

津波防災のための 平面水槽での津波実験技術

〒663-8142
兵庫県西宮市鳴尾浜1-25-1
電話:0798(43)0661(代)
<http://www.toyo-const.co.jp/>

東洋建設株式会社
技術本部 総合技術研究所
鳴尾研究所 水工研究室

小竹康夫

電話:0798(43)5902(直)

Email: kotake-yasuo@toyo-const.co.jp

東洋建設(株) 鳴尾研究所の紹介

2

沿革

1976	技術研究室大阪分室 設置(土質実験棟, 二次元造波水路)
1977	平面水槽完成
	鳴尾技術センターへ移転
1984	遠心力載荷模型実験装置(ビーム型) 導入 不規則波発生装置 導入
1986	技術研究所に改称
1991	不規則波長水路増設 平面水槽多方向不規則波造波装置 導入
1992	総合技術研究所鳴尾研究所に改称
1998	遠心力載荷模型実験装置(ドラム型) 導入
1999	現所在地に移転
2008	平面水槽に津波発生用造流装置 導入

場所



1978年

1995年
阪神・淡路大震災

2005年



平面水槽津波実験技術開発のメリット

東洋建設(株)の願い・使命

津波から人命・財産を守る
安心・安全な街づくりに貢献

社会に対するメリット

港湾計画立案の支援
沿岸立地企業のBCP提案

地域防災教育での活用

阪神大震災の教訓

数値解析の検証データ提供

危険箇所の目視確認

社業に対するメリット 海洋土木建設業

構造物の安定性評価の精度向上
構造物の性能評価の精度向上

施工時安全対策の立案
漂流物2次被害防止対策の立案

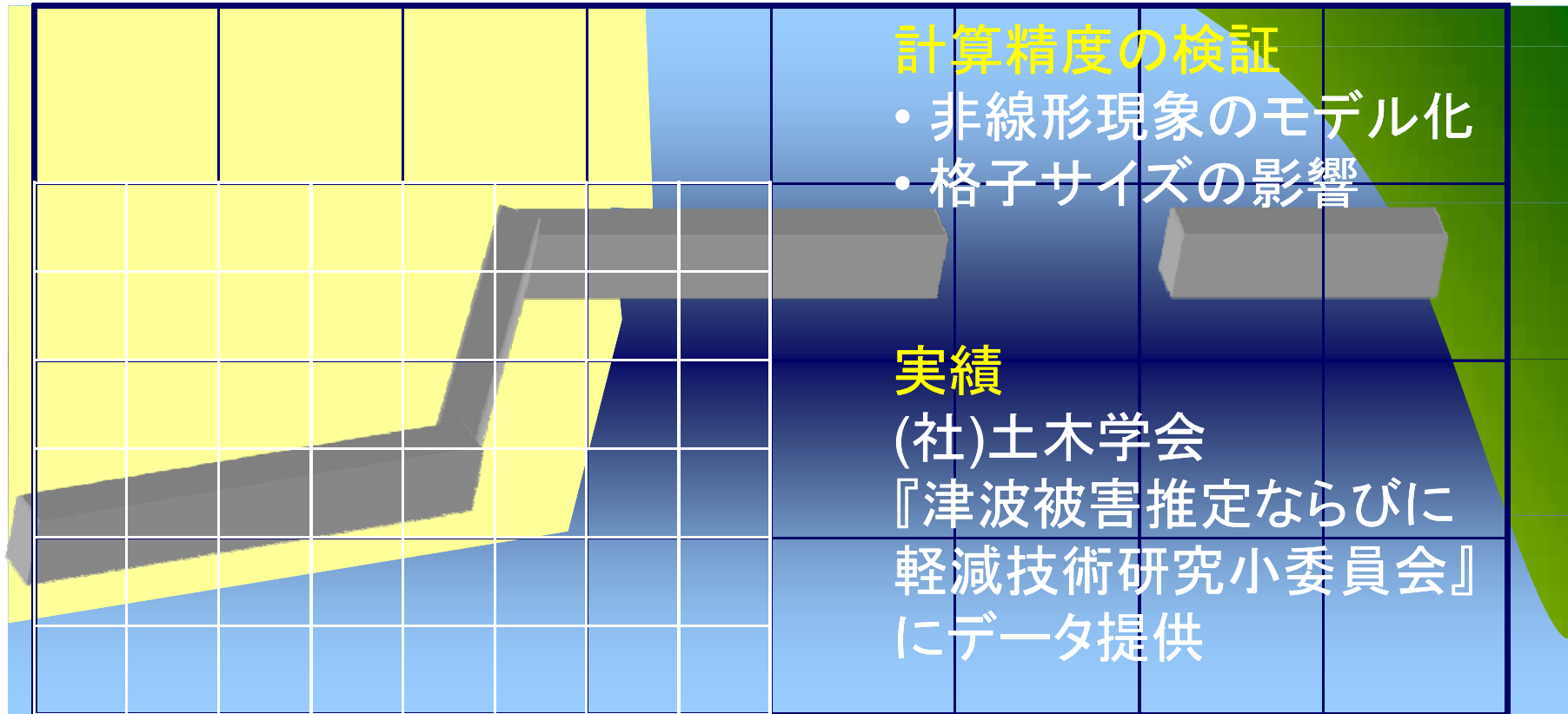
津波外力を適切に評価し
実験結果の精度が向上する

3次元での津波実験



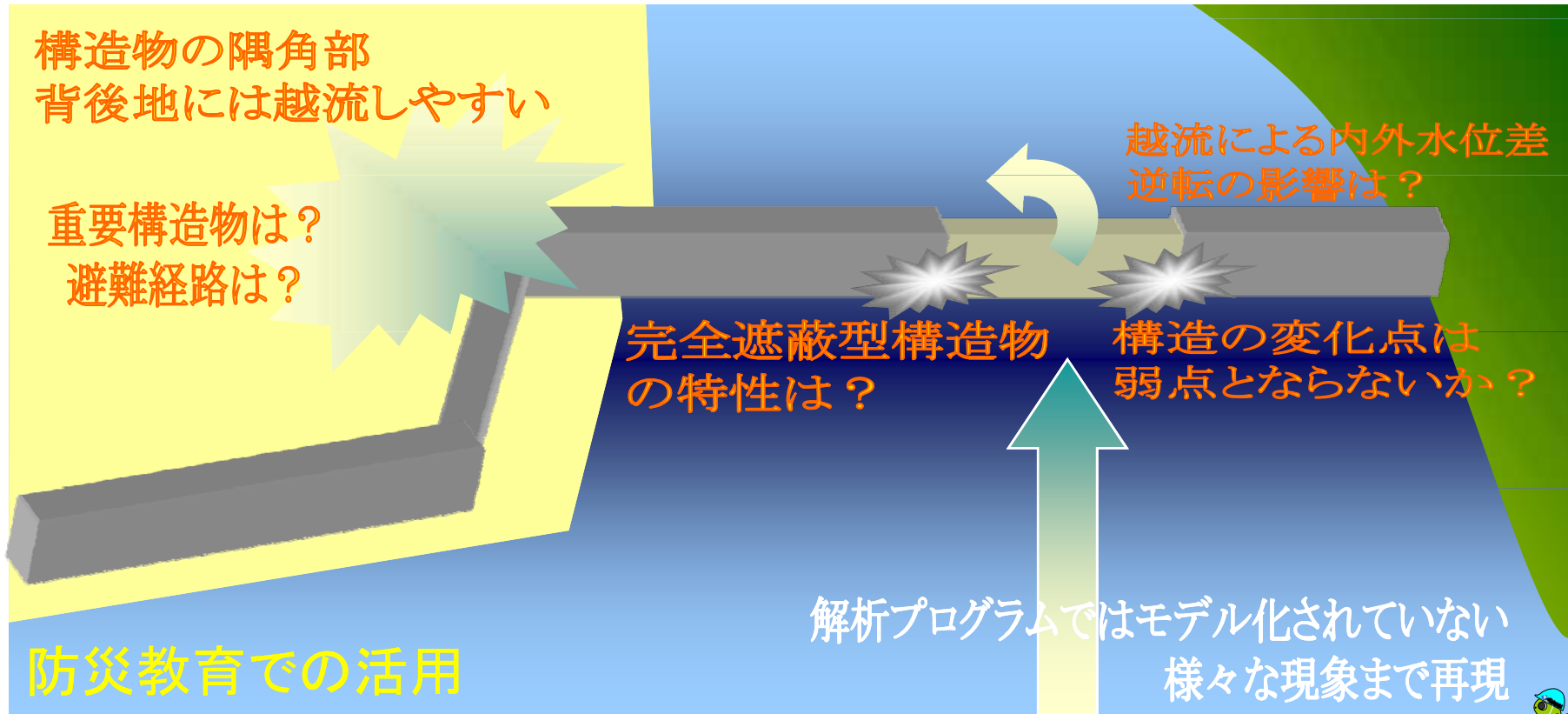
👤 数値解析の精度検証データを取得

- ☆ 整備された境界条件のもと, 様々な外力による結果を検証
- ☆ 数値解析プログラムではモデル化されていない現象の解明



💡 想定以上の津波が来襲した場合の浸水被害の状況把握

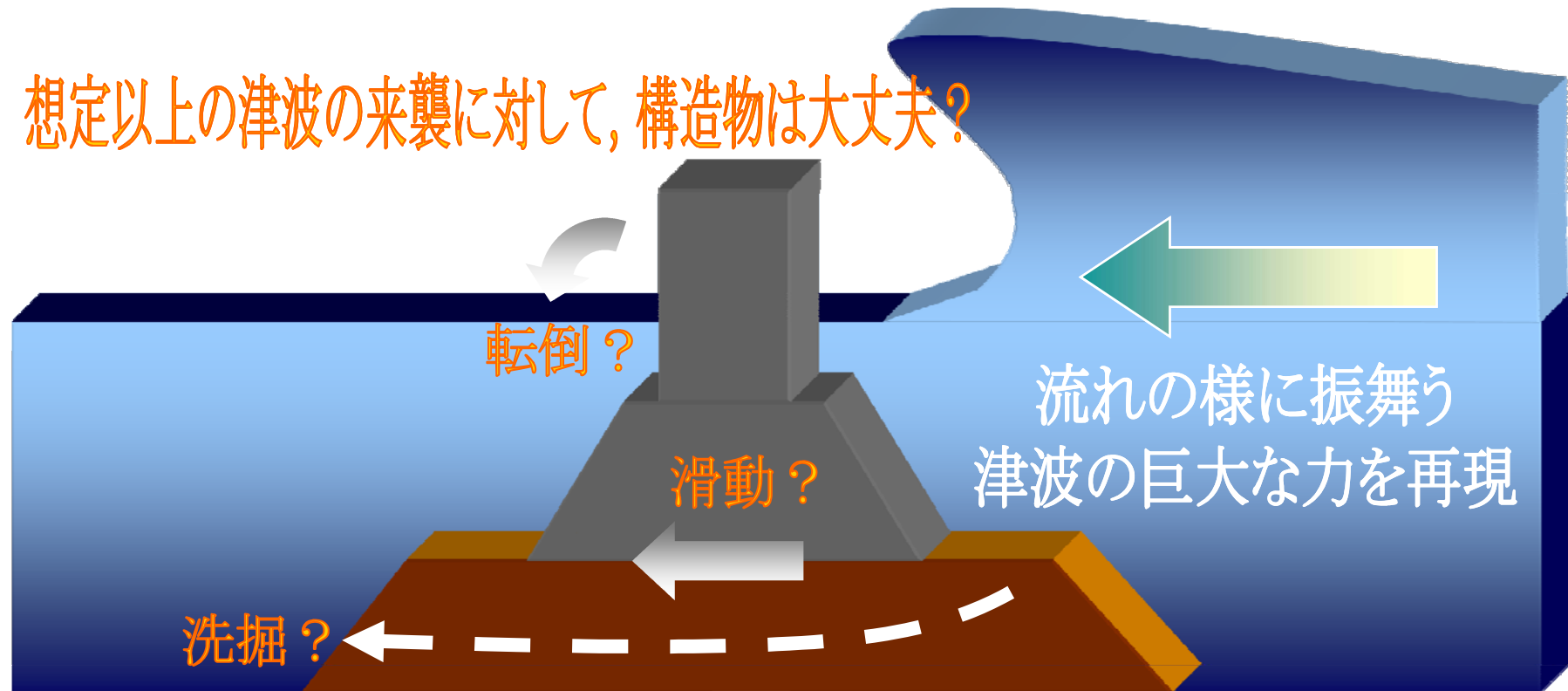
- ☆ 地形や構造物配置の影響による局所被害を再現
- ☆ 重要構造物が浸水域に立地していないか？
- ☆ 避難経路上に危険箇所は存在していないか？



👤 津波対策構造物の粘り強さ測定

- ☆ 想定以上の津波の来襲に対して、構造物は安全か？
- ☆ 津波対策構造物周辺の既設構造物は、津波に対して安定か？

想定以上の津波の来襲に対して、構造物は大丈夫？



実験縮尺の影響克服

大縮尺実験が可能

★ 相似則

フルード相似則: 重力 > 粘性
レイノルズ相似則: 重力 < 粘性

両方を満足

No

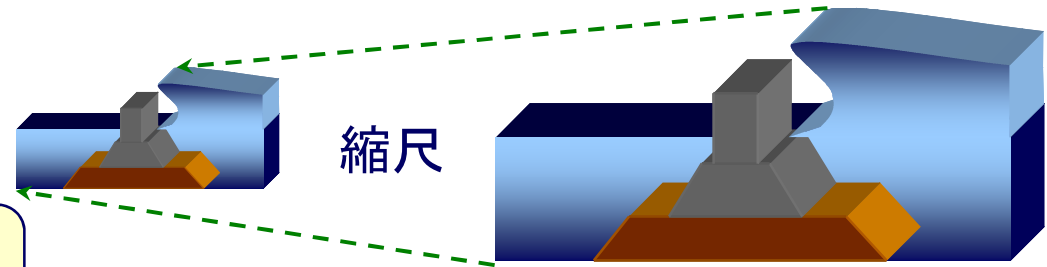
Yes (地盤内応力)

水理模型実験 (粘性無視)

歪み模型

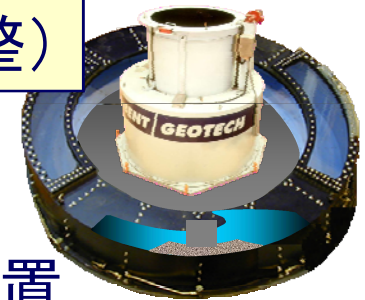
着目現象特化

平面水槽津波実験 (大縮尺)
※ 津波の3つの特性を個別に再現



遠心力場実験
(重力を調整)

ドラム型
遠心載荷装置

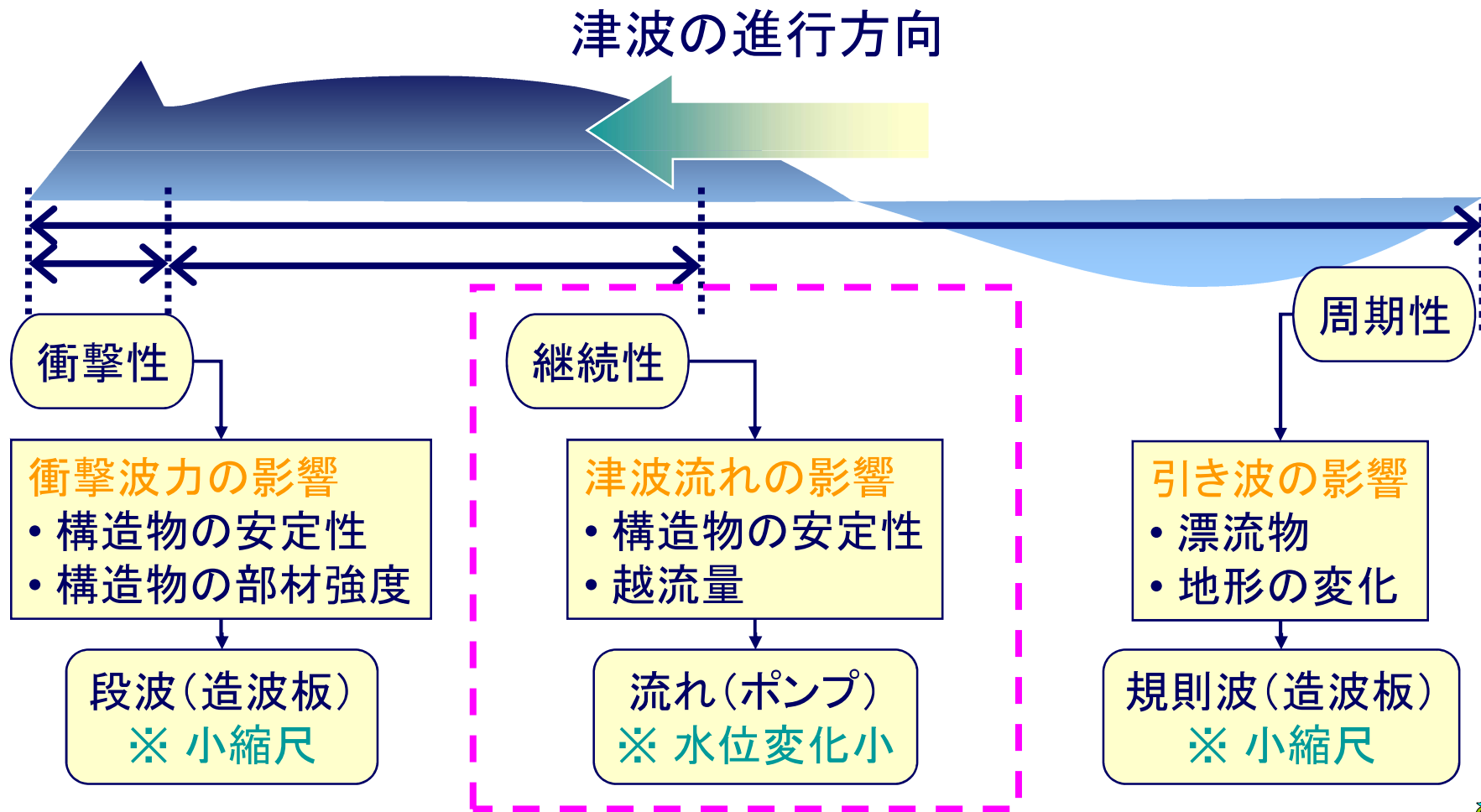


【参考】大規模波動地盤総合水路
(独)港湾空港技術研究所
※ 断面2次元の大縮尺実験施設



津波の3つの特性

📍 着目する水理現象と津波発生手法



● 平面水槽基本性能



平面水槽基本仕様		30.0m ^L × 19.0m ^W × 1.5m ^D	
造波装置	形式	ピストン型・再反射吸収機能	
	造波能力	規則波	最大波高 50cm 周期 0.5~4.0s
		不規則波	最大有義波高 30cm 有義波周期 0.8~3.5s
	全幅	0.5m × 30枚 = 15.0m	

● 3次元津波流れ発生装置

T-TUFGEN3D

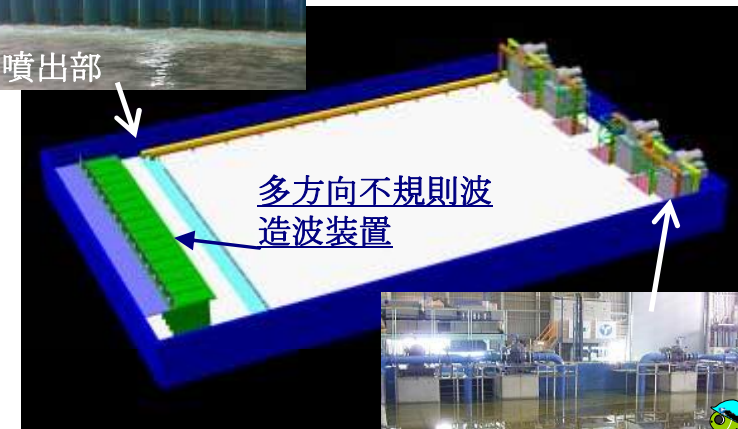
Toyo-3Dimensional **Tsunami Flow Generator**

- ☆ ポンプ : 10 ton/min × 4台
- ☆ 発生流速 : 約20cm/s (水深20cm)
- ☆ 最大流速 : 約160cm/s

● 防波堤開口部実験実績
(水深20cm, 開口幅 5m/15m)



噴出部



多方向不規則波造波装置

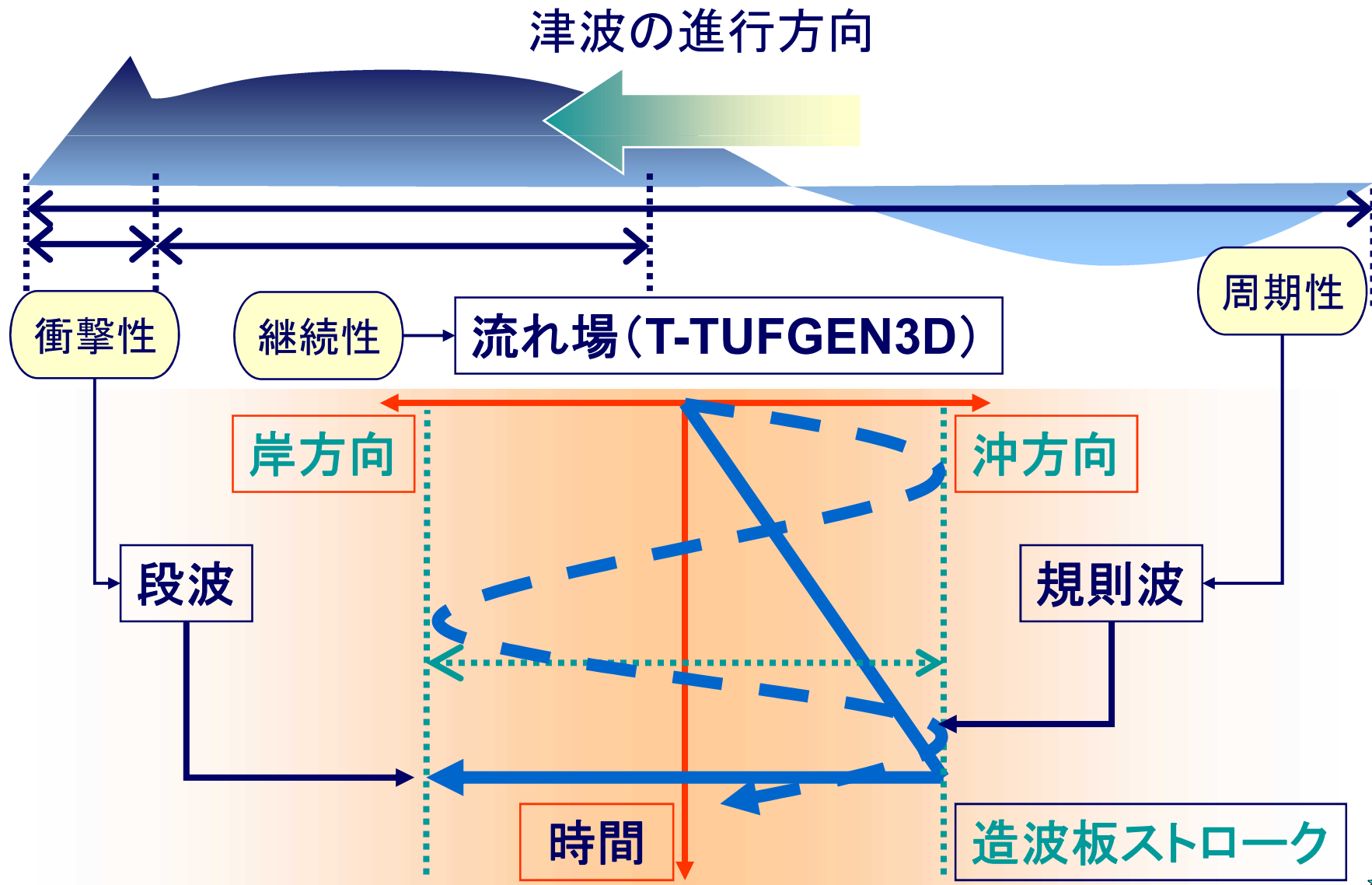


ポンプ設備



造波板による津波の発生手法

10



造波板を用いた津波実験(段波)

11

造波板による津波の発生

- ★ 水位変動
- ★ 流速(越流速度)
- ★ 波力(波圧)
- ★ 船舶係留張力



鳴尾浜実験の事例

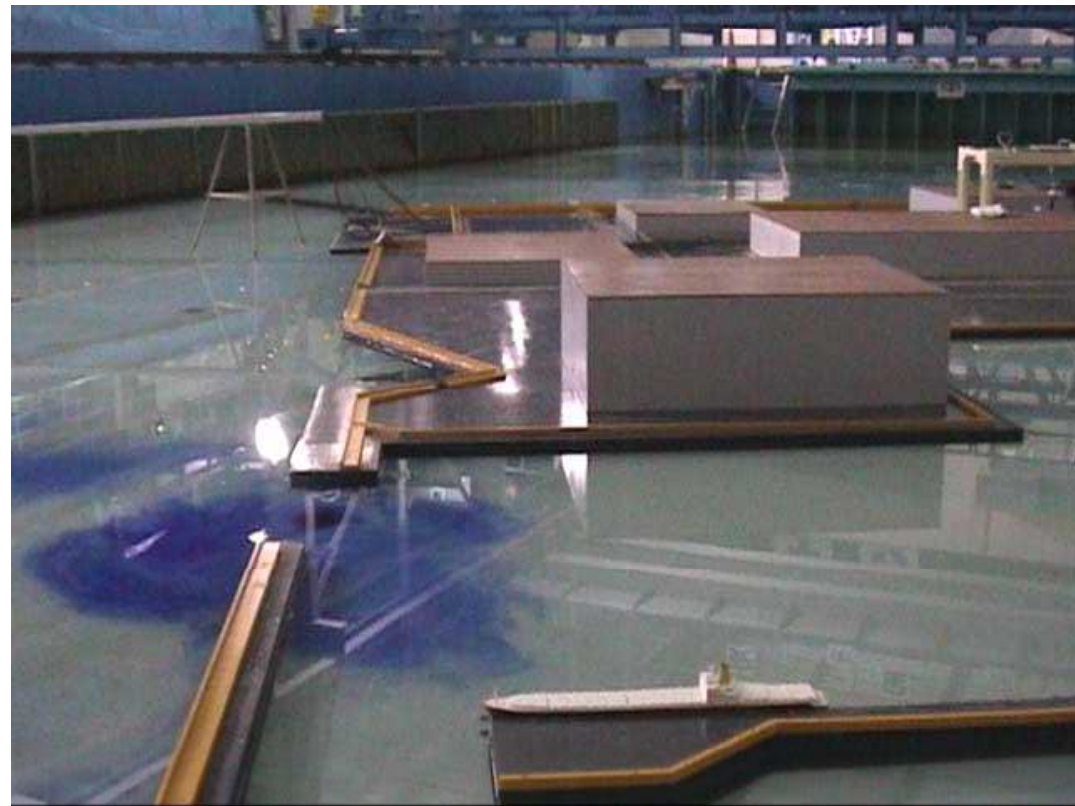
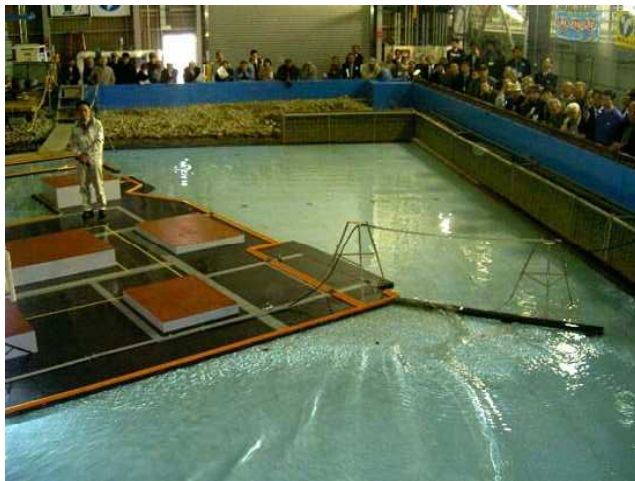


造波板による津波の発生

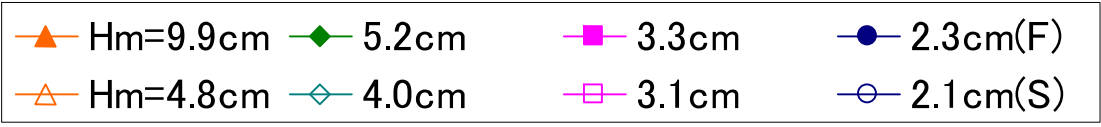
- ★ 水位変動
- ★ 流速(越流速度)
- ★ 波力(波圧)
- ★ 船舶係留張力

平成17年12月9日
港湾の津波防災に関する
研究公開

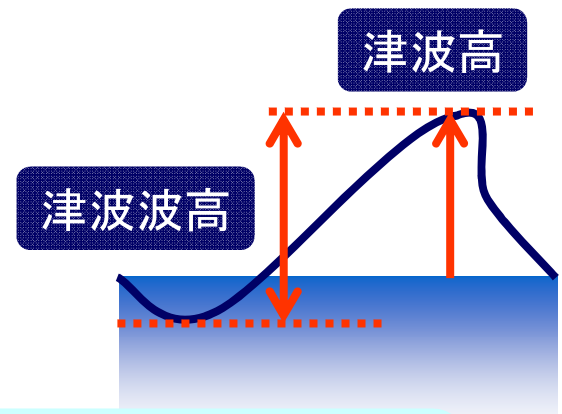
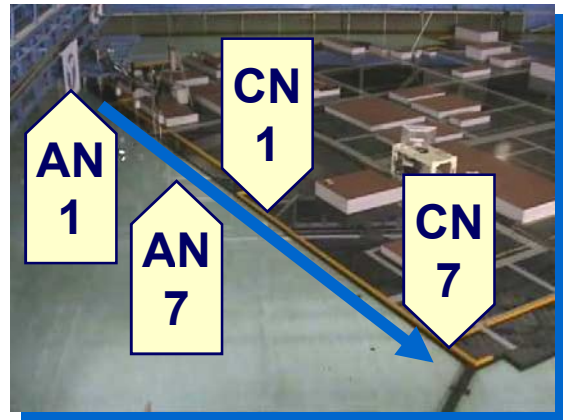
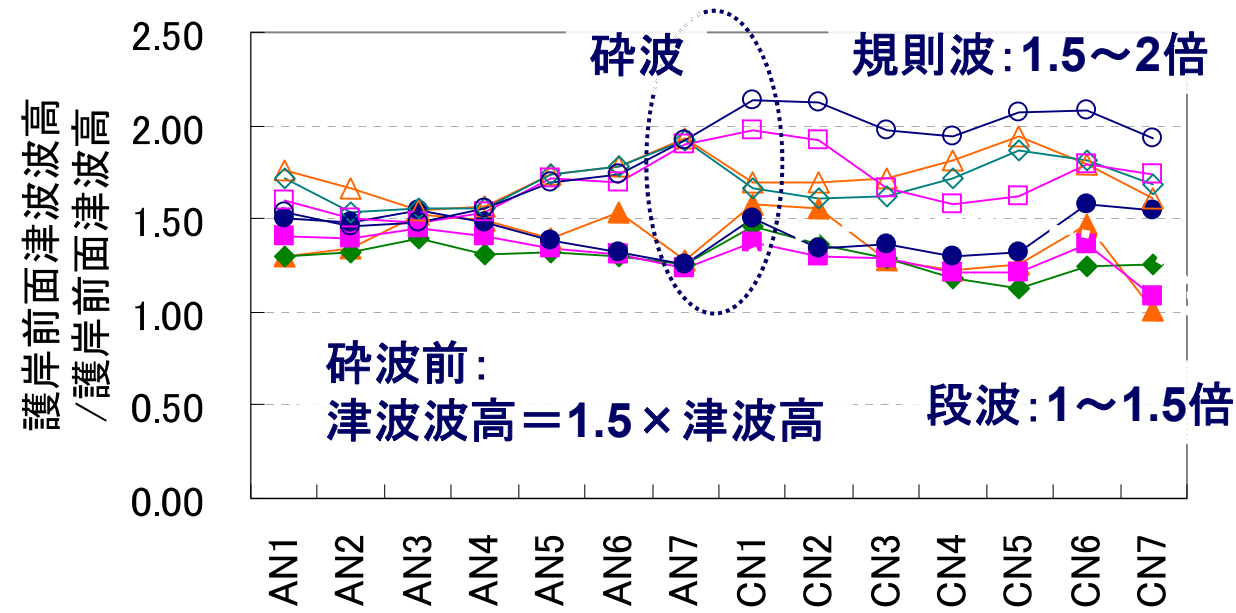
鳴尾浜実験の事例



津波実験(造波板)結果の一例(伝播)



凡例
F波: 段波 / S波: 規則波

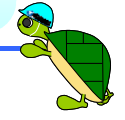


入射波形により伝播傾向が異なる

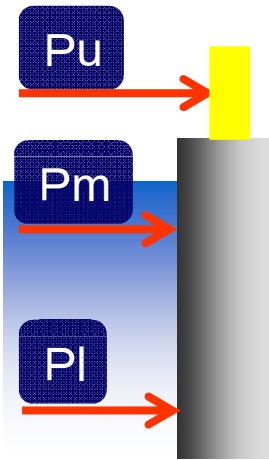


構造物への作用状況が異なる

【最大流速】
CN7では一般部の2~3倍



津波実験(造波板)の一例(波圧)



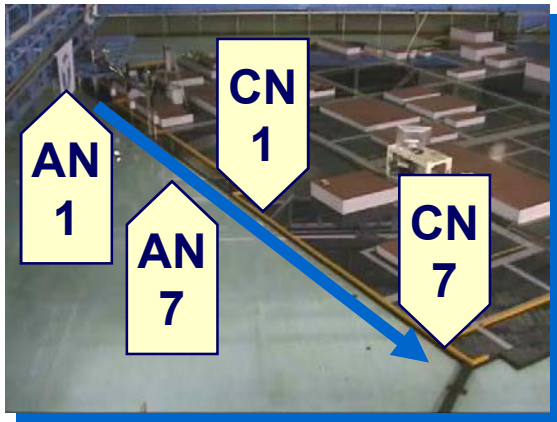
波圧の沿岸分布:
入射波高で無次元化

- 静水面下では

$$P_m \doteq P_i$$

- 段波では

入射波高 × 1.5~2

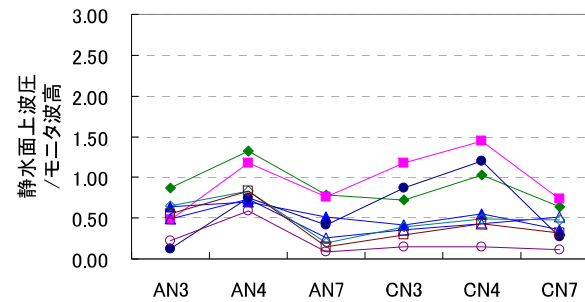


凡例

F波: 段波

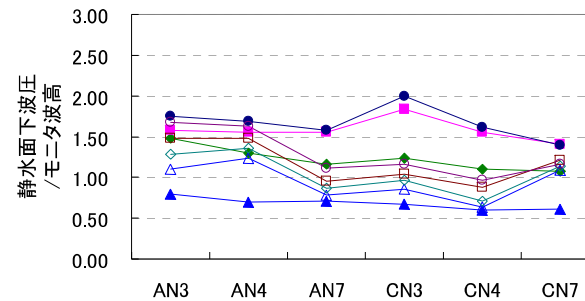
S波: 規則波

- 局所的な波高増大に要注意
- 1.1倍を上回る場合もある



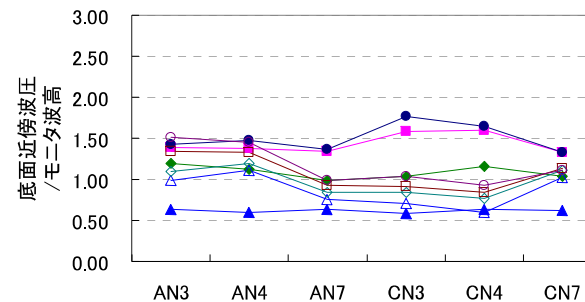
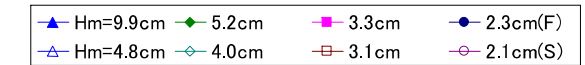
静水面上

P_u



静水面下

P_m



底面近傍

P_i



津波実験(造波板)の对外発表

15

2005年

- ☆ 津波防災のための基礎的平面津波実験(海岸工学論文集 第52巻)

出口一郎(大阪大学大学院), 小竹康夫, 金澤剛, 松村章子, 藤原隆一

2007年

- ☆ 構造物の平面配置が沿岸部での津波挙動に与える影響について

(海洋開発論文集, 第23巻) 小竹康夫, 荒木進歩(大阪大学大学院), 松村章子

- ☆ 地域防災教育を目的とした津波実験公開の試み(地震工学論文集, 第29巻)

小竹康夫, 荒木進歩(大阪大学大学院), 松村章子, 三宅達夫

2008年

- ☆ 平面水槽での津波実験手法の開発と実在地形模型を用いた実験公開による防災教育

(水路(日本水路協会)2008.7月号(印刷中)) 小竹康夫, 金澤剛, 松村章子

平成19年度 水路技術奨励賞

- ☆ 津波作用時に一点係留中船舶に発生する係留張力に関する実験的研究

今年度発表予定 (年次学術講演会概要集 第63巻(印刷中)) 金澤剛, 小竹康夫, 松村章子

- ☆ 津波実験を目的とした鉛直噴上げ方式による平面水槽での流れ発生を試み

今年度発表予定 (海岸工学論文集, 第55巻(印刷中)) 小竹康夫, 金澤剛, 松村章子.

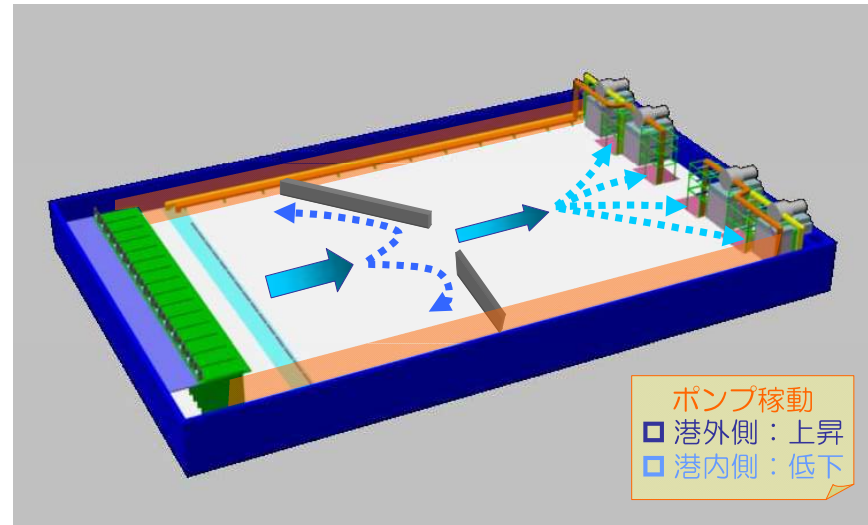


T-TUFGEN3Dデモ実験

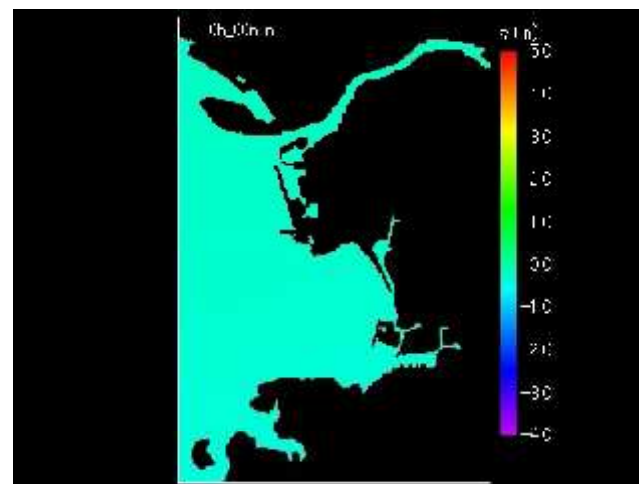
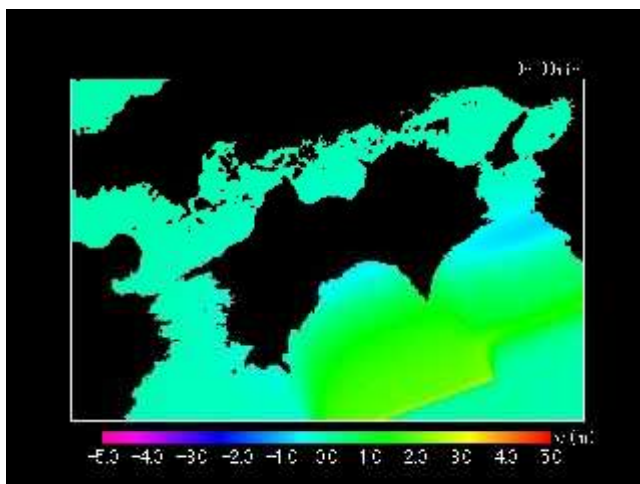
流れ場
(津波のみ)



津波
高波浪
重合場



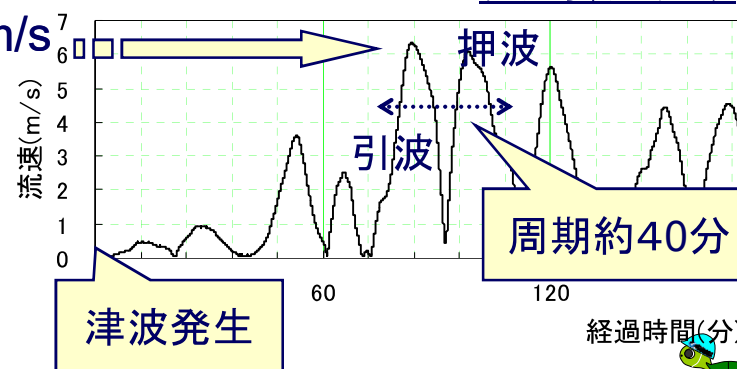
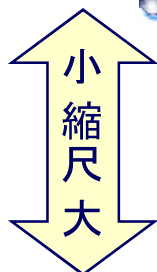
- A港の津波防災への適用(案)
 - ☆ 南海・東南海地震津波による被害の確認
 - 津波発生・伝播・遡上シミュレーション



流速算定結果

A港で想定される津波流れ流速: 約6m/s

- 水理模型実験での流速
 - 縮尺1/200の場合: 約40cm/s
 - 縮尺1/100の場合: 約60cm/s
 - 縮尺 1/50の場合: 約85cm/s



T-TUFGEN3Dの活用(小縮尺実験)

縮尺1/200実験

☆ 想定津波あるいは
想定以上の津波来襲に対して

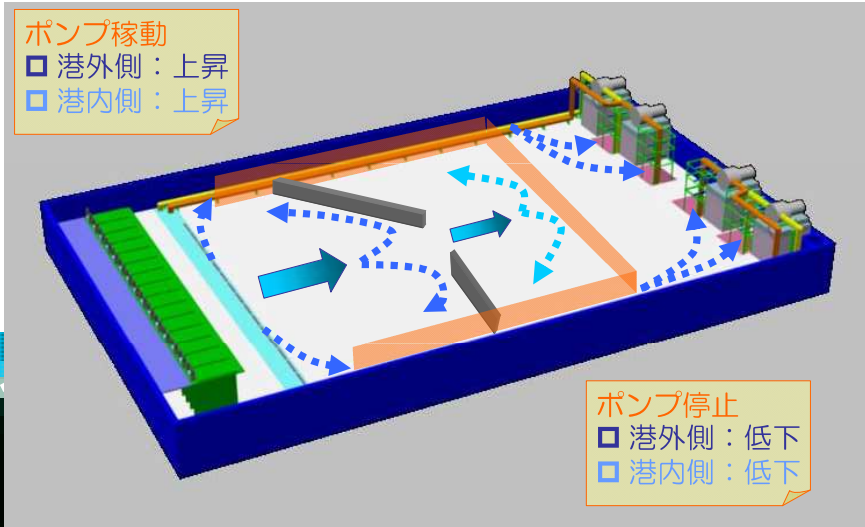
浮体実験
施工時安全対策
漂流物2次災害防止

想定流速
約40cm/s

漂砂実験
地形変化の原因解明
対策の提案

A港

平面水槽での再現領域



越流実験(被災実験)
港湾計画への支援
沿岸立地企業BCP提案
地域防災教育での活用

数値解析検証データの提供

津波から人命・財産を守る、安心・安全な街づくりに貢献します

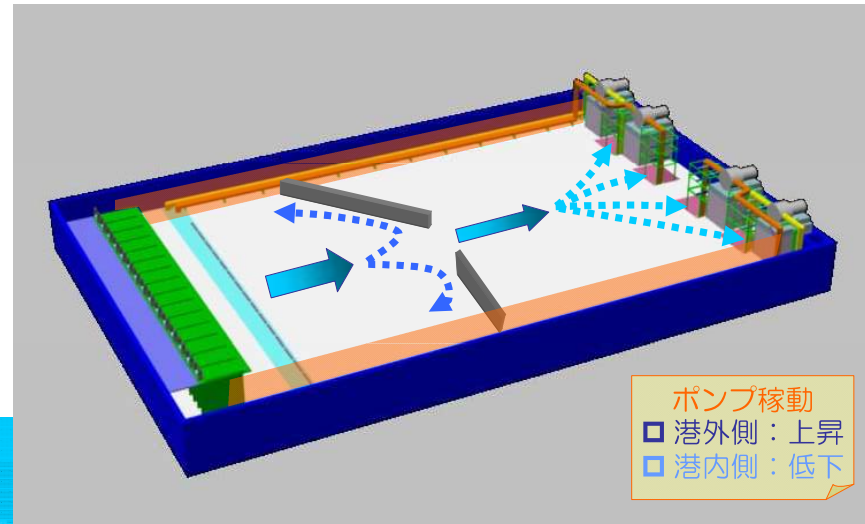


T-TUFGEN3Dの活用(大縮尺実験)

19

縮尺1/50実験

- ★ 想定津波あるいは想定以上の津波来襲に対して



平面水槽での再現領域

想定流速
約85cm/s

A港

高波浪・津波重合場実験
不連続箇所脆弱性評価

波力測定・滑動実験(被災実験)
既設・対策構造物の安定性評価
性能評価

数値解析検証データの提供

津波から人命・財産を守る、安心・安全な街づくりに貢献します



- 津波の特性を『衝撃性』『継続性』『周期性』の3つに分類し、各々の水理現象に着目した平面水槽津波実験手法を確立しました
- 『衝撃性』は構造物の部材強度、『継続性』は構造物の安定性や性能、『周期性』は漂流物の挙動や地形変化を評価します
- 平面水槽津波実験は、数値解析手法でモデル化されていない現象や、地形や構造物配置に起因し、計算では評価が難しい局所的な現象も解明します
- 平面水槽津波実験は、数値解析手法の検証データを提供し、計算精度向上への寄与を通じて、港湾計画や沿岸立地企業のBCPを支援します
- 平面水槽津波実験は、視覚的に現象を把握しやすいので、一般公開などにより防災教育での活用が可能です
- 平面水槽津波実験は、津波から人命・財産を守る、安心・安全な街づくりに貢献する技術です



東洋建設株式会社鳴尾研究所

未来に、人に、そして社会に。

私たちがめざしているのは、人と自然が共生する社会環境です。社会のニーズに応えるために、未来を見つめ基礎から応用領域にいたる広範な技術の研究開発を進め、豊かで暮らしやすい社会づくりに貢献していきます。

■ 海岸・港湾分野

海岸・港湾および海洋工学関連技術の研究開発

■ 土質・振動分野

地盤・耐震工学関連技術の研究開発

■ 水域環境分野

水域環境に関わる技術の研究開発



不規則波造波水路実験



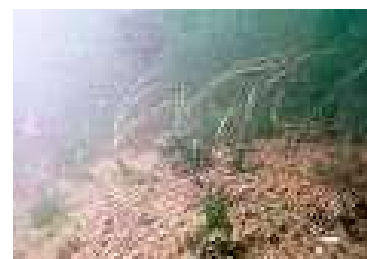
平面水槽
多方向不規則波造波装置



ドラム型遠心力模型実験装置



ビーム型遠心力模型実験装置



アマモ実海域実験



超大型繰返し三軸試験装置

〒663-8142 兵庫県西宮市鳴尾浜1-25-1 電話:0798(43)0661(代)

