

一般財団法人 港湾空港総合技術センター
研究開発助成（令和7年度実施）成果報告会

係留式越波対策工の 実現に向けた基礎的検討

助成番号：第15－4号

九州大学大学院 ○山城 賢
東亜建設工業株式会社 武田将英

気候変動による海面上昇 → 越波災害増加



パラペットの嵩上げ



消波工



防波柵

一般的な対策のデメリット

- 高コスト
- 景観の阻害
- 地形や空間の制約

係留式越波対策工

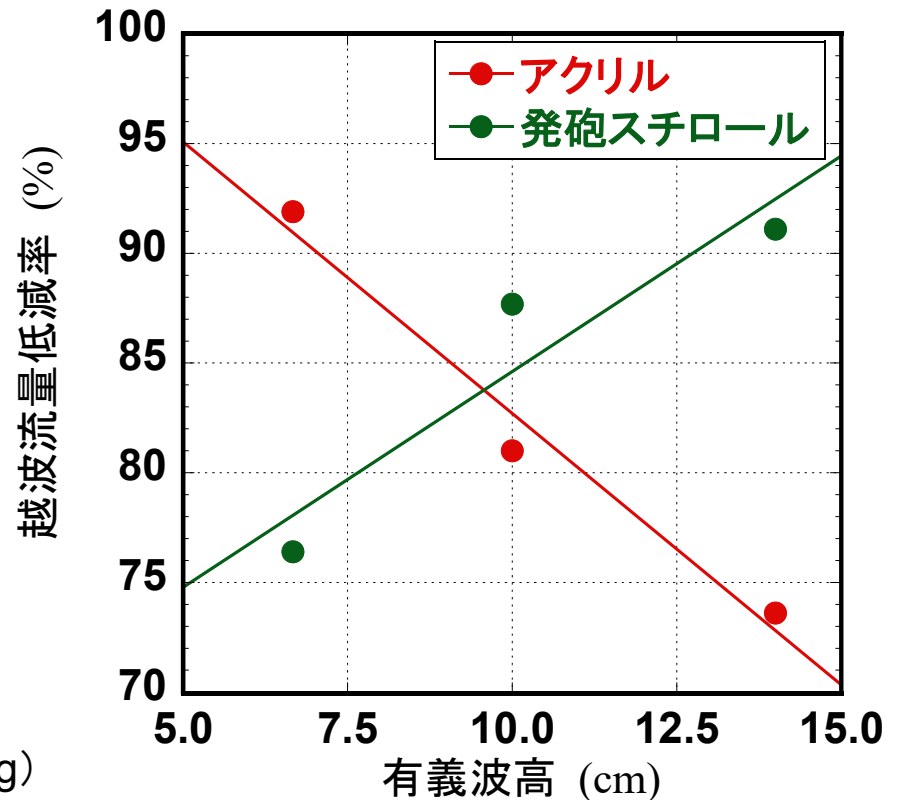
メリット

- 設置，維持管理が容易
- 低コスト
- 陸側からの景色を妨げない

対象と目的

- 小規模な越波
- 許容越波流量内に抑える





・発泡スチロール(38.74g)

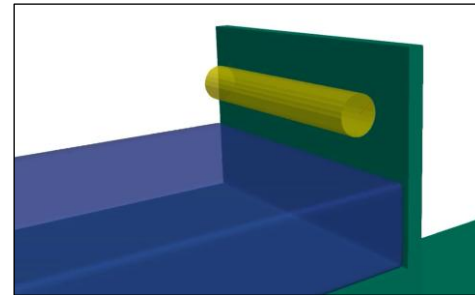
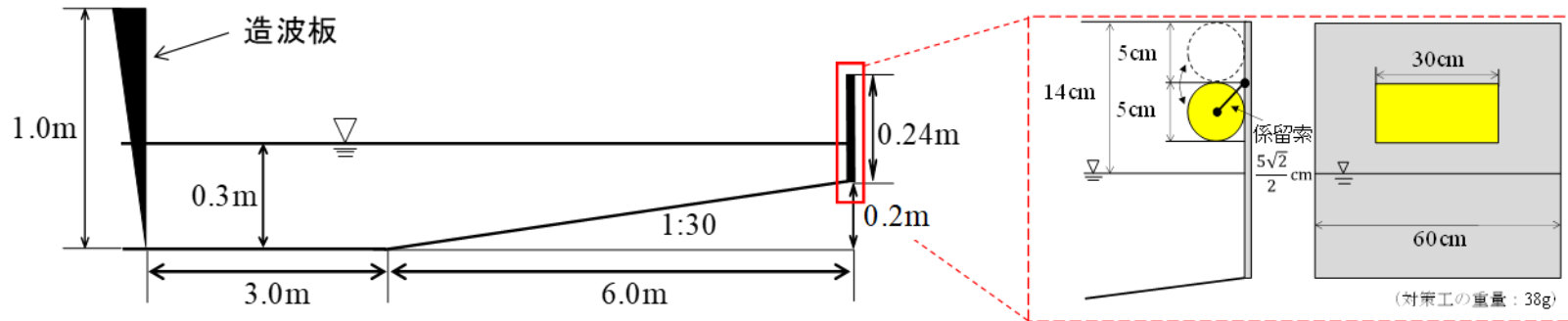
対策工の重さにより低減率が変化

DualSPHysics

- ・粒子法のSPH法がベース(碎波等の大変形や流体と構造物の相互作用を含む場合でも安定して計算が可能)
- ・GPUを用いた計算により、CPU単体の場合と比較して大幅に計算時間を短縮することが可能



・計算領域(3次元シミュレーション)



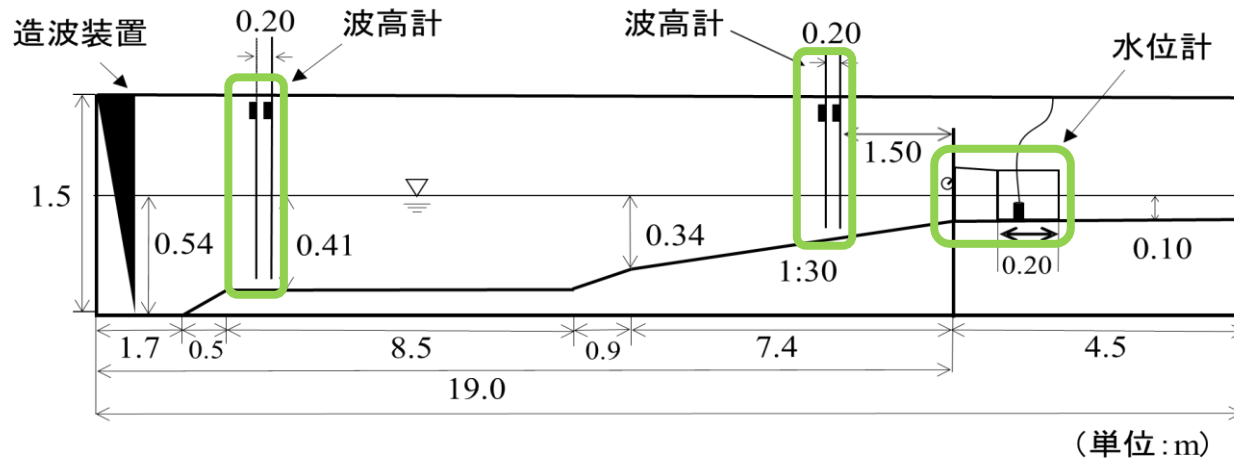
最適条件選定手法の提案

これまでの断面2次元的な検討を継続し，入射波や対策工の条件が異なるデータをさらに追加して，対策工の最適条件の選定手法を提案する。

平面配置に関する基礎的検討

今後，斜め入射波や対策工の配置の影響を詳細に評価するため，平面水槽を用いた水理模型実験と3次元数値シミュレーションに関する基礎的な検討する。

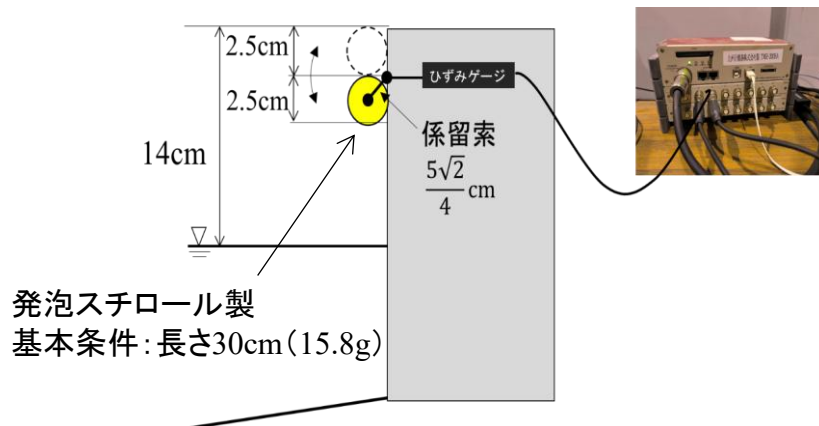
断面2次元造波水路



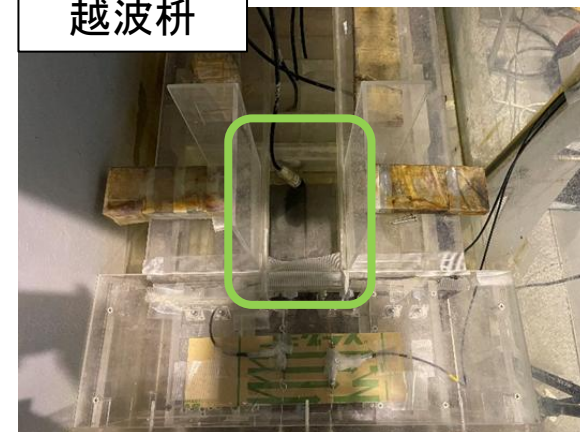
アクリル板(共振の抑制)



模型護岸



越波枘



入射波条件

沖波波高 H_0 : 3.0m, 4.0m, 5.0m
 周期 T : 5.0s, 7.0s, 9.0s

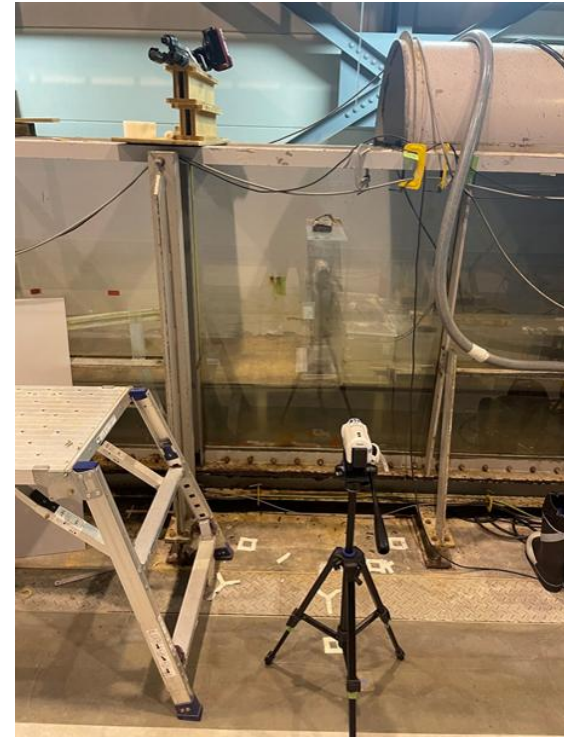
↓ フルードの相似則 縮尺1/45

	$T(s)$	$H_0(cm)$	$H(cm)$
Case1	0.745	6.67	6.59
Case2	1.04	6.67	6.21
Case3	1.34	6.67	6.11
Case4	0.745	8.89	8.79
Case5	1.04	8.89	8.28
Case6	1.34	8.89	8.16
Case7	0.745	11.1	10.98
Case8	1.04	11.1	10.36
Case9	1.34	11.1	10.22

T : 周期

H_0 : 沖波波高

H : 造波装置前での浅水変形を考慮した波高

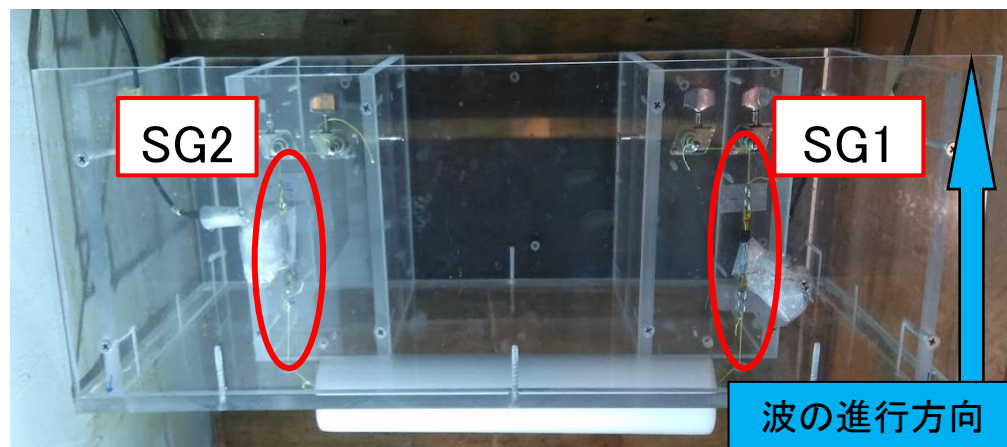
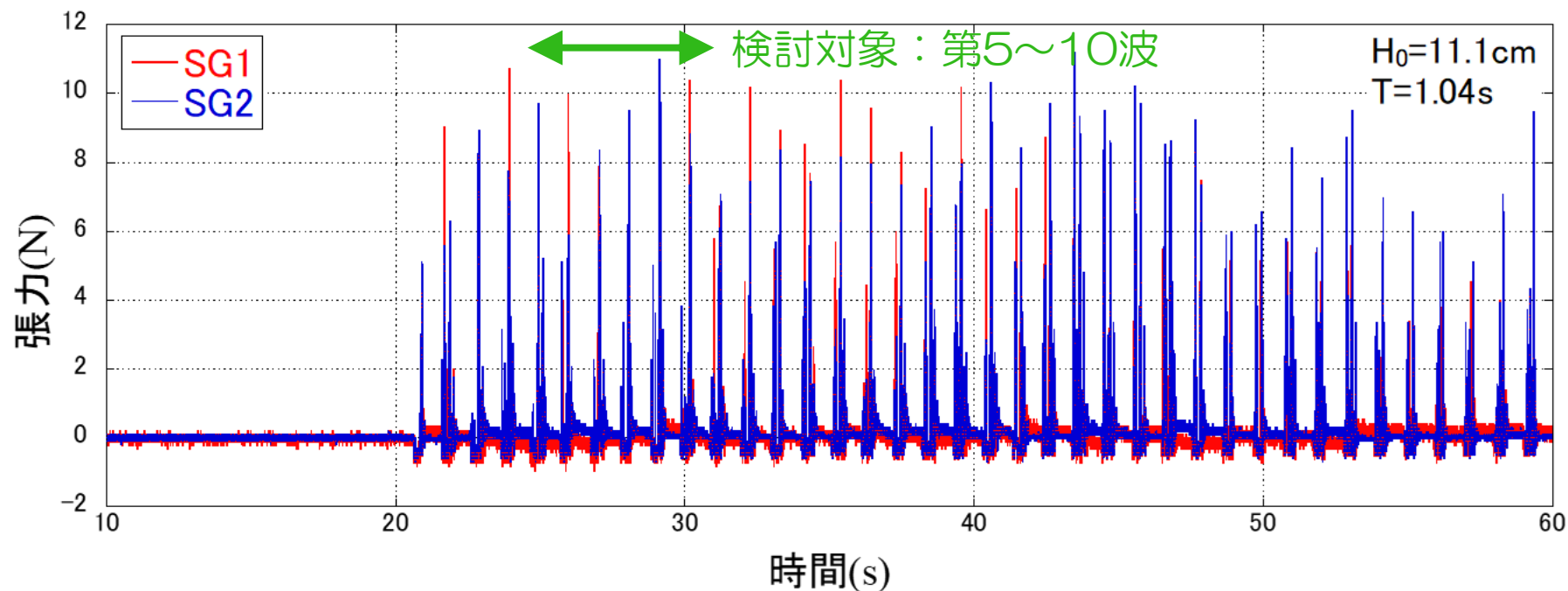


実験の様子をビデオカメラで撮影

各ケース5回ずつ計測を実施

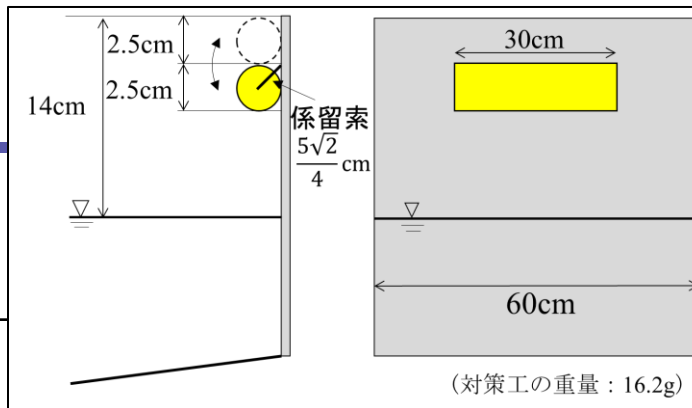
実験結果の例

9



実験条件一覧

10



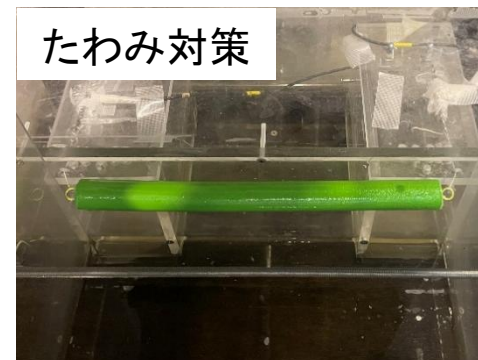
	質量[g]	長さ[cm]	直径[cm]	設置高[cm]	係留策[cm]	共振対策	たわみ対策
①	38.7	30	5.0	5.0	3.54	なし	-
②	6.4	30	2.5	5.0	1.77		-
③	6.4	30	2.5	5.0	1.77	あり	-
④	14.3	30	2.5	5.0	1.77		真鍮棒 (計7.9g)
⑤	14.3	30	2.5	2.5	1.77		塗料
⑥	16.2	30	2.5	2.5	1.77		-
⑦	15.8	30	2.5	2.5	1.77		-
⑧	15.8	30	2.5	2.5	4.00		-
⑨	3.4	5.0	2.5	2.5	1.77		塗料
⑩	1.2	5.0	1.0	2.5	0.71		-
⑪	1.2	5.0	1.0	1.5	0.71		-

・各条件で張力と越波量を測定

共振対策

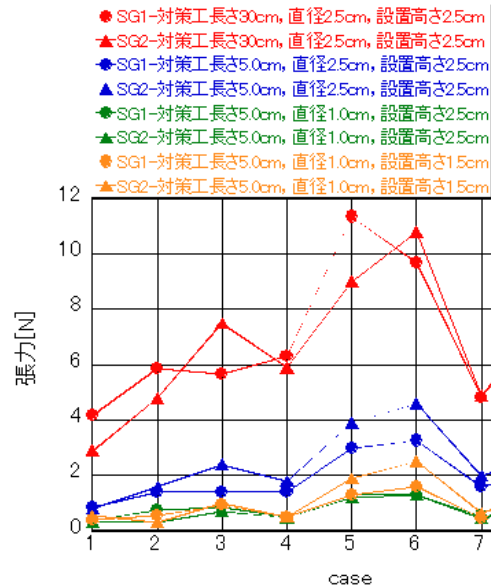


たわみ対策



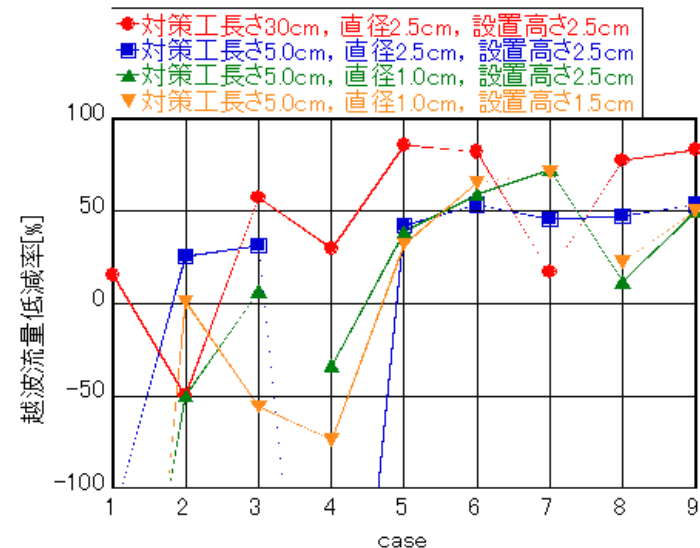
対策工の寸法 大(赤 ← 青 ← 緑, 黄)小

最大張力の比較



- 波が作用する投影面積が小さくなることで、作用する張力も減少する
- 全ての条件でcase5,6の張力が大きい傾向がみられた

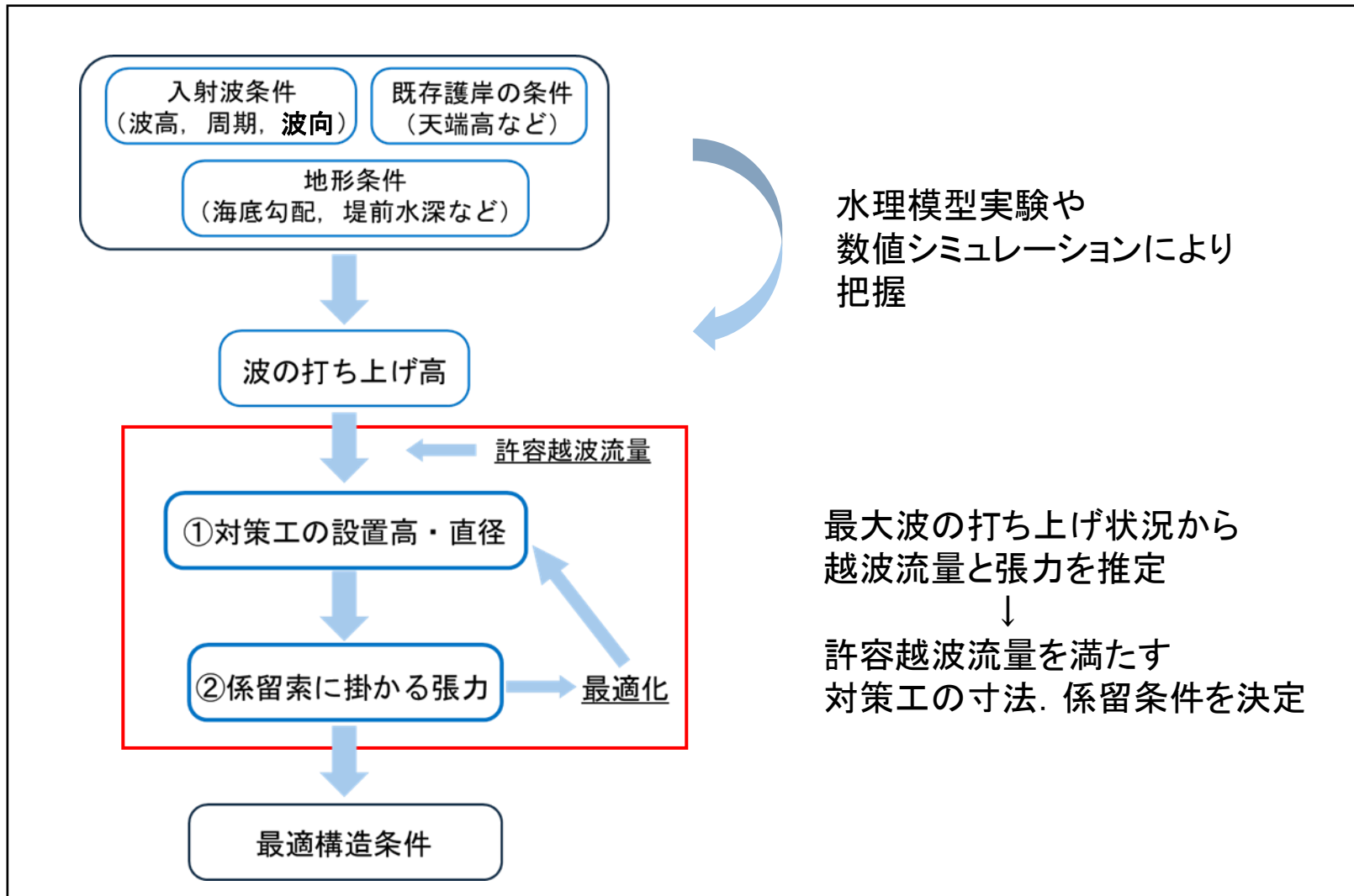
越波低減効果の比較



- 全ての条件で越波低減効果が認められた
- 対策工の寸法が大きいほど高い越波低減効果を示した
- 越波量が非常に少ないケースでは実験結果の変動性の影響が大きい

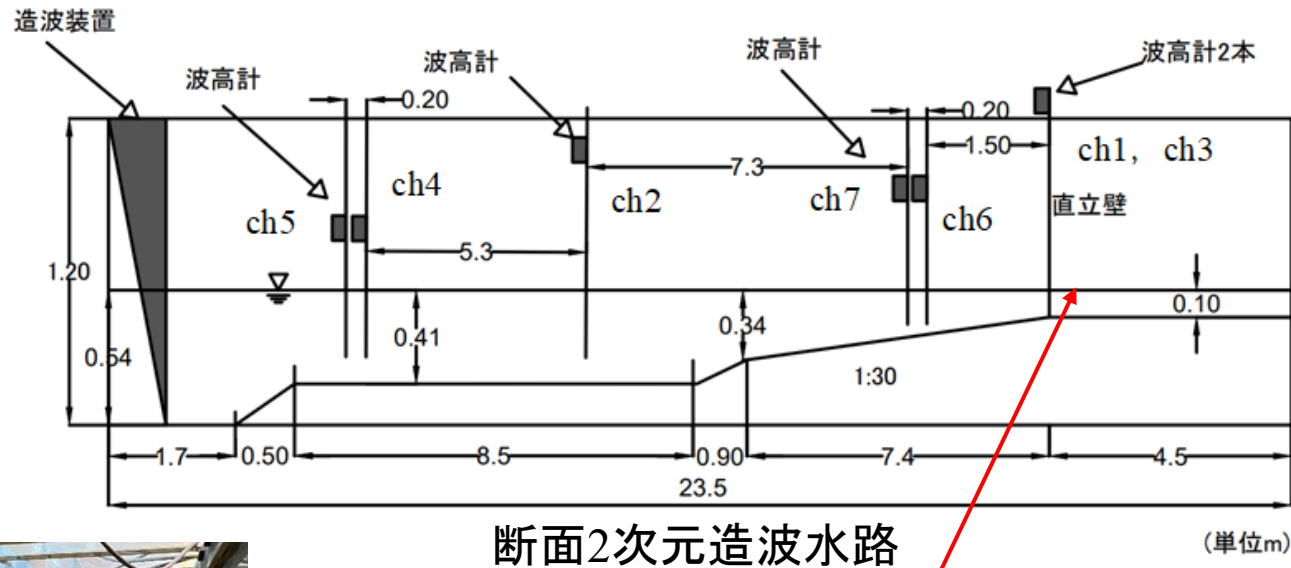
最適条件の選定フロー

12



水理模型実験 打上げ高の測定

13



1 護岸前波高計

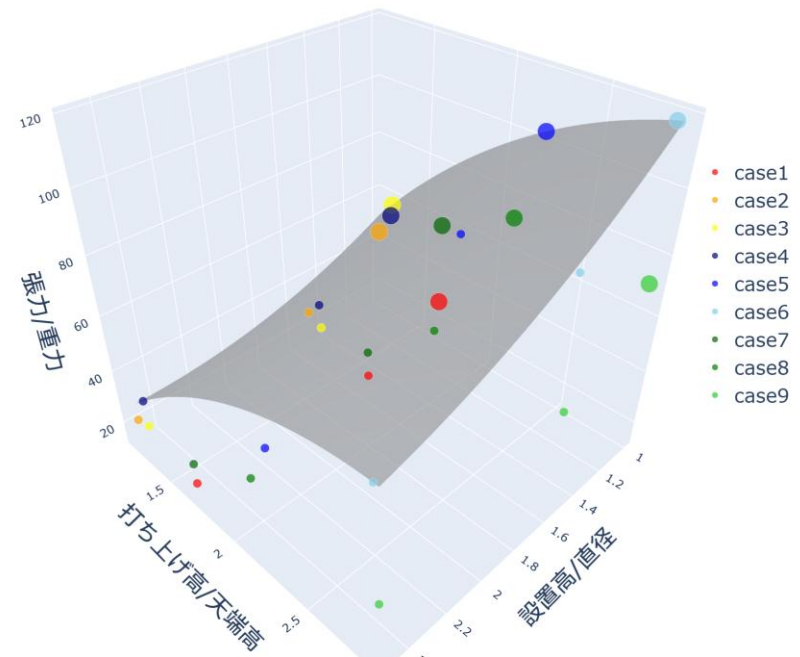
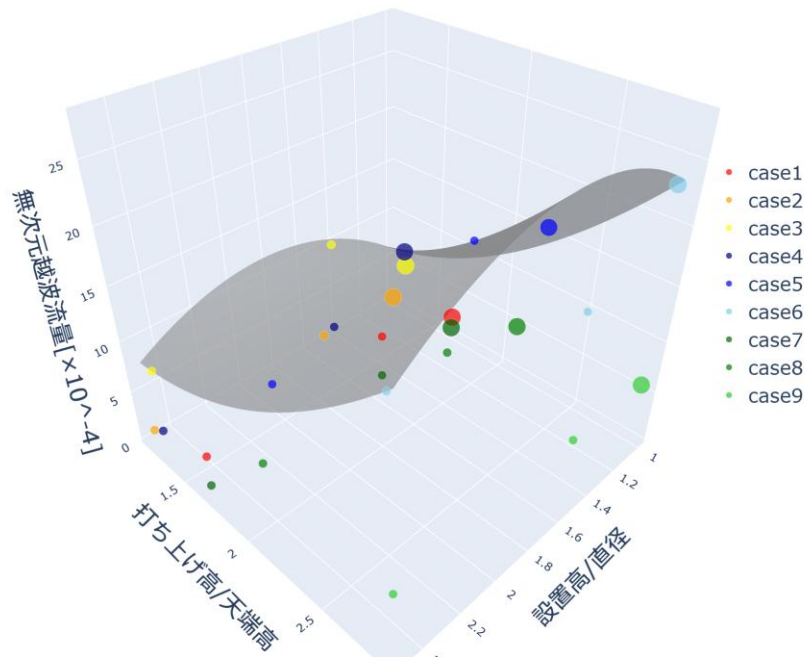


護岸前面側面図



高速度カメラ

選定図の提案



横軸：打ち上げ高／天端高，設置高／直径

縦軸：無次元越波流量（左），張力／重力（右）

色：入射波の9ケース

プロットサイズ：直径

- ・ 極大値を包絡する曲面を表示
- ・ 現地スケールを考慮し，長さが5.0cmの3条件での結果を使用

最適条件の選定手法

15

選定フロー

与えられる条件

- ・ 波の打ち上げ高
- ・ 既存護岸の天端高
- ・ 許容越波流量

「打ち上げ高／天端高」決定

無次元許容越波流量に変換

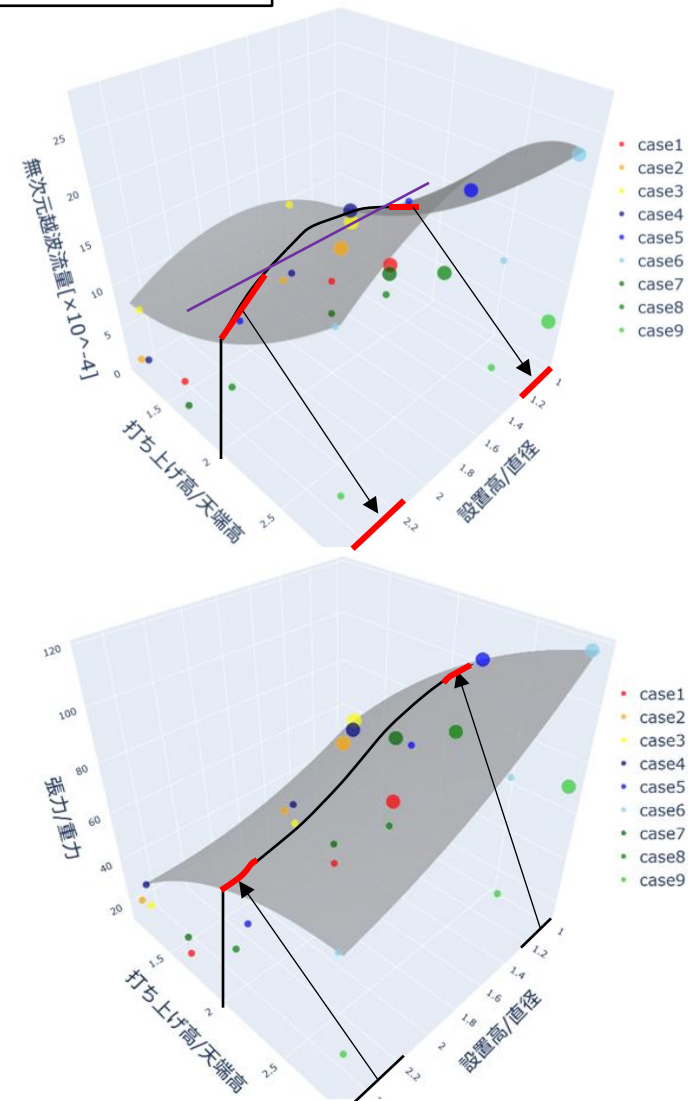
「打ち上げ高／天端高」に対して
無次元許容越波流量を包絡面が下回る
「設置高／直径」を決定

決定した2つの横軸に対する
最大作用張力が求まる

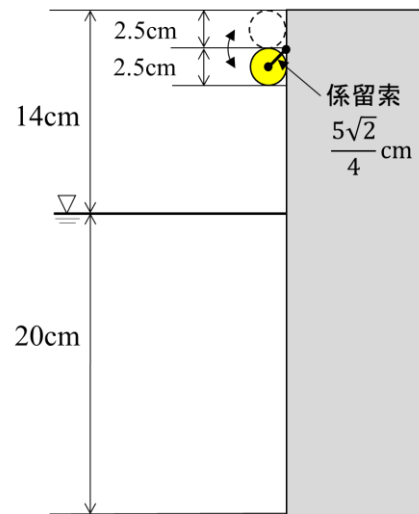
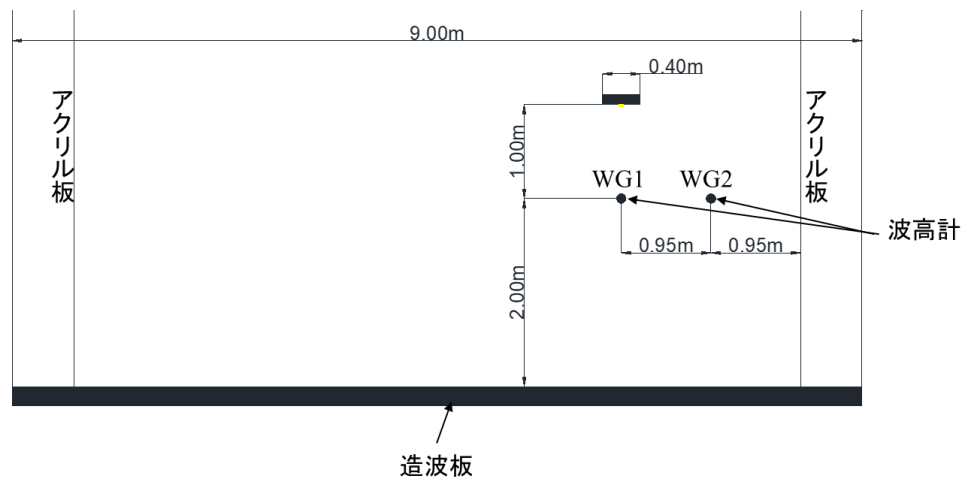
対策工の長さ・直径を決定

施工性
コスト

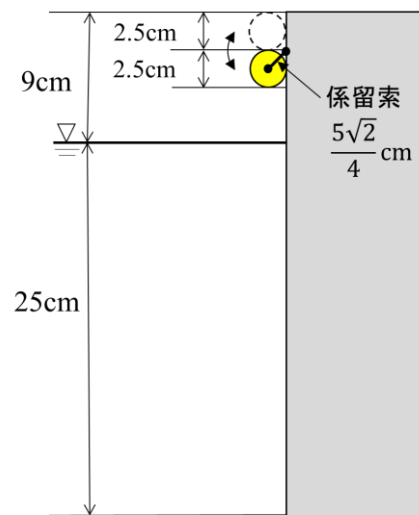
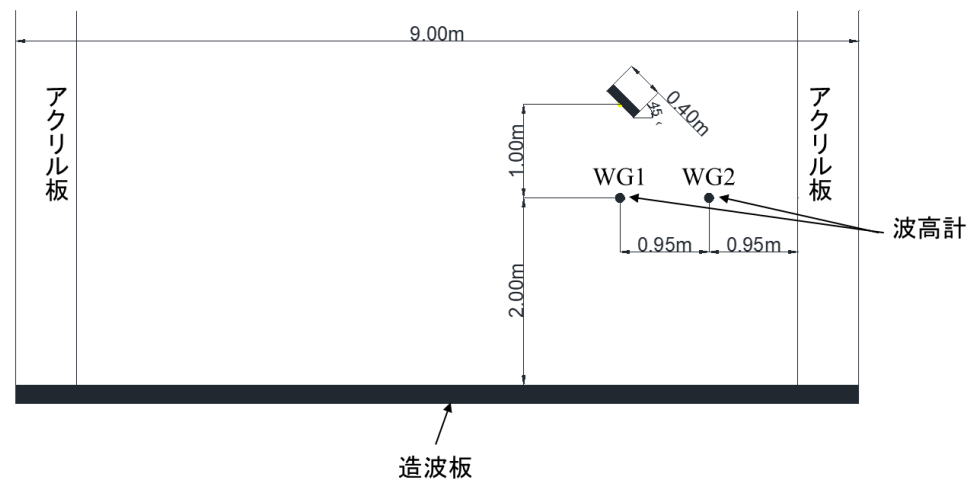
選定図



垂直入射波



斜め入射波



入射波条件

	H_0 (cm)	T(s)	H(cm) (h=0.20m)	H(cm) (h=0.25m)
case1	6.67	0.745	6.20	6.31
case2		1.04	6.22	6.13
case3		1.34	6.63	6.38
case4	8.89	0.745	8.28	8.43
case5		1.04	8.34	8.20
case6		1.34	8.94	8.56
case7	11.1	0.745	10.37	10.55
case8		1.04	10.48	10.28
case9		1.34	11.31	10.77

T: 周期

H_0 : 沖波波高

H: 造波装置前(水深0.20m, 0.25m)での浅水変形を考慮した波高

現地スケール

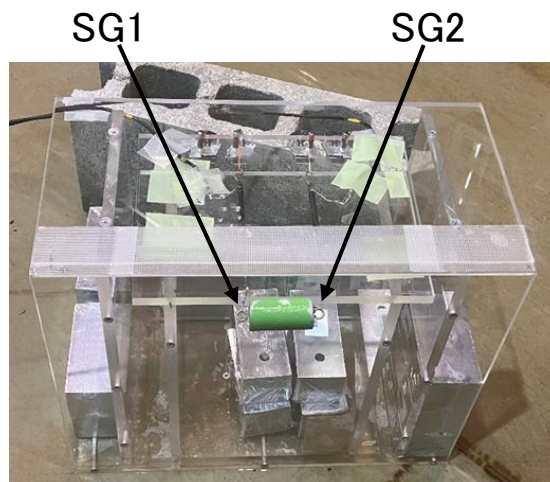
H_0 : 3.0m, 4.0m, 5.0m

T: 5.0s, 7.0s, 9.0s

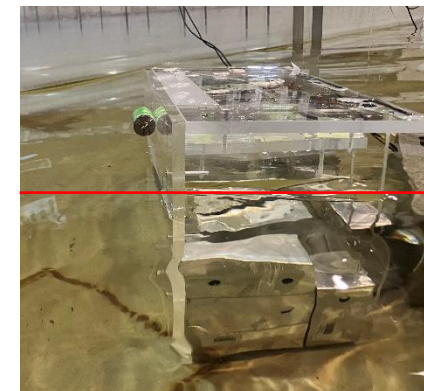
→フルードの相似則で変換

対策工寸法

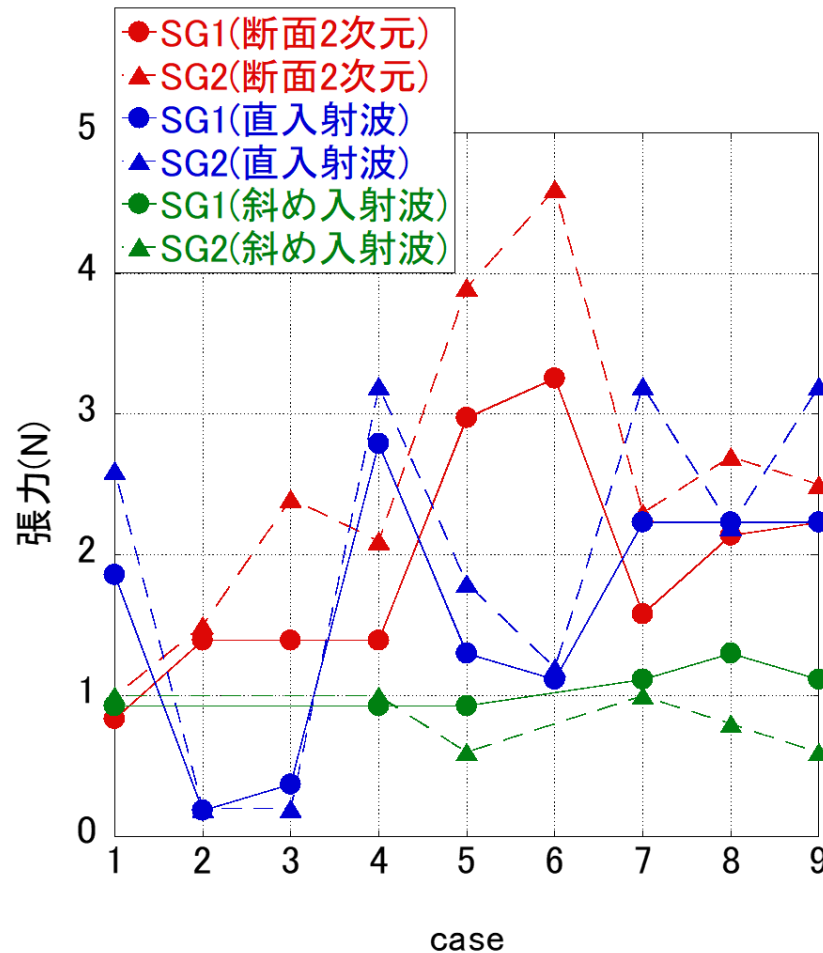
長さ: 5.0cm
直径: 2.5cm
設置高: 2.5cm
質量: 3.4g
護岸の長さ: 40cm



側面から(左: 水深0.20m, 右: 水深0.25m)



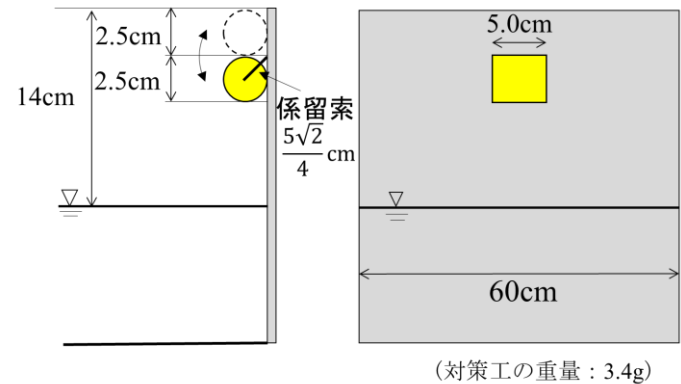
最大張力の比較



・一様水深となったことで, case5, 6で大きな張力が作用する傾向が見られなくなった.

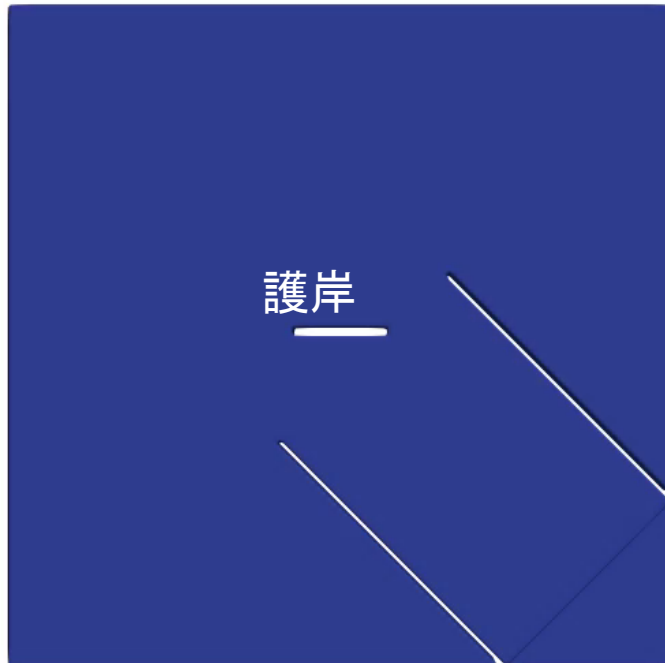
・斜め入射波では壁面に沿う波となるため, 張力が小さくなる.

計算領域

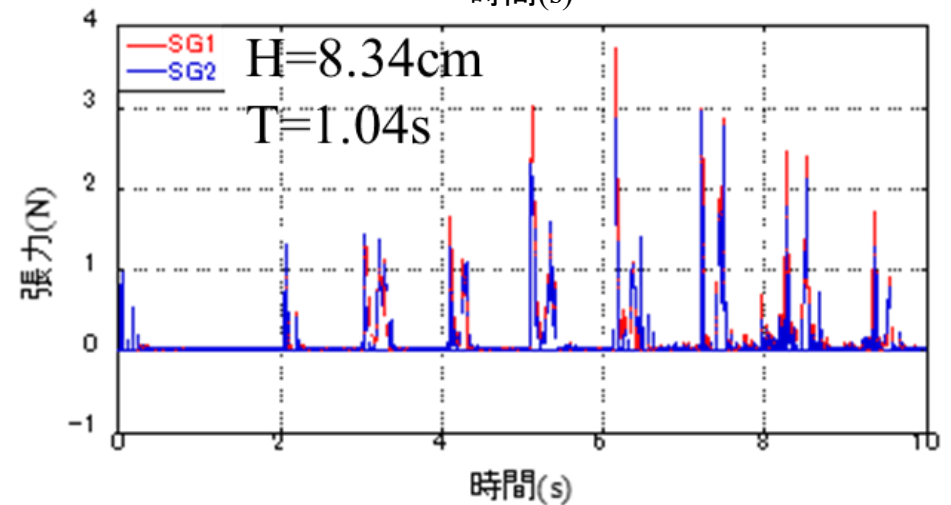
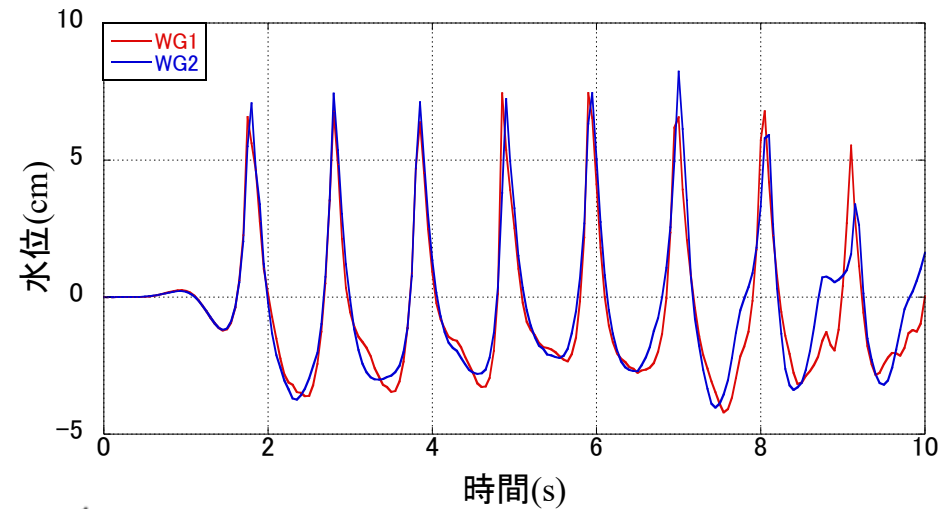


水槽内に斜め45° に導波板を
2枚配置し水路を形成

水槽内に斜め水路を設置



H : 8.34cm T : 1.04s



- 本対策工の実用化に向け，水理模型実験の結果から，最適条件の選定手法を提案した。
- 斜め入射波では，直入射に比べて係留策に作用する張力が小さくなる傾向があることを示した。
- 斜め入射波を対象とした3次元シミュレーションにおける計算領域の設定等について重要な知見を得た。

