

# 大きな開口部を有する新しい被覆ブロック「ペルメックス」の開発

株式会社 不動テトラ

## 1. はじめに

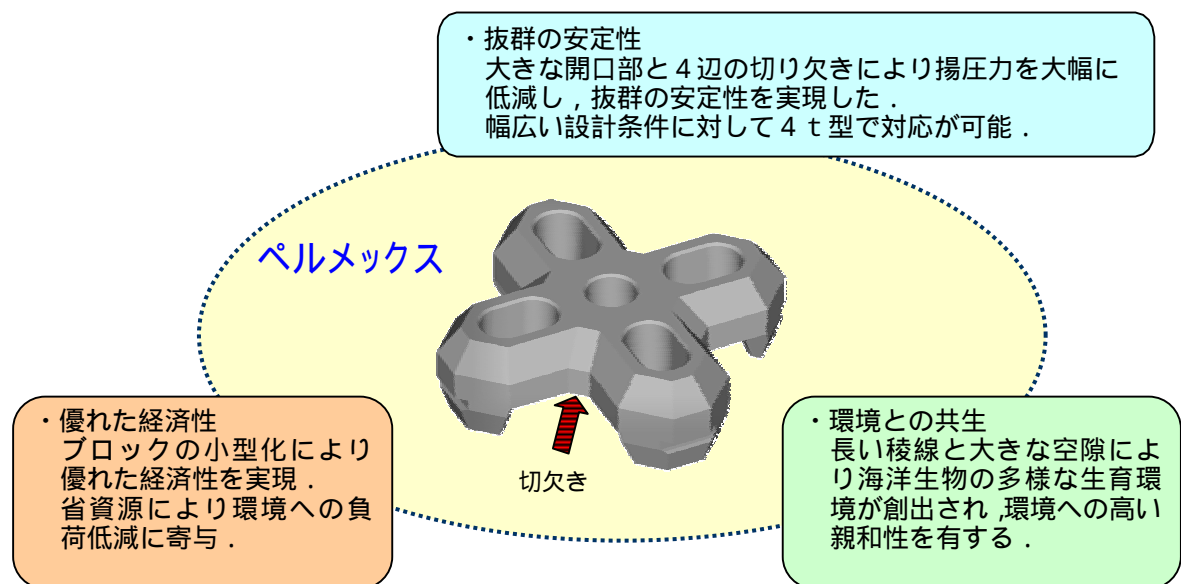
近年、公共事業に対する建設コスト縮減の要請が高まる中で、経済的に優れた海岸港湾構造物の建設が望まれている。

これまで波浪の激しい条件においては、大型の被覆ブロックを用いることにより安定性を確保してきたが、ブロックの大型化に伴い工費の増大や重機の大型化等の課題があった。

「ペルメックス」には揚圧力を大幅に低減するため大きな開口部が設けられている。開口部の配置に関しては、開口部の大きさや配置方法がブロックの安定性に及ぼす影響について系統的な検討を行い決定した。

これにより、従来の被覆ブロックに比べて大幅な安定性向上を達成し、上記のような課題の解決に成功した。

また、「ペルメックス」は海藻等が着生しやすい長い稜線を有し、多くの空隙を有するため、海洋生物の多様な生育環境を提供する。



### 「ペルメックス(Permex)」の名称の由来

「ペルメックス」はブロックに5つの大きな開口部および切欠きを有し、揚圧力を透過させることによりブロックに作用する上向きの力を低減させて、抜群の安定性を実現している。

「ペルメックス(Permex)」という名称は、「透過性(permeable)」を有することでこのブロックの最大の特徴である高い安定性を実現したことから名付けられた。

図 - 1 ペルメックスの特徴

種別		実質量 (t)	実重量 (kN)	体積 (m <sup>3</sup> )	鉄筋量 (kg)	基本長 (mm)	高さ (mm)	型枠面積 (m <sup>2</sup> )
人工リーフ用	4 t 型	4.073	39.942	1.771	39.08	2,340	842	15.67
混成堤用					29.56			

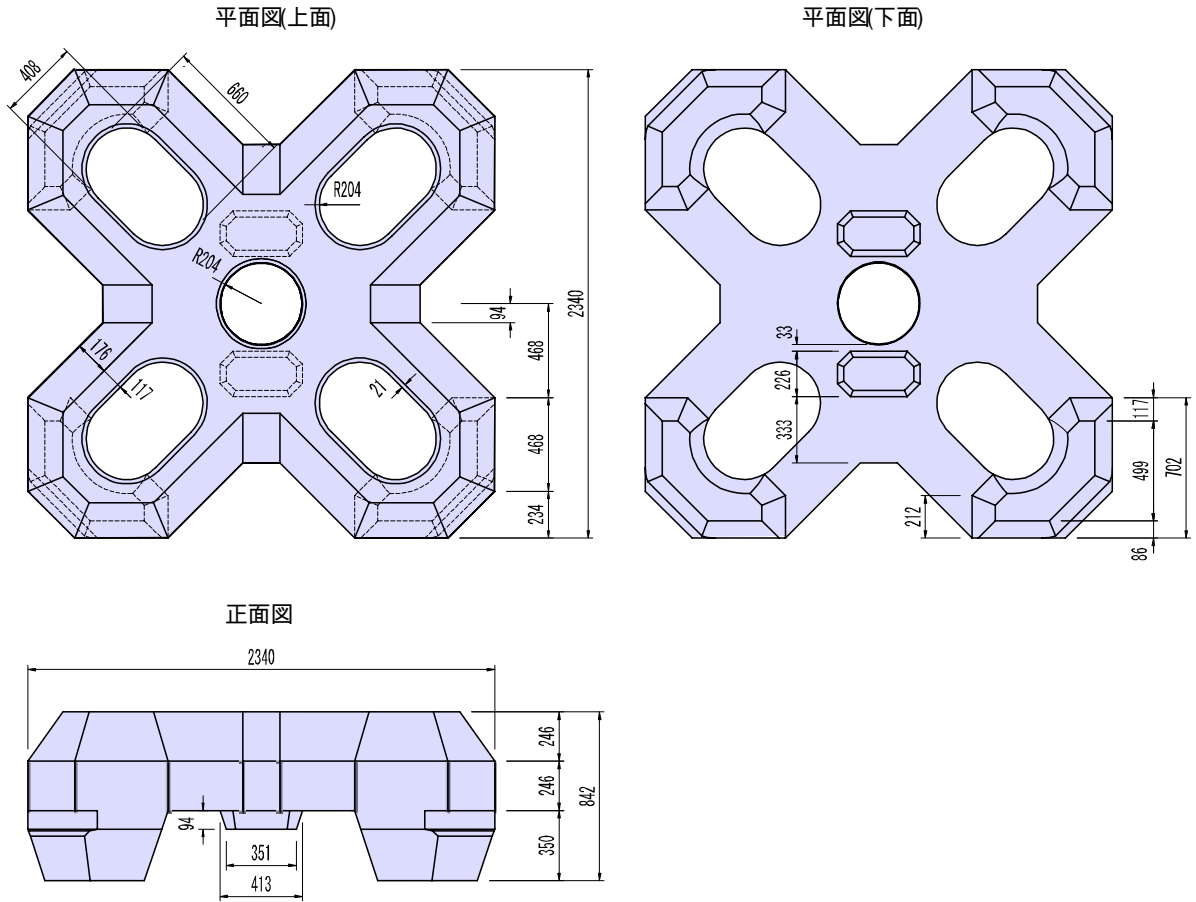


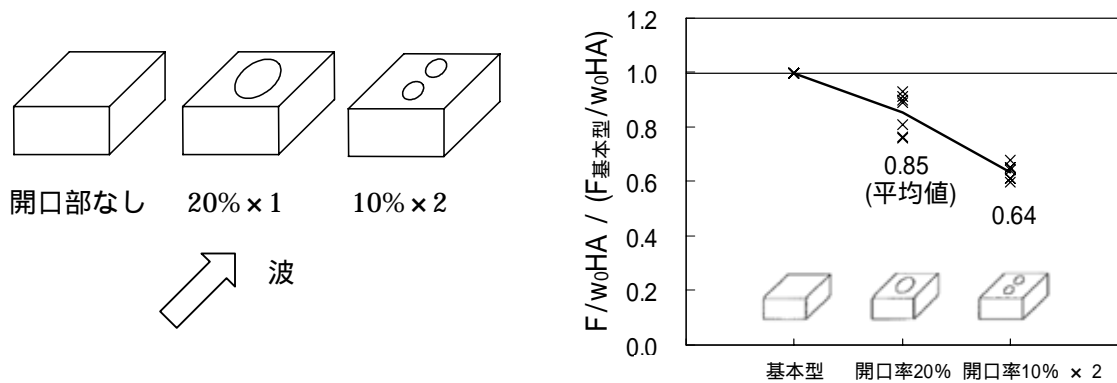
図 - 2 「ペルメックス」の形状諸元

## 2. 開口部の有無および配置が揚圧力に及ぼす影響

図 - 3 は、開口部の有無が揚圧力に及ぼす影響を実験により調べた結果で、縦軸は揚圧力  $F$  を無次元化し、開口部のないブロック（基本型）のそれを 1.0 として示した。

図 - 3 から、開口部を設けたブロックの揚圧力の開口部なしの値に対する割合は 1.0 未満となっていることが確認できる。これにより開口部を設けることの揚圧力低減効果が確認された。

また、開口部ありの 2 種類はともに合計開口率が 20% であるが、10% の開口部を波の進行方向に分散させて 2 個設けた方が、20% の開口部を中心に集中させた場合よりも揚圧力が効果的に低減され、浮上がりに対する安全性が向上することが確認された。



( $F$ :揚圧力,  $w_0$ :水の単位体積重量,  $H$ :波高,  $A$ :開口部を除く表面積)

図 - 3 開口部の有無および配置が揚圧力に及ぼす影響

図 - 4 は開口部の位置が揚圧力に及ぼす影響を実験により調べた結果である。図 - 4 より同じ開口率でも孔の配置によって揚圧力低減効果は変わることが確認された。実験結果によれば、最も揚圧力が低減されたのは  $e/L=0.5$  のケースで、2つの開口部の位置（間隔）は  $e/L=0.5$  より間隔が大きくても小さくても揚圧力の低減効果は小さい。

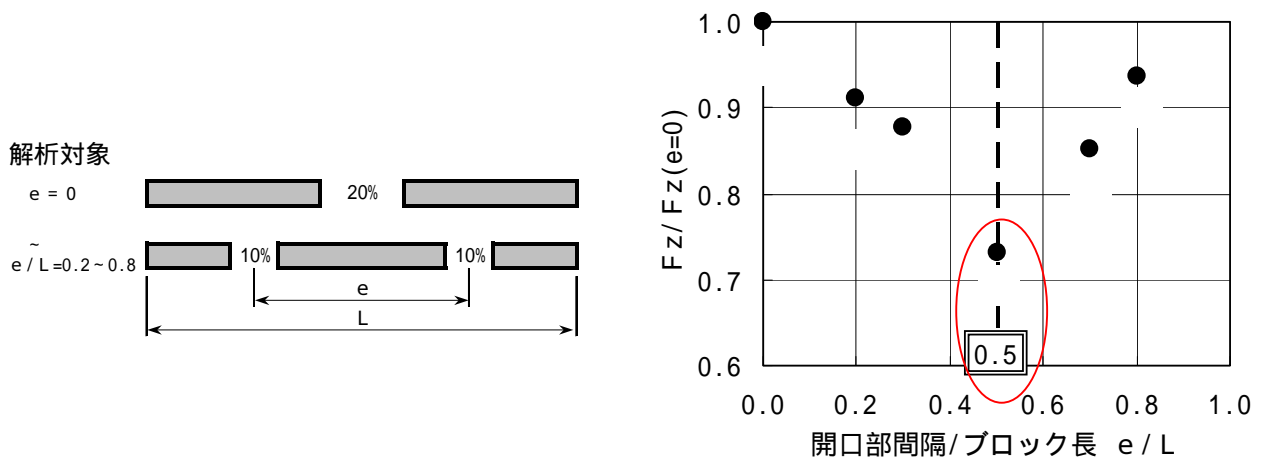


図 - 4 ブロック開口部の位置と揚圧力

ペルメックスの形状は、このような基礎的な研究成果をもとに検討を行い決定した。

### 3. ペルメックスの安定性

#### 混成堤マウンド被覆

図 - 5 に混成堤マウンドを被覆する場合のペルメックスの安定数  $N_s$  を示す。

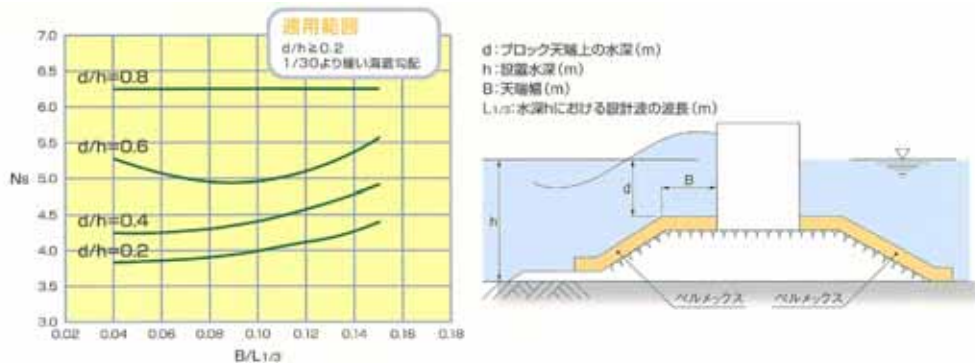


図 - 5 ペルメックスの安定数  $N_s$  (混成堤マウンド被覆)

#### 人工リーフ被覆

図 - 6 に人工リーフを被覆する場合のペルメックスの安定数  $N_s$  を示す。

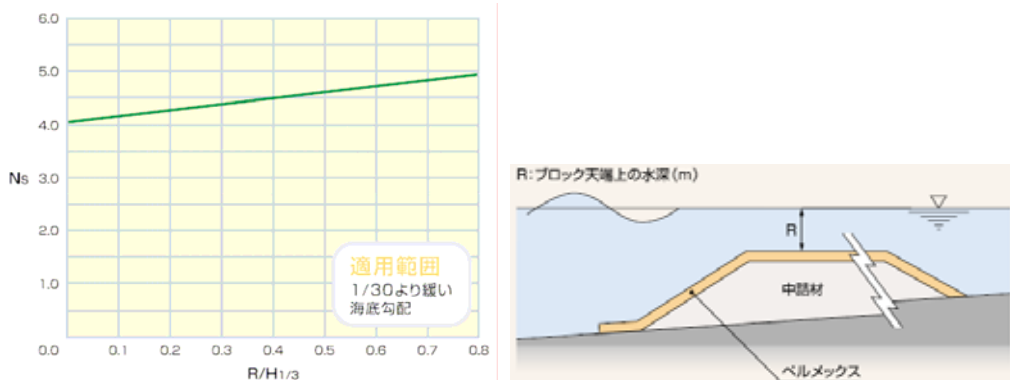


図 - 6 ペルメックスの安定数  $N_s$  (人工リーフ被覆)

#### 従来の被覆ブロックとの比較

混成堤マウンド被覆の場合で  $d/h=0.6$  の条件において従来の被覆ブロックとの比較をすると図 - 7 (左図) のようになる。また、人工リーフ被覆の場合で比較をすると右図のようになる。これによりペルメックスの安定性が高いことが確認できる。

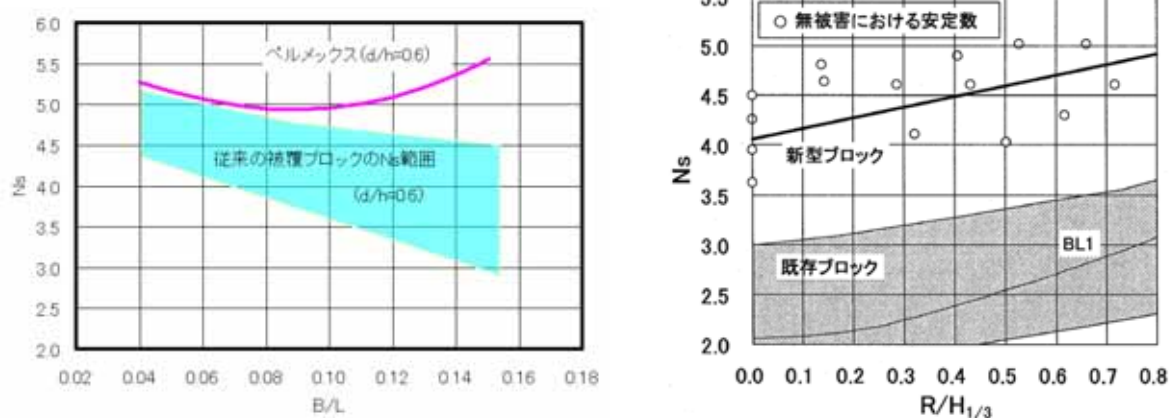


図 - 7 従来の被覆ブロックとの安定数の比較

#### 4．ペルメックスの経済性

ペルメックスはその大きな開口部により単位被覆面積当りのコンクリート使用量は極めて少なくなっており、4 t型ペルメックスの場合  $0.32\text{m}^3/\text{m}^2$  程度である。

比較としてエクスブロックを例にとると、エクスブロックの4 t型は、単位被覆面積当りのコンクリート量は  $0.44\text{m}^3/\text{m}^2$  である。エクスブロックは従来の被覆ブロックの中でかなり経済的であると評価されているブロックであるが、ペルメックスはさらにコンクリートの使用量が少なくなっている。

コンクリート使用量は経済性に大きく係わることから、ペルメックスは優れた経済性を有しているといえる。



図 - 8 エクスブロック

#### 5．ペルメックスによる生物の多様な生息環境の提供

一般に、海域に設置したコンクリートブロックは、多様な生物生息の場を提供する。このコンクリートの基質上に固着する海藻等は、特にブロックの稜線付近に着生しやすいことが知られている。また、魚類や貝類等の移動性の動物は、ブロック内部や配列により形成される空隙を棲み家・隠れ家として利用する。

図 - 9 はペルメックスにおける海藻等の着生しやすい稜線（太陽光の当る部分）を示したものである。

ペルメックスは稜線長が極めて長く、また多くの空隙を有するため、生物の多様な生育環境を提供することが分かる。

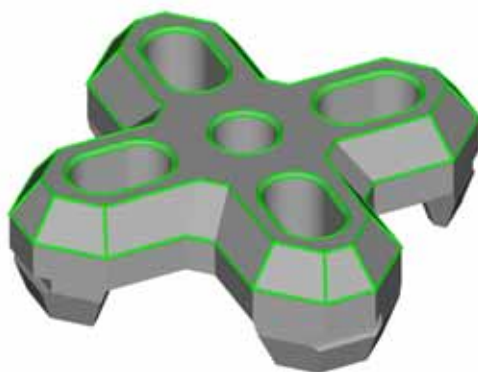


図 - 9 ペルメックスにおける海藻等の着生しやすい稜線

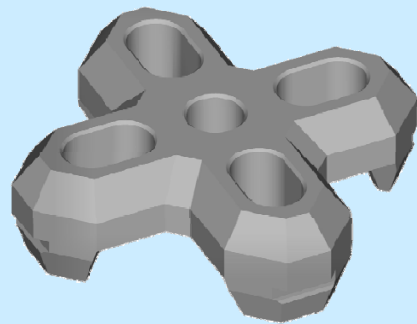
#### 6．おわりに

基礎的な波力実験等に立ち返り、揚圧力を効果的に低減させる開口部を配置した抜群の安定性を持つ新しい被覆ブロック「ペルメックス」を開発した。

「ペルメックス」はその優れた耐波安定性のほか、優れた経済性、生物の成育環境を提供するなどの特徴も兼ね備えている。

平成19年度 第2回技術発表会

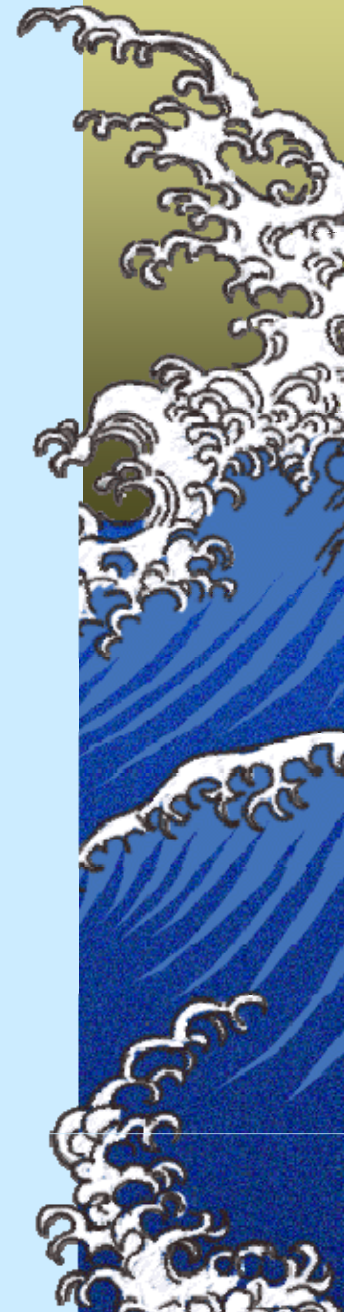
# 大きな開口部を有する新しい被覆 ブロック「ペルメックス」の開発



平成20年2月28日  
(株) 不動テトラ



不動テトラ





# 開発の背景

品質の高い社会資本の効果的・効率的整備

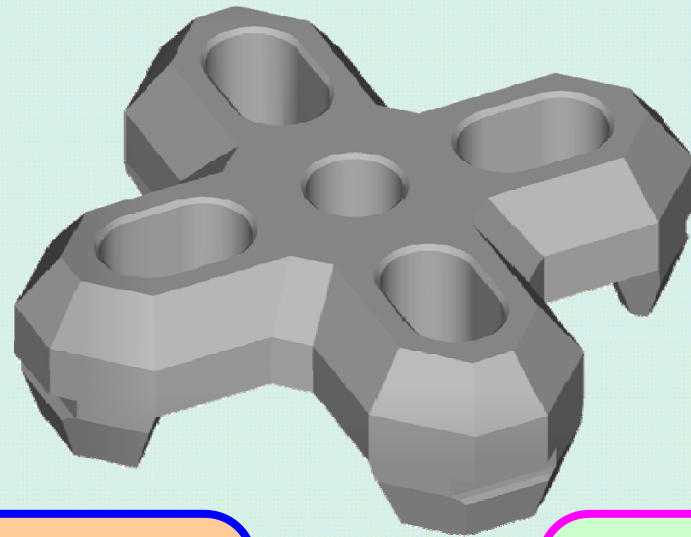
- ①港湾・海岸構造物への来襲波高増大  
：安全で被災を受け難い構造物
- ②建設コスト縮減の要請
- ③社会資本整備における環境共生意識の高まり  
：海洋生物の多様な生育環境創出



# 新しい被覆ブロック

高い安定性

: ブロック形状の工夫  
による揚圧力の低減

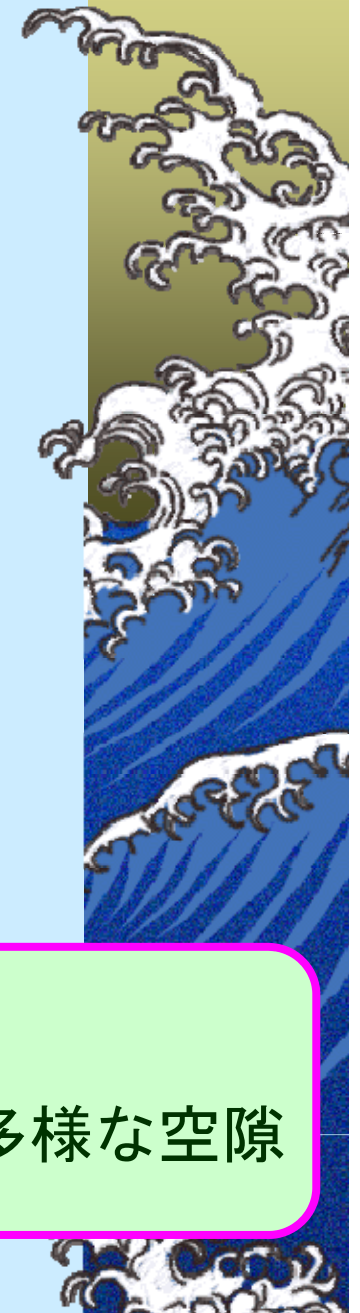


優れた経済性

: 高い安定性に基づく  
ブロックの小型化 etc.

環境との共生

: 長い稜線と多様な空隙

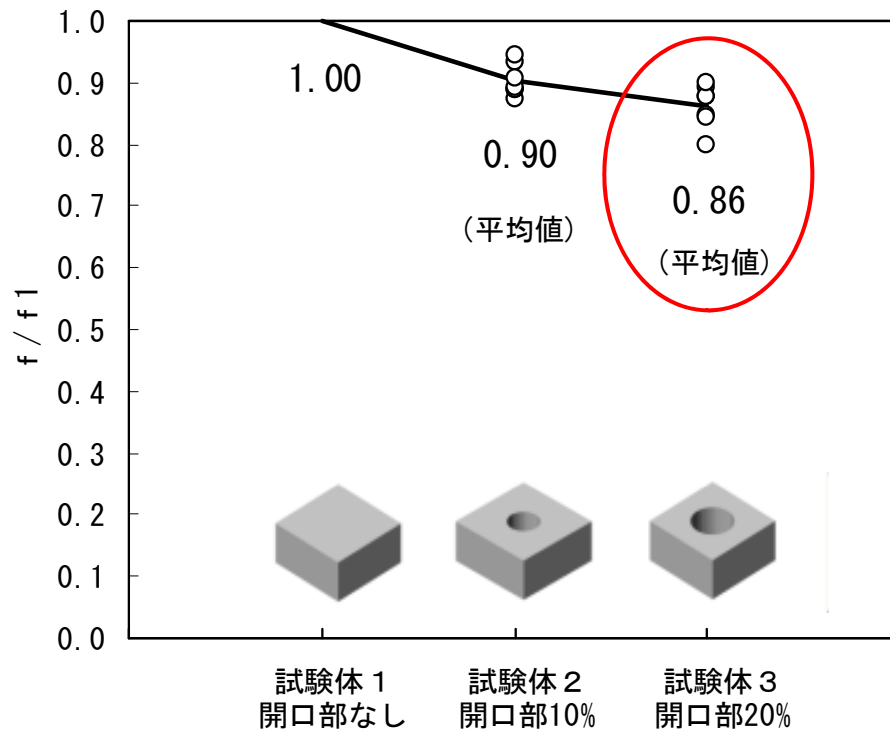




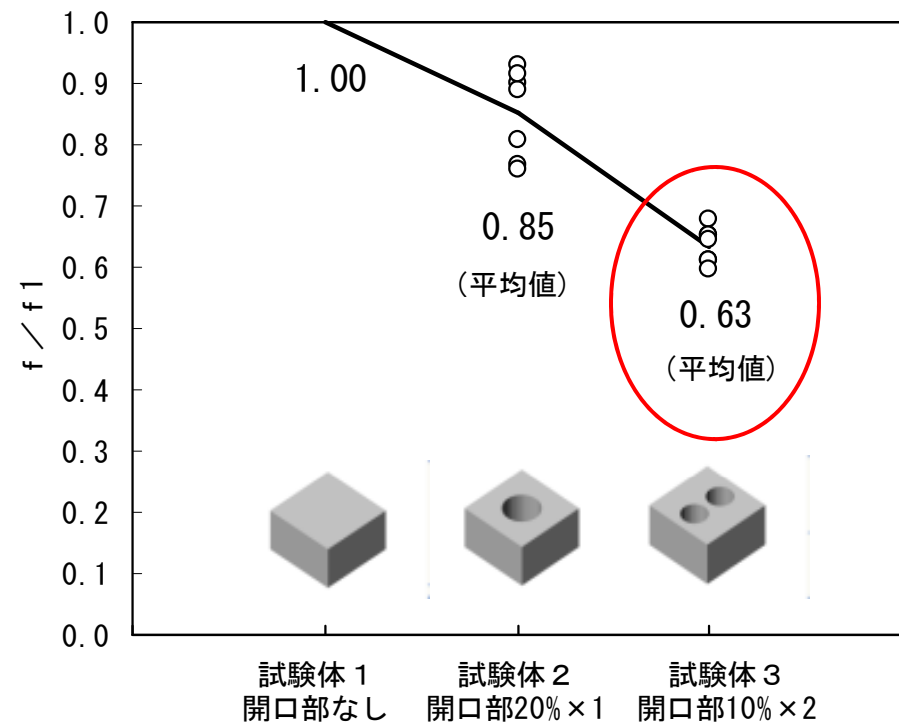
# 形状設計：高い安定性の追求

## 基礎実験 1：ブロック開口部の分散効果の検討

開口率の影響



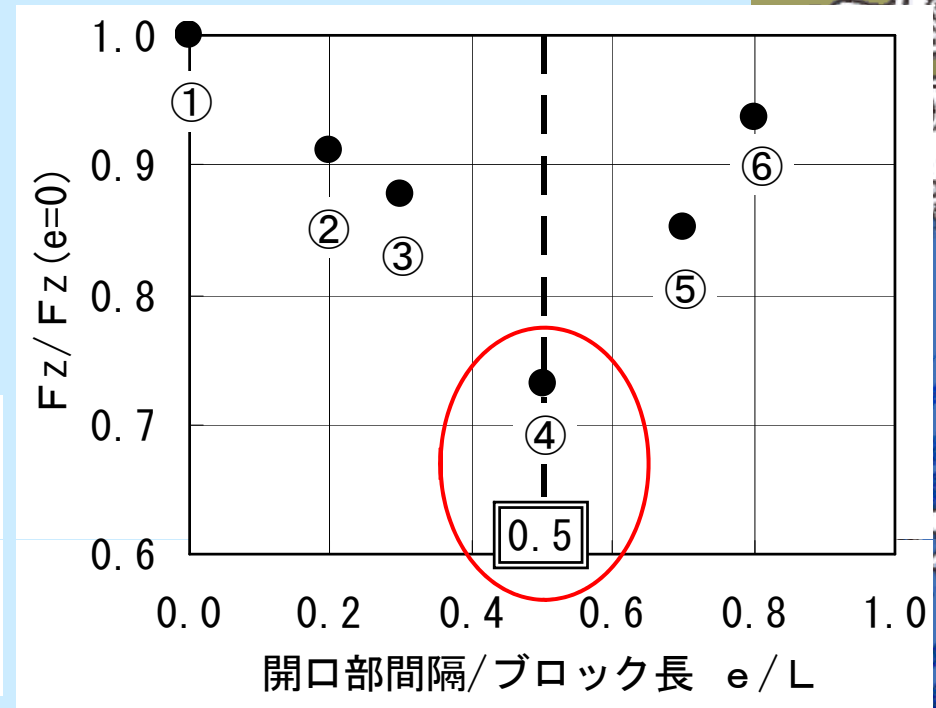
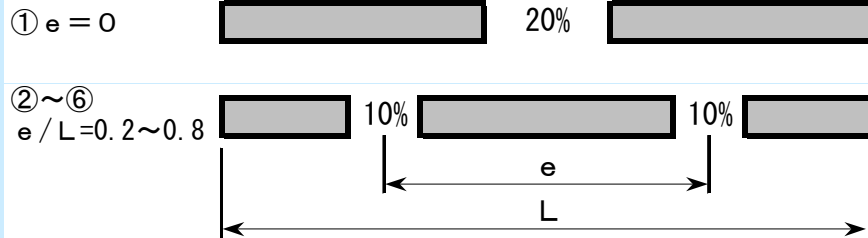
開口部分散の影響



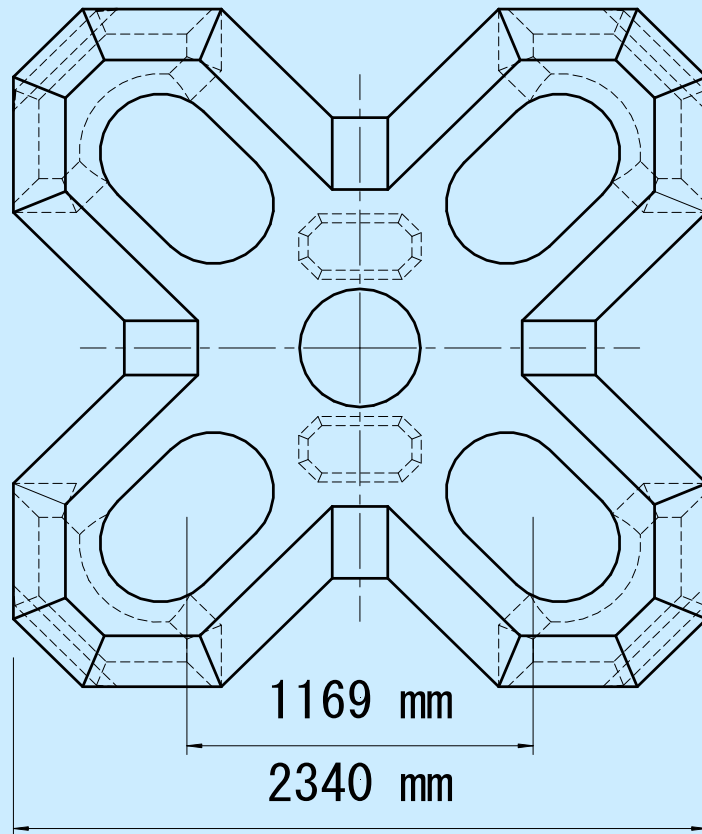
# 形状設計：高い安定性の追求

## 基礎実験 2：ブロック開口部の位置の検討

解析対象



# 形状設計：高い安定性の追求



◎ブロック内部の開口部面積率  
=19.4%

◎開口部の位置  
 $e = 1169\text{mm}$ ,  $L = 2340\text{mm}$   
 $e / L = 0.5$



# 実験断面（混成堤マウンド）

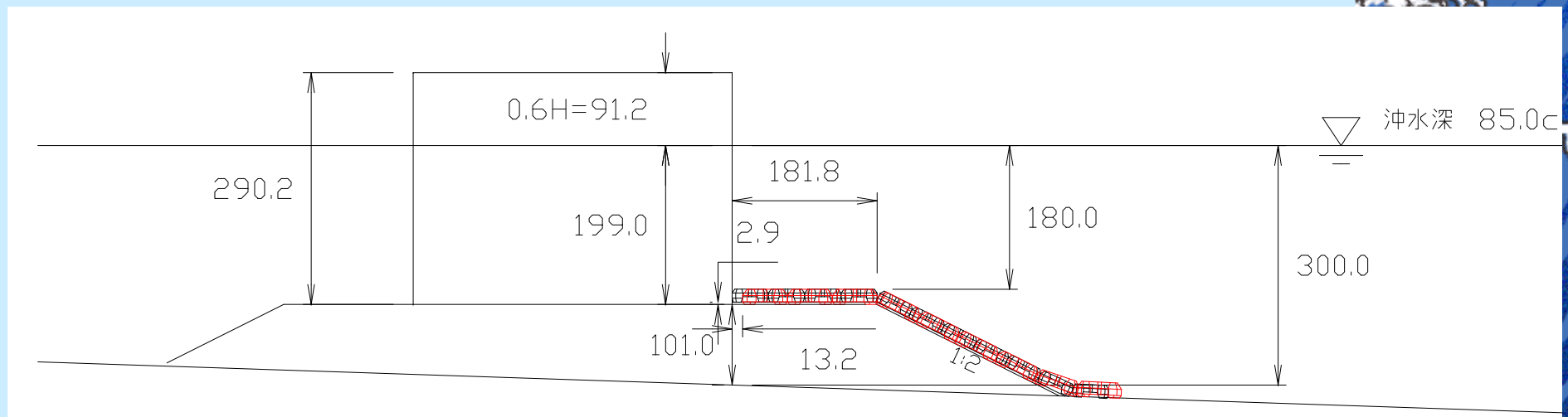
実験断面（実験縮尺：1/52）

設置水深  $h = 15.6\text{m}$  (30.0cm)

ブロック天端水深  $d = 9.36\text{m}$  (18.0cm)  $d/h = 0.60$

ブロック天端幅  $B = 9.45\text{m}$  (18.2cm)  $B/L = 0.065$

( )内：模型量 単位：mm



# 使用ブロック

## ブロック模型

( )内：模型量



ペルメックス  
4.07t (28.9g)



エックスブロック  
11.30t (80.4g)





# 実験断面



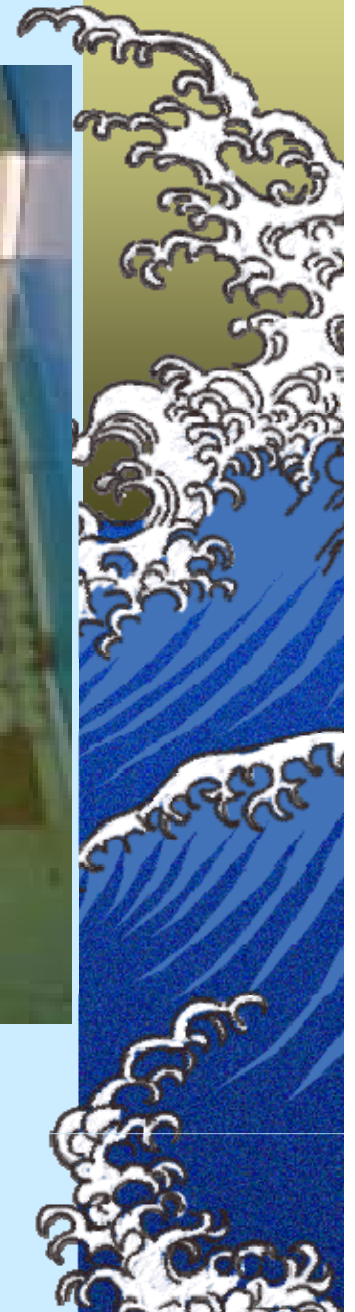
実験断面

設置水深  $h = 15.6\text{m}$  (30.0cm)

ブロック天端水深  $d = 9.36\text{m}$  (18.0cm)

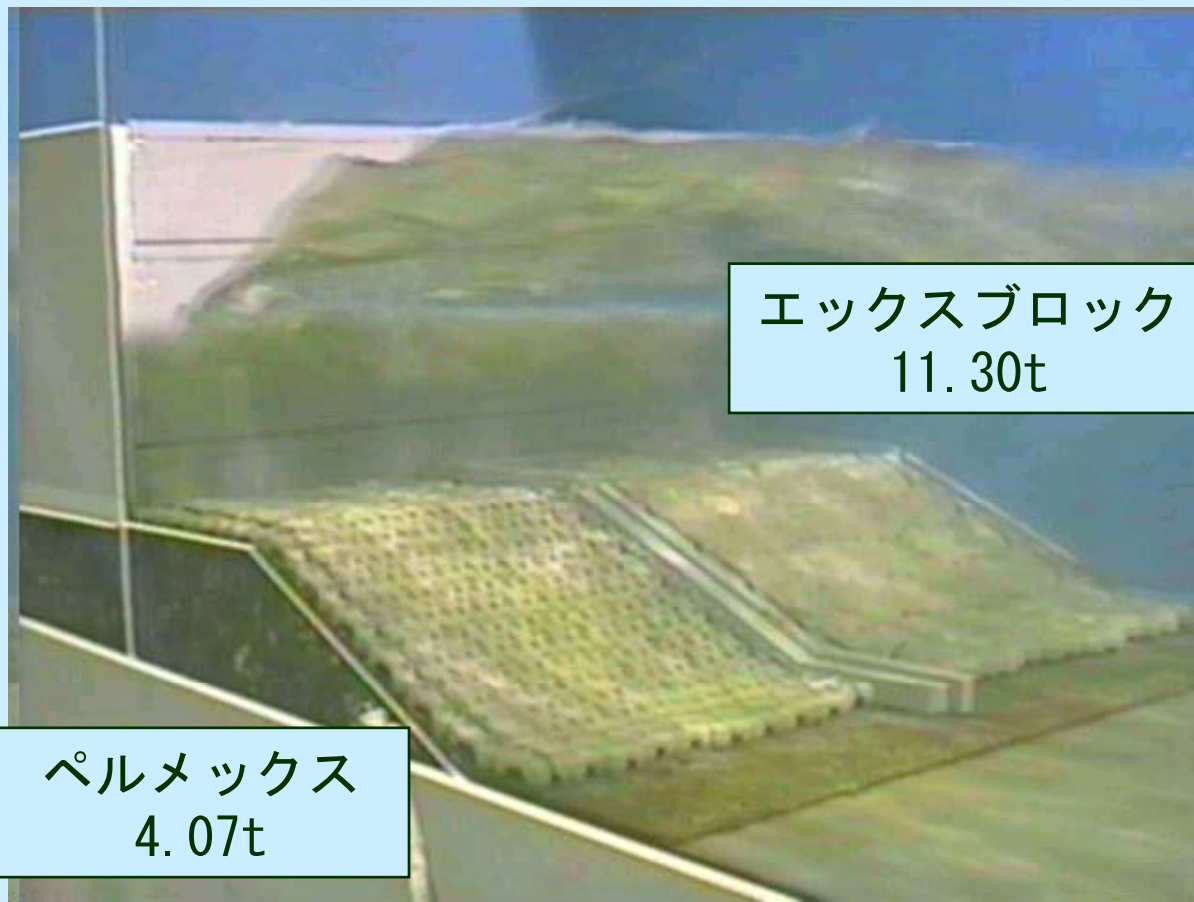
ブロック天端幅  $B = 9.45\text{m}$  (18.2cm)

( )内：模型量





# 実験状況



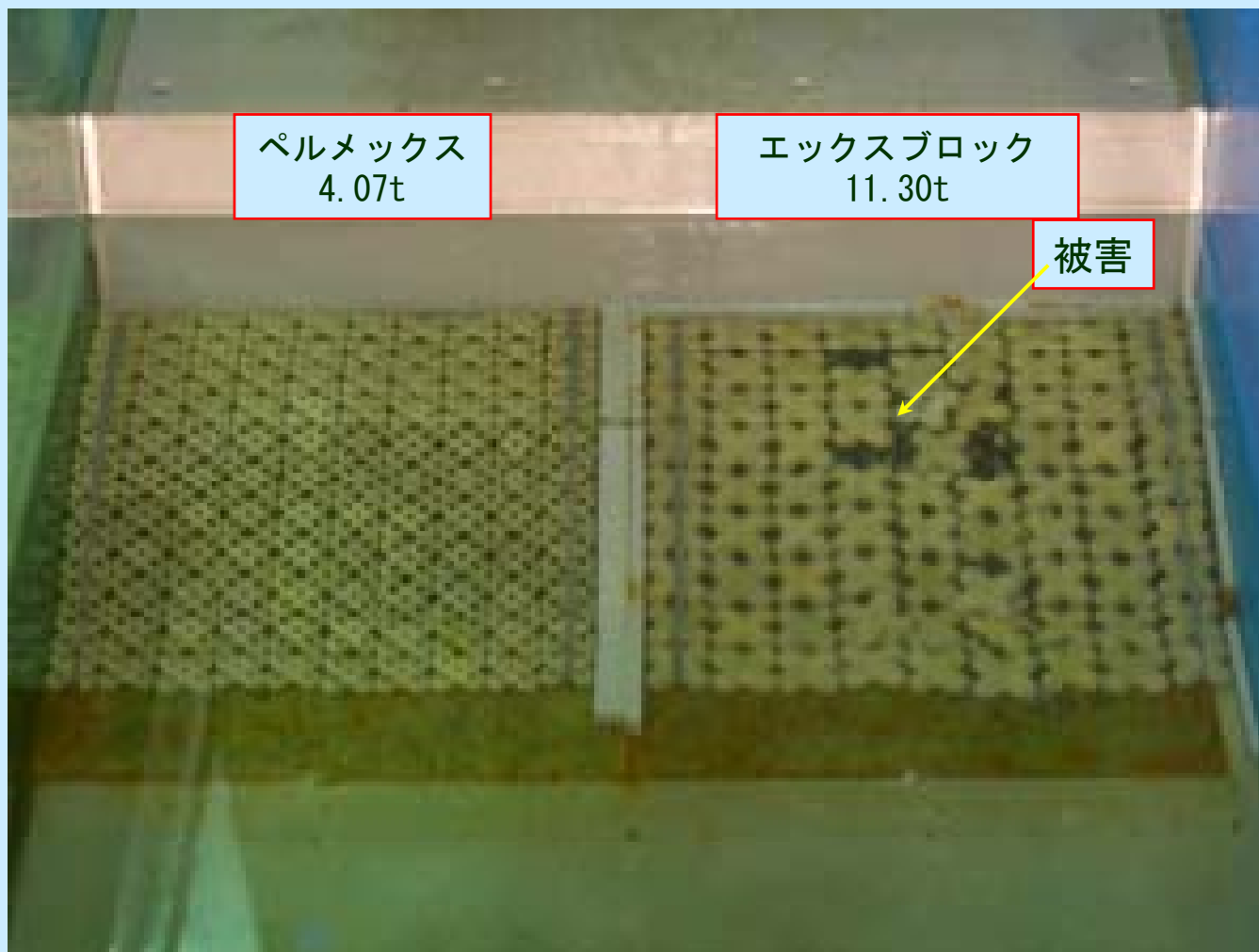
エックスブロック  
11.30t

ペルメックス  
4.07t

実験波浪  
有義波周期  $T_{1/3} = 12.6\text{s}$  (1.75s)  
有義波高  $H_{1/3} = 8.55\text{m}$  (16.44cm) ( )内 : 模型量



# 実験終了後



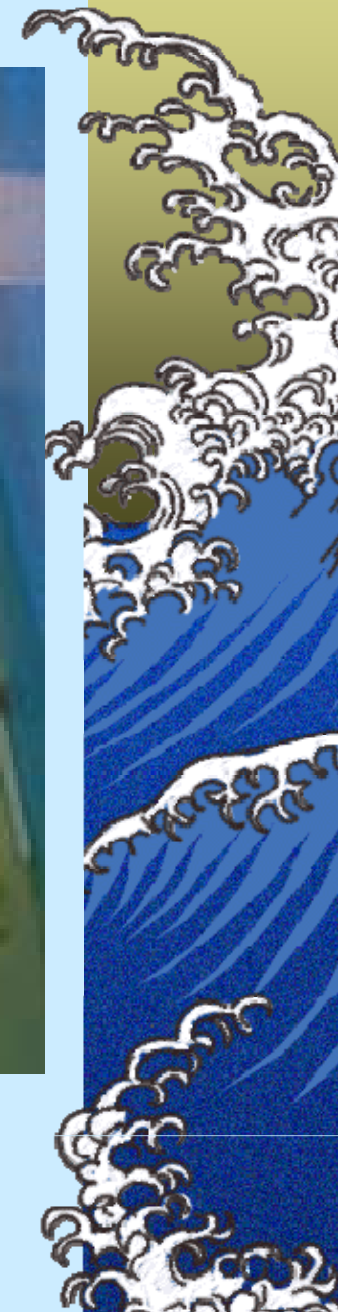
実験断面

設置水深  $h = 15.6\text{m}$  (30.0cm)

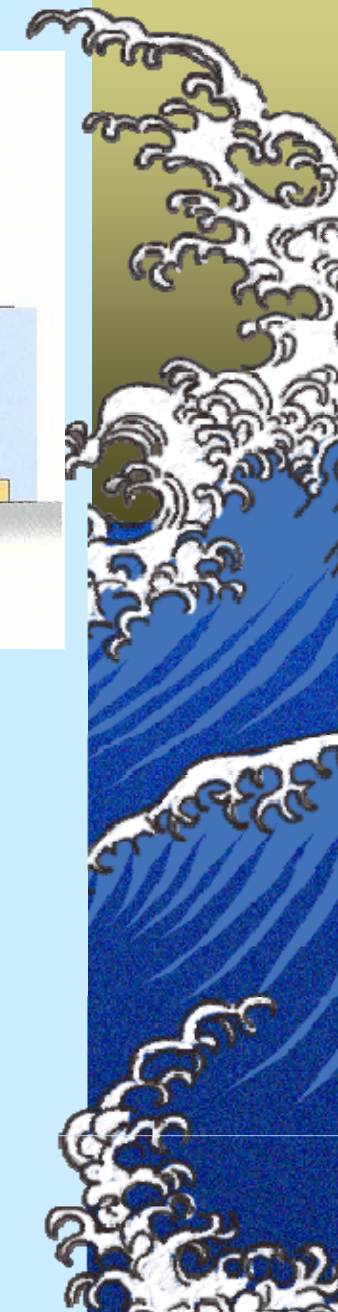
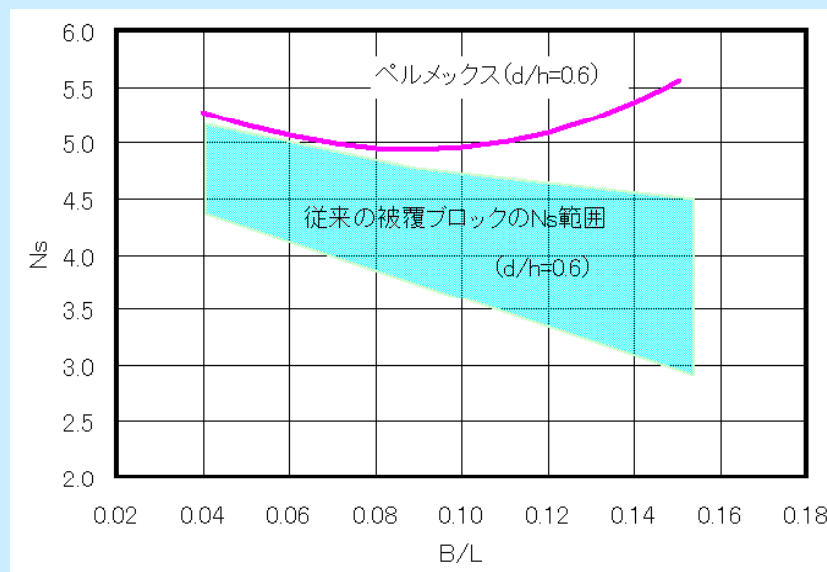
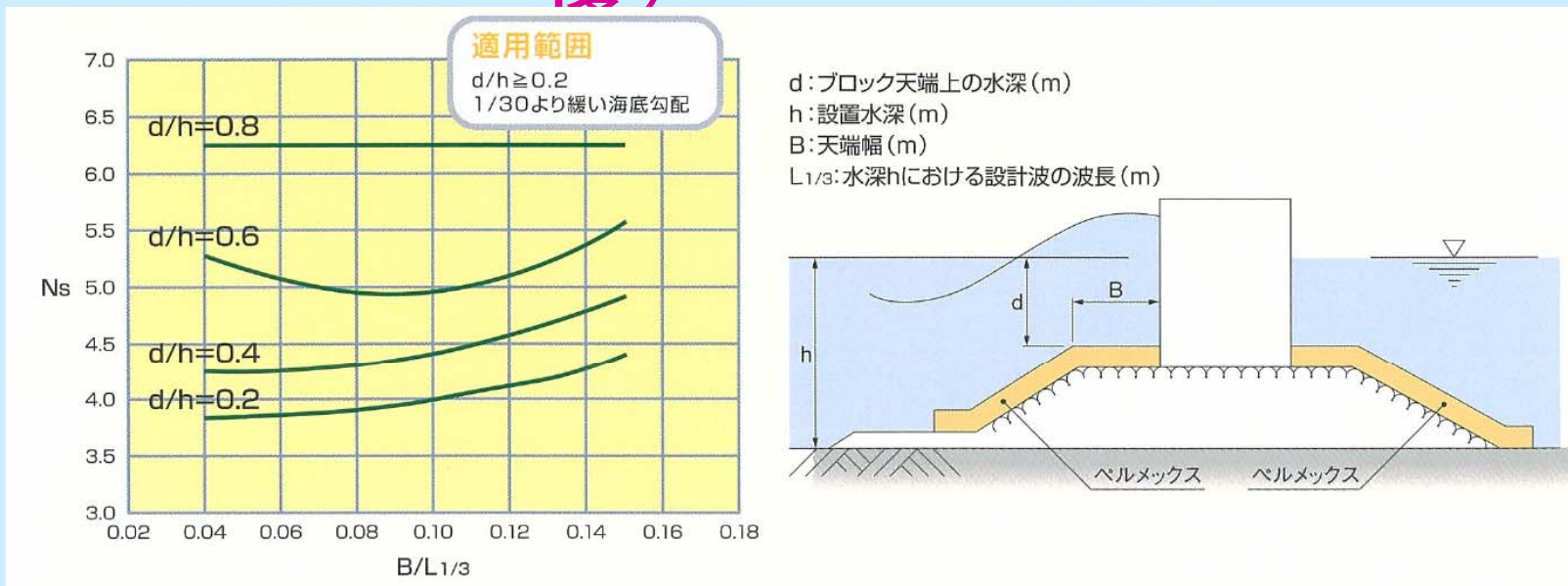
ブロック天端水深  $d = 9.36\text{m}$  (18.0cm)

ブロック天端幅  $B = 9.45\text{m}$  (18.2cm)

( )内 : 模型量



# 安定性（混成堤マウンド被覆）

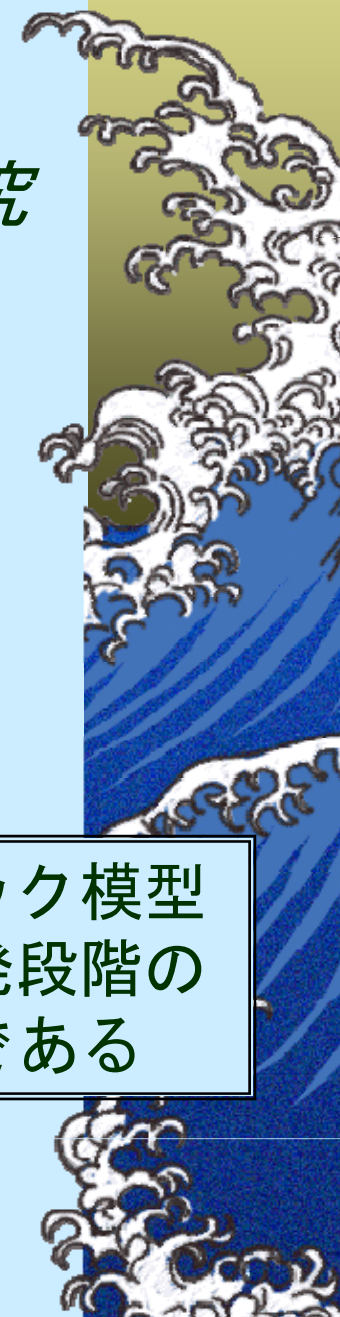




# 超大縮尺実験

- ▲ 実施体制：港湾空港技術研究所との共同研究
- ▲ 実験水槽：港湾空港技術研究所  
大規模波動地盤総合水路  
(長さ184m, 幅3.5m, 深さ12m)
- ▲ 実験縮尺：1 / 7.8
- ▲ 実験波高：有義波高 = 0.62 ~ 1.37m
- ▲ 実験周期：有義波周期 = 3 ~ 5s
- ▲ ブロック：基本長 = 30cm  
質量 = 7.80kg, 8.14kg

注) ブロック模型  
は開発段階の  
ものである



# 使用ブロック

( )内：模型量

根固方塊  
20.4t (43kg)  
27.5t (58kg)

ブロック模型：

- ・ 開発段階のもので，開口部のサイズ，配置はペルメックスと同一
- ・ ペルメックスはこれらを基に，更に高安定性となるように改良



S 1 型  
3.70t (7.80kg)



S 6 型  
3.86t (8.14kg)



ペルメックス

# 実験水槽

港湾空港技術研究所 大規模波動地盤総合水路  
長さ184m, 幅3.5m, 深さ12m





# 実験断面



# 実験状況



CASE2

実験波浪

有義波周期  $T_{1/3} = 15.2\text{s}$  (5.45s)

有義波高  $H_{1/3} = 10.7\text{m}$  (1.37m) ( )内：模型量





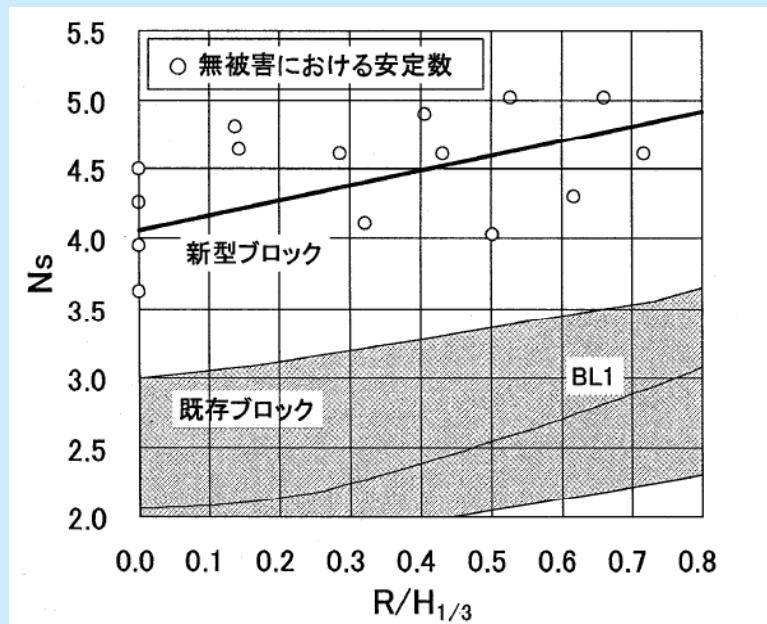
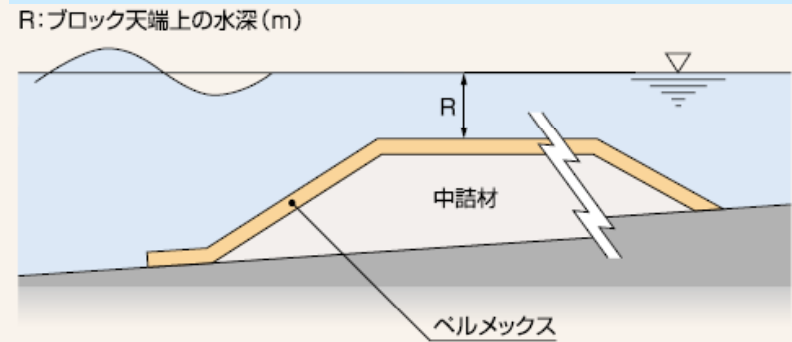
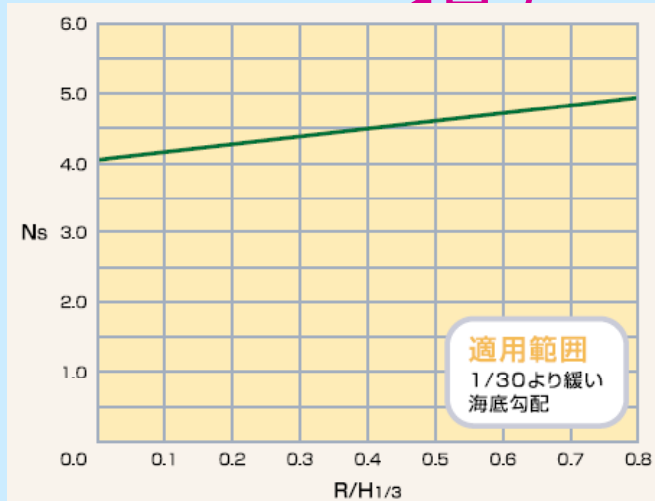
# 実験終了後



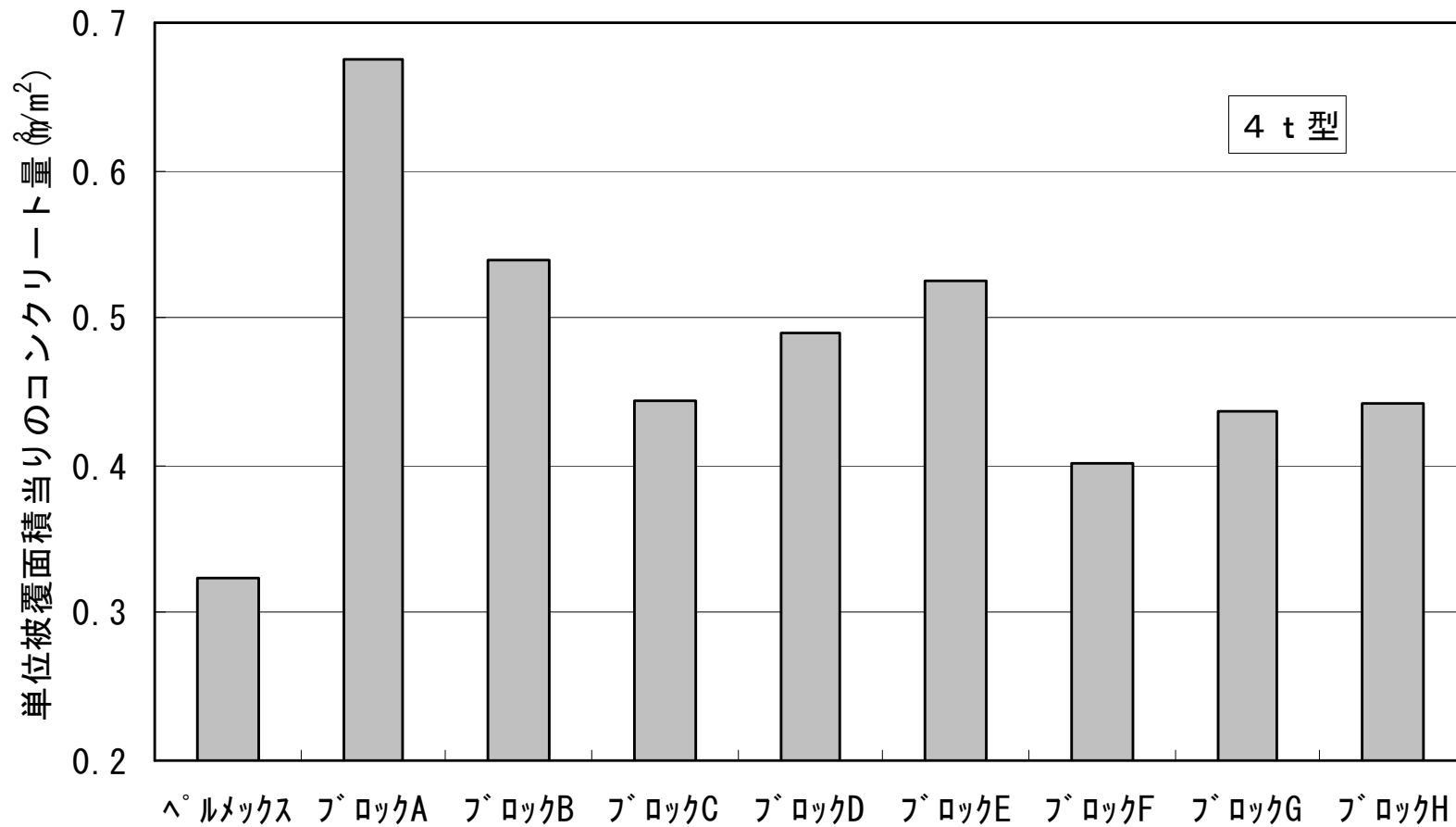
根固方塊  
20.4t (43kg)  
27.5t (58kg)



# 安定性（人工リーフ被覆）

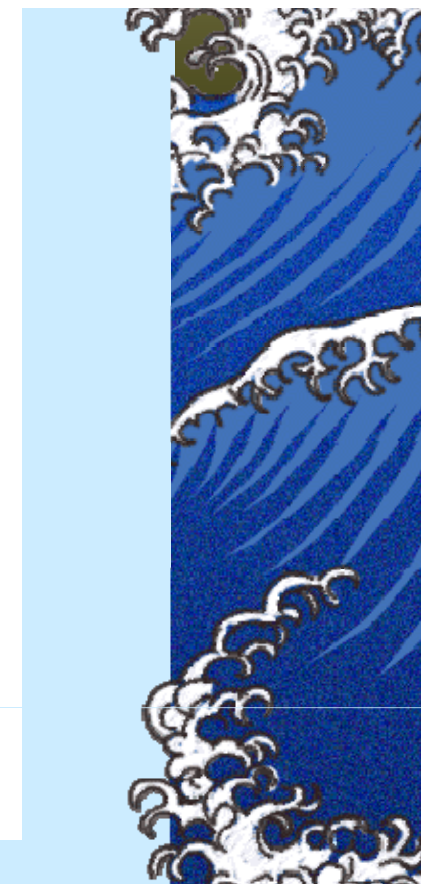
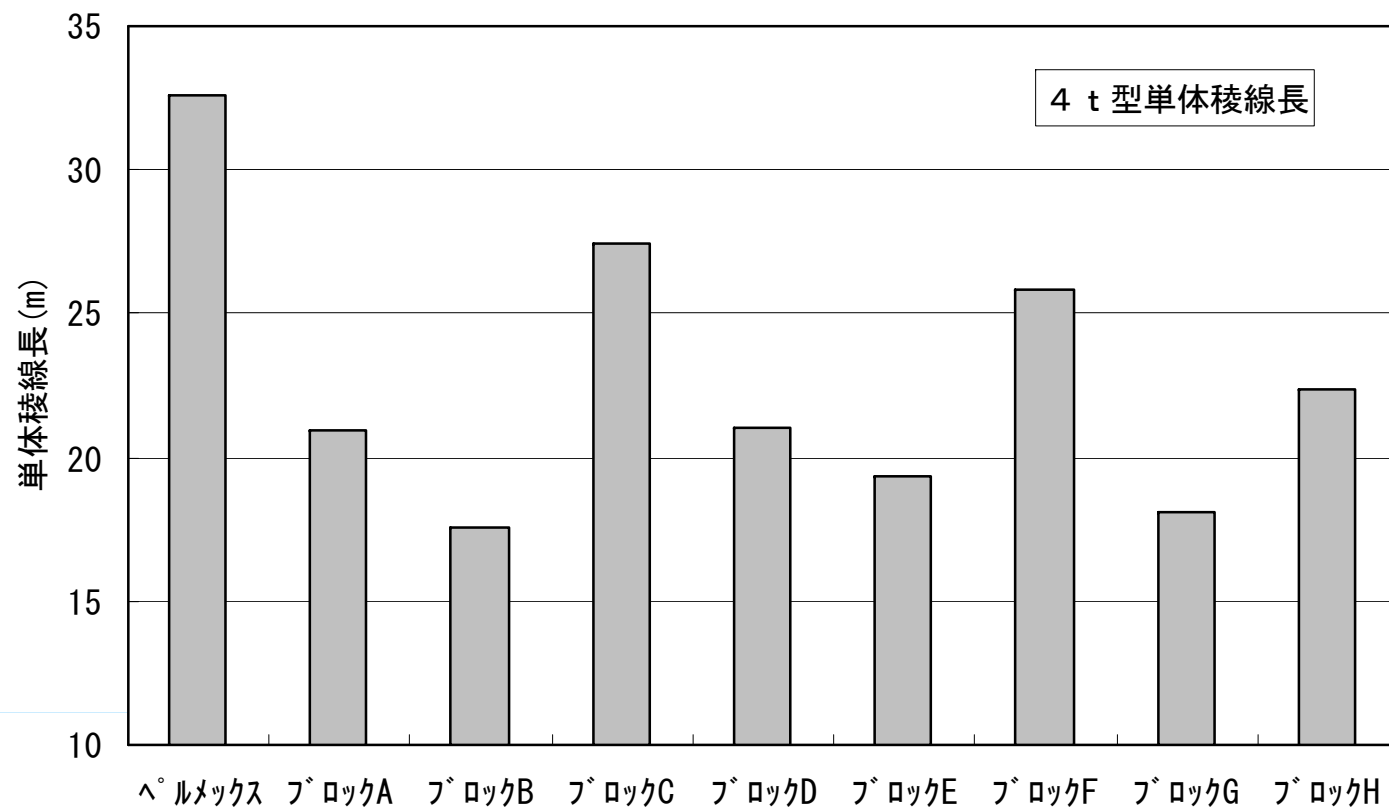
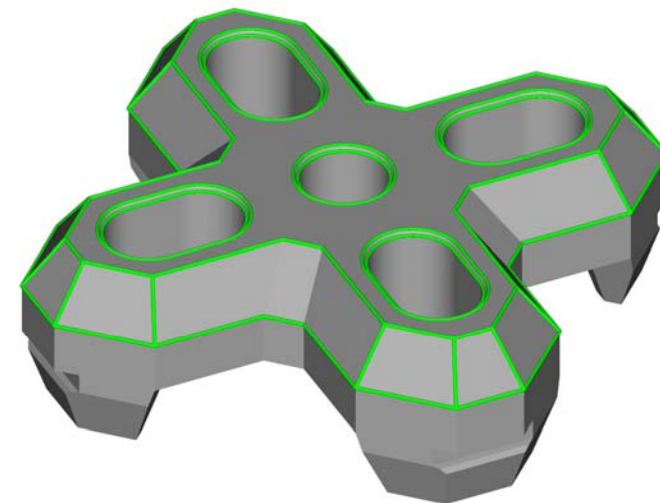


# コンクリート量





# 環境との共生





# まとめ

## ①安定性

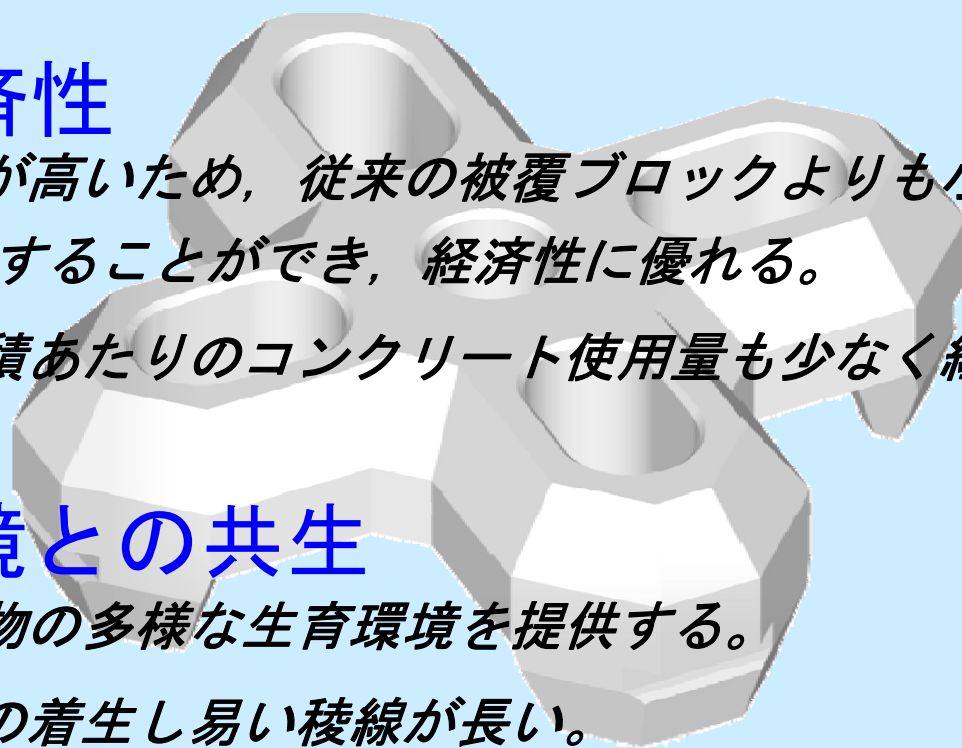
- ・従来の被覆ブロックと比較して著しく安定性が高い。

## ②経済性

- ・安定性が高いため、従来の被覆ブロックよりも小型のブロックを使用することができ、経済性に優れる。
- ・被覆面積あたりのコンクリート使用量も少なく経済的である。

## ③環境との共生

- ・海域生物の多様な生育環境を提供する。
- ・海藻等の着生し易い稜線が長い。
- ・移動性の小動物の棲み家・隠れ家となる空隙を多く有する。



ご静聴ありがとうございました



不動テトラ

