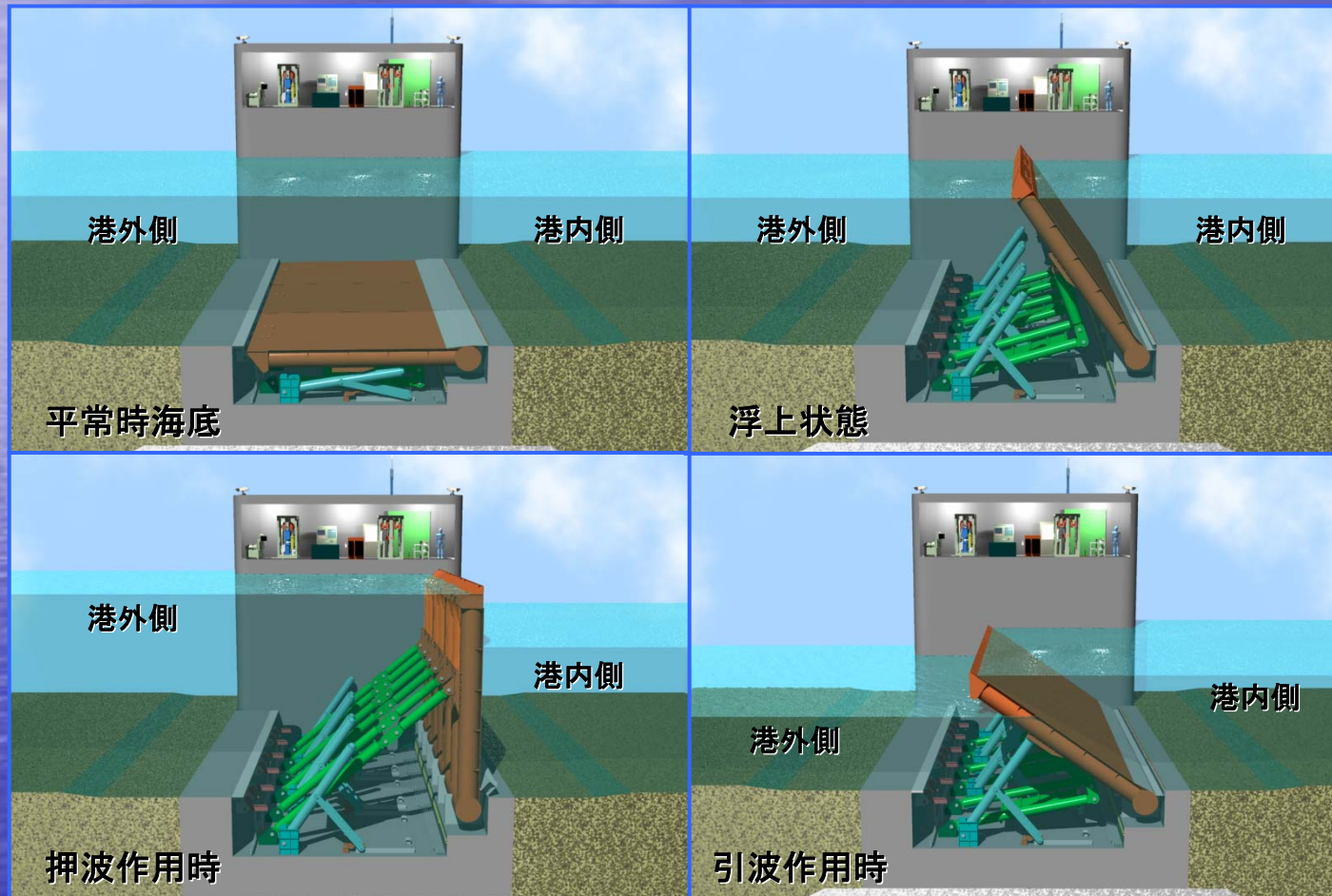


フラップゲート式可動防波堤の開発

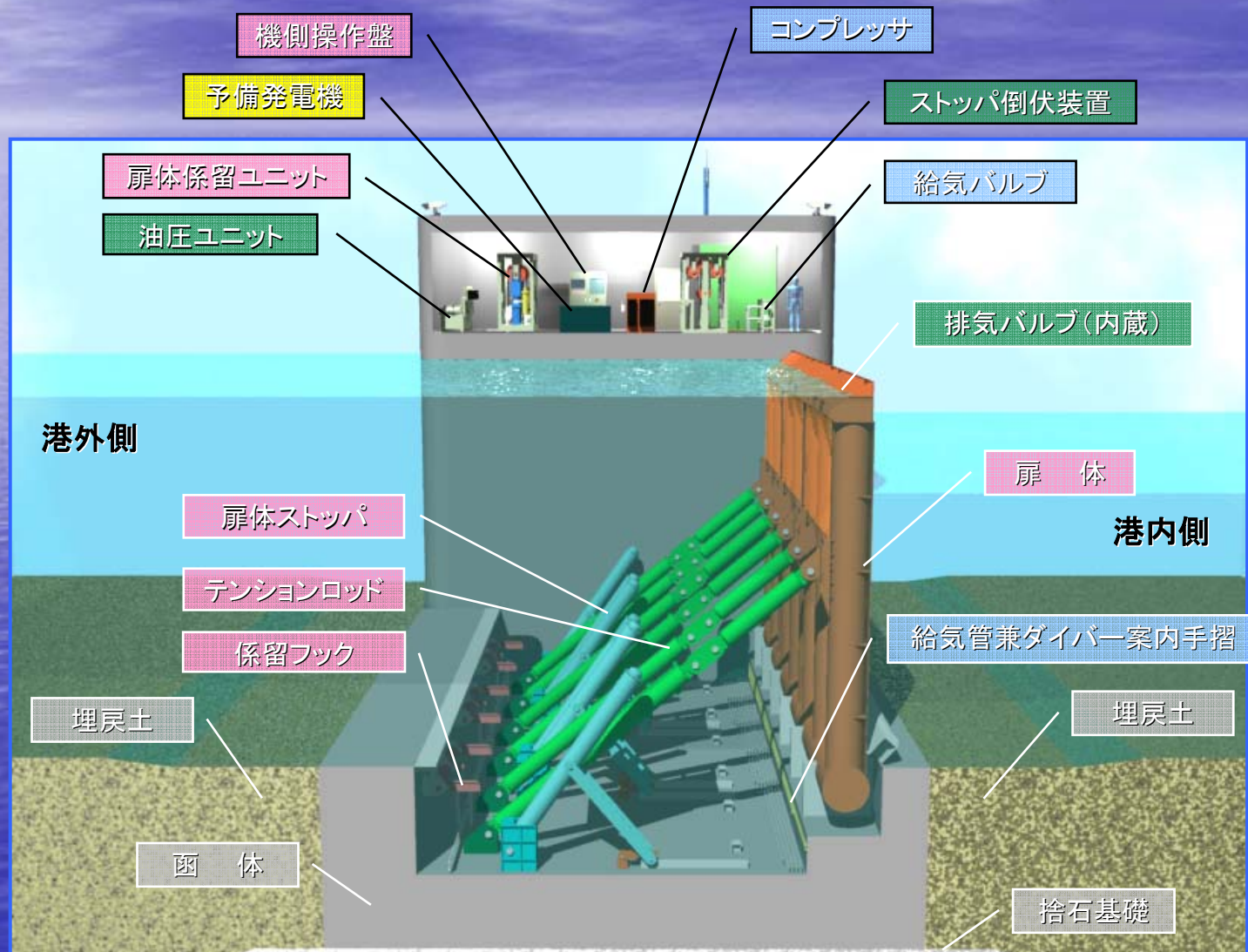


発表：日立造船株式会社 機械・インフラ本部 産業機械事業部
開発生産技術部 開発グループ 仲保 京一

発表の順序

1. フラップゲート式可動防波堤とは
2. 開発の背景と経緯
3. 従来施設の技術課題
4. 開発コンセプト
5. フラップゲート式可動防波堤の特徴
6. 今後の展開

フラップゲート式津波防波堤全体図



フラップゲート式波除堤全体図



2. 開発の背景と経緯

① 自然災害リスクの高まり

- **津波**（インド洋大津波）
- 地球温暖化に伴う海面上昇
- 巨大化する高潮・高浪災害
- 既存設備の**老朽化**（ハリケーン カトリーナ）

② 財政的理由によるソフト対策への偏重

→災害弱者問題、被災時の経済的ダメージ

豊かな未来に貢献するため、
長年にわたる水門や海洋構造物の経験を活かし
安心・安価な防衛施設技術を確立する

経緯

年 度	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24
試設計・検討他										
水槽実験	<ul style="list-style-type: none"> 浮上・倒伏・動揺実験(1) 段波実験(1)(2) 伝達波低減実験 平面水槽実験 扉体係留実験 段波実験(3) 扉体動揺実験(2) 									
数値解析	<ul style="list-style-type: none"> 浮上・倒伏動作 波浪中扉体の挙動解析 扉体周辺平面波浪場解析 									
実海域実証試験	<ul style="list-style-type: none"> 実海域実証試験機設置期間 									

3. 従来施設の技術課題

【津波対策イメージ】



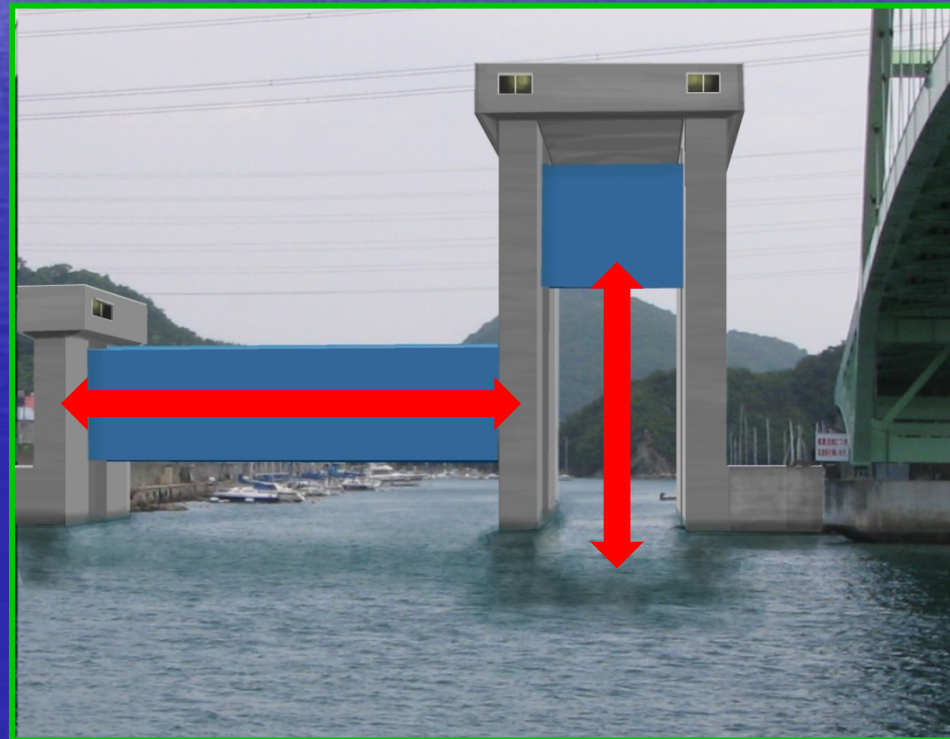
【老朽化対策イメージ】



- ① 防波堤：船舶航行・海水交換を阻害
- ② 水門：建設費・維持管理費が高い
景観への影響 大きい

従来水門(ローラゲート)の問題点

- ①水門は非常に**高額** (防波堤に比べて)
- ②左右で荷重を支持するため、航路幅が大きいと扉体重量増大
 - 開閉装置大型化
 - 建設費大**
 - 維持管理費大**
- ③船舶航行に必要な高さ確保のため
 - 移動距離大
 - 景観影響大**



4. 開発コンセプト

“従来技術の組合せ”と“発想の転換”

【従来技術の組合せ】

新しい防御施設を**安心**して採用して頂くために
全く新しい構造を提案するのではなく
“十分に実績のある水門形式をベースに、従来
技術を組合せる”ことにより信頼性を確保する

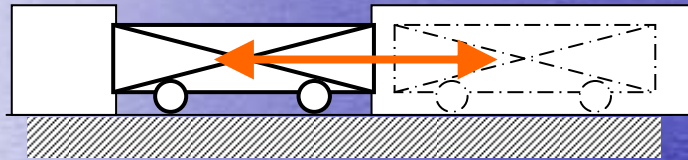
【発想の転換】

これまでにない価格(**安価**)を実現するため
従来の考え方にとらわれない大胆な発想の転換
が必要

ベース形式の選定

【水平移動:横引き】

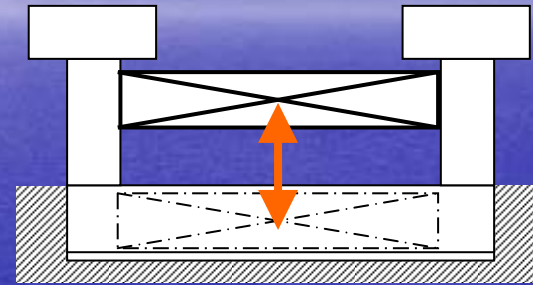
耐震:○ 無動力:×
短時間:× 低コスト:△



正面図

【鉛直移動:ローラ、スライド】

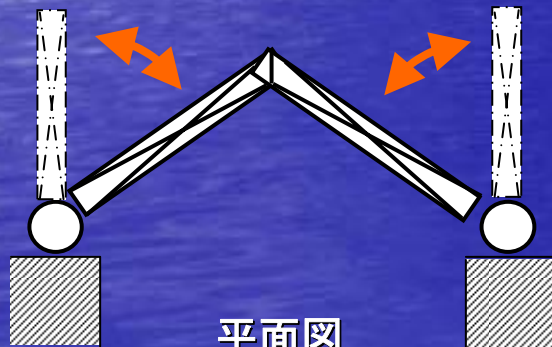
耐震:△ 無動力:○(自重降下)
短時間:△ 低コスト:△



正面図

【水平旋回:セクタ、マイタ、スイング】

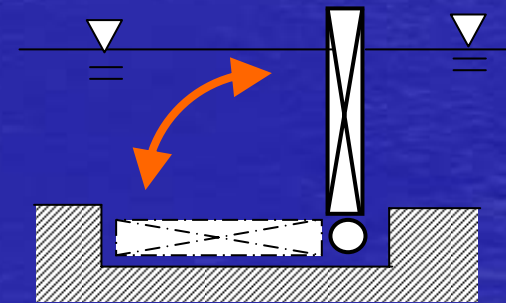
耐震:○ 無動力:×
短時間:△ 低コスト:△



平面図

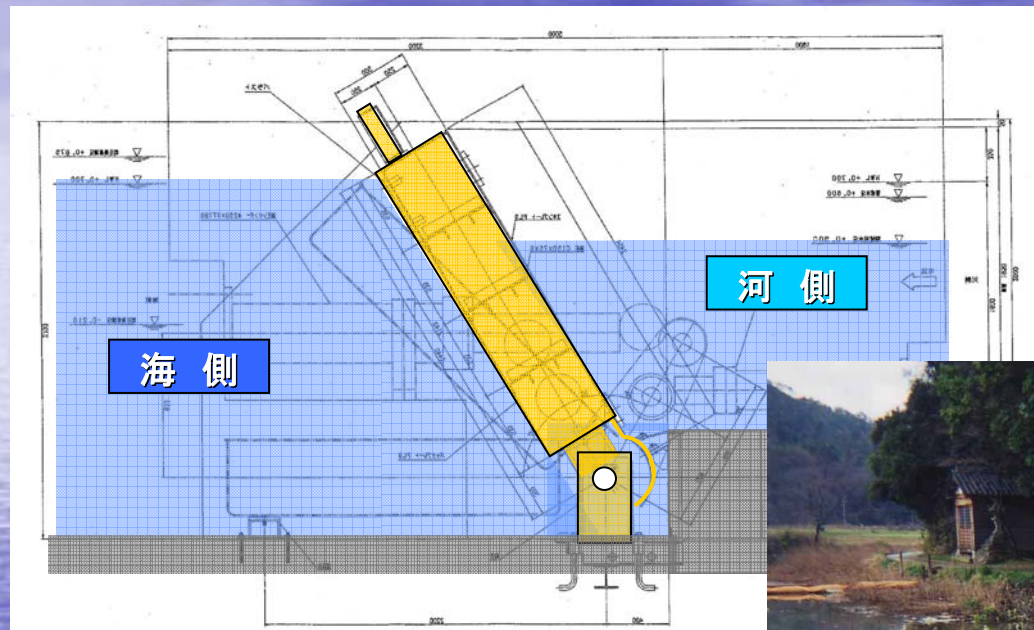
【鉛直旋回:フラップ】

耐震:○ 無動力:○(浮力利用)
短時間:○ 低コスト:○



側面図

類似実績例 逆流防止用 浮体式フラップゲート



4. 1 従来技術の組合せ

ベース形式に**フラップゲート**を採用し
個別要素に水門・海洋構造物で実績のある
技術を組合わせる

フラップゲートは
海底格納のため、

①浮力を活用でき

自重軽減が可能

②航行船舶の種類

に関係なく、

移動距離は短

景観影響が小



4. 2 発想の転換

① 費用縮減のための“発想の転換”

自然の力に**抵抗**する

→自然の力を**積極的に**利用する

② 信頼性向上のための“発想の転換”

常時海底だから**仕方がない**

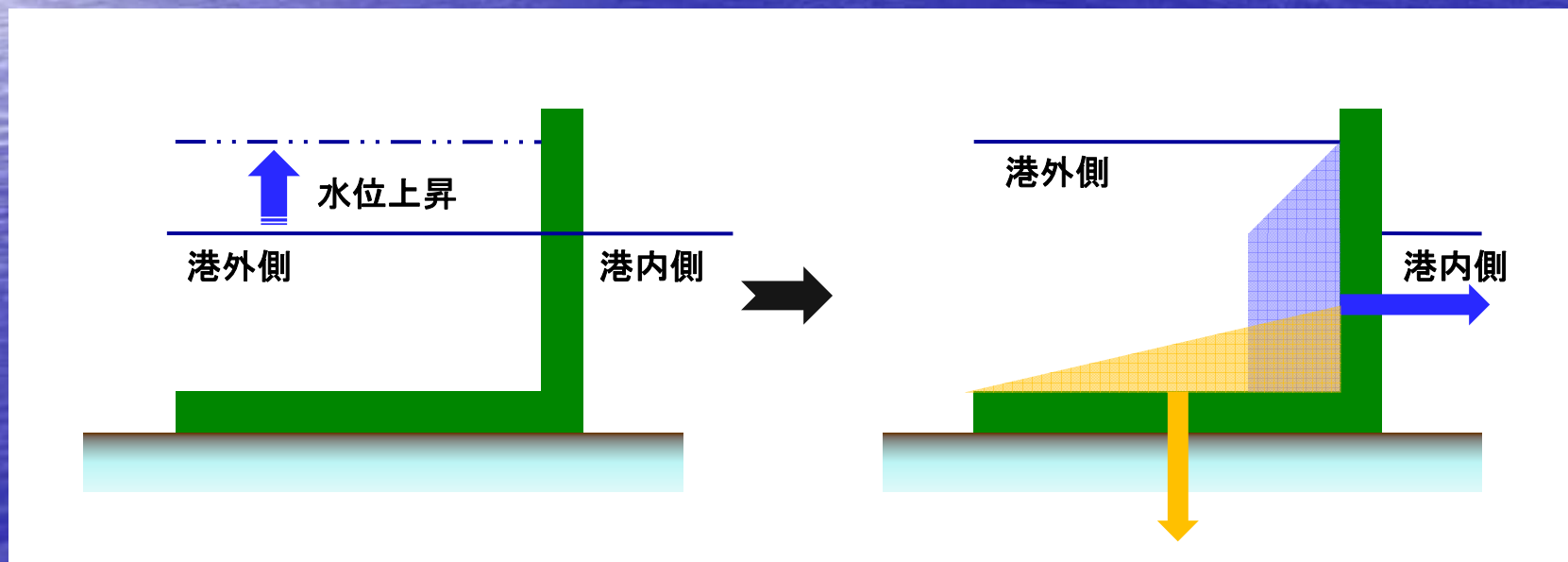
→常時海底**だから**できる信頼性向上

5. フラップゲート式可動防波堤の特長

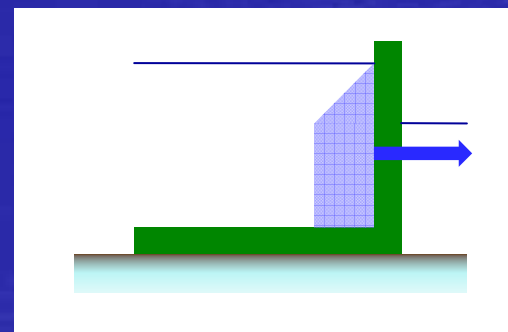
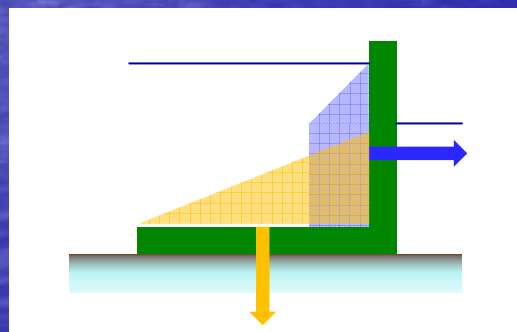
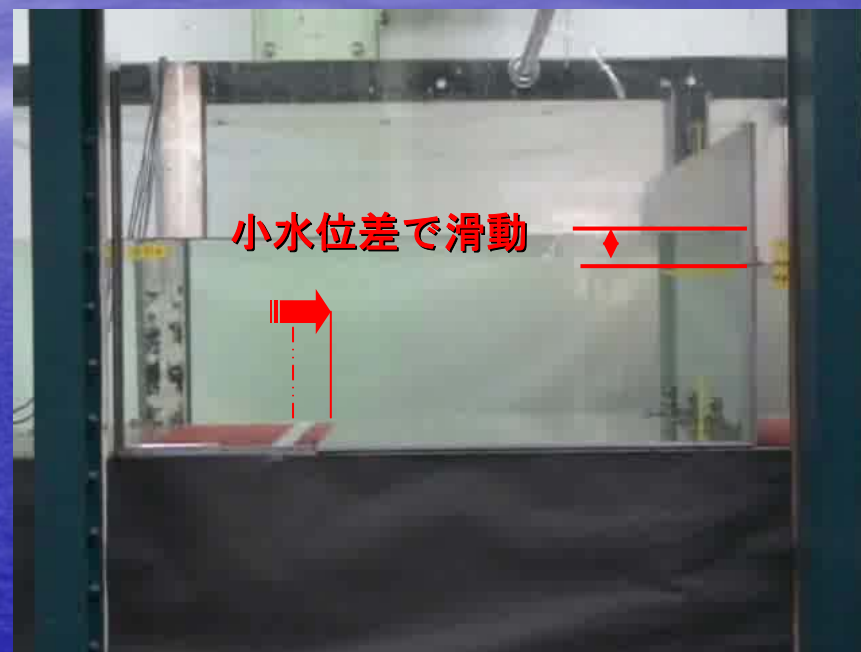
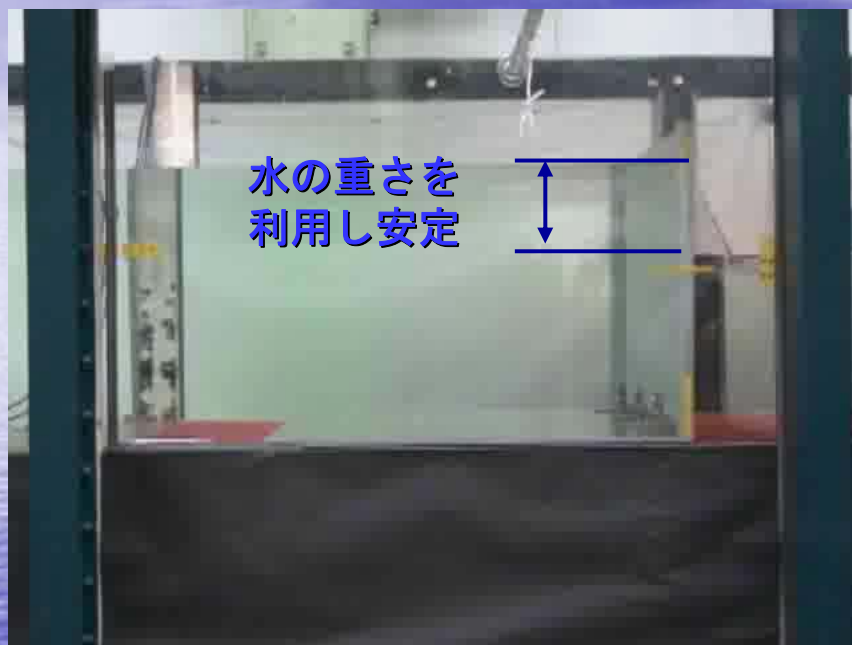
- ①自然の力を積極的に利用し、
試設計により大幅な費用縮減効果を確認
幅50m×高10mで 従来ローラゲートの約1/2
- a. 津波作用時の**設備安定性確保**に
津波による**水位差**を利用 → **設備重量の大幅低減**
- b. 扉体の起立動作に**必要な動力**に
津波による**水位差**を利用 → **駆動装置ミニマム化**
- c. 扉体起立時の**衝撃緩和**に 扉体とは逆方向に回転
する板材の**流体抵抗**を利用 → **作用荷重の低減**

a. 水位差利用により、必要な摩擦抵抗を確保するための設備重量を軽減

- ・ フラップゲートの持つL字形状に着目
- ・ 水平方向荷重と同時発生する鉛直方向の水圧荷重増加分を有効利用



簡易実験動画



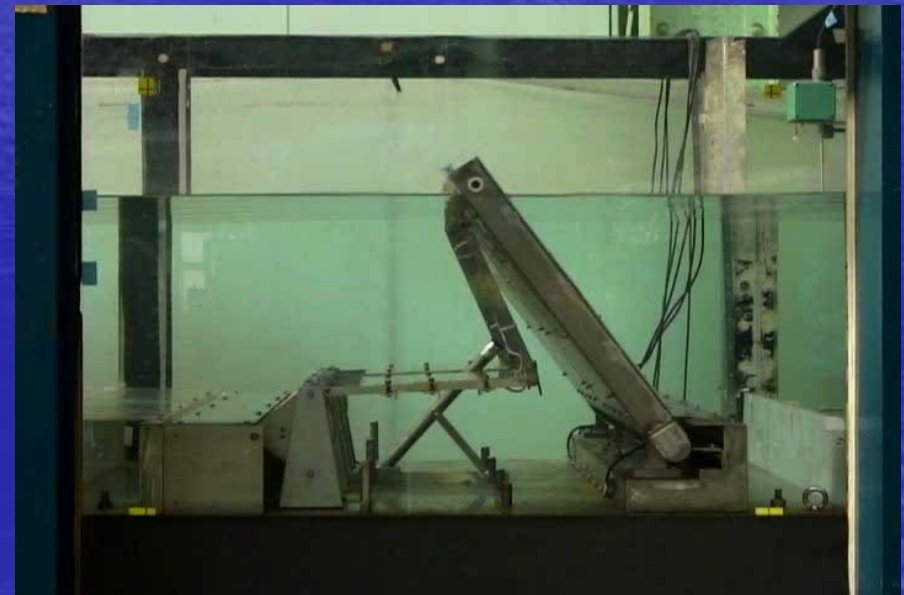
b. 水位差利用で駆動装置をミニマム化

- ・ 水面までは人為的な浮力により浮上
- ・ 水面以上は津波による水位差を利用

簡易実験動画



浮上状況



起立状況

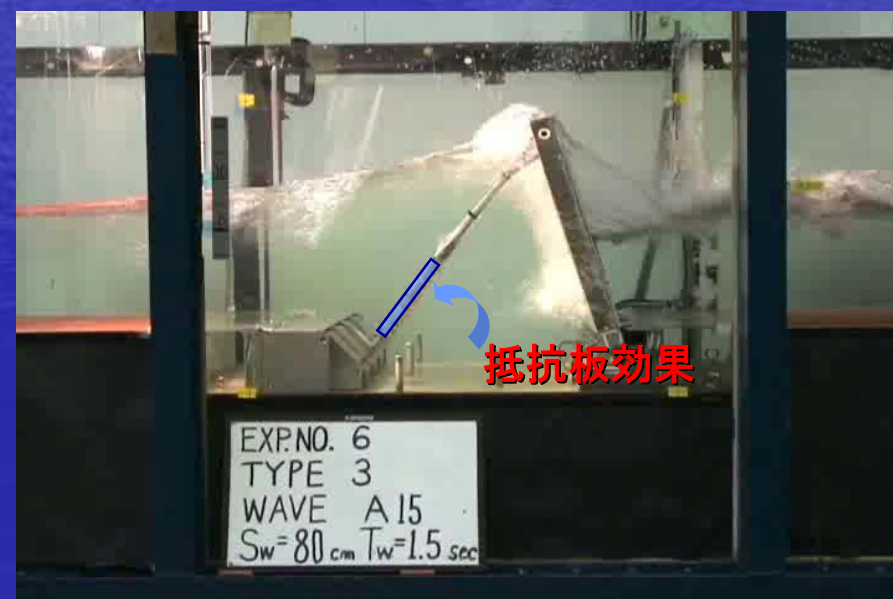
c. 流体抵抗の利用で衝撃を緩和

- 扉体起立時に扉体と逆方向に回転する部材に抵抗板を設置
- 抵抗板の流体抵抗により衝撃緩和に成功

簡易実験動画



衝撃軽減板無し



衝撃軽減板有り

②常時海底だからできる 信頼性向上と維持管理性向上

地震後に給気→平常時に給気完了

デメリット

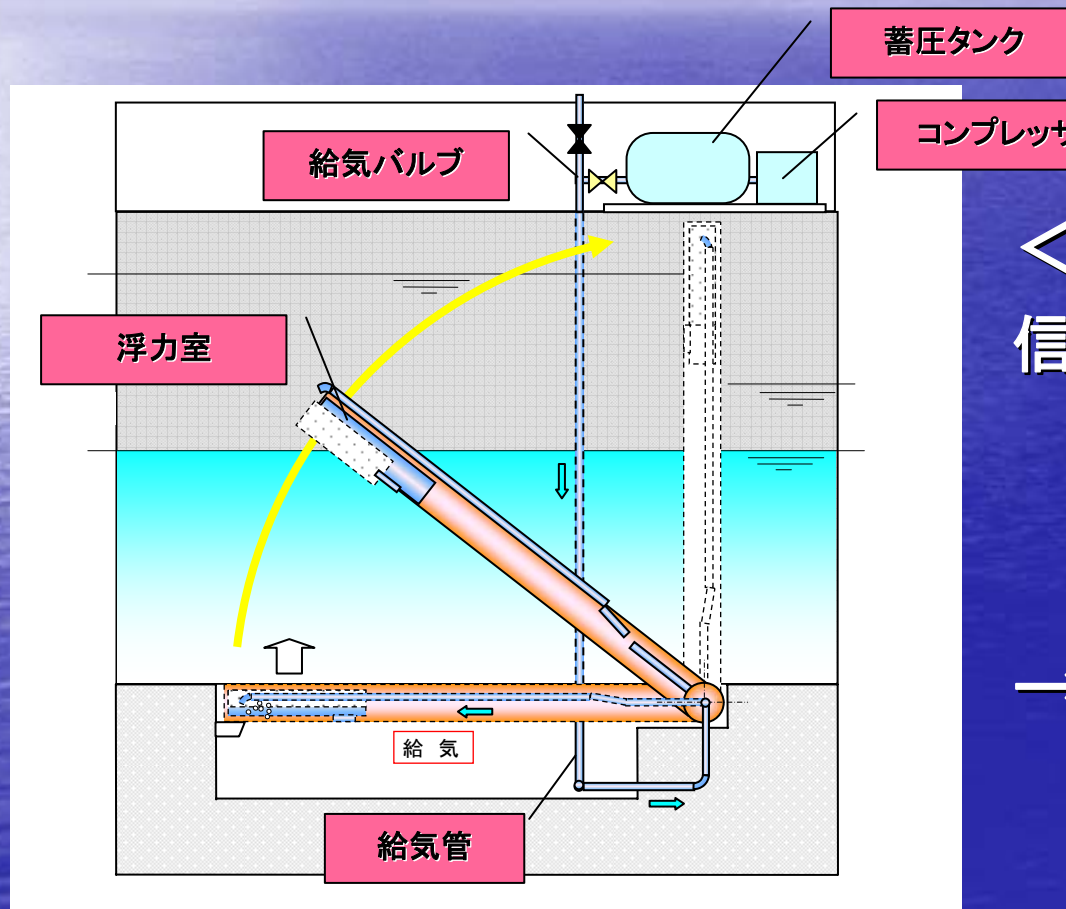
- ①浮上防止のための係留装置が別途必要

メリット

- ①浮上時間の短縮
- ②二重化が必要な装置を最小限に抑制 → 性能向上
費用低減
- ③扉体浮力の**常時監視**が可能
(浮力を常時最適状態に保持) → 信頼性向上
- ④海底面以下で**動作確認** → 維持管理性向上

H19年度までの方式：**地震後**に給気

地震または津波を検知→浮力室に給気開始



<課題>

信頼性確保のため

→ 装置の二重化

→ 点検強化

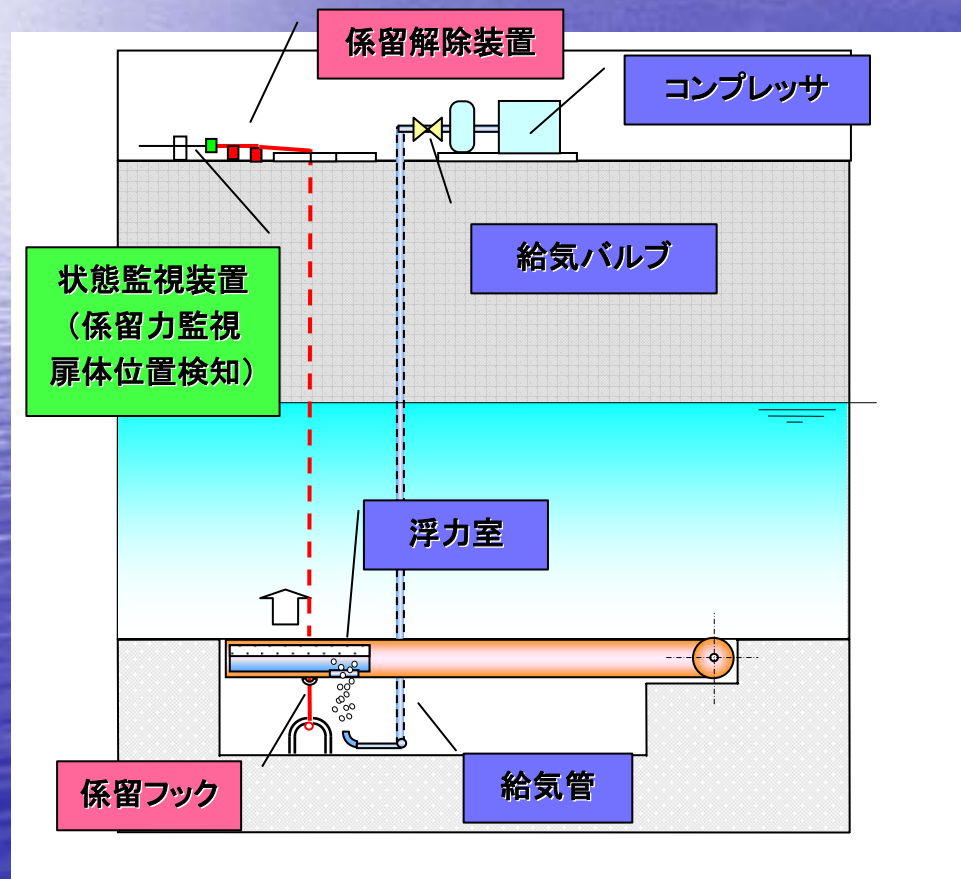
→ 異常検出の強化

→ **建設費および**

維持管理費の増大

H20年度新採用：平常時に給気完了

平常時に給気完了
使用時は係留フックを弛めるだけ



<改善効果>

- ・ 浮上時間の短縮
- ・ 二重化が必要な装置を最小限に抑制
→ 建設費・維持管理費の縮減
- ・ 浮力の常時監視
- ・ 浮力室空気の調整で常に最適状態を保持
- ・ 海底面以下での動作確認（回転軸の固着防止）
→ 信頼性向上
維持管理性向上

係留特性に関する実験

実験のポイント

波浪による扉体への流体力

→扉体上下面の圧力計にて計測

係留機構による係留力

→コイルバネを介してロードセルにて計測

外力条件

常時波浪および高波を想定

($T=4s \sim 16s$ 、 $H/L=0.01 \sim 0.04$)

模型条件

模型縮尺1/30

コイルバネを4種類

(0.80、3.27、8.65、15.5 N/mm)

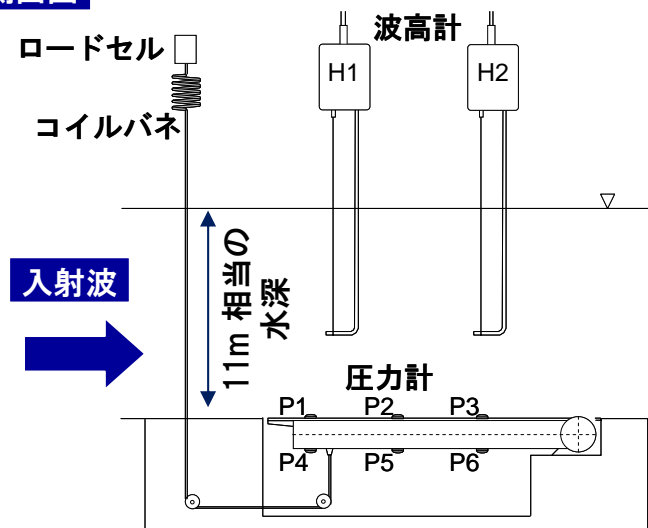
隣接する扉体間の隙間

(扉体面積の1.0%)

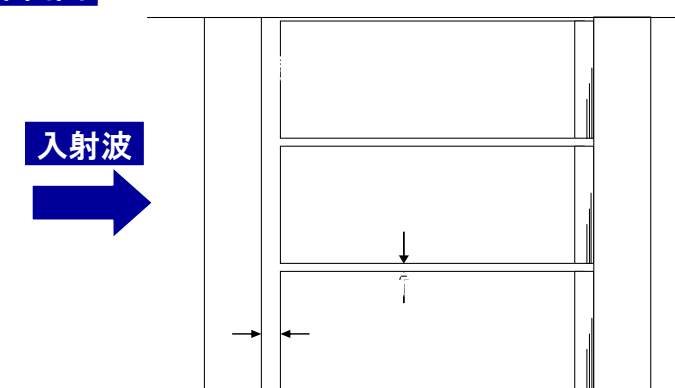
扉体先端と函体との隙間を3種類

(扉体面積の1.0、2.5、4.0%)

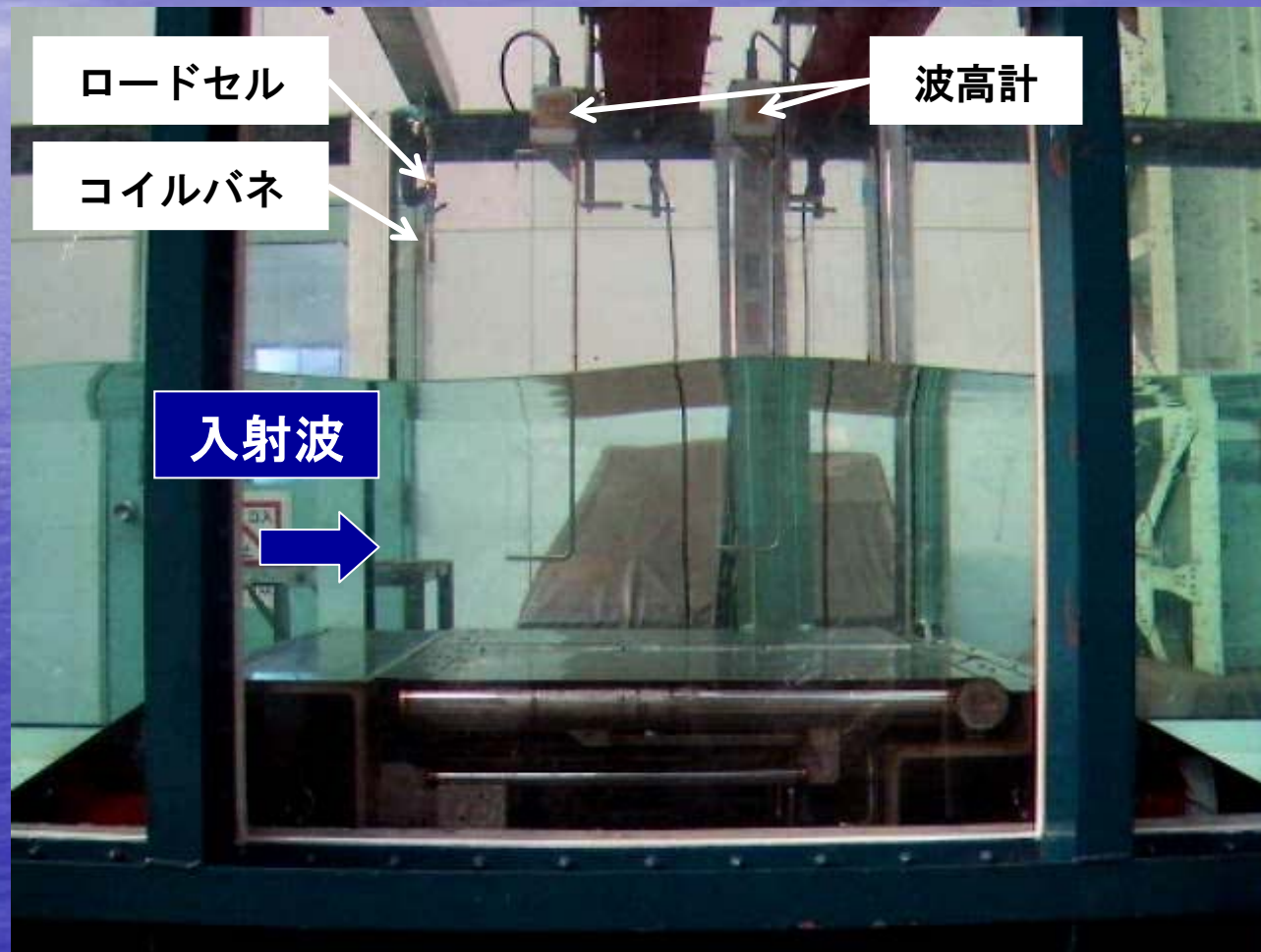
側面図



平面図



二次元水槽実験状況



H20年度実験

1) 三次元水槽実験（平面波浪場での水位上昇）

①扉体の挙動確認

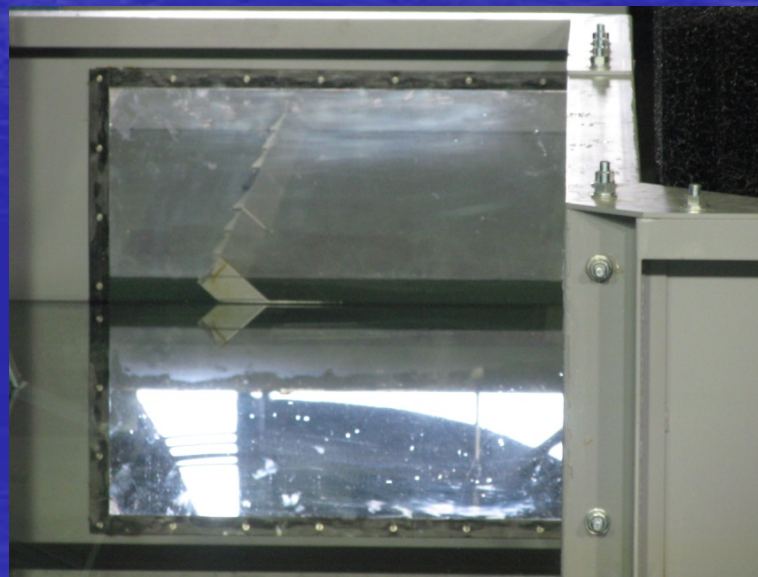
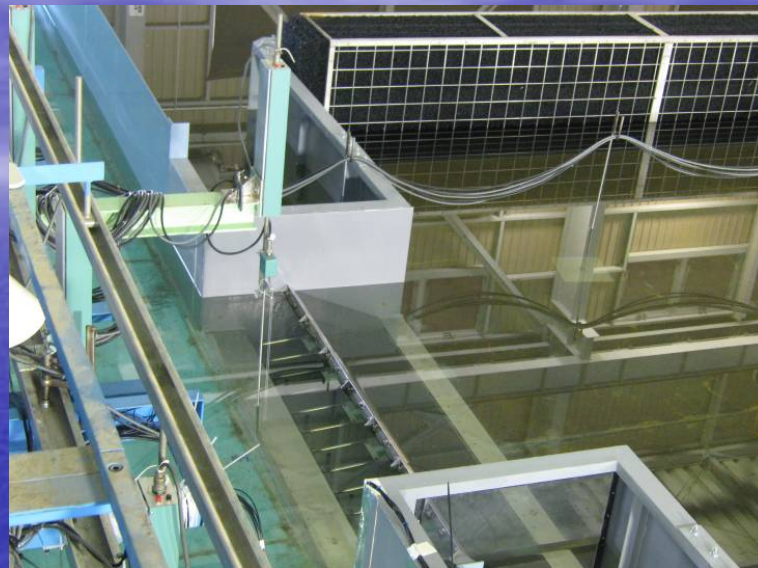
②港内側への透過影響の検証

2) 二次元水槽実験（津波：水位上昇、段波状）

①扉体格納時、係留部材に作用する外力の把握

②津波作用時、各部材に作用する波圧特性ほか
（京都大学との共同研究）

三次元水槽実験



二次元水槽実験(京都大学との共同研究)

津波作用時、各部材に作用する波圧特性ほか

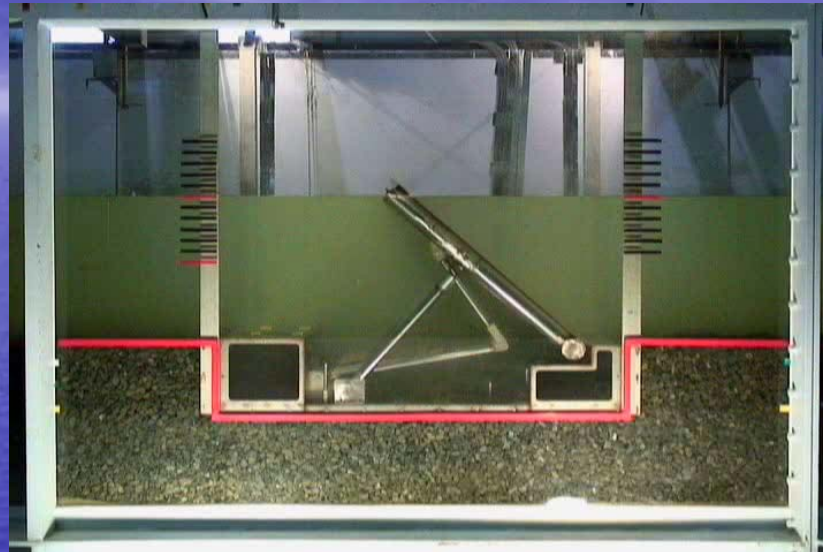
押波実験

模型縮尺: 1/30

水深: 13m

波周期: 3min

水位上昇: 3m

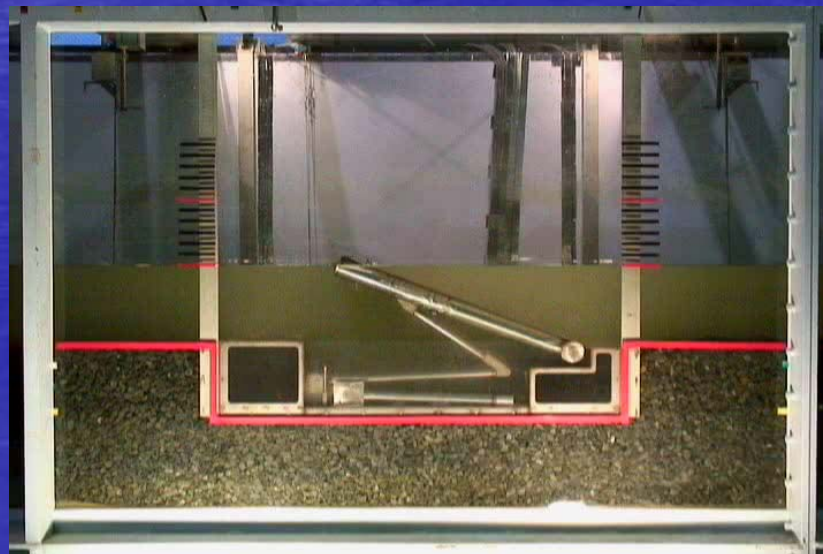


押波実験模

型縮尺: 1/30

水深: 7m

段波波高: 8m



6. 今後の展開

- ① **実海域実証試験**により実験室では再現できない現象の確認や実機での基礎データ収集等を行いより一層の信頼性向上をはかる。
- ② 設計ツールとしての波浪場解析・扉体挙動解析技術の高度化をはかる。
- ③ 地盤基礎および現地施工方法の検討を行い、より一層の工費低減を図る。

年 度	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24
設計検討・室内実験										
解析技術構築・高度化										
実海域実証試験										

技術に関する問い合わせ先

日立造船株式会社

機械・インフラ本部 産業機械事業部

開発生産技術部 開発グループ

担当: 仲保 京一

E-mail: nakayasu@hitachizosen.co.jp