

津波漂流物対策施設の効果について

— 東日本大震災を経験して —

港湾空港部 港湾建設課 ○菅原 健司
帯広開発建設部 築港対策官付 鈴木 孝信
室蘭開発建設部 浦河港湾事務所 佐藤 朱美

近年、沿岸部には人口、主要産業の拠点が集中しているため、地震による津波来襲時には甚大な被害を受けている。津波による被害には、津波そのものによる被害と、沿岸部にある船舶、車両等が漂流物となり、衝突する被害があり、多くの人命や財産が失われている。

本稿では、北海道太平洋岸に位置する十勝港と、えりも港に設置された津波漂流物対策施設について、今般の東北地方太平洋沖地震の津波被害の低減効果を検証した結果について報告する。

キーワード：津波漂流物対策施設、東北地方太平洋沖地震、津波被害

1. はじめに

近年、沿岸部には人口、主要産業の拠点が集中しているため、地震による津波来襲時には甚大な被害を受けている。記憶にも新しいが、平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震では、太平洋沿岸の広い範囲で津波の被害を受け、海岸沿いや河口周辺の集落では、人的被害の他、住居や車が流されるなど、多くの地域で甚大な被害をもたらした。

津波による被害には、津波そのものによる被害の他、沿岸部にある船舶や車両等が漂流物となり、それらの衝突による被害があり、多くの人命や財産が失われている。さらに、津波の引き波によって、漂流物が海域や港内に流出し、物流や人流機能の低下をもたらしている。

このため、北海道開発局では、写真-1のような津波漂流物による被害を低減させるため、道内でも津波の危険性が高い道東地域の拠点港である釧路港において、平成19年に全国初となる津波漂流物対策施設を整備した。その後、平成20～21年度に掛けて、同じく太平洋沿岸に位置する十勝港とえりも港においても整備を実施している。（写真-2より）

本稿では、上記の津波漂流物対策施設が整備された、十勝港とえりも港について、各施設の設計概要と、今般の東北地方太平洋沖地震に伴う津波漂流物被害の低減効果について報告する。

2. 東日本大震災における北海道の津波被害

平成23年3月11日14時46分に、太平洋の三陸沖を震源としたマグニチュード(M)9.0の大きな地震が発生した。この地震に伴い、全国各地で津波が観測されているが、北海道では、えりも港内で最大約3.7m(D.L.)、十勝港内で最大約2.8m(D.L.)以上もの津波が観測され



写真-1 津波漂流物による被害の例(北海道南西沖地震時)

ている。この津波によって、防波堤の消波ブロックの沈下や、被覆ブロックが飛散するなどの他、防潮堤の破損や、検潮所が浸水したことにより、観測機器が破壊するなど、軽微な被害も含めると道内では、15港もの港湾および漁港で被害があった。その他、港内に係留されていた漁船や、背後の施設用地に上架されていた漁船が、漂流、または沈没するなどの被害も確認されている。



写真-2 北海道における津波漂流物対策施設（直轄）



写真-3 防潮堤の例（奥尻町富里地区）

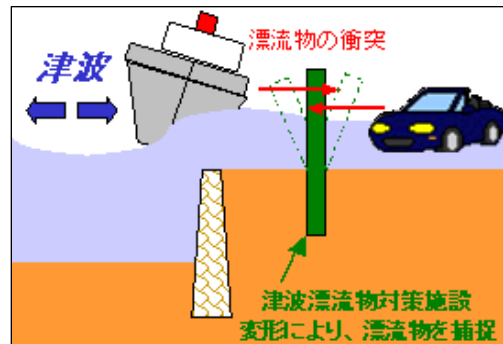


図-1 津波漂流物対策施設の機能イメージ

よりも、津波漂流物から人命や財産を守るための施設が望まれ、これまでの防災を目的とした剛構造であるコンクリート製の津波対策施設では無く、図-1に示すように、津波（水塊）は透過させるが、漂流物となりうる漁船や車両等の衝突エネルギーを部材が変形することで吸収し、捕捉する減災を目的とした、津波漂流物対策施設が提案された。

釧路港では、平成19年に全国初となる津波漂流物対策施設が整備されたが、このような施設に関する計画・設計基準がなかったため、（財）沿岸技術研究センターと（社）寒地港湾技術研究センターにより、計画・設計手法に関する検討結果を共同で取りまとめた「津波漂流物対策施設設計ガイドライン（案）²⁾」（以降、ガイドラインという。）が発刊されている。

津波漂流物に関しては、これまで様々な実験やシミュレーション等により、津波漂流物の外力や被害のメカニズムなど、多くの知見が明らかにされてきているが、このガイドラインにより、津波漂流物対策施設の整備が統一的な考え方として円滑に進むことが期待されている。

3-2. 今後の津波対策について

上記ガイドラインでは、津波漂流物の対策として、ハード対策と、ソフト対策が一体的かつ総合的に検討していくことが必要であると示されている。ハード対策としては、津波漂流物対策施設の他、防波堤等の嵩上げや、耐震強化岸壁の整備が挙げられ、ソフト対策としては、円滑な避難行動を促す措置の他、船舶の係留・上架方法

3. 津波漂流物対策について

3-1. これまでの津波対策について

従来の津波対策としては、海岸部において写真-3のような防潮堤や、堤防、水門等が主体となっており、津波が陸域へ流入することを防ぐことが目的であった。

奥尻島の青苗漁港では、平成5年7月に発生した北海道南西沖地震の津波に伴い、来襲した津波痕跡高を基準に必要天端高さを求めており、最大でT.P+11.7mの防潮堤を島内の居住地域約14kmに渡り整備している（奥尻町災害復興計画より¹⁾）。しかしながら、このような構造物は、整備に要する費用が大きく、整備期間も長くなるため、全ての海岸部に整備することが難しいことが課題であった。このため最近では、津波の浸水そのものによる被害

や車両の駐車方法、コンテナの保管方法の強化など、漂流物になりにくくするための取り組みが必要とされている。また、津波漂流物対策施設については、あくまで津波被害を軽減するための施設であるため、今後はその構造についての効用と限界についての説明も十分に周知する取り組みが必要である。

4. 津波漂流物対策施設の設計手法について

本施設の構造検討においては、対象となる漂流物に対して、漂流を防止するだけの要求性能を満たすものとなることは当然であるが、津波来襲時以外でも固定物となることから、平常時の利用も想定した機能性や景観等にも配慮することが必要である。ここでは、既に本施設が整備されている十勝港とえりも港について、整備目的と設計手法について報告する。

4-1. 十勝港における整備目的と設計手法

十勝港では、写真-4に黄色の破線で示すとおり、漁港区である南地区に津波漂流物対策施設を2箇所整備しているため、各施設の整備目的と設計手法を、危険物タンク側と物揚場側に分けて報告する。

(1) 十勝港（危険物タンク側）

危険物タンク側の施設では、津波漂流物が危険物タンクに衝突した場合、懸念される陸・海域への油の流出、火災等の危険性を防ぐことを目的としている。

設計上考慮した事項としては、設計浸水深を求める際に、津波シミュレーションから求められる値を設計値とすべきであるが、危険物タンクおよび防油堤の安定検討結果により、平成15年の十勝沖地震に伴う津波の実績値

(1.0m)の浸水深では防油堤が倒壊し、危険物タンクも滑動、漂流する結果となったことから、表-1に示すとおり、設計浸水深を1.0mとして設計を行った。また、設計流速については、津波流向を全て施設法線に対して垂直と考え、設計漂流物となる漁船や車両の大半が施設の前面側にあることから、物揚場側からの津波（前面波）のみを対象として算定される外力が危険側に設定されるように考慮した。さらに、設計対象地震を十勝沖・釧路沖地震の他、500年間隔地震を対象とし、津波シミュレーションにより、最大値を抽出して設計値を求めている。

構造形式については、前面の物揚場及び背後の危険物タンクを供用したまま、その利用を阻害しない構造とすることが必要であったため、施工時の施設利用性を確保し、掘削等の影響が少ない杭式構造として、鋼管杭とワイヤーロープを組み合わせたものとしている。

支柱高さについては、設計漂流物の柵越えを防止するため、対象となる設計漂流物の内、最大である漁船10GTの重心以上の高さとするが、漁船の重心の高さを示す明確な値が無いため、甲板高さが重心高さ以上にならないと考え、漁船のカタログ値を参考に支柱高さを求めている。



写真-4 十勝港（南地区）の整備箇所

表-1 設計条件（十勝港・危険物タンク側）

施設延長	72.21m
設計対象地震	十勝沖・釧路沖地震（M8.1前後）
設計浸水深	G.L.+1.00m（D.L.+3.60m）
設計流速	1.20m/s
設計漂流物	漁船10GT、普通乗用車、軽自動車
構造形式	場所打杭式（鋼管杭+ワイヤーロープ）
支柱高さ	G.L.+2.20m（D.L.+4.80m）

支柱の配置については、人の通り抜けを考慮し、一部ワイヤーロープを張らない区間を設けているため、その箇所だけは支柱の設置間隔を狭め、設計漂流物が流入しないようにしている。

(2) 十勝港（船揚場側）

船揚場側の施設では、船揚場および船置場の上架漁船や車両が、津波来襲時に泊地側へ流出するのを防止するものであり、背後の物揚場の機能低下を緩和することを目的としている。

設計上考慮した事項としては、物揚場の利用を阻害しないよう、可能な限り船揚場側に配置するものとし、既設構造物を有効に利用した重力式基礎としたことにより、経済性に考慮した施設となっている。また、表-2に示すとおり、津波シミュレーションの結果、設計浸水深は十勝沖・釧路沖地震で最大値となるが、設計流速につい

表-2 設計条件（十勝港・船揚場側）

施設延長	76.85m
設計対象地震①	十勝沖・釧路沖地震（M8.1前後）
設計浸水深①	G.L.+3.10m（D.L.+5.60m）
設計流速①	0.90m/s（漁船20GTのみ）、1.00m/s
設計対象地震②	500年間隔地震
設計浸水深②	G.L.+2.20m（D.L.+4.70m）
設計流速②	1.40m/s（漁船20GTのみ）、1.50m/s
設計漂流物	漁船20GT、漁船10GT、普通乗用車
構造形式	コンクリート建込型杭（鋼管杭）
支柱高さ	G.L.+4.70m（D.L.+7.20m）

ては、500年間隔地震で最大値となることから、どちらが危険側になるか一概に判断出来ないため、十勝沖・釧路沖地震を設計対象地震①、500年間隔地震を設計対象地震②として、両者ともに設計値とした。

構造形式については、経済比較の結果、鋼管杭のみとしており、ワイヤーを設置しない分、配置間隔を狭めた構造としている。

支柱高さについては、設計漂流物の内、最大である漁船20GTの甲板高さと、設計浸水深①から求めている。

支柱の配置については、対象となる漂流物の内、最小である漁船10GTに対しても、支柱の負担本数が2本となるよう、支柱の基本ピッチを船長の1/2以内としている。

4-2. えりも港における整備目的と設計手法

えりも港においては、写真-5に示すとおり、本港地区に本施設を整備しており、津波来襲時に物揚場の背後用地に上架されている漁船や漁具、係留された漁船等が道路へ流出した場合に、交通機能の障害を低減させることと共に、引き波により車両が泊地へ流出した場合に、泊地機能の障害を低減させることを目的としている。

設計上考慮した事項としては、設置箇所が物揚場の背後用地であり、その利用を阻害しないよう、極力道路側に設置するものとしている。また、表-3に示すとおり、構造形式は経済比較の結果、重力式基礎とし、鋼管杭とワイヤーロープを組み合わせた構造としているが、ワイヤーロープの設置高さについては、臨港道路の縁石高さから、津波浸水深の最高値と最低値の位置に各1本設置するものとし、車両および設計漂流物の内、最小となる漁船5GTのすり抜け防止のため、その間にも1本設置している。さらに、ワイヤーロープ最上段の設置高さについては、支柱が15°傾斜した状態を考慮し、最高浸水高より10cm高くしている。

設計浸水深および設計流速については、設計対象地震を十勝沖・釧路沖地震とし、津波シミュレーションにより得られた最大値を抽出してそれぞれ設計している。

支柱高さについては、十勝港と同様に、設計漂流物の内、最大である漁船20GTの甲板高さと、設計浸水深から求めている。



写真-5 えりも港（本港地区）の整備箇所

表-3 設計条件（えりも港）

施設延長	50.00m
設計対象地震	十勝沖・釧路沖地震（M8.1前後）
設計浸水深	G.L.+1.70m（D.L.+4.30m）
設計流速	0.80m/s, 0.90m/s（普通乗用車のみ）
設計漂流物	漁船5, 10, 20GT, 普通乗用車
構造形式	コンクリート単塊式（鋼管杭+ワイヤーロープ）
支柱高さ	G.L.+3.30m（D.L.+5.90m）

5. 東日本大震災における津波漂流物対策施設の効果

5-1. 十勝港における対策効果

十勝港南地区の危険タンク側では、設計浸水深を、G.L.+1.0mとしており、船揚場側では、G.L.+3.1mとして設計されているが、実際に来襲した津波高さは、気象庁の現地調査により、G.L.+1.2mの高さが確認されている。危険物タンク側の施設では、想定していた浸水深よりも0.2m程度越えていたものの、漂流物による被害は確認されていない。船揚場側では、写真-6に示すように、係留していた漁船が津波により流出したが、当該施設により捕捉され、被害の拡大を未然に防ぐことが出来た。しかし、当該施設が整備されていない箇所においては、上架されていた漁船が多数津波により転倒や流出するなど、津波漂流物対策施設の有無による被害の差が顕著に見られた。さらに、設計漂流物としては、小型の漁船であったこともあり、本施設自体も支柱などが変形することもなかったことから、本施設の構造設計の妥当性も検証出来たと考えられる。

5-2. えりも港における対策効果

えりも港では、設計浸水深をG.L.+1.7mとして設計されているが、実際に来襲した津波高さは、現地調査により、G.L.+1.0m程度の津波痕跡高を確認しており、写真-7に示すように、物揚場の背後用地に上架されていた漁船や漁具等が津波により流出したものの、当該施設により捕捉され、漂流物の衝突被害や背後道路の交通傷害を未然に防ぐことが出来た。また、津波の引き波時には、道路



写真-6 津波漂流物の補足状況の例（十勝港）



写真-7 津波漂流物の補足状況の例（えりも港）

に駐車されていた軽トラックについても、当該施設によって捕捉された報告が挙げられており、港内泊地への流入を阻止出来たことから、港湾機能障害を未然に防ぐことが出来た。

なお、施設が整備されていない箇所については、一部、上架されていた漁船が背後の民家まで流出する被害も発生していたことから、えりも港においても本施設の重要性が高いことが推察された。

6. まとめ

本報告について、東日本大震災における津波漂流物対策施設の効果と、今後考えられる課題を以下に纏める。

① 十勝港（南地区）において、本施設が整備された2箇所については、いずれも津波漂流物による被害は無く、船揚場では、設計漂流物である漁船を補足し、被害の拡大を防ぐことが出来た。

一方、本施設が整備されていない箇所においては、係留及び上架されていた漁船等が背後まで流出する被害が確認されている。

② えりも港（本港地区）における本施設の整備箇所についても、設計漂流物である漁船が補足され、背後

道路の通行障害を防ぐ事ができた。また、道路側に駐車していた軽トラックについても本施設により捕捉されたこともあり、港湾機能障害を防ぐことが出来た。

③ この度の東日本大震災では、設計対象地震よりも上回る大きさの地震であったにも関わらず、設計浸水深は概ね同等の浸水深であったため、十勝港およびえりも港共に津波漂流物対策施設自体の被害も無く、効果を得ることが出来た。

上述のとおり、津波漂流物対策施設が整備された箇所については、減災の効果があると考えられるが、整備されていない箇所については、漂流物が流出する被害が多く確認されている。特に、港と主要道路を結ぶ臨港道路との交差点や、人が通る通路等は、当該施設を整備することが難しい。しかしながら、この度の東日本大震災においては、この通路から津波漂流物が市街地や居住区域に流入する被害が多く確認されているため、通路部分の対策が今後の課題であると考えられる。例えば、人の通行のみであれば、左右の通路を確保し、通路開口部の前面にガードレールを兼ねた対策施設を配置することで、津波漂流物を防ぐことが期待出来るが、車両も通行する交差点等の場合は、固定式ではなく、可動式の施設にする等の検討も必要になってくる。また、北海道では全国に先駆けて本施設を整備しているが、太平洋沿岸には未だ3市町しか整備されていないため、今後は東日本大震災において実証された効果を踏まえ、本施設の効用と限界を利用者や管理者に十分周知し、効果的に整備していく必要がある。

参考文献

- 1) 奥尻町災害復興計画，奥尻町，平成7年3月。
- 2) 津波漂流物対策施設設計ガイドライン（案），財団法人沿岸技術研究センター・社団法人寒地港湾技術研究センター，2009。