

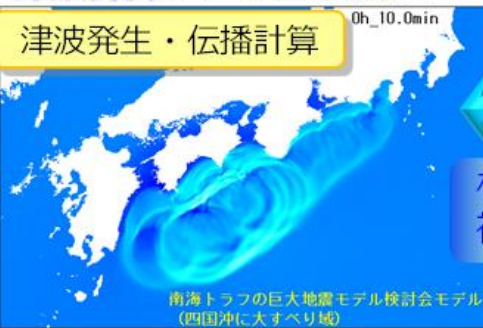


# 東洋津波リスクマネージメントシステム

東洋建設株式会社 鳴尾研究所 伊藤

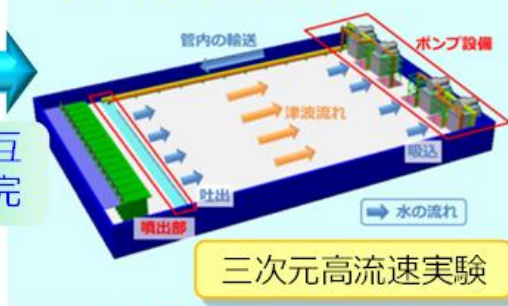
# SOWAS(地盤-波浪-構造物)コンセプトに基づく津波リスクの総合評価システム

## 津波計算 : T-TOPPRS



相互補完

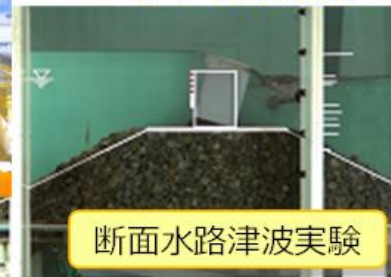
## 津波流れ発生装置 : T-TUFGEN3D



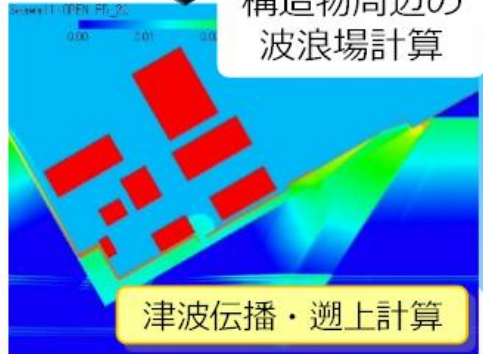
## 津波造波水槽 : T-TARB3D



## 津波造波水路 : T-TARF2D

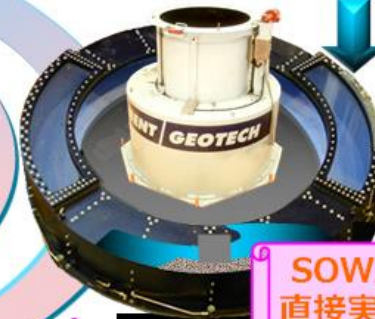


大領域から  
構造物周辺の  
波浪場計算



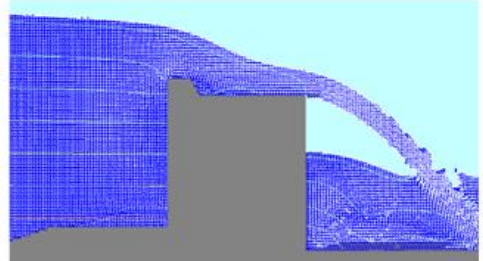
# Soil-Water-Structure 総合評価

津波(波浪)外力  
による  
構造物・地盤の  
安定性実験

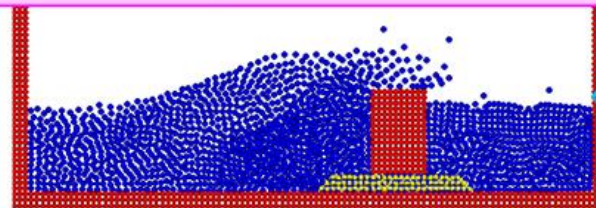


SOWAS Conceptを  
直接実現する唯一の手法

SOWAS Conceptを実現する新たな手法の開発

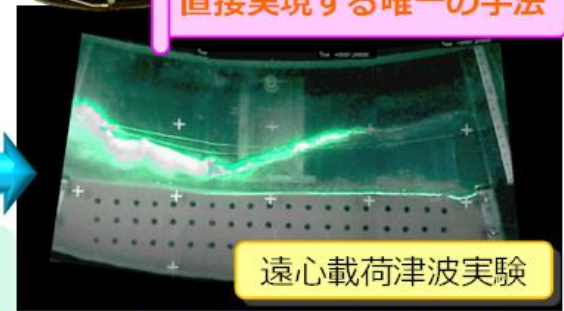


## 津波波力計算 : CADMAS-SURF/2D/3D



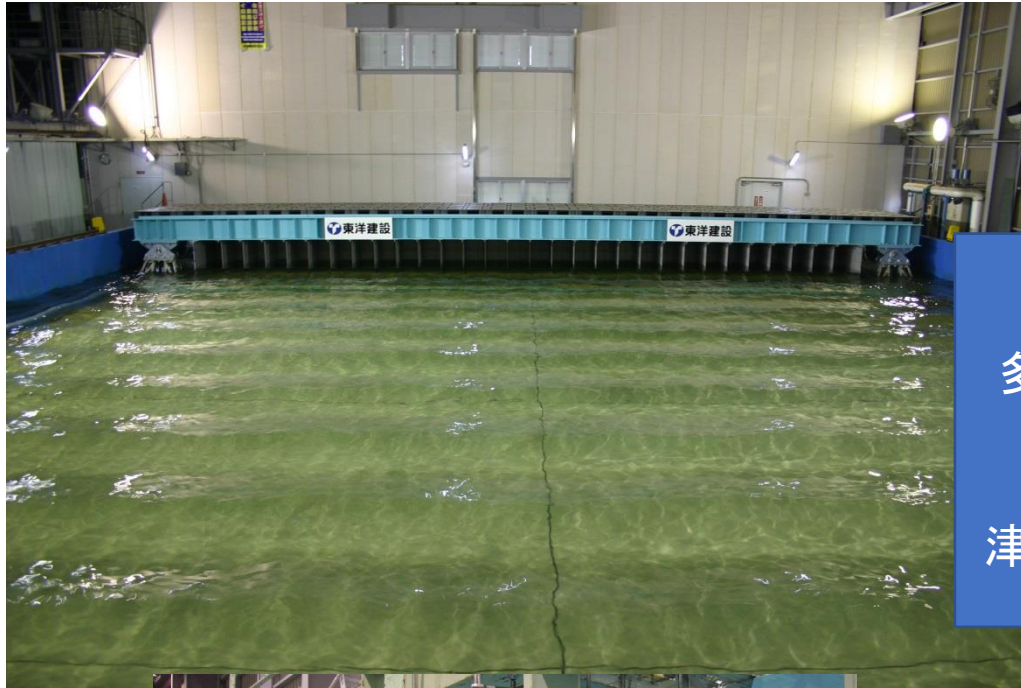
粒子法による構造物-流体-地盤の  
相互作用の計算 : SPH法  
名古屋工業大学 前田研究室開発

相互補完

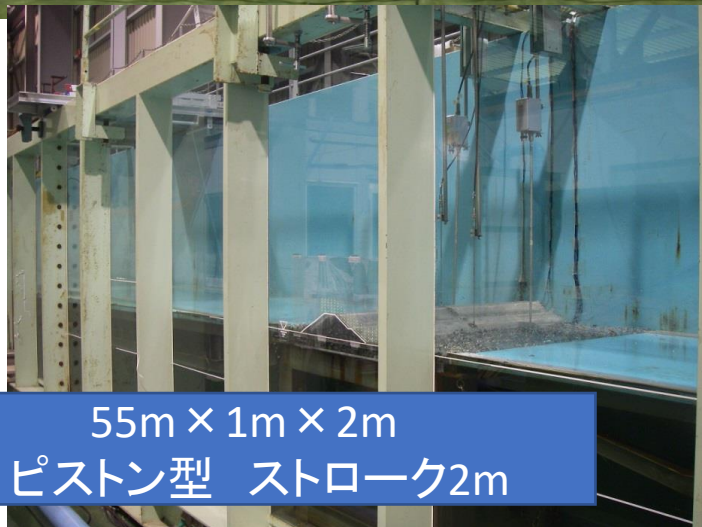


## ドラム型遠心载荷津波水路 : T-DUCTUSS

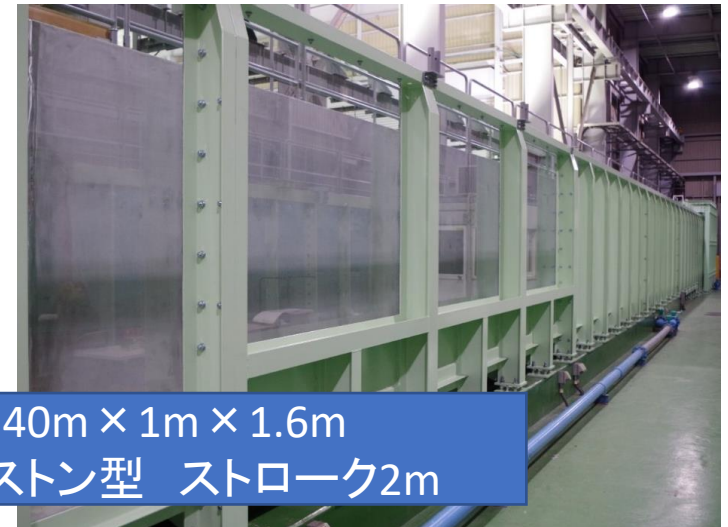
# 総合評価システムを支える主要な実験施設(水域)



30m × 19m × 1.5m  
多方向不規則波造波装置: 0.5m × 30  
台  
ピストン型 ストローク1.5m  
津波流れ発生装置: 11m<sup>3</sup>/分/台 × 4台

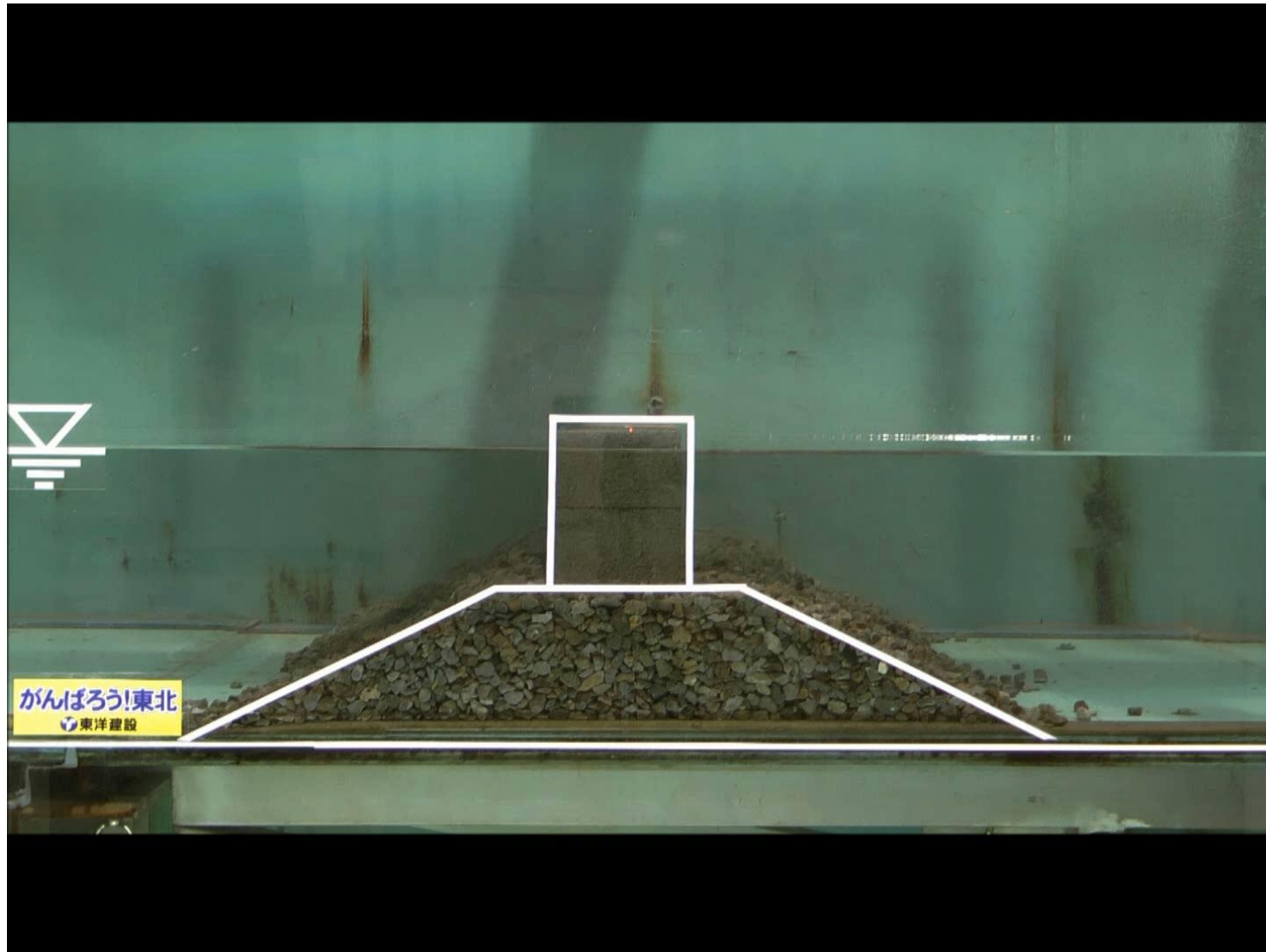


55m × 1m × 2m  
ピストン型 ストローク2m

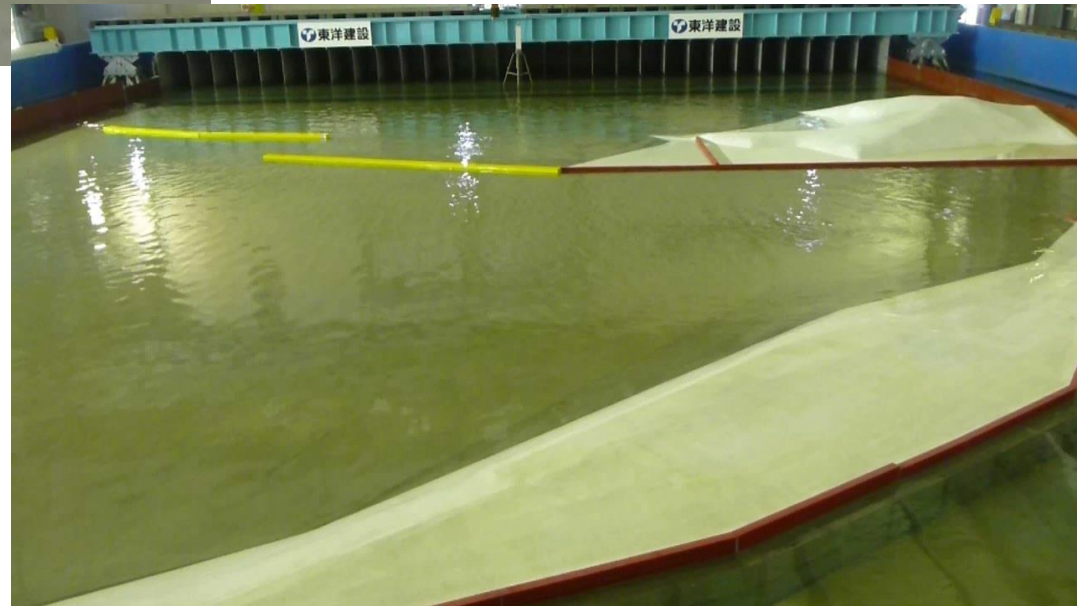
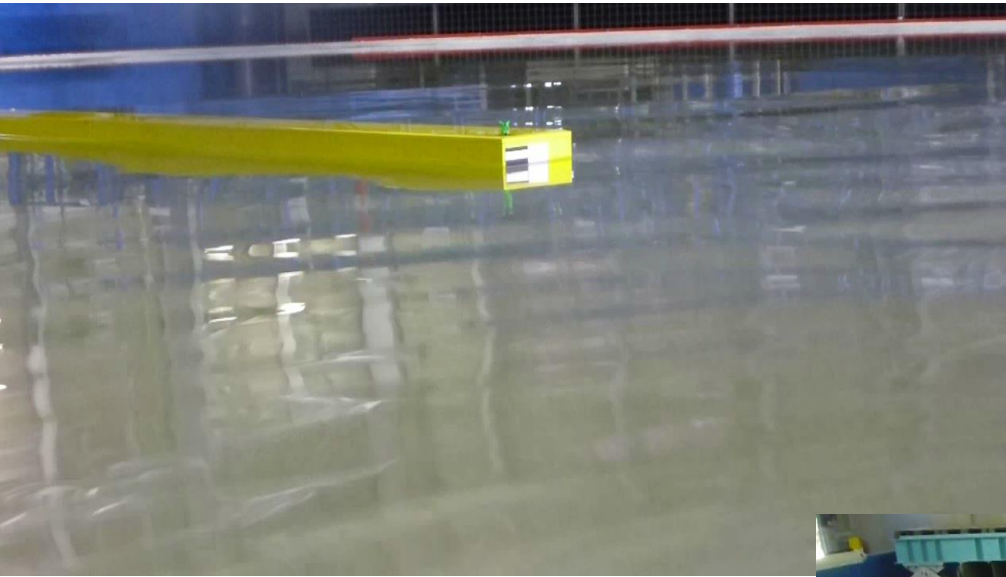


40m × 1m × 1.6m  
ピストン型 ストローク2m

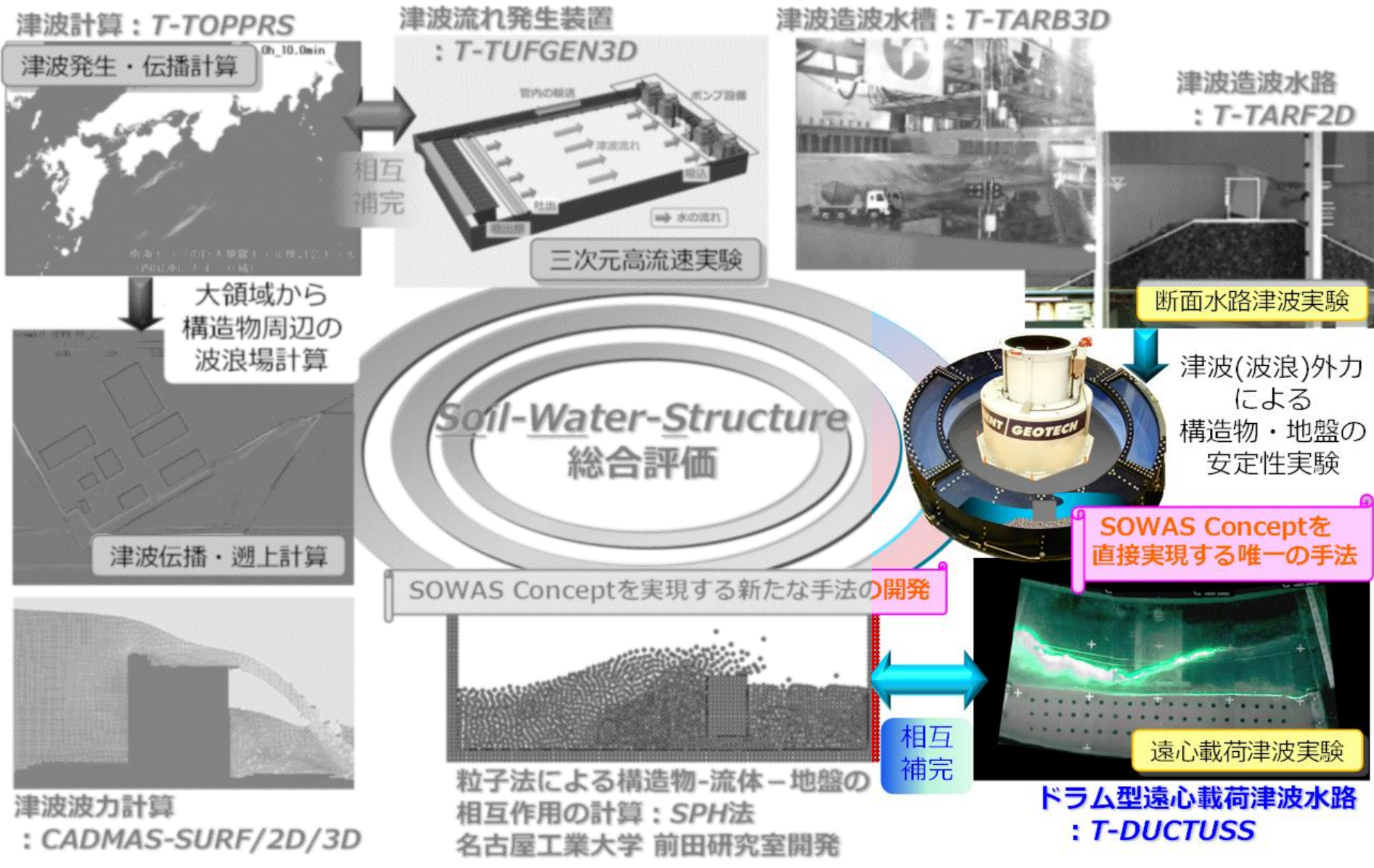
# 総合評価システムを支える主要な実験施設(水域)



## 総合評価システムを支える主要な実験施設(水域)



# SOWAS(地盤-波浪-構造物)コンセプトに基づく津波リスクの総合評価システム



# ドラム型遠心載荷装置

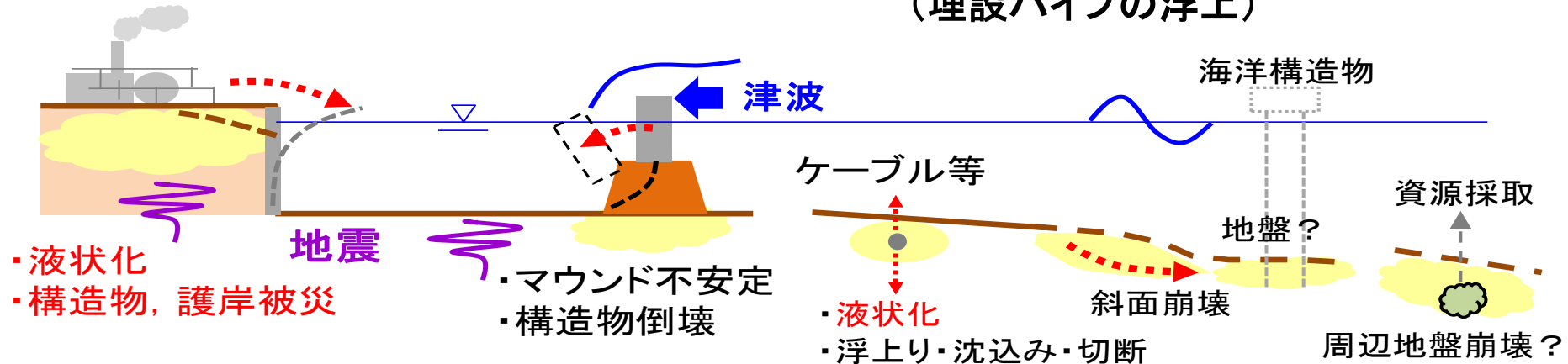
- SOWASコンセプトを直接的に実現する実験装置であり、津波に限らず地盤—波浪—構造物の様々な問題へ対応することができる。



地震による液状化



高波による海底地盤災害  
(埋設パイプの浮上)



## ドラム型遠心载荷装置とは

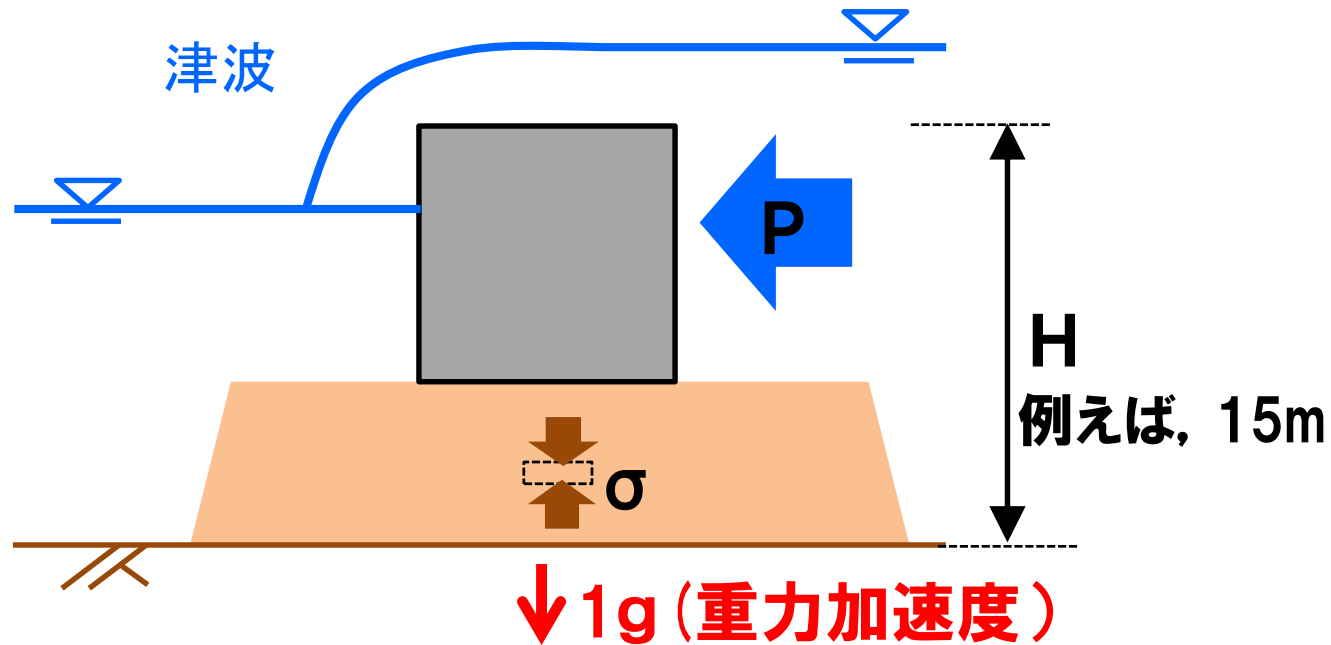
- 東洋建設 鳴尾研究所にはビーム型, ドラム型の遠心载荷装置が設置されており, このうちビーム型遠心载荷装置は様々な民間企業や公的機関にも設置されている。





## 遠心模型実験とは

- 地震, 津波などの外力を受ける地盤の挙動を再現する場合, 地盤内の応力を再現することが重要となる(液状化, 津波によってケーソン下部に発生する地盤反力など).



$$(\text{圧力} = \text{密度} \times \mathbf{g} \times H)$$

## 遠心模型実験とは

- 地盤内の応力を再現するには、実物と同じ大きさの模型を作成する必要がある。
- 小型模型では地盤内の応力が小さすぎ、間隙水によるサクション(負圧)が過大となるため、下の写真のように、大きな穴の開いた山や、断崖絶壁が安定してしまう。



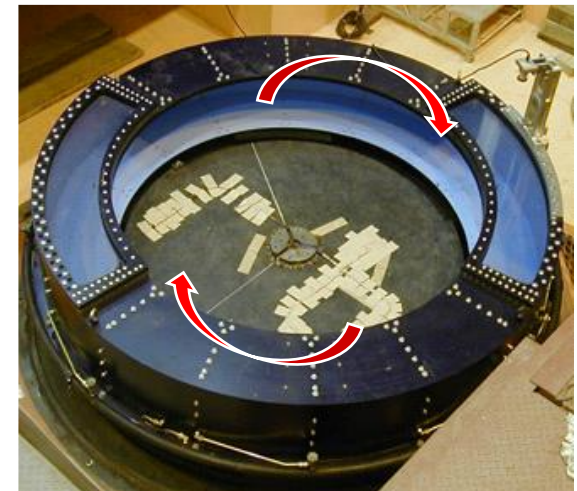
# 遠心载荷装置による遠心力場模型実験

- 模型を高速で回転することにより模型地盤に遠心力を载荷する.

ビーム型

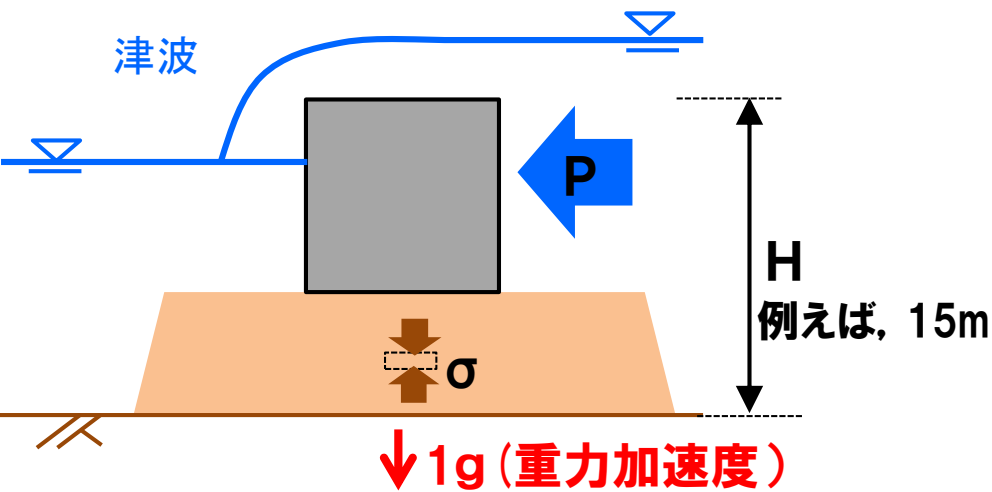


ドラム型



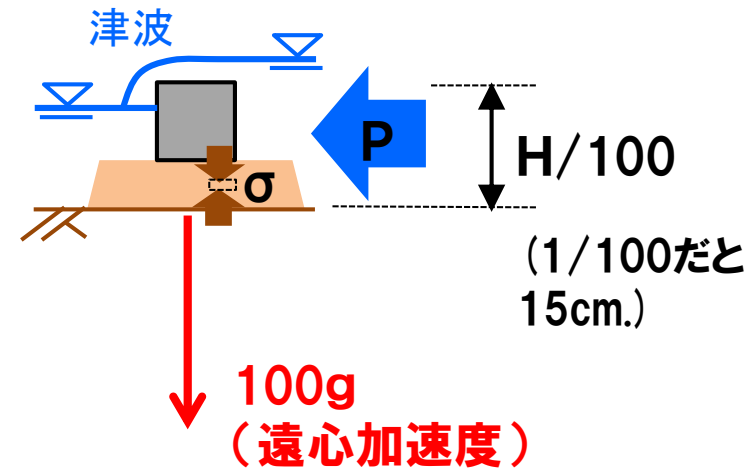
## 遠心载荷装置による遠心力場模型実験

## 実物



$$(\text{圧力} = \text{密度} \times g \times H)$$

## 縮尺模型 (1/100)

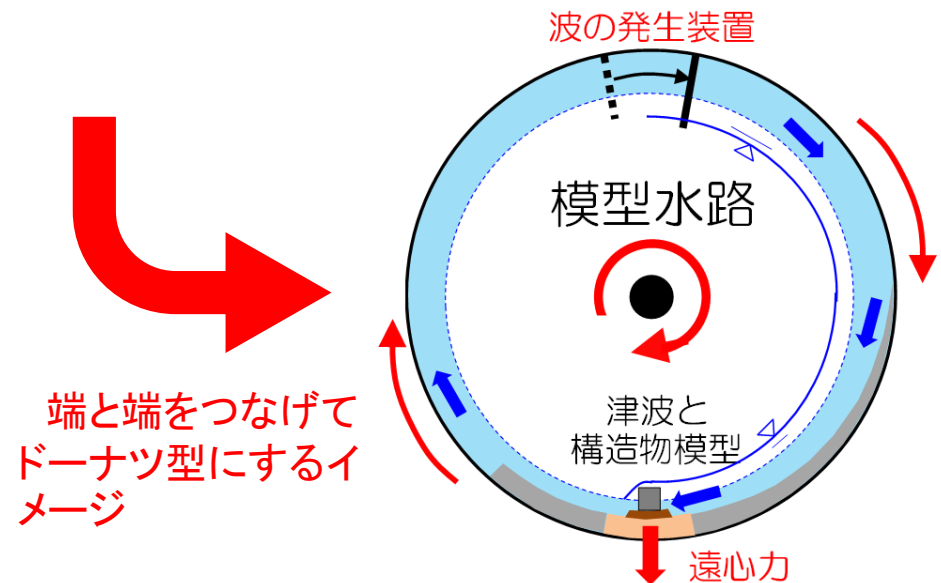
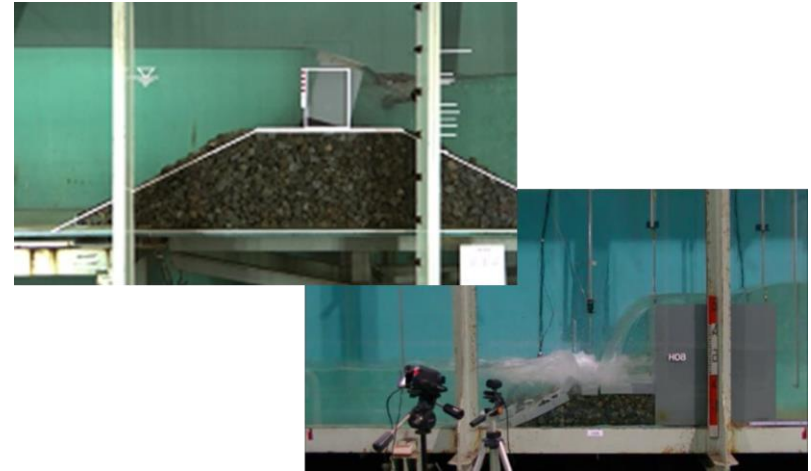


$$(\text{圧力} = \text{密度} \times 100g \times H/100)$$

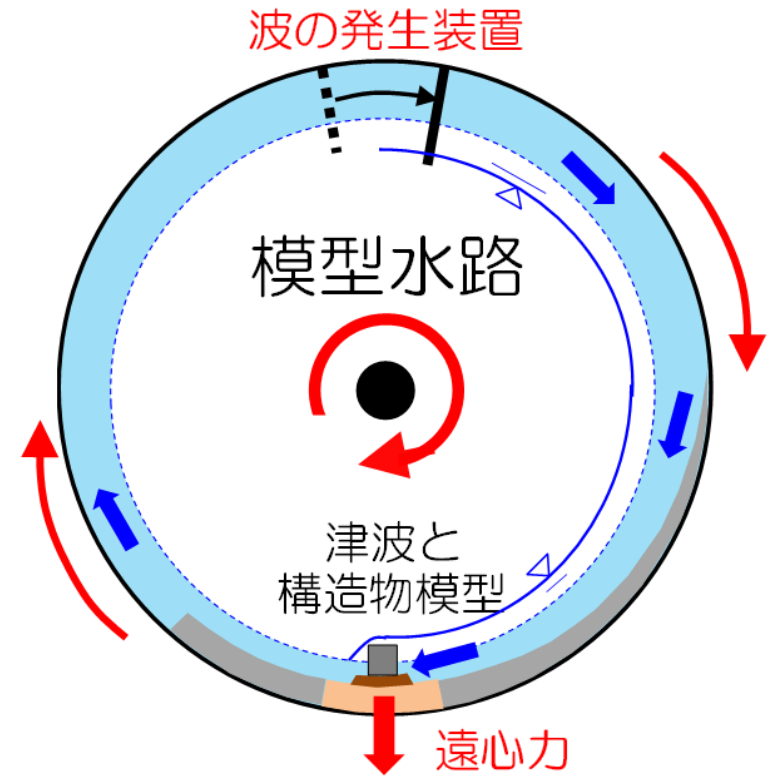
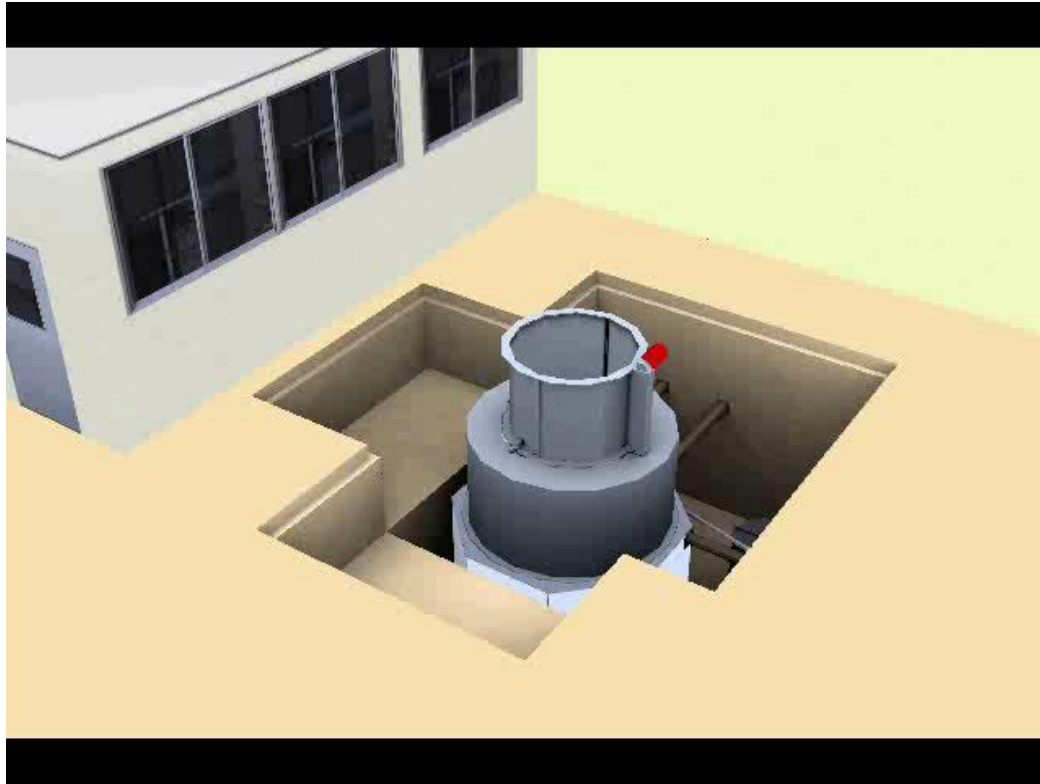
- 地盤内の応力が再現され、模型実験の結果を実際の設計・施工に活用することができる。
- 小さな模型なので、費用・実験期間小。

# ドラム型遠心载荷装置

- ドラム型遠心载荷装置は、遠心力場に水路を設置することができる。



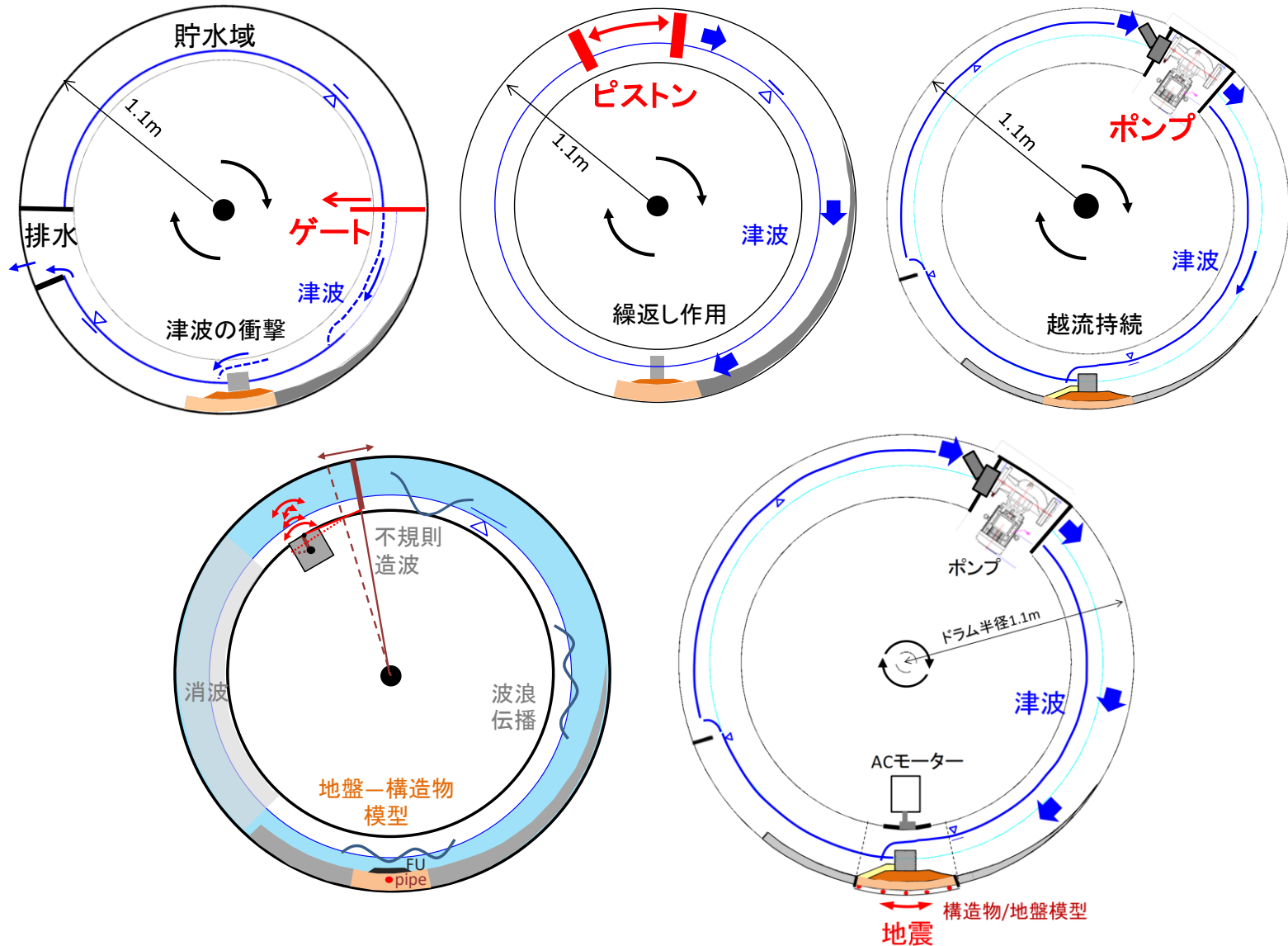
# ドラム型遠心载荷装置



ドラム式洗濯機...ではなく縦型の洗濯機とおなじ方法で  
遠心力を模型に作用させる.

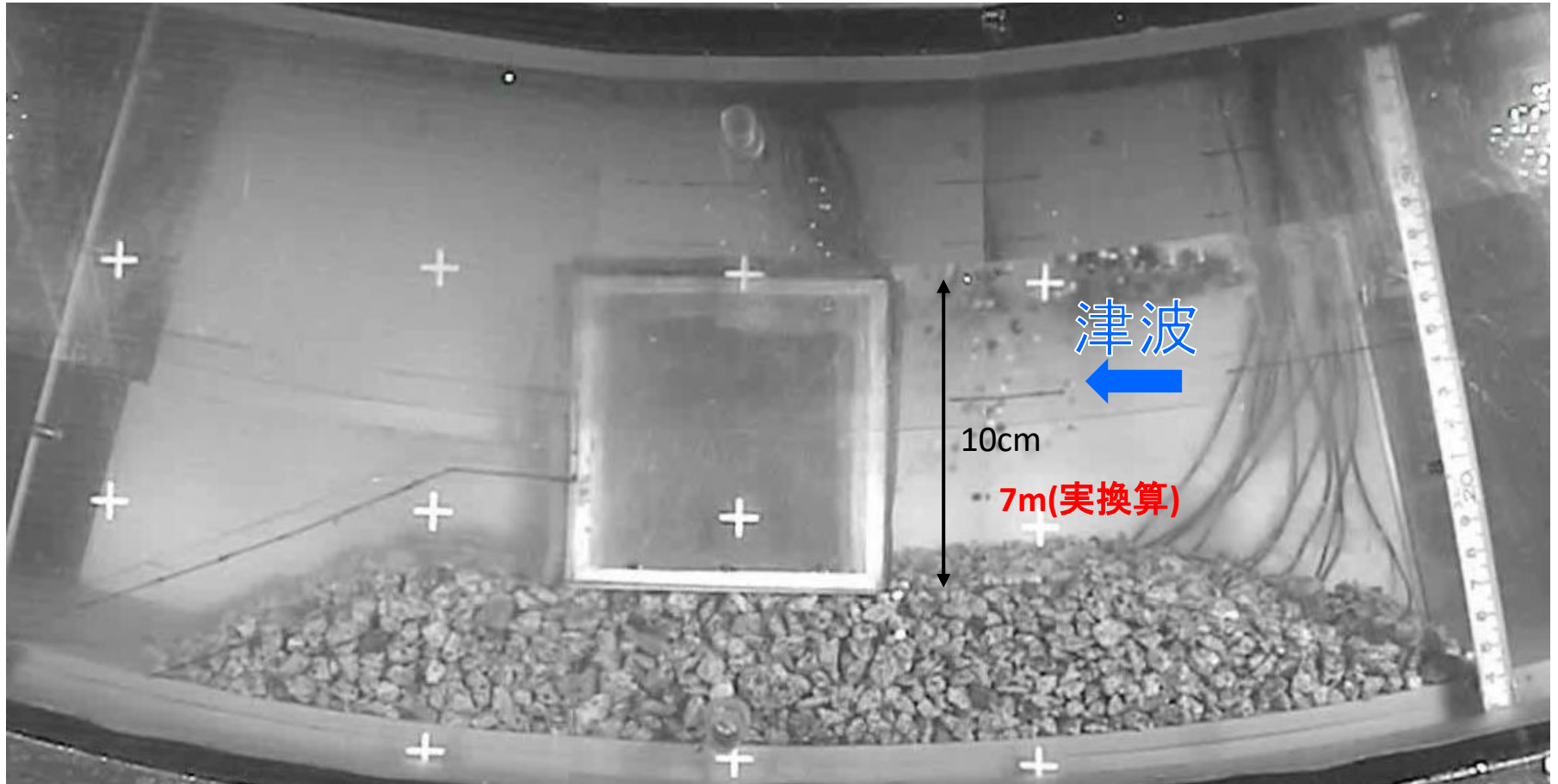
# ドラム型遠心載荷装置

## ・造波装置の紹介



## 津波に対する粘り強さの検討

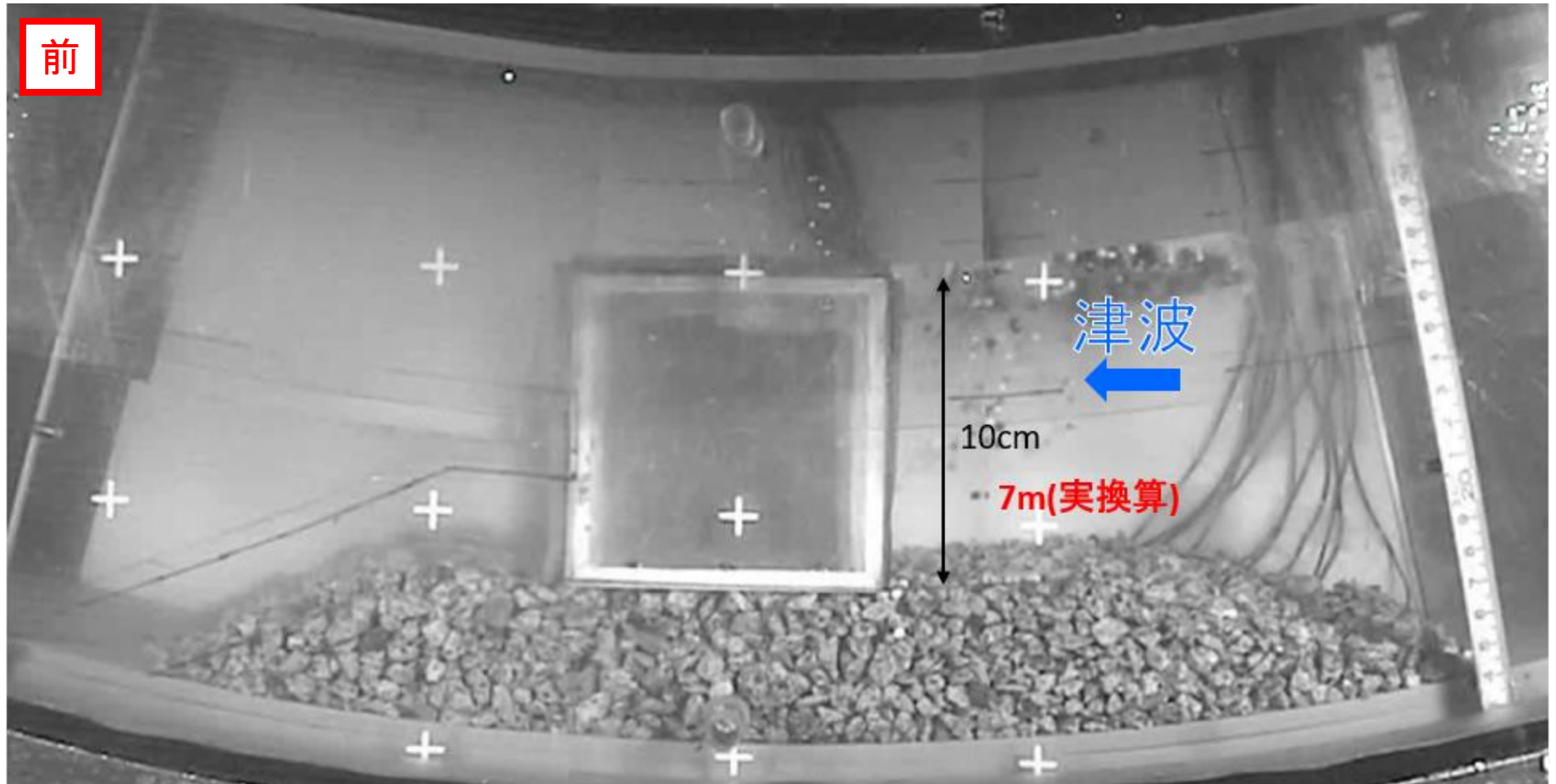
- 遠心力場70G(地球上では1G)
- 10cmのケーソン模型だが、実換算7mのケーソンを設置しているのとまったく同じ応力条件が再現されている。





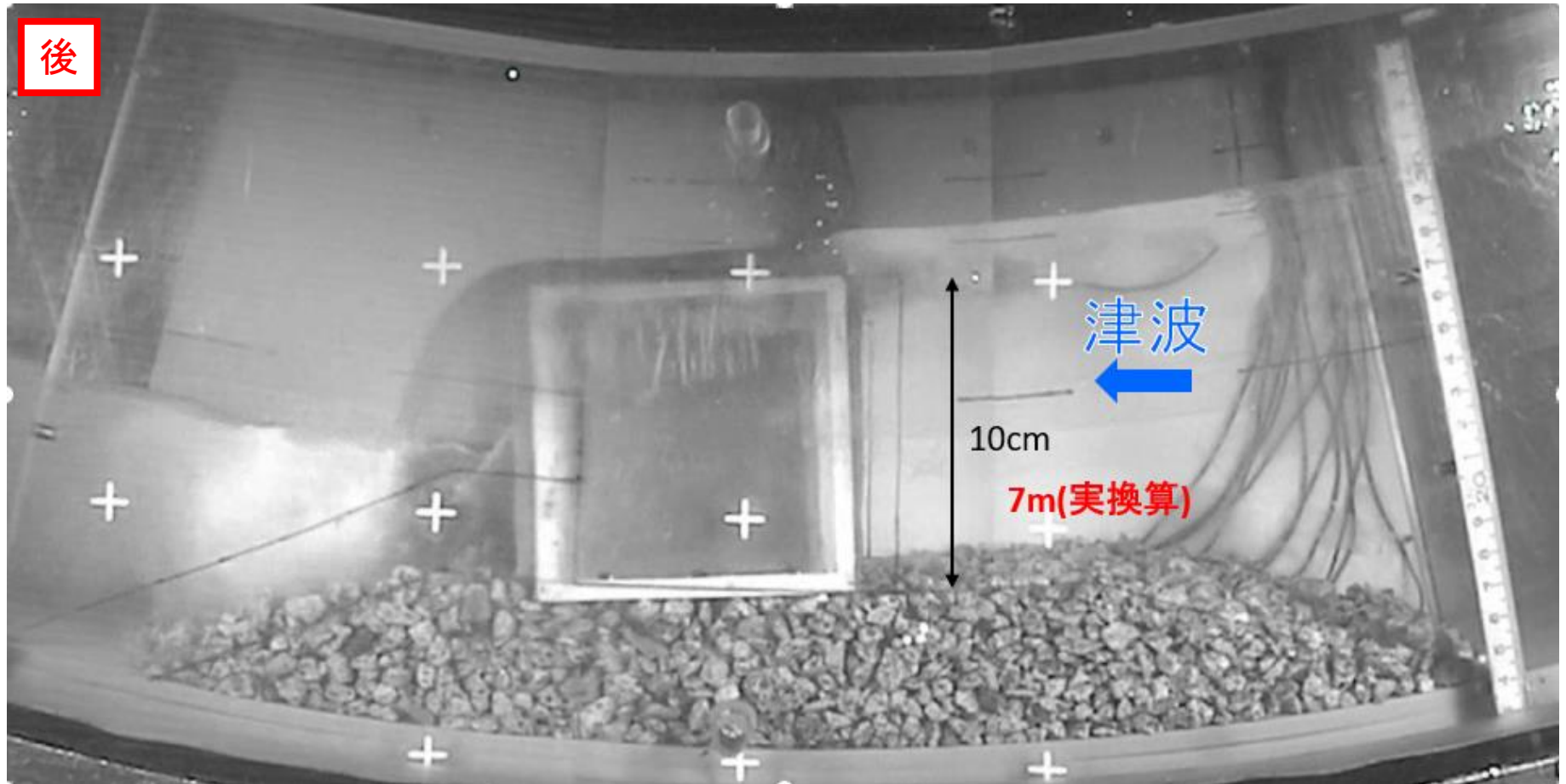
## 津波に対する粘り強さの検討

- 一見、越波した津波によって基礎が洗堀され、防波堤が転倒したようにも見えるが...



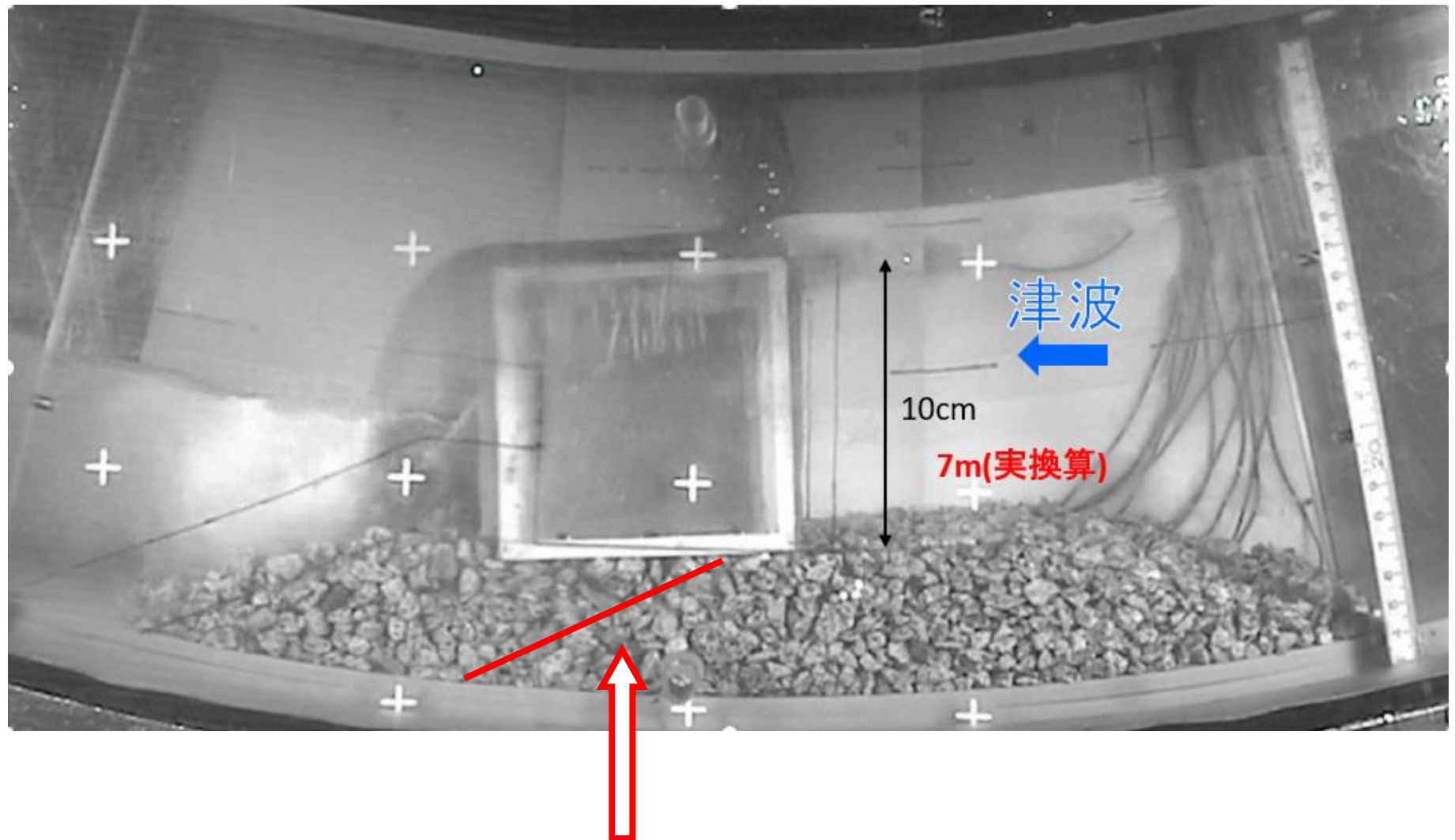
## 津波に対する粘り強さの検討

- 一見、越波した津波によって基礎が洗堀され、防波堤が転倒したようにも見えるが...



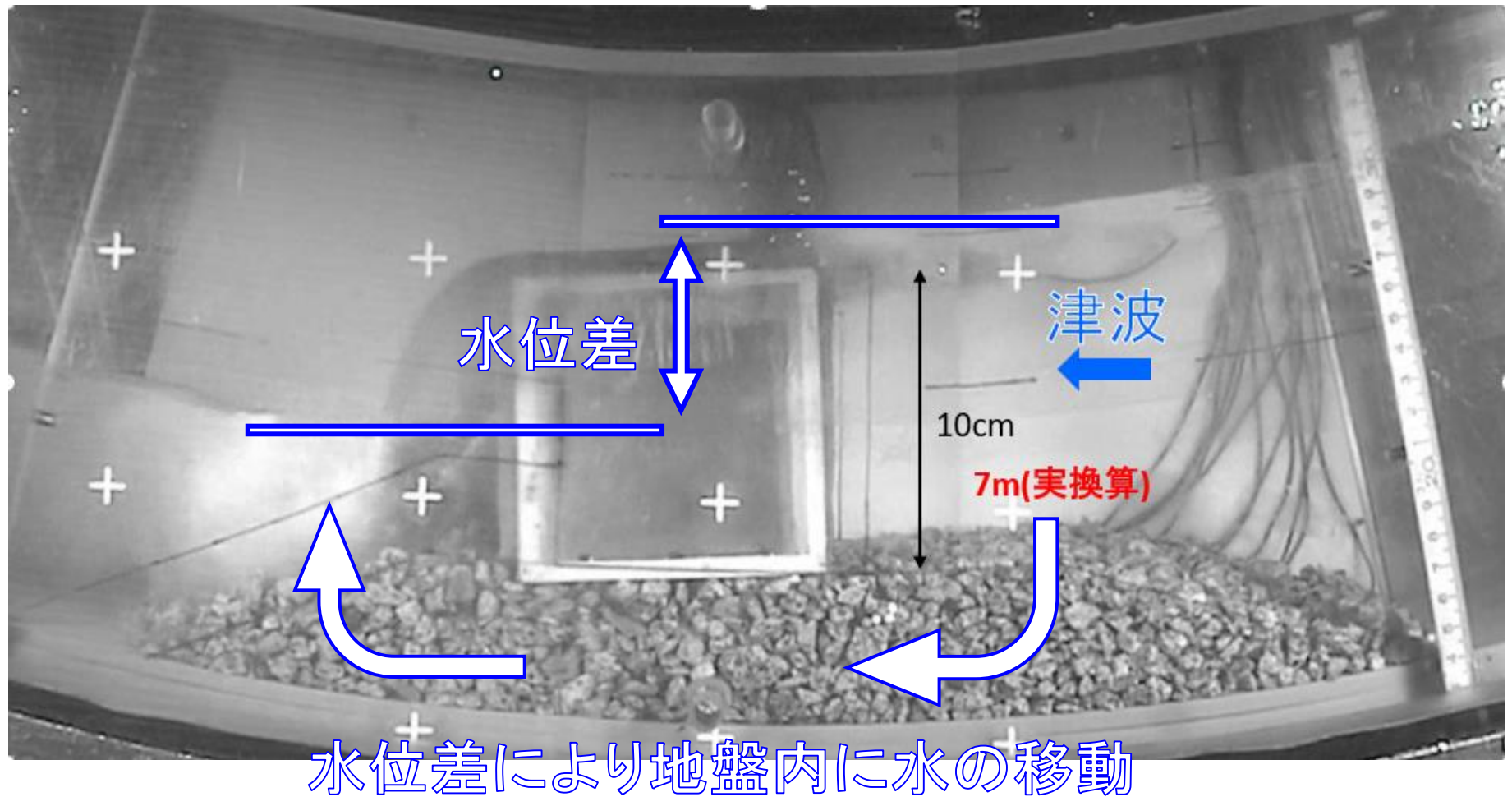
## 津波に対する粘り強さの検討

- 一見、越波した津波によって基礎が洗堀され、防波堤が転倒したようにも見えるが...



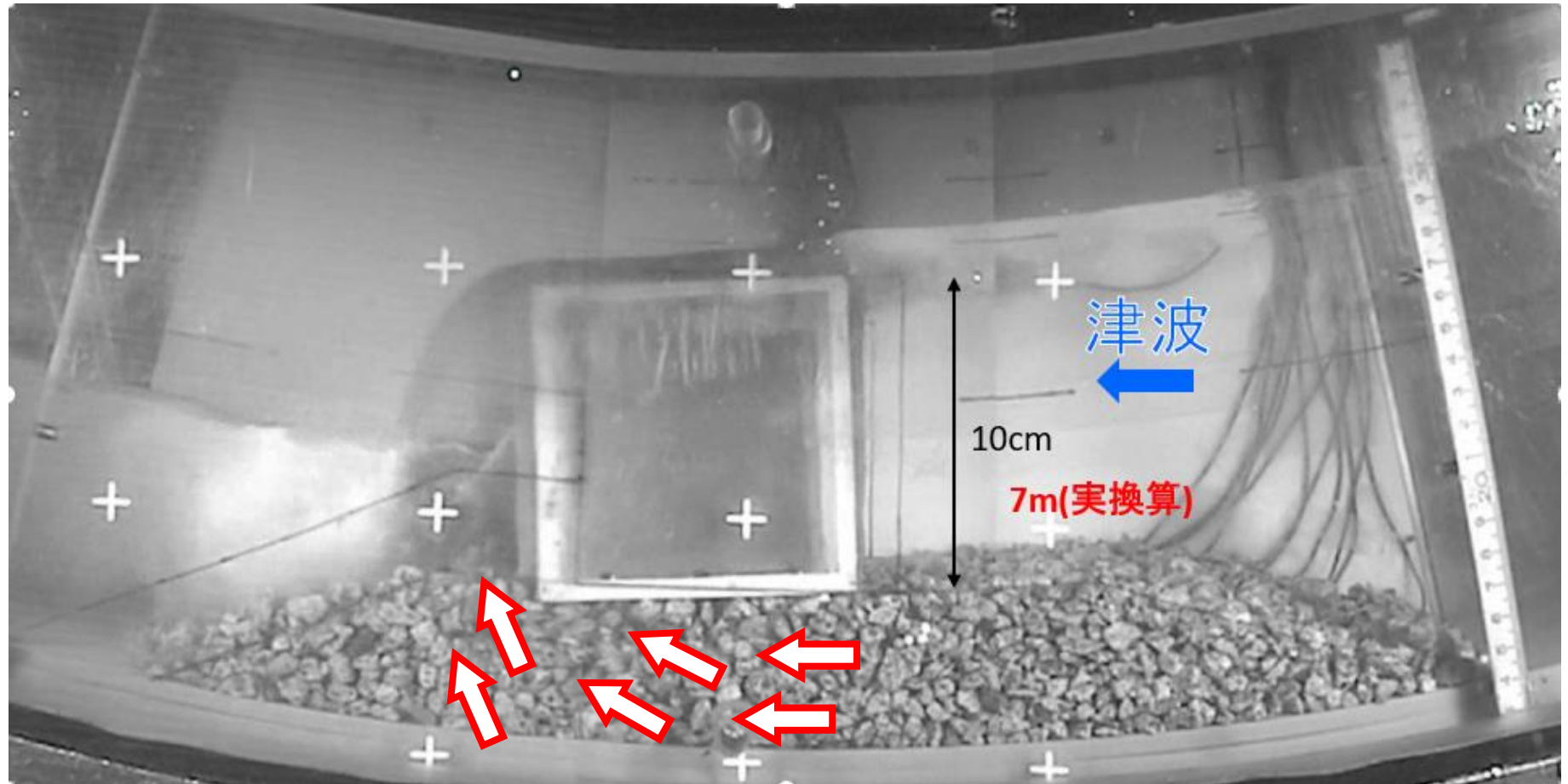
## 津波に対する粘り強さの検討

- 一見、越波した津波によって基礎が洗堀され、防波堤が転倒したようにも見えるが...



## 津波に対する粘り強さの検討

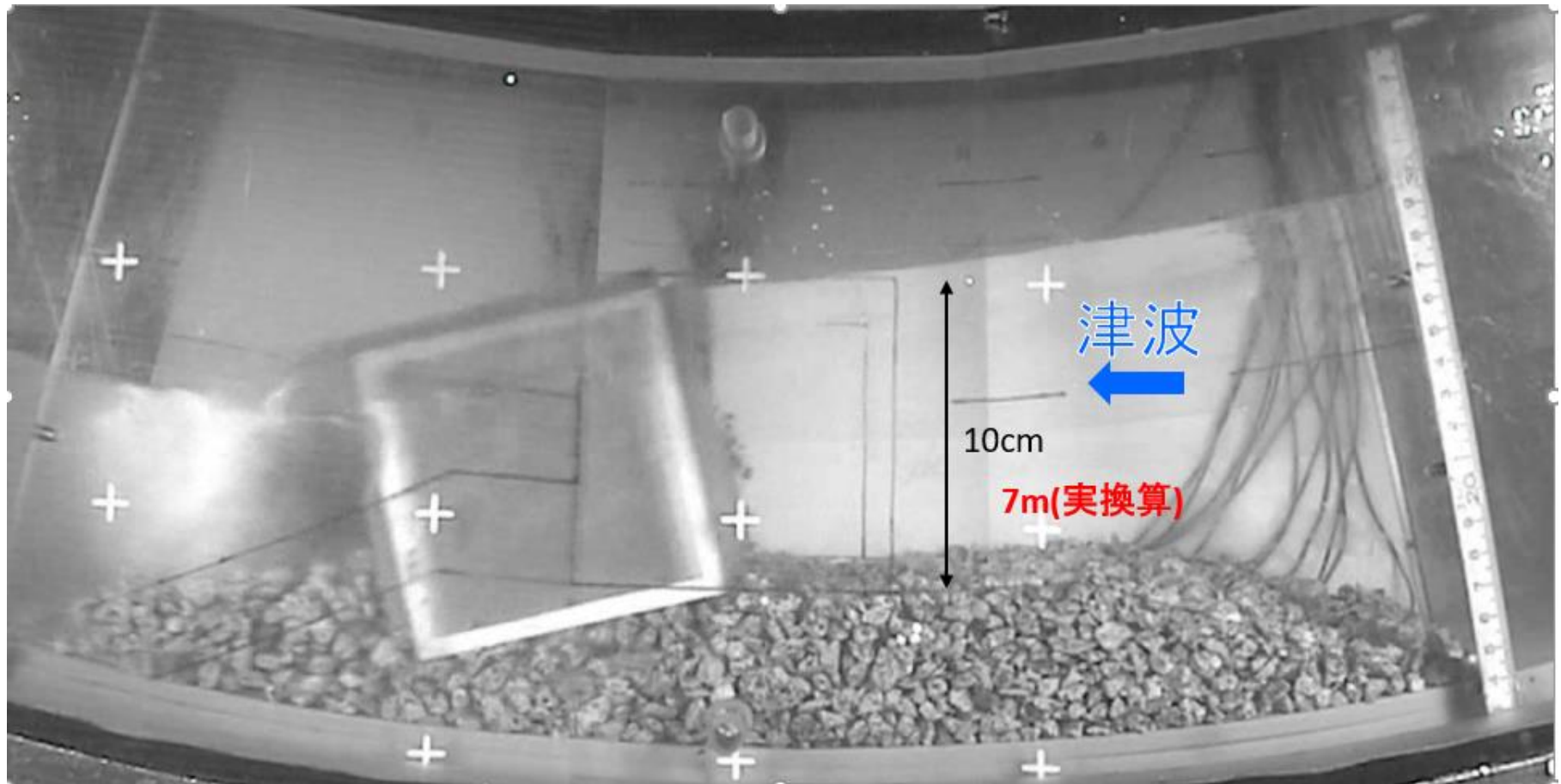
- 一見、越波した津波によって基礎が洗堀され、防波堤が転倒したようにも見えるが...



基礎捨石に揚圧力が作用し、通常よりも土骨格が弱くなる。

## 津波に対する粘り強さの検討

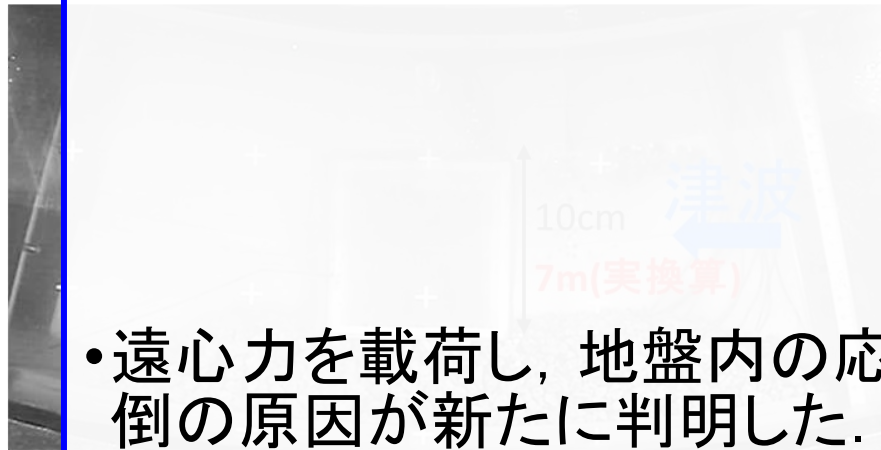
- 一見、越波した津波によって基礎が洗堀され、防波堤が転倒したようにも見えるが、



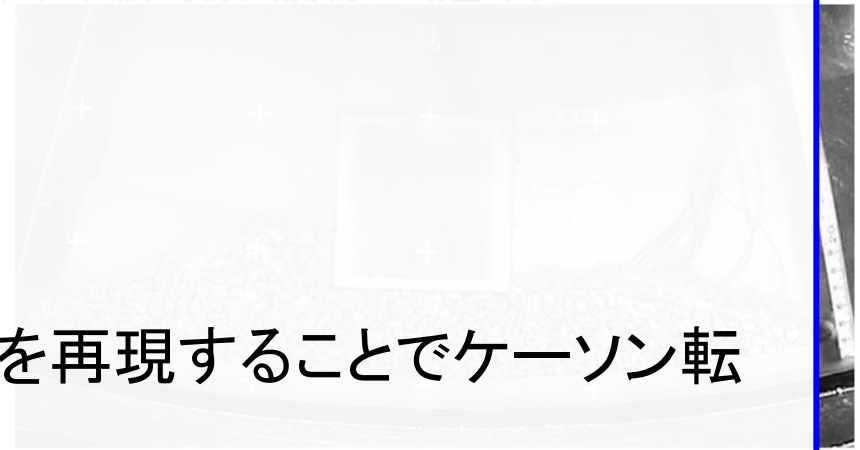
ケーソン直下にすべり面が形成され、崩壊した。

## 津波に対する粘り強さの検討

(a) 無対策

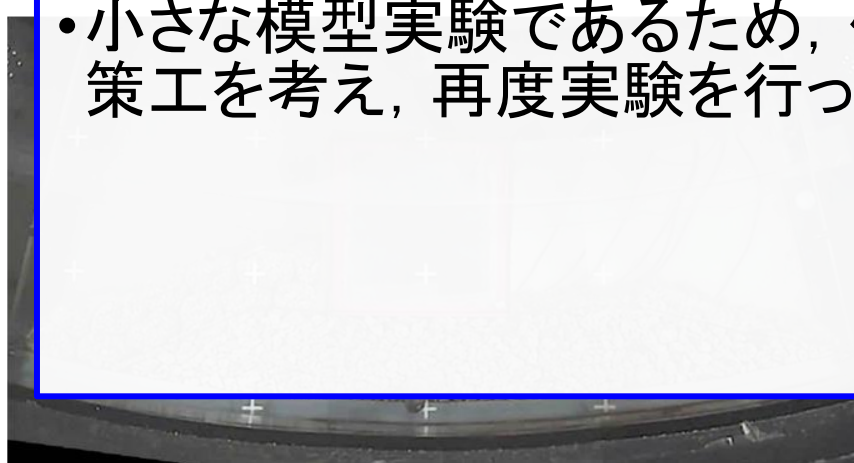


(b) 津波対策: 腹付工(通常)

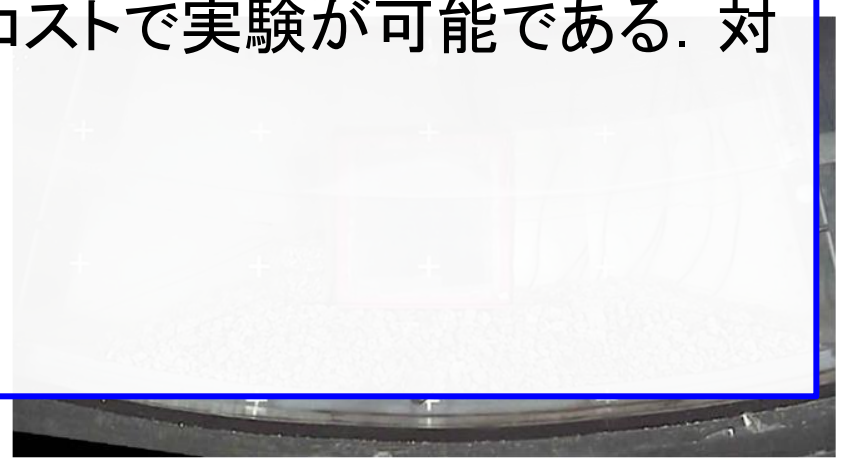


- 遠心力を載荷し，地盤内の応力を再現することでケーソン転倒の原因が新たに判明した。

(c) 津波対策: 腹付工(ユニット)



(d) 津波対策: 腹付工(ユニット小)

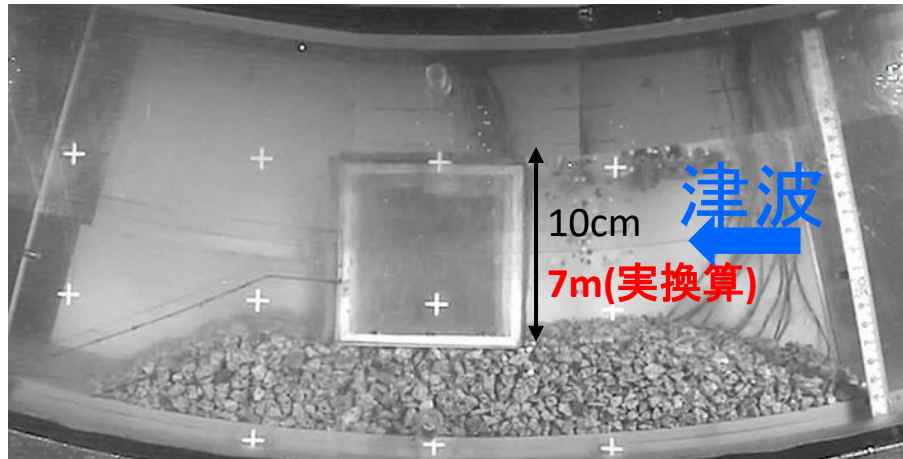


- 小さな模型実験であるため，低コストで実験が可能である。対策工を考え，再度実験を行った。

# 津波に対する粘り強さの検討

- 遠心力場70G(地球上では1G)

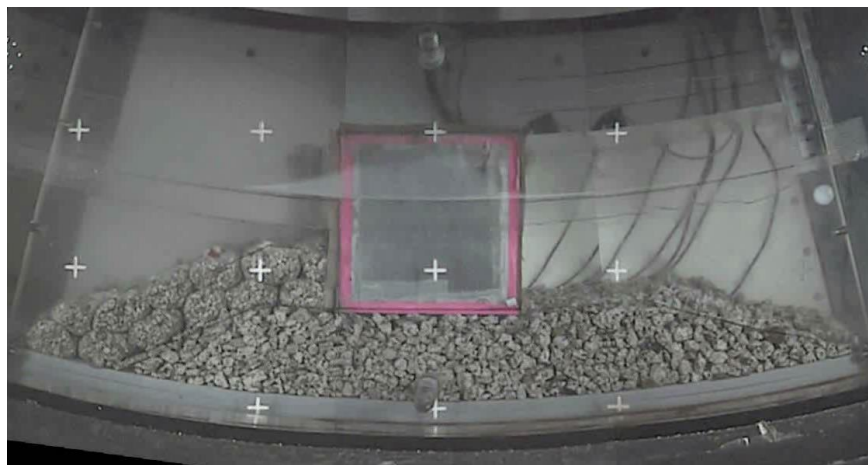
(a) 無対策



(b) 津波対策:腹付工(通常)



(c) 津波対策:腹付工((ユニット))



(d) 津波対策:腹付工((ユニット小))

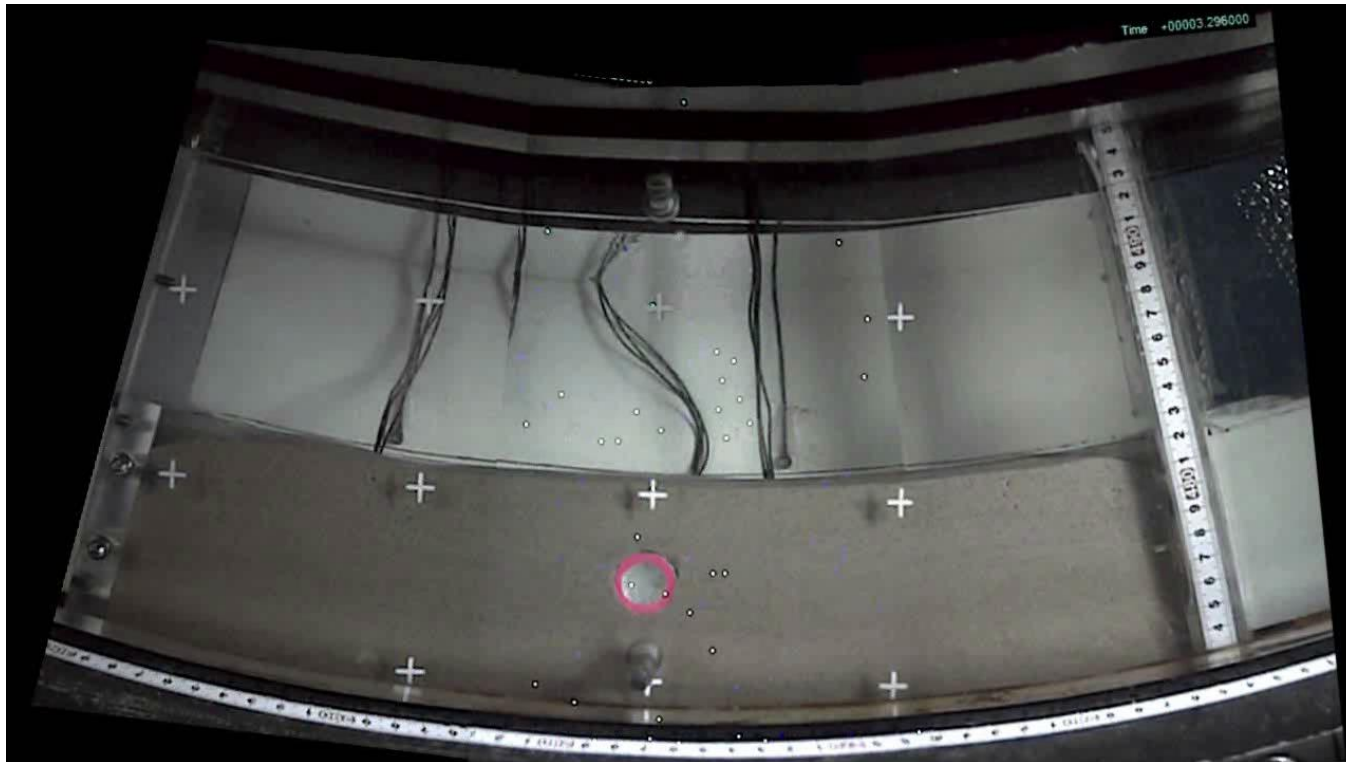




## 高波時の地盤液状化

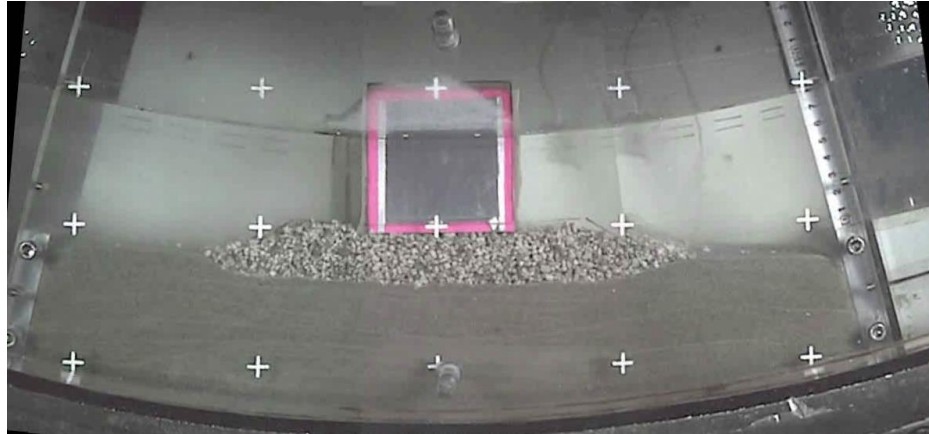
- 地盤内応力を遠心力を利用して再現しているため、液状化実験を行うことができる。
- 特に、埋め戻し直後の地盤では台風などの高波浪で管(送電線やデータケーブル, パイプ等)が浮き上がってくることもある。

特に、洋上風力発電など、海底地盤にケーブルを埋設する需要は今後増えると思われる。



## 地震・津波連動実験

- ・ドラム型遠心载荷装置の模型土槽(土を入れる容器)は水路と別になっており、土槽を振動させることで地震動を再現できる。



地震動によって沈下した防波堤に津波が来た場合

津波に耐えている防波堤に余震などの大加振があった場合



## SOWAS(地盤-波浪-構造物)コンセプトに基づく津波リスクの総合評価システム

津波計算 : T-TOPPRS

津波流れ発生装置

津波造波水槽 : T-TARB3D

津波発生 / 伝播計算

0h\_10.0min

: T-TUFGEN3D

- ドラム型遠心載荷装置では、地盤-波浪-構造物の実験が行えるが、乱流の流れなど、遠心力場では再現できない現象は数多くある。
- 東洋建設では、平面水路や各解析手法を持つ水分野と、遠心力模型実験を行える地盤分野が緊密に連携し、各手法がもつ短所を補い合うことでSOWASコンセプトに基づく津波リスクマネジメントシステムを構築している。

津波波力計算

: CADMAS-SURF/2D/3D

粒子法による構造物-流体-地盤の相互作用の計算 : SPH法

名古屋工業大学 前田研究室開発

ドラム型遠心載荷津波水路

: T-DOCTOSS