

須崎港津波漂流物対策施設の検討

金正富雄*・田代 徹**・北原政宏***

* (財) 沿岸技術研究センター 調査部 調査役

** (財) 沿岸技術研究センター 調査部 主任研究員

*** 前 国土交通省 四国地方整備局 高知港湾・空港整備事務所長

南海地震が起きると、須崎市では30分余りで大津波が来襲すると予測されている。そのため、ハザードマップや避難路の整備など、人的被害の軽減に努めている。一方で、須崎港には木材工業団地があり、原木が野積みされている。過去の津波では、多量の木材が流出して、建造物の破壊や人的被害を起こしただけでなく、街や港に滞留した流木が復旧活動の支障にもなった。そこで、減災施設として主に津波による原木の漂流を防ぐ施設（以下津波バリアという）を実証実験として設置することとなり、「津波漂流物対策施設設計ガイドライン(案)」(以下、「ガイドライン(案)」という)に沿って検討を行った。

キーワード：津波漂流物対策施設, 漂流物, 減災施設, 津波計算, 漂流計算

1. はじめに

高知県のほぼ中央に位置する須崎港は、太平洋に面し幾度となく津波の被害を受けている(表-1)。1960年のチリ地震津波でも、死者は無かったが大きな被害を受けた。その後、防波堤や護岸を整備してきているが、それでも陸域には4~5mの津波が遡上すると予測されている。



図-1 須崎港鳥瞰図 (イメージベース)

表-1 須崎での主な津波災害

年	津波名	須崎の犠牲者	現港湾付近の犠牲者
1707	宝永地震津波	400余名	325名
1854	安政地震津波	50名	35名
1946	昭和南海地震津波	58名	53名
1960	チリ地震津波	0名	0名

2. 津波計算

津波計算はSTOC¹⁾を用いて実施した(表-2)。航空測量データを5mメッシュで入力しており、陸上部への遡上について、建造物の影響を考慮した計算が可能となった。

港内奥の津波波形を図-2に示すが、計算時間4時間の間に5m前後の高さの津波が、数回来襲することが分かる。

表-2 津波計算条件 (赤字は既往調査と条件変更箇所)

	既往調査	本業務
計算領域	3,600m, 1,800m, 600m, 200m, 100m, 50m, 25m, 12.5m	3,645m, 1,215m, 405m, 135m, 45m, 15m, 5m
基礎地形データ	施設台帳、都市計画図など	既往調査データ、航空測量データ
地形条件	計画完成時	計画完成時
計算時間間隔	0.25s	0.10s
摩擦係数	n=0.025	海域：n=0.025、陸域：土地利用に基づき設定
潮位条件	H.W.L.=T.P.+0.585m	H.W.L.=T.P.+0.585m
初期波源	想定地震津波(補正係数：1.3)	想定地震津波(補正係数：1.3~1.5)
防波堤の開口部	運動量損失係数を考慮	特になし

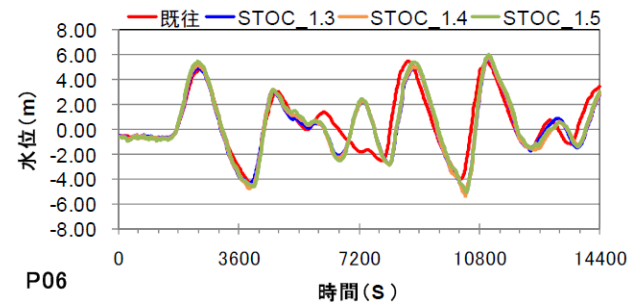


図-2 木材工業団地前面海域の津波波形



写真-1 須崎港での原木野積み状況

3. 漂流計算

3.1 原木の野積み状況調査

現地調査（写真-1）や須崎埠頭協会へのヒアリングにより、原木の漂流計算条件を以下のように設定した。

- ・直径：0.45m 長さ：4, 8, 12m 密度：786kg/m³
- ・漂流物本数（一例）：原木 25,000 本+加工材の一部
- ・漂流物位置（一例）：図-3 参照

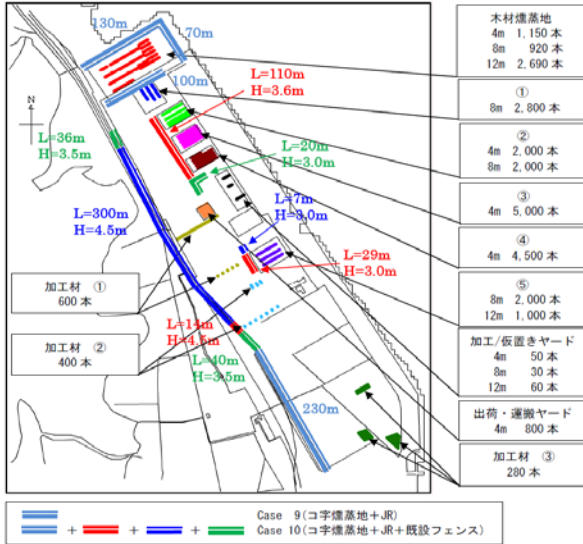


図-3 漂流計算条件例（木材、津波バリア）

加工材は被災への影響は小さいため、計算時間の制約から、漂流の傾向を見る程度の本数に留めた。

3.2 津波バリアの配置

津波バリアの設置位置は原木野積み場周囲と、臨海部木材工業団地外延部に位置し、海岸保全上の効用が期待される須崎駅近傍について数案検討した。既存の陸囲やフェンスの抑止効果も考慮して、住民の初期避難にも有効な配置案を選定した。



図-4 津波バリア配置検討例

3.3 漂流計算

漂流計算は STOC と同様、（独）港湾空港技術研究所が開発したプログラム²⁾を用いた。STOC による津波計算で得られた水位（浸水深）と流速データを外力条件とし、漂流計算を実施した。

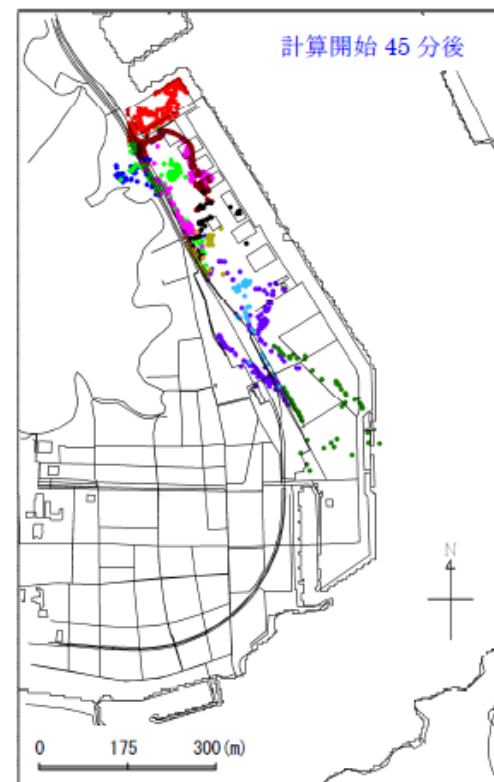


図-5 津波第1波来襲直後の漂流計算結果
上：津波バリア無し 下：津波バリア有り

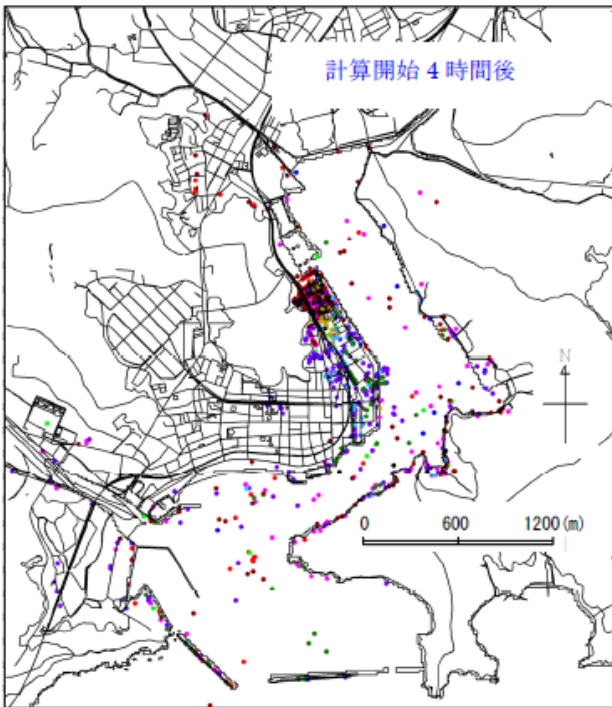
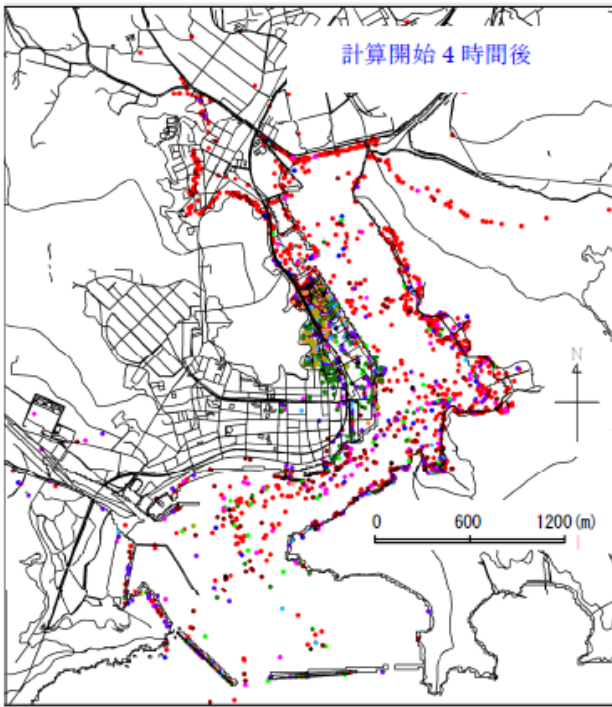


図-6 地震発生4時間後の漂流計算結果
上：津波バリア無し 下：津波バリア有り

図-5は津波第1波来襲直後の漂流計算例であるが、津波バリアは、市街地への漂流物の侵入を大幅に抑制し、住民の避難行動の円滑化に寄与すると考えられる。

図-6は地震発生4時間後の漂流計算例であるが、津波バリアは、市街地ならびに港湾域への漂流物をかなり阻止しており、復旧作業の支障軽減が期待される。このように、津波バリアを適切に配置すれば、減災施設として有効に機能することが、漂流計算から立証できた。

4. 津波バリアの構造検討

4.1 基本構造

津波バリアは、鋼管支柱兼杭基礎、捕捉スクリーン（ワイヤーロープ）からなる簡易な構造を採用した（図-7）。支柱は、端部支柱と中間支柱で構成される。

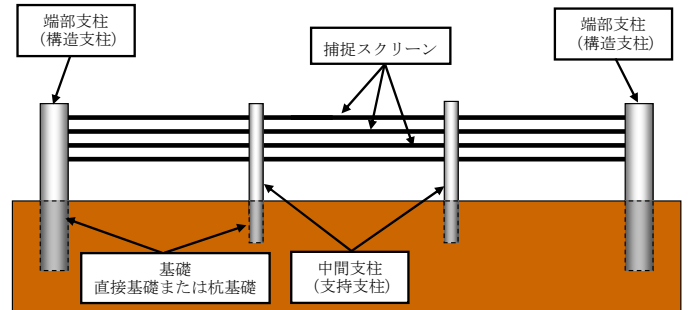


図-7 津波漂流物対策施設の基本構造

4.2 検討フロー

検討は以下の手順で実施した。

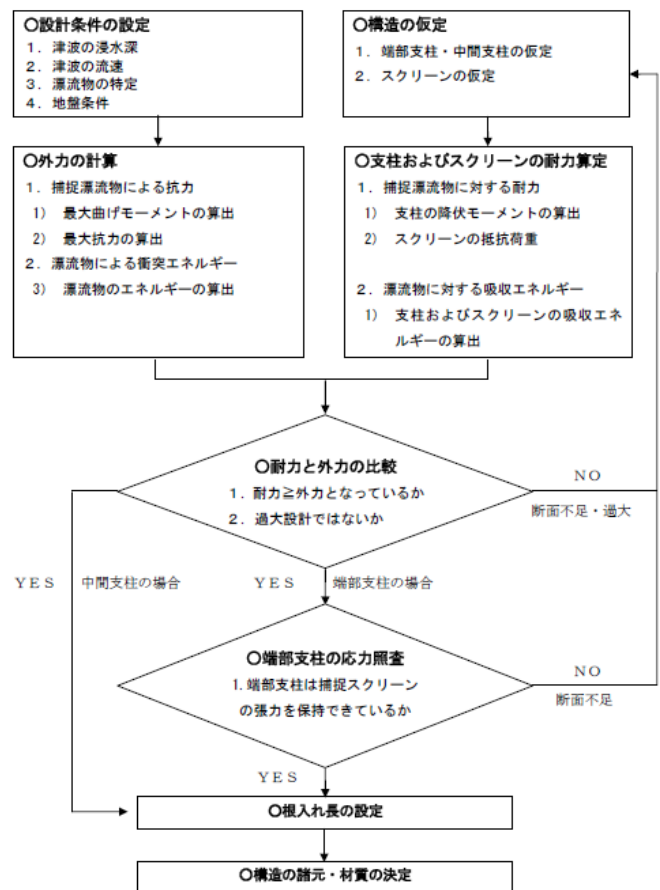


図-8 津波バリア構造検討フロー

津波シミュレーション結果から構造検討に必要な津波浸水深、流速等を抽出し、外力として捕捉漂流物による抗力と、漂流物による衝突エネルギーを算定する。そして支柱およびスクリーンの構造を検討することになる。

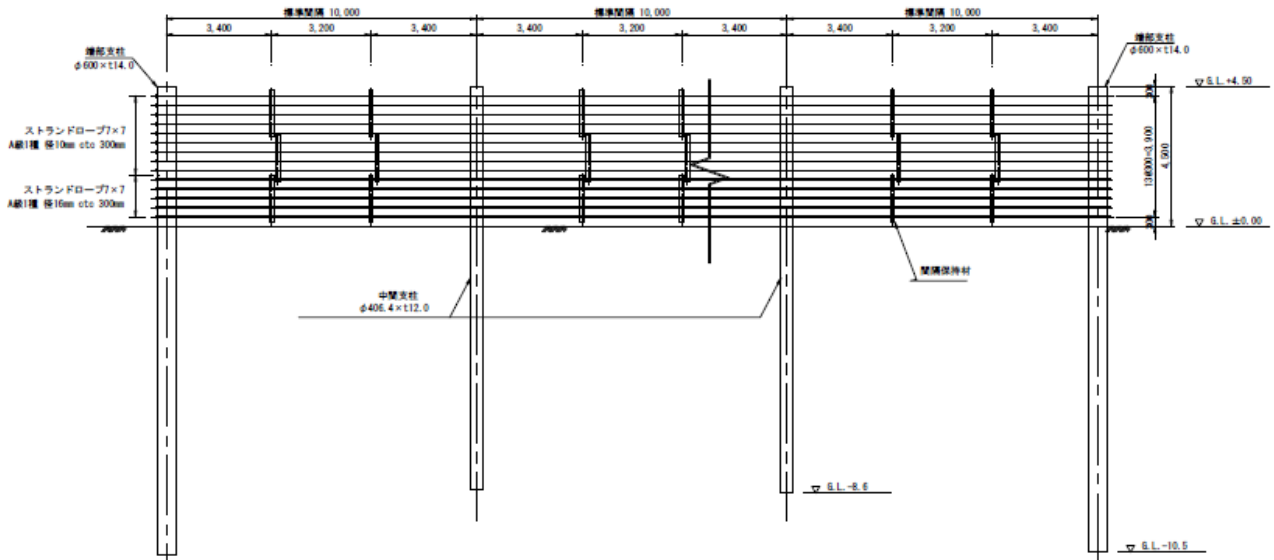


図-9 津波バリア構造図例

津波バリア設置位置での津波の浸水深、流速の時系列例を図-10に示す。捕捉漂流物による抗力の算定は、ガイドライン(案)ではスクリーンが漂流物で閉塞された状態を想定している。浸水深最大時と流速最大時は一致しないので、杭に作用する曲げモーメント最大時と、ワイヤーロープに作用する抗力最大時も一致しない。そこで、曲げモーメント、抗力も時系列で計算し、それぞれの最大値を設計値とした。

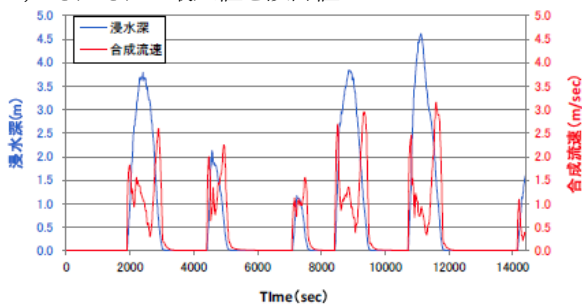


図-10 津波の浸水深、流速の時系列例

漂流物の衝突エネルギーは、地盤や杭、スクリーンで吸収することになるが、ガイドライン(案)では、経済性に配慮して、これらの塑性変形を許す塑性設計法を全面的に採用している。

図-9に構造図例を示すが、捕捉漂流物による抗力と、漂流物による衝突エネルギーに対して、ほぼ同等の耐力となるように配慮して検討を行った。

5. おわりに

ガイドライン(案)は、他の構造物の設計法等を準用している面もあり、津波バリアの設計の考え方については、力学的な検討課題も残されている。これらの課題については今後、現地実験等で検証するなどして、適宜修正を図ることが望まれる。

津波バリアの設置については、港湾の荷役作業や普段の通行等の妨げにならない配置が求められ、完璧に広い野積み場を囲うようなものは望み難い。これを補う施策として、原木や加工材を固縛して、漂流を抑制することが検討されている。津波バリアと適切な固縛方法をうまく組み合わせて、いつ起きるか分からない津波に備えることについても検討を深める必要がある。

低頻度メガリスク災害に対する備えは、費用対効果を考慮しつつも着実に進めていく必要がある。本検討事例が参考となれば幸いである。

6. 謝辞

本稿は、国土交通省 四国地方整備局 高知港湾・空港整備事務所発注の平成21年度 津波被害防止施設技術検討業務の成果を取りまとめたものである。検討に際しては、(独)港湾空港技術研究所 津波防災研究センター 富田上席研究官はじめ関係各位から貴重なご意見、御指導をいただきました。ここに記して厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 富田孝史, 柿沼太郎: 海水流動の3次元性を考慮した高潮・津波シミュレータSTOCの開発と津波解析への適用, 港湾空港技術研究所報告, Vol. 44, No2, 2005. 06
- 2) 本多和彦, 富田孝史, 西村大司, 坂口 彰: 多数の津波漂流物を解析する数値モデルの開発, 海洋開発論文集, Vol. 25, 2009. 06