

# 海岸堤防の設計手法と 津波防災地域づくりを支える技術 について

国土技術政策総合研究所  
河川研究部長 藤田光一



逃げ方  
しのぎ方

まちのつくり方

様々な手段の活用・結集

津波防災の  
施設  
(海岸堤防,  
河川堤防,  
etc)

ふだんの暮らし  
地域の活力

私たちは、  
どのような状況を  
創り出して行くのか？



津波防災の  
施設  
(海岸堤防,  
河川堤防,  
etc)

〔起こりうる最大級の津波〕

〔比較的頻度の高い津波〕

# 技術的に知らなければならないこと、 決めなければならないこと

- ◆比較的頻度の高い津波の水位の設定方法 1.  
→海岸堤防などの設計→地域に津波を入れない。

---

- ◆最大級の津波は地域にどのように侵入するか？ 2.  
→どこが、どのように危険か？
- ◆それをまちのつくり方にどのように反映させるか？ 3.  
→「津波防災地域づくり法」という新たな枠組み
- ◆津波浸水のエリアで、命が助かる安全な場所をどのように造ればよいのか？ 4.  
→必要な高さ、安全な盛土構造、安全な建物→技術基準
- ◆逃げ方、逃げやすいまちづくり 5.
- ◆設計津波を越えても粘り強く機能を発揮する海岸堤防構造

# 報告の骨格

1. 設計津波の水位の設定方法（比較的頻度の高い津波；数十年～百数十年に一度）
2. 津波浸水想定の方法（最大級の津波）
3. 津波防災地域づくり法の概要
4. 津波浸水エリアでの「安全な場所の判定・確保」に関わる技術基準：必要な高さ，盛土の構造
5. 粘り強く機能を発揮する海岸堤防の構造の検討

# 1. 設計津波の水位の設定方法 (比較的頻度の高い津波: 数十年～百数十年に一度) →海岸堤防の設計に

※国総研における分析結果を活用し、海岸省庁が  
設定方法を海岸管理者に通知

# 設計津波の水位の設定方法等について (海岸省庁課長通知:H23.7.8)

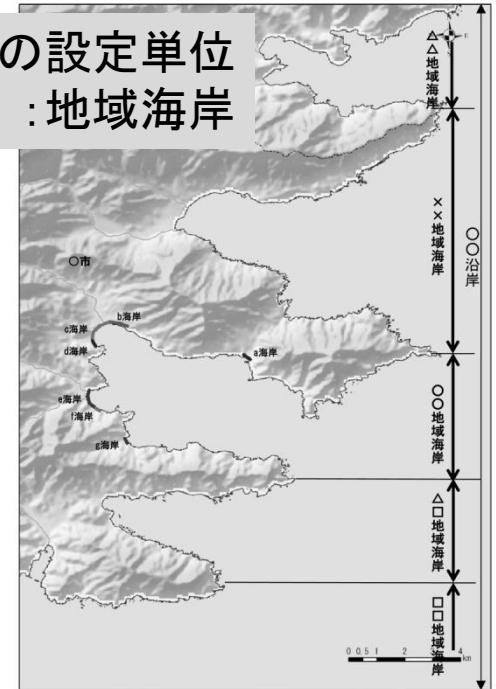
過去に発生した津波の  
実績津波高さの整理

シミュレーションによる津波高さの補完

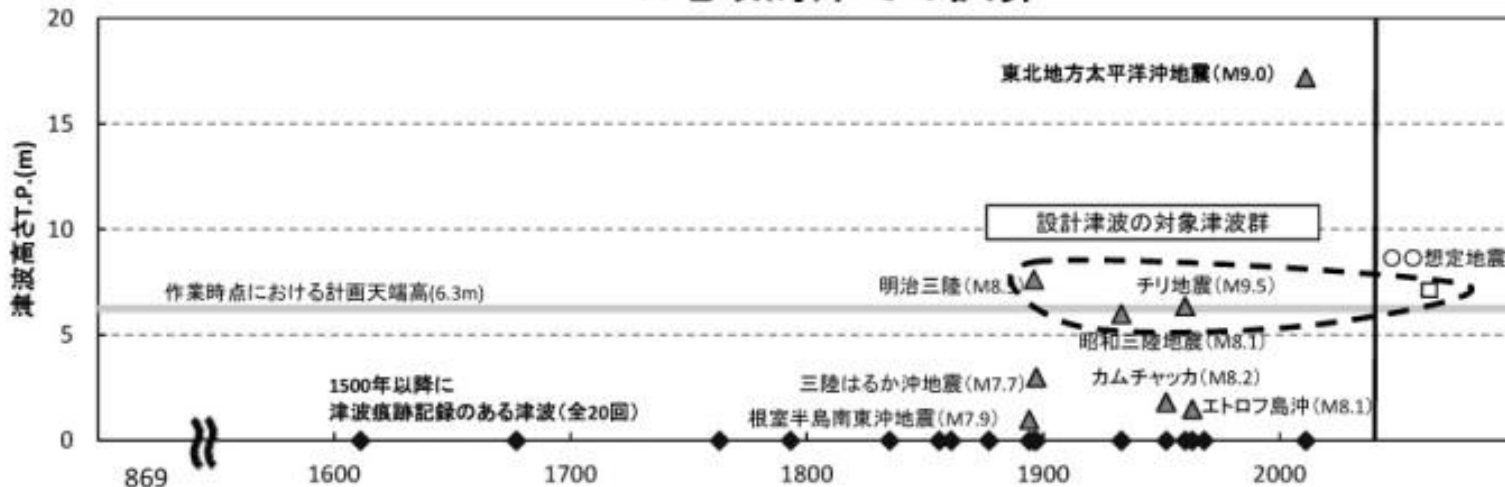
設計津波の対象津波群(数十年~百数十年に一度と想定される津波の集合)の特定

設計津波の水位の設定

設計津波の設定単位  
: 地域海岸



A地域海岸での試算



## 2. 津波浸水想定の方法 (最大級の津波)

□「平成23年東北地方太平洋沖地震による津波の対策のための津波浸水シミュレーションの手引き」 23年7月8日  
(水管理・国土保全局、国総研河川研究部海岸研究室)

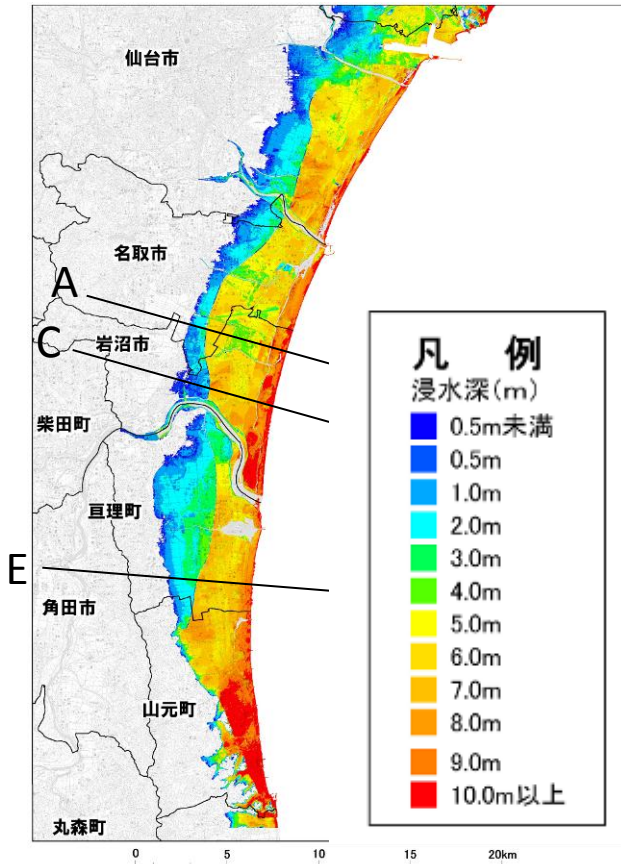
□「津波浸水想定の設定の手引き」 24年2月29日  
(水管理・国土保全局、国総研河川研究部海岸研究室)

※ 設計津波の水位設定にも活用される

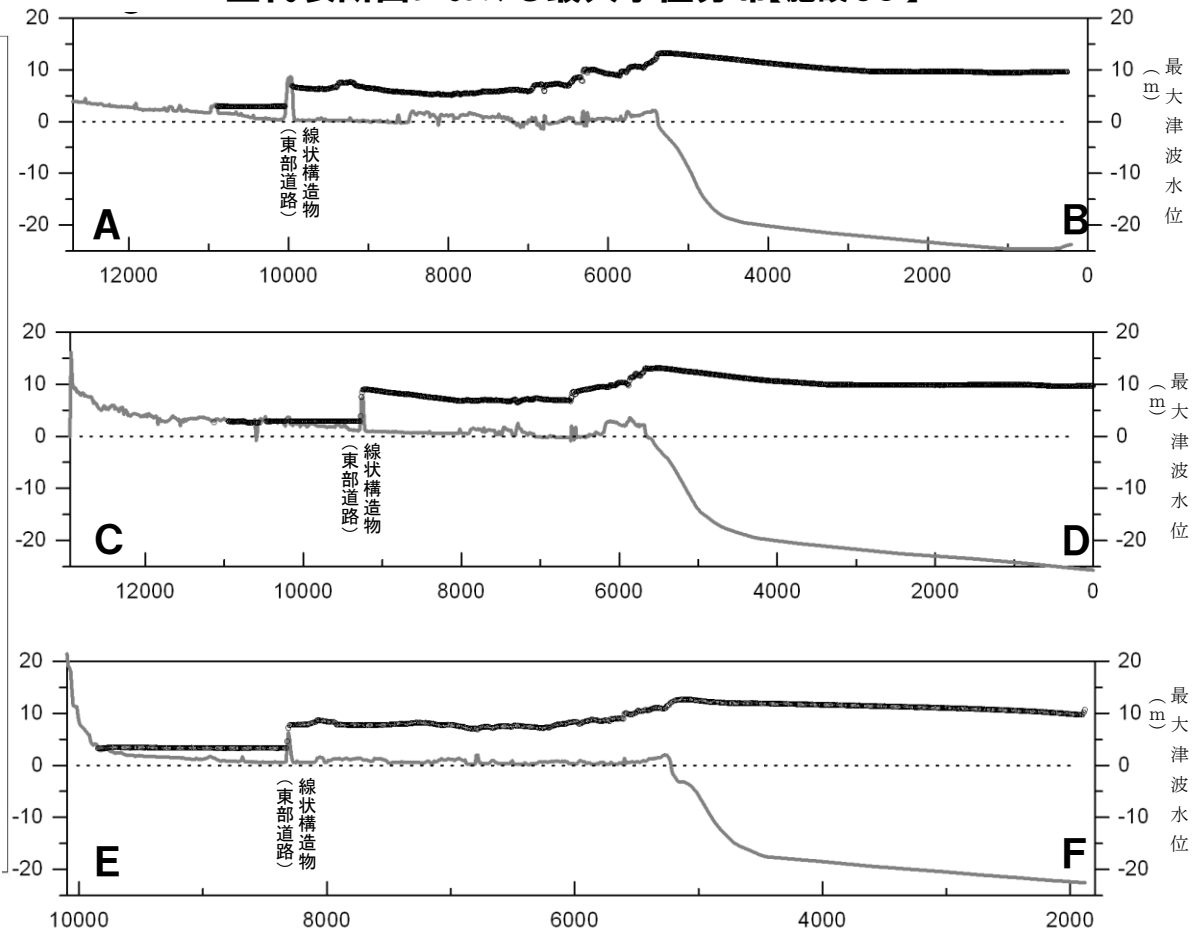
# 今次津波の対策のための津波浸水シミュレーションの手引き(H23.7.8)

- ▶ 復旧・復興計画の策定等を支援するため、津波浸水シミュレーションを迅速かつ適切に実施するための標準的な方法や条件設定の考え方を具体的に提示。
- ▶ 盛土や二線堤の効果等多重防護の検討も可能。

最大浸水深の平面分布



■代表断面における最大水位分布[施設なし]



# 津波浸水想定の設定の手引き(H24.2.29)

津波防災地域づくりにおいて、具体施策推進の基礎となる  
津波浸水想定を行うための津波浸水シミュレーションや  
その活用の方法を提示

最大クラスの津波の設定



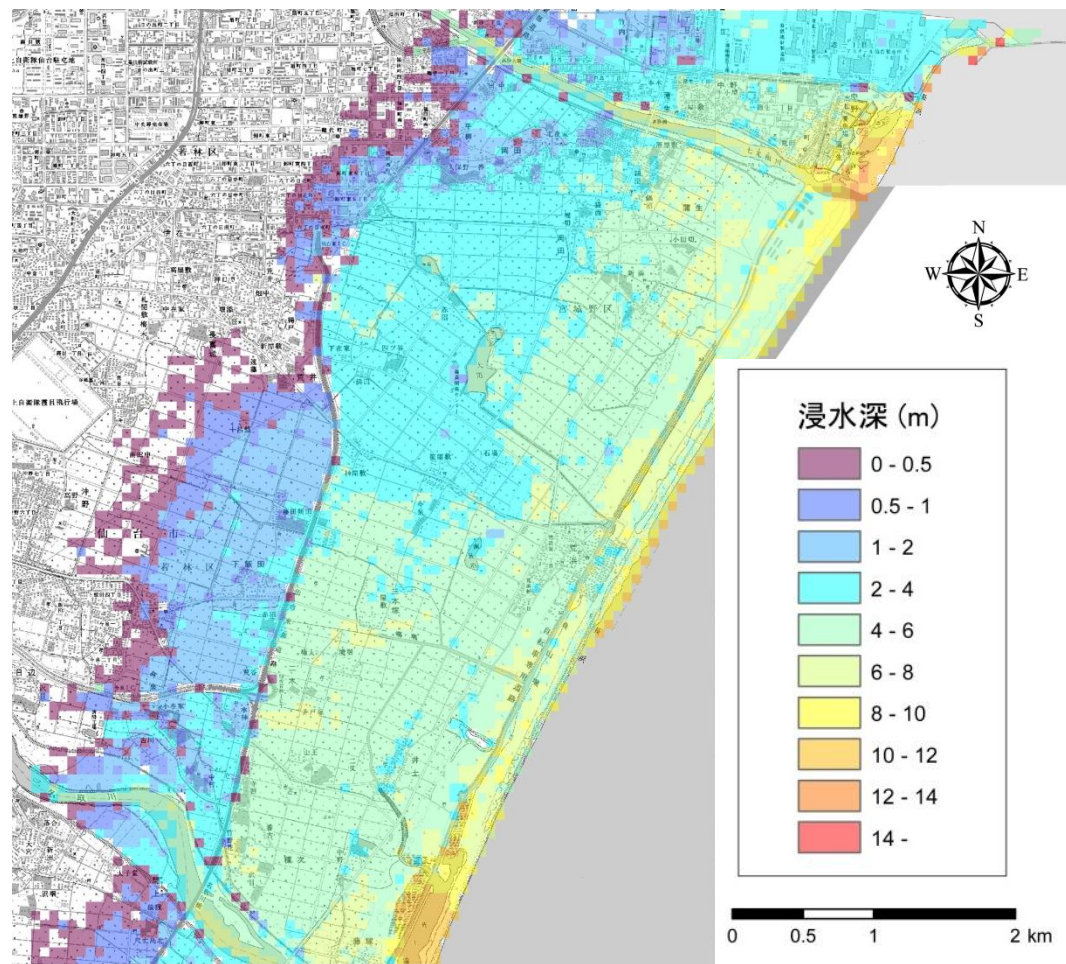
計算条件の設定



津波浸水シミュレーション



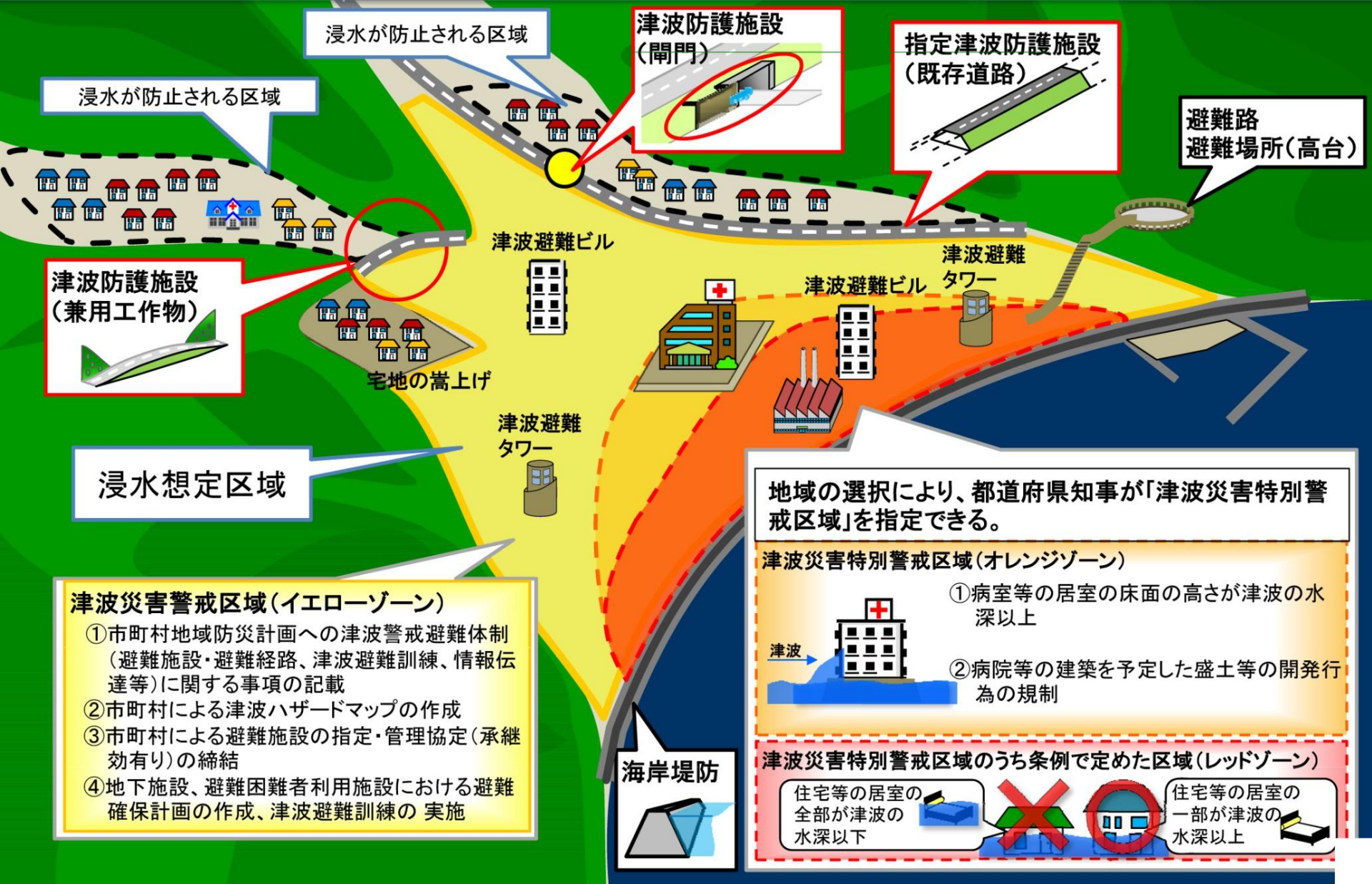
浸水エリアと水深の出力



# 3. 津波防災地域づくり法の概要

＜平成23年12月14日公布，同月27日施行＞

- 将来起こりうる津波災害の防止・軽減のため、全国で活用可能な一般的な制度を創設→ハード・ソフトの施策を組み合わせた「多重防御」による「津波防災地域づくり」を推進。
- 各分野の手段を結集→国交省では〔総合政策局，水管理国土保全局，住宅局，都市局〕が共同で担当。



地域の選択により、都道府県知事が「津波災害特別警戒区域」を指定できる。

浸水エリアと水深 → 建築物による堰上げ考慮  
 → 基準水位の設定 → 各種区域 (黄, 橙, 赤) の設定

地域の選択により、都道府県知事が「津波災害特別警戒区域」を指定できる。

## 津波災害特別警戒区域(オレンジゾーン)

①基準  
水位



①病室等の居室の床面の高さが津波の水深以上

②病院等の建築を予定した盛土等の開発行為の規制

②どのような盛土構造なら津波に対して安全か

## 津波災害特別警戒区域のうち条例で定めた区域(レッドゾーン)

住宅等の居室の  
全部が津波の  
水深以下



住宅等の居室の  
一部が津波の  
水深以上



## 4. 津波浸水エリアでの 「安全な場所の判定・確保」 に関する技術基準

→必要な高さ(基準水位), 盛土構造

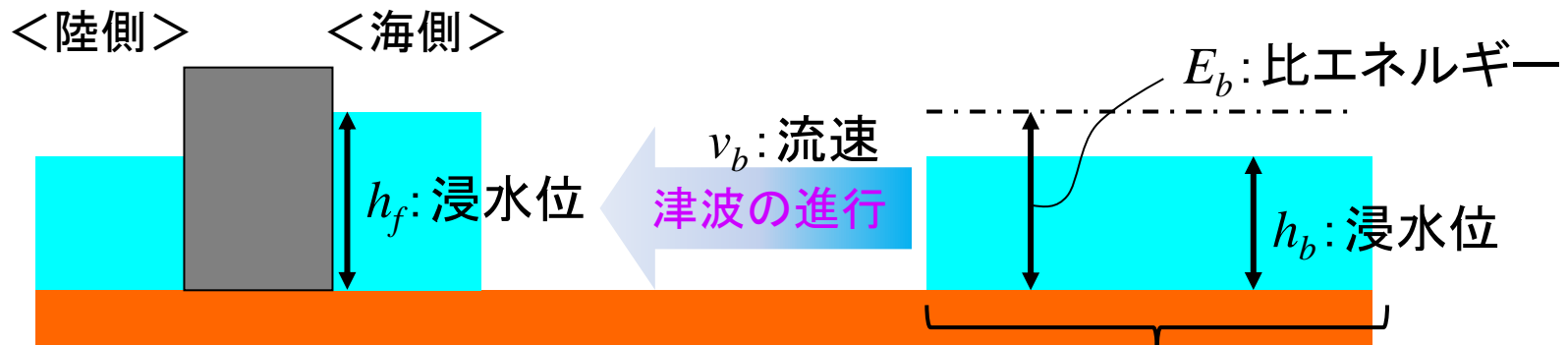
# ①建物による津波のせき上げの評価手法 →基準水位の設定法

結論1: [その建物に接近する津波の水位] +  
[津波の流れの勢い] の合成

≡ その建物でせり上がる水位 = 基準水位になる.

結論2: その合成は, **比エネルギー**  $E_b$  で簡潔に表現できる.

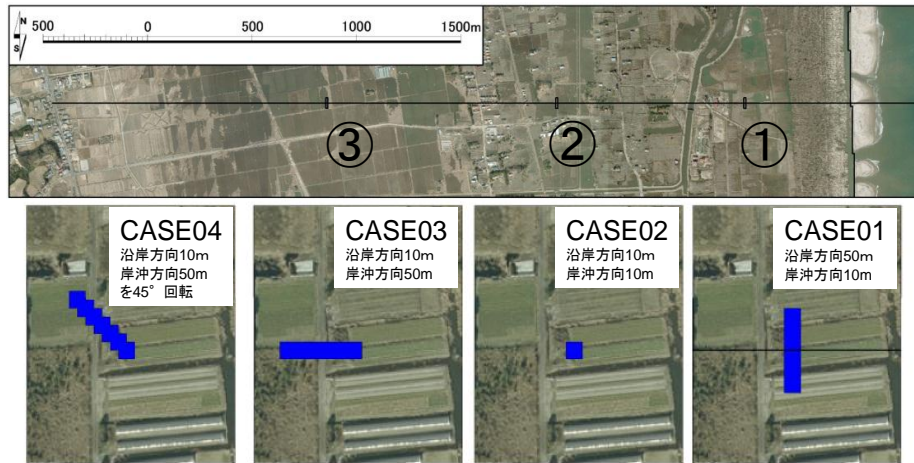
建物の海側の  
最大浸水位  $h_{fmax} = \max[E_b] = \max\left[h_b + \frac{v_b^2}{2g}\right]$



「個別の建物無し」のシミュレーション結果を用いる

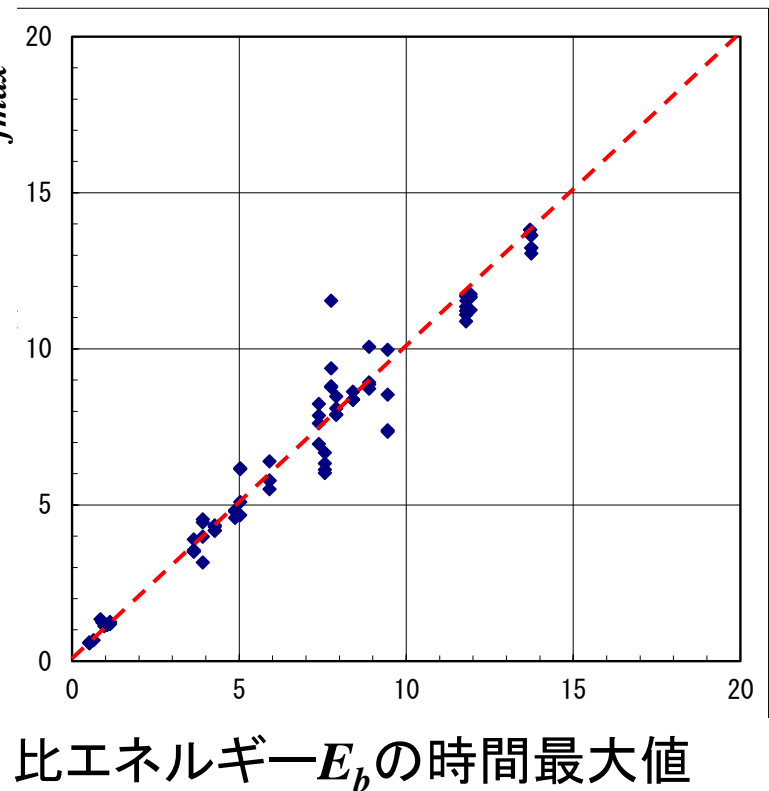
# せき上げの評価手法の妥当性(1)

仮想建築物を配置した津波浸水シミュレーション(7市町村で実施)で得られた $h_{fmax}$ と、仮想建築物を配置しない津波浸水シミュレーションで得られた比エネルギー $E_b$ の時間最大値がほぼ一致することを確認した。



仮想建築物の諸元および配置例

仮想建築物を配置した詳細シミュレーションによる $h_{fmax}$

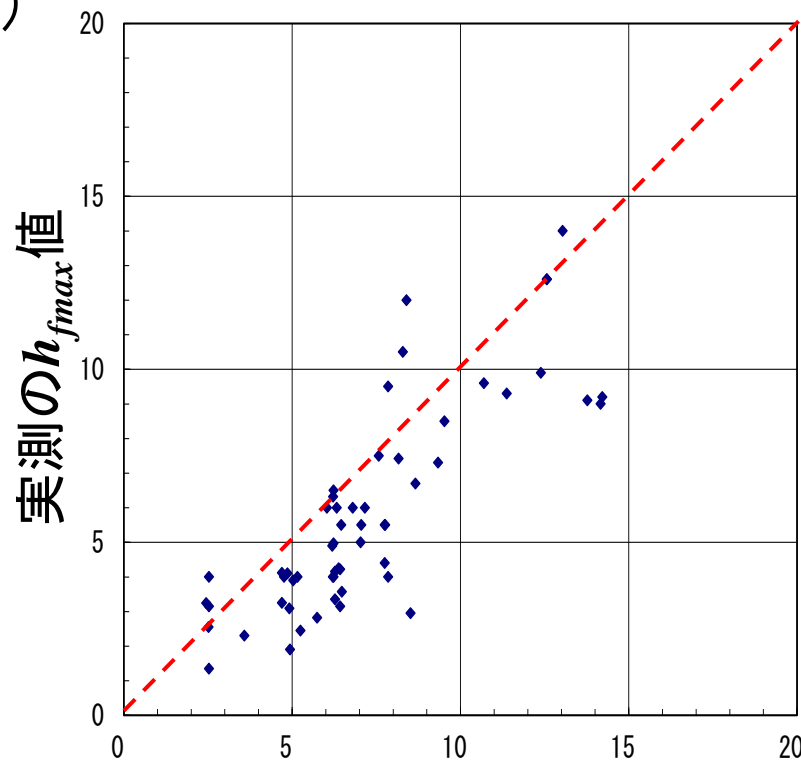


比エネルギー $E_b$ の時間最大値

# せき上げの評価手法の妥当性(2)

実測値:

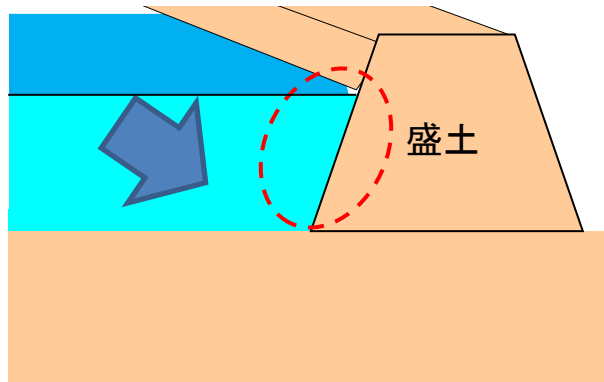
東京大学中埜研究室、国総研・建築研究所によって測定された、仙台平野、陸前高田、大槌の建築物等での浸水深(測定面の向きはさまざま)



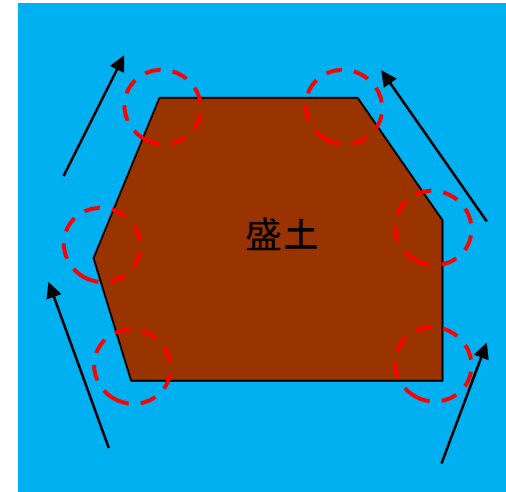
(国総研資料第 636 号に加筆)

## ②津波に対する盛土・切土の安定性

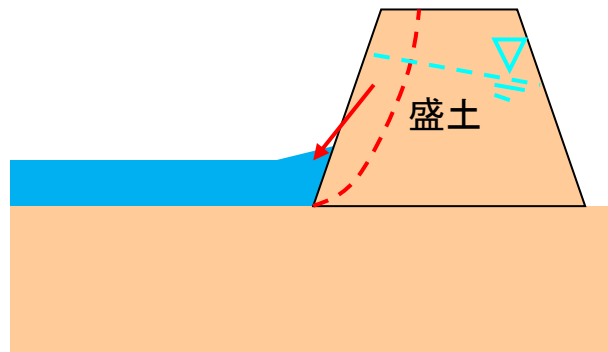
【盛土法面の侵食】



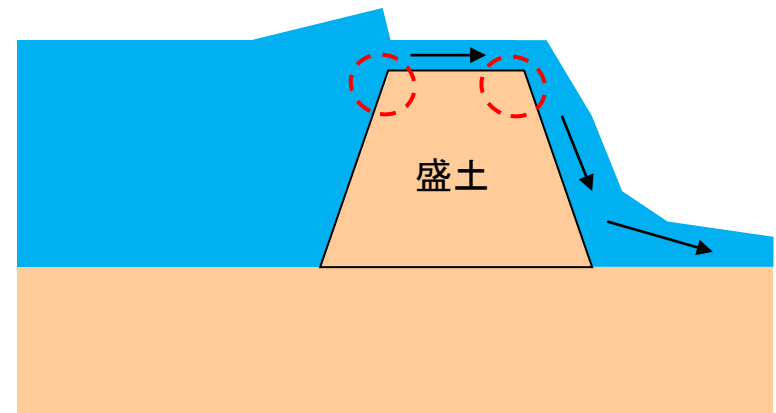
【盛土の周辺地盤の洗掘】



【浸透によるすべり破壊】



【越流による盛土上端部の侵食】



# 盛土法面の侵食への対応

土木研究所資料第3489号「洪水流を受けた時の多自然型河岸  
 防御工・粘性土・植生の挙動」に従って、がけ面の侵食深を試算

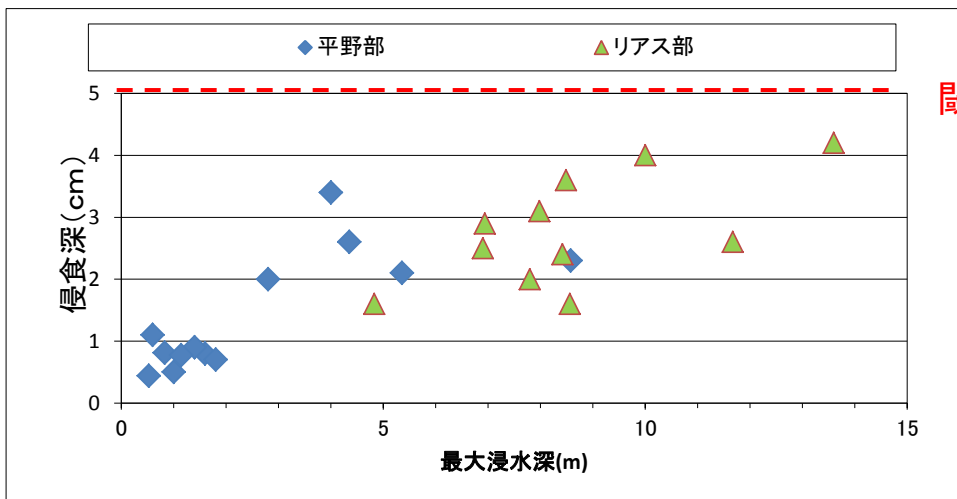
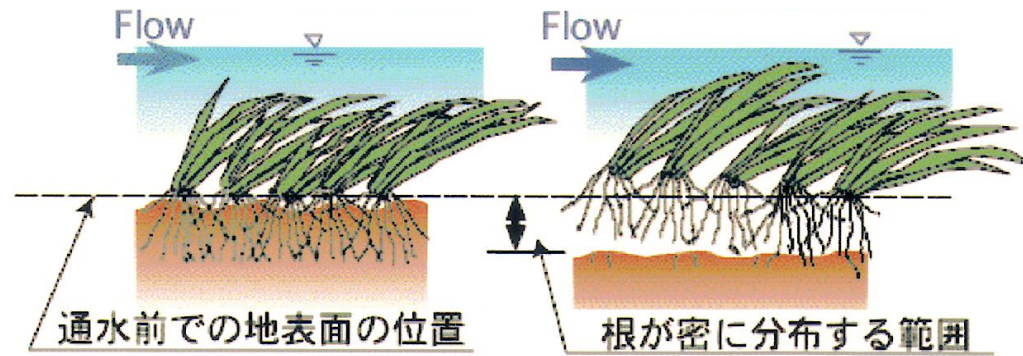
$$\frac{dz}{dt} = \frac{\alpha u_{*b}}{\ln(10)} \exp\left(-\frac{\ln(10)}{\alpha u_{*b}} z\right)$$

$z$ : 侵食深(cm)

$t$ : 時間(分)

$u_{*b}$ : 法面上に作用する摩擦速度(m/s)

$\alpha$ : 植生の侵食耐力を表すパラメータ



津波の流況から法面の侵食深さを算出した結果をふまえて、モルタル吹付けによらず、芝張りにより法面を保護することとする。

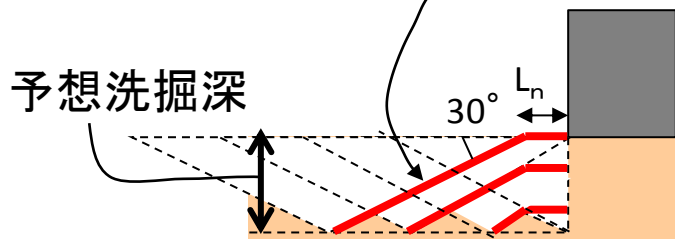
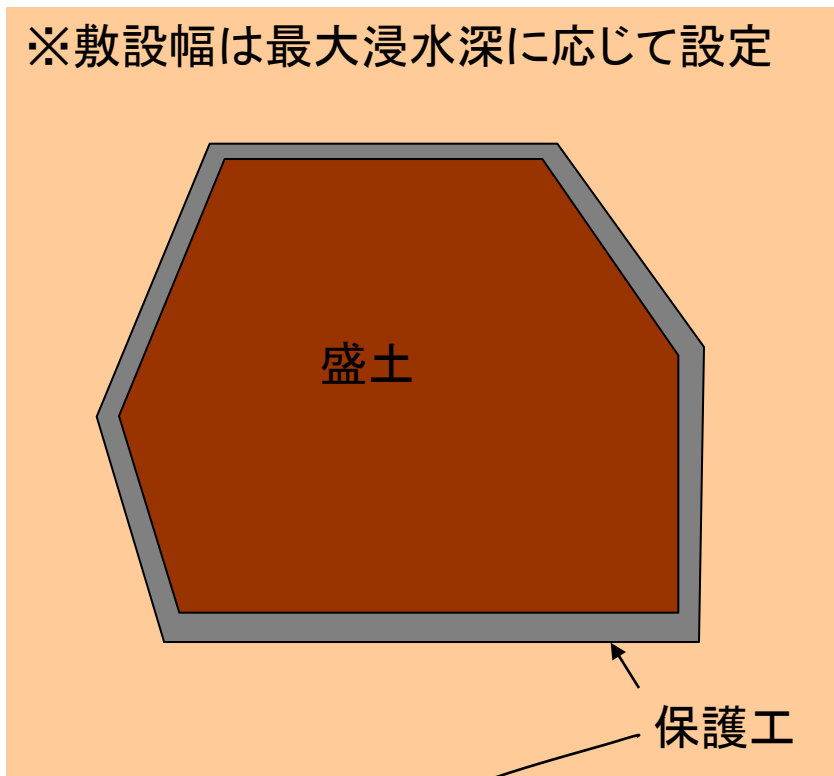
# 津波による隅角部での洗掘事例



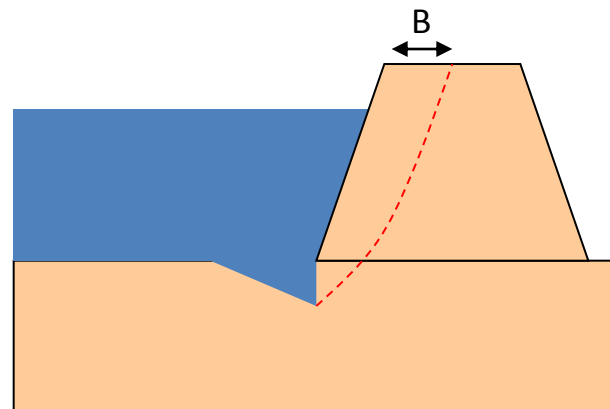
# 盛土周縁地盤の洗掘への対応

## ○保護工を敷設するイメージ

※敷設幅は最大浸水深に応じて設定



## ○建築制限(セットバック幅)を設定するイメージ



最大洗掘深を見込んだ円弧すべり計算を行う。

(最小安全率が1以上の場合)

新たなセットバックは不要

(最小安全率が1未満の場合)

安全率が1未満となるすべり面の中から最大のセットバック幅Bを求める。

# 5. 粘り強く機能を発揮する海岸堤防の 構造の検討 — “普通” の海岸堤防を対象に —

# 粘り強い構造の基本的な考え方

設計対象の津波高を超え、海岸堤防等の天端を越流した場合であっても、

○施設が破壊、倒壊するまでの時間を少しでも長くする

あるいは、

○施設が完全に流失した状態である全壊に至る可能性を少しでも減らす

というような減災効果を目指した構造上の工夫を施すことである。

# 海岸堤防の被災分析：青森県から千葉県までの約1400の一連区間に対して

岩手県宮古市金浜海岸



一連区間: 岩-025-2

直立型扶壁式

L=330.5m

全壊箇所数: 0

全壊箇所: 0m

全壊ユニット数: 0

非全壊ユニット数: 17

①全壊延長率Rfl: 0

②単位長さ(1km)当たり全壊箇所数: 0

③非全壊

一連区間: 岩-025-1

緩傾斜型コンクリート被覆

L=669m

全壊箇所数: 1

全壊延長: 35m

全壊ユニット数: 2

非全壊ユニット数: 32

①全壊延長率Rfl:  $2/34=0.059$

②単位長さ(1km)当たり全壊箇所数:

$$1 / 0.669 = 1.49$$

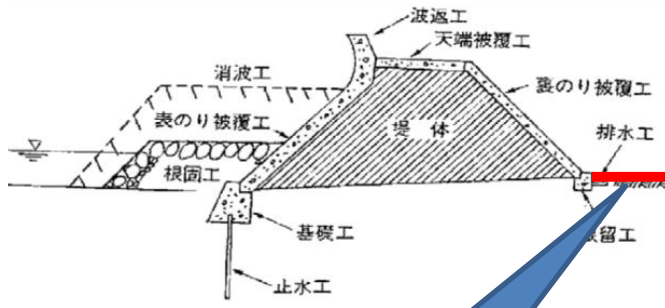
③全壊

※1ユニット=20mとする

Google earth

# 海岸堤防の被災分析

## 被災(半壊あるいは全壊)した堤防延長の割合

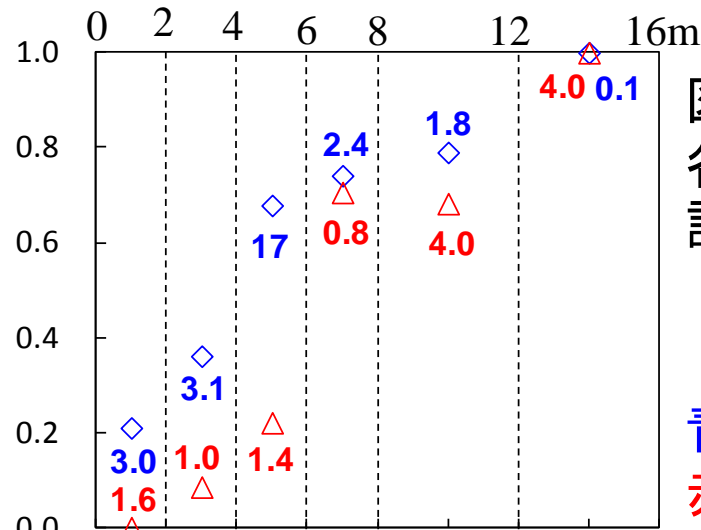


法尻保護  
となるもの

### 使用データ

法尻保護の有無を除き、  
ほぼ同様の堤防構造を  
持つ118の一連区間  
(計40.3km)に絞り込む。

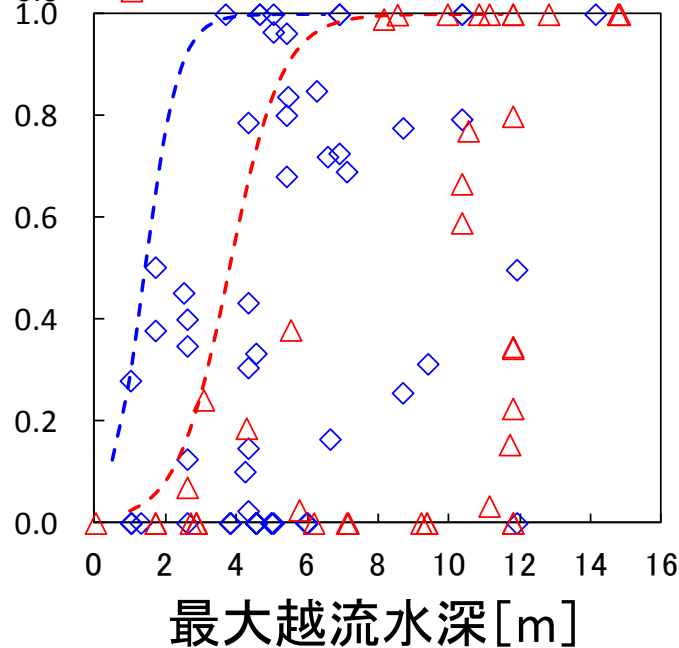
被災延長の総和 /  
分析堤防長の総和



図中の数字は  
各プロットの施  
設総延長

青: 法尻保護無し  
赤: 法尻保護有り

各一連区間の被災延長率



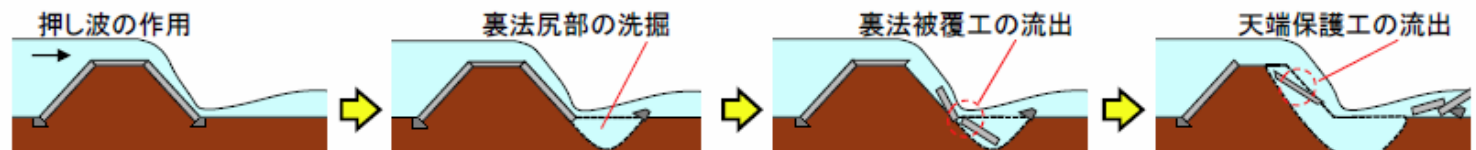
破線は包絡線

青: 法尻保護無し  
赤: 法尻保護有り

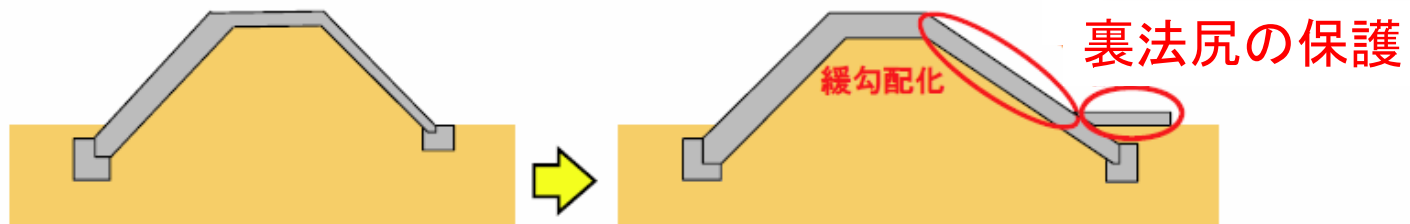
# 構造上の工夫の方向性：重要なポイントの1つ →裏法尻保護

## 裏法尻部、裏法勾配

- 被災形態：津波が海岸堤防を越流した後、裏法尻部の地面等を洗掘。これをきっかけに裏法被覆工等の損壊、流失を引き起こす。



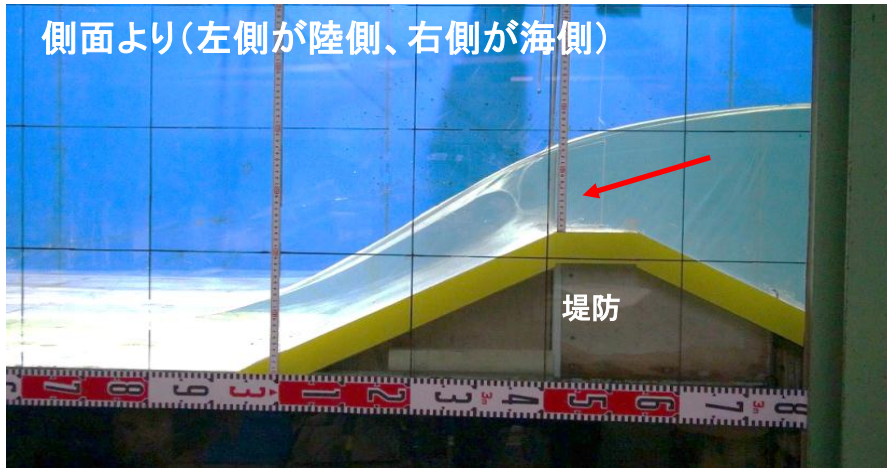
- 工法：裏法尻部に保護工を設置すること等により被覆  
さらに、裏法尻部の被覆に加え、裏法を緩勾配化



# 粘り強い構造に関する実験

小規模実験(縮尺1/25)

最大流量:  $0.6\text{m}^3/\text{s}$ : 堤防高さ24cmと36cm



大規模実験(縮尺1/2)

最大流量:  $3.3\text{m}^3/\text{s}$ : 堤防高さ3.0m



# 実験結果の例(越流水深2m相当:小規模) (津波の越流による法尻での洗掘)



# 実験結果の例(越流水深2m相当:小規模) (法尻保護工による法尻洗掘の影響低減)



# 実験結果の例(越流水深2m相当:大規模) (不十分な法尻保護工の機能喪失状況の把握)



# 見えてきた、粘り強さ発揮のためのポイント

- 数mの越流水深は、短時間とは言え、相当に厳しい。
- 裏法尻の洗掘を堤防本体からなるべく遠ざけることは、やはり有力な工夫→法尻保護工は有効。
- 流れをまともに受ける面の露出を極力起こさせない。→堤防被覆工や法尻保護工の凹凸→段差の発生は大敵。
- 保護工、被覆工の下の土砂の吸い出しは、凹凸を生じさせ、段差につながる。→吸い出し防止策はとても重要。
- だからといって、遮水などして水密性を高めすぎると、揚圧力が下面から作用しやすくなる場合も→揚圧力作用と吸い出し防止とのバランスにも留意。
- 被覆工や保護工を流れ方向に持って行こうとする力(抗力, せん断力)だけでなく、被覆工を持ち上げようとする力(揚力, 揚圧力)にも十分留意。

# まとめー成果の発出

- ① 平成23年7月8日:「平成23年東北地方太平洋沖地震による津波の対策のための津波浸水シミュレーションの手引き」by 水管理・国土保全局海岸室、国総研河川研究部海岸研究室.
- ② 平成24年1月27日:「津波防災地域づくりに係る技術検討報告書」by 津波防災地域づくりに係る技術検討会(座長:福岡捷二中央大学研究開発機構教授). ※水管理・国土保全局海岸室とともに国総研河川研究部が事務局をつとめる.
- ③ 24年2月29日:「津波浸水想定の設定の手引き」by 水管理・国土保全局、国総研河川研究部海岸研究室.



- ①について:26の被災市町村を訪れ説明会を実施(～9月1日)
- ②について:全国の沿岸都道府県向けの説明会(24年3月に3回)を実施
- 国総研河川研究部海岸研究室に「津波浸水シミュレーションの相談窓口」を設置:23年7月～

ご清聴ありがとうございました