

釧路港における津波漂流物対策の取り組みについて

北海道開発局 釧路開発建設部 釧路港湾事務所第1工事課 丸山 修治

1. はじめに

政府は「日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に係る地震防災対策の推進に関する特別措置法（以下、特措法）を施行（平成17年9月）し、防災対策上の対象とすべき海溝型地震・津波（図-1）を公表するとともに、北海道東部から東北に至る太平洋沿岸の130市町村を同法の防災対策推進地域に指定した。本海溝周辺はマグニチュード8クラスの大規模地震の常襲地帯で、地震とともに津波被害を受けているのが特徴である。本推進地域に位置している釧路港は、北海道東部と主に首都圏を結ぶ物流の拠点であり、地震・津波によって被災し港湾機能が低下した場合、東日本経済に与える影響が大きいことから、地震・津波対策が急務となっている。

また、港湾に津波が来襲した近年における事例では、平成5年7月に発生した北海道南西沖地震(M7.8)があり、奥尻港において、車両などが津波漂流物（以下、漂流物）となって港内に流入し、港湾機能や災害復旧活動の大きな支障となったことから（写真-1）、港湾における津波漂流物対策が重要となっている。

従来の津波対策は海岸部における防潮堤等の整備が主体で、津波の陸域への流入を防ぐことが目的であるが、その整備に要する費用が大きく、かつ整備期間が長いことが課題となっている。また、港湾における過去の津波災害を踏まえ、津波漂流物対策が重要となっているが、港湾は船舶の接岸や荷役などの利用のため、防潮堤等による津波対策は難しいことが課題となっていた。

このような背景の中、北海道開発局釧路開発建設部では、簡易な構造で津波漂流物を水際で捕捉する津波漂流物対策施設の設計手法を確立し、整備費用及び整備期間の縮小により課題の解決を図り、釧路港において全国で初めて平成19年2月に整備着手した（整備延長L=137m）。本報告では、釧路港において取り組んでいる「減災とコスト縮減に着目した新たな津波漂流物対策」の概要とその設計手法について論じる。

2. 新たな津波漂流物対策施設

2. 1 概要

津波漂流物対策施設とは、防潮堤のように津波そのものを防御するのではなく、水塊は透過させるが、簡易な構造で漂流物を捕捉し、漂流物の衝突・散乱による被害の拡大を防

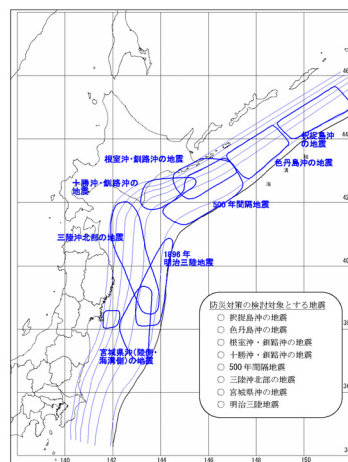


図-1 中央防災会議「日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に関する専門調査会」が示した津波を発生させる断層領域



写真-1 港内から引き上げられた車両（奥尻港）

ぐ新しい発想の減災技術である (図-2)。また、剛構造であるコンクリート製の防潮堤等と異なり、漂流物の衝突エネルギーを支柱などの部材変形によって吸収させる柔構造とすることで部材の縮小化を図り、従来の津波対策の課題であったコスト縮減と整備期間の短縮化を可能とした。

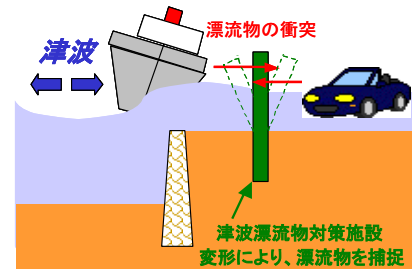


図-2 新たな津波漂流物対策のイメージ

2. 2 基本構造

基本構造は、支柱、捕捉スクリーン及び基礎からなる単支柱構造で、漂流物の衝突エネルギーを各部材の変形により吸収するものである (図-3)。

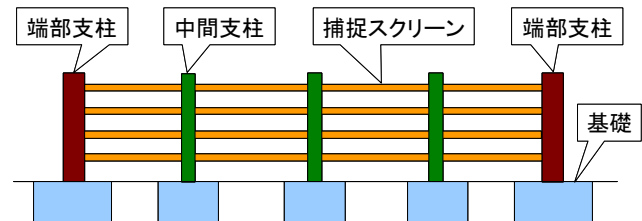


図-3 基本構造

端部支柱は、捕捉スクリーンの端部を固定するための支柱で、漂流物が衝突した場合、変形しながらも完全には破壊せずに漂流物を捕捉するものであり、捕捉スクリーンが目詰まりして流体力を受けた場合にはその荷重に抵抗するものである。

中間支柱は、支持位置での捕捉スクリーンの高さを保持するための支柱で、漂流物が衝突した場合、変形しながらも完全には破壊せずに漂流物を捕捉するものであり、捕捉スクリーンが目詰まりして流体力を受けた場合にはその荷重に抵抗するものである。

捕捉スクリーンは、漂流物の衝突時に破損せず漂流物を捕捉するための部材であり、支柱へは外力に耐えられるように固定されている。

各部材の構造・材質は、端部・中間支柱は鋼材 (鋼管)、鉄筋コンクリート等が考えられ、捕捉スクリーンはロープ、ネット、ベルト等が考えられる。なお、後述する釧路港の整備では、端部・中間支柱は鋼管とし、捕捉スクリーンはワイヤーロープ (以下、捕捉ロープ) とした。

2. 3 設計手法

2. 3. 1 端部支柱

端部支柱は、漂流物捕捉後においても捕捉ロープを保持する必要があることから、支柱の変形を降伏域に設定し、支柱1本の「梁変形 (図-4)」と「局部変形 (図-5)」との和で、漂流物の衝突エネルギーを吸収するものとして部材の諸元を設定する。次に抗力発生時に作用する捕捉ロープの張力に対して、支柱の応力照査を行い決定する (表-1)。

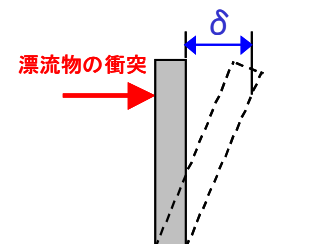


図-4 支柱の梁変形

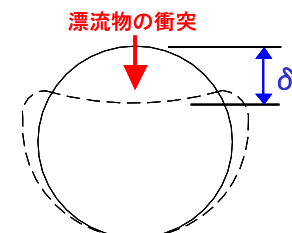


図-5 支柱の局部変形

2. 3. 2 中間支柱

中間支柱は、部材性能を最大限活用して、より衝突エネル

ギーを吸収させるため、支柱の変形を塑性域まで許容し（最大許容変形角度 15 度）、支柱の「梁変形（図-4）」と「捕捉ロープの伸び」との和で漂流物の衝突エネルギーを吸収するものとして部材の諸元を設定する。次に抗力発生時に作用する捕捉ロープの張力に対して、支柱の応力照査を行い決定する。中間支柱と後述する捕捉ロープの設計内容及び算出式を表-2 に示す。

2. 3. 3 捕捉ロープ、基礎

捕捉ロープは、中間支柱変形時においても許容伸び率以下になるようロープ径を決定する。基礎は、コンクリート基礎とし、設計外力作用時に支柱から基礎へ伝わる荷重を用いて、滑動、転倒及び支持力について検討する。

3. 釧路港における津波漂流物対策施設の整備

3. 1 整備箇所

整備箇所（写真-2）は、釧路港東港区の耐震強化岸壁整備予定箇所の対岸に位置している入舟地区港湾施設用地であり、地震津波の発生時には、整備箇所周辺の駐車車両が津波漂流物となって航路・泊地へ流入するとともに、係留している小型船舶が市街地へ流出することも懸念されている箇所である。

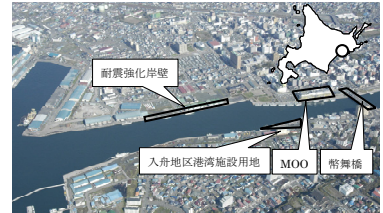


写真-2 津波漂流物対策施設整備箇所（釧路港）

3. 2 設計条件

設計条件（表-3）は、始めに対象とする地震津波の検討を行い、地震の規模及び切迫性の高さを勘案して、中央防災会議において設定している防

表-1 端部支柱の設計内容・算出式

設計内容	算出式
衝突時: $E \leq E_p + E_r$, $\sigma \leq \sigma_{yd}$ 抗力時: $\sigma \leq \sigma_y$ E: 衝突エネルギー E _p : 梁変形による吸収エネルギー E _r : 局部変形による吸収エネルギー σ : 応力 σ_{yd} : 動的降伏応力 σ_y : 降伏応力	
	算出式
E _p =(1/2)・P _y ・ δ_{py} P _y : 降伏モーメントから算出した荷重 δ_{py} : 降伏時梁変形量 E _r =P・(δ /1.8) P: 降伏モーメントから算出した荷重 δ_{py} : 降伏時局部変形量	

表-2 中間支柱と捕捉ロープの設計内容・算出式

設計内容	算出式
衝突時: $E \leq E_p + E_R$, $\sigma \leq \sigma_{yd}$ 抗力時: $\sigma \leq \sigma_y$ E: 衝突エネルギー E _p : 梁変形による吸収エネルギー E _R : ワイヤロープの伸びによる吸収エネルギー σ : 応力 σ_{yd} : 動的降伏応力 σ_y : 降伏応力	
	算出式
E _p =F _y ・ δ_{15} F _y : 塑性モーメントから算出した荷重 δ_{15} : 15° 傾斜時局部変形量 E _R =E _{R1} +E _{R2} E _{R1} : 弾性域吸収エネルギー E _{R2} : 塑性域吸収エネルギー（許容伸び率）	

表-3 設計条件一覧表

設計条件の項目	設定値
地震津波	根室沖・釧路沖の地震(M8.3)(今後30年以内の発生確率30~40%)
最大浸水深	1.0m
津波漂流物(喫水≦浸水深)	押し波時: 5GT未満漁船(喫水0.8m) 引き波時: 車両(喫水0.5m)
漂流物流速	5GT未満漁船: 4.5(m/s) 車両: 3.7(m/s)
衝突エネルギー	5GT未満漁船: 106.2(kN・m) 車両: 20.9(kN・m)
	E=W・V ² /4g E=W・V ² /2g E: 衝突エネルギー(kN・m), W: 漂流物重量(kN), V: 漂流物流速(m/s)
抗力(流体力)	5GT未満漁船: 16.8(kN・m) 車両: 7.1(kN・m)

災対策上の対象地震の中から、「根室沖・釧路沖の地震（M8.3、今後 30 年以内の発生確率 30~40%）」を設定した。この地震津波を対象とした津波シミュレーション結果から、整備箇所における浸水深及び津波流速を津波来襲波ごとに押し波と引き波に分けて整理した。一方で、整備箇所周辺の岸壁及び港湾施設用地の利用状況から想定される漂流物を整理し、浸水深が漂流物の喫水以上となる漂流物を設計対象漂流物に設定した（押し波時：岸壁に係留している漁船、引き波時：港湾施設用地に駐車している車両）。これら浸水深、津波流速から漂流物の衝突エネルギー及び抗力を算定した。衝突エネルギーの算定に際しては、

漁船は横付係船している利用状況から横漂流と設定し、車両は危険側の外力が作用する縦漂流と設定し、表-3 に記載の 1/4 接岸の場合の有効接岸エネルギー算定式を準用し算定した。これらの設計条件を基に、各部材の吸収エネルギーの算定結果から諸元・構造を決定した。

3. 3 構造の検討結果

主要な構造部材の検討結果を表-4 に、平面・縦断面図を図-6 に示す。概算工事費は、約 300 千円/m、整備期間は約 7 ヶ月間の予定であり、低コストかつ工期短縮を可能とした。

施設整備に際しては、15~20m を 1 ブロックとして、ブロック間には人の通行を可能にするため通路を設けた (B=1.4m: 軽自動車通過できない幅)。この場合の各ブロックの両端に配置される支柱 (施設内端部支柱) の設計は、これらが隣接していること

から、2 本で漂流物の衝突エネルギーを吸収するものとした。また、捕捉ロープの配置は、設計漂流物 (小型漁船、車両) 以外の小さな漂流物の捕捉等も考慮して、配置間隔を 0.3m とし、現地盤から中間支柱変形時に最大浸水深を確保できる高さまで設置することとし、基礎の検討の際の安全率は、想定地震津波の発生確率等を考慮して、滑動及び転倒の安全率を 1.0 に設定した。

入舟地区の全体計画 (L=137m) の内、背後に道路や木造家屋等がある区間は、捕捉効果をより高めるため、基本構造の前面 (海側) に緩衝機能 (緩衝工支柱、緩衝工ワイヤーロープ、基礎により構成) を付加した構造とした (L=38m)。また、本施設周辺は幣舞橋、MOO など釧路市のシンボリックな施設に近接していることから、緩衝機能を付加した箇所は、港湾管理者である釧路市と連携して、支柱を活用した天幕構造とし、イベント開催時などの常時利用や周辺景観にも配慮した。天幕の形状は 2 頭のクジラが寄り添い、さらに単支柱部の支柱に高低差をつけてクジラが波間を遊泳するようなデザインとし、普段は市民や観光客の憩いの場となることが期待されている。

4. おわりに

本施設の設計に際しては、水野雄三北海道工業大学教授を座長とする「釧路港津波漂流物対策施設検討会」を開催し、多くの方々に設計手法等についてご指導をいただいた。ここに厚くお礼申し上げる次第である。天幕部は、平成 19 年 2 月に現地着手し 6 月に概成した。単支柱部 (L=99m) は 10 月に着手し年内に完成させる予定である (図-7)。

表-4 主要構造部材諸元

部材	諸元	材質
端部支柱	φ508.0×t6.4	STK400
施設内端部支柱	φ457.2×t6.4	STK400
中間支柱	φ318.5×t6.0	STK400
捕捉ロープ	φ11.2 ST1670 7×19	SUS304

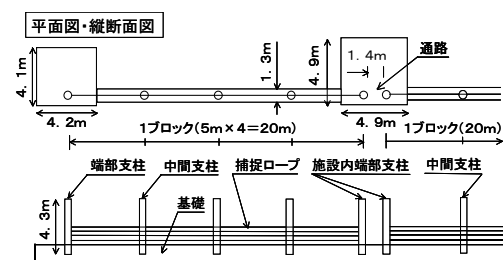


図-6 平面・縦断面図



図-7 完成イメージ