

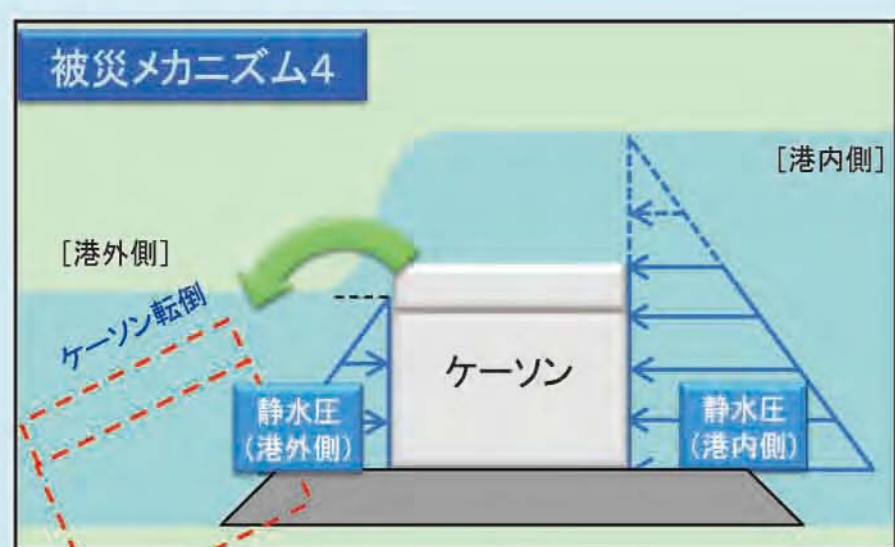
防波堤の復旧工事で実践する新たな防災対策 「粘り強い構造」の採用

東日本大震災の津波により東北地方太平洋側の各港で防波堤が被災しました。特に八戸港北防波堤、釜石港湾口防波堤、大船渡港湾口防波堤、相馬港沖防波堤は、延長数kmに渡って防波堤が倒壊し大きな被害を受けています。

このため、東北地方整備局では、津波による防波堤の被災メカニズムを検証し、防波堤の復旧にあたっては、L2津波（発生頻度は極めて低い影響が甚大な最大クラスの津波）に対しても、大きく被災しない「粘り強い構造」を採用し、復旧をしています。

防波堤の被災パターンと検討フロー

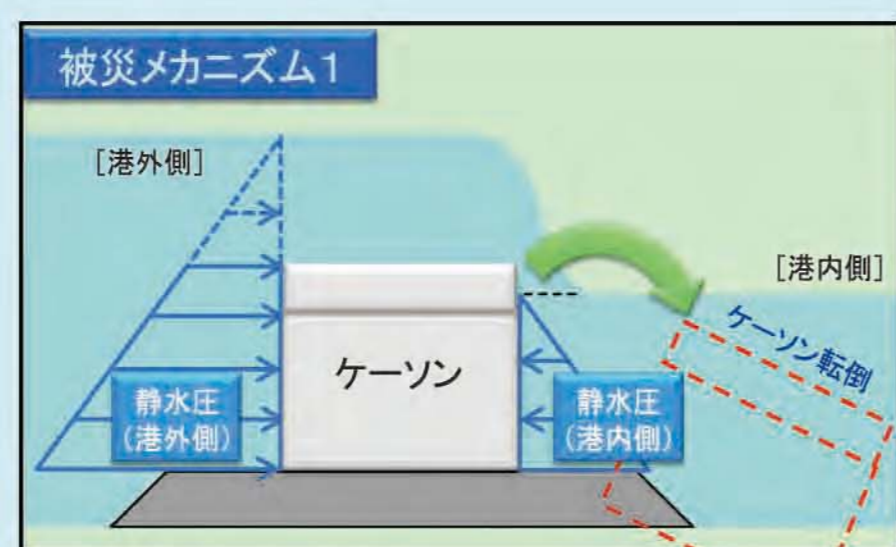
津波波力(水位差) 被災メカニズム(1)



引き波

被災事例：
女川港

極稀な被災

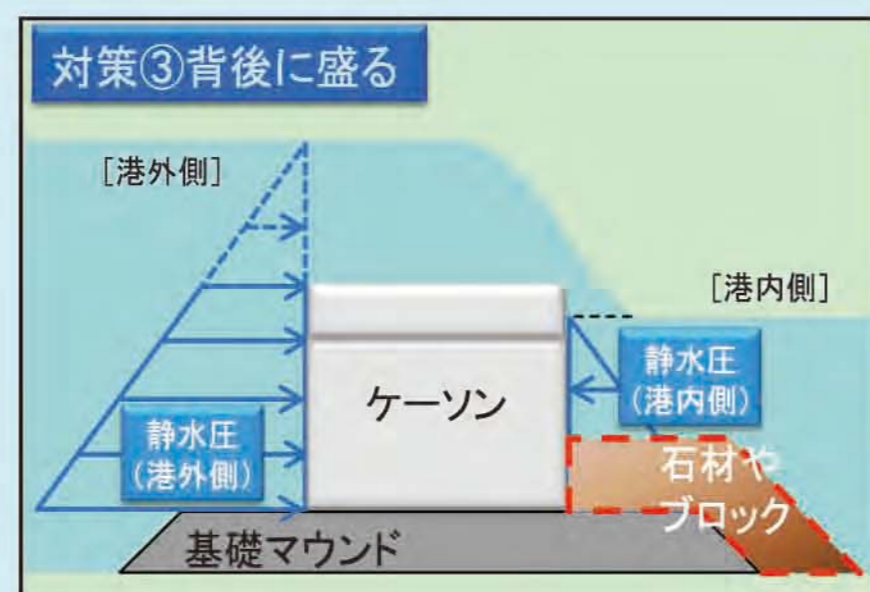
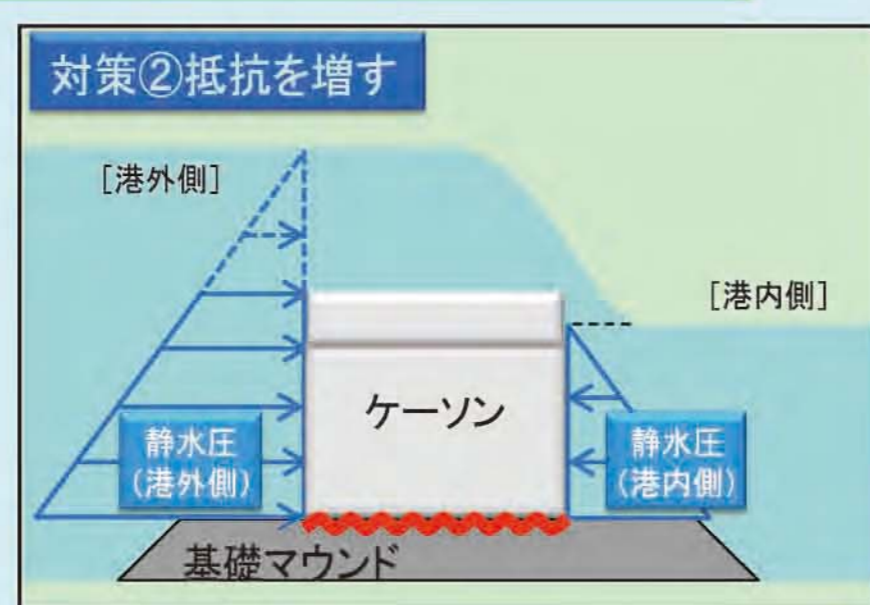
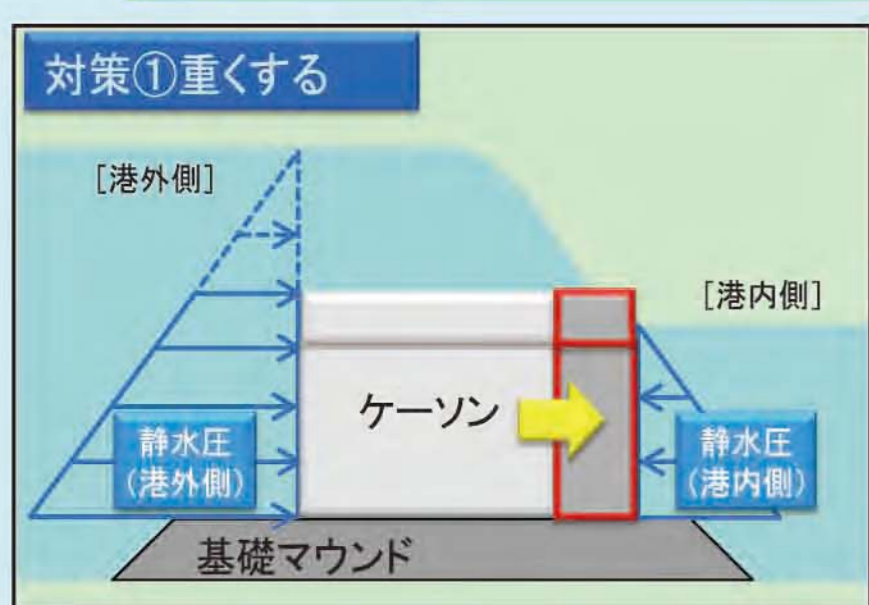


押し波

被災事例：
八戸港北防波堤ハネ部
釜石港湾口防波堤
大船渡港湾口防波堤
相馬港沖防波堤

防波堤の耐津波設計
ガイドラインに津波波力の
算定手順が示されている。

被災メカニズム(1) 津波波力に対する対策工



越流洗掘 被災メカニズム(2)



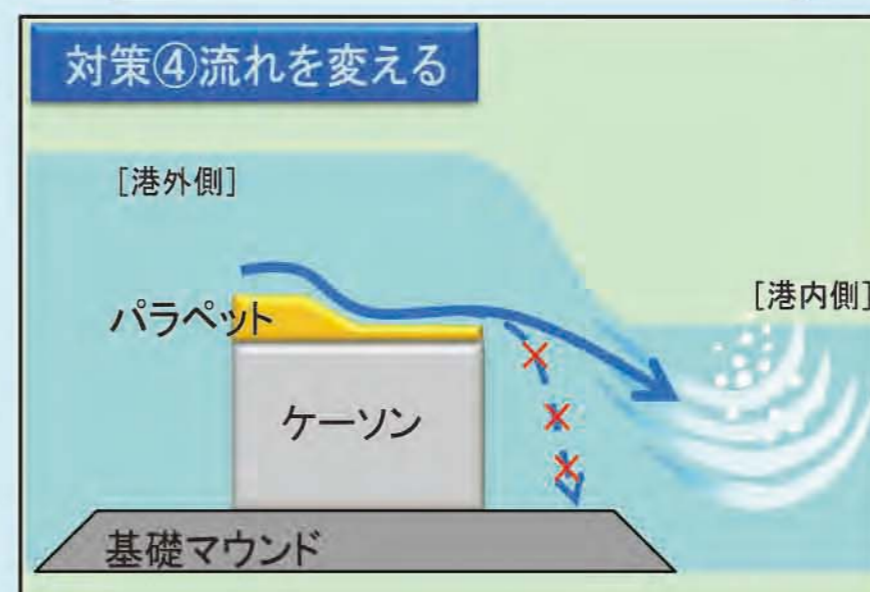
被災事例：
八戸港北防波堤
中央部

実験による検証が必要

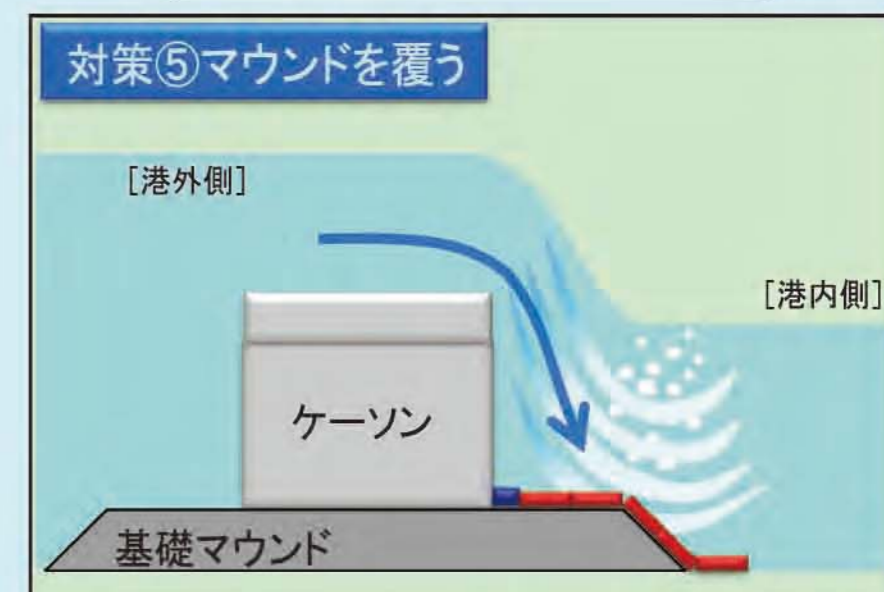
水理模型実験 (再現実験・対策工法の検証)

被災メカニズム(2) 越流洗掘に対する対策工

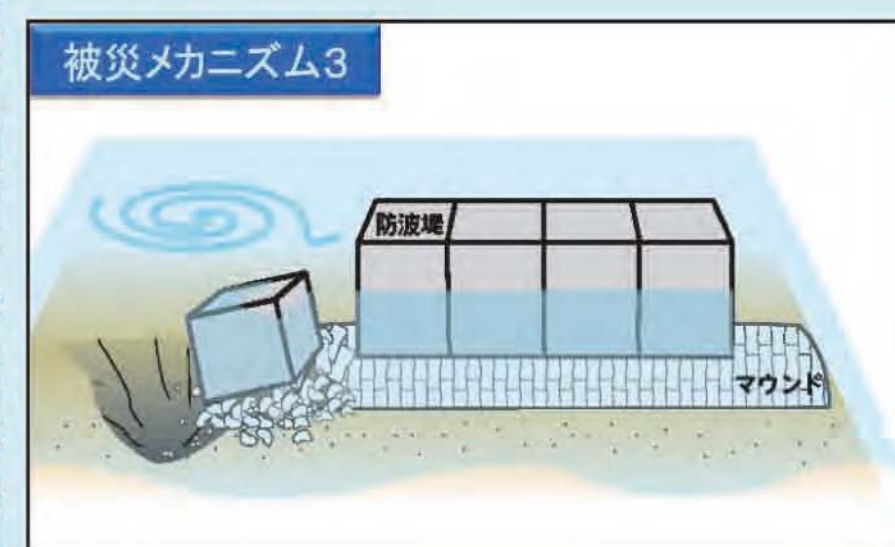
上部パラペット



被覆ブロック



堤頭部洗掘



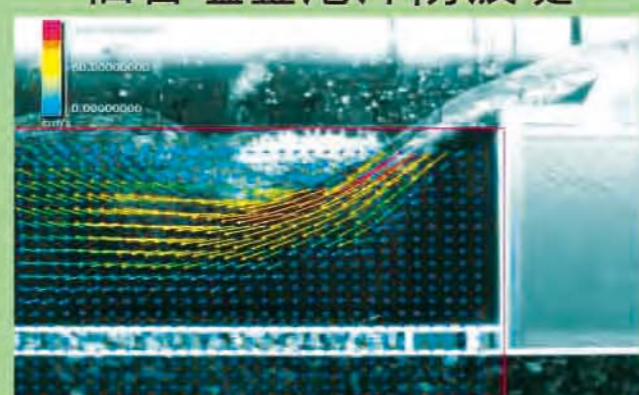
被災事例：
八戸港
中央防波堤

奥尻島での知見有り

越流洗掘の被災リスク	大	←	→	小
マウンド深さ(浅い)	八戸			仙台
津波継続時間(長い)	八戸			仙台

八戸港北防波堤

仙台塩釜港沖防波堤



越流洗掘の発生状況について、被災した八戸港、相馬港、及び被災しなかった仙台塩釜港の防波堤断面形状で水理模型実験を行った結果、
 ① 港内側マウンド上の水深が浅いほど
 ② 津波の継続時間が長いほど
 被災のリスクが大きくなることが明らかになりました。
 今後、各港の防波堤形状に対応した対策工を組み合わせ「粘り強い構造」の設計、施工を行っていく予定です。

「粘り強い構造」 水理模型実験

上部工をパラペット型にして水流の方向を変えられることは平成23年度の実験で明らかにしました。平成24年度の実験では、港内側マウンドの洗掘を防止する被覆ブロックの安定性について実験をしました。上映中のビデオでは、この実験の状況をご紹介します。

【水理模型実験スケール】

- 八戸港は1/40の模型縮尺で実施、仙台塩釜港と相馬港は高い津波水位を発生させるために模型縮尺を1/70にしました。

【津波再現方法】

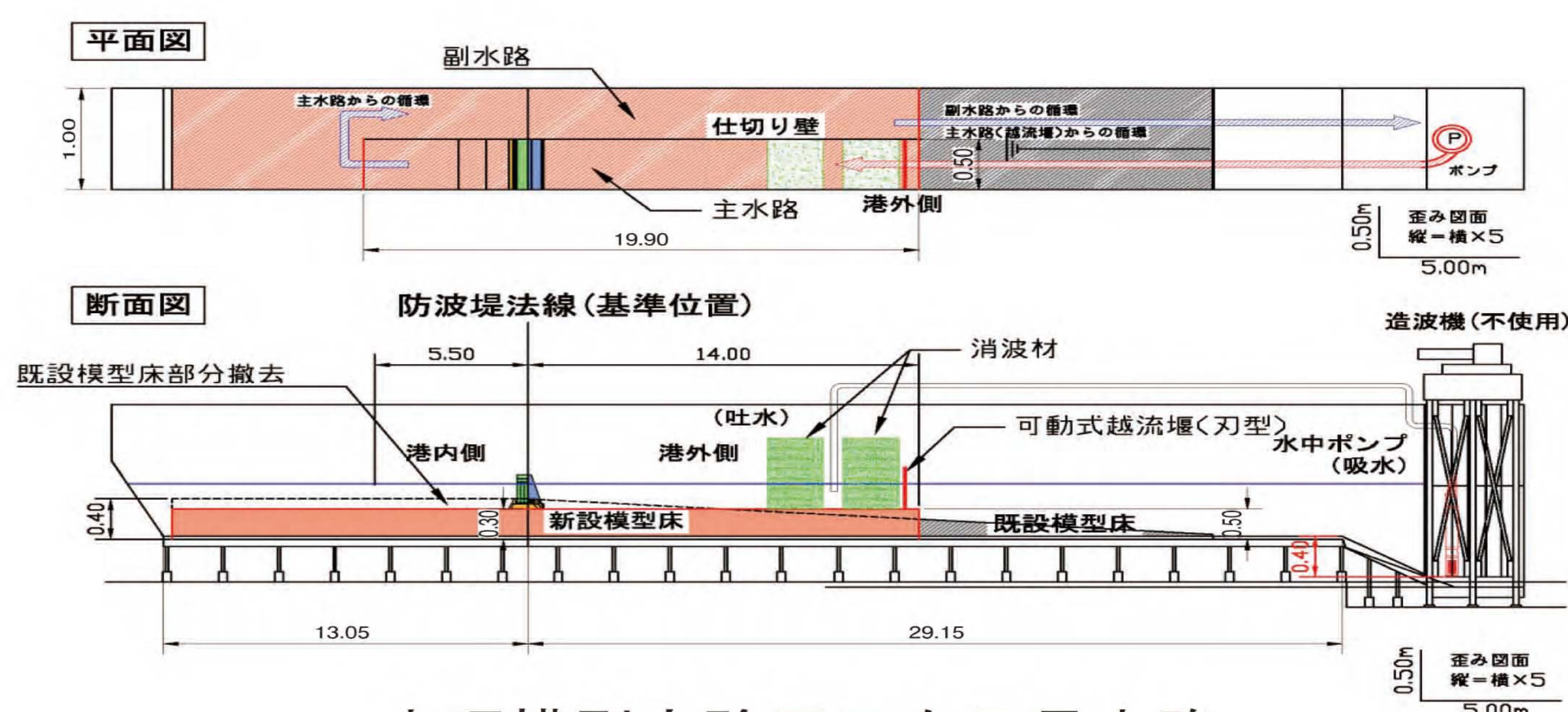
- 津波による越流の継続時間は長いので造波機による再現は出来ません。そこで、継続時間の長い津波の越流状況を再現する方法として、水中ポンプと越流堰を用いた水位制御法を採用しました。つまり、水中ポンプによる給水で防波堤前面水位を高くして越流を発生させたのです。津波条件として、東北地方太平洋沖地震津波の高さを再現しました。



上から見た状況

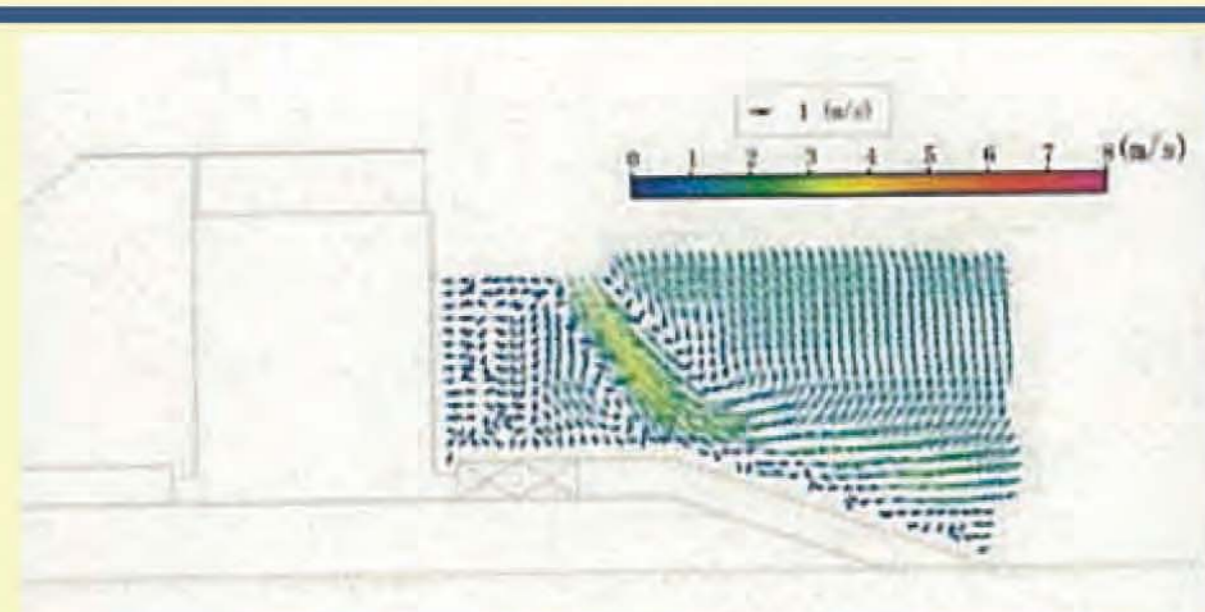


横から見た状況



水理模型実験用二次元長水路

【1】 防波堤背後に発生する流れの実態を捉える。



模型実験

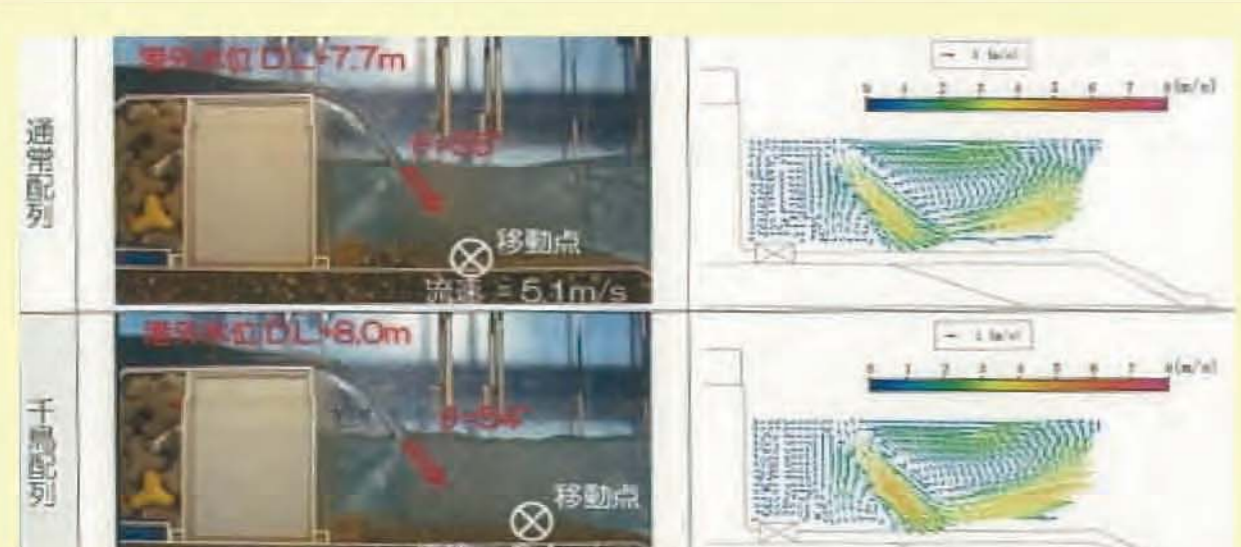
【方法】

粒子画像流速測定PIV法（水流に含んだ気泡の動きをレーザー光で照らし写真撮影）による解析で流れの方向と速さを求めた。

【結果】

- ①越流して滝のように流れ込む速い水流は幅が広がらず直線的である。
- ②矩形の上部工では、流れの入射角は $50^\circ \sim 60^\circ$ 程度である。
- ③港内側の水深が深ければ、速い流れはマウンドに達する前に弱まる。

【2】 被覆ブロックの種類と配列の違いによる安定性の検証。



模型実験

【方法】

八戸港北防波堤の基部、中央部、ハネ部それぞれの工区で適用が予定されている3種類のブロックを使用して通常配列と千鳥配列で安定実験を実施した。

【結果】

- ①港外水位が高くなるに従い、越流の打ち込み位置が遠くなり打ち込み角度が浅くなる。
- ②被覆材の移動点は、越流の打ち込み位置よりも下流側となる傾向がある。
- ③千鳥配列は、通常よりも安定性が高い。

【3】 被覆ブロックを連結することによる安定性向上の検証。



模型実験

【方法】

法面上下方向のブロックを連結する縦連結方式と横方向も連結する座布団連結方式について安定実験を実施した。

【結果】

- ①連結なしの場合、移動順序は法先→法面→天端の順である。
- ②連結することによって安定性が高くなる。