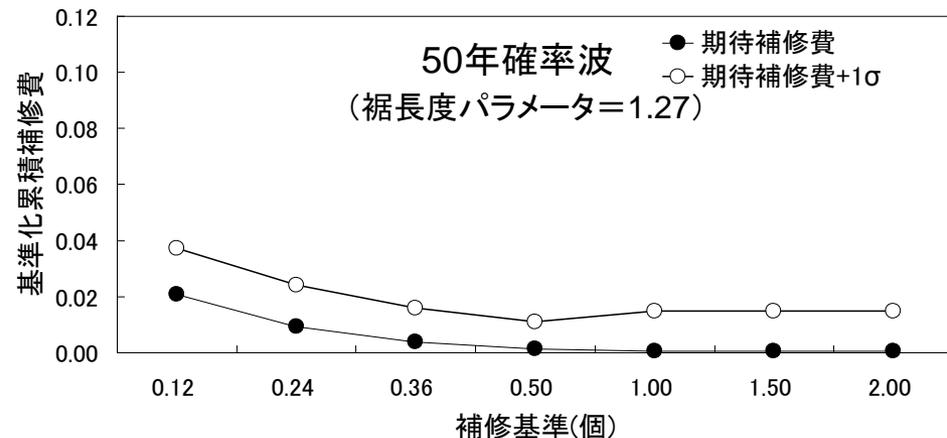
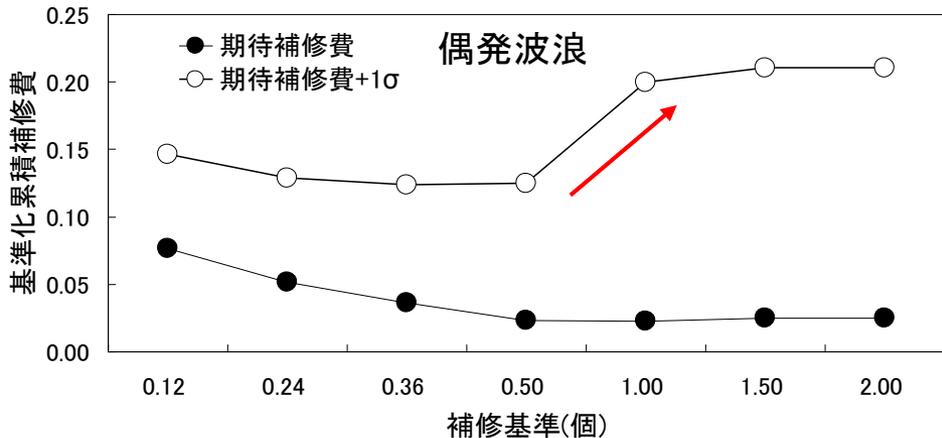
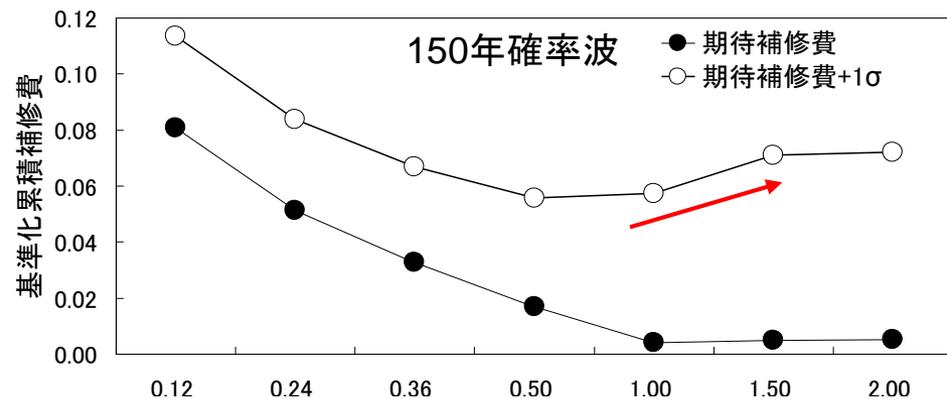
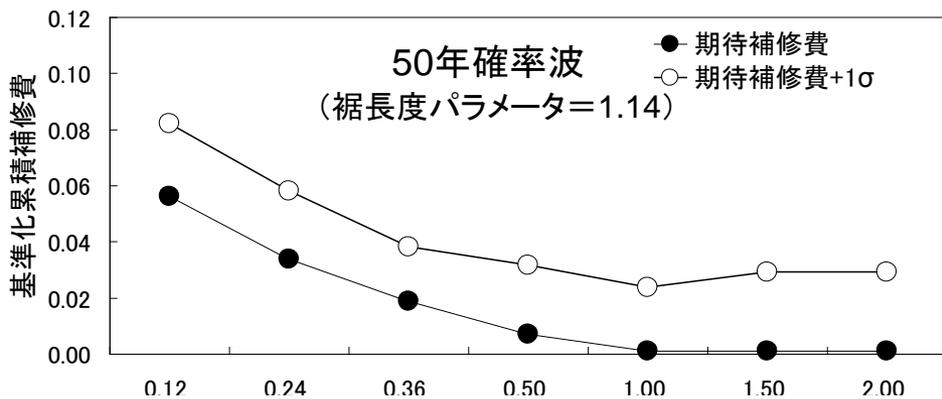
解析結果及び考察（A港）



✓ 過度のブロック補修(0.5個未満)は合理的でない。

✓ 補修基準が0.5個以上の場合には期待補修費がほぼ一定である。

解析結果及び考察（A港）

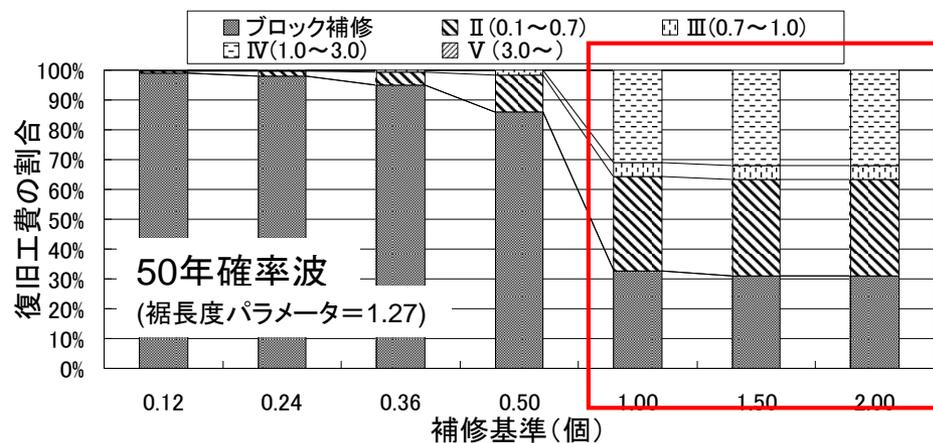
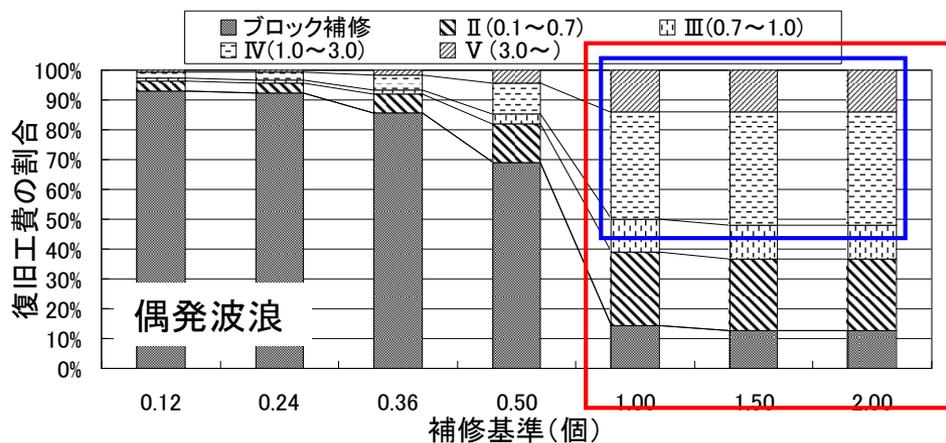
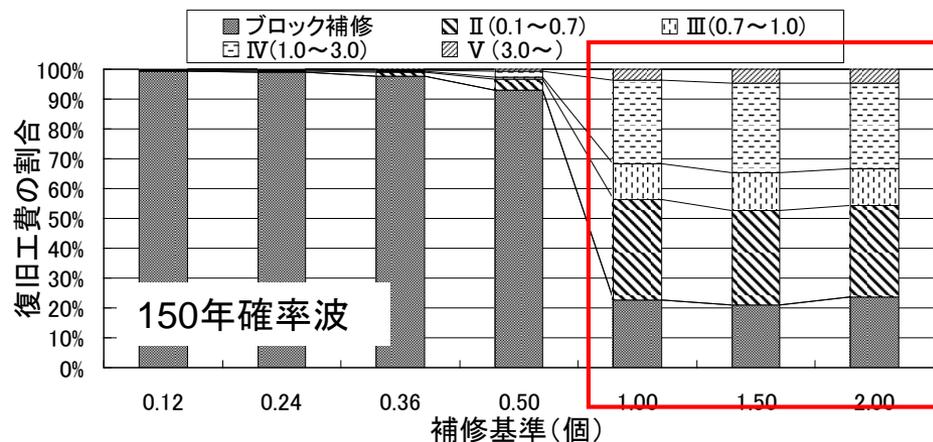
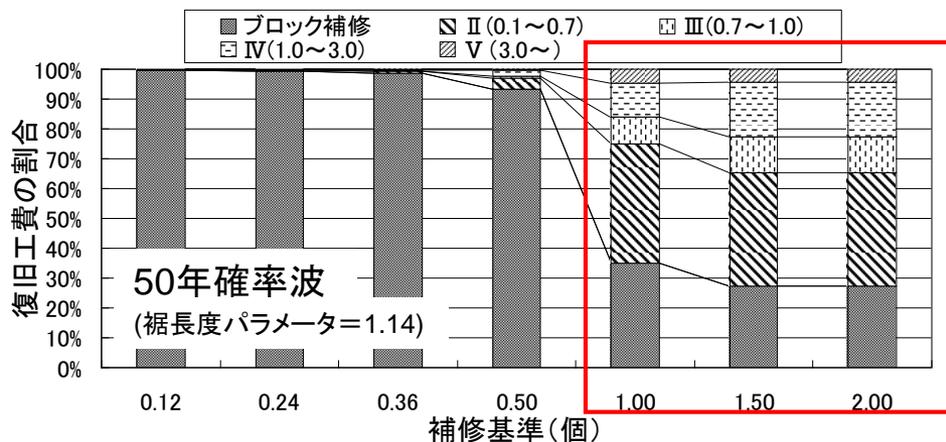


✓ブロック0.5~1個分より大きい補修基準を設定すると標準偏差(σ)が急増

→大規模被災に至り、災害復旧費が著しく大きくなるケースが増加し、補修費がばらつく

大規模被災のリスクを低減するためには、こまめに消波ブロックの補修を行うことが有効的である。

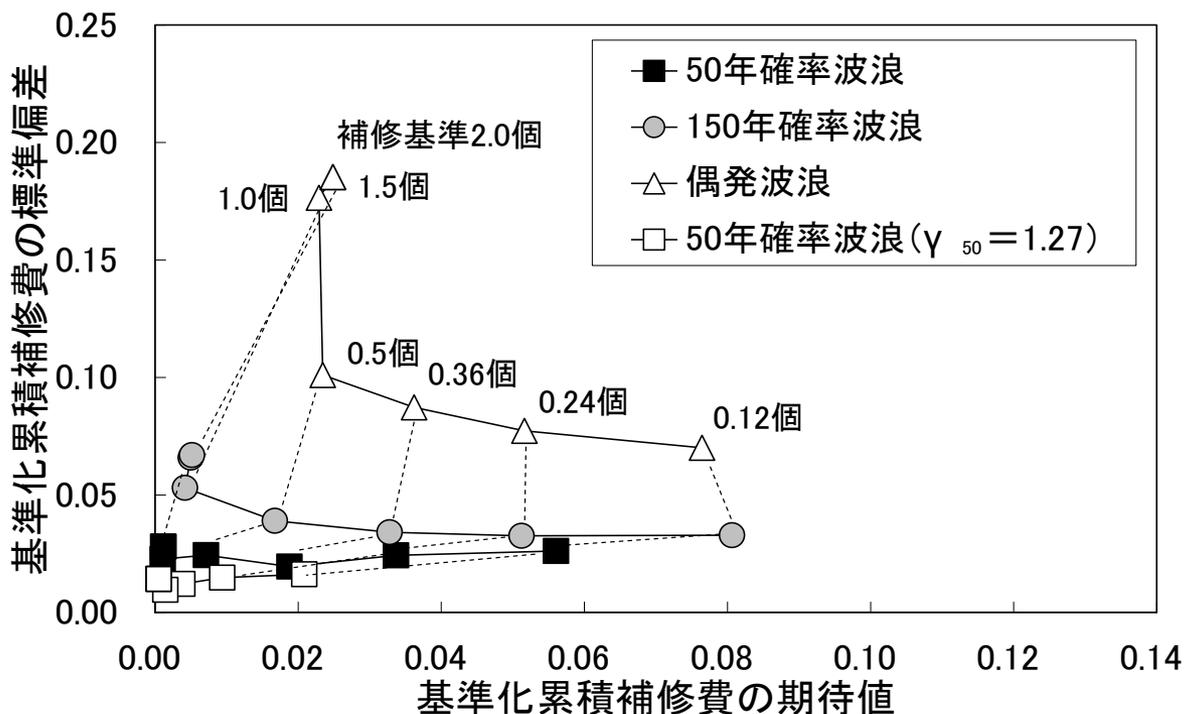
解析結果及び考察 (A港)



✓補修基準が1.0個以上になると、期待補修費における災害復旧費の割合が急増する。

✓偶発波浪時には、他のケースよりも大規模被災(補修レベルIV以上)が生じる確率が高くなる。

解析結果及び考察（A港）



✓偶発波浪以外の波浪条件においては、補修基準を1個程度にすることが、期待値の低減、および災害復旧費の抑制の面から合理的である。

✓偶発波浪を考慮した場合には、補修基準0.5個を超えると災害復旧費が増大する危険性が大きくなるため、より厳しい補修基準0.5個の選択が合理的となる。

- 消波ブロック被覆堤を対象として、大規模被災時の復旧工費増大のリスクを考慮した上での適切な維持管理上の補修基準を評価できる手法を提案した。
- 今回の検討事例の解析結果からは、こまめにブロックの沈下補修（ブロック半個～1個程度）を行うことが期待補修費の最小化及び大規模被災時のリスク低減の観点から有効であることがわかった。
- 今後は、提案手法に基づき、戦略的な防波堤の維持管理をどのように行っていくべきかについて、さらに検討を進めたいと考えている。