

ダブルバリア円筒式浮消波堤



港内発生波浪でお悩みの方に
短周期波浪を低減する簡易工法の紹介

技術開発の背景

内湾や閉鎖水域では、簡易な浮体(丸太や角材など)を浮かべて消波効果を狙ったものを見かけます。

これらは、その**効果について証明するものがない**ため、公的施設には採用されにくい状況です。

そこで、これら浮体のうち、LCC(ライフサイクルコスト)が計算可能な汎用鋼管に注目し、浮体の形状に消波性を高める工夫を加えました。

効果は**模型実験**で検証し、さらに**実海域で実証実験**を行い、公共施設のアカウンタビリティ(説明責任)に答えられるようにしました。

どこに活用できる技術か

局所的な発生波浪(風浪、航跡波)に対する消波施設が求められているプレジャーボート係留水面や、仮設的に静穏度が求められる工事水域に活用可能です。

風浪条件 { **風速30m/s以下**
吹送距離500m程度以内
波長 5m以下

航跡波は港内航走速度(6ノット程度)以下が対象

具体的には、**マリーナ、漁船船溜まり、海水浴場、季節風浪期間の工事現場、汐待工事現場等**

なぜこの技術が必要なのか

浮防波堤については、すでに国交省や水産庁において設計基準が示されており、全国各地で施工実績が見られるが、固定式防波堤に比べると**費用の割に効果は劣る**のは否めず、余程の要請がなければ浮防波堤は採用されていないのが実情です。

しかし、波浪条件が厳しくない水域では、一定の評価を得ており費用も低廉であることから、**潜在的な需要は高い**と思われれます。

特に、内湾や閉鎖水域の消波事業など、事業予算が乏しく小規模で簡易な事業においては、アカウントビリティを持つ本技術の需要は存在すると考えています。

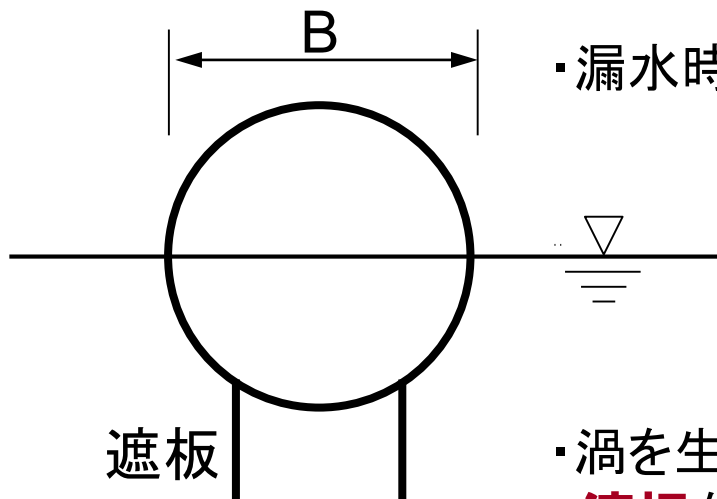
基本構造形式

既存知見から、鋼管径は**B/L**（波長比）から決定

消波メカニズムは反射型なので、喫水は**半没水**に設定

遮板は、波方向投影面復元性を考慮して**鉛直**方向に設定

- ・移動制限のために、**アンカーとチェーン**で固定
- ・漏水時の浮力確保のため、鋼管内に**発泡材**を充填

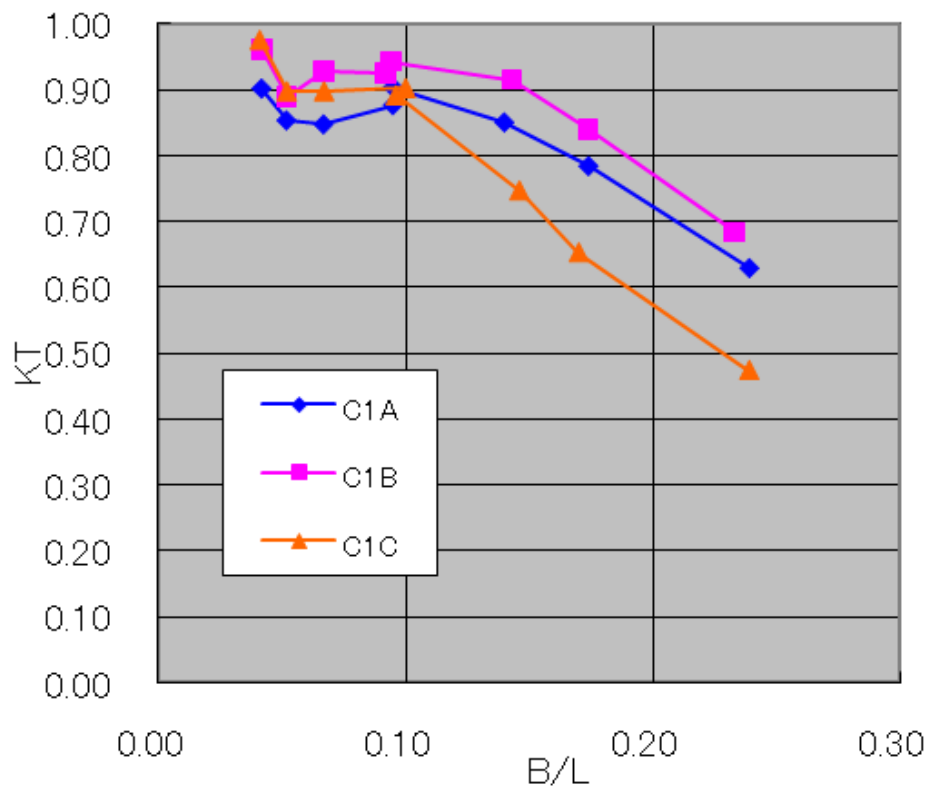


- ・渦を生じさせエネルギー消費効果を向上するために**遮板**を設置

模型実験による消波効果検証

B/L（波長比）と模型実験によって得られた透過率の相関をグラフ化すると、「消波性能グラフ」が描かれます。

消波性能グラフ



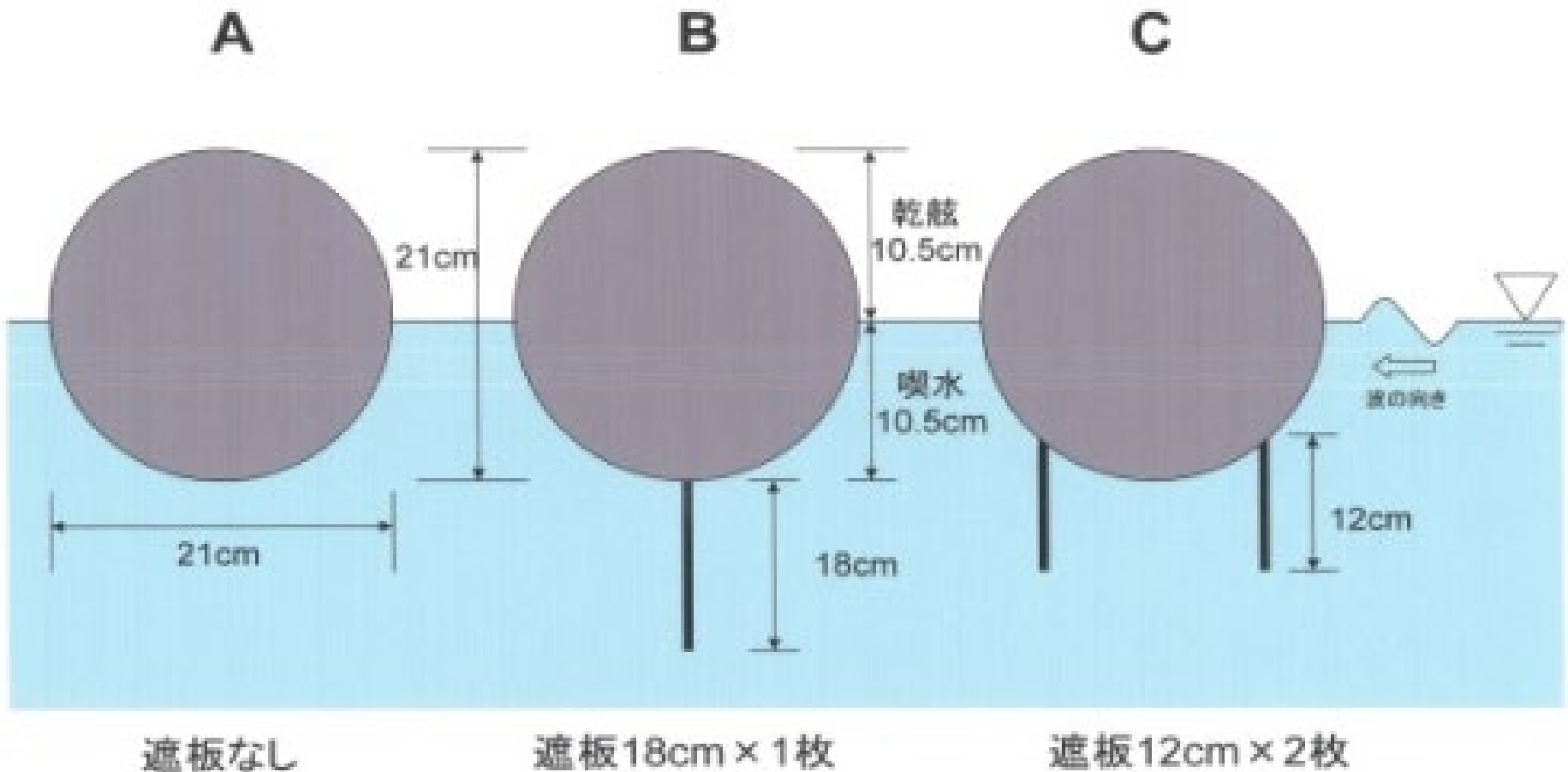
A: 遮板なし

B: 遮板1枚

C: 遮板2枚

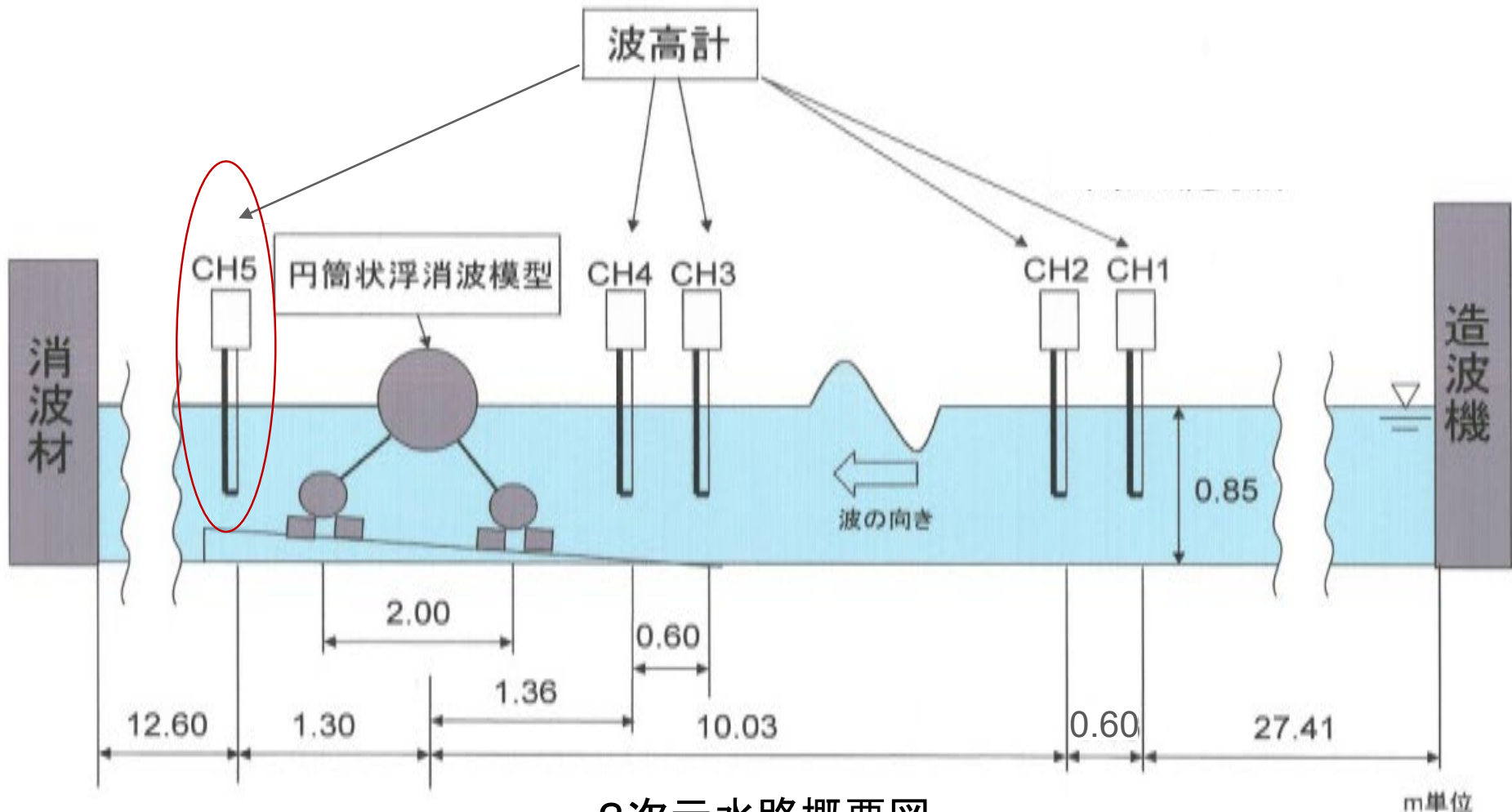
模型実験資料

円筒式浮消波模型



模型実験概要

実験機関: 東海大学臨海実験場 (指導: 田中博通教授)



2次元水路概要図

実験の基礎理論1

透過性の構造物に波が入射する場合の輸送エネルギー保存則に基づき、透過率 K_T を求めることができる。

$$1 = K_R^2 + 2K_T^2 + K_L$$

K_R : 反射率

K_T : 透過率

K_L : エネルギー損失率

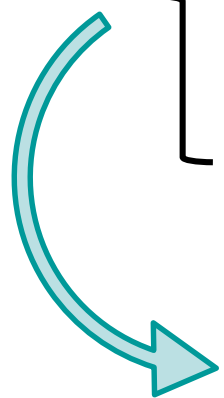
K_R は実験ソフトで産出されるエネルギー比の1/2乗

2次元水路概要図における、CH5の透過波高 H_T から K_T を求める。

K_L は上式の引き算から求める。

実験の基礎理論2

波長と波速と周期の関係

$$\left\{ \begin{array}{l} C^2 = \frac{g \times L}{2\pi} \\ L = C \times T \end{array} \right.$$

$$L = 1.56 \times T^2$$

C: 波速 (m/s)
L: 波長 (m)
T: 波の周期 (s)
g: 重力加速度 (= 9.8)
 π : 円周率 (= 3.14)

この実験では、この式を使用して波長を求めています。

模型実験の実験波設定

吹送距離300m程度の水域をターゲットとする。

項目	実海域数値	模型実験数値	縮尺	備考
H1/3	0.36m	11cm 実験波は2~7cm	1/3.38	造波性能0.8secが 最少不規則波
T1/3	1.4sec	0.76sec 実験波は0.75~2.0sec	1/1.84 縮尺の1/2乗	
L	3.1m	0.92m 実験波は0.88~4.95m	1/3.38	
水深	3~4m	0.85m	ほぼ相似率	
遮板	40cm	12cm	1/3.38	
浮体本体	Φ711.2	Φ210	1/3.38	

模型実験の実験データ

円筒状浮消波の実験条件

Case No.	実海域				模型実験			
	波高 $H_{1/3}$ (m)	周期 $T_{1/3}$ (s)	波長 L (m)	B/L	波高 $H_{1/3}$ (cm)	周期 $T_{1/3}$ (s)	波長 L (cm)	B/L
1:A・B・C	0.24	1.65	4.27	0.167	7.0	0.90	126.3	0.166
2:A・B・C	0.20	1.66	4.27	0.167	6.0	0.90	126.3	0.166
3:A・B・C	0.17	1.65	4.27	0.167	5.0	0.90	126.3	0.166
4:A・B・C	0.14	1.65	4.27	0.167	4.0	0.90	126.3	0.166
5:A・B・C	0.10	1.65	4.27	0.167	3.0	0.90	126.3	0.166
6:A・B・C	0.07	1.65	4.27	0.167	2.0	0.90	126.3	0.166
7:A・B・C	0.14	3.68	16.74	0.042	4.0	2.00	494.8	0.042
8:A・B・C	0.14	3.22	13.92	0.051	4.0	1.75	411.4	0.051
9:A・B・C	0.14	2.76	11.02	0.065	4.0	1.50	325.5	0.065
10:A・B・C	0.14	2.39	8.64	0.082	4.0	1.30	255.6	0.082
11:A・B・C	0.14	2.21	7.50	0.095	4.0	1.20	221.1	0.095
12:A・B・C	0.14	1.84	5.27	0.135	4.0	1.00	155.7	0.135
13:A・B・C	0.14	1.65	4.24	0.168	4.0	0.90	126.3	0.166
14:A・B・C	0.14	1.38	2.97	0.239	4.0	0.75	87.7	0.239

(Case4とCase13は同じ実験条件である)

*模型縮尺:1/3.38

*実験水深:60cm(浮消波模型設置位置), 85cm(水槽水深)

*Case No.について

A:遮板なし B:遮板1枚 C:遮板2枚

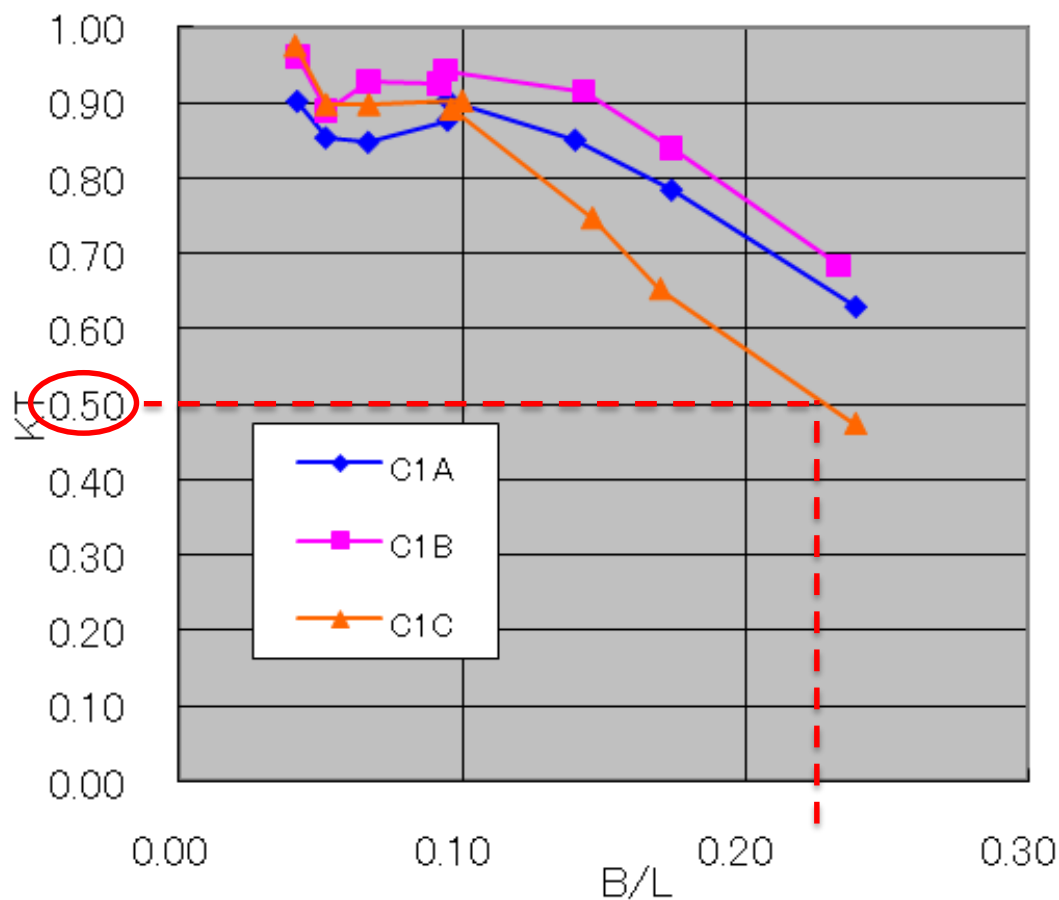
*波長は模型実験では沖水深85.0cm, 実海域では2.873m(85.0cm×3.38)から計算した.

*物体幅(B)について

原型:0.7112m 模型:21.0cm

模型実験による消波効果検証

以上のような模型実験において、波高透過率の最小値で **$Kt=0.5$** を得ました。



A: 遮板なし

B: 遮板1枚

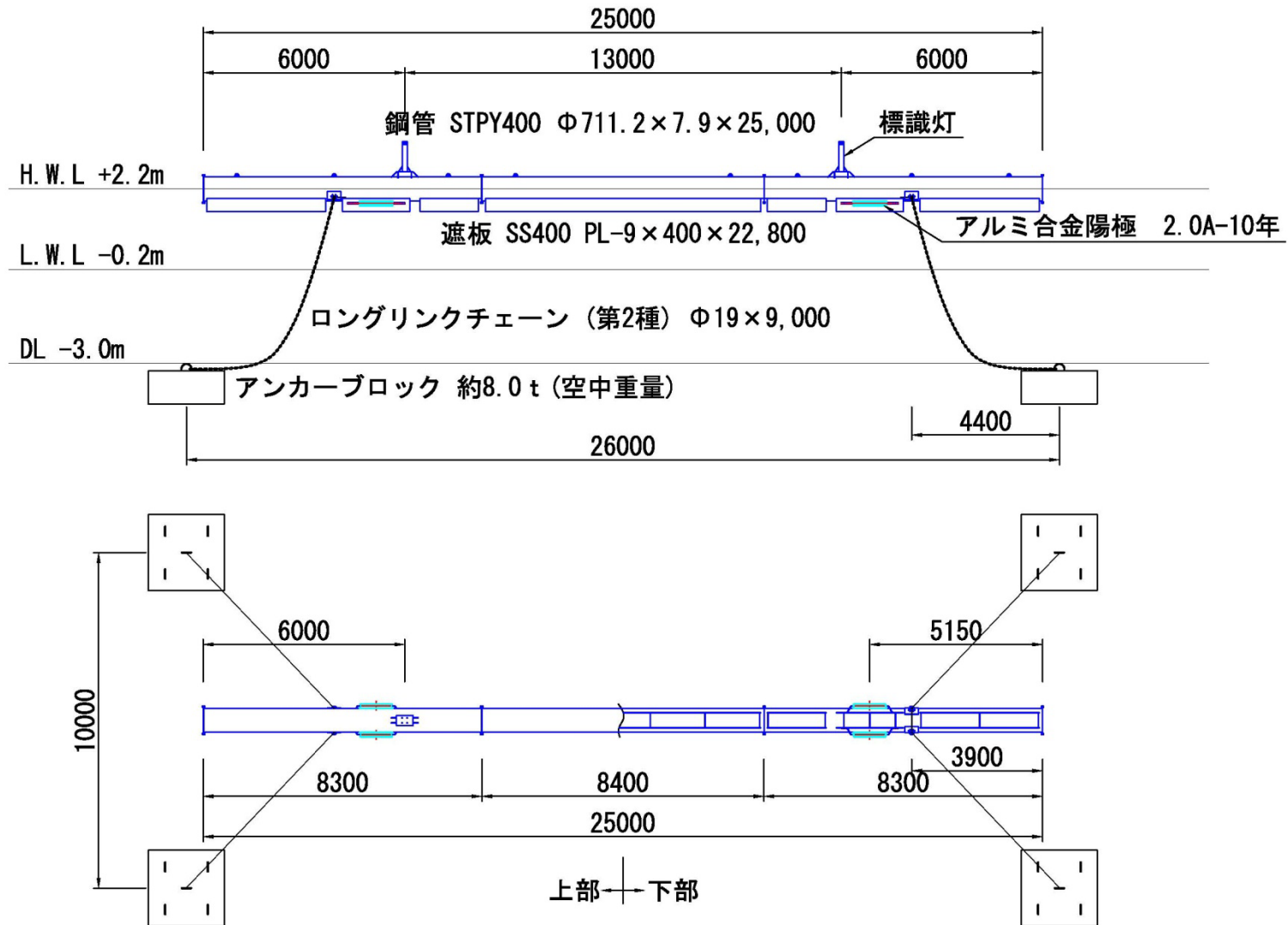
C: 遮板2枚

性能比較(模型実験値)

今回開発のダブルバリア円筒式消波堤の実験結果と、既存消波技術の設計波に対する透過率を比較

	形 式	透過率
①	樹脂製ポンツーン B=2.0m	0.21 裏付けなし
②	鋼管φ609.6 (民間実績による) 遮板はない	0.72 裏付けなし
③	鋼管φ711.2 遮板なし	0.65 実験結果
④	鋼管φ711.2 ダブルバリア(遮板2枚)付き	0.50 実験結果
⑤	浮消波がない場合	1.00

実証実験機 一般構造図



実証実験(風波)

観測方法

- ①水圧式波高計(AWH-CMP、浮体の沖側と岸側の2か所同時測定)
→ 周期が短く測定不能でした。
- ②ビデオカメラによる動画記録、目視観測

観測場所

静岡県牧之原市新庄地先 御前崎港マリーナ内

観測日(3月)の気象

風速14m/s(气象台データ)

有効フェッチ(障害物を考慮した吹走距離)261m

(対岸から浮消波まで)

強風時実証実験

風速14m/sec 推算周期1.14sec

推算波高18cm(目視25cm) 伝達波高目視5cm



実証実験結果（風波）

観測結果

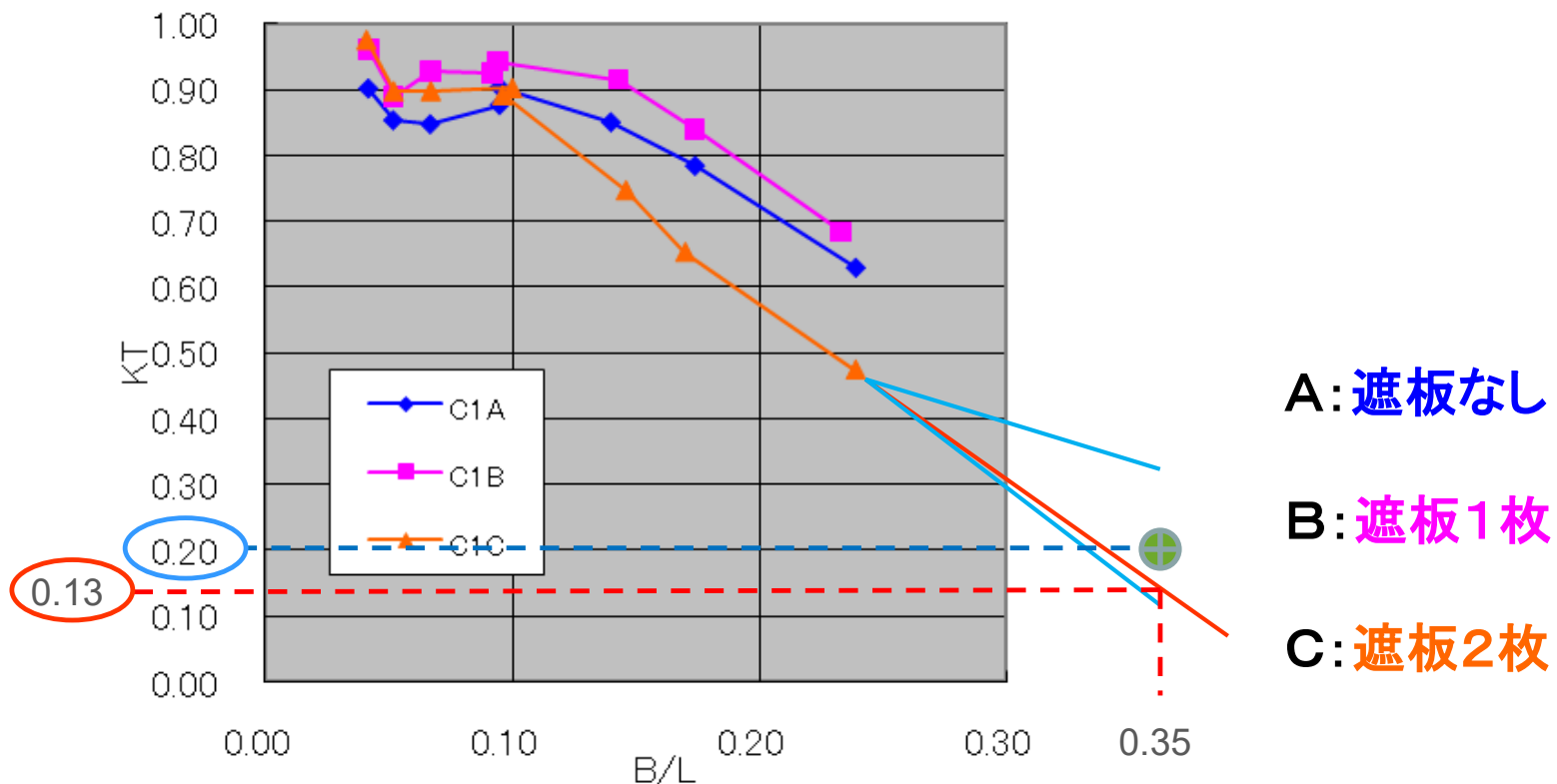
実測周期が分からないので、風速14m/sと有効フェッチ261mから、Wilson第IV式を用いて、波高と周期を推算しています。

波浪諸元	目測値	推算値 (Wilson第IV式)
入射波高	25cm	18cm
透過波高	5cm	——
周期	——	1.14sec
波速	——	1.78m/sec
波長	——	2.0m
B/L	——	0.35

風波による消波効果検証

実験による推定透過率0.13に対して、実測透過率**0.2**を得ました。
これは目測値の読取誤差範囲に収まり、模型実験を裏付けています。

遮板2枚の消波性能グラフ(B/L=0.24以降は外挿し)



航走波実証実験

船長6.3mの船舶が10km/hで航走
発生波高15cm 伝達波高8cm 透過率=0.53



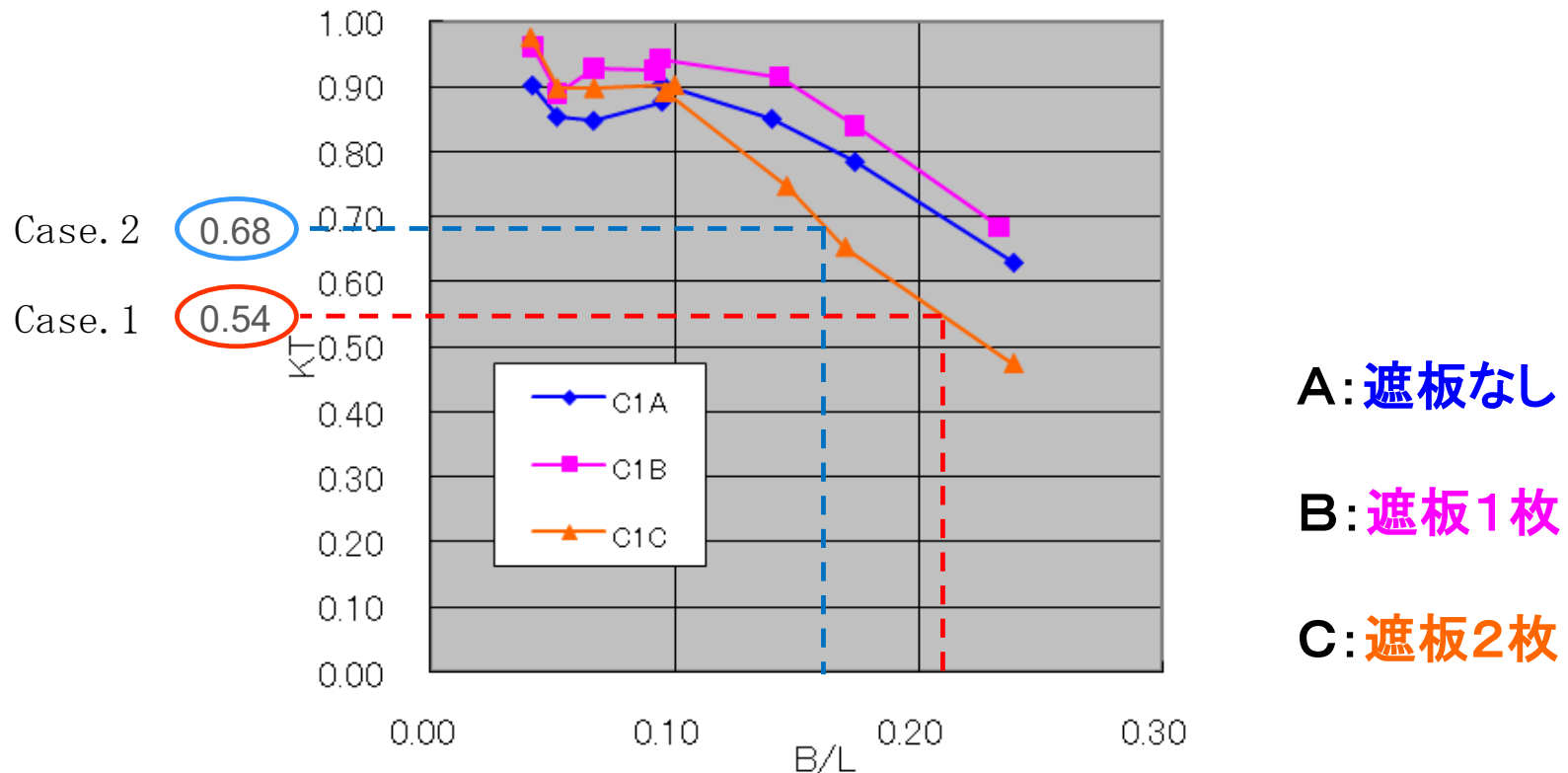
実証実験（航走波）

Case 船速 (km/h)	発生波浪 周期 (秒)	発生波浪 波長 (m)	入射波高 (cm)	透過波高 (cm)	透過率 (観測値)	透過率 (グラフ)
Case.1 10km/h	1.45	3.3	15	8	0.53	0.54
Case.2 12km/h	1.7	4.5	13	8	0.62	0.68

航走波による消波効果検証

周期観測から求めた B/L により、消波性能グラフにおける透過率を求め、波高観測による透過率と比較し、ほぼ同じでした。

遮板2枚の消波性能グラフ



従来工法と新技術の比較①

従来技術：樹脂製ポンツーン式浮消波堤



新技術名：ダブルバリア円筒式浮消波堤

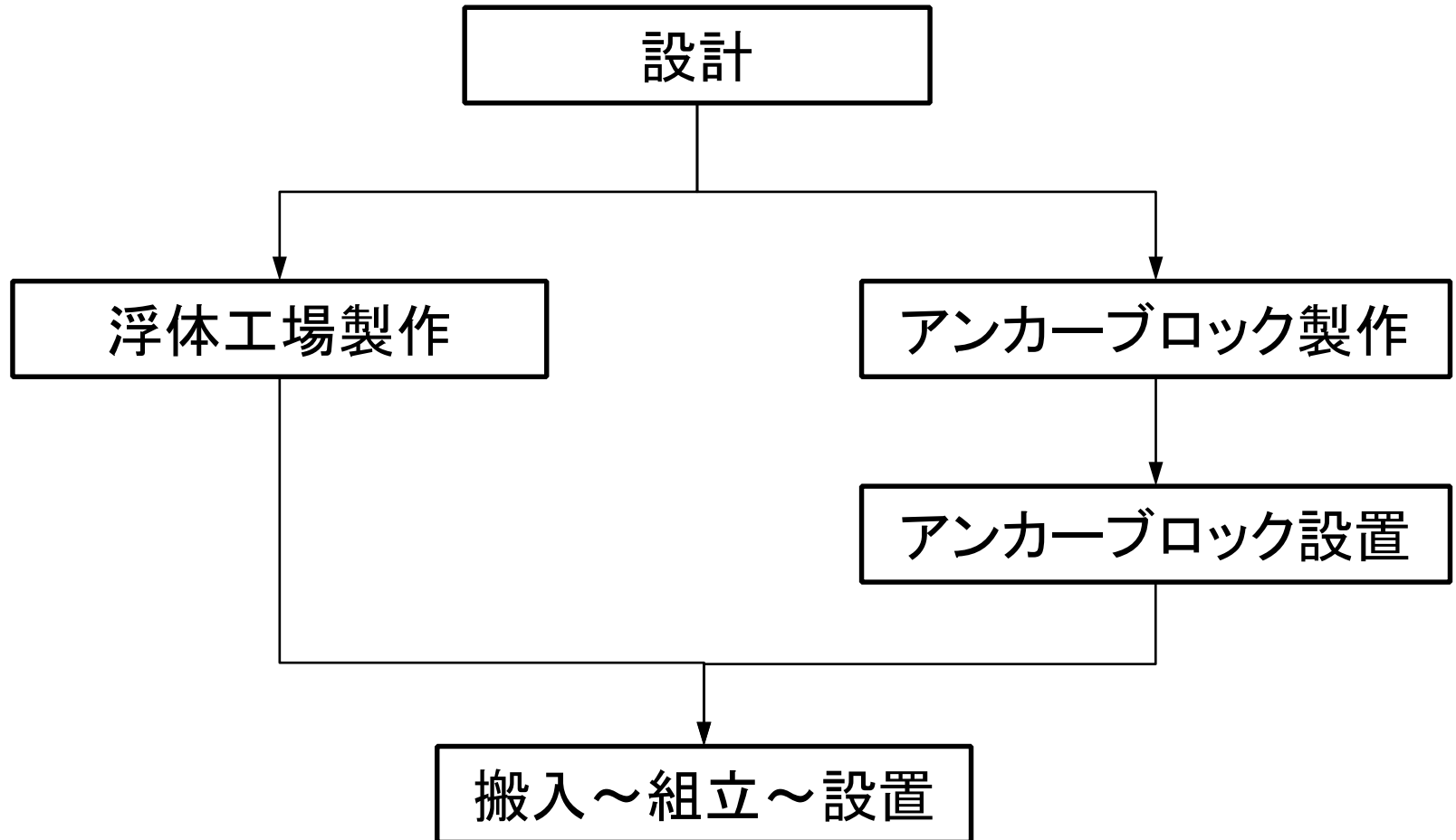


施工写真

従来工法と新技術の比較②

	従来技術	新技術
	樹脂製ポンツーン式消波堤	ダブルバリア円筒式浮消波
経済性	100（従来技術を100として比較）	80～85 （初期コスト2割削減、トータルコストも削減可能）
製作期間	工場製作 60日、組立～設置 3日	工場製作 30～40日、組立～設置 1日
設計条件	対象とする波浪に定めはないが、浮体の大きさが一定のため、最適設計に馴染まない	周期2秒、波長5m以下の波浪を対象として最適設計可能
機能性 (消波効果)	反射型の現行基準に準ずるが裏付けはない	模型実験および実海域実験で検証済み
材質	JIS規格外（ポリプロピレン本体）	JIS規格（鋼管本体） + JIS規格外（発泡スチロール）
環境	材料のリサイクル困難	材料のリサイクル可能
耐久性	本体が樹脂製で経年劣化しないとするが、組立チェーン等可動部が多く、頻繁な点検修理が必要	10年に1度のオーバーホール（防食部材交換）と5年ごとの定期点検を、設計段階で計画
安全性	浮体自体が沈没することはない	発泡スチロールを充填し、鋼管損傷による沈没を防止
施工性	熟練作業はないが部品数が多い （4.9トン吊クレーン使用） 浮体の接続は水上作業となり、潜水士が必要	熟練作業はなく部品数も少ない （25トン吊クレーン使用） 組立・接続は陸上作業

施工フロー





①



②



③



⑥



⑤



④



⑦



⑧



⑨

採用実績

和歌山県の公共事業で採用されました。

工事名：初島漁港 漁港施設整備工事

発注者：和歌山県

施工場所：和歌山県有田市初島地先

工事概要：浮消波堤製作・設置（ $\phi 711.2 \times 25.0\text{m}$ ） 2基

設計条件：

H.H.W.L D.L.+3.612m L.W.L D.L.+0.111m

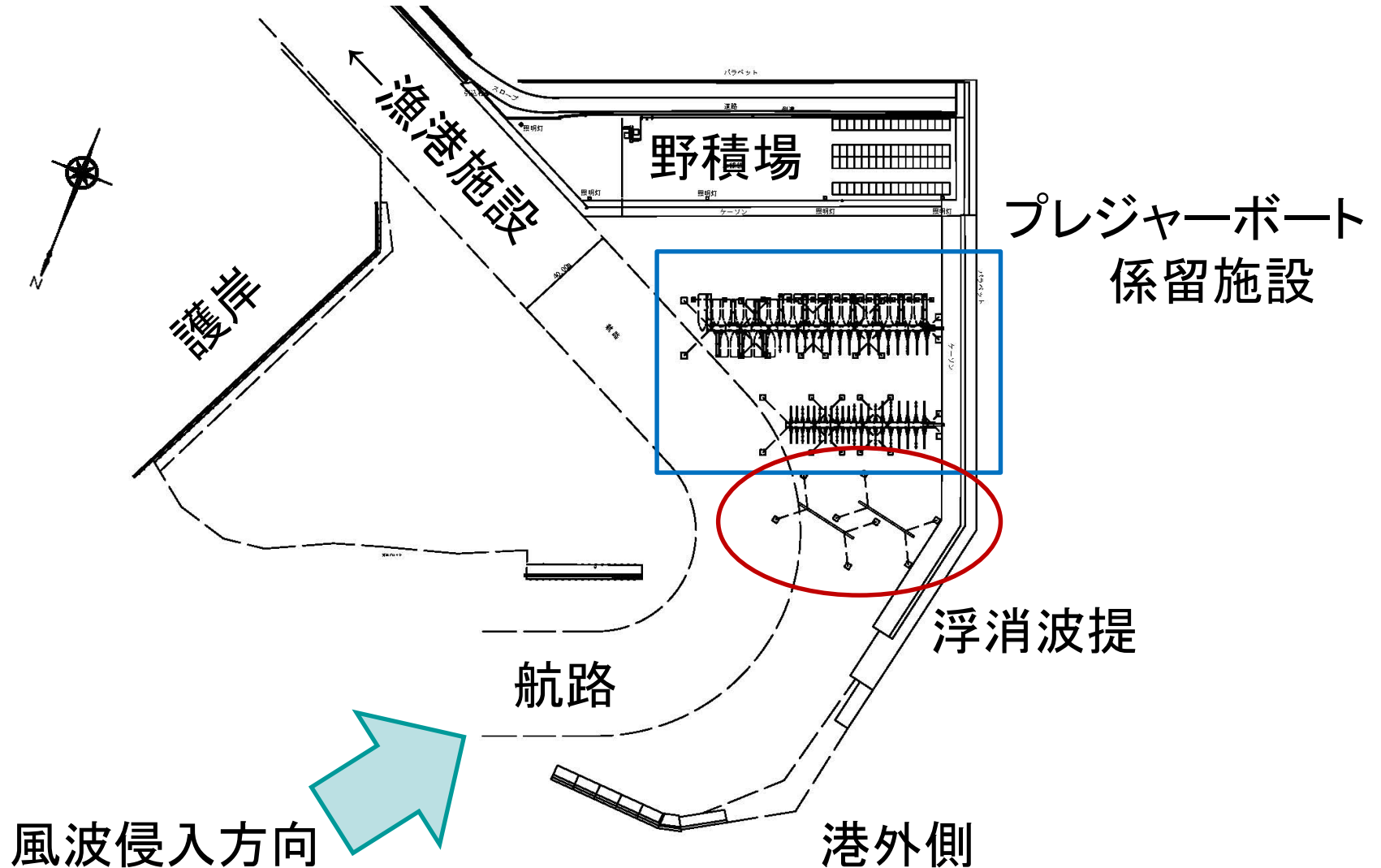
計画地盤高 D.L.-6.8m 砂質土 $\mu = 0.5$

風速 = 30m/s

最大波高 = 0.6m

流速 = 0.3m/s (潮流 + 吹送)

採用実績(平面図)



よくある質問

Q. リースできますか。

A. 実証実験機ならばリースが可能です。ただし、係留チェーンは現地合わせになります。

Q. 係留アンカーは杭でもよいのか。

A. チェーンは移動制限のためなので、固定物なら大丈夫です。

Q. 万一、チェーンが切れたらどうなるか。

A. チェーンが1本だけになっても、浮体は波の作用が最少になる方向に移動し、海上を漂流することはありません。

Q. 耐用年数は？

A. 20年です。10年目に再塗装、5年ごとの定期点検を課します。

Q. 塗装の仕様は指定できますか？

A. 可能です。亜鉛メッキを推奨しますが、通常の塗装でも可能です。その場合、トップコートの色は「黄色」、色票番号で U22-80V を推奨します。

特許・技術証明

特許

特許番号【出願中】：特願2017-080299

提出日：平成29年4月14日

NETIS(新技術情報提供システム)登録

技術名称：ダブルバリア円筒式浮消波堤

登録NO：CBK-140002-A

静岡県の新技術・新工法情報データベース

技術名称：ダブルバリア円筒式浮消波堤

登録番号：1517

活用区分：レベル2

新設工事費とメンテナンス費内訳

新設

1基25.0m当たり

名 称	種 別	形 状・寸 法	数 量	単 位	単 価	金 額
浮消波製作工						
	浮消波製作	3本/組 塗装込	3.00	本		
	浮消波運搬		3.00	本		
浮消波設置工						
	アンカーブロック製作		4.00	個		
	アンカーブロック据付		4.00	個		
	浮消波設置	陸上組立～海上運搬～設置	1.00	基		
	標識灯取付		2.00	個		

メンテナンス

1基25.0m当たり

名 称	種 別	形 状・寸 法	数 量	単 位	単 価	金 額
撤去復旧工						
	撤去陸揚げ	陸揚げ～分解	1.00	基		
	復旧設置	陽極・係留策交換、組立～設置	1.00	基		
	標識灯交換	損傷のある場合は交換	2.00	個		
修繕工						
	かき落とし		1.00	基		
	運搬	現地～工場	4.00	個		
	塗装	ケレン、3層	1.00	基		

ダブルバリア円筒式浮消波堤

FINE