

消波ブロック被覆堤ブロック下部の洗掘量の推定について



国土交通省
横浜港湾空港技術調査事務所
鈴木高二朗

護岸の吸い出し問題



陥没穴の発生

現地被災事例

M港 沖防波堤(I)



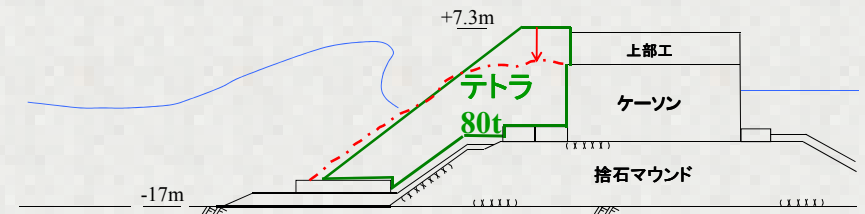
H.8 7/25ブロック設置直後



H.8 8/14台風12号通過後

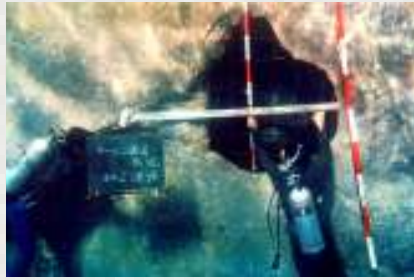
重量は設計公式・実験で適切に決定されている
しかし、全国各地で被災

被災状況 M港 沖防波堤(I)



ブロックの沈下 → ブロックの動揺 → ケーソン壁への衝突と衝撃砕波

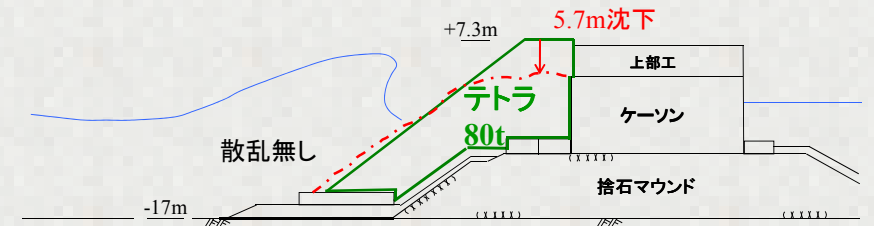
ブロック沈下に伴うケーソン壁の破壊



ブロックの沈下
 ↓
 ブロックの動揺
 ↓
 ケーソン壁への衝突と
 衝撃砕波
 ↓
ケーソン壁の破れ
 ↓
 中詰砂の流出
 ↓
ケーソンの崩壊



なぜブロックが沈下したのか？



波高 $H_{1/3}$
 設計波 11.0m → 従来から言われていた
 被災時 6.3m 重量不足、強度不足とは考えられない

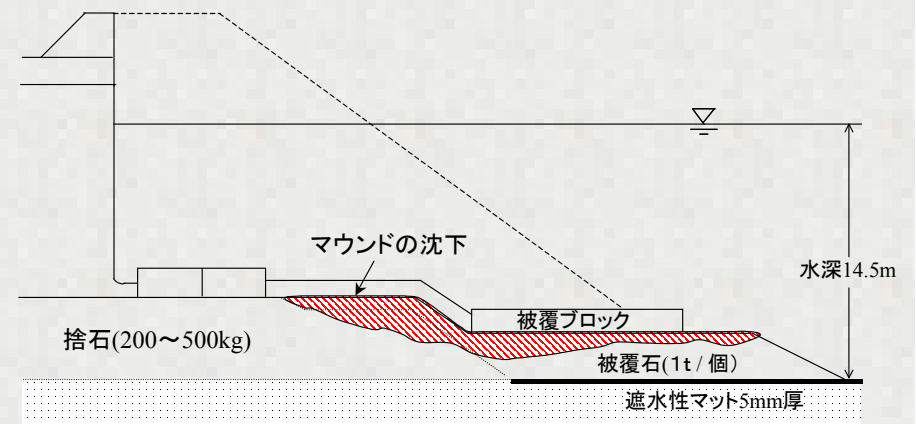
砂地盤が問題なのでは？

ブロックの強度不足？

全てのブロックの足を2本ずつ
 折らないと再現できない

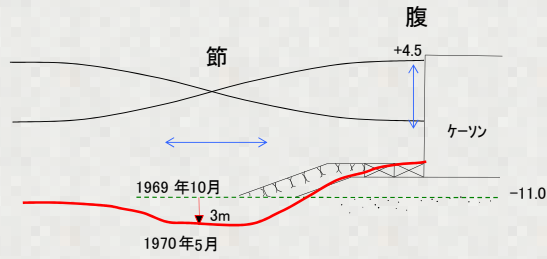


高知新港南防波堤

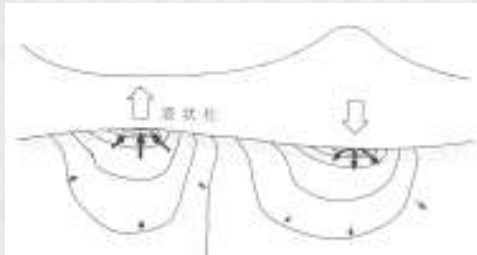


液状化？洗掘？

重複波による法先洗掘



波浪による地盤の液状化



液状化模擬実験

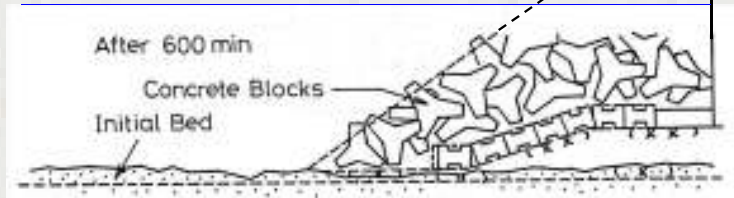


上向き浸透流で地盤を柔らかく

縮尺効果

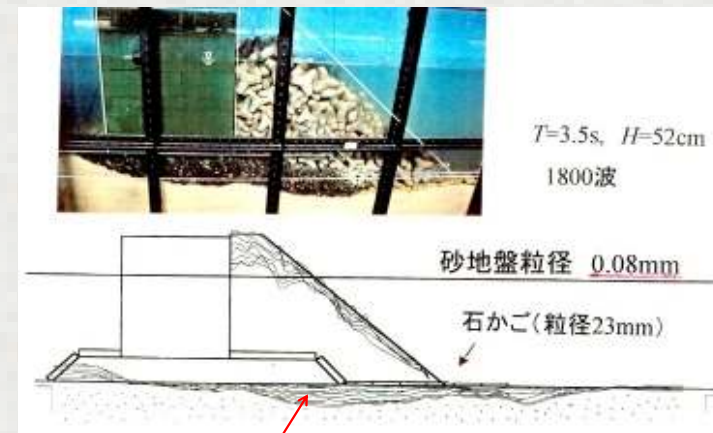
入江ら(1984) 1/50scale

以前の試験では説明されなかった



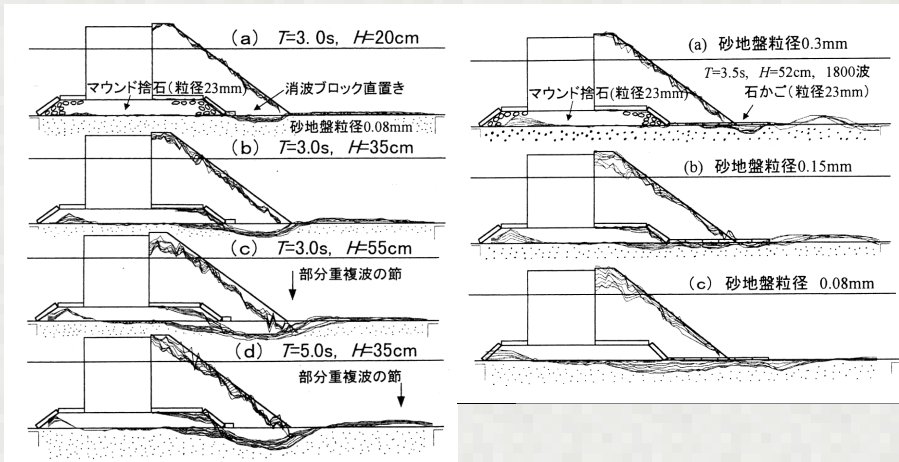
- 粒径0.2mm(現地) → 0.004mm(1/50)
→ 洗掘の再現が難しい
- 小型実験では地盤が相対的に固くなってしまふ
→ 液状化の再現ができない

吸い出し現象

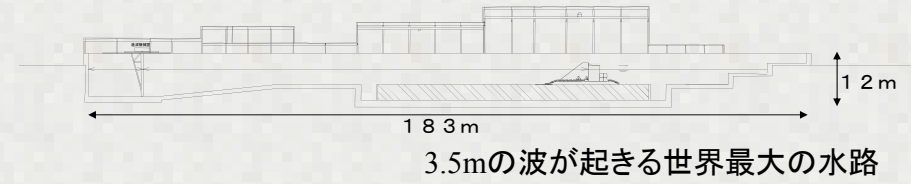


マウンド下部からの吸い出し

周期波高底質粒径



大規模波動地盤水路での実規模実験



Scale 1/1~1/4

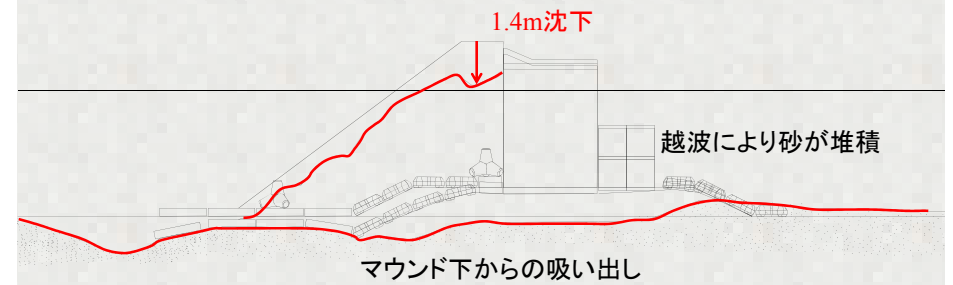
波高	2.5m
周期	7s
ブロック	500kg
捨石粒径	12cm
砂粒径	0.2mm

波作用状況

$T=7s, H=1.5m$



波作用後

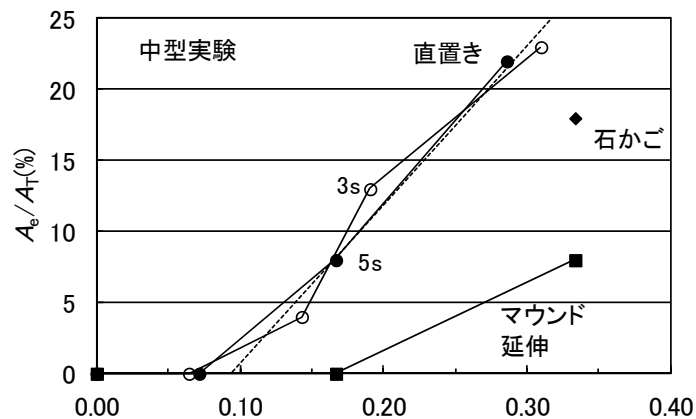
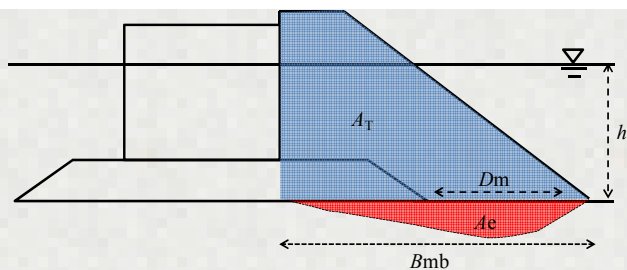


初期形状

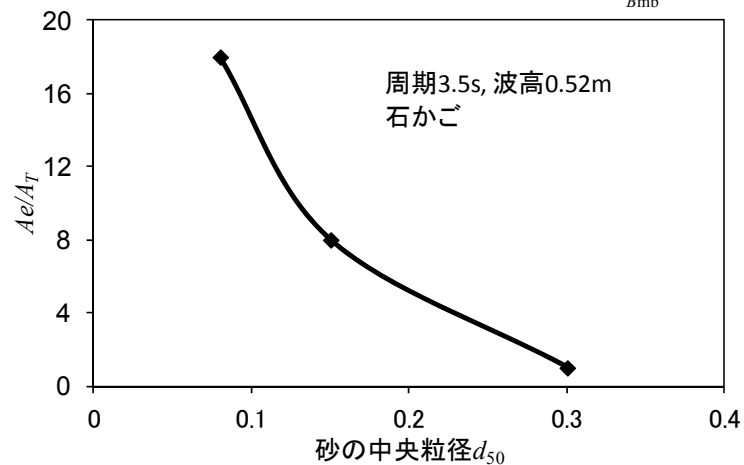
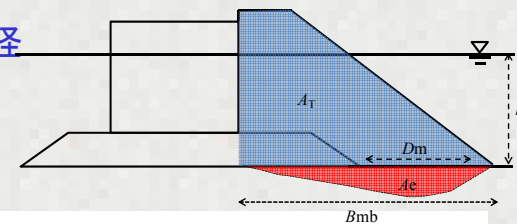


最終形状

洗掘量と 水粒子軌道直径



洗掘量と砂の中央粒径



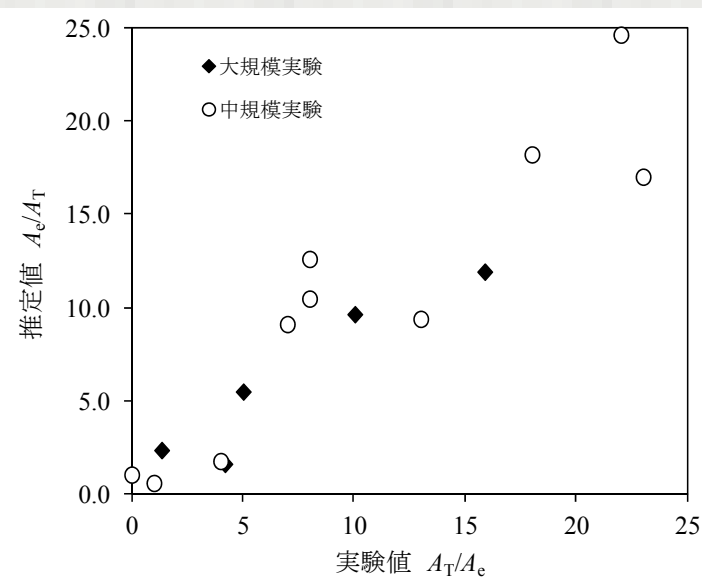
洗掘量の推定式

$$\frac{A_e}{A_T} = F_C \left(\frac{D_m}{B_{mb}} - \frac{800d_{50}}{h^{0.2}} \right)$$

断面形状 水粒子軌道直径 粒径 縮尺効果

- A_e [m²]: 砂地盤の洗掘断面積
- A_T [m²]: ケーソン前面の消波ブロックとマウンドの断面積
- F_C : 断面形状 (直置き84, 石かご64, マウンド延伸32)
- D_m [m]: 水粒子軌道直径
- B_{mb} [m]: ケーソン前面から防波堤の法尻までの距離
- d_{50} [m]: 砂地盤の中央粒径
- h [m]: 水深
- H [m]: 堤体設置水深での有義波高
- L [m]: 堤体設置水深での波長

実験値との比較



相似則 浮遊砂現象

Fall Speed Parameter

$$\left\{ \frac{\omega}{\left(\frac{H}{T}\right)_p} \right\} = \left\{ \frac{\omega}{\left(\frac{H}{T}\right)_m} \right\}$$

Dean Number
Dean(1973,1985)

$$\left\{ \frac{\omega_p}{\omega_m} \right\} = \left\{ \frac{\left(\frac{H}{T}\right)_p}{\left(\frac{H}{T}\right)_m} \right\}$$

フルード則と組み合わせることができる

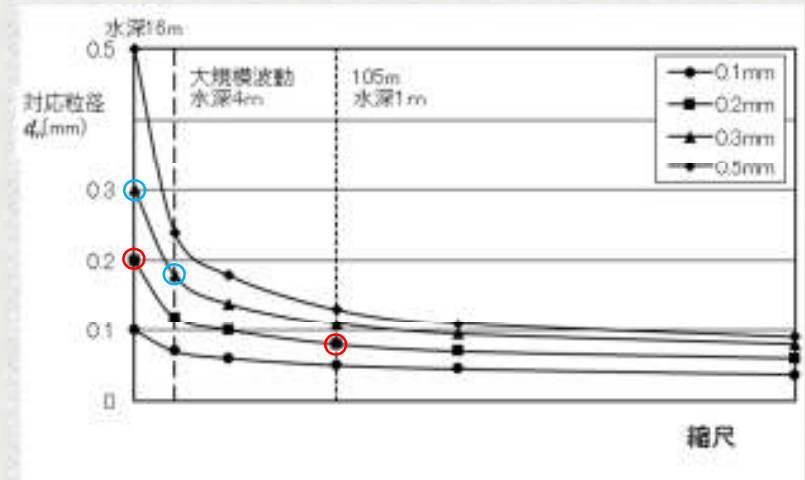
※Xie(1981)

$$\left\{ \frac{(U_{max} - U_*')}{\omega} \right\}_p = \left\{ \frac{(U_{max} - U_*')}{\omega} \right\}_m$$

相似則 浮遊砂現象

$$\left\{ \frac{\omega}{\left(\frac{H}{T}\right)_p} \right\} = \left\{ \frac{\omega}{\left(\frac{H}{T}\right)_m} \right\}$$

Dean Number
Dean(1973,1985)

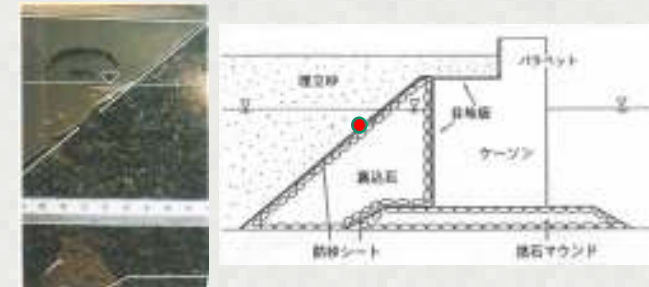


付録(離岸堤)

吸い出し現象



①シートの破れによる土砂の吸い出しと陥没穴の発生



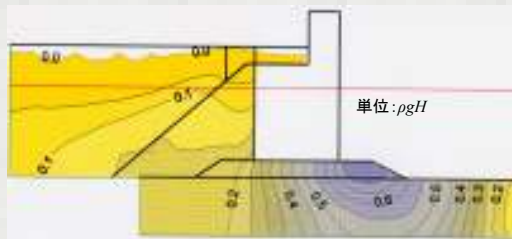
②ボイリングによる破壊
マウンド透過波 ケーソン前面の8~9割の波圧



パスカルの原理

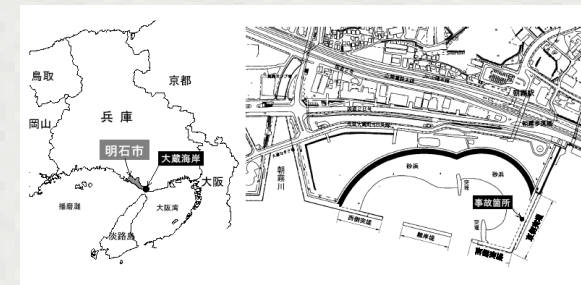


マウンド透過波 圧抜工により圧力が1~2割に低減



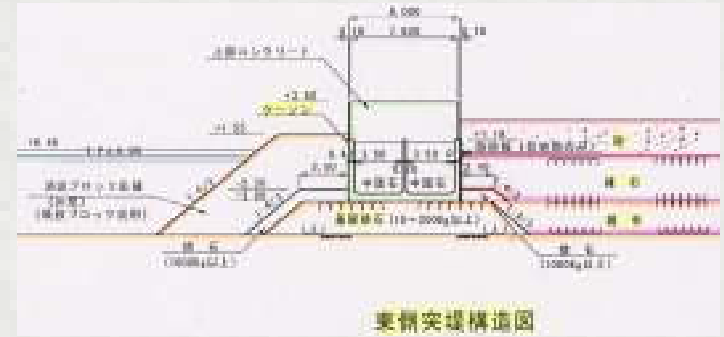
圧力が流速に変換された
流れが悪影響を及ぼさないか？

③目地材の破損
大蔵海岸





大蔵海岸
事故発生位置

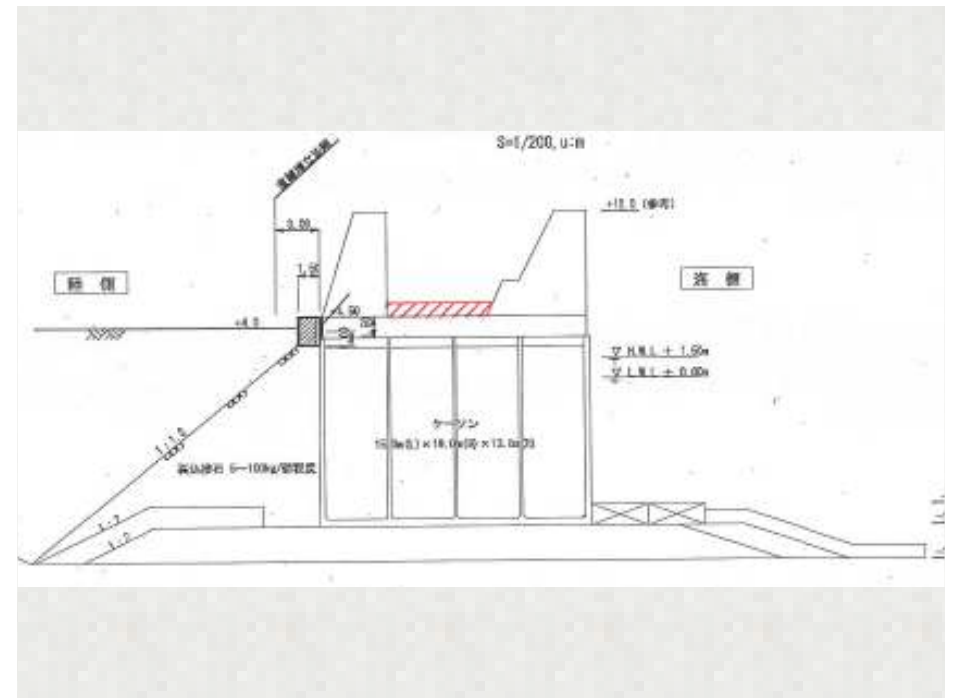


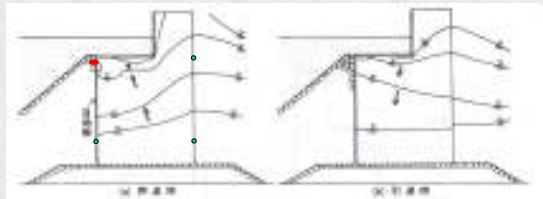
東側突堤構造図

大蔵海岸断面図

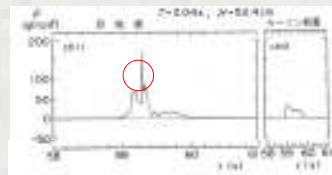


大蔵海岸目地



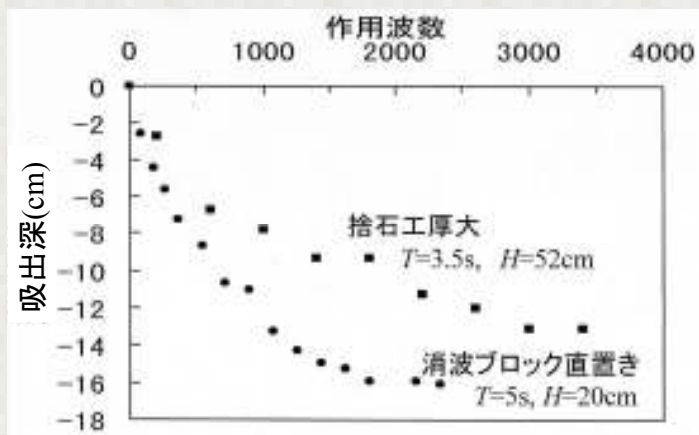


目地に働く波圧は強大
 $p = 2 \sim 3\rho gH$

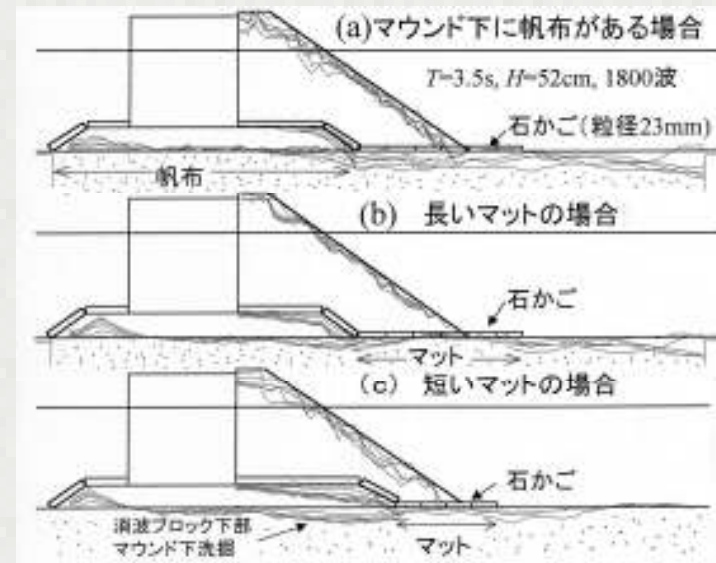


鹿島港の防波護岸。目地を通してきた波が護岸背後で噴出しているのが分かる。

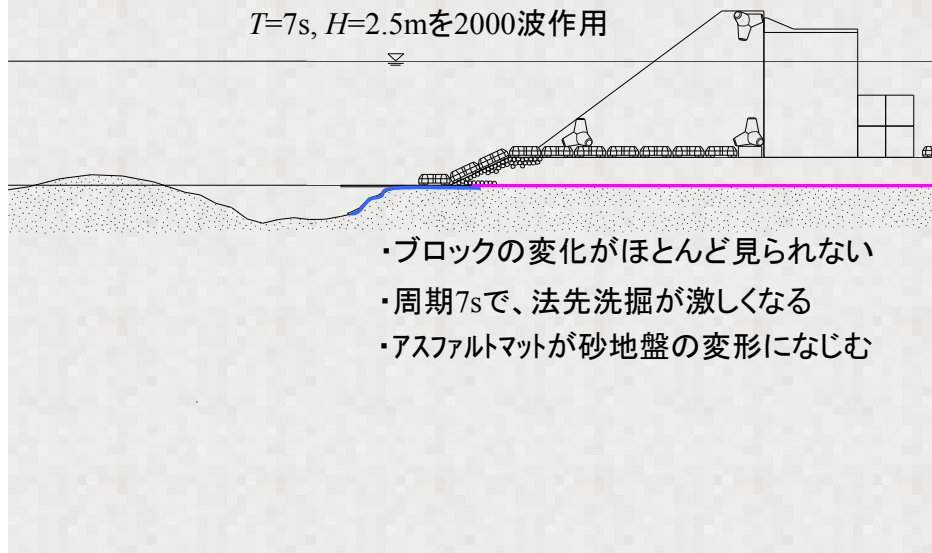
付録(吸い出しはいつまで続くか?)



付録(守らないところがやられる)



付録(地形変化:Case1) Unit: cm



被災事例(T港防波護岸)

