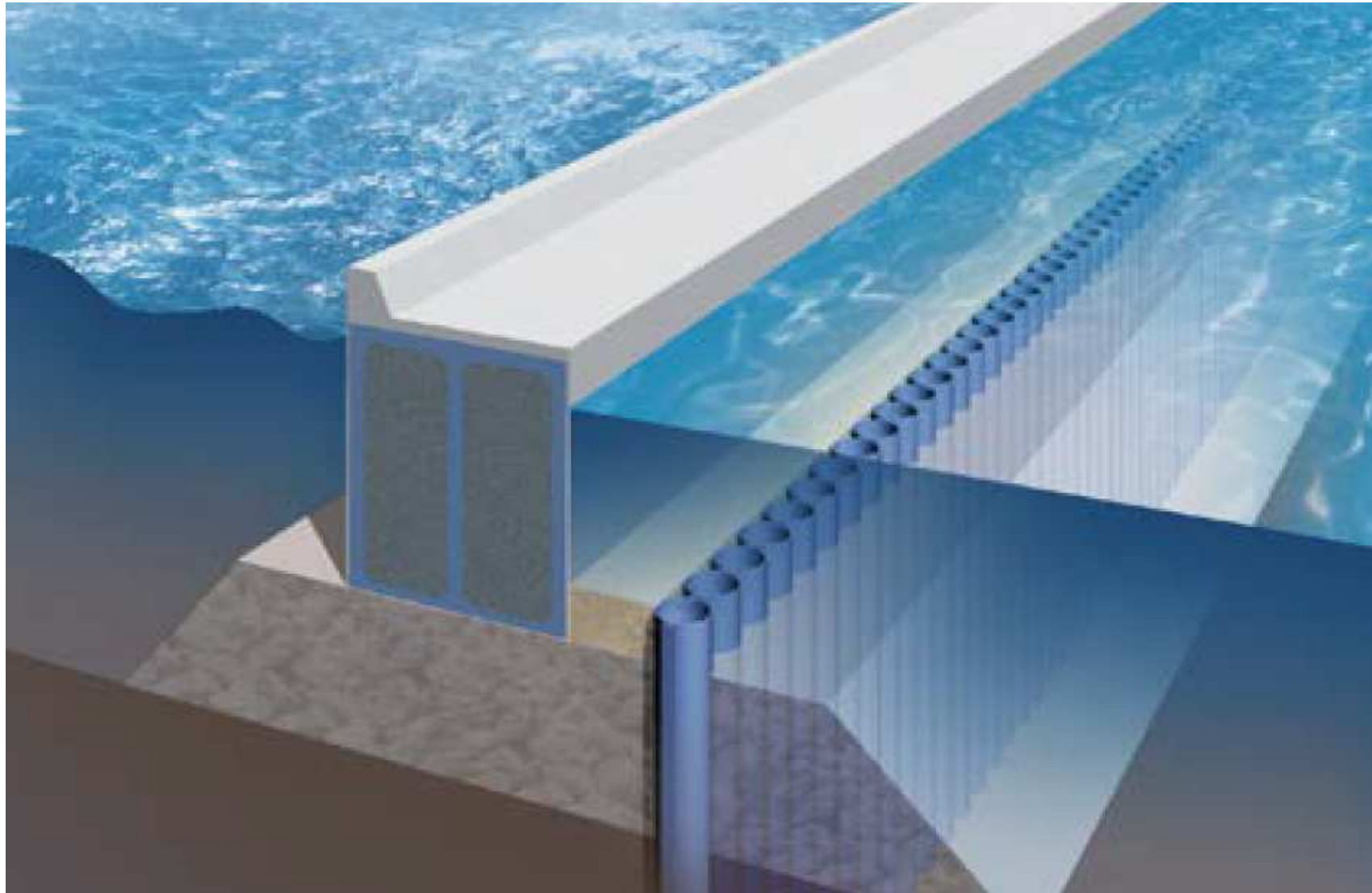


鋼管杭式防波堤補強工法

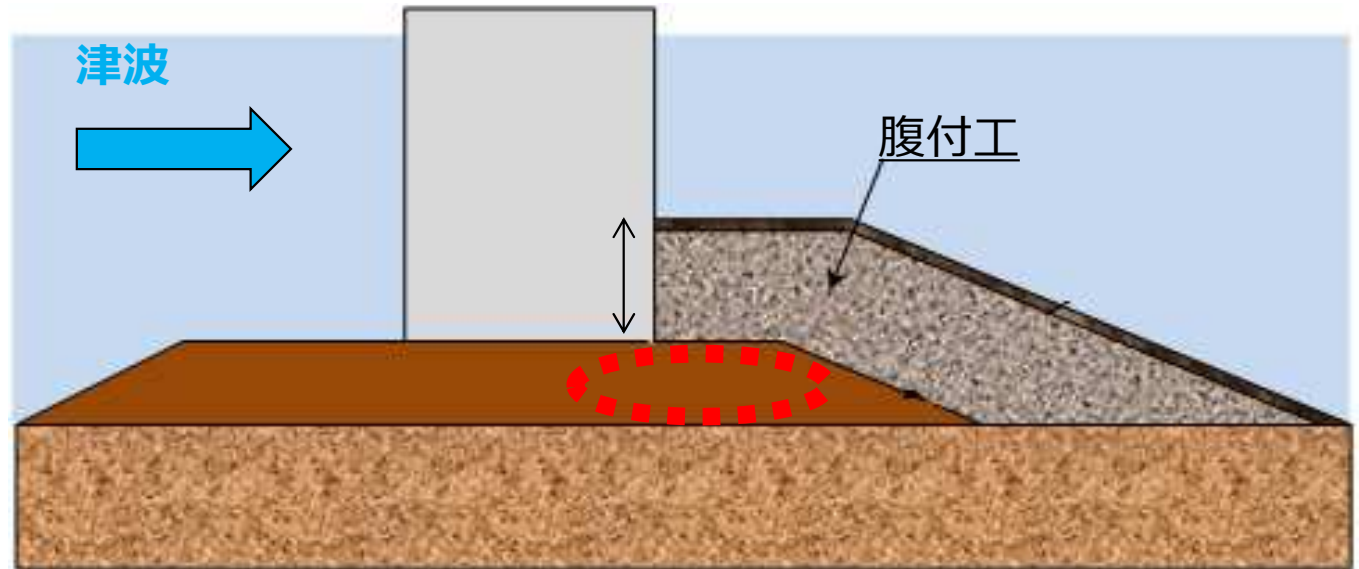
(港湾空港技術研究所，東京理科大学，沿岸技術研究センター との共同研究)

日本製鉄株式会社



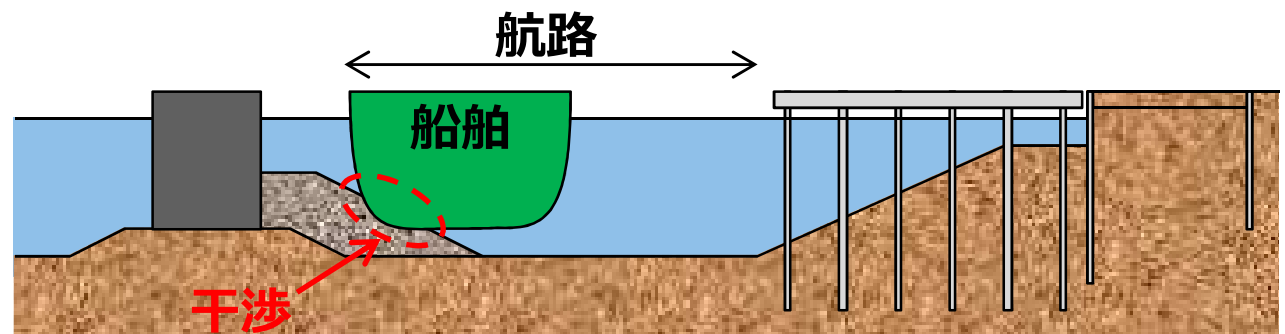
■ 津波に対する防波堤の補強技術紹介

腹付方式



- ケーソ高さの1/3以上の腹付工は補強効果(滑動抵抗増強 + 円弧すべり補強)を見込む
 - ケーソの安定上重要なケーソ直下の「基礎マウンド」の洗掘を遅延できる …**腹付方式の粘り強さ**
 - 洗掘時のケーソ倒壊は脆性的で、倒壊に関して予測技術が確立していない
- 少しでも洗掘が生じる場合は補強効果は見込めないため、その場合は洗掘対策が必須

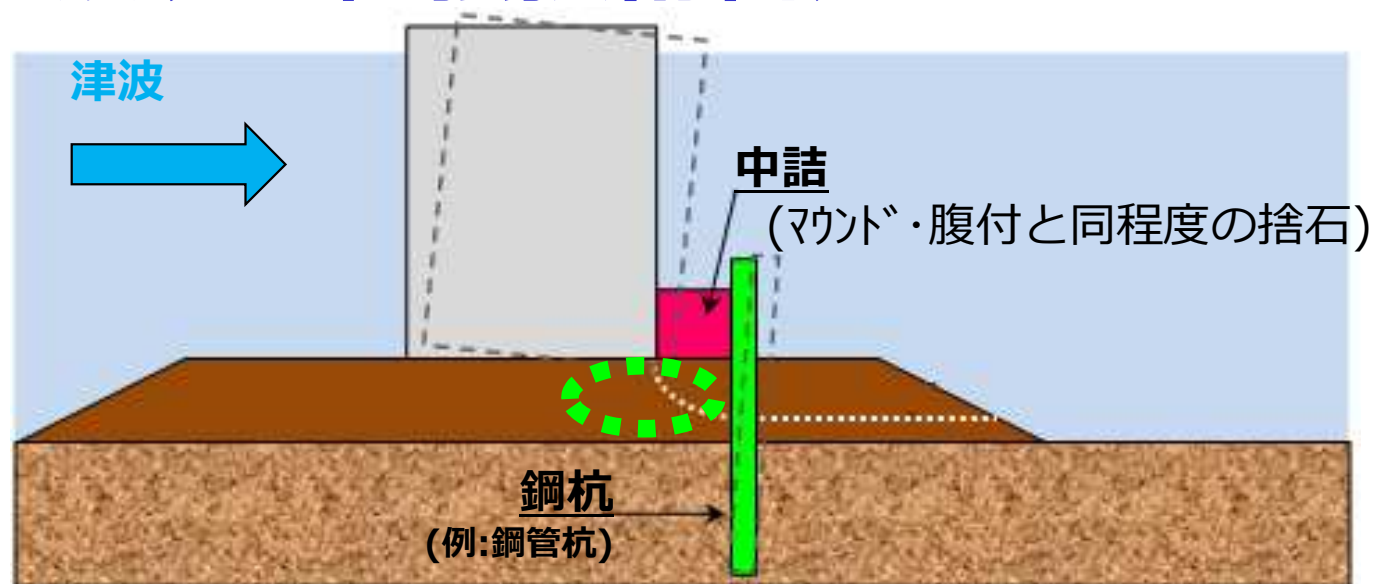
- 比較的大断面の対策となるため、
航路・泊地・堤頭部etc…では
設置が難しい



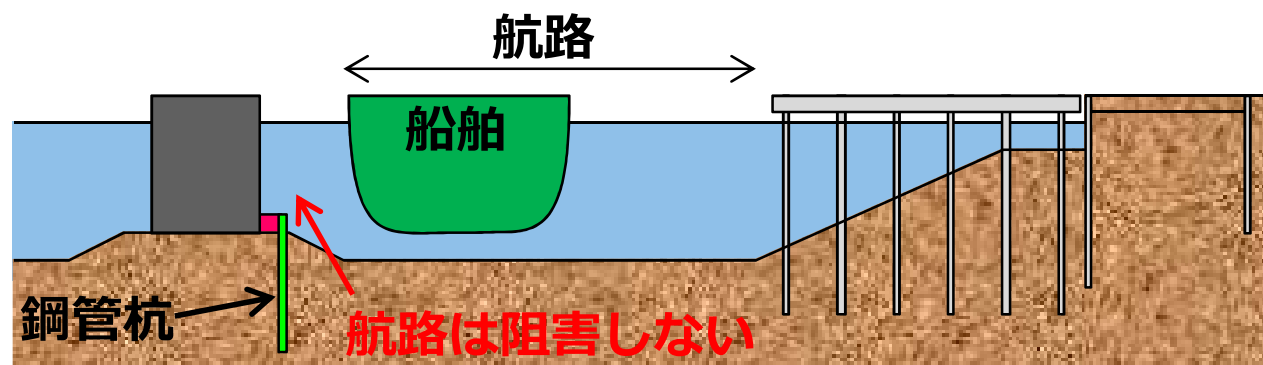
■ 津波に対する防波堤の補強技術紹介

鋼管杭式 防波堤補強工法

※ここでは簡単に「杭方式」とも表記する

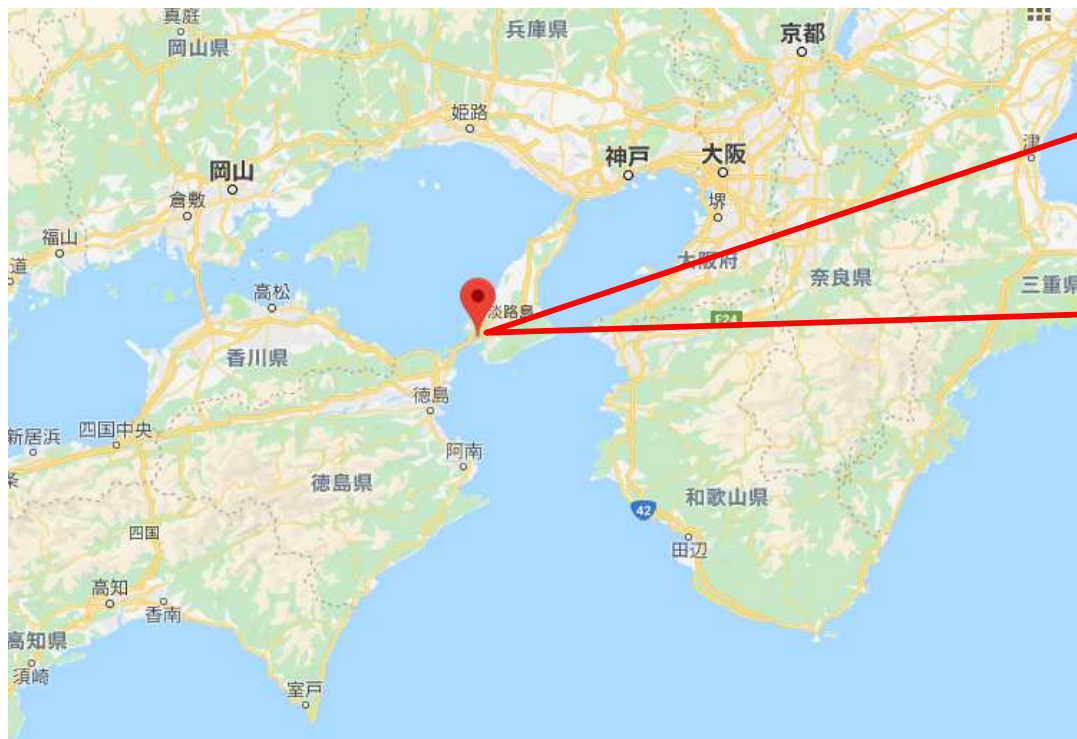


- ケーソンの安定性を確保するための杭の仕様を簡易的に設計できる
- ケーソンの安定上重要なケーソン直下の「基礎マウント」の洗掘を抑止する …杭方式の粘り強さ①
- 洗掘が進行した場合の破壊モードを確認しており，その初動に関して安定計算が可能
- 洗掘時に「杭転倒モード」となれば，ケーソンは完全には倒壊しない …杭方式の粘り強さ②
- 比較的小断面での対策が可能



施工実績 (兵庫県福良港／2号・3号離岸堤)

■ 現場位置



■ 事業概要

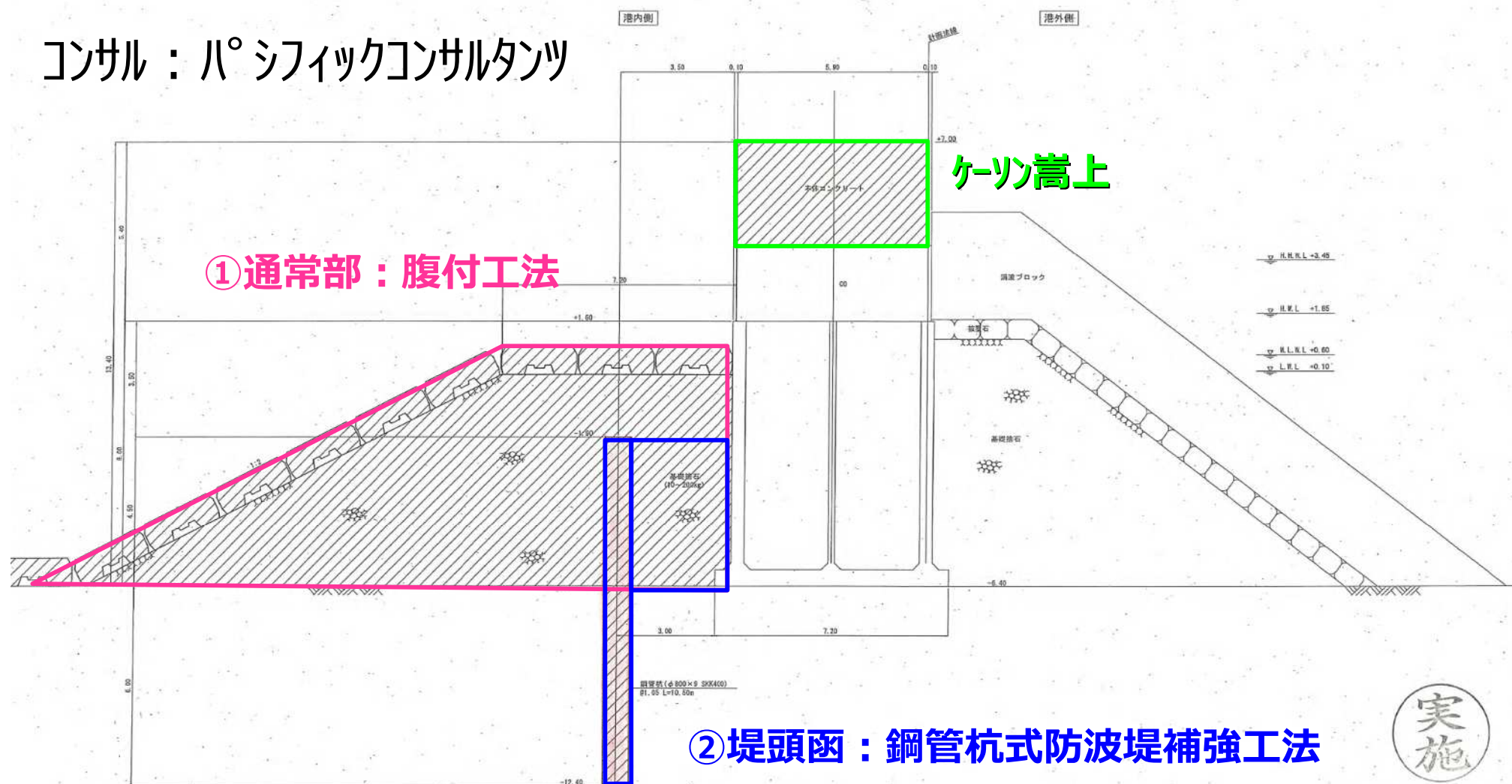
- 福良港では南海トラフ地震に備えて津波ハザード整備計画を推進中。
2023年度までに防潮堤約3.7km, 防波堤約1.1kmが整備予定。

施主：兵庫県淡路県民局洲本土木事務所

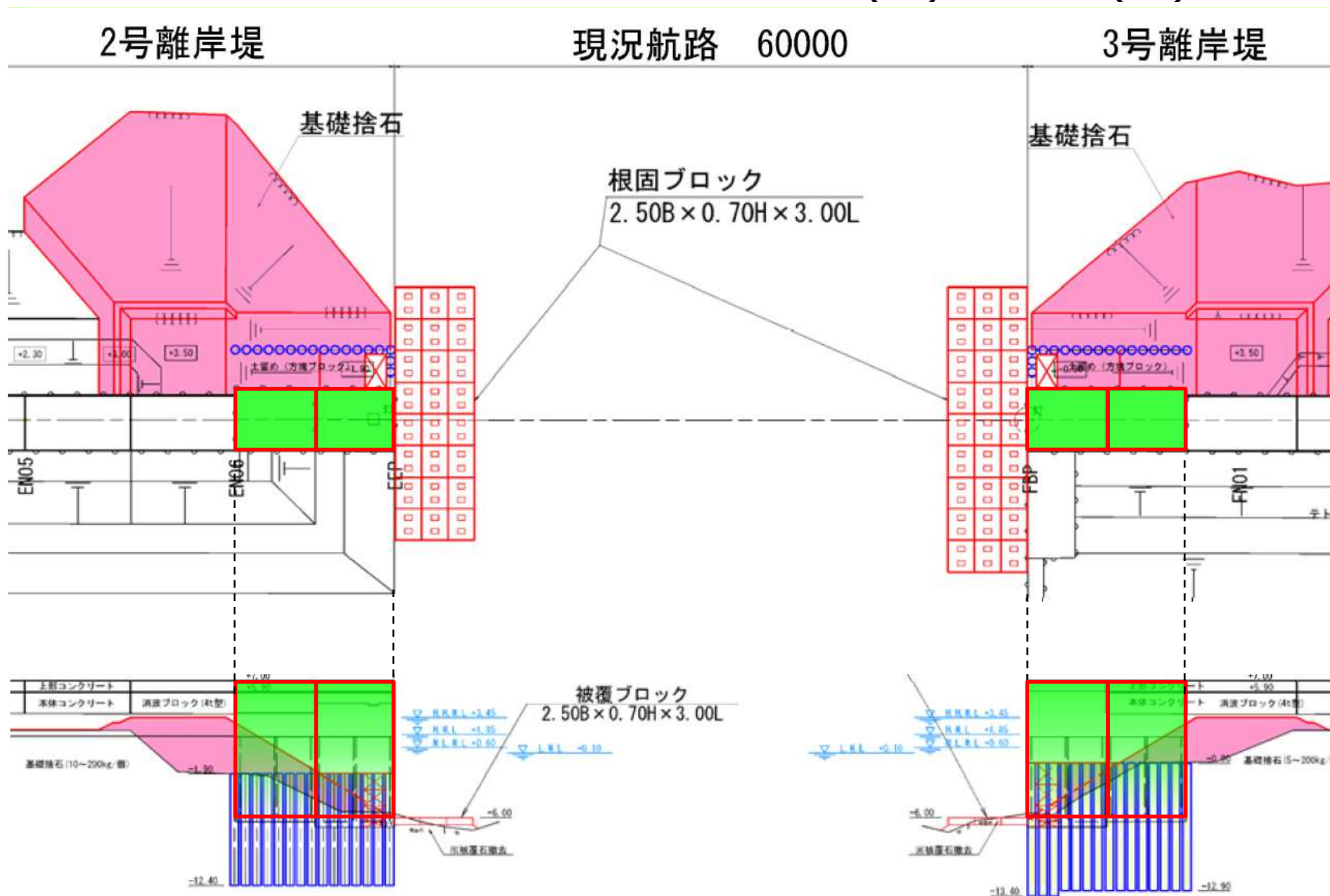
■兵庫県福良港／2号・3号離岸堤～対策断面

- 防波堤の津波対策では、2号・3号離岸堤の嵩上でケーソンの安定性が悪化するため、補強も同時に行われる。
- 補強は基本的に①腹付工法(マウント嵩上)も、開口部の堤頭函は航路確保のため、②鋼管杭式防波堤補強工法が採用となった。

コンサル：パシフィックコンサルタンツ



■兵庫県福良港／2号・3号離岸堤～平面図(上)・展開図(下)



■ 兵庫県福良港／2号・3号離岸堤～鋼管杭施工状況

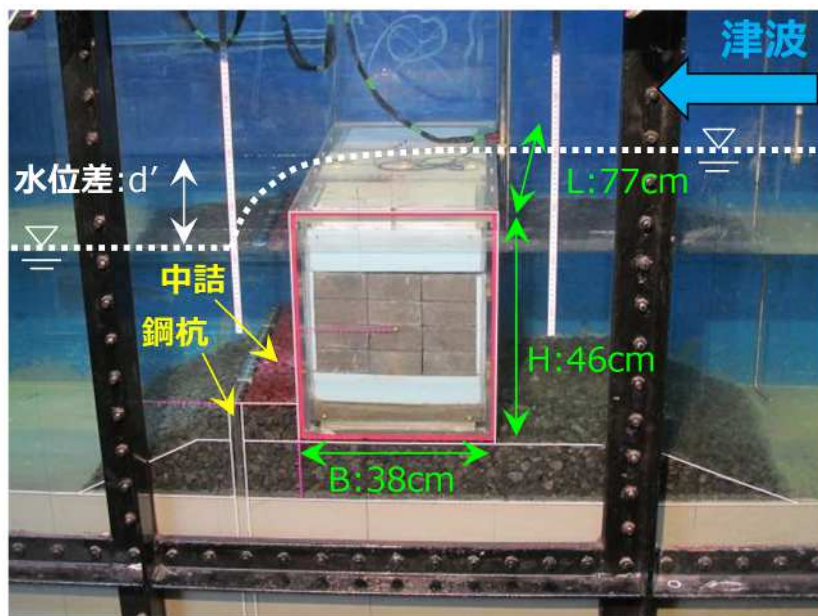
GC：森長組



■水理模型実験

(港湾空港技術研究所・東京理科大・沿岸技術研究センターとの
共同研究 2014)

➤実験水路と防波堤模型

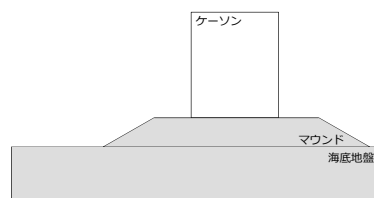


モデル O港防波堤(模型縮尺:1/25)
被災シナリオ 防波堤天端を超える規模の津波
により越流→洗掘→倒壊

➤実験ケースと結果

無対策

①水位差5.0m($d'=20\text{cm}$)

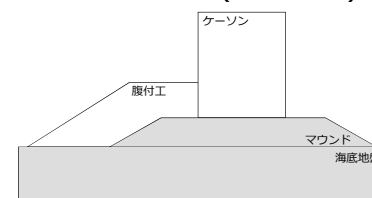


①水位差5.0m:洗掘進行中

腹付工法

①水位差5.0m($d'=20\text{cm}$)

②水位差7.5m($d'=30\text{cm}$)

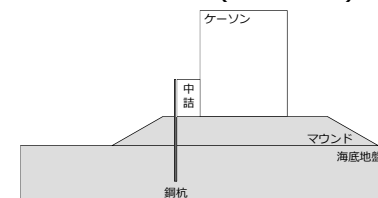


①水位差5.0m:洗掘定常化

鋼管杭式補強工法

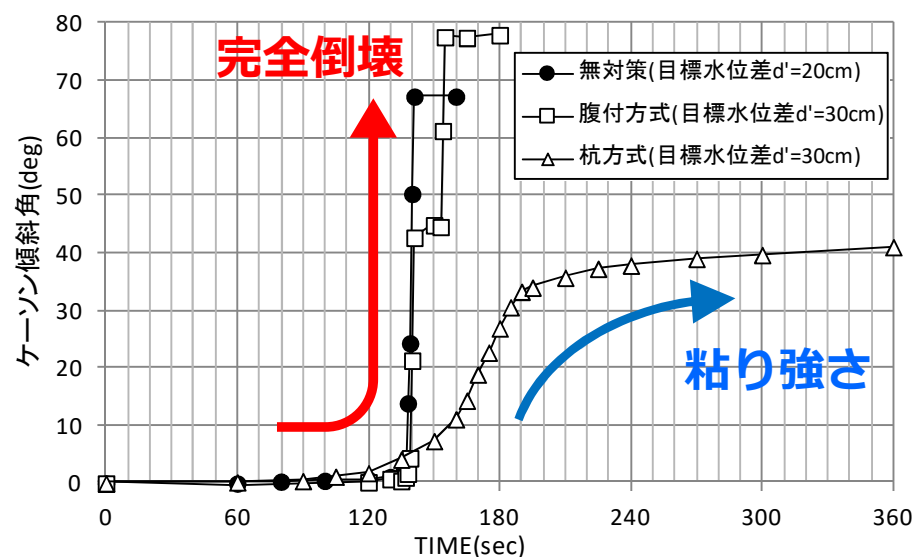
①水位差5.0m($d'=20\text{cm}$)

②水位差7.5m($d'=30\text{cm}$)

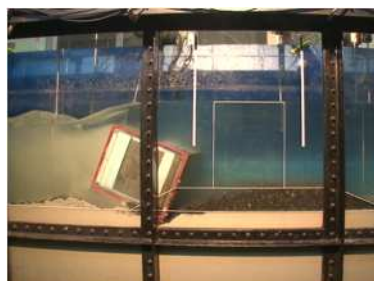


①水位差5.0m:洗掘定常化

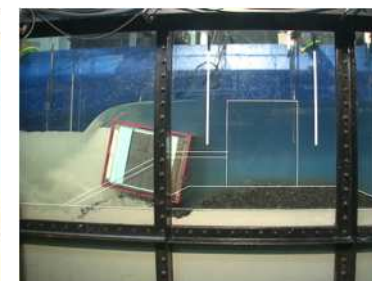
➤結果まとめ(ケーソン変形量の推移)



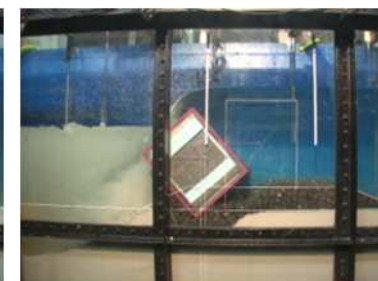
①水位差5.0m: **完全倒壊**



②水位差7.5m: **完全倒壊**



②水位差7.5m: **大変形**



→本工法の“粘り強さ”を確認し，全体の安定性を定量的に評価。

■「防波堤の耐津波設計ガイドライン」改定

◆港湾の施設の技術上の基準に関連するマニュアル

「防波堤の耐津波設計ガイドライン(平成25年9月)
(平成27年12月 一部改訂)」

- 【参考資料V】 防波堤の粘り強い構造に資する民間企業等の技術

◆平成27年12月の改訂の主なポイント

- (1) 「粘り強い構造」の性能照査の考え方を充実
- (2) 新たな調査研究による知見の追加
- (3) 耐津波設計に関する設計事例の追加

(4) 民間企業等で開発された新技術や知見の追加

- ・ 防波堤の粘り強い構造に資する民間企業等の技術を公募し合計10技術を紹介
 - ・ 破壊に至る過程までの定量的な検証がなされている技術
 - ・ 鋼管杭式防波堤補強工法
 - ・ サブプレオフレーム工法
 - ・ ペルメックスによる腹付被覆マウンド工法

防波堤の耐津波設計ガイドライン	【参考資料V】
平成25年9月 (平成27年12月 一部改訂)	防波堤の粘り強い構造に資する 民間企業等の技術
国土交通省 港湾局	
目次	
V-1 本資料の位置付け	1
V-2 防波堤の粘り強い構造に資する民間企業等の技術	2
2. 1 防波堤の主な破壊要因と対策工法のまとめ	2
2. 2 防波堤の粘り強い構造に資する技術	3
2. 2. 1 鋼管杭式防波堤補強工法	3
(1) 鋼管杭式防波堤補強工法の概要	3
(2) 鋼管杭式防波堤補強工法の試設計事例	4
2. 2. 2 サブプレオフレーム	21
(1) サブプレオフレームの概要	21
(2) サブプレオフレームの試設計事例	23
2. 2. 3 防波堤の粘り強い構造の参考となる技術	31
(1) 防波堤本体に関する技術	31
(2) 防波堤背後の腹付工に関する技術	32
(3) 防波堤上部工に関する技術	33
(4) その他の技術	34

■ 漁港基準関連への取り組み

◆ 水産公共関連民間技術の確認審査・評価(2020～)

評価項目

- ① 鋼管杭の根入部と突出部および中詰により、基礎地盤と防波堤直立部を補強することで、津波・波浪に対して防波堤の滑動・転倒・支持力に関する安定性を向上させることができる。
- ② 補強された防波堤は、予め一定量の洗掘量を見込んだ上で、防波堤の安定性を評価することができる。
- ③ 補強された防波堤は、防波堤直立部と鋼管杭それぞれの転倒を照査することで、防波堤全体の安定性を評価することができる。
- ④ 洗掘により防波堤の安定性が悪化しても、破壊の進行速度および変形量が抑制されることで、防波堤直立部がマウンド上に留まり、防波堤の天端を確保することができる。
- ⑤ マウンド形状を増大させず、航路・泊地に影響なく補強することができる。
- ⑥ 防波堤を新設する場合において、防波堤直立部近傍に鋼管杭を設置することで、防波堤の堤体幅をより小さくすることができる。



◆ 漁港・漁場の施設の設計参考図書(2023年版)

第Ⅱ部 漁港/第5編 外郭施設/第2章 防波堤/2.2.7 混成堤に記載.

- ⑤ 津波に対し粘り強い防波堤への補強工法の検討に当たっては、民間企業等の最新の知見⁴⁾を参考にしてもよい。

4) 例えば、漁港漁場新技術研究会：水産公共関連民間技術確認審査・評価報告書（第19-A-001号）鋼管杭式防波堤補強工法



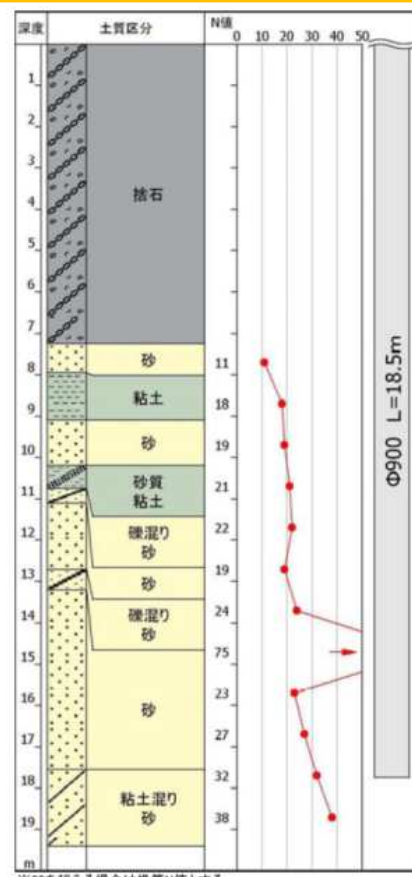
■ ジャイロプレス工法

◆ 施工形態 ～先端ビット付き鋼管杭



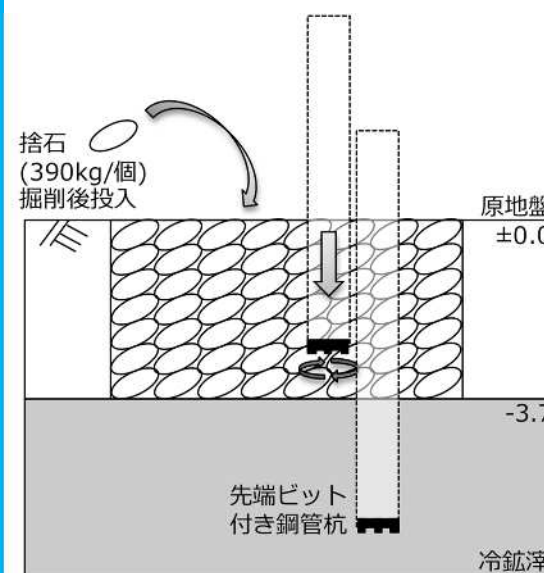
◆ 実プロジェクト施工 ～捨石層の打抜き実績

工事名	H21年度三池港(内港北地区)航路(-10m)(床止)法面補強工事(第三次)
施工場所	福岡県 大牟田市 新港町
発注者	九州地方整備局 博多港湾・空港整備事務所
元請業者	若築建設株式会社
施工業者	株式会社技研施工
施工期間	平成22年10月～平成23年2月
施工機械	ジャイロパイラー GRV1026(SP7)
材料	先端ビット付き鋼管杭(φ900, L = 18m 程度) 全55本



※50を超える場合は換算N値とする。

◆ 気中実大施工試験 ～捨石層の打抜きを目視確認



ケース	試験杭 A	試験杭 B
杭下端 状況 (打設前)		
ビット数	12	18
捨石層 3.7m打抜き 所要時間	40分	60分
打設後 先端ビット 磨耗程度	比較的大きい	比較的小さい