

水

辺のニーズにお応えします。
のエキスパート、日立造船鉄構です。

フラップ式高潮・津波防波堤

のご紹介

発表：日立造船鉄構(株)
水門企画グループ
仲保 京一

発表の順序

1. フラップ式防波堤開発の背景・目的
2. フラップ式防波堤の概要(コンセプト)
3. 実験による機能確認
4. まとめ

開発の背景・目的

1. 開発の背景

- ・ 地球温暖化に伴う海面上昇
- ・ 頻発する異常気象(高潮被害)
- ・ 地震に伴う津波被害
- ・ 災害対策案は、財政難によりソフト対策に偏重

2. 開発の目的

- ・ 津波・高潮の被害から少しでも多くの
生命、財産を守りたい

フラップ式高潮・津波防波堤 の適用場所

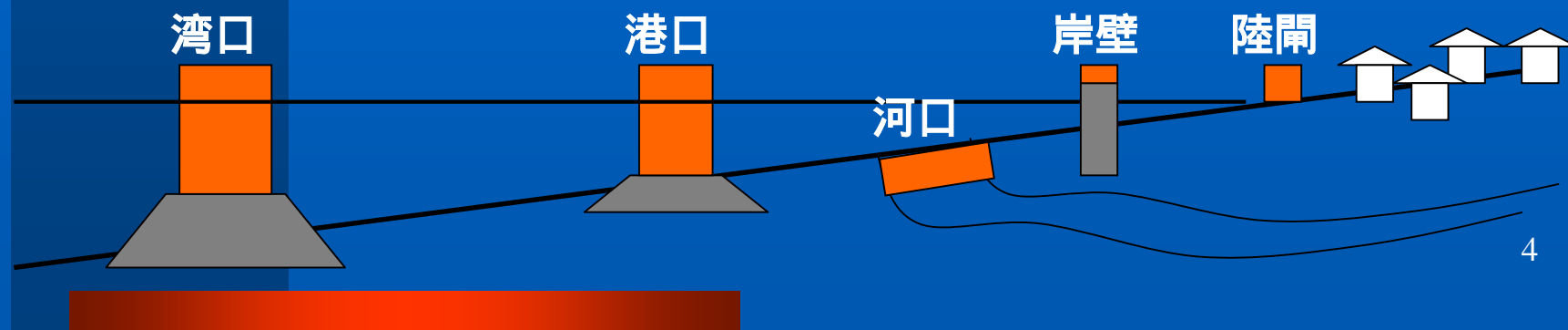
湾口 (後背地への水の進入を防止) : 数百m規模

港口 (港内水位の上昇を防止) : 数十m規模

河口 (河川への遡上を防止) : 数十m規模

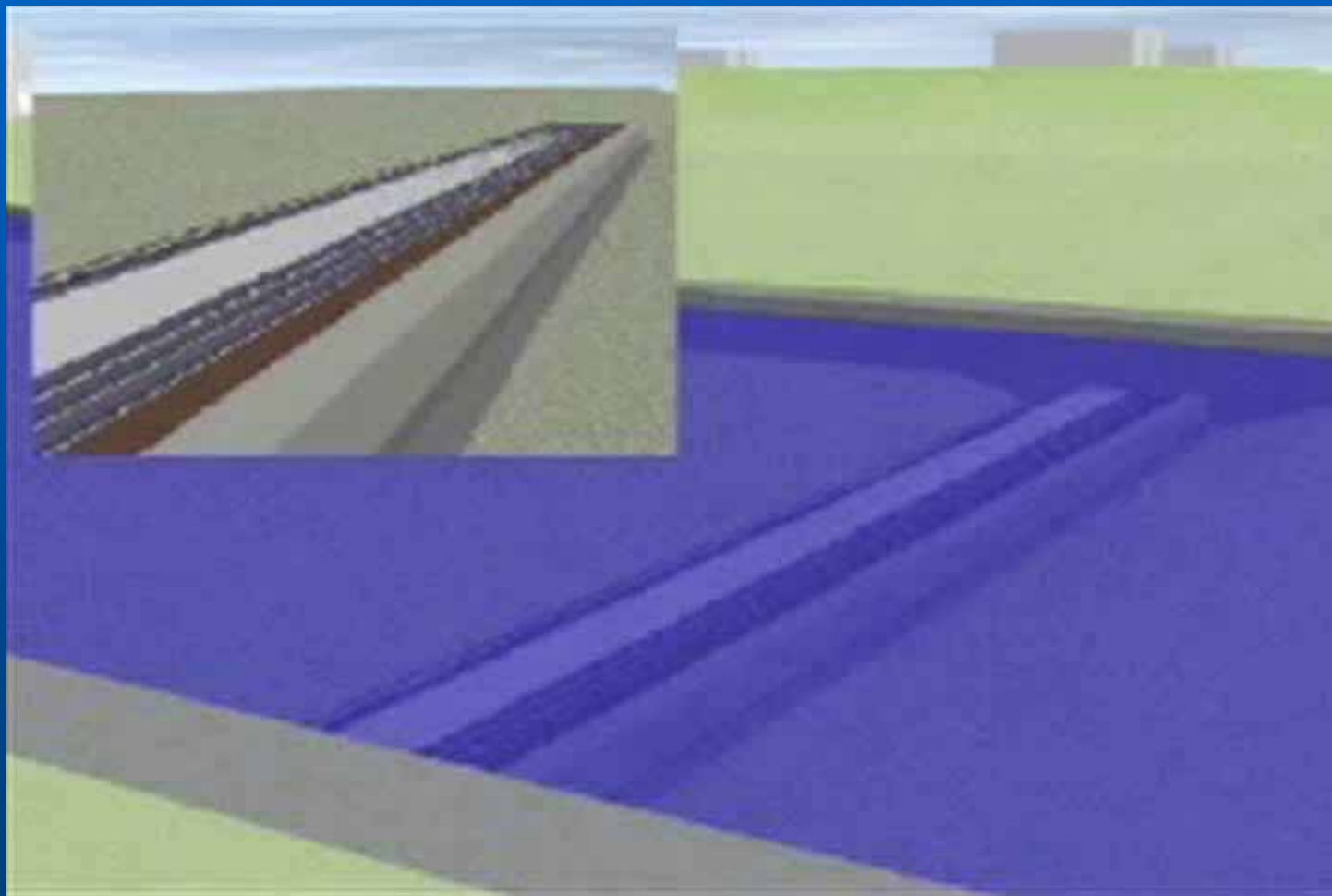
岸壁 (浸水や車等の転落防止) : 数十~数百m規模

陸上 (居住区への浸水防止) : 数m規模

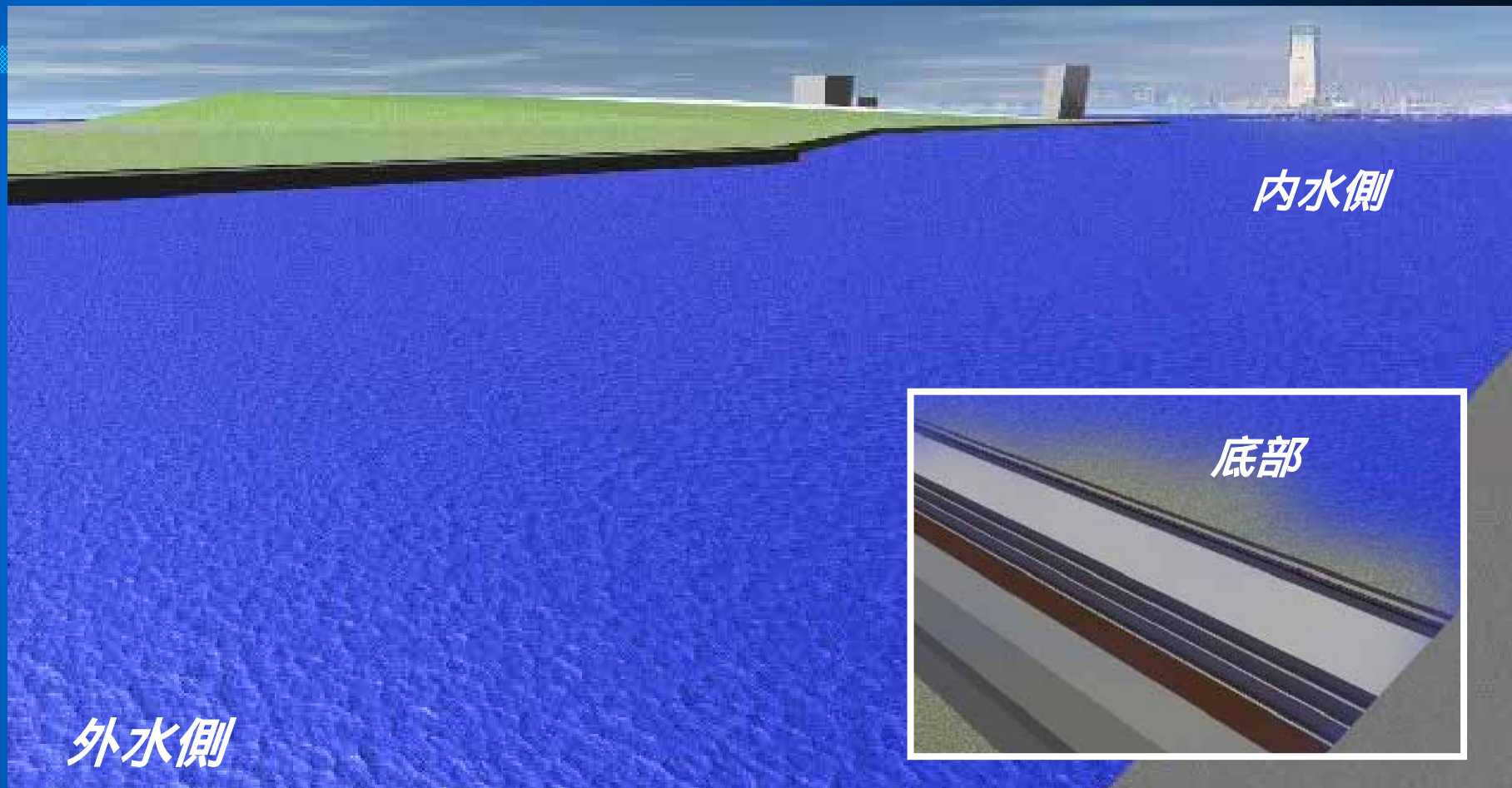


フラップ式高潮・津波防波堤 の概要(コンセプト)

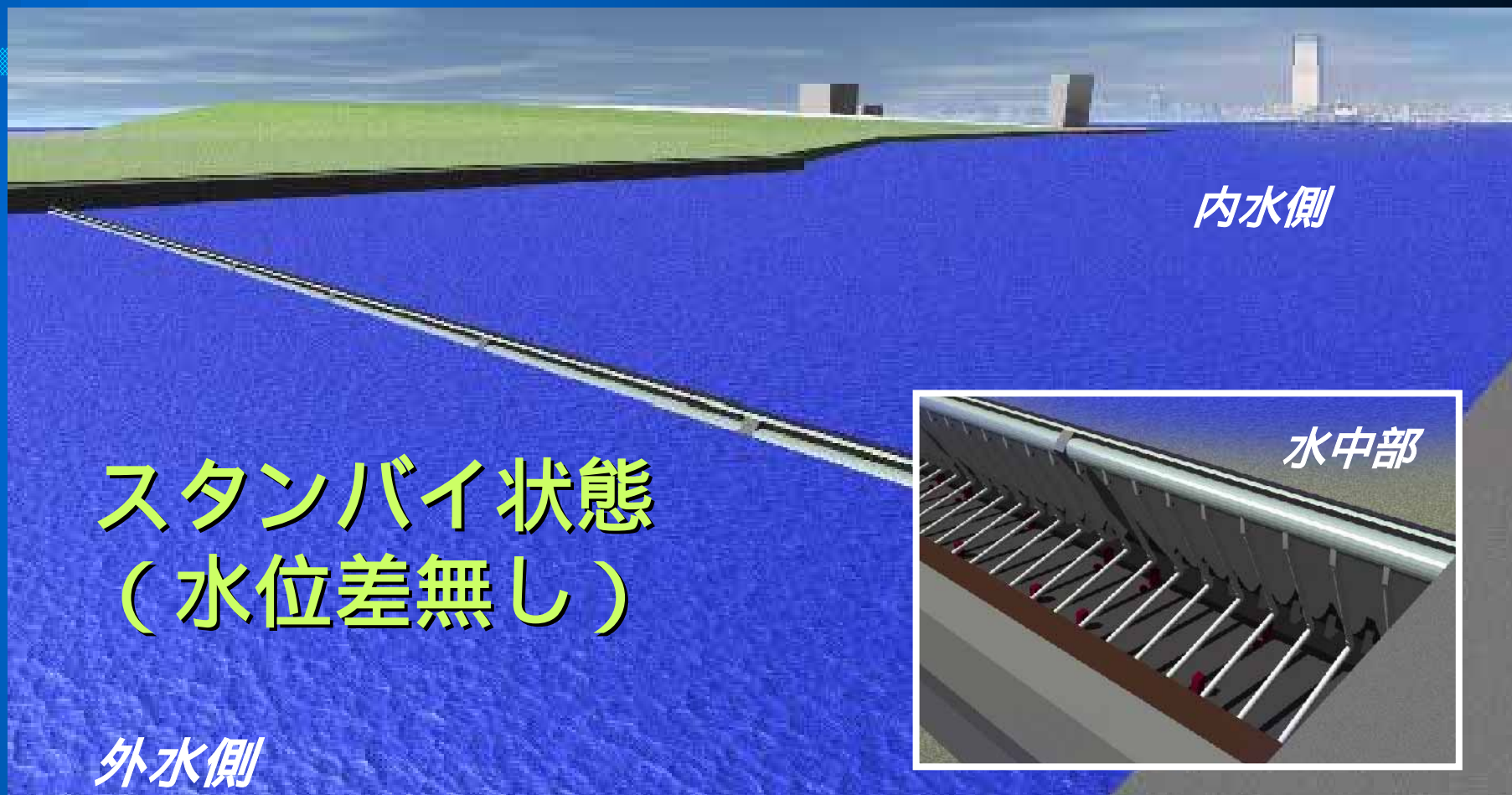
(Type : 湾口～港口:水路幅数百m規模の例)



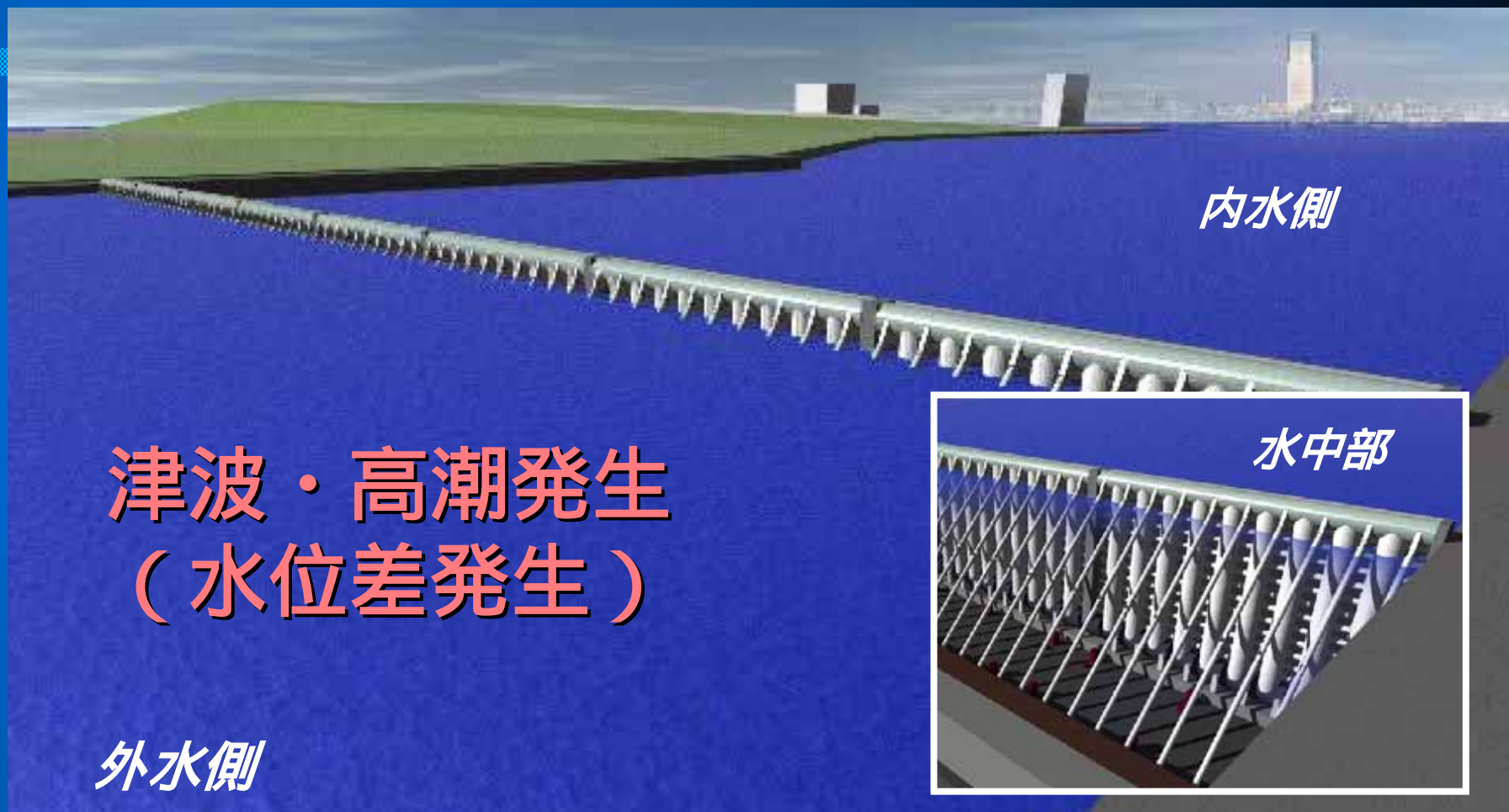
格納時（常時：開放狀態）



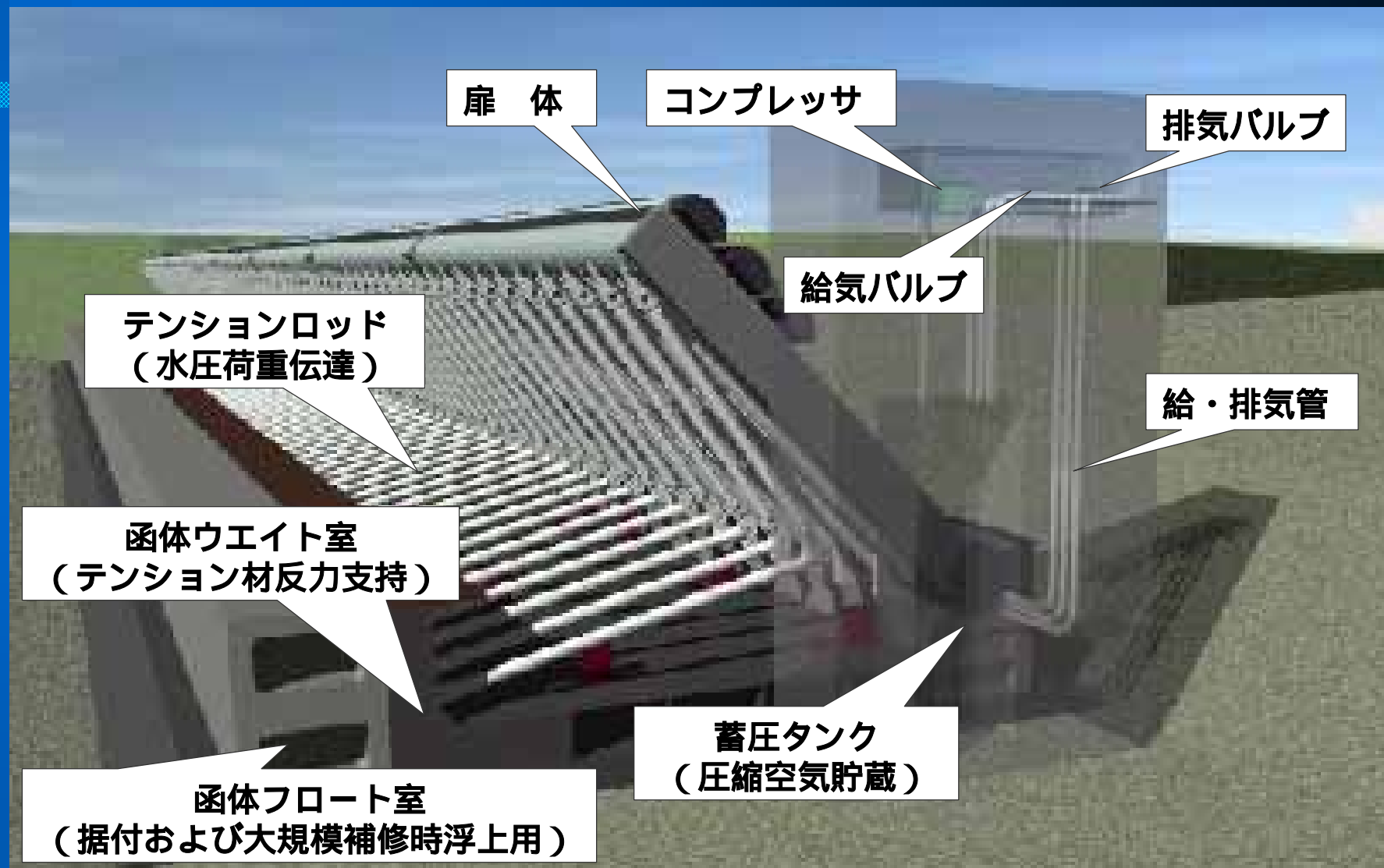
水路閉鎖時（津波・高潮到達前）



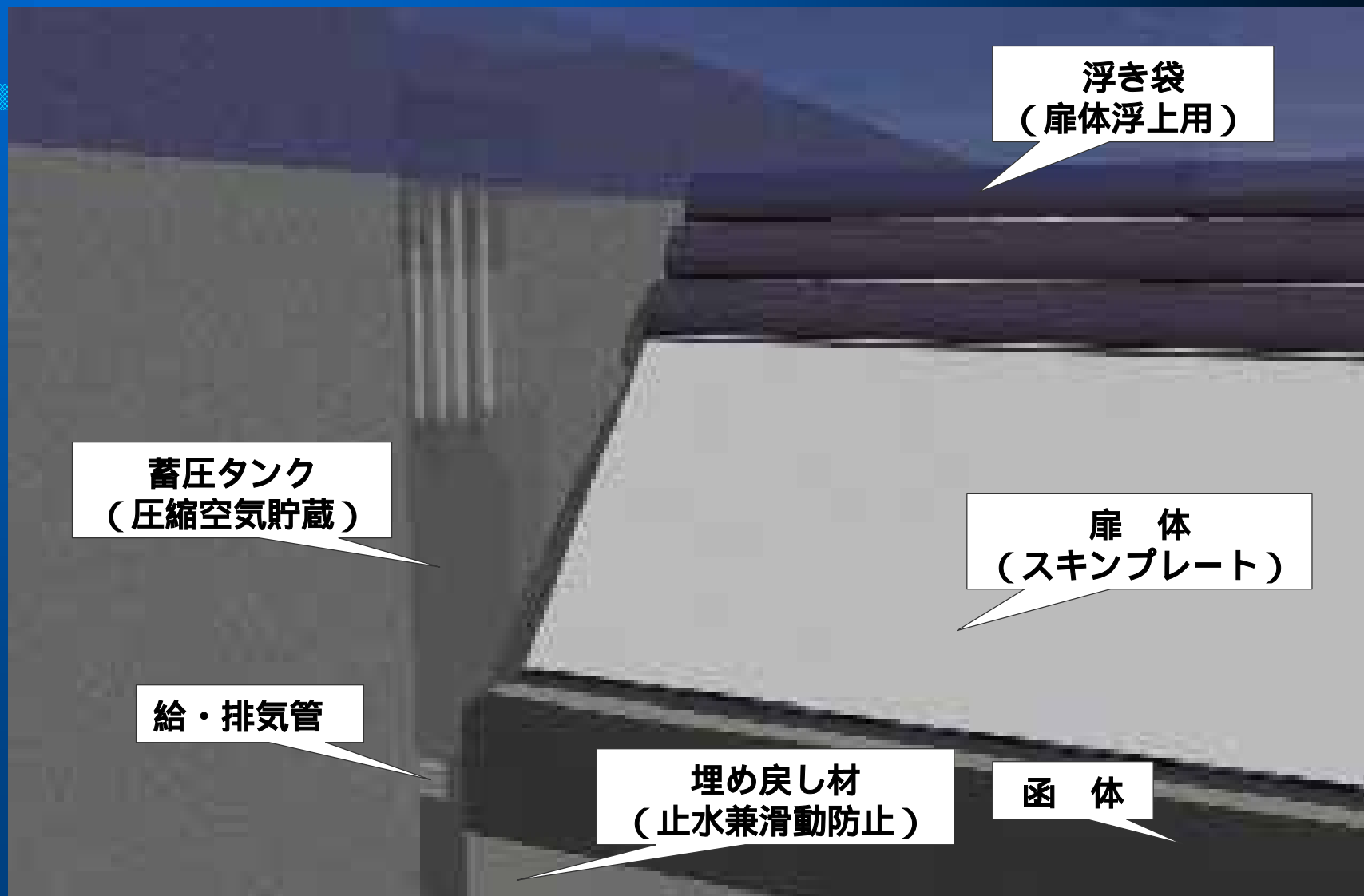
水路閉鎖時（津波・高潮到達時）



機器構成（外水側）



機器構成（内水側）



構造形式の概要

- 1 . 設備は 可動部（扉体 + テンション材）、
函体、 給排気システムより構成。
- 2 . 給排気システムは、コンプレッサー、タンク、
給排気管・バルブより構成。
- 3 . 操作は扉体付きエアバッグへの給・排気のみ。
- 4 . 空気は平常時に蓄圧しておけば、ゲート使用時
は給排気バルブの開閉のみでゲート操作が可能。
- 5 . 水圧荷重は、函体自重と摩擦抵抗、埋戻し土の
受働抵抗により負担。

施工方法

ゲートシステムは、**函体～給排気設備まで工場(ドッグ内)製作後一体輸送(海上輸送)**

製作と現地地盤改良を平行作業

現地据付作業は、沈設・連結・埋め戻し(沈埋トンネルと同様)で短工期

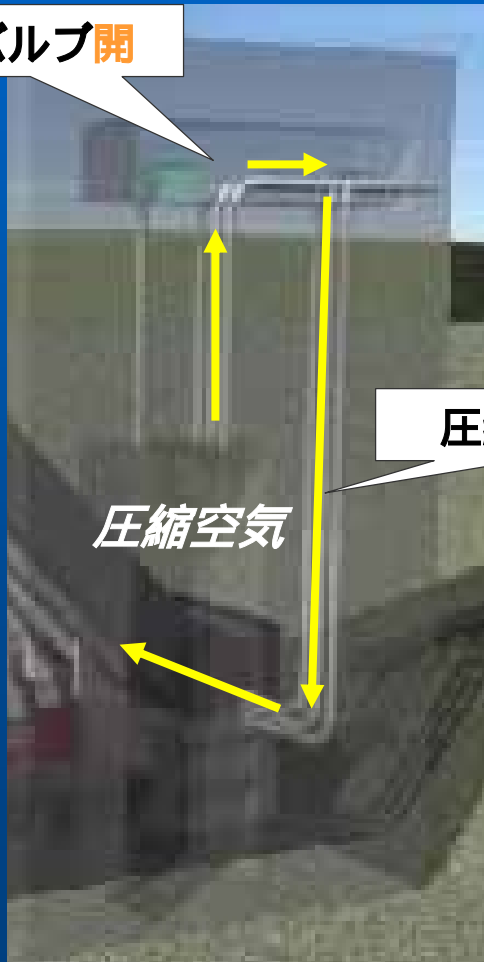
地震津波発生時の 水路閉鎖までの流れ



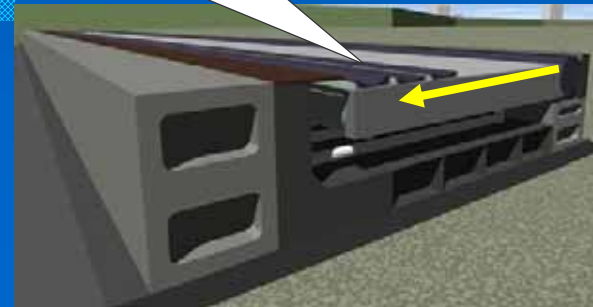
水路の閉鎖

津波検知

給気バルブ開



浮き袋が膨らむ



圧縮空気供給

圧縮空気

扉体浮上

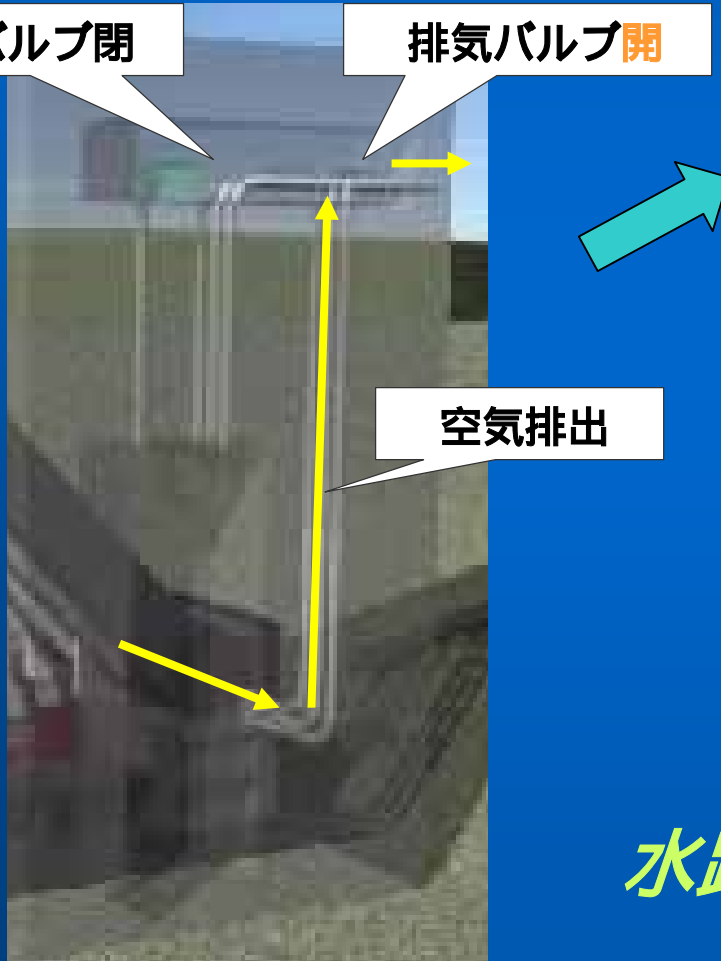
水路閉鎖完了

水路の開放

安全確認

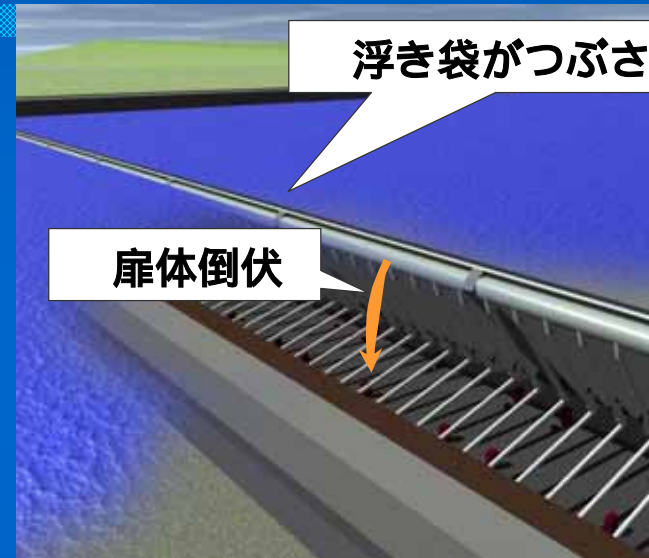
給気バルブ閉

排気バルブ開



浮き袋がつぶされる

扉体倒伏



水路開放完了



水路幅数十m ~ 数mの場合の フラップ適用例

Type 港口 ~ 河口 (数十メートル級)

ポイント

- ・扉体の比重を1以下になるよう設定
(水に浮くように重量調整)
- ・扉体沈めるための補助開閉装置を設置

効果・特徴

- ・浮き袋不要
- ・浮上時に補助開閉装置がバックアップ
- ・補助開閉装置がメンテを容易に

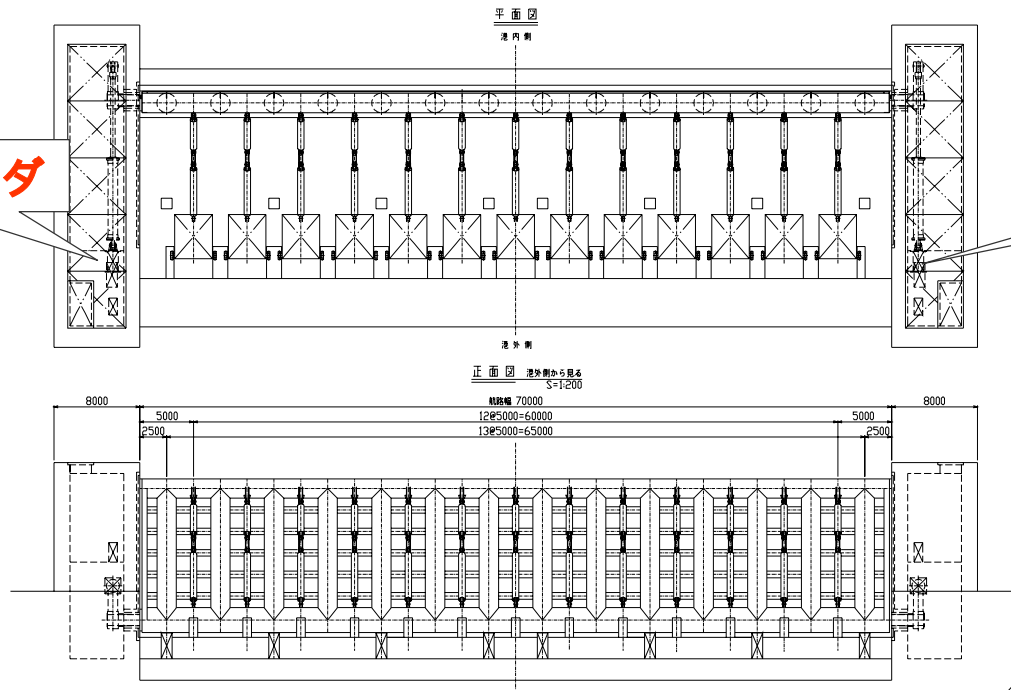
Type

自然浮上型

(水深5m × 幅70m)

油圧シリンダ

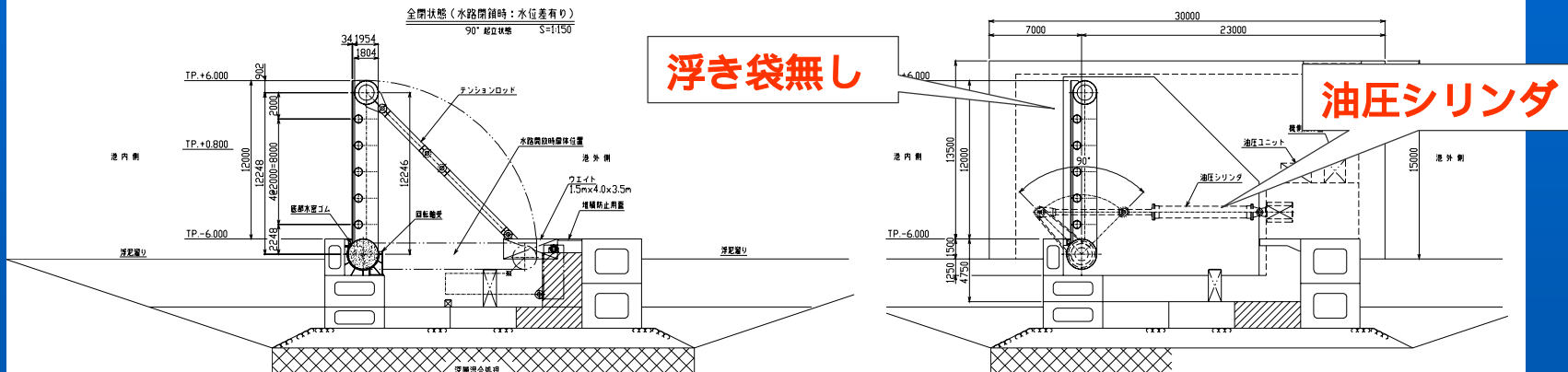
油圧シリンダ



全閉状態 (水路閉鎖時: 水位差有り)
90° 扉立状態 S=1150

浮き袋無し

油圧シリンダ



Type 陸上設置

ポイント

- ・扉体の比重を1以下になるよう設定
(水に浮くように重量調整)

効果・特徴

- ・開閉装置が不要
(高潮・津波の力で自動的に開閉可能)

よくあるご質問

<機能> 模型による機能確認を実施

1. 本当に空気の給排気だけで開閉するの？
2. 浮上時間はどれくらい？
3. フラップの動作で有害な波が起きたりしないの？
4. 波浪による動揺で、フラップに有害な影響はないの？
5. 段波津波の衝撃で壊れたりしないの？
6. 漂流物等の衝突で壊れたりしないの？
7. 引波で水がなくなったら、使えないんじゃないの？
8. 土砂等の堆積でフラップが浮上しないのでは？

<維持管理> 構造の工夫で維持管理の負担を最小限化

9. 海棲生物の付着で回転部がうまく動かないのでは？
10. 水中部のメンテナンスはどうするの？

<費用> 現地条件、設計条件によるが従来の1/2～1/4程度

11. 費用はどれくらいかかるの？

実験による機能確認

フラップを高潮・津波用に適用することを想定し、以下の機能確認実験を完了しています。

- 1．起立・倒伏実験 (Q1～Q3)
- 2．波浪中の揺動実験 (Q4)
- 3．段波実験 (Q5～Q8)
- 4．波透過率の低減実験 (Q4)

参考文献

- ・海洋開発論文集 第21巻 pp.103-108 「高潮・地震津波用フラップ式水門の越波及び波浪特性について」
- ・海洋開発論文集 第21巻 pp.109-114 「高潮・津波対策用のフラップ式可動ゲートの開発」
- ・海洋開発論文集 第22巻 pp.571-576 「フラップ式水門に作用する段波津波の特性」
- ・海洋開発論文集 第22巻 pp.577-582 「フラップ式可動ゲートの津波低減性能に関する模型実験」
- ・海洋開発論文集 第22巻 pp.583-588 「高潮・津波対策用フラップ式可動ゲートの伝達波低減機構の開発」

起立実験（模型縮尺1/35）

Q1. 空気の給排気だけで開閉するの？ Q2. 浮上時間はどれくらい？
Q3. フラップの動作で有害な波が起きたりしないの？



浮上時間

バルブ開～

浮上完了

約25 sec

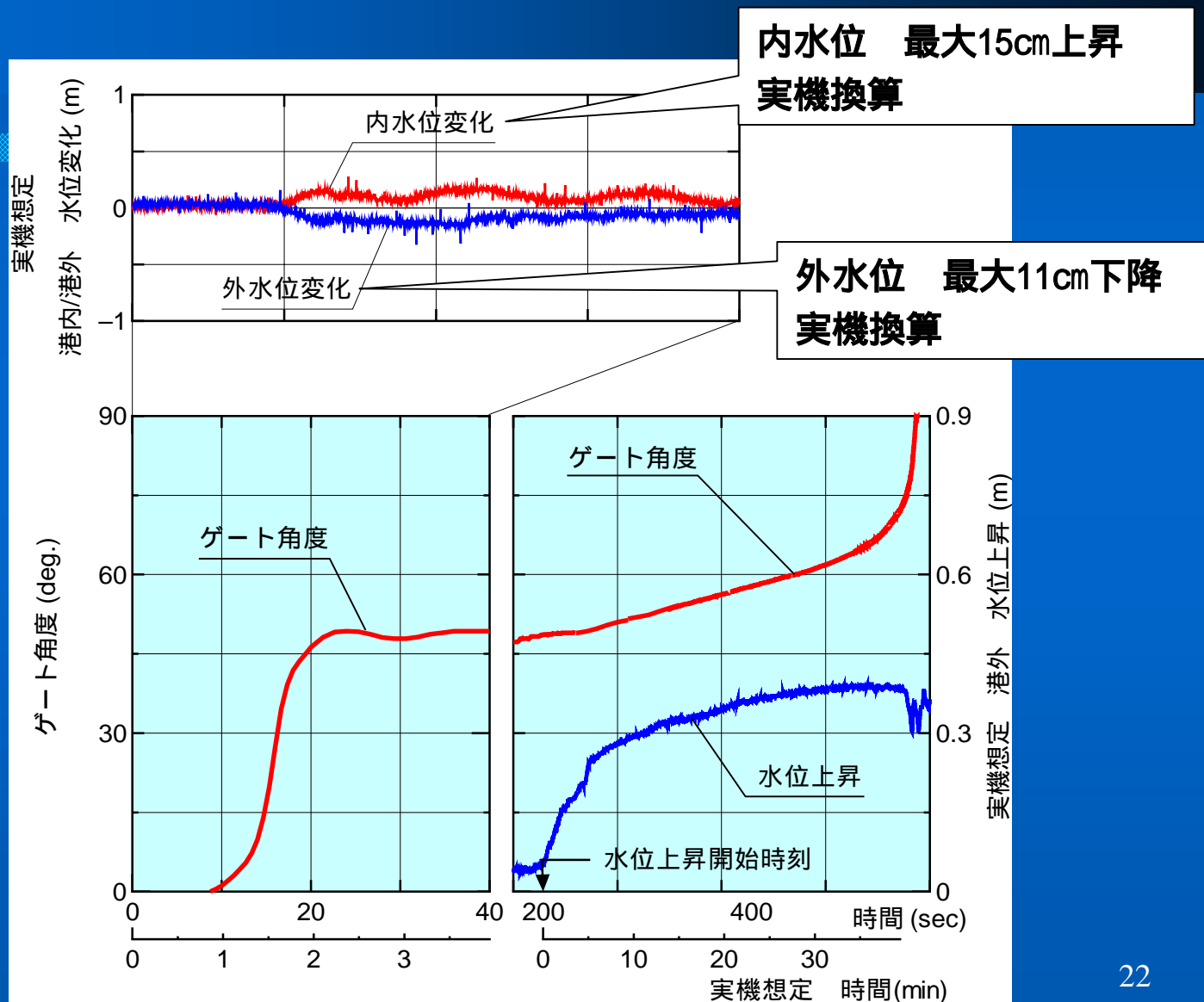
実機換算

約2.5分

起立特性

港内 / 港外
水位変化

ゲート角度



倒伏実験（模型縮尺1/35）

従来の高潮・津波水門ではできなかった

「無動力での水路開放機能」を確認！



倒伏時間

バルブ開～

倒伏完了

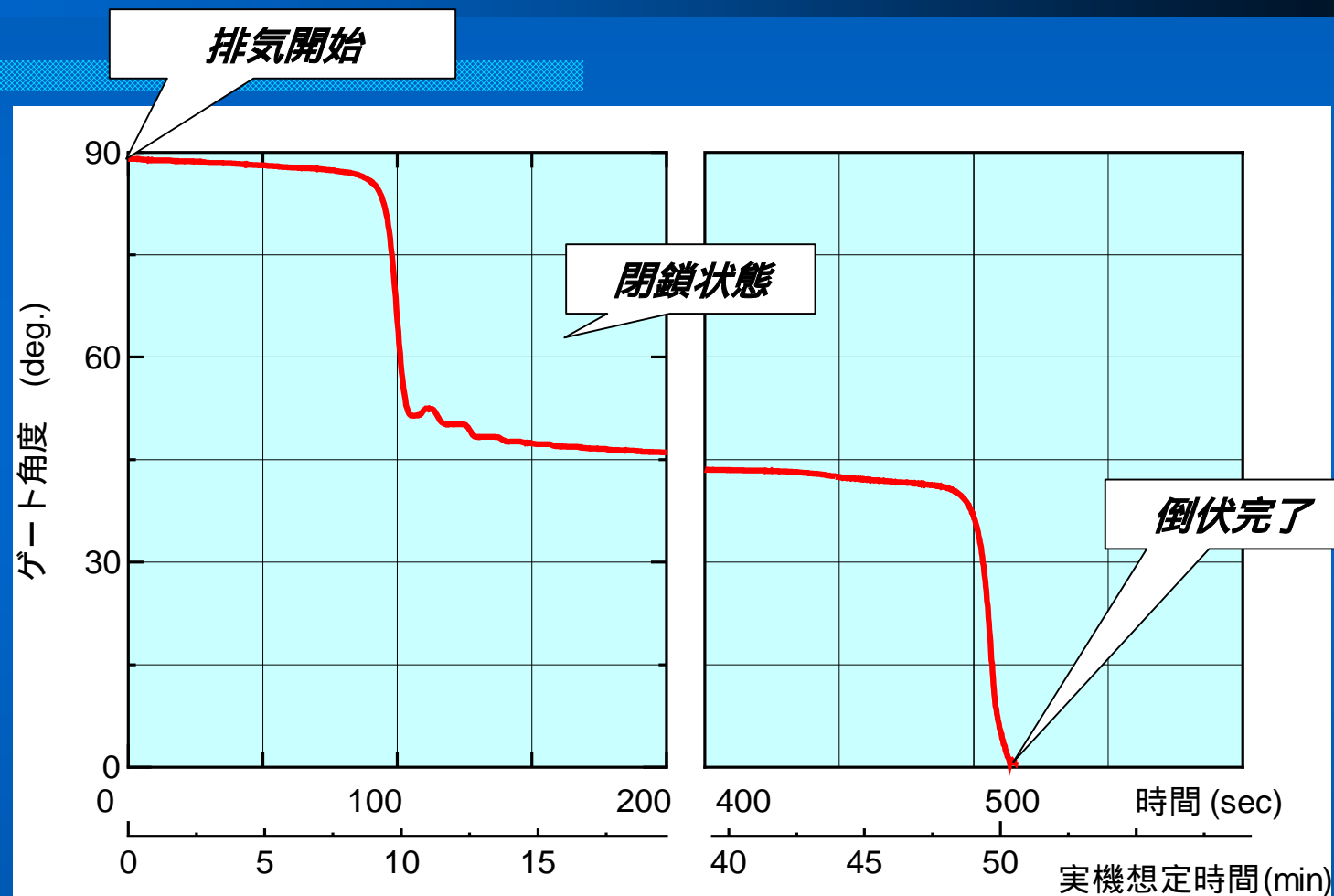
約500 sec

実機換算

約50分

倒伏特性（自然倒伏時）

ゲート角度



波浪中の揺動実験

Q4. 波浪による動揺で、フラップに有害な影響はないの？



波浪条件

不規則波

$$T_{1/3}=1.52 \text{ s}$$

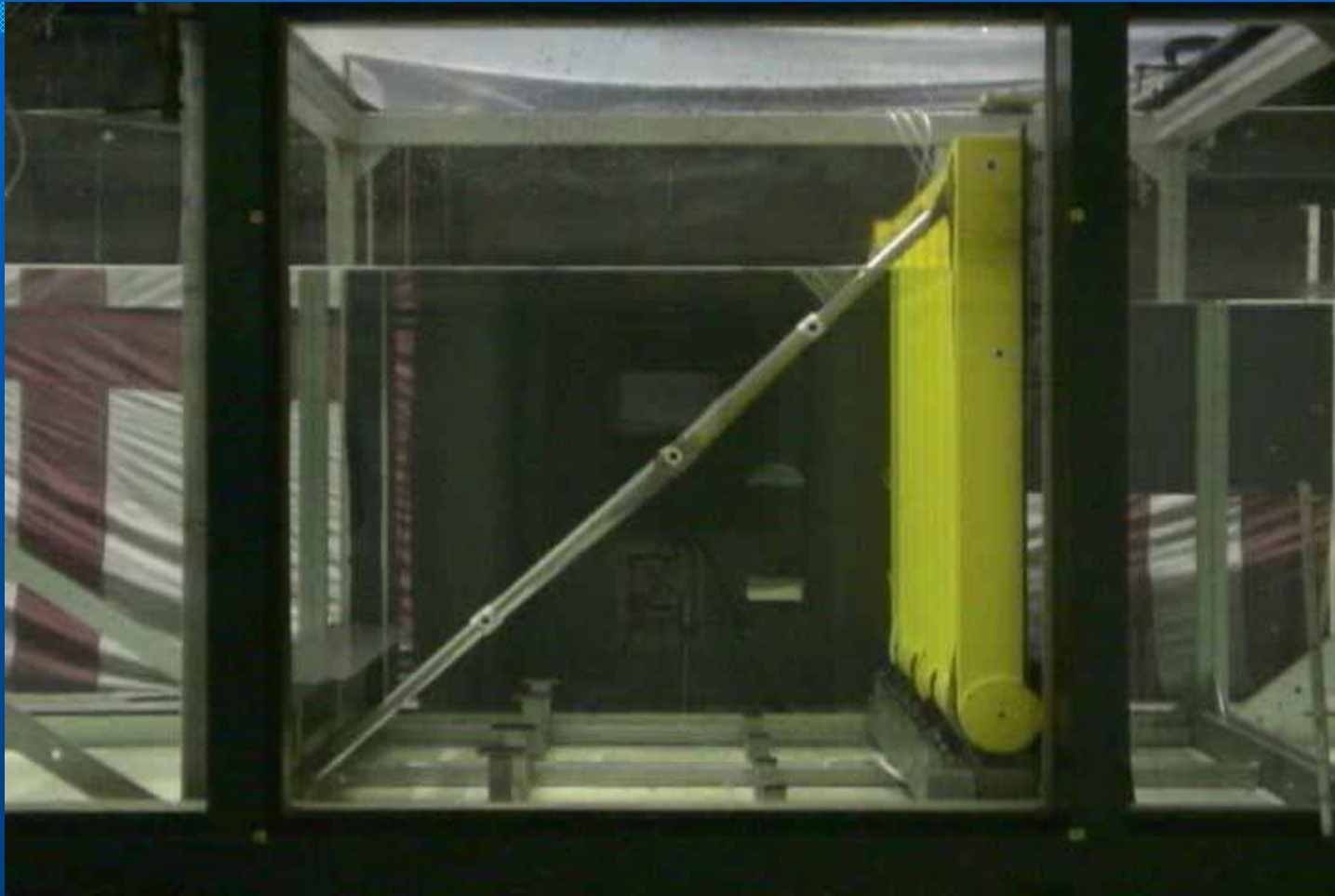
$$H_{1/3}=11 \text{ cm}$$

実機換算

$$T_{1/3}=9.0 \text{ s}$$

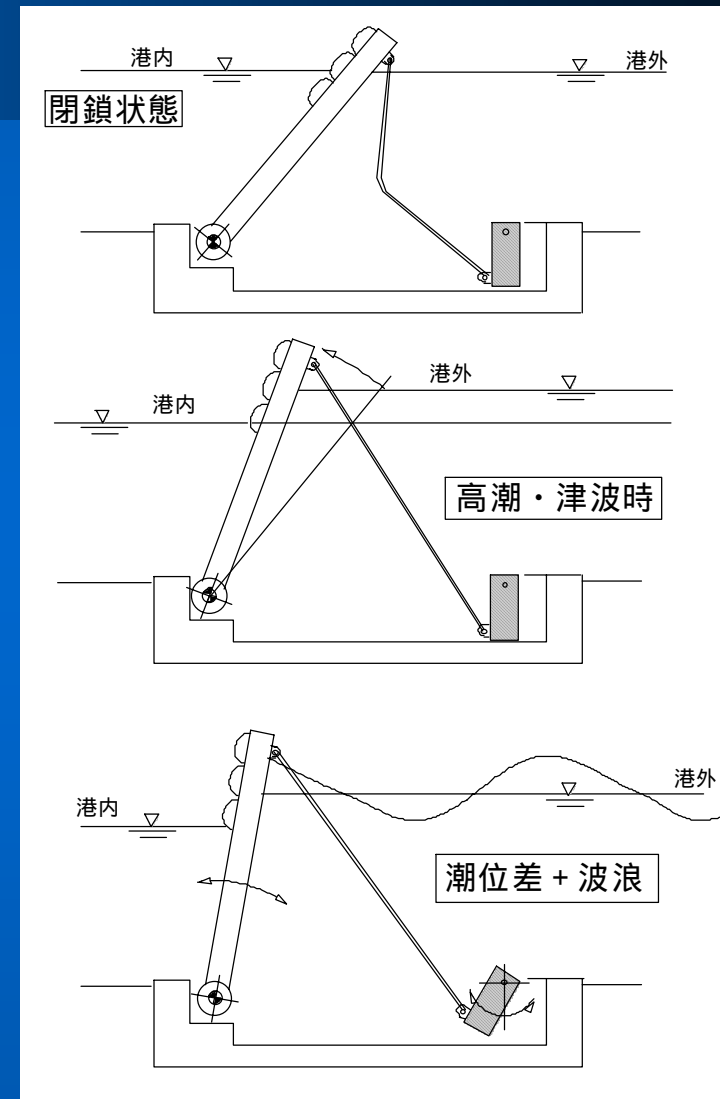
$$H_{1/3}=3.9 \text{ m}$$

ロッドに生じる衝撃荷重



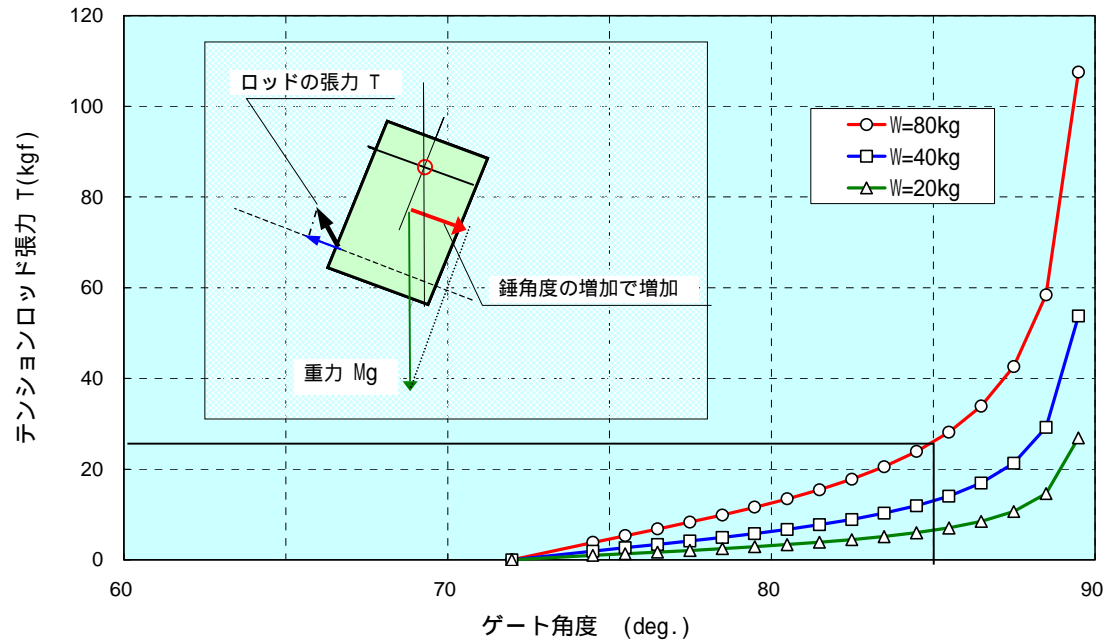
係留方式の改善

- 下部テンションロッドと函体部との間に、回転式の錘を取り付けるもので、設定した開度以上で機能し、開度の増加に伴って錘重量による張力が徐々に、テンションロッドに作用していく仕組み。
- 錘が、水平状態まで完全に持ち上げられた状態で、ゲートは90度まで起立する幾何学的な構造であり、ゲートを角度90度まで起立させるには、非常に大きな波力が必要となる。(理論上では無限大)
- これにより、潮位差以上の水位変化が作用した際の、ゲートの大きな回転運動に伴うロッドの衝撃荷重を抑制するものである。
- また錘は、設定角度以上で機能するため、ゲートの浮上速度に影響はない。



改善効果

錘80kgfの場合、ゲートを85°まで起立させるのに必要なロッドの張力は25kgfとなる。

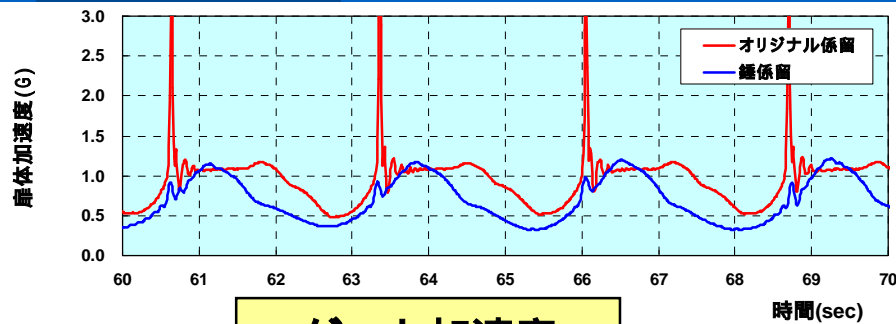


最大加速度

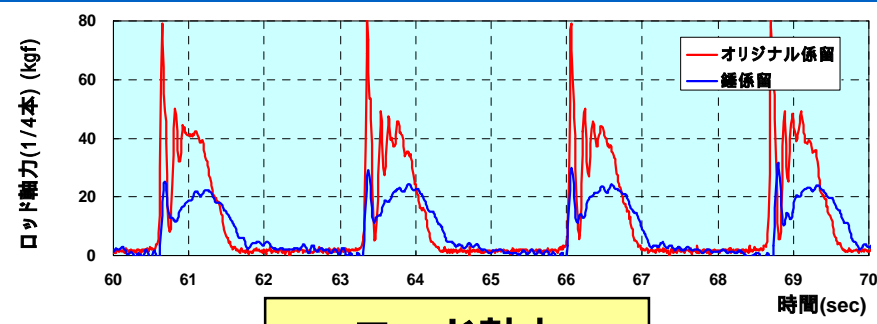
: 1/3

ロッド最大荷重

: 1/3



ゲート加速度



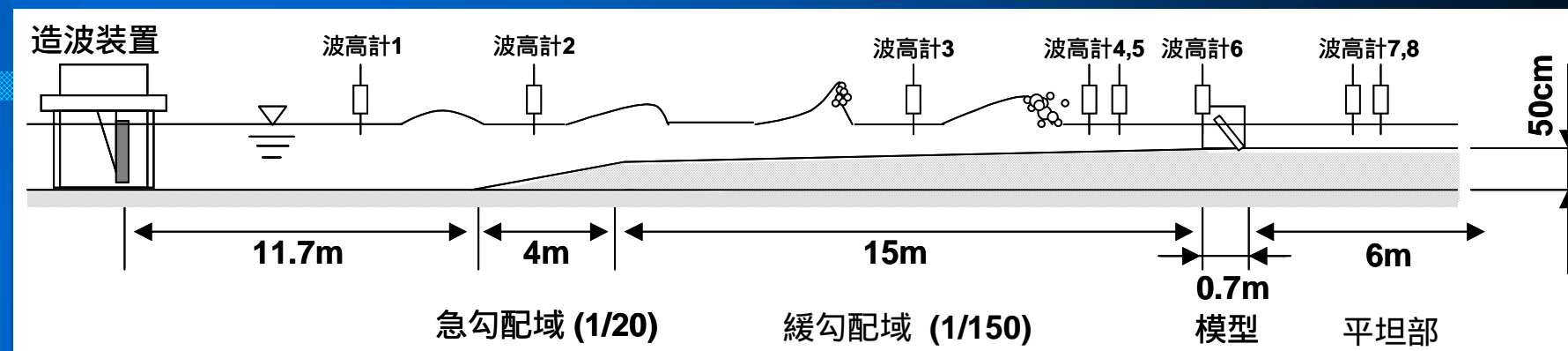
ロッド軸力

改善後



係留方式改善で「衝撃力緩和」に成功！
波浪中でもスムーズな動作を確認！

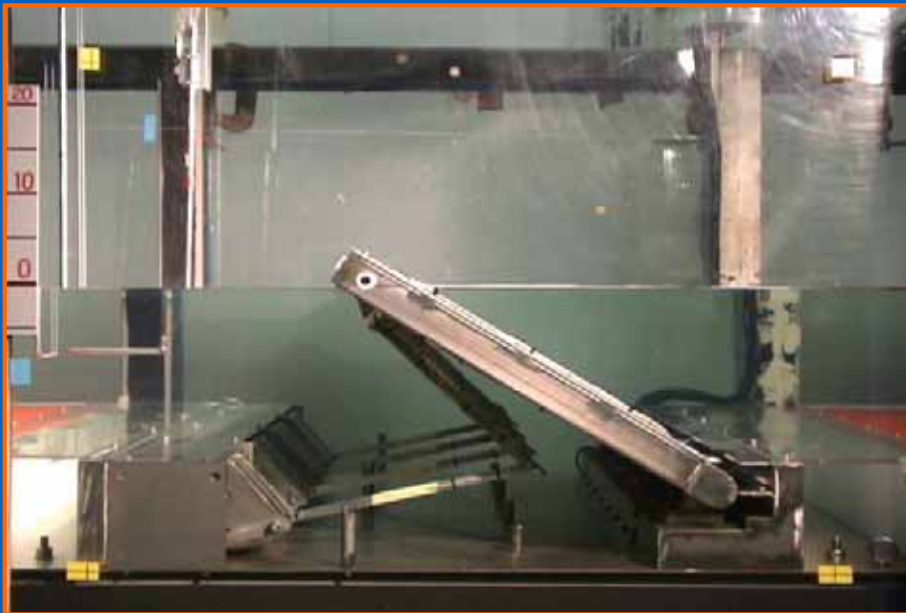
段波実験 (模型縮尺1/60)



- Q5. 段波津波の衝撃で壊れたりしないの？
- Q6. 漂流物等の衝突で壊れたりしないの？
- Q7. 引波で水がなくなったら、使えないのでは？
- Q8. 土砂堆積で浮上しないのでは？

改善前後

- Q5. 段波津波の衝撃で壊れたりしないの？
Q6. 漂流物等の衝突で壊れたりしないの？



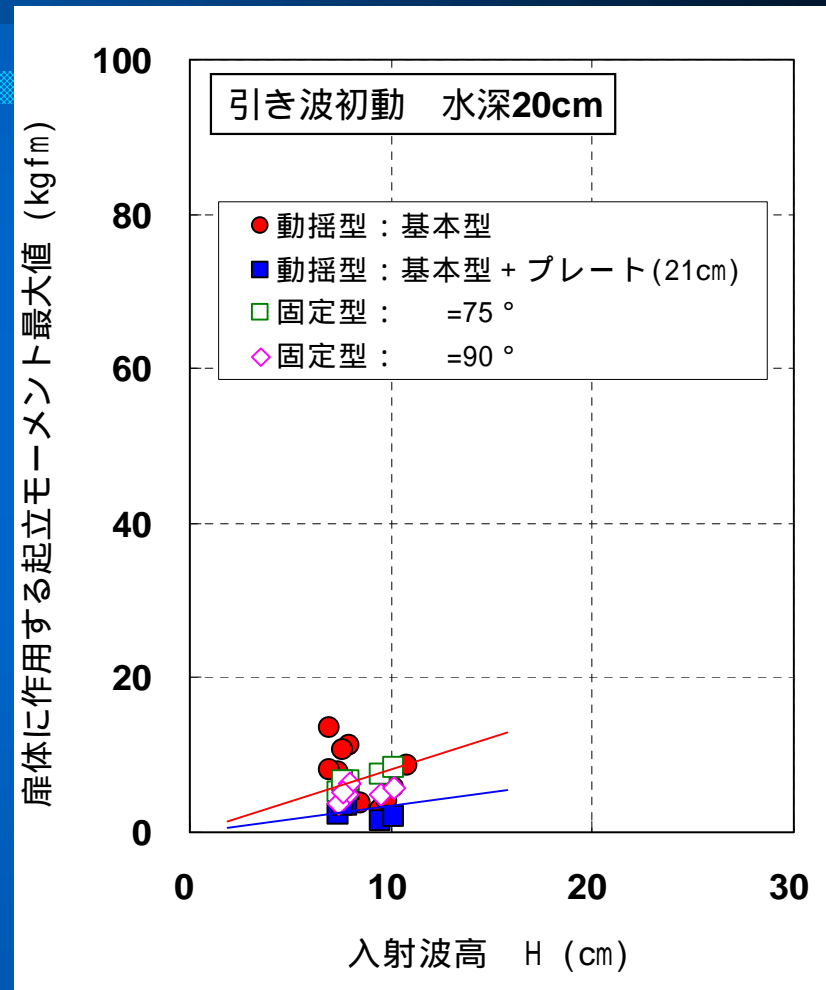
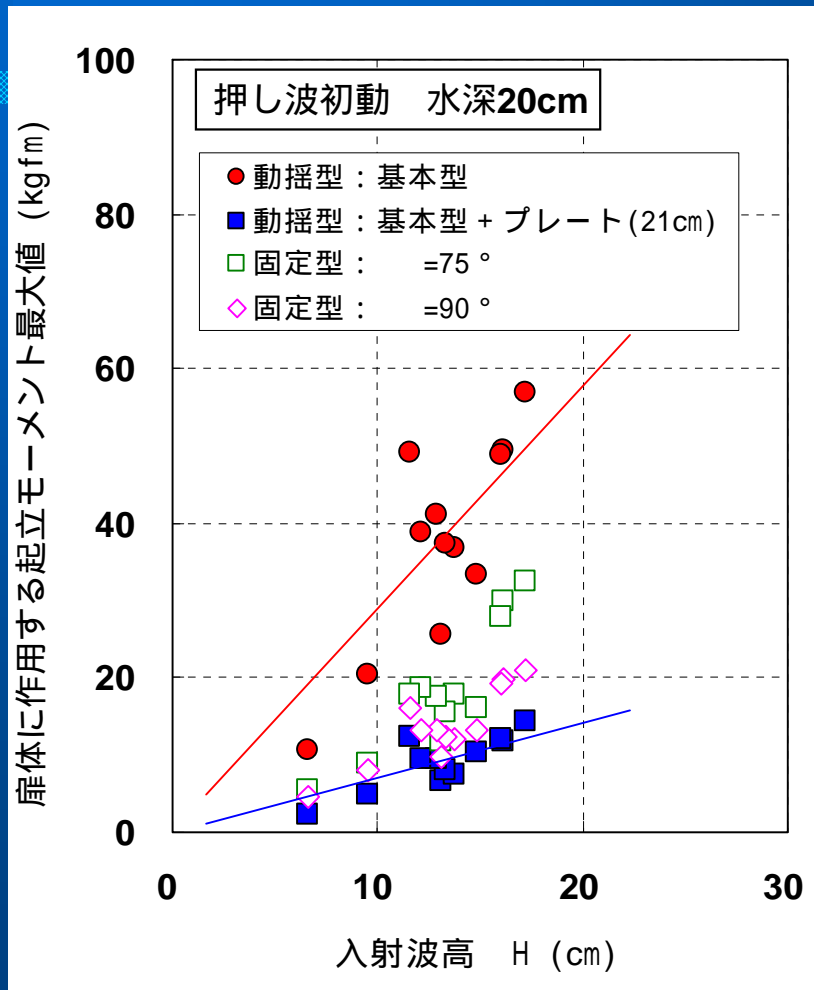
改善前

改善後



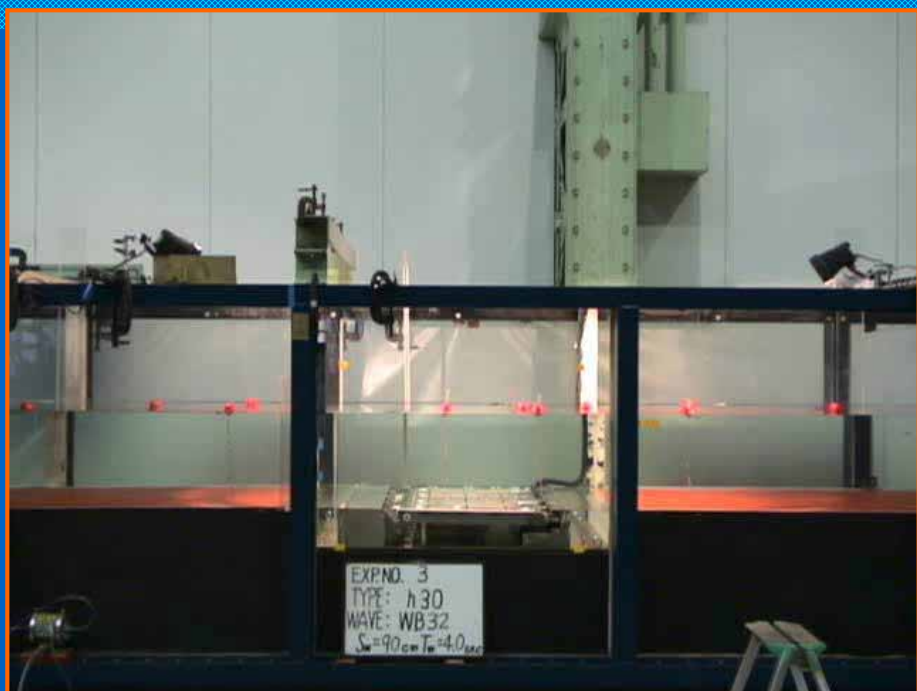
段波波力で段波波力を相殺！

実験結果の一例



引き波初動

Q7.引波の後でも、使えるの？



フラップ無し

フラップ有り



引き波、押し波の繰り返しにも対応！

水深が浅いとき

Q7. 引波で水がなくなったら、使えないのでは？

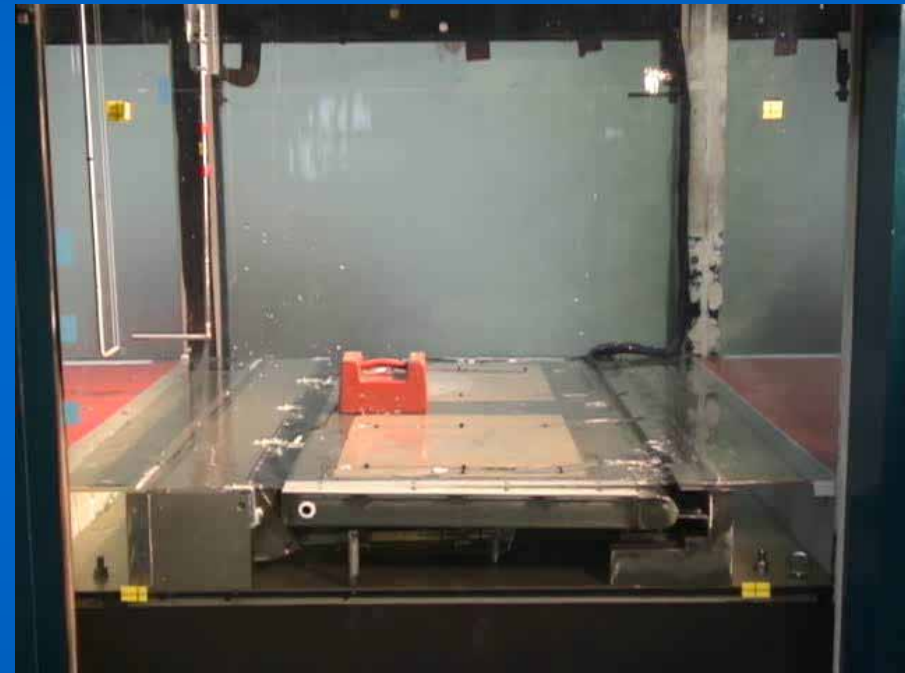
Q8. 土砂堆積で浮上しないのでは？



水深0cm 錘無し

津波の力で自動閉鎖！

陸上部にも設置可能！

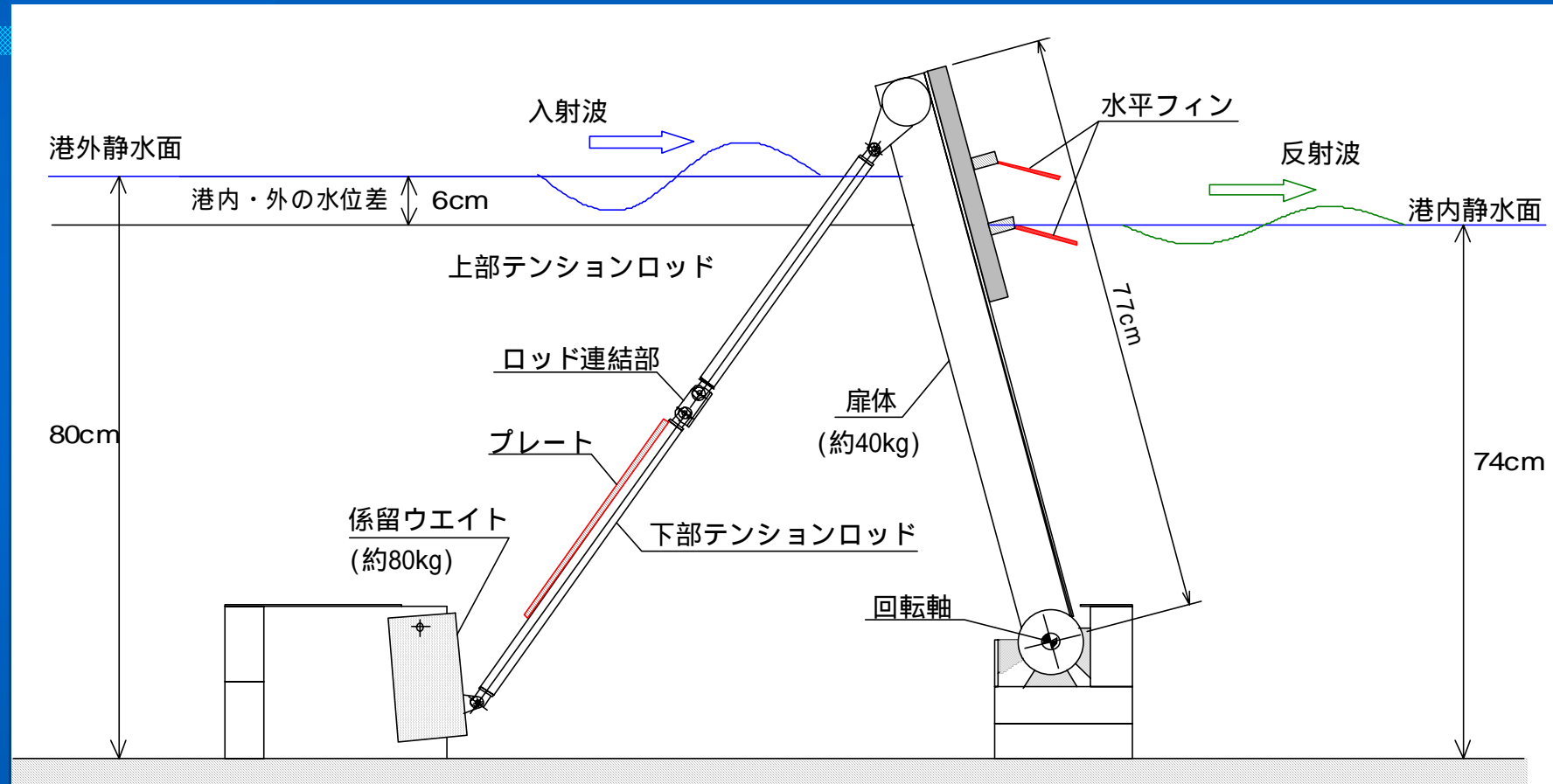


水深0cm 錘10kgf

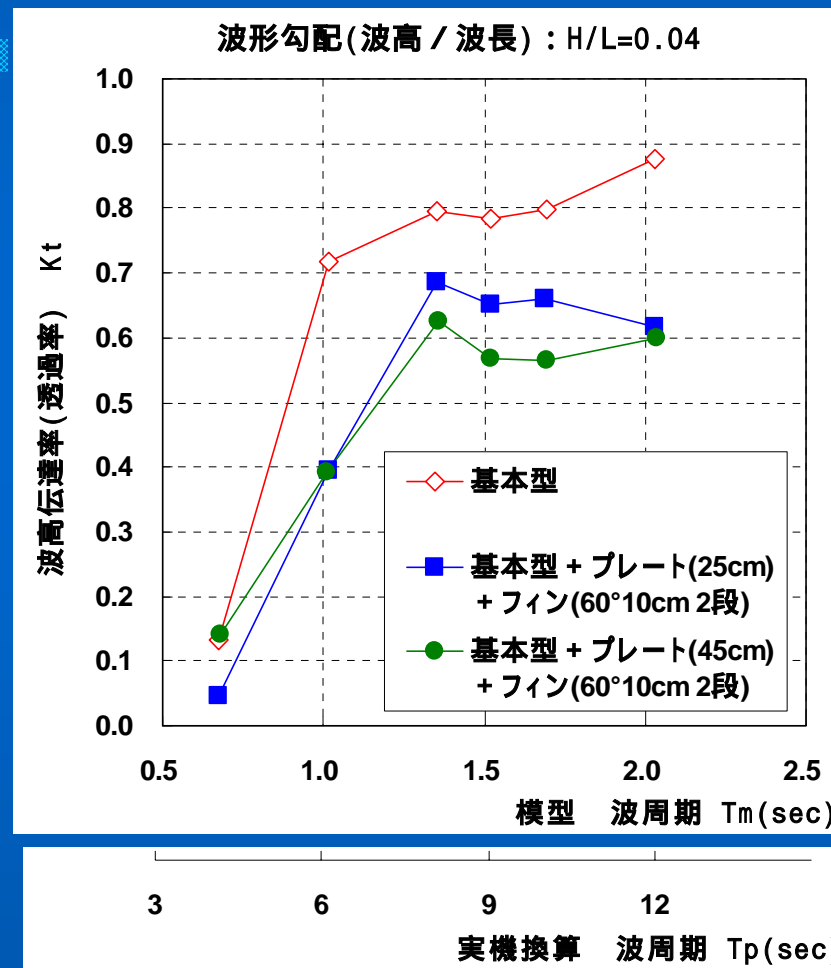
少々の堆積土砂があっても

大丈夫！

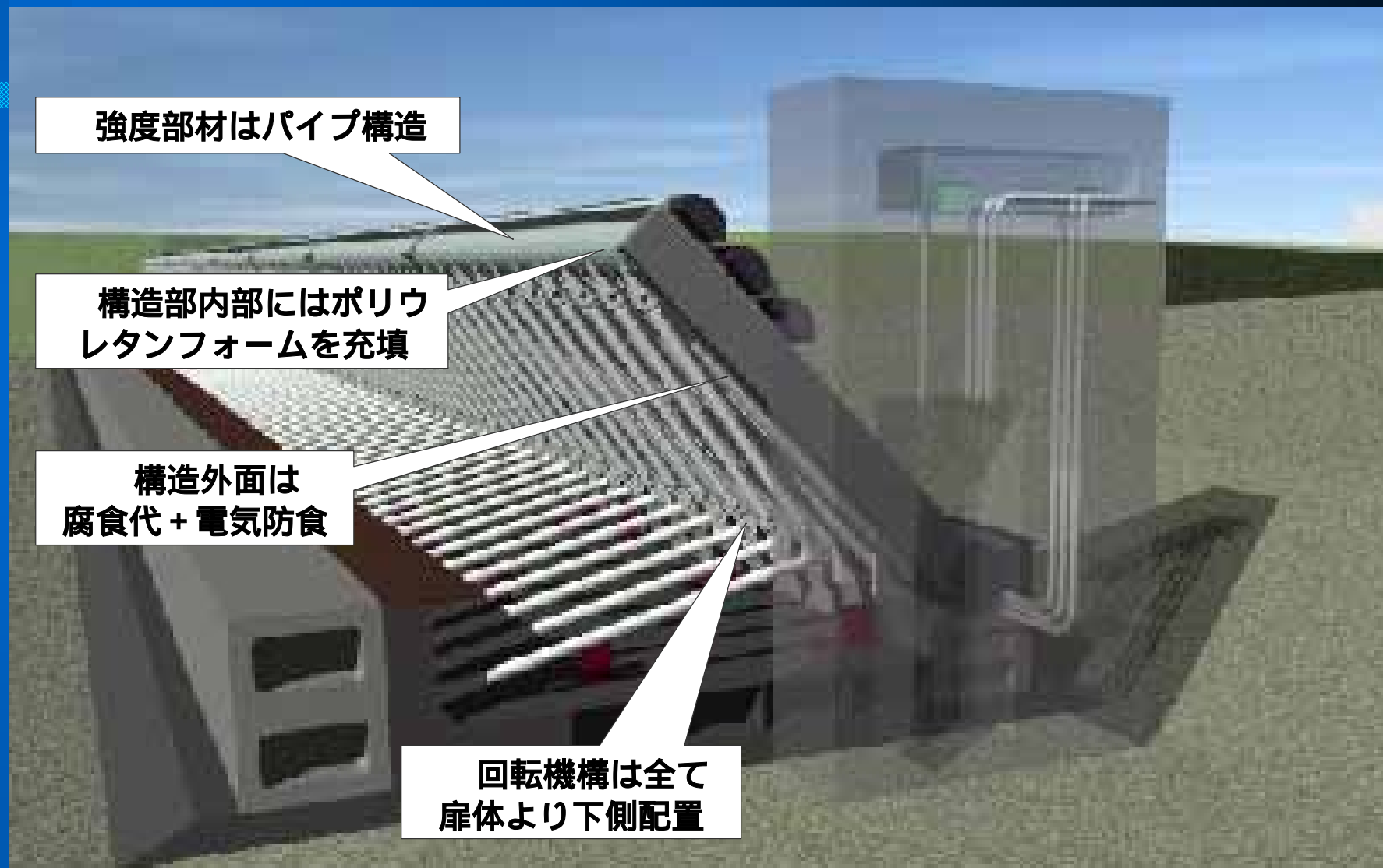
透過率低減実験（模型縮尺1/35）



実験結果の一例



維持管理に配慮した構造工夫箇所



強度部材はパイプ構造

構造部内部にはポリウレタンフォームを充填

構造外面は
腐食代 + 電気防食

回転機構は全て
扉体より下側配置

まとめ

フラップ式高潮・津波防波堤は

- **短時間、無動力で起立・倒伏（開閉）が可能。**
- **陸上～高水深まで、水路幅数 m ～数百 m まで、高潮～段波津波まで、幅広い現地条件に適用可能。**
- **波の力を利用した水路閉鎖や衝撃力の緩和が可能。**

フラップは、もともと生態系や景観に与える影響が小さく、耐震性にも優れる等長所をもち、加えて上記の機能を最大限に活用することにより、本設備が高潮・津波防御の救世主となることを期待している。

以上