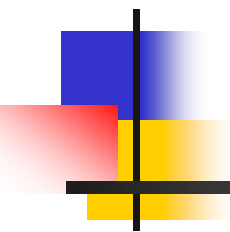
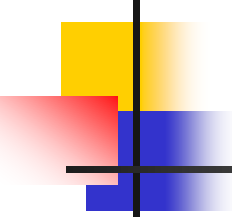


名古屋港湾空港技術調査事務所
民間技術交流会



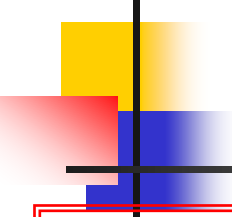
新しい被覆ブロックの開発 — ペルメックス —

平成21年 2月25日
(株) 不動テトラ



報告内容

1. 開発の背景，開発目標
2. ブロックの概要
3. 開発内容
 - ①形状設計
 - ②安定性
 - ③経済性
 - ④環境との共生
4. 現地への適用（試設計）



開発の背景 → 開発目標

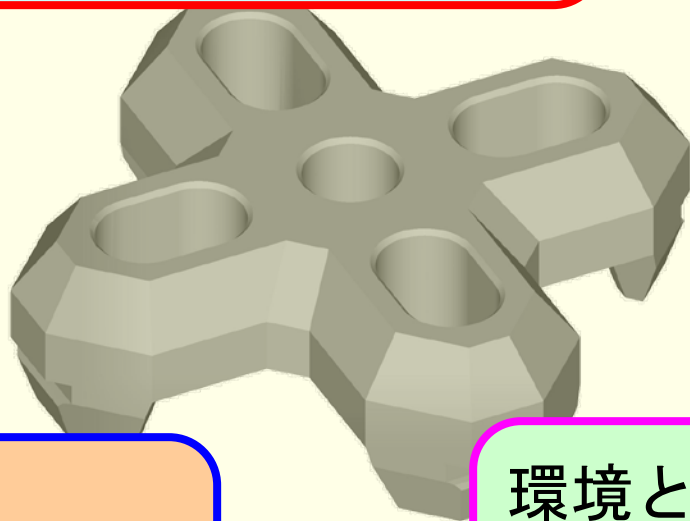
品質の高い社会資本の効果的・効率的整備

- 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
環境負荷の低減

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



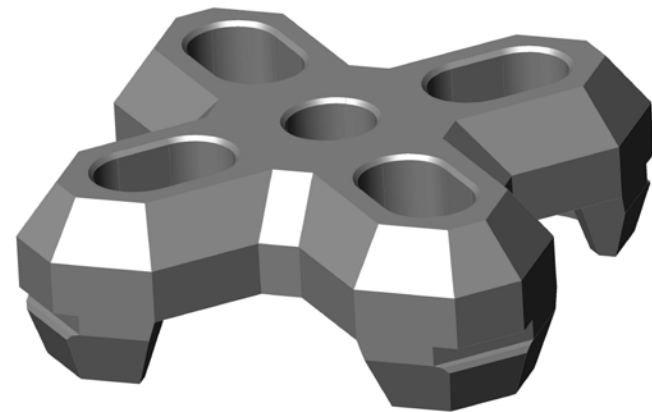
優れた経済性

： 高い安定性に基づく
ブロックの小型化 etc.

環境との共生

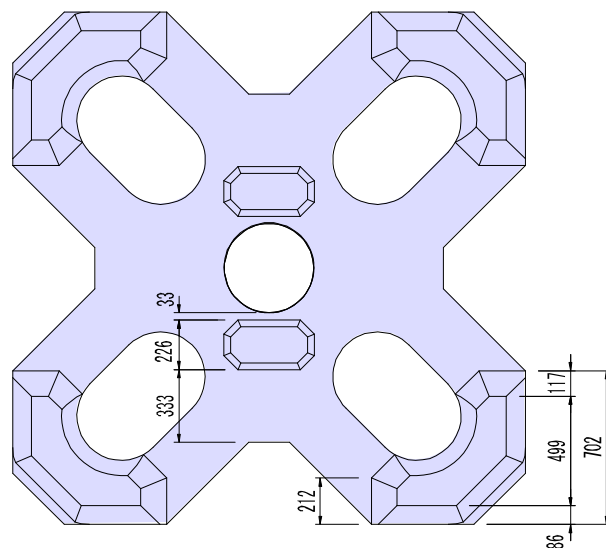
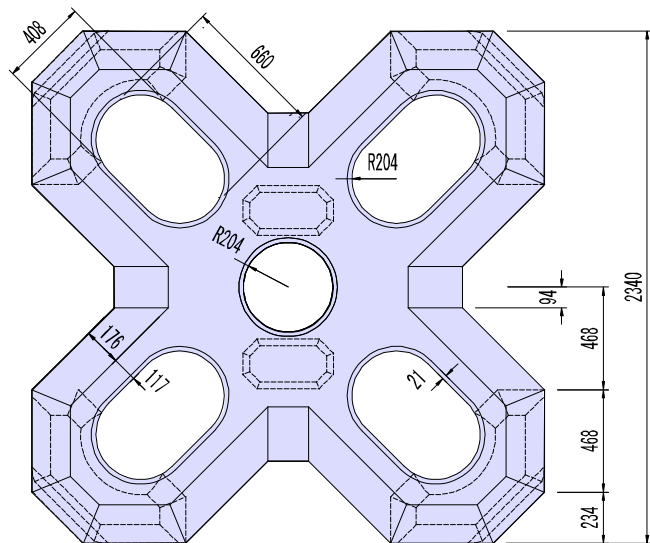
： 長い稜線と多様な空隙
CO₂排出量の低減

単位：mm

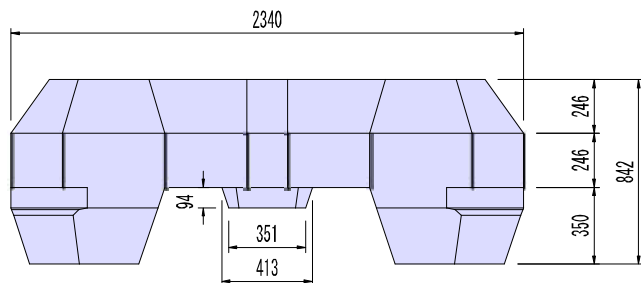


平面图(上面)

平面图(下面)



正面图

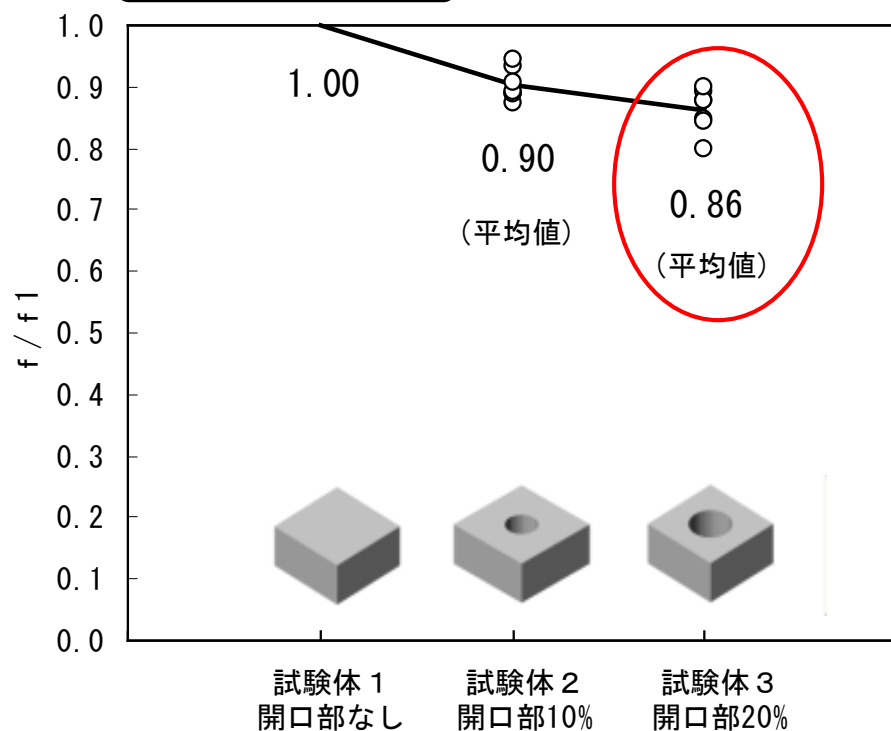


種 別 (トン型)	4
質 量 M (t)	4.073
重 量 W (kN)	39.942
体 積 V (m ³)	1.771
基本長 L (mm)	2,340
高 さ H (mm)	842
鉄筋量 (kg)	29.56

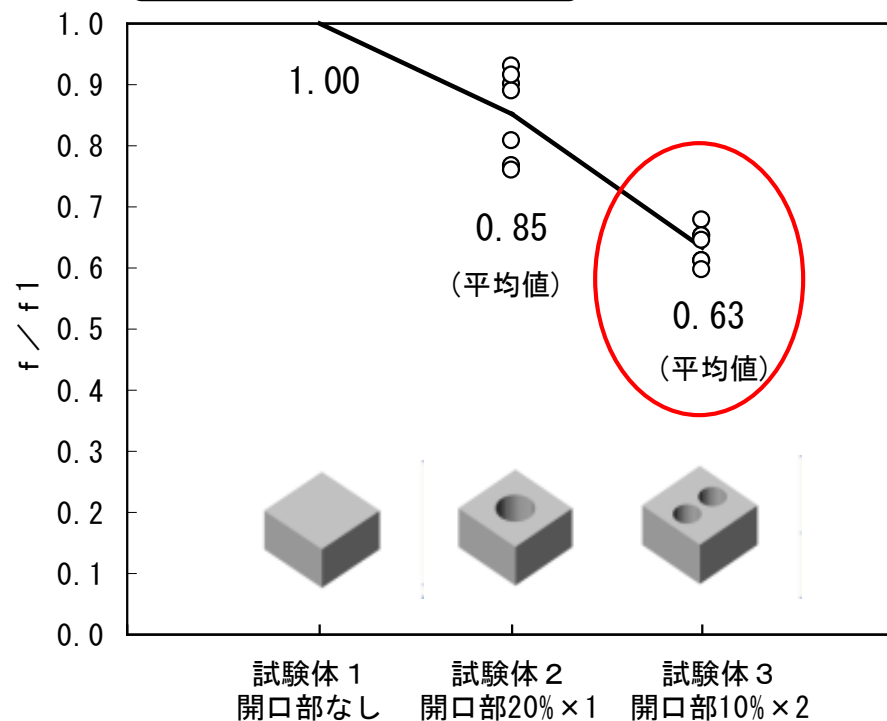
形状設計：高い安定性の追求

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

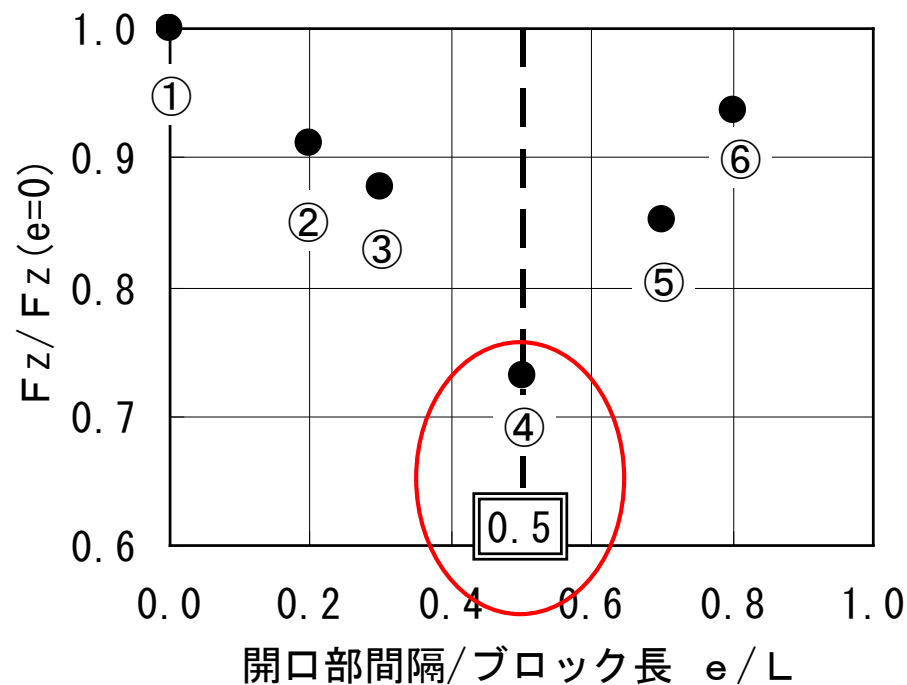
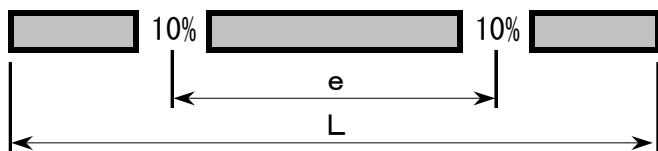
基礎実験 2：ブロック開口部の位置の検討

解析対象

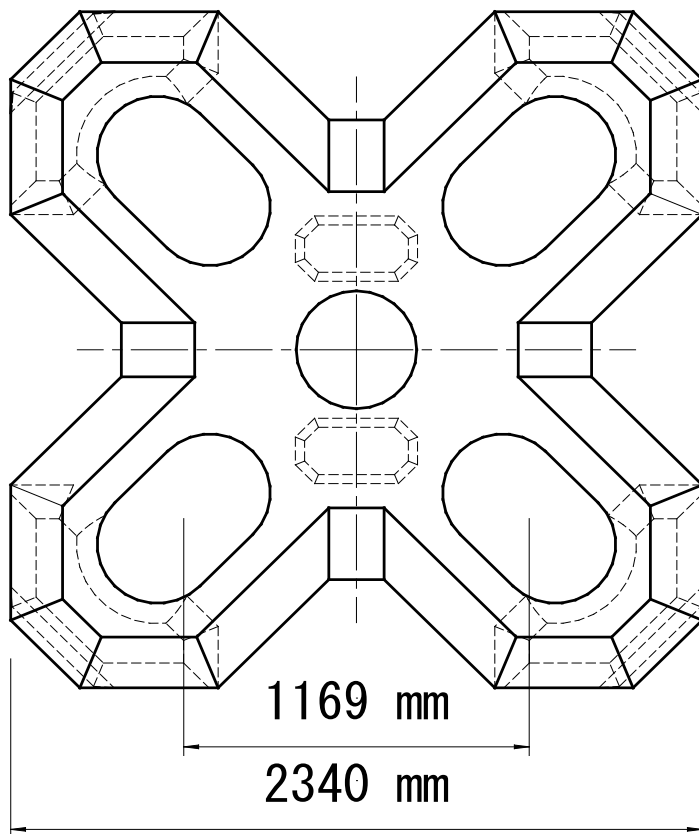
① $e = 0$



②～⑥
 $e/L = 0.2 \sim 0.8$



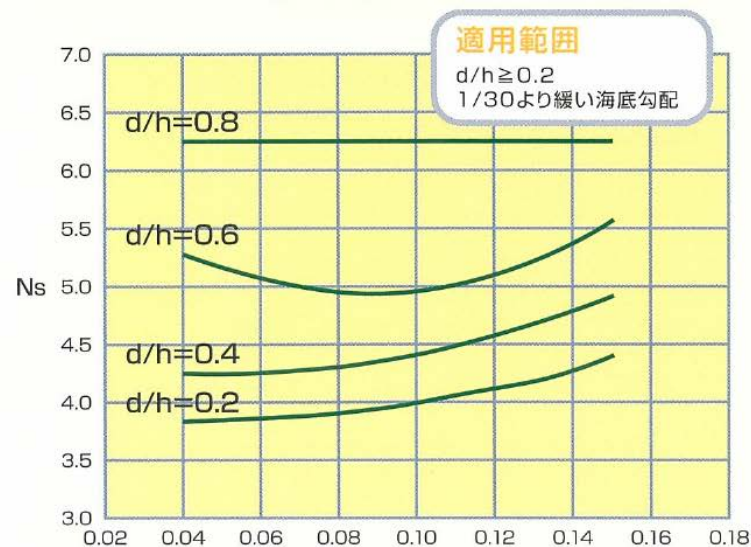
形状設計：高い安定性の追求



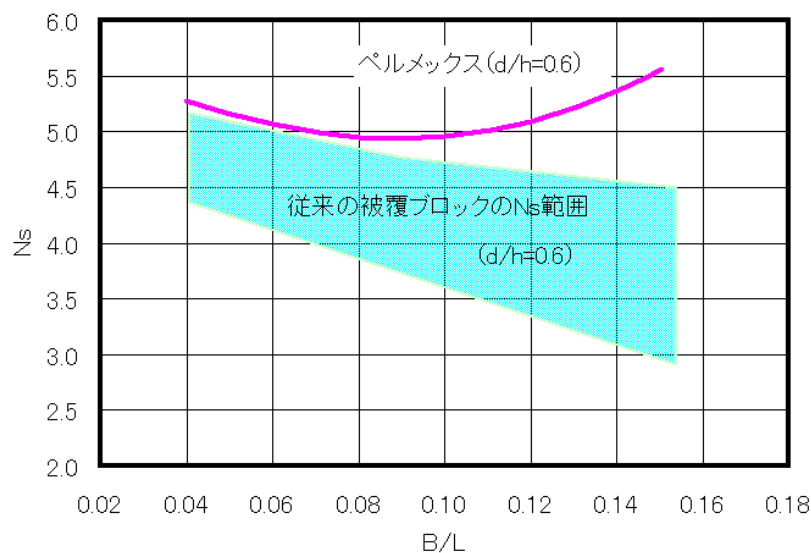
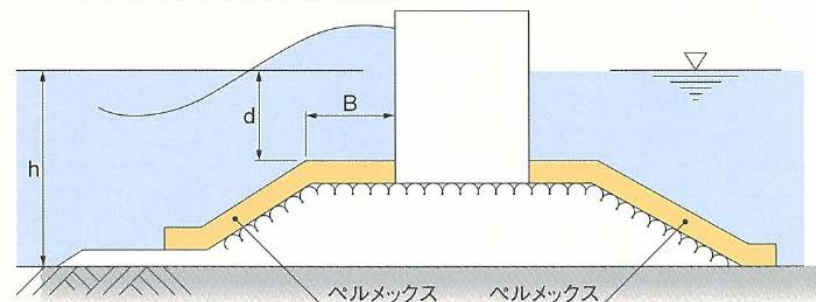
◎ブロック内部の開口部面積率
=19.4%

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

安定性（混成堤マウンド被覆）



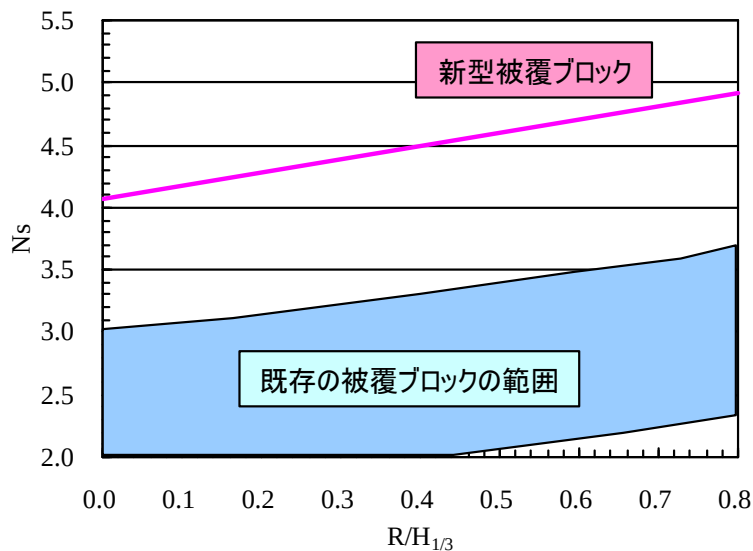
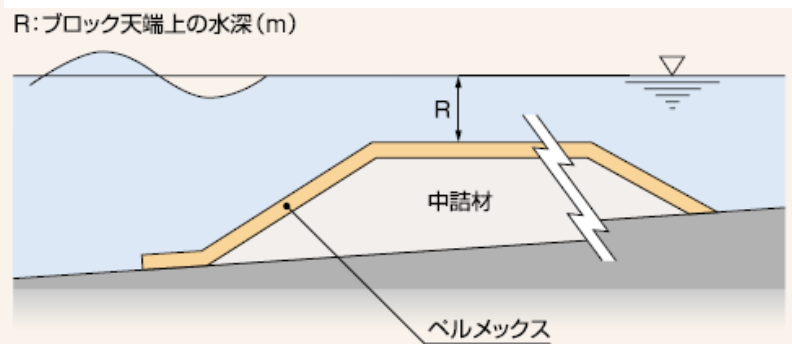
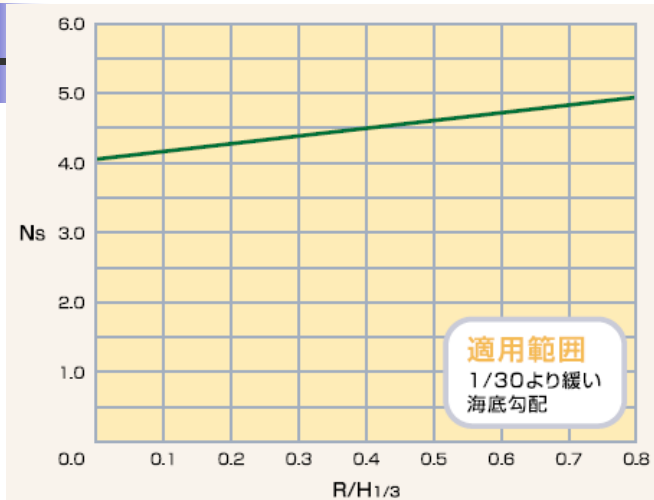
d : ブロック天端上の水深 (m)
 h : 設置水深 (m)
 B : 天端幅 (m)
 $L_{1/3}$: 水深 h における設計波の波長 (m)



■ 所要質量算定式
 ブレブナー・ドネリー式

$$M = \frac{\rho_r \cdot H_{1/3}^3}{N_s^3 \cdot (S_r - 1)^3}$$

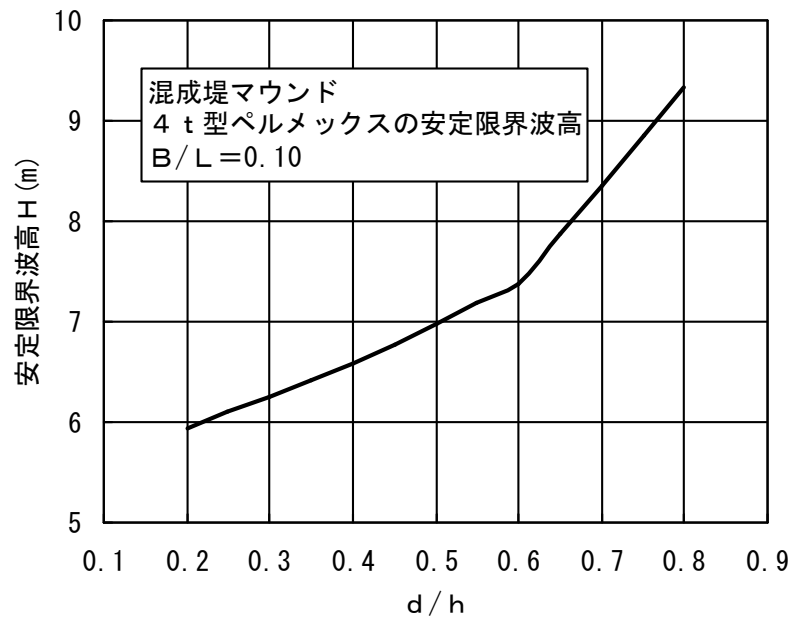
安定性（人工リーフ被覆）



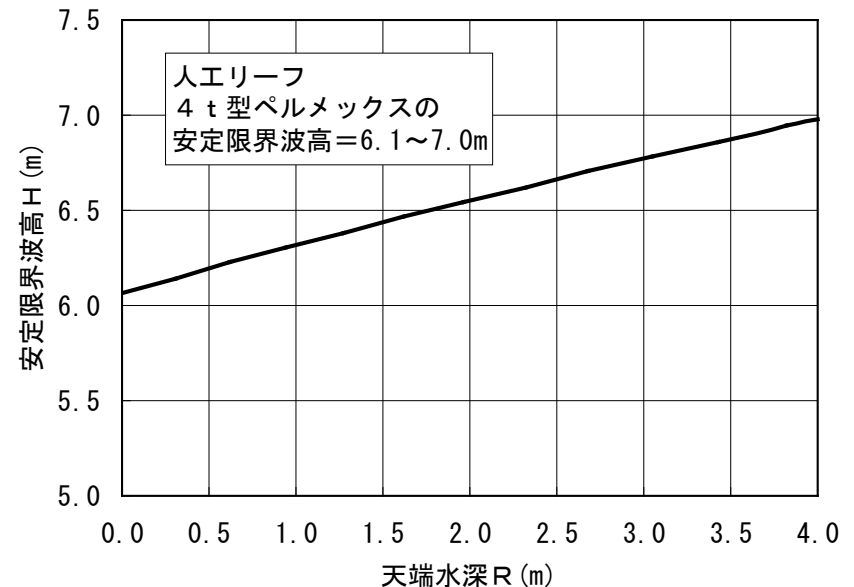
■ 所要質量算定式
ブレブナー・ドネリー式

$$M = \frac{\rho_r \cdot H_{1/3}^3}{N_s^3 \cdot (S_r - 1)^3}$$

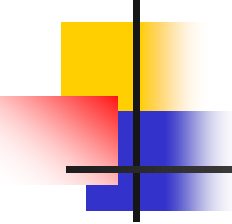
安定性（4 t 型安定限界波高）



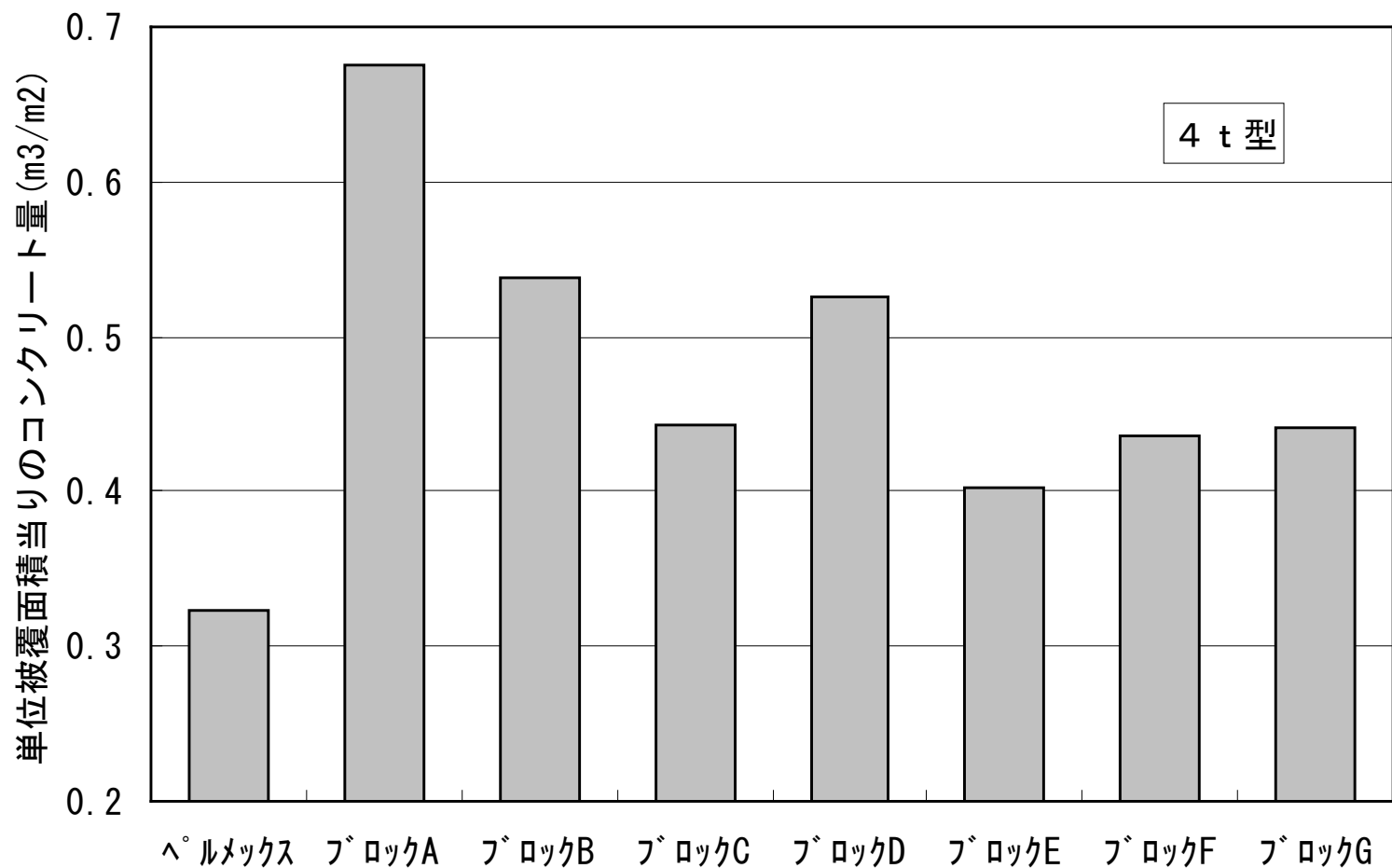
混成堤マウンド



人工リーフ



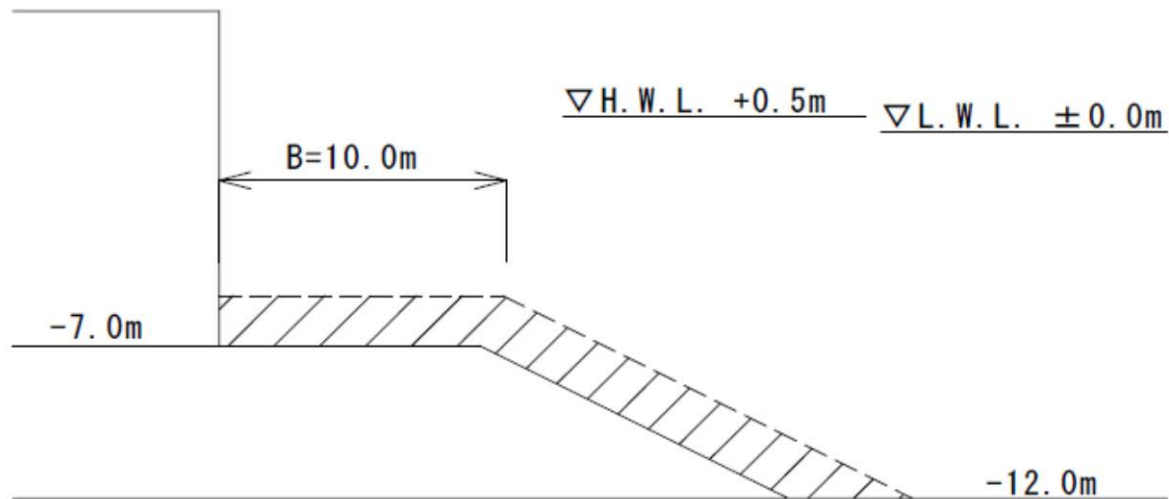
コンクリート量



試設計（混成堤）

設計波高 $H_{1/3}=7.2\text{m}$

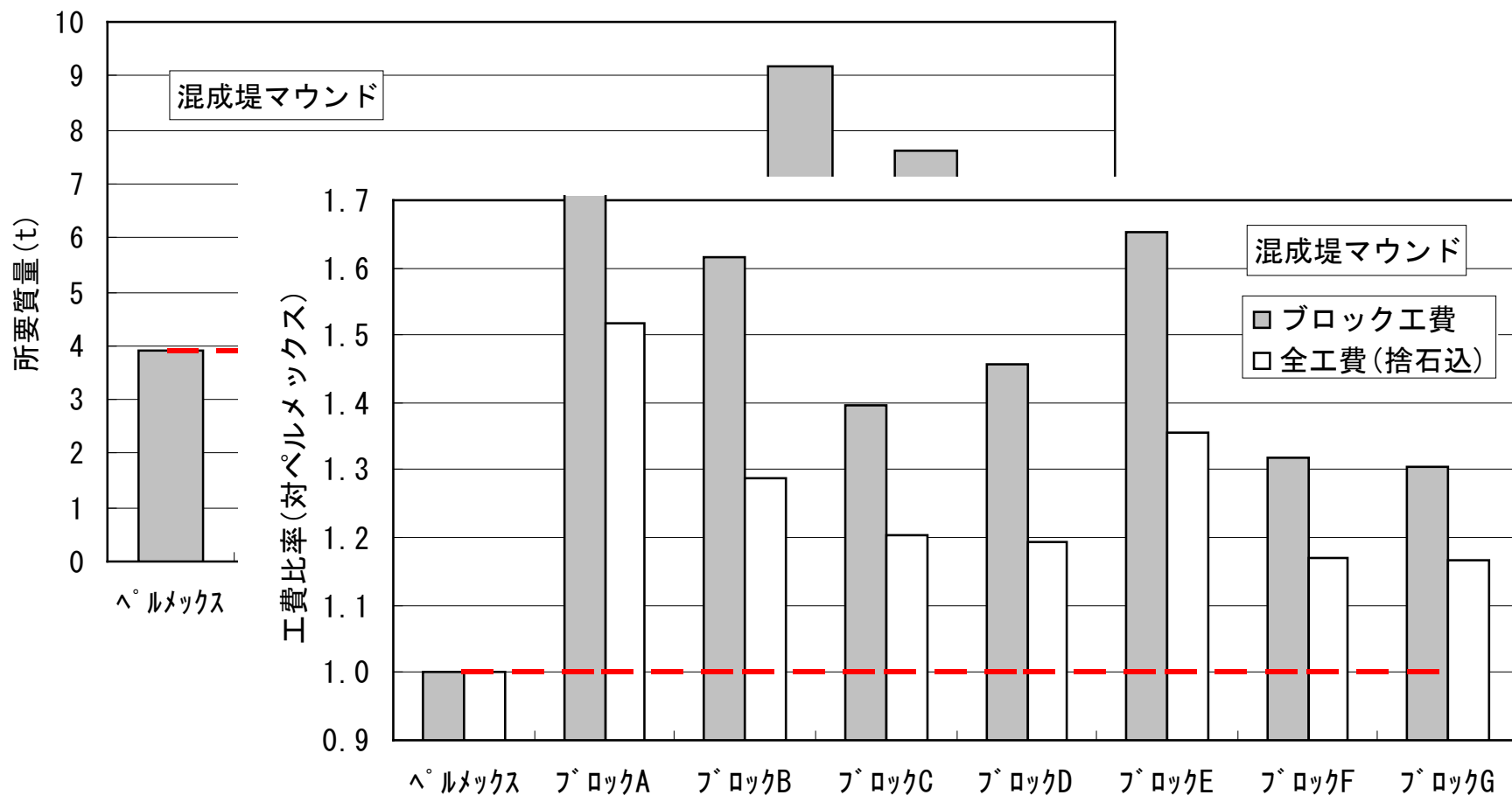
設計波周期 $T_{1/3}=12.0\text{s}$



試設計（混成堤）

設計波高 $H_{1/3}=7.2\text{m}$

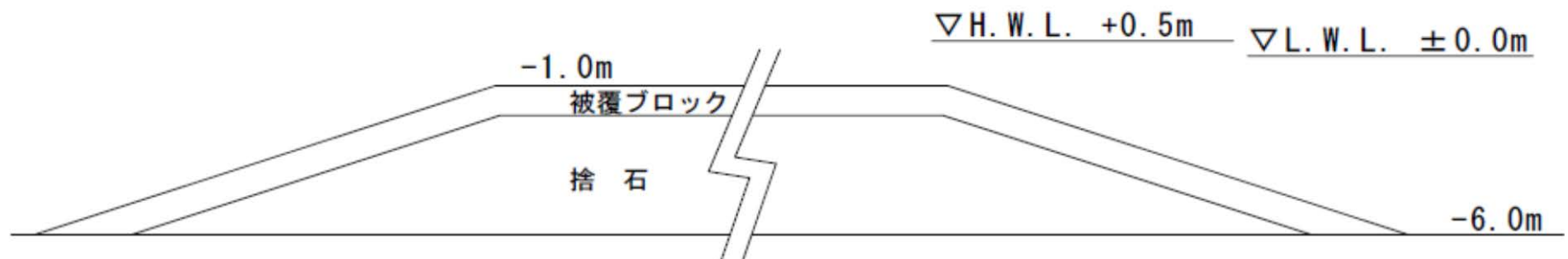
設計波周期 $T_{1/3}=12.0\text{s}$



試設計（人エリーフ）

設計波高 $H_{1/3}=4.5\text{m}$

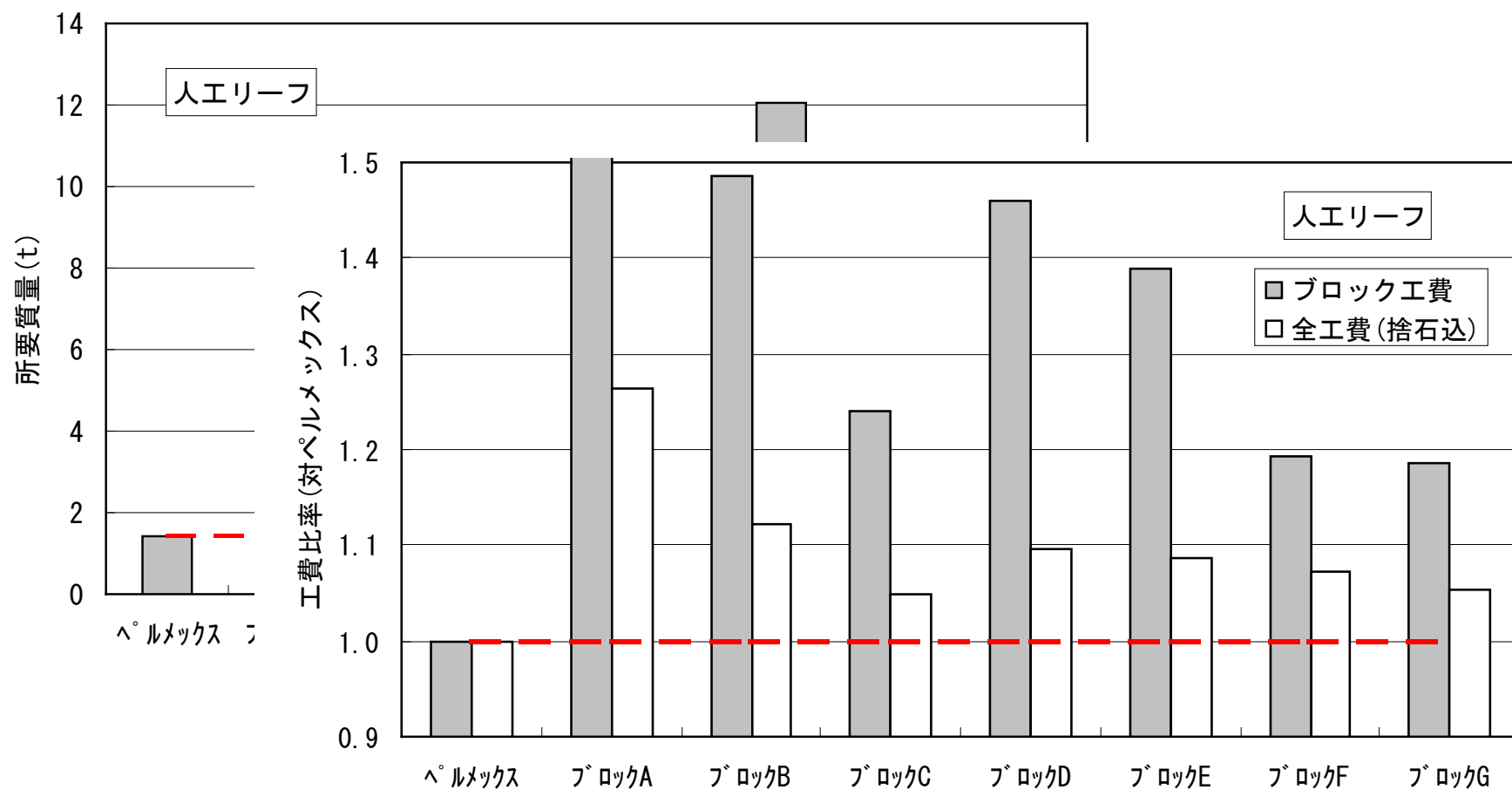
天端上水深 $R=1.0\text{m}$



試設計（人エリーフ）

設計波高 $H_{1/3}=4.5\text{m}$

天端上水深 $R=1.0\text{m}$

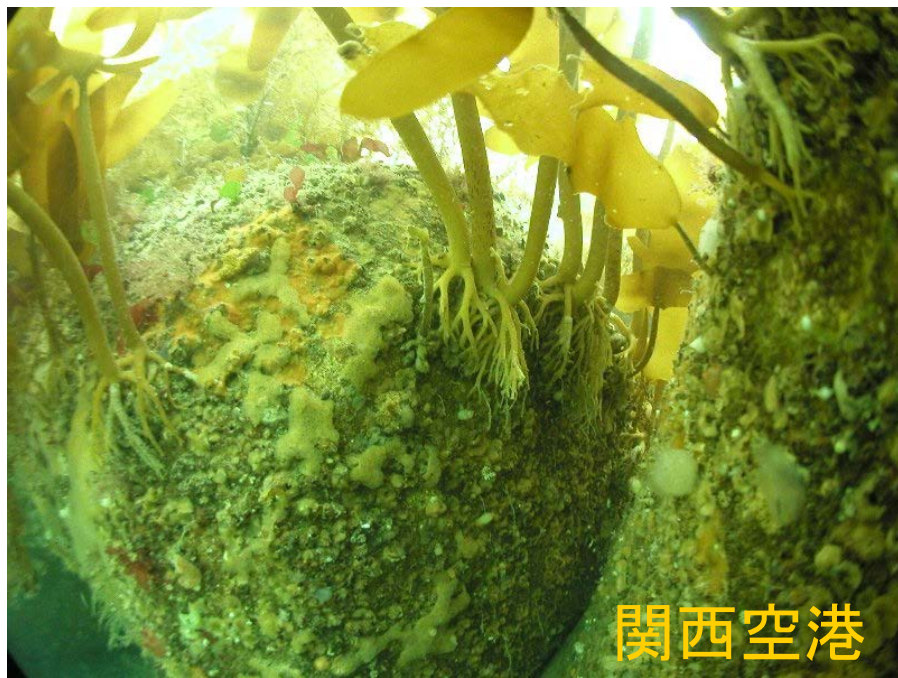


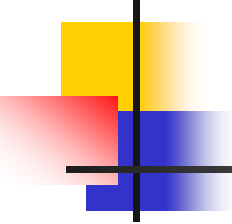
環境との共生

コンブ科海藻の着生促進

(コンブ類、アラメ、カジメなど)

岩盤の縁辺部やブロックの稜角部などに着生が多い

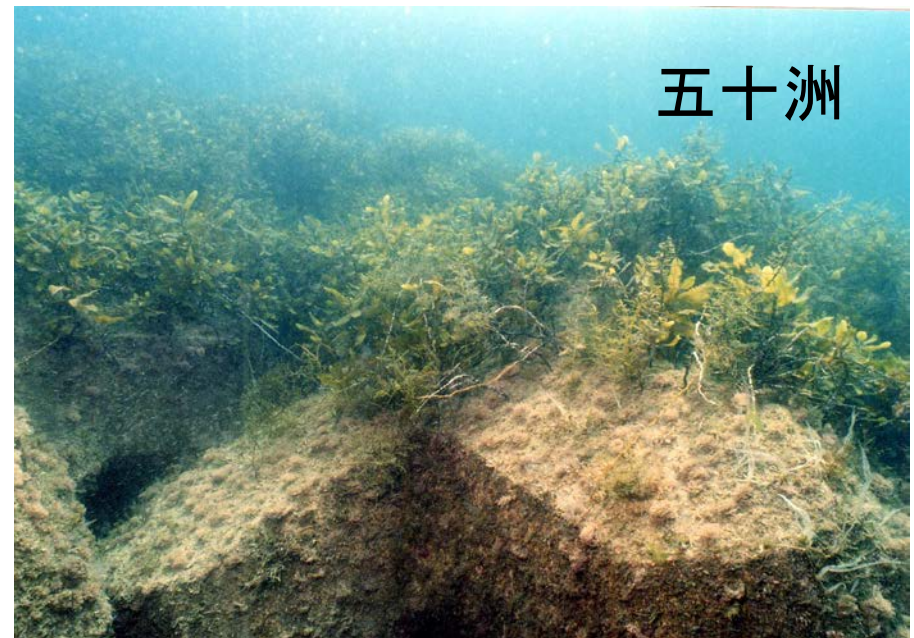




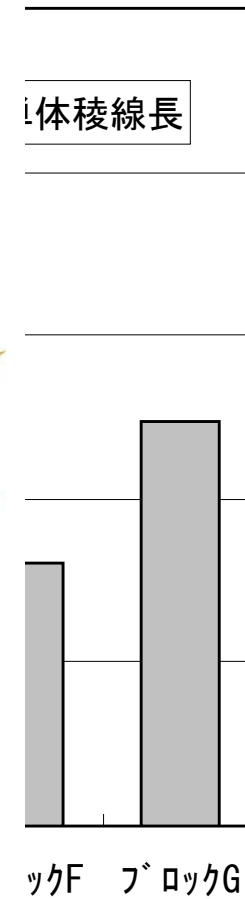
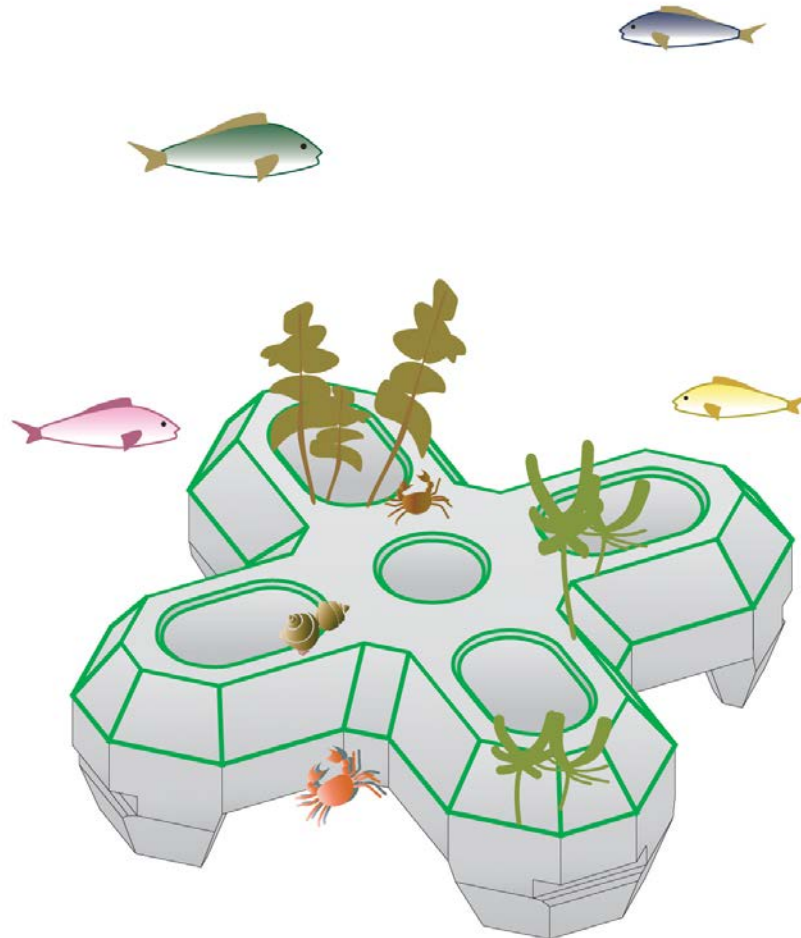
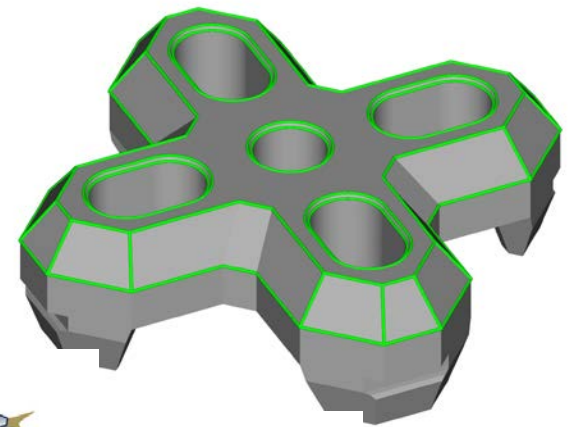
環境との共生

ホンダワラ類の着生促進

ホンダワラ類の幼胚は斜面を転がる
→ 上向き、緩やかな傾斜の面に着生が多い



環境との共生

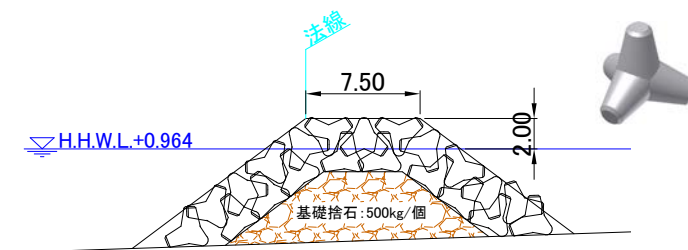


環境負荷の推定

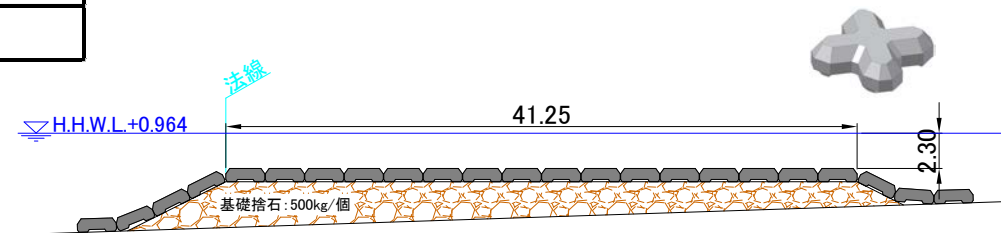
海岸構造物の試設計

構造形式		離岸堤	人工リーフ
構造条件	設置水深：h (m)	6.16	
	潮位(m)	H.H.W.L.+0.964	
	天端高(m)	+2.00	-2.30
波浪条件	設計波高：H(m)	4.50	
	周期：T(sec)	10.4	

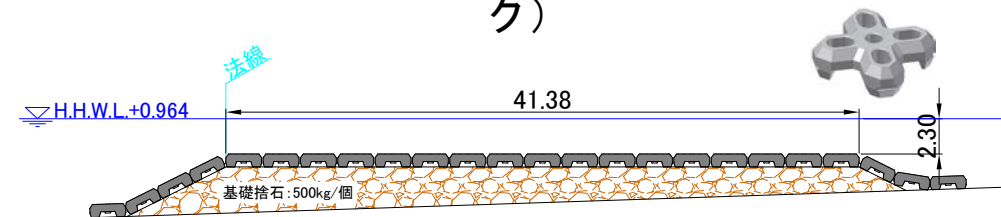
何れの構造物とも
波高伝達率=0.31



a) 離岸堤（消波ブロック）



b) 人工リーフ（従来の被覆ブロック）



c) 人工リーフ（ペルメックス）

環境負荷の推定（工費）

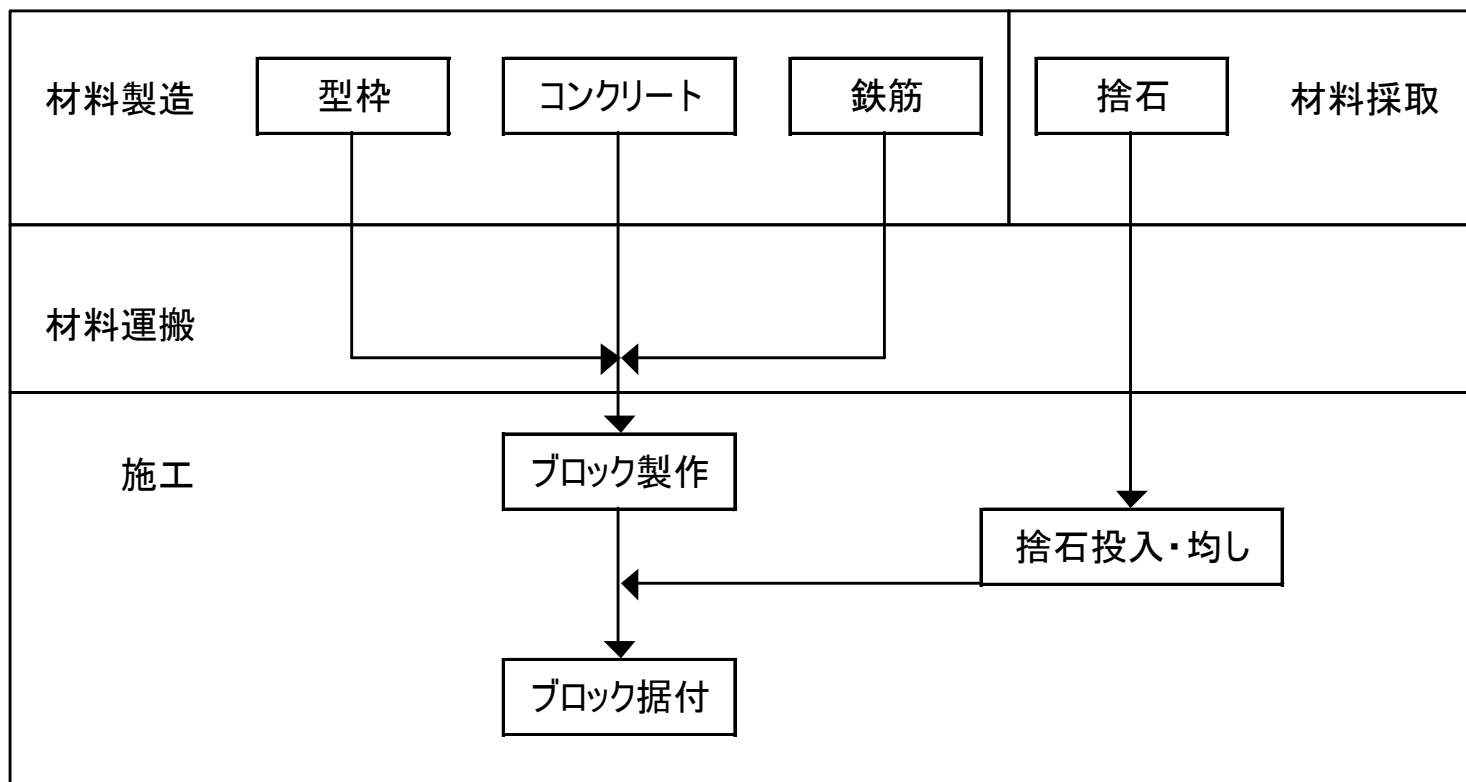
最も経済的

単位：千円/100m当り

構造形式	離岸堤	人工リーフ	
	既存消波ブロック	既存被覆ブロック	新型被覆ブロック
ブロック工	118,621	97,119	73,997
ブロック製作	73,689	53,638	47,921
ブロック据付	44,932	43,481	26,076
基礎工	43,093	93,890	94,990
捨石投入	35,776	75,236	76,253
捨石均し	7,317	18,653	18,737
総概算工費	161,714	191,009	168,987

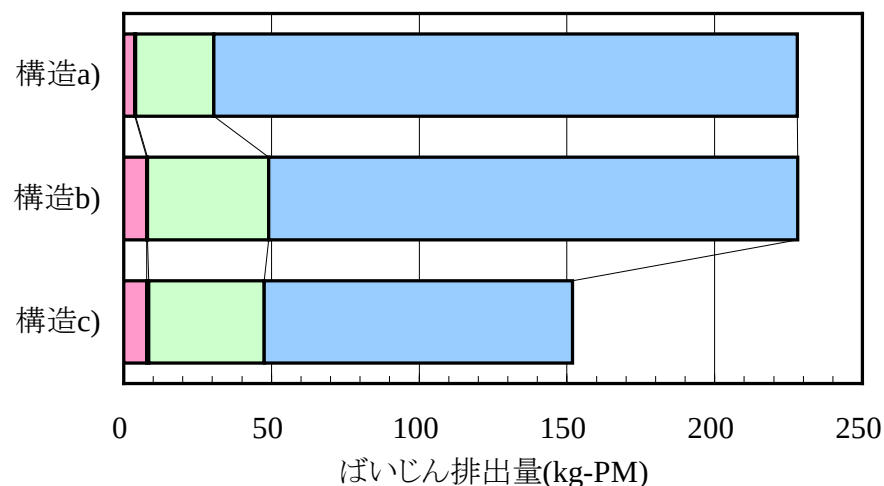
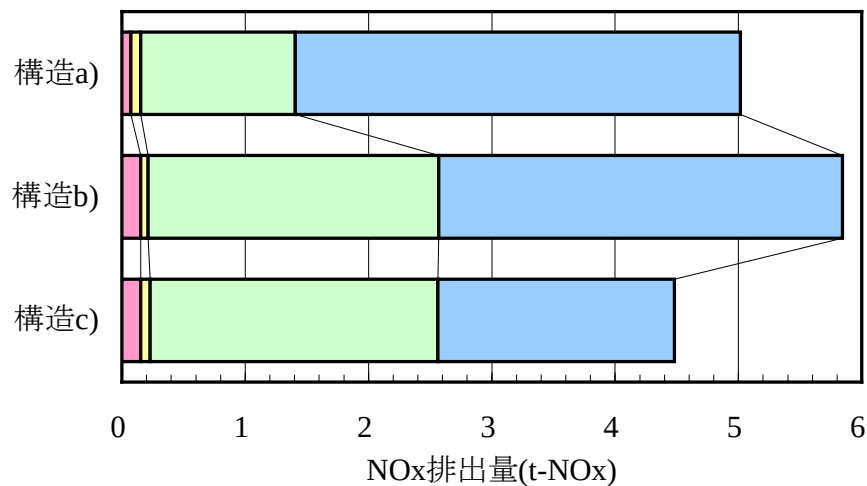
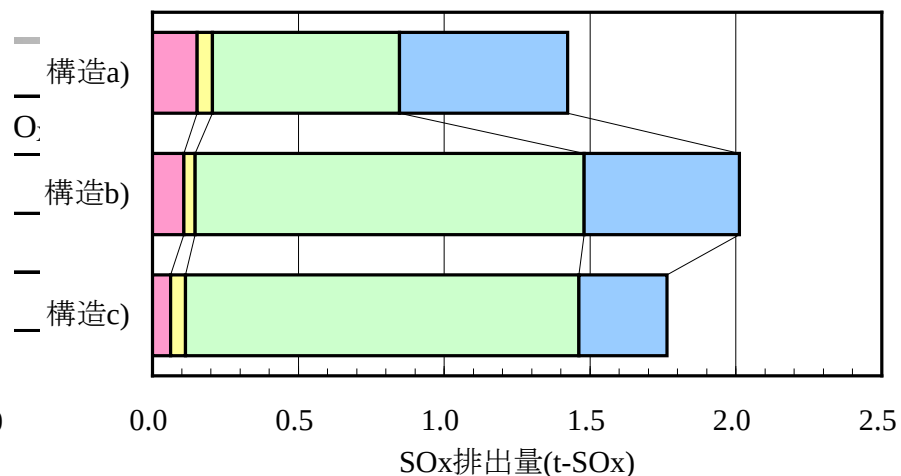
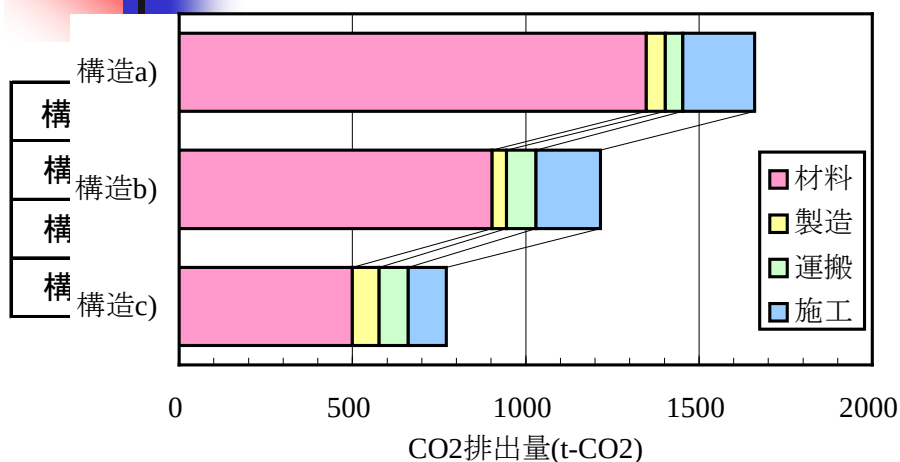
総工費10%低減

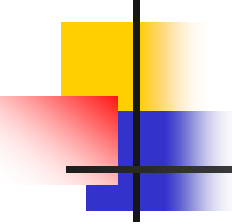
環境負荷の推定（算定範囲）



※使用機械・船舶等も含む

環境負荷の推定（算定結果）





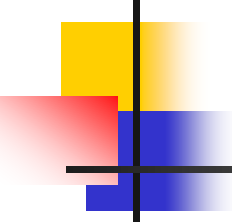
まとめ：特徴および現地への適用性

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。
- ・同一の設計条件における所要質量
(従来の被覆ブロックに対して)

◎混成堤マウンド：1／1.5～1／2.5

◎人工リーフ：1／3.5～1／8.5



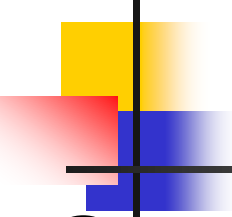
まとめ：特徴および現地への適用性

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。
- ・ 今回実施した試設計によれば、従来の被覆ブロックを用いた場合に対する工費の比率は以下のものであった。

◎ブロック製作・据付費： 50～85%

◎総工費（ブロックおよび捨石）： 65～95%



まとめ：特徴および現地への適用性

③環境との共生

- ・ 海域生物の多様な生育環境を提供する。

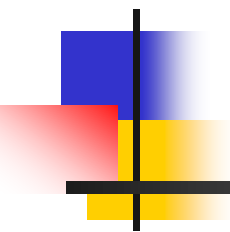
◎海藻等の着生し易い稜線が長い。

◎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。

- ・ 温室効果ガスの発生等環境への負荷を低減する。

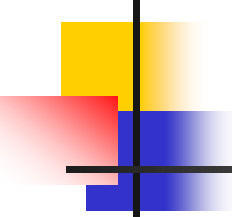
◎従来の被覆ブロックによる場合と比べて、二酸化炭素の発生量を4割程度低減する。





ペルメックス 安定実験

平成21年 2 月
株式会社 不動テトラ



実験条件（混成堤マウンド）

実験縮尺：1 / 5 2

ブロック

	質 量		模型比重	基 本 長	
	現地量 (t)	模型量 (g)		現地量 (m)	模型量 (mm)
ペルメックス	4.070	28.9	2.298	2.340	45.0

実験条件

	現地量	模型量
設置水深 h	15.6m	30.0cm
ブロック天端幅 B	9.45m	18.2cm
ブロック天端水深 d	9.36m	18.0cm
B/L	0.065	
d/h	0.600	
法面勾配	1 : 2	
有義波高 $H_{1/3}$	3.78~8.55m	7.26~16.44cm
有義波周期 $T_{1/3}$	12.6s	1.75s
波長 $L_{1/3}$	145.7m	280.2cm

実験水槽：第二大型断面水槽

第二大型断面水槽



水槽諸元

：長さ50m×幅1.0m×高さ1.5m

造波機仕様

：ピストン型 (ACサーボモータ駆動)

発生波

：規則波, 不規則波

波浪諸元

：規則波最大波高 $H = 50\text{cm}$

最大有義波高 $H_{1/3} = 30\text{cm}$

実験断面（混成堤マウンド）

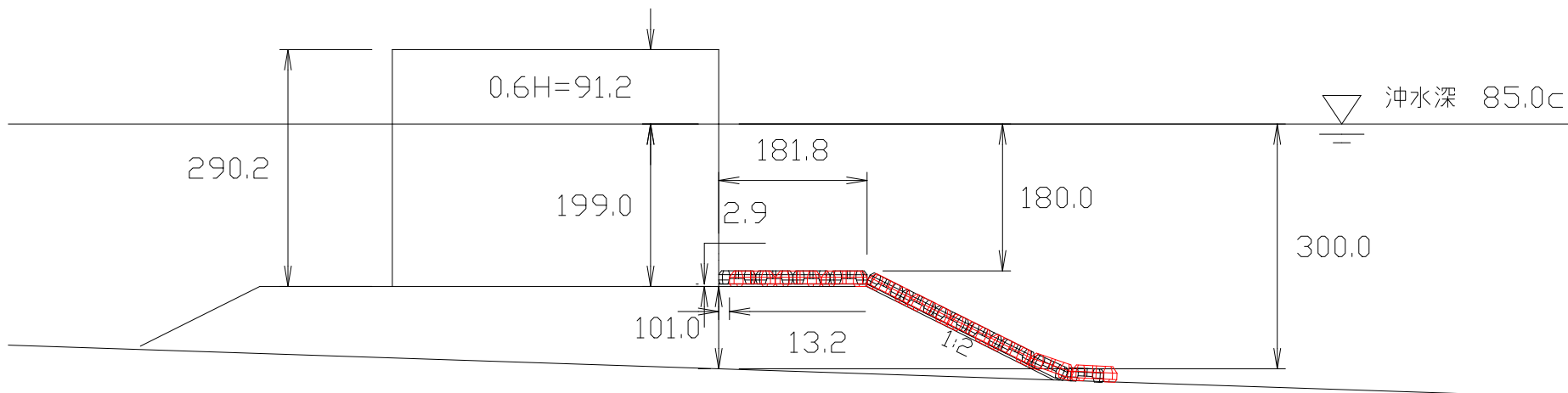
実験断面

()内：模型量 単位：mm

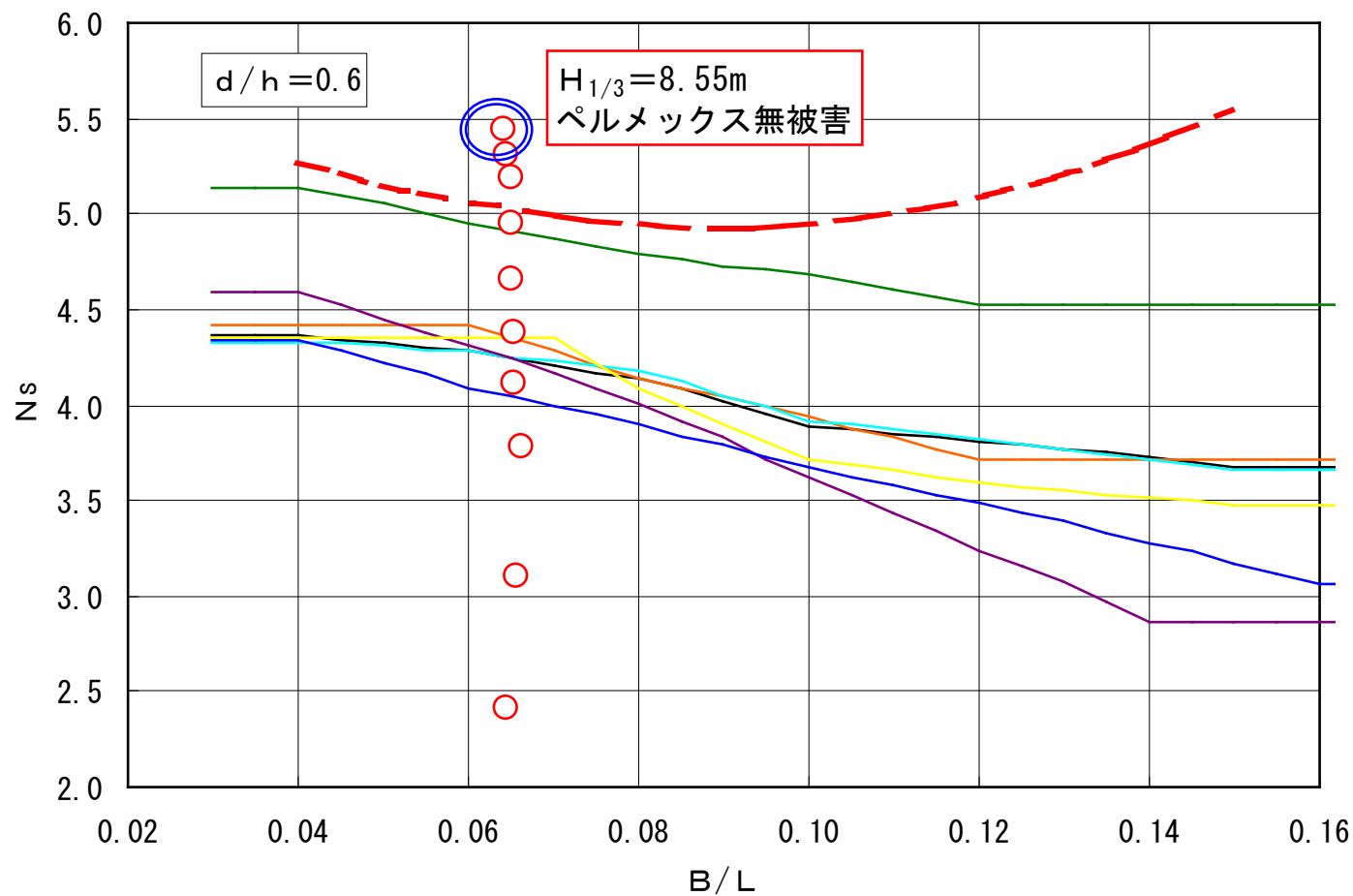
設置水深 $h = 15.6\text{m}$ (30.0cm)

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) $B/L = 0.065$



実験結果（混成堤マウンド）



実験波浪

有義波周期 $T_{1/3} = 12.6\text{s}$ (1.75s)

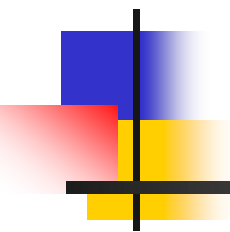
有義波高 $H_{1/3} = 8.55\text{m}$ (16.44cm)

()内：模型量



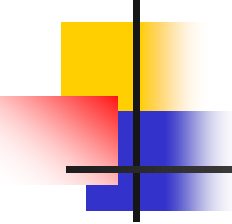
ペルメックス
4.07t





ペルメックス 採用事例

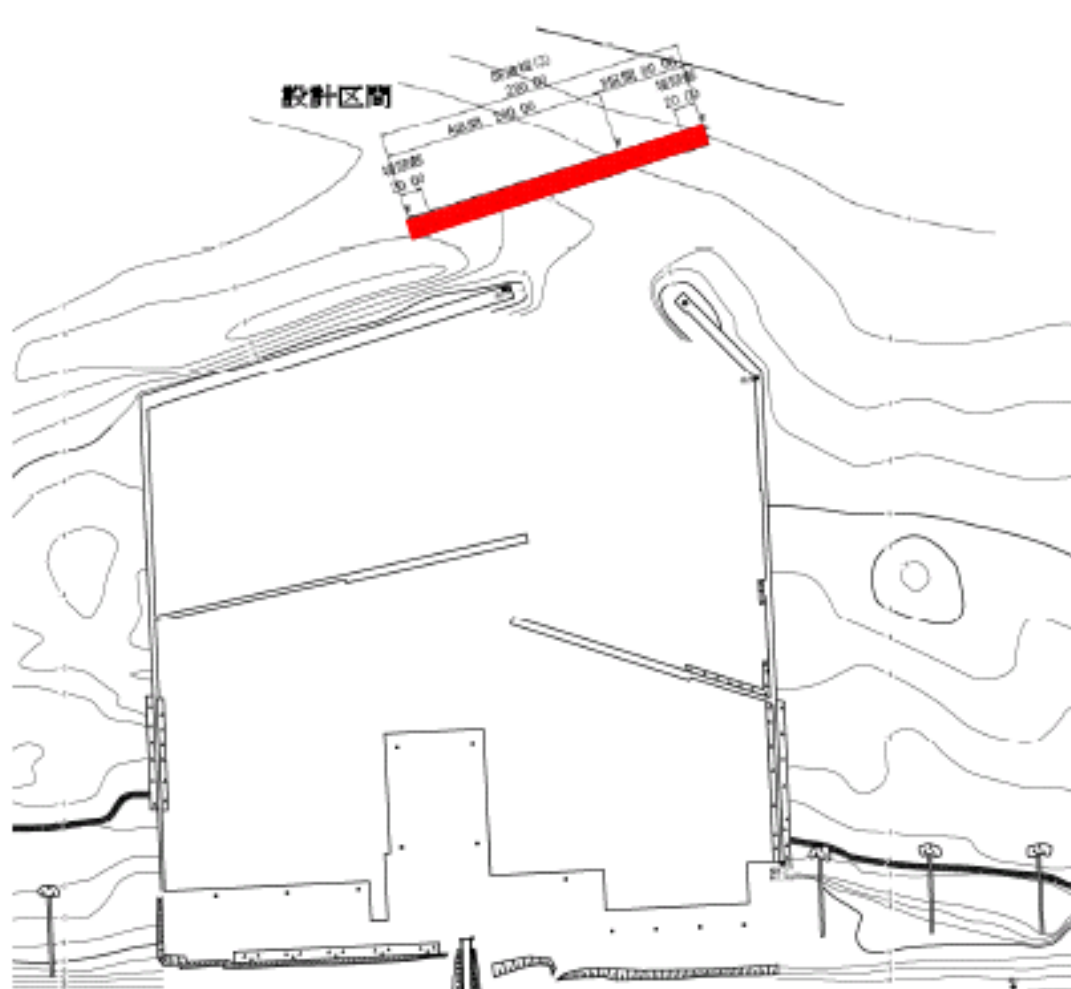
平成21年 2 月
株式会社 不動テトラ



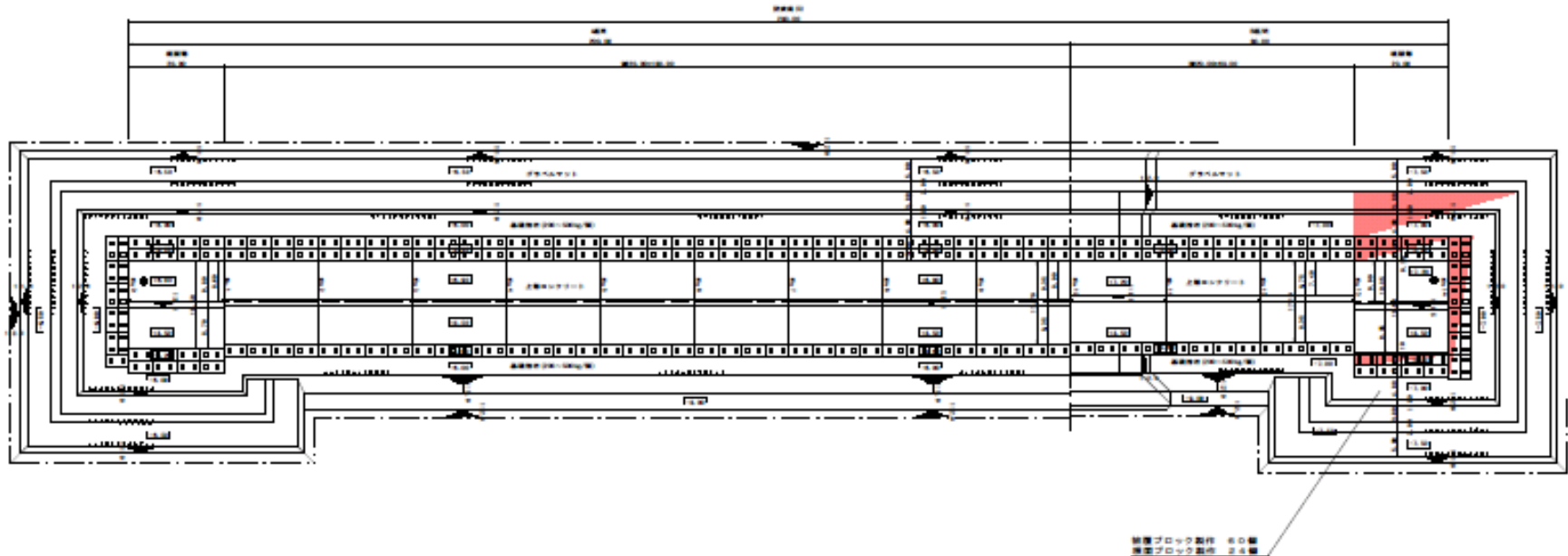
新潟港(東港区)防波堤(3)(南浜)

港湾名	新潟港(東港区)
事業主(発注者)	新潟県
施工場所	新潟県新潟市北区太夫浜
施設名	防波堤(3)(南浜)
採用種別	ペルメックス4t型
採用数量	60個
工期	製作：～平成21年3月15日

新潟港（東港区）防波堤（3）

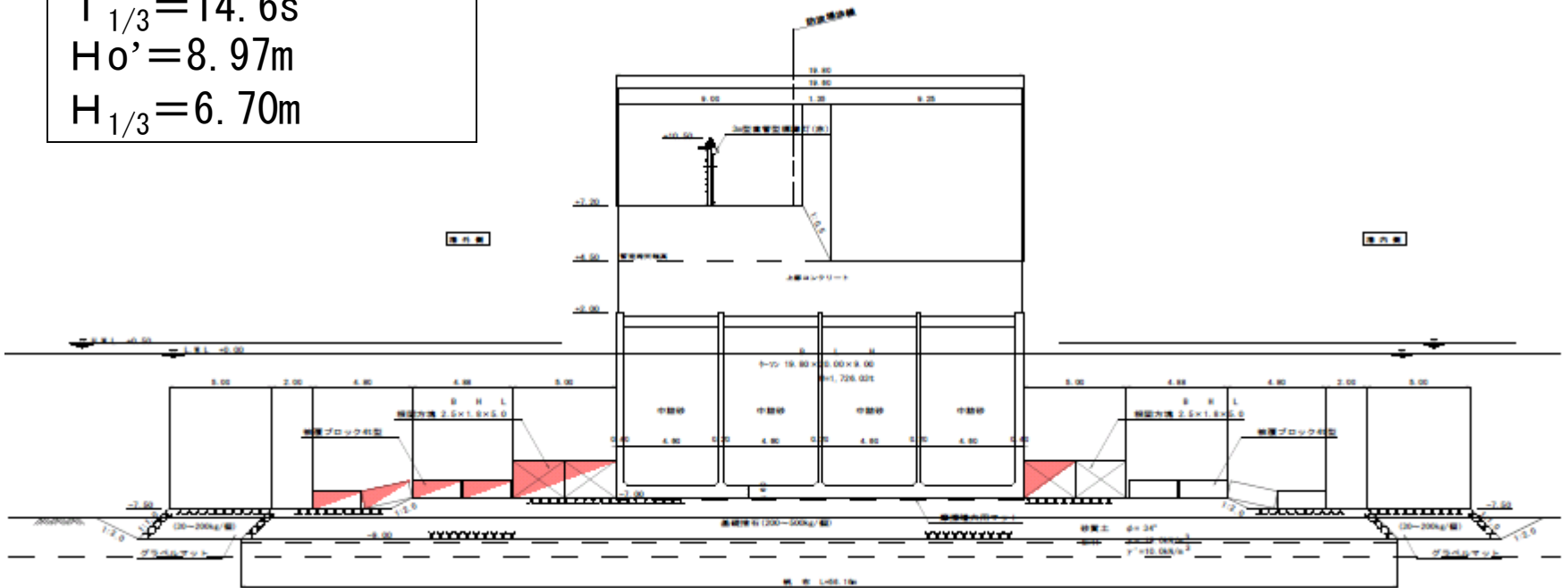


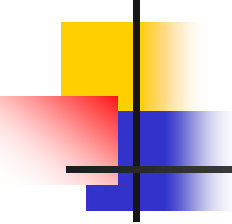
新潟港(東港区)防波堤(3)平面図



新潟港（東港区）防波堤（3）断面図

B 区間堤頭部

$$T_{1/3} = 14.6 \text{ s}$$
$$H_o' = 8.97m$$
$$H_{1/3} = 6.70 \text{ m}$$




越前漁港 城ヶ谷北防波堤

漁港名	越前漁港
事業主(発注者)	福井県
施工場所	福井県丹生郡越前町新保
施設名	城ヶ谷北防波堤 L=30m
採用種別	ペルメックス4t型
採用数量	510個
工期	製作:平成20年11月7日～平成21年3月6日(120日)

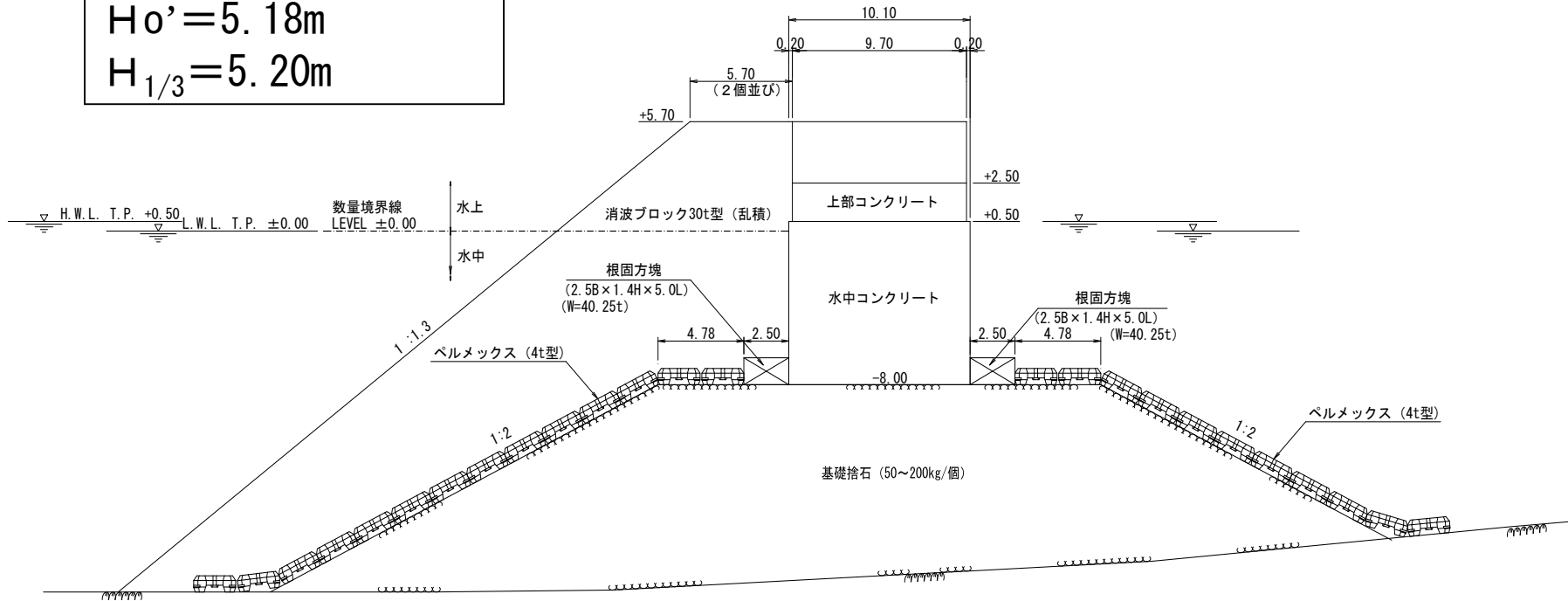
越前漁港

越前漁港 城ヶ谷北防波堤



城ヶ谷北防波堤 標準断面図

$$T_{1/3} = 11.9s$$
$$H_{o'} = 5.18m$$
$$H_{1/3} = 5.20m$$



施工状況



型枠組立



型枠組立

施工状況



打設状況



脱型・転置

施工状況

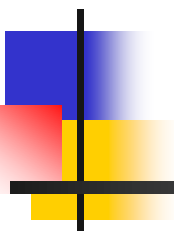


出来形



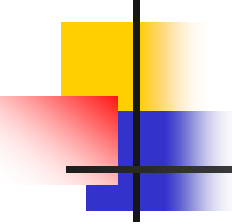
仮置状況





ペルメックス 安定実験 ー超大縮尺実験(混成堤マウンド)ー

平成21年 2 月
株式会社 不動テトラ



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

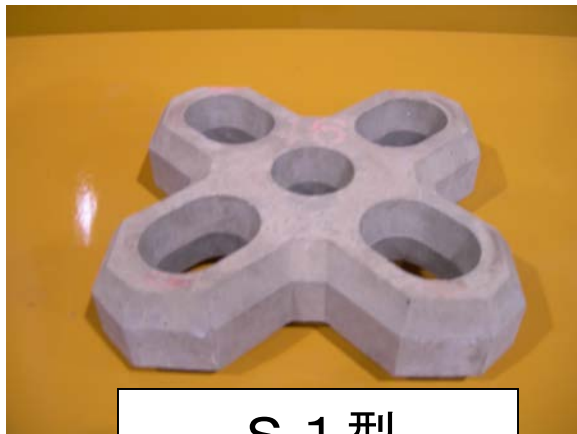
根固方塊

20.4t (43kg)

27.5t (58kg)

ブロック模型：

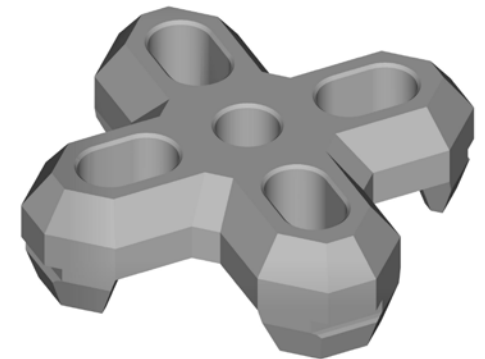
- ・ 開発段階のもので，開口部のサイズ，配置は
ペルメックスと同一
- ・ ペルメックスはこれらを基に，更に高安定性
となるように改良



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

実験縮尺：1 / 7.8

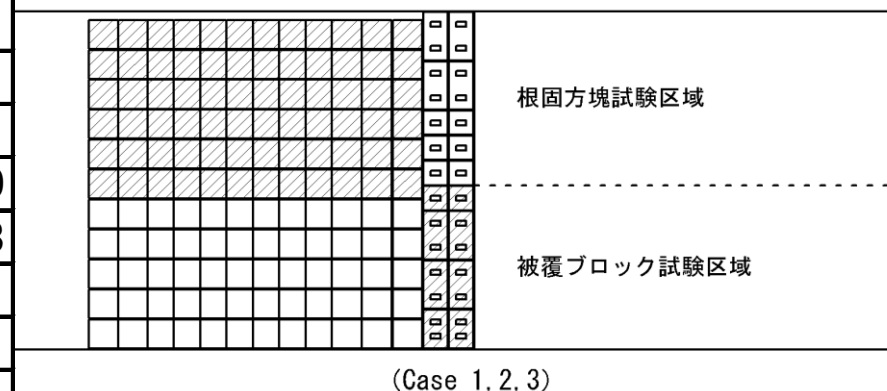
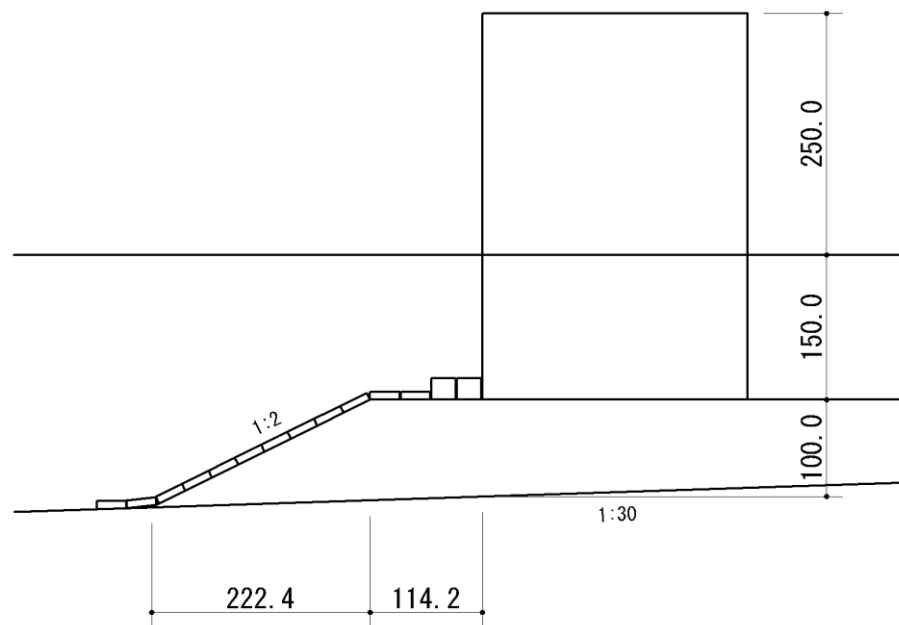
ブロック

：基本長 = 30 cm

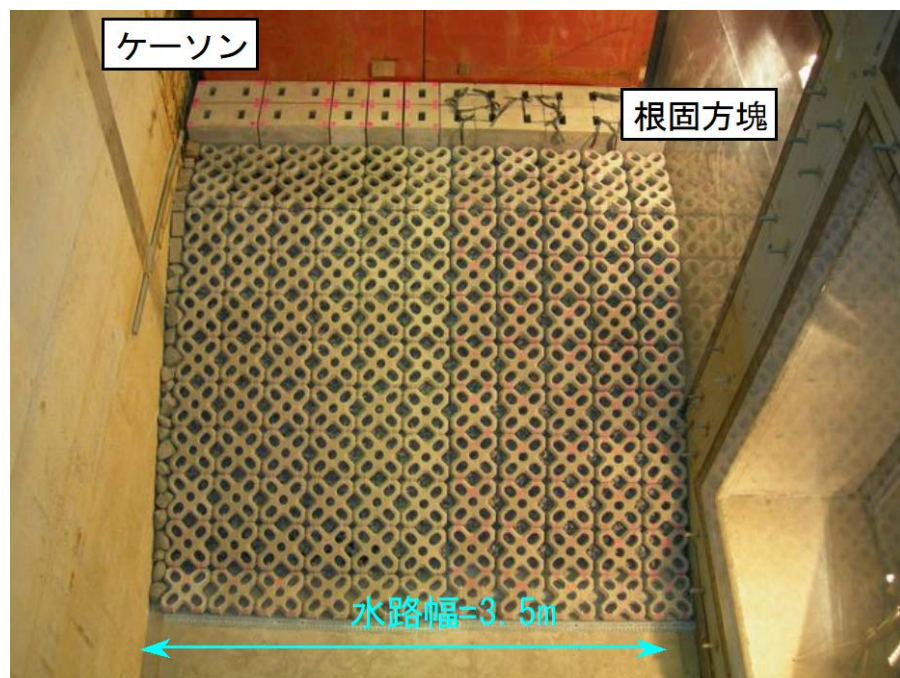
：質量 = 7.80kg, 8.14kg

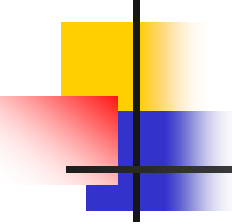
断面諸元

実験条件		備考
実験縮尺	1/7.8	
水深 h (m)	2.5	
マウンド天端水深 h' (m)	1.5	$h' / h = 0.60$
ブロック天端水深 d (m)	1.419	$d / h = 0.568$
マウンド天端幅 B (m)	1.142	
ブロック模型質量 M (kg)	7.80, 8.14	2種類
ブロック模型基本長 (cm)	30.0	



実験断面





実験条件および実験結果

Case	$T_{1/3}$ (s)	安定		被災		備考
		波高 (m)	N s	波高 (m)	N s	
1	4.0	7.51	4.94	8.11	5.33	
2	5.0	10.70	7.03	—	—	被災せず
3	4.0	7.83	5.16	8.41	5.55	
4	5.0	7.49	4.55	8.01	4.85	
5	4.0	8.23	5.04	—	—	被災せず
6	3.0	6.99	4.35	8.15	4.99	
7	4.0	6.84	4.20	7.65	4.69	

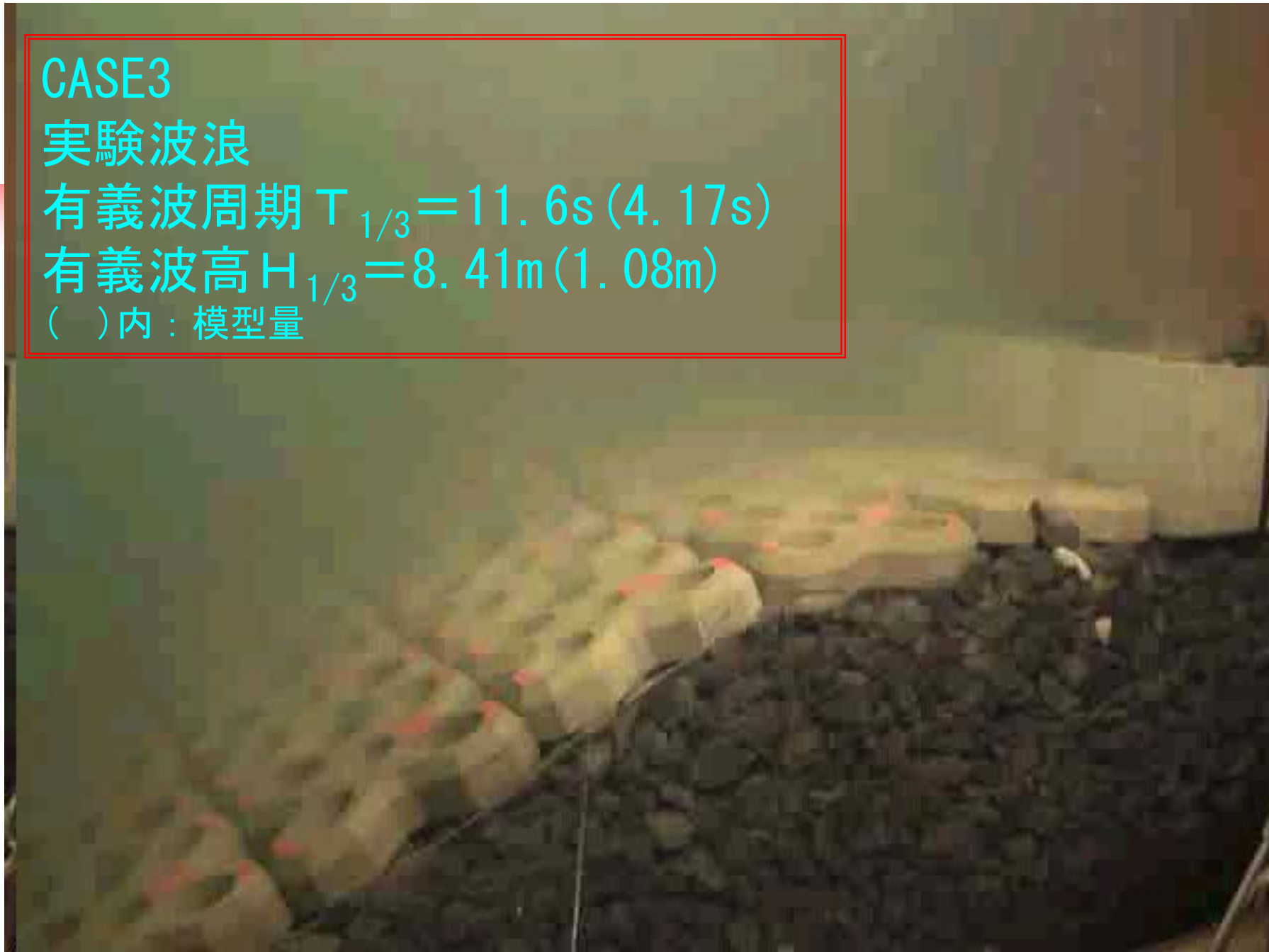
CASE3

実験波浪

有義波周期 $T_{1/3} = 11.6\text{s}$ (4.17s)

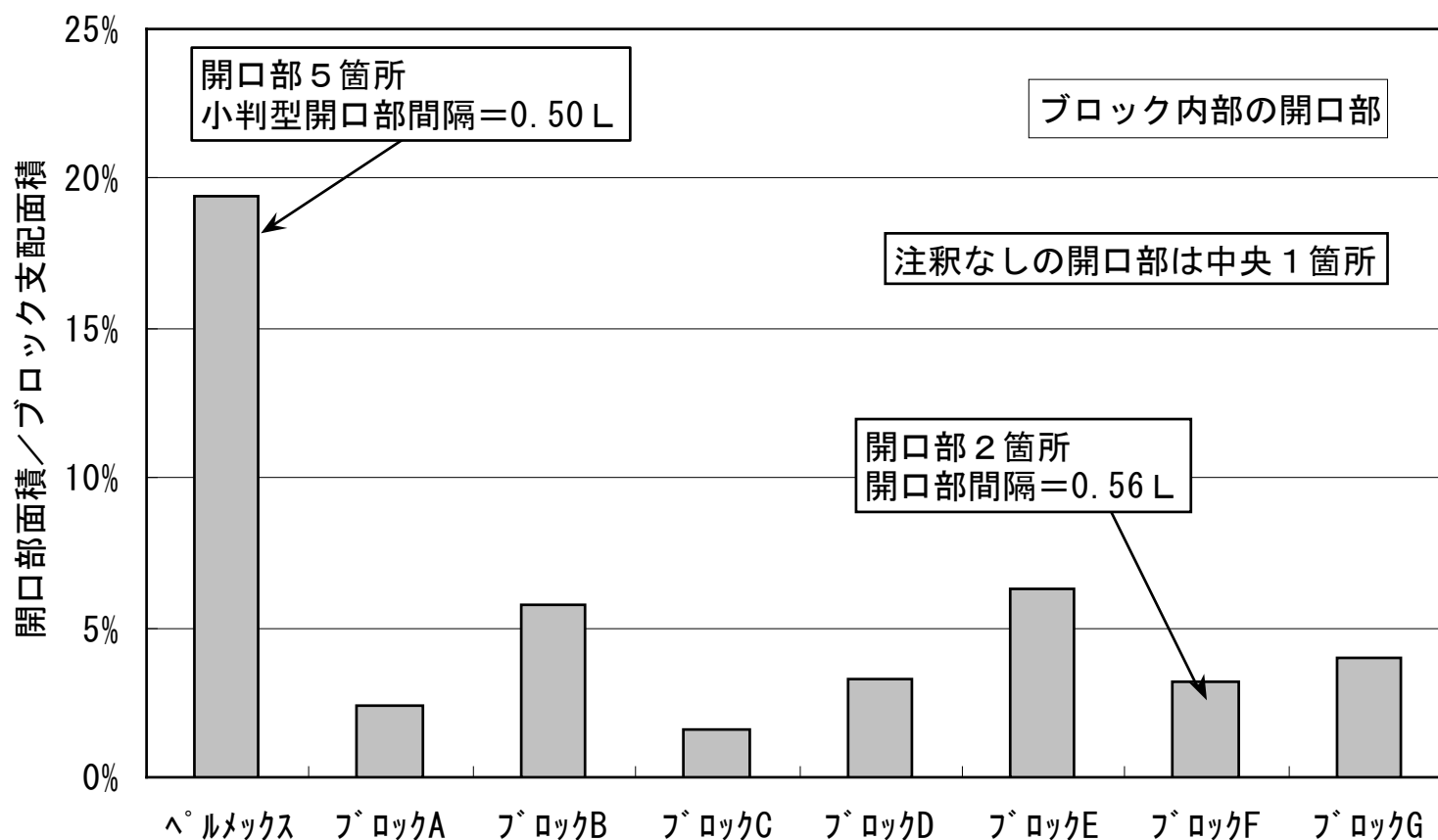
有義波高 $H_{1/3} = 8.41\text{m}$ (1.08m)

()内：模型量

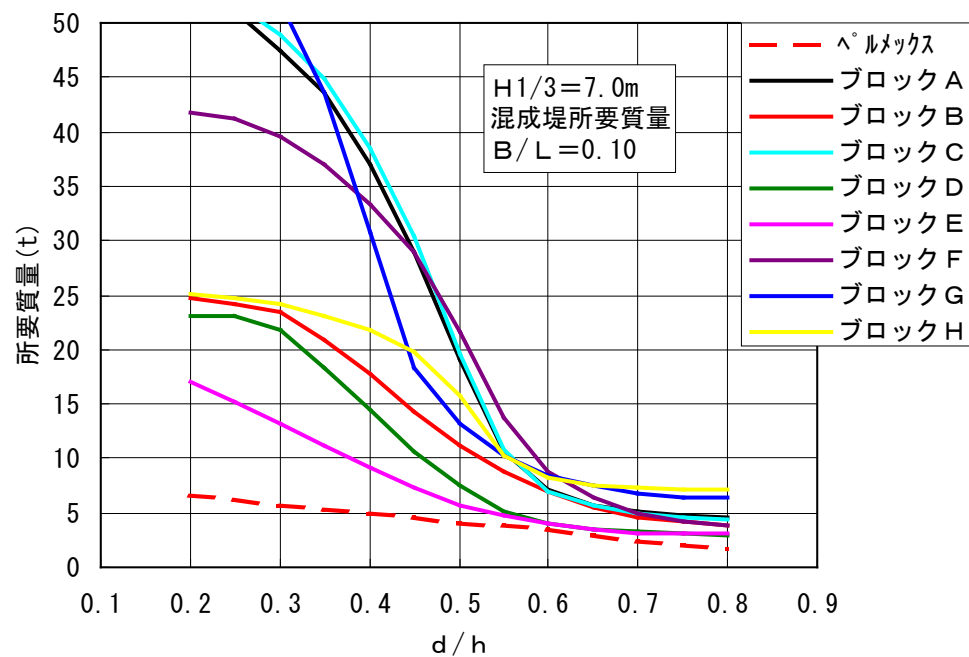
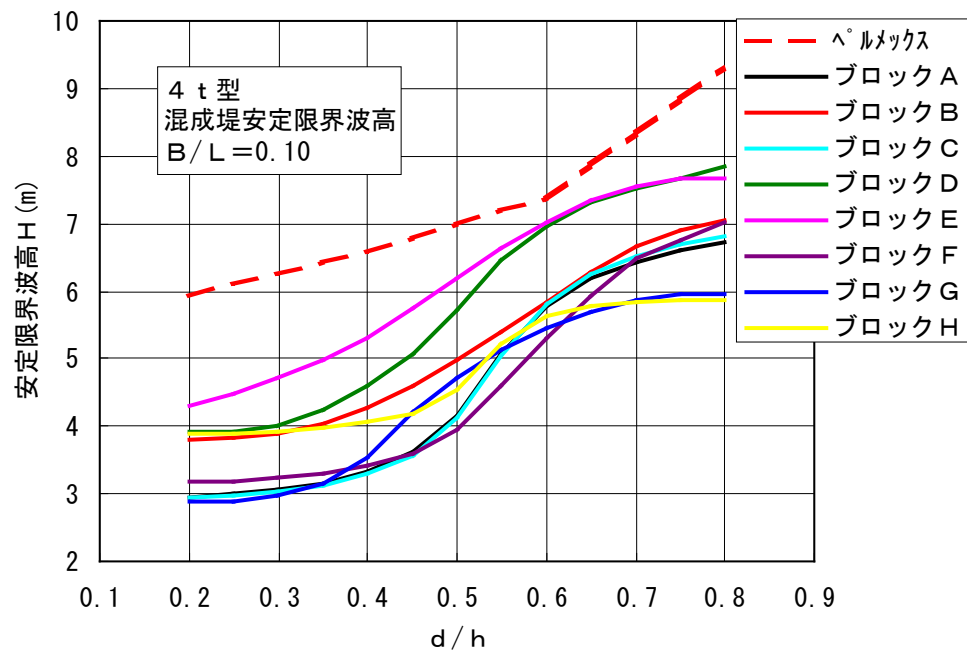
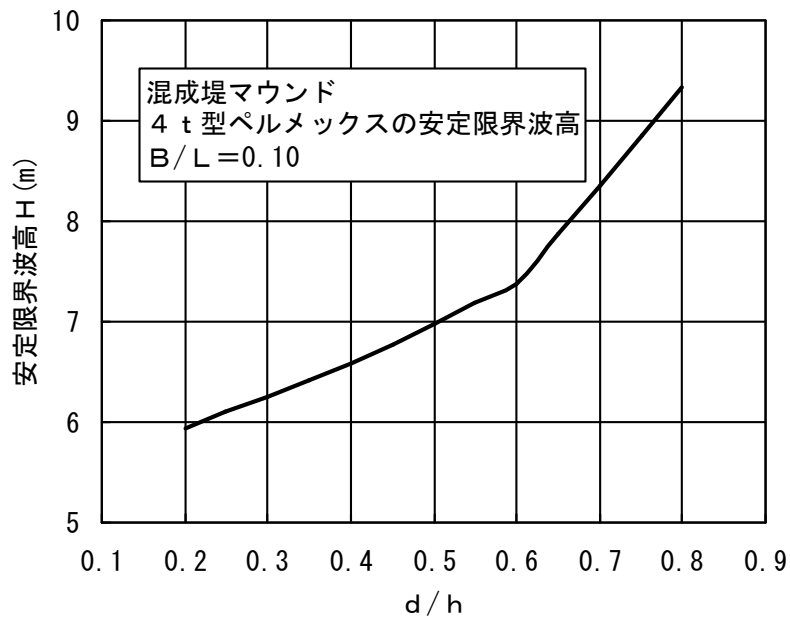




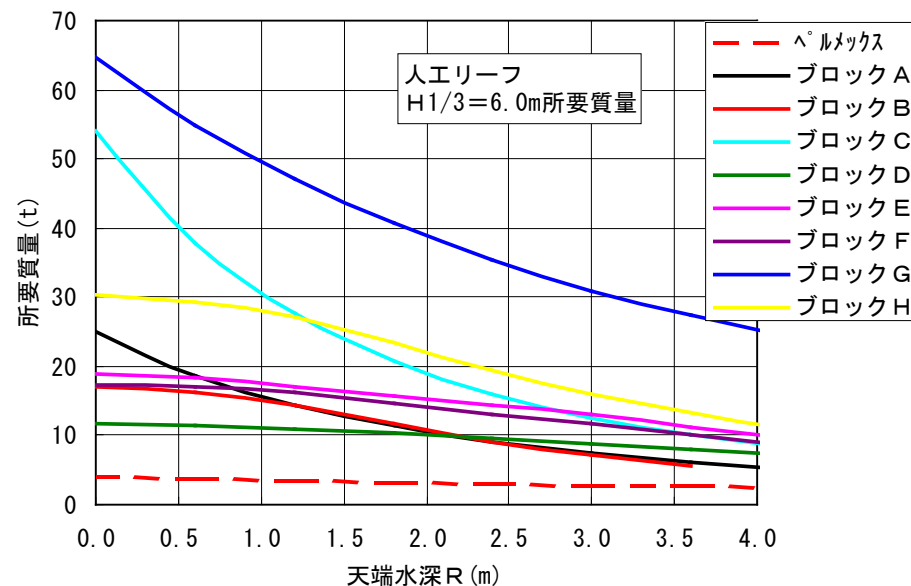
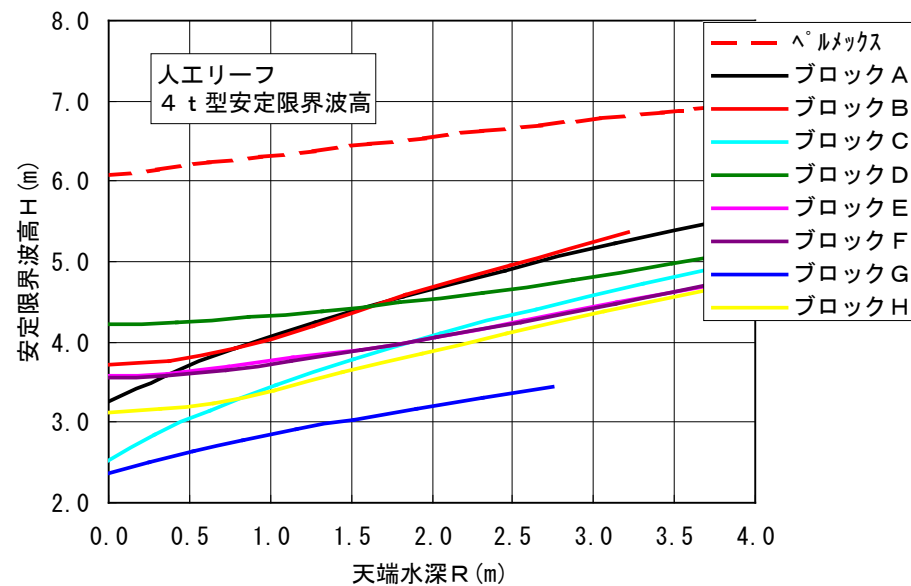
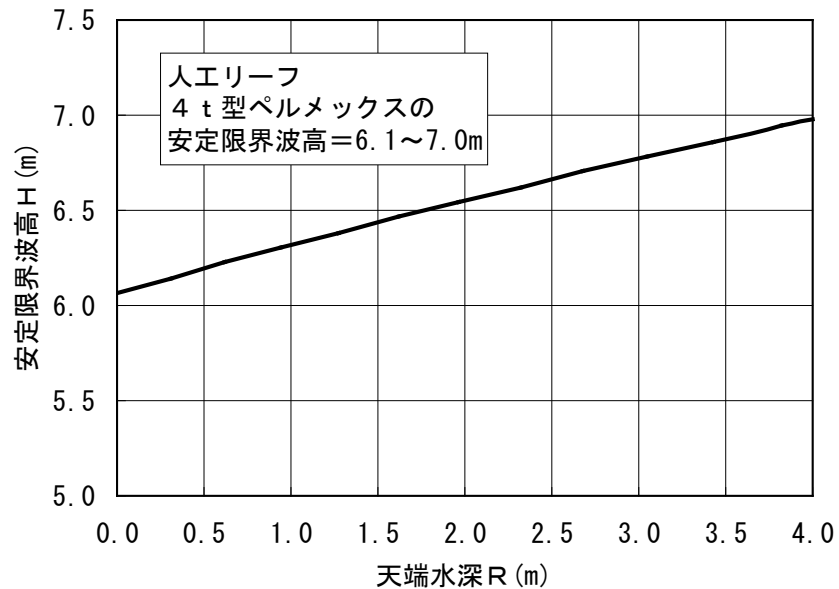
形状設計：従来のブロックとの比較



安定性 混成堤マウン

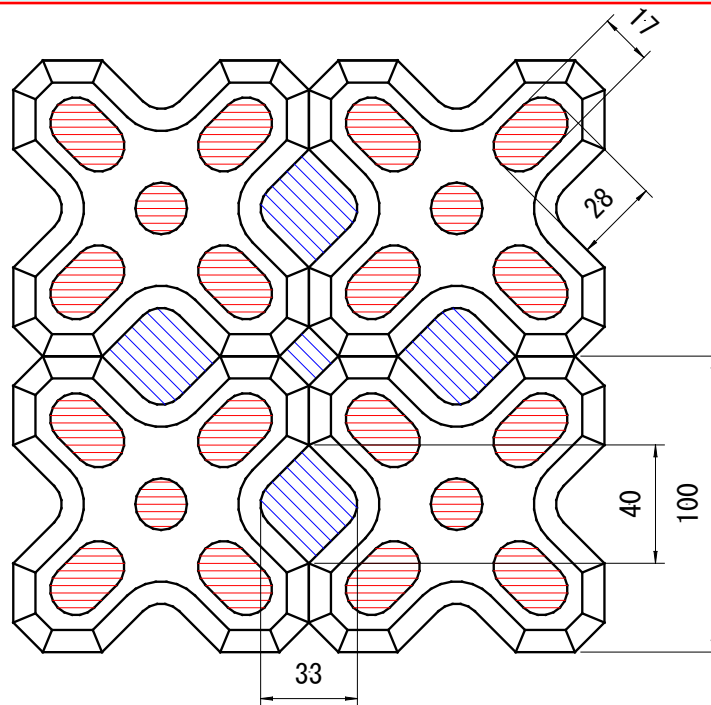
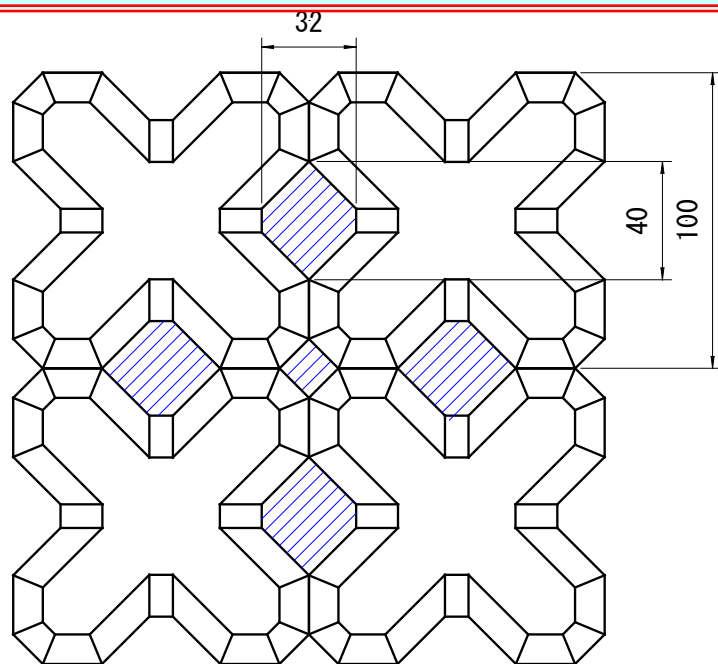


安定性 人工リーフ 4 t



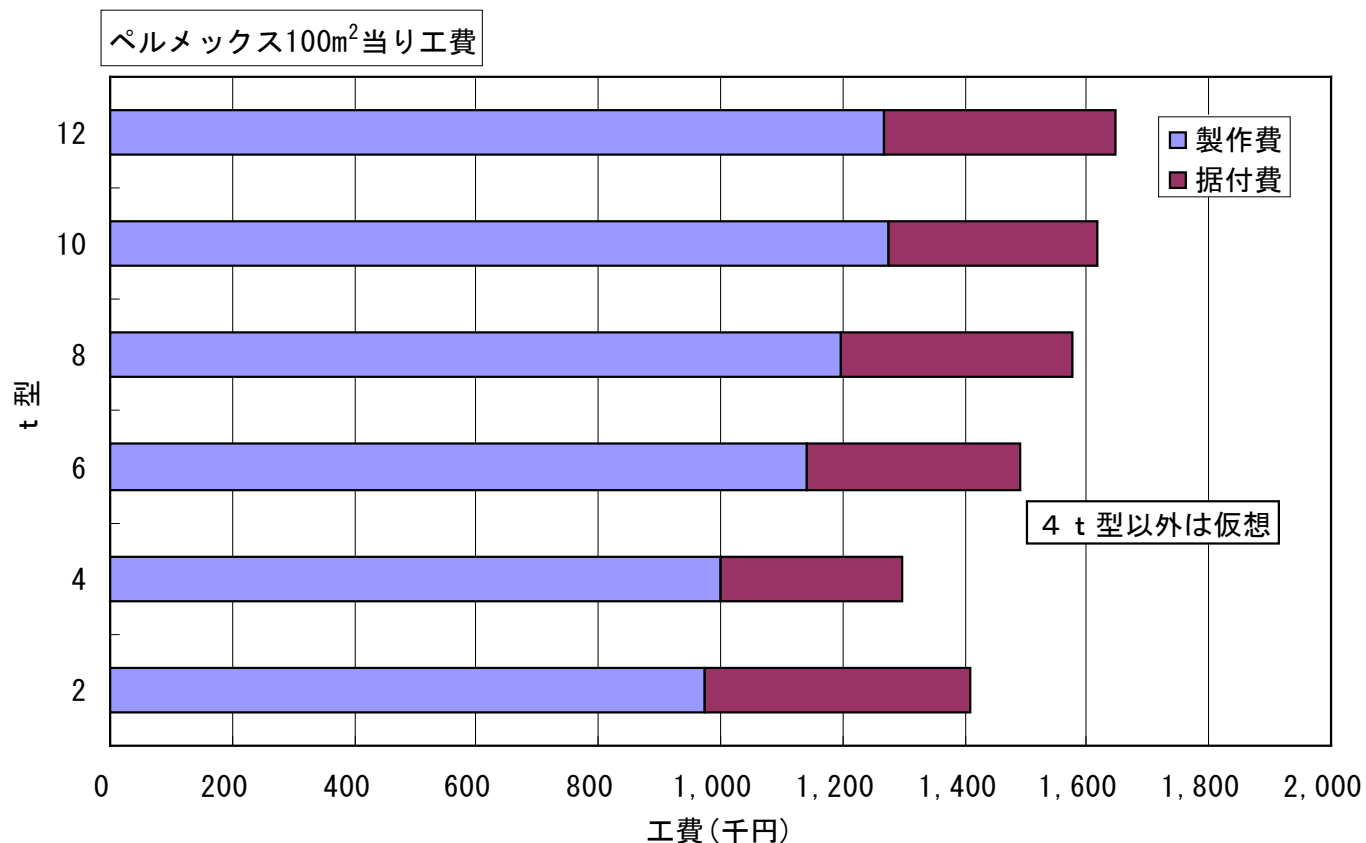
捨石の安定性

- ・ 波高の大きいケースにおいて、捨石の拔出しが僅かに確認された（極めて小さい雑石程度）。
- ・ しかしながら、それによって断面が大きく変形したり、ブロックの安定性に影響するような捨石の変形は見られなかった。



t 型別工費 (4 t 型以外は仮想)

- 被覆ブロックの場合は, 4 t 型が工費最小となる。



かぶり：10cm程度
(鉄筋中心まで)

配筋設計

波力

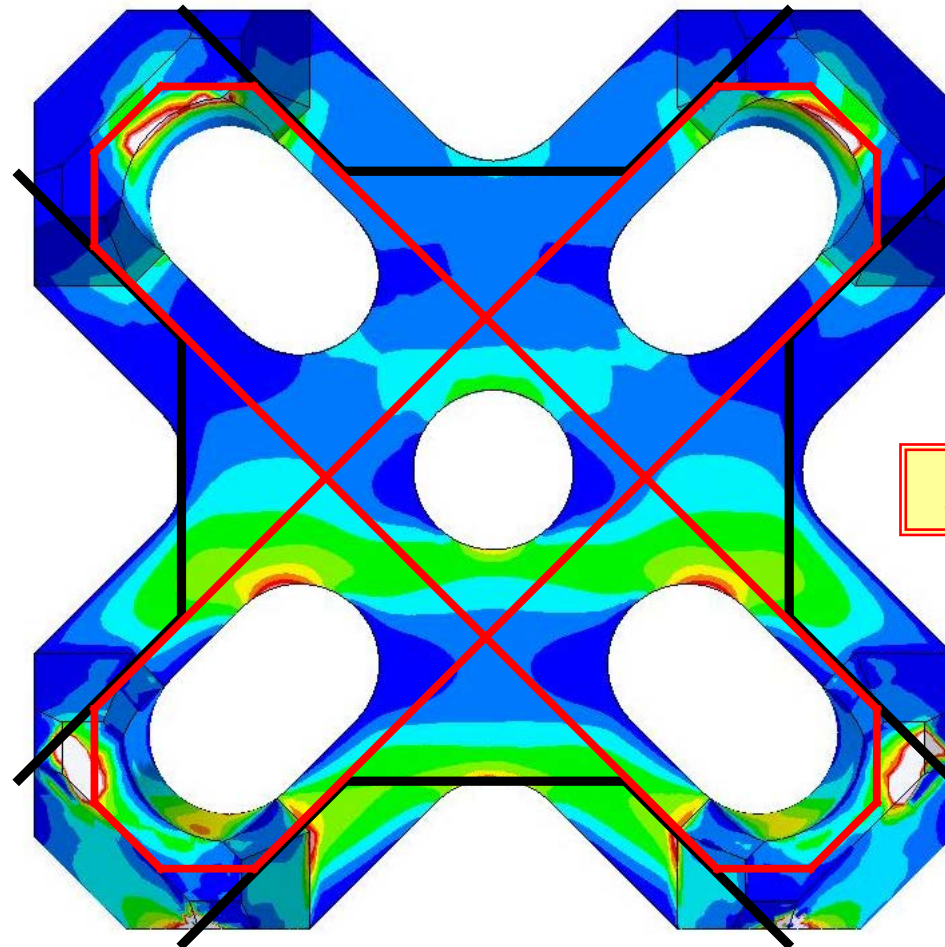
沖側

外力：波力

構造解析

応力度が大
きくなる箇
所の特定

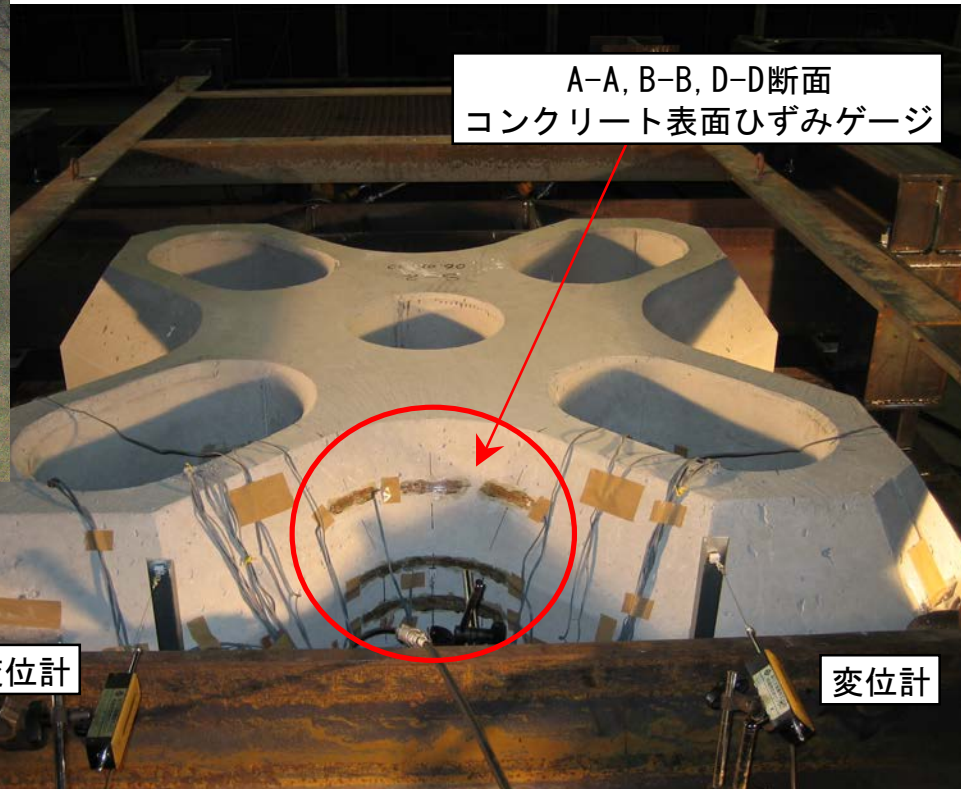
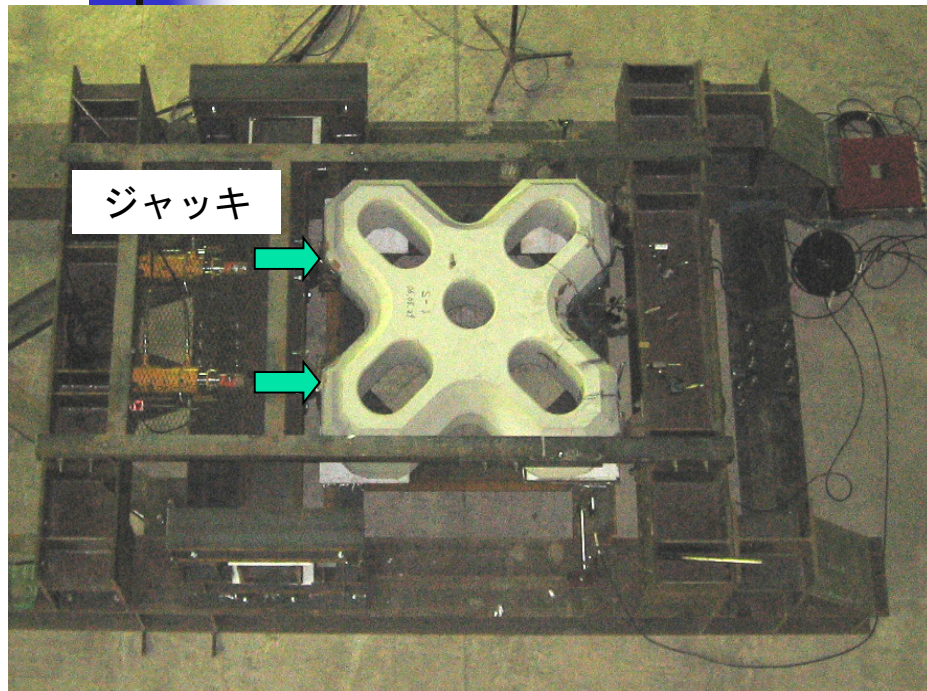
配筋設計



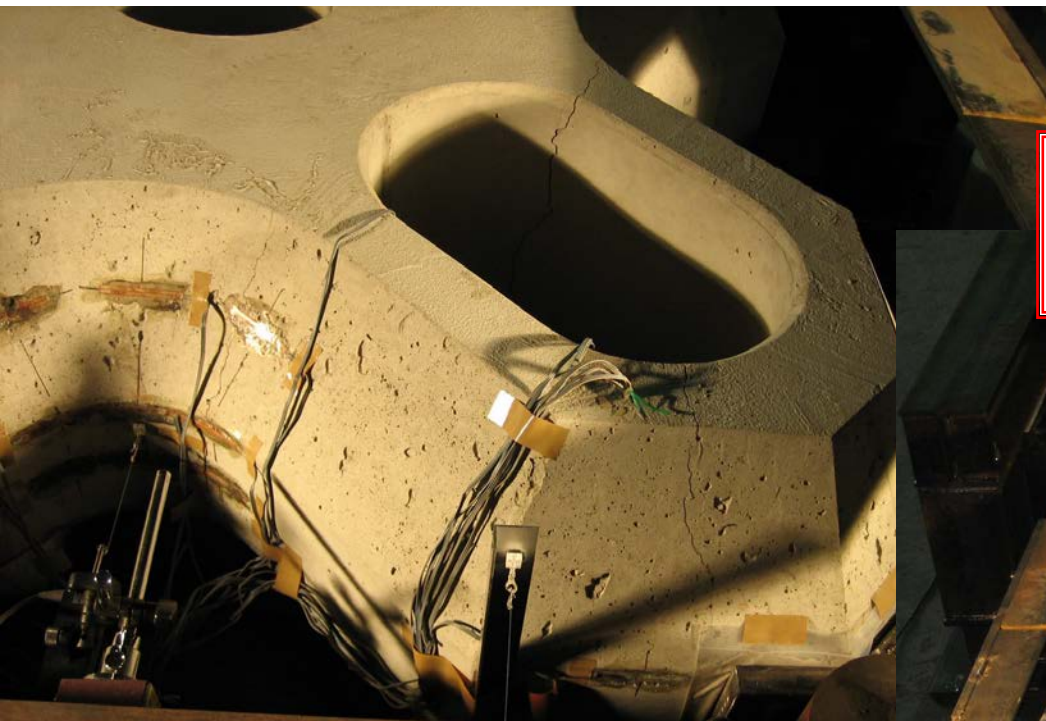
脚にも配筋

岸側

構造実験：実験状況



構造実験：実験状況

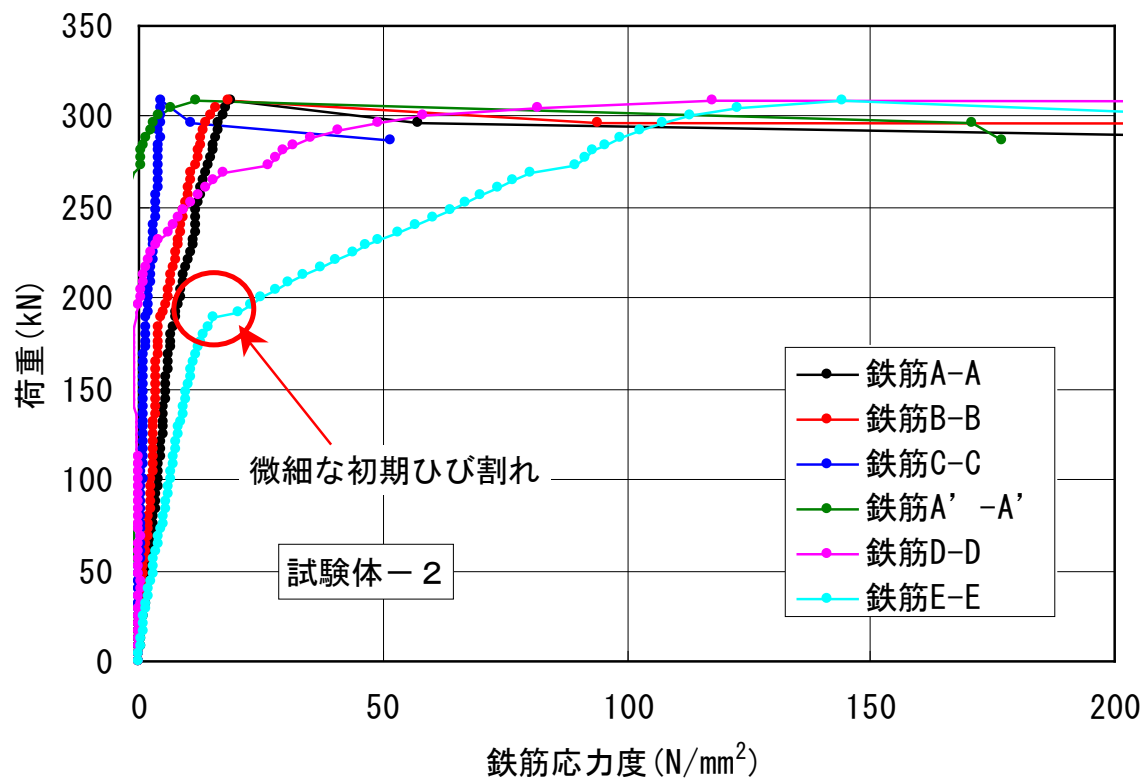
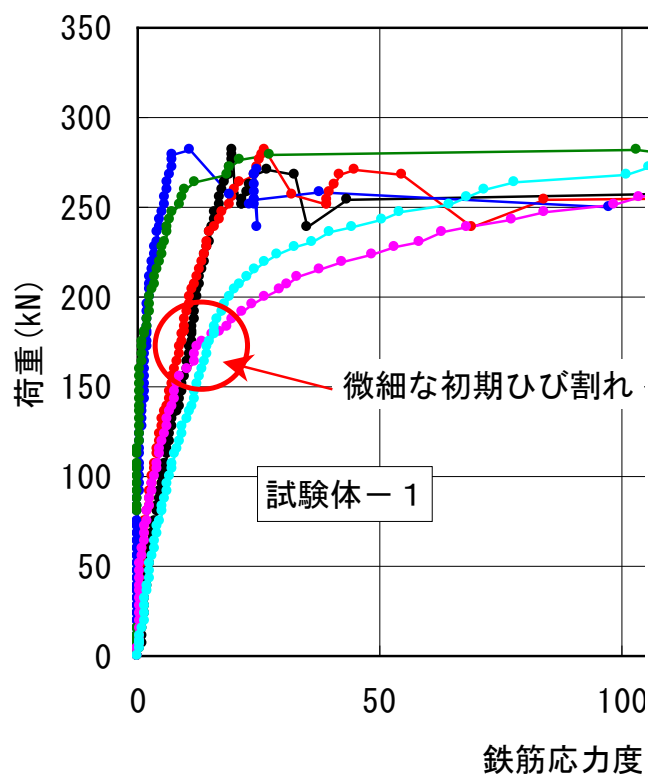
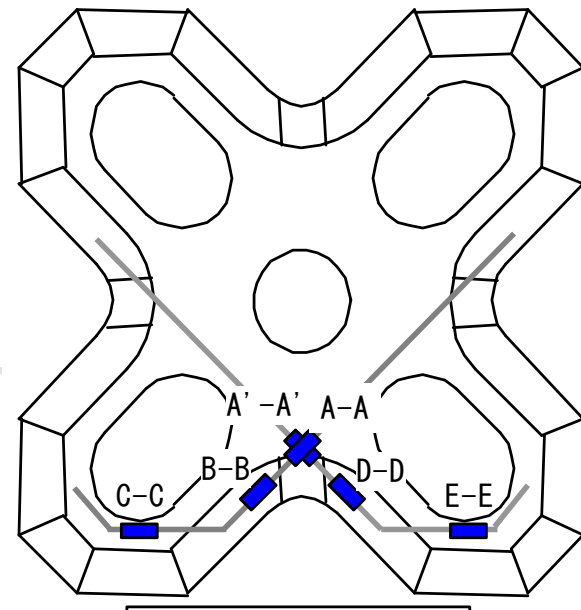


目視で確認したひび割れ
荷重 = 25 ~ 27 t f

実験終了後
最大荷重 = 30 t f



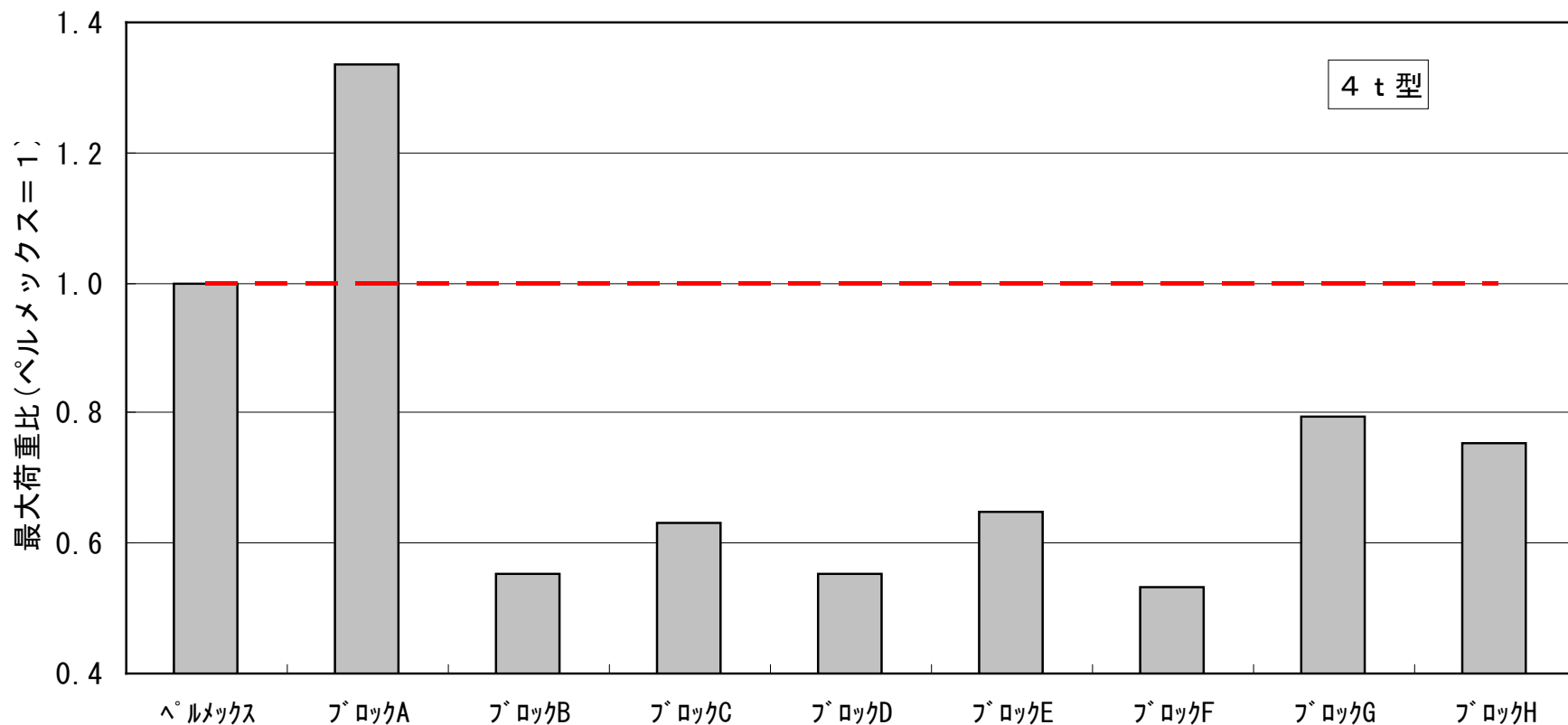
構造実験：実験結果



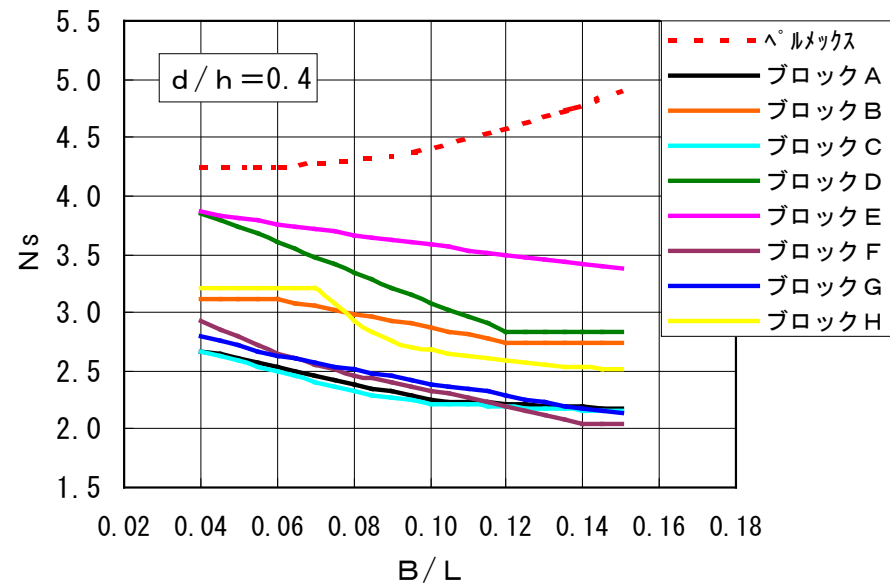
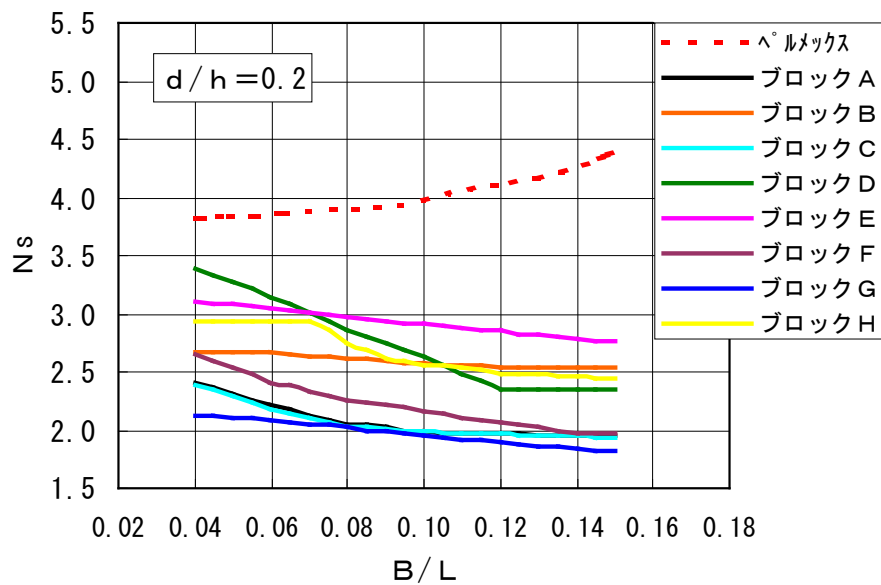
衝突実験



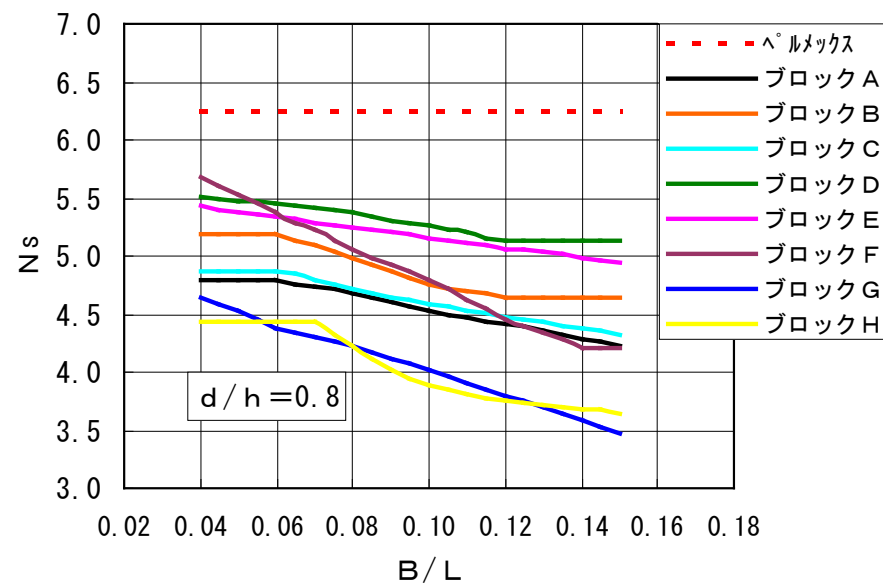
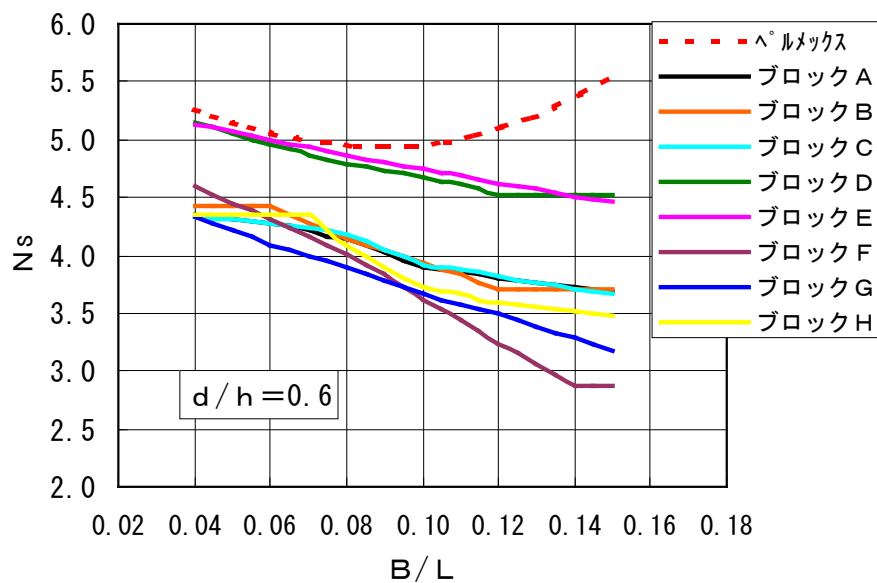
上載荷重に対する強度



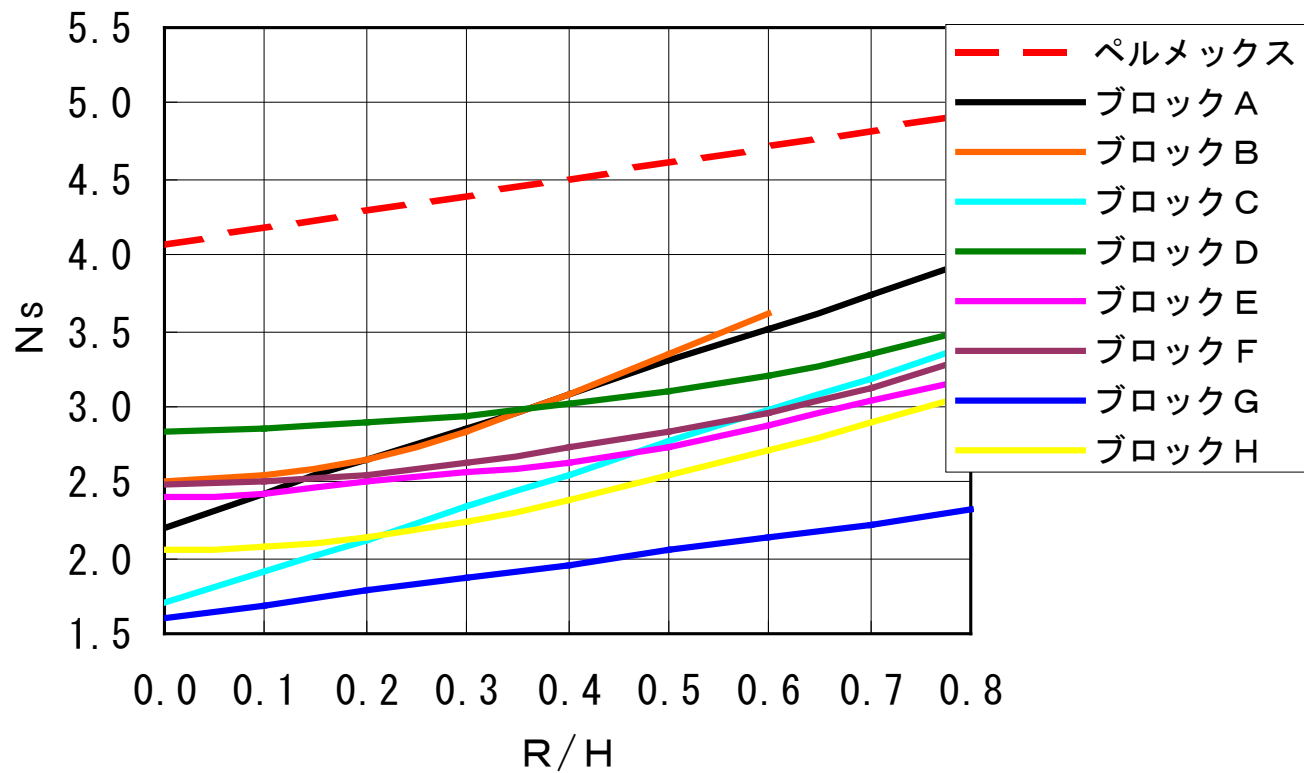
安定性（混成堤マウンド）



安定性（混成堤マウンド）



安定性（人エリーフ）



中子棒



鉄筋



