

東北の港湾工事で活用が図られる新技術
「応募議題」

既設防波堤ケーソンの予防保全的 耐衝撃補強方法の開発

東洋建設株式会社

1. はじめに

◆港湾構造物は、衝撃力の作用により損傷に至る場合があります。

衝撃砕波力

消波ブロック

船舶

etc



ケーソン壁穴あき被災事例

例えば、荒天時に消波ブロックが移動し、
ケーソン壁に穴が開き被災する事例が報告されています。

問題点

中詰砂流出⇒「重量の減少」「安定性の低下」

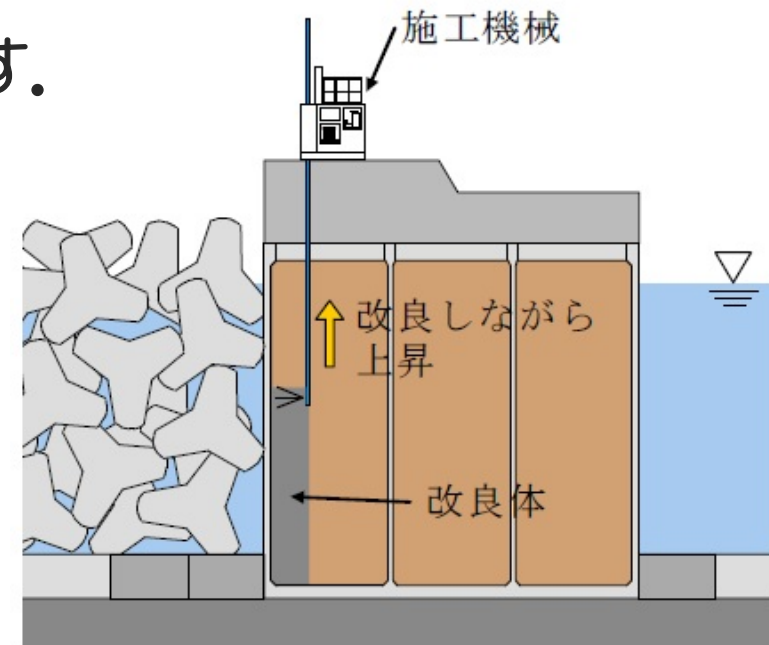
2. 工法の概要

◆概要

ケーソン前壁裏の中詰砂を部分的に改良することで、
ケーソン前壁の耐衝撃性を向上させる工法です。

中詰砂の改良は、上部工上から地盤改良工法の一つである高圧噴射攪拌工法により行います。

本工法を被災する前に
実施しておくことで、
穴あき被災を予防できます。



高圧噴射攪拌法による補強イメージ

3. 工法の特徴

新規工法

新規性

事後的補修から予防保全的補強へ

独自性

中詰砂を部分固化し，壁を補強
(地盤改良工法を採用)

効果

前壁の穴あき被災の予防 (耐衝撃性向上)

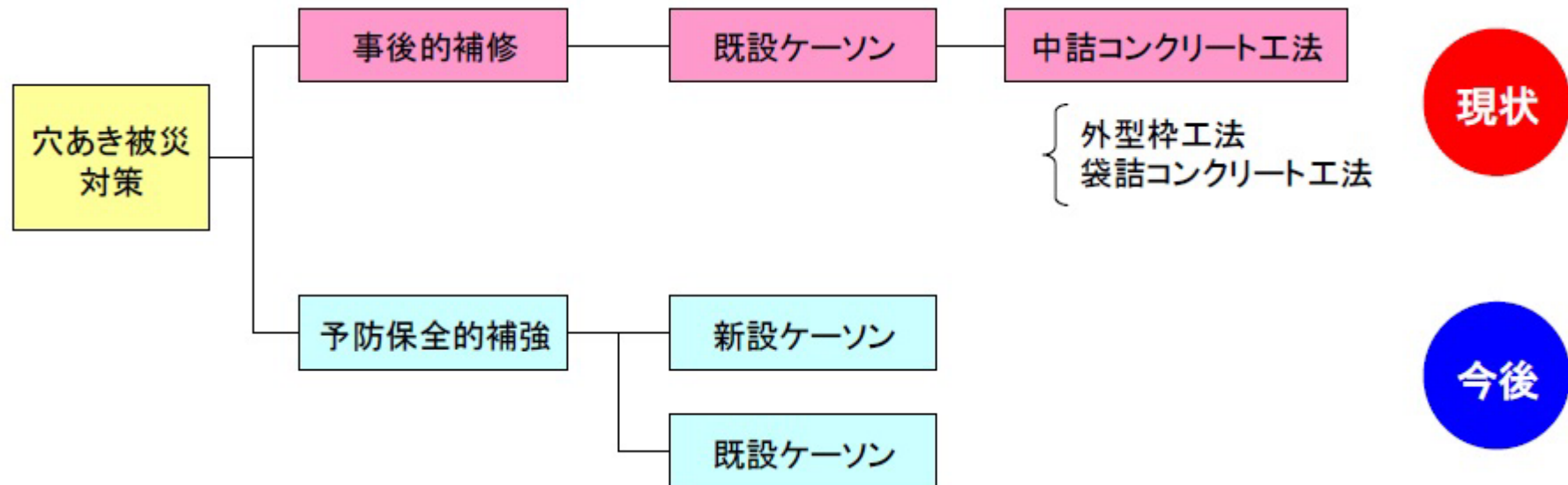
前壁の耐荷性向上 (静的耐力の向上)

従来工法

穴あき被災後にコンクリートを充てんさせる。

4. 防波堤ケーソンの穴あき被災対策の現状

ケーソン壁の穴あき被災対策の区分



●**現状** ⇒ 既設ケーソンに対する**事後的補修**

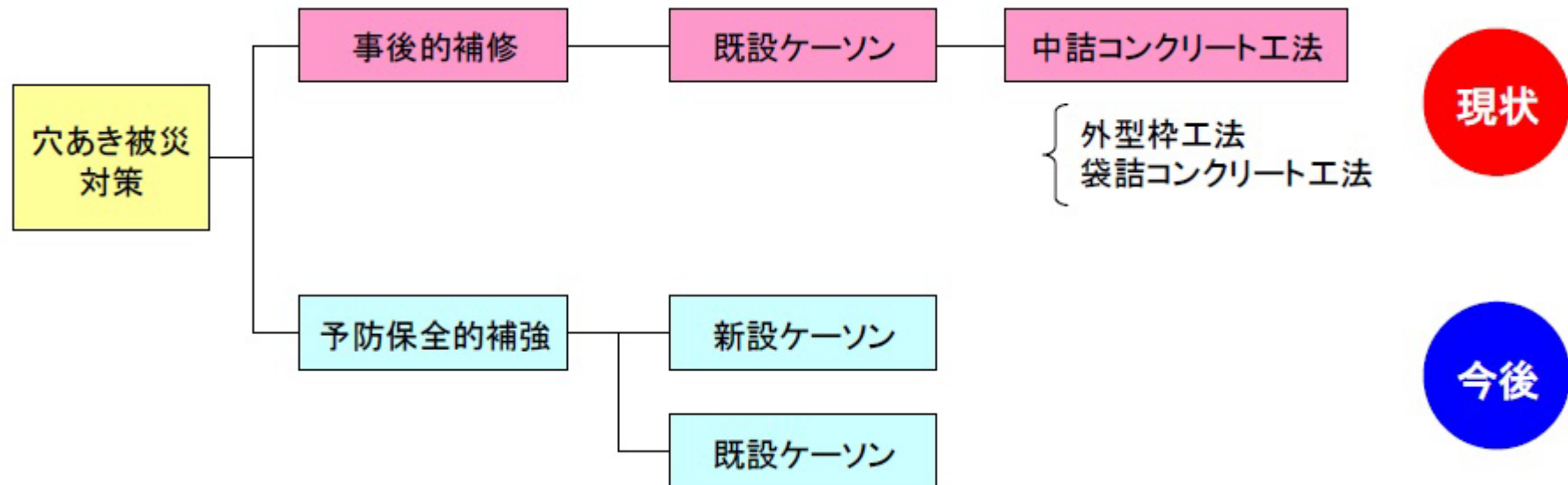
問題点

- 補修箇所以外の条件は変わっていないため、周辺ケーソンが被災を繰り返す場合がある
- 補修計画の立案が困難（起こるかどうかわからない）。

●**今後** ⇒ 既設ケーソンに対する**予防保全的補強**

4. 防波堤ケーソンの穴あき被災対策の現状

ケーソン壁の穴あき被災対策の区分



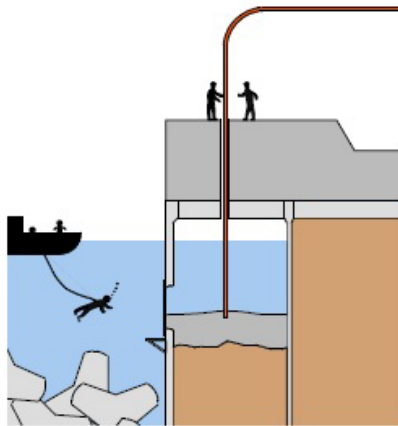
● **今後** ⇒ 既設ケーソンに対する**予防保全的補強**

新設ケーソン 取組み例：港空研報告Vol.50

既設ケーソン 未確立

5. 事後的補修の例

● 外型枠工法

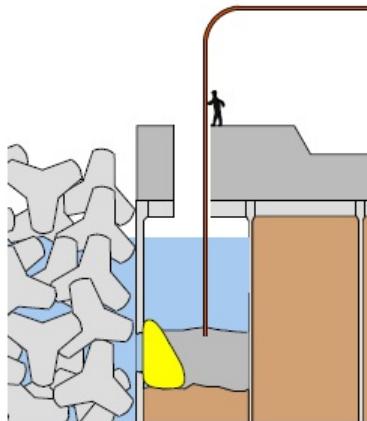


問題点

- ・ 消波ブロックの一時撤去（コスト増・危険作業）
- ・ 消波ブロックの再据付により、消波ブロックが再び動きやすくなる。

（波浪による沈下やブロック同士のかみ合いにより形成された比較的安定な状態を元に戻してしまう。）

● 袋詰コンクリート工法



問題点

- ・ 外型枠工法に比べ、上部コンクリートの撤去量が多くなる（コスト増）
- ・ 隔室内での潜水土による作業が発生する（危険作業）。

⇒ 戦略的維持管理を行う上で、
事後保全的補修から予防保全的補強への転換が必要

6. 予防保全的補強方法の提案

・地盤改良技術

従来：品質の不確実性 ⇒ 仮設として利用

近年：品質の信頼性向上 ⇒ 耐震補強などの本設として利用

・高圧噴射攪拌工法に着目

比較的高強度な改良体を造成可能（ 3N/mm^2 以上）

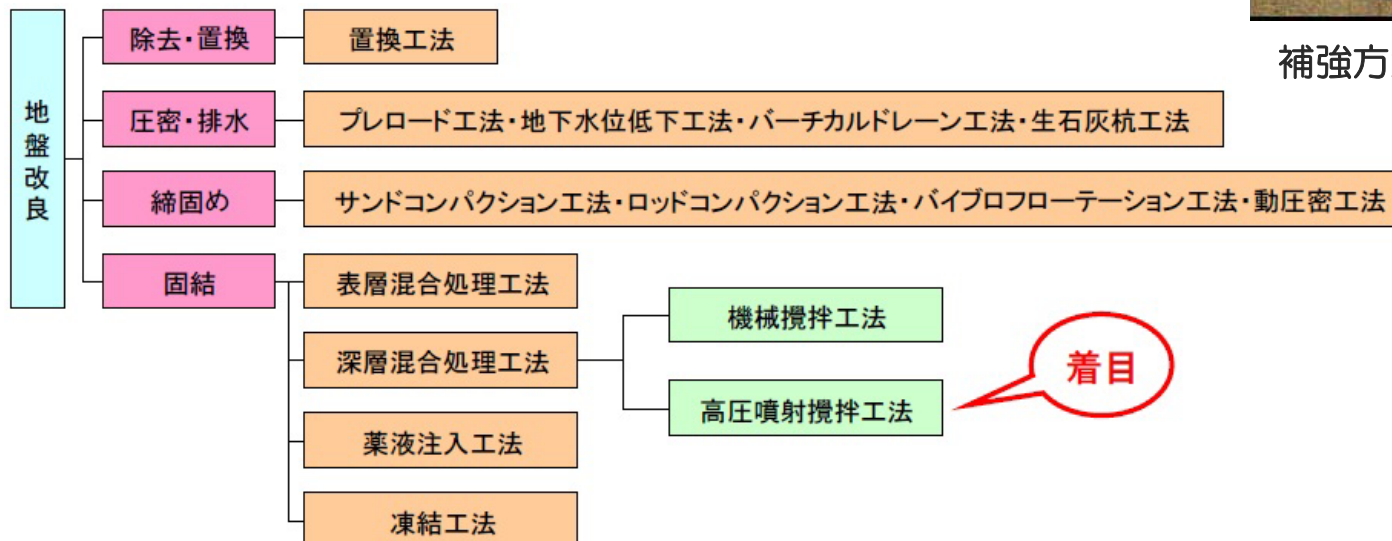
⇒ 一般的な薬液注入による固化体の10倍以上

必要部分のみ改良可能

⇒ 浸透注入などにおいては不確実性があるため全面改良の必要あり



補強方法のイメージ



着目

7. 新規提案工法のメリット

- 上部コンクリートの上方から施工可能

⇒ 消波ブロック，上部コンクリートの撤去不要（現地を乱さない）

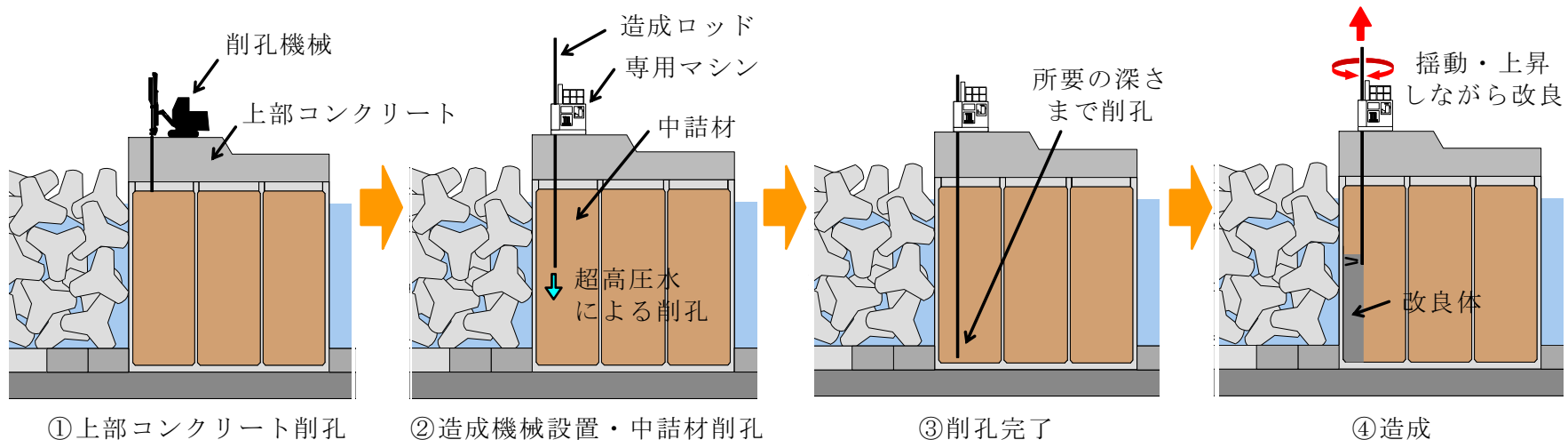
⇒ 施工中，施工後のケーソン安定性に影響を及ぼさない

- 耐衝撃性に必要な範囲を狙って改良

⇒ 改良範囲のムダを抑え，コスト低減

- たとえ壁が損傷しても中詰砂の流出を抑制（遅延）

⇒ 想定以上の衝撃荷重に対してもケーソンの空洞化を抑制（遅延）



高圧噴射攪拌工法による補強イメージ

8. 資機材および排泥の運搬

沖防波堤における施工

- ⇒ コンパクトな資機材を小型クレーン付台船で搬入可能
- ⇒ 密閉式土運船に貯留



参照：白鳥建設株式会社

クレーン付台船
(防波堤の港内側に接舷)



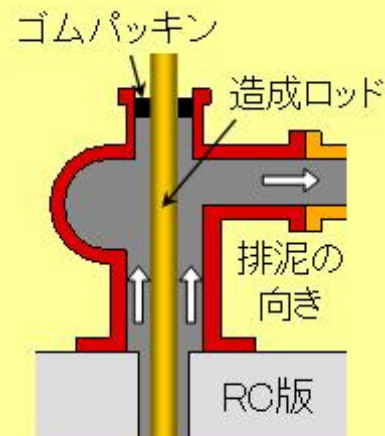
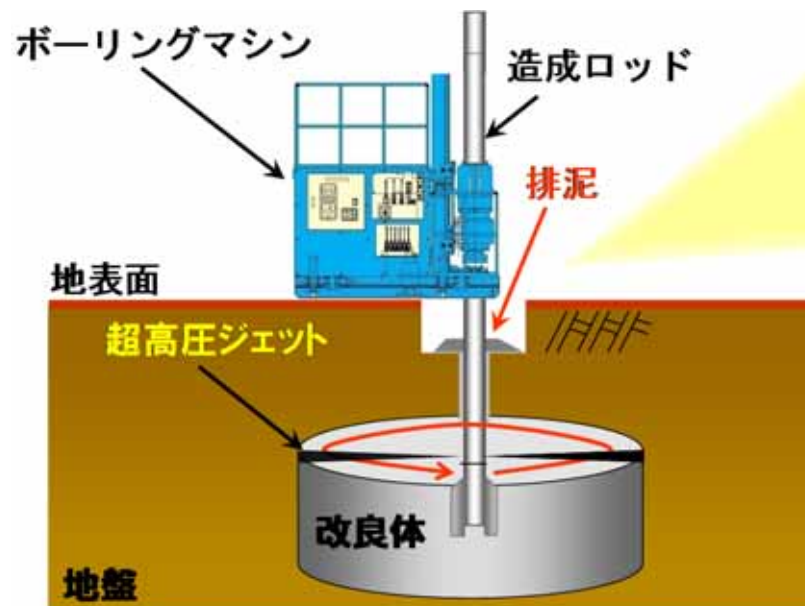
参照：松原建設株式会社

密閉式の土運船

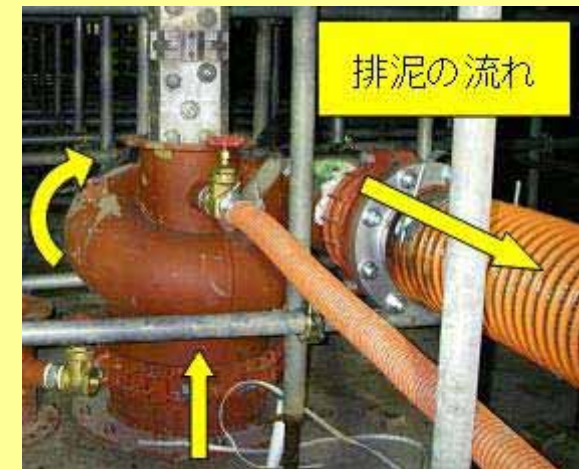
8. 資機材および排泥の運搬

上昇する排泥の処理

上昇する排泥 ⇒ 海への流出防止



模式図



上昇する排泥を横向きに
導く配管の設置

9. コスト試算

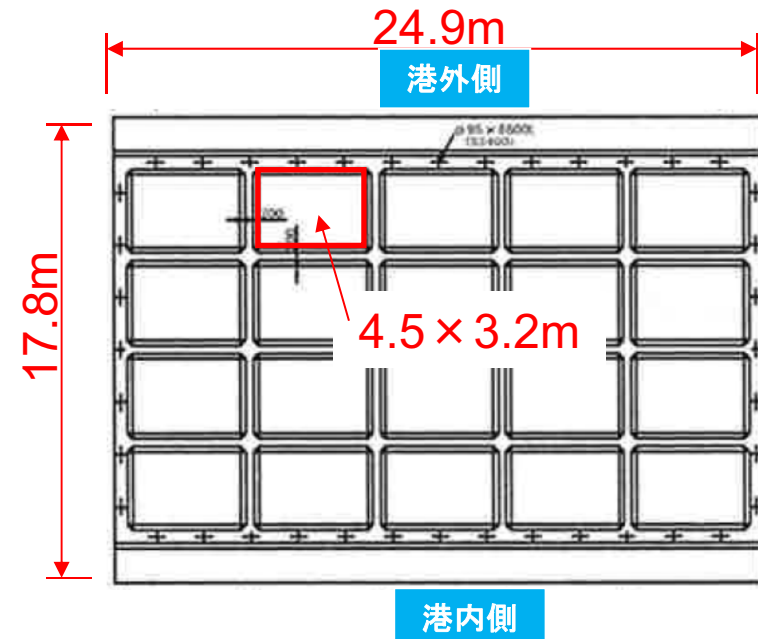
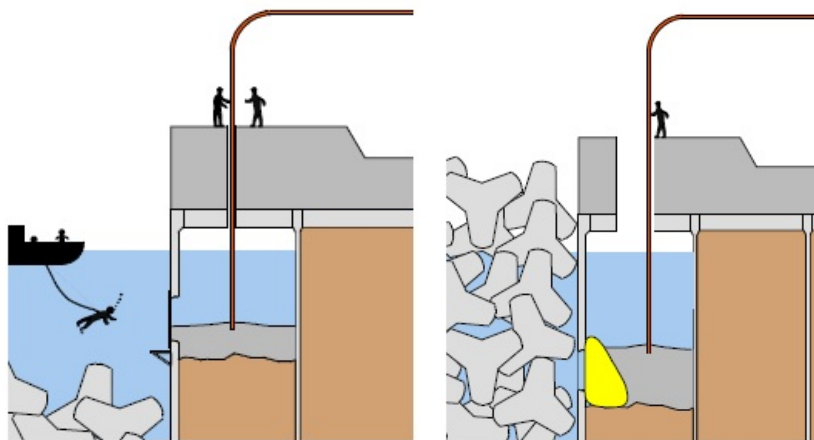
コスト試算結果

1箇所あたりの比較

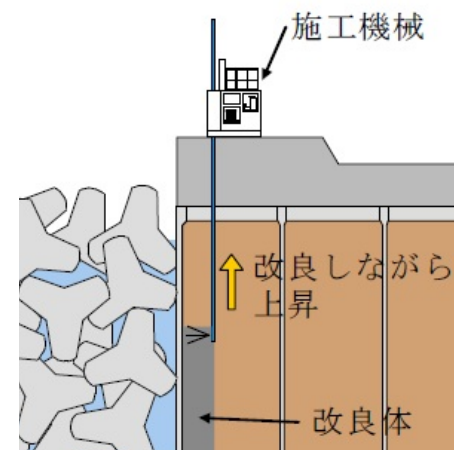
従来 : 新規提案

1.0 : 0.3

<従来工法（事後補修）>



<予防保全（中詰改良）>

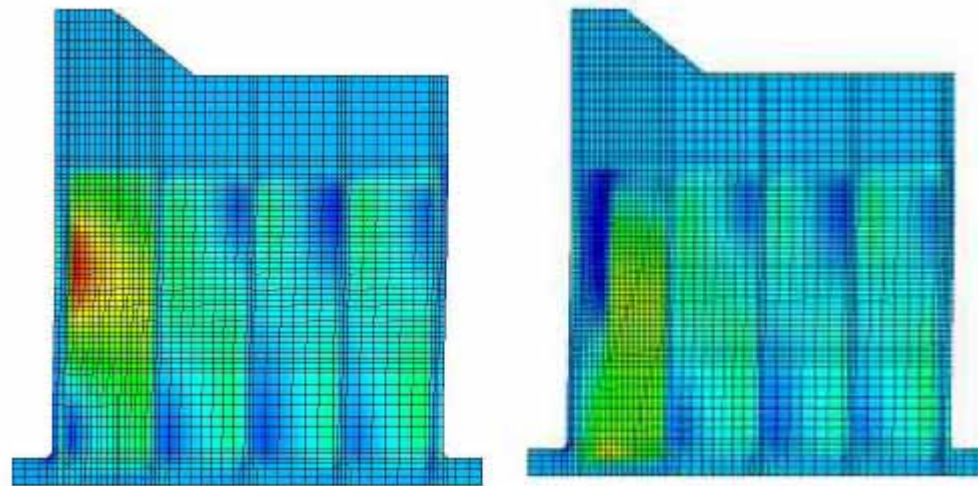


10. 補強メカニズムの検討

【研究内容】

①解析的検討の実施

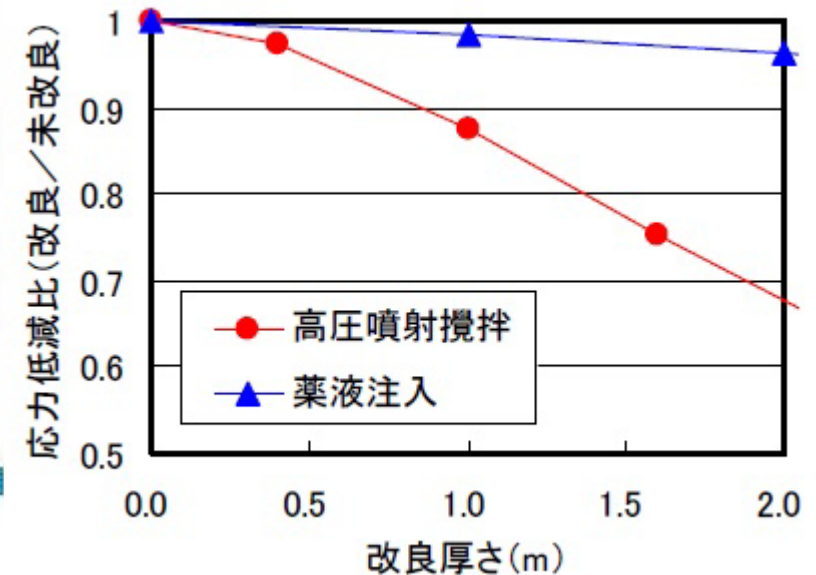
改良体の存在によりケーソン壁の発生応力が低減する見込みが得られた。



改良体なし

改良体あり

解析的検討の例



壁の発生応力低減率と
改良体の厚さの関係

11. 静的耐力の向上効果

【研究内容】

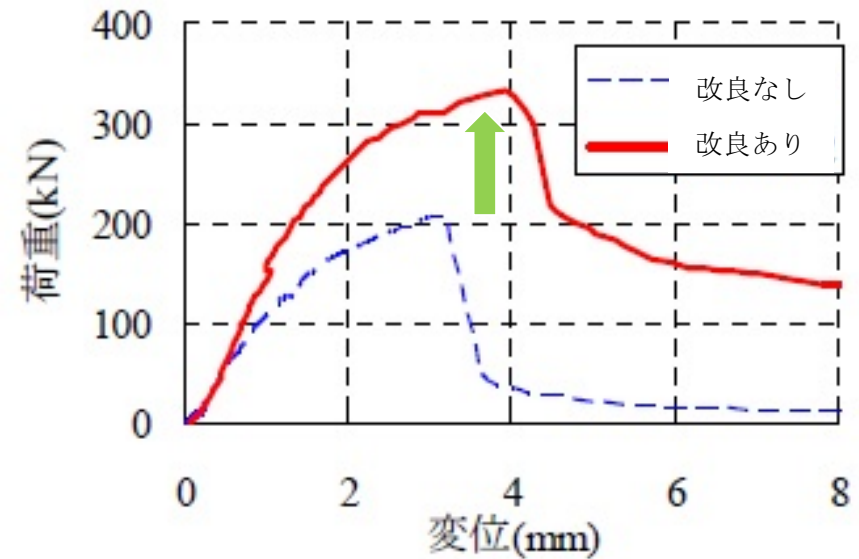
②静的載荷実験の実施

- ・ 改良体の有無をパラメータとした静的載荷実験を実施.
- ・ 改良体の存在により、ケーソン壁が押抜きせん断破壊に達するまでの耐力が、向上することを確認.

⇒ 明確な補強効果を確認



静的載荷実験の状況



荷重と変位の関係

12. 耐衝撃性の向上効果

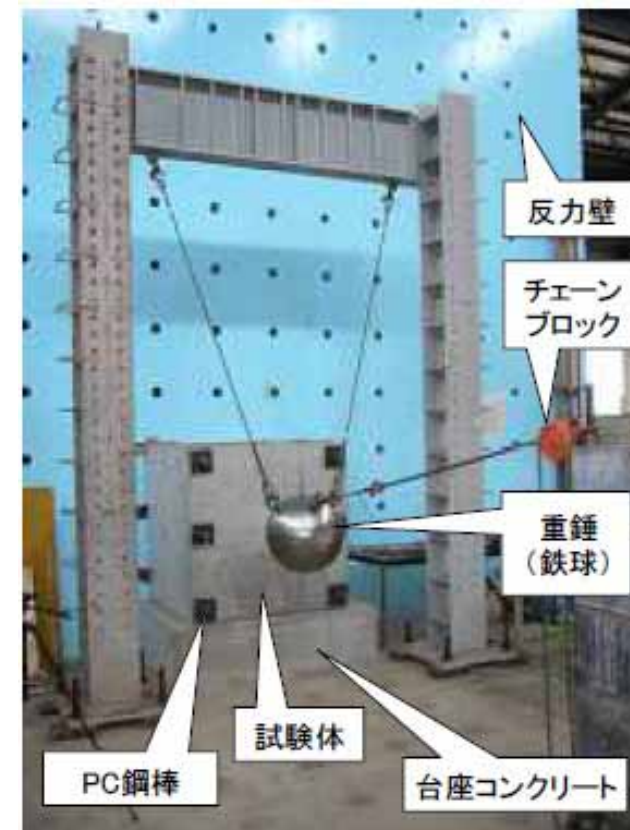
【研究内容】

③繰返し衝撃実験の実施

- ・改良体の有無をパラメータとした繰返し衝撃実験を実施。
- ・改良体の存在により、ケーソン壁が押抜きせん断破壊に達するまでの衝突回数が増加することを確認。



試験体の状況



衝撃実験の状況

12. 耐衝撃性の向上効果

衝突面の破壊性状

V=1.5m/s

改良あり



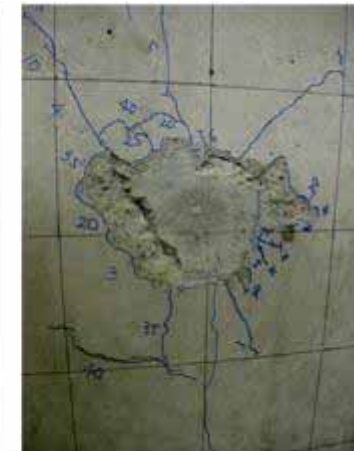
10回目



20回目



30回目



40回目

V=1.5m/s

改良なし



10回目



20回目



30回目

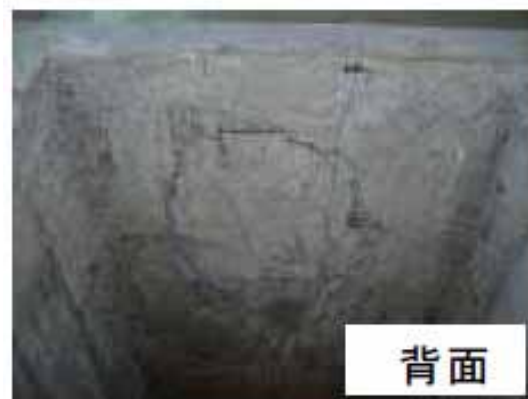


40回目

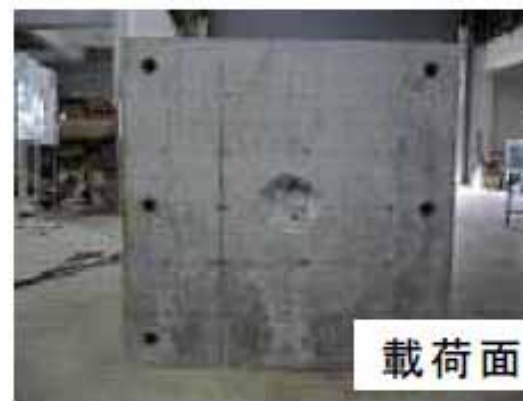
12. 耐衝撃性の向上効果

衝突面の破壊性状

押抜きせん断破壊面の形成の確認



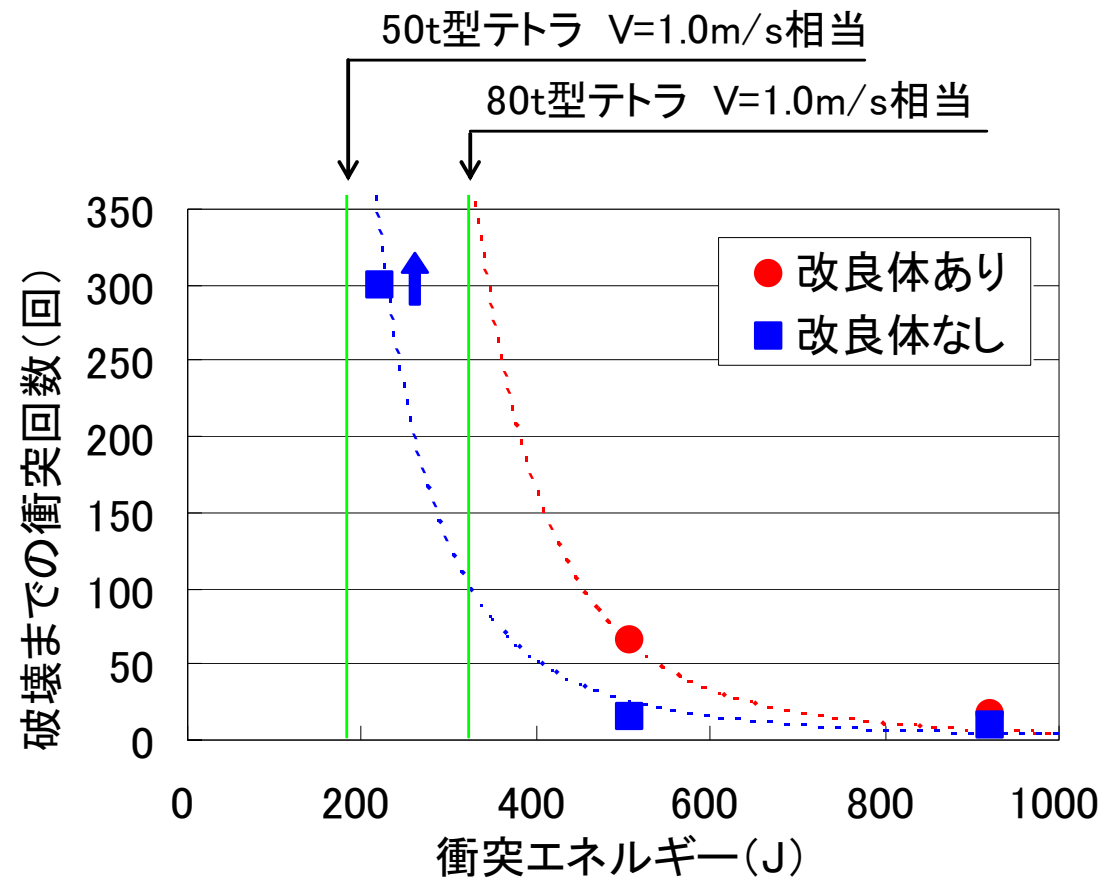
Case3 (改良有)
($V=1.5\text{m/s}$, 100 回衝突後)



Case4 (改良無)
($V=1.5\text{m/s}$, 40 回衝突後)

試験体の破壊状況

12. 耐衝撃性の向上効果



押抜きせん断破壊に至るまでの衝突回数と衝突エネルギーの関係

耐衝撃補強性能の評価方法の検討

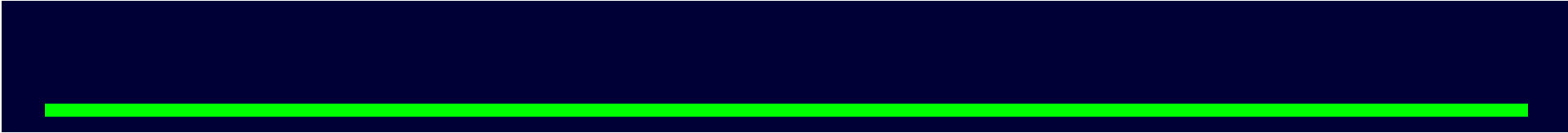
既往の研究成果および①～③の結果を用い、耐衝撃補強性能の評価方法を検討中

13. まとめ

- ①既設の防波堤ケーソンの穴あき被災に対する
予防保全的対策として中詰砂を部分的に固化し、
耐衝撃補強する方法を開発した。
- ②実験・解析レベルでの補強効果の確認ができている。
- ③海洋環境における地盤改良工法で課題となる
海洋汚染対策もクリアできる。
- ④被災が多発している地域では、コストメリットも期待できる。

[今後の課題]

- 補強効果の定量評価方法の確立
- 実構造物レベルでの施工性の検証



ご清聴ありがとうございました

