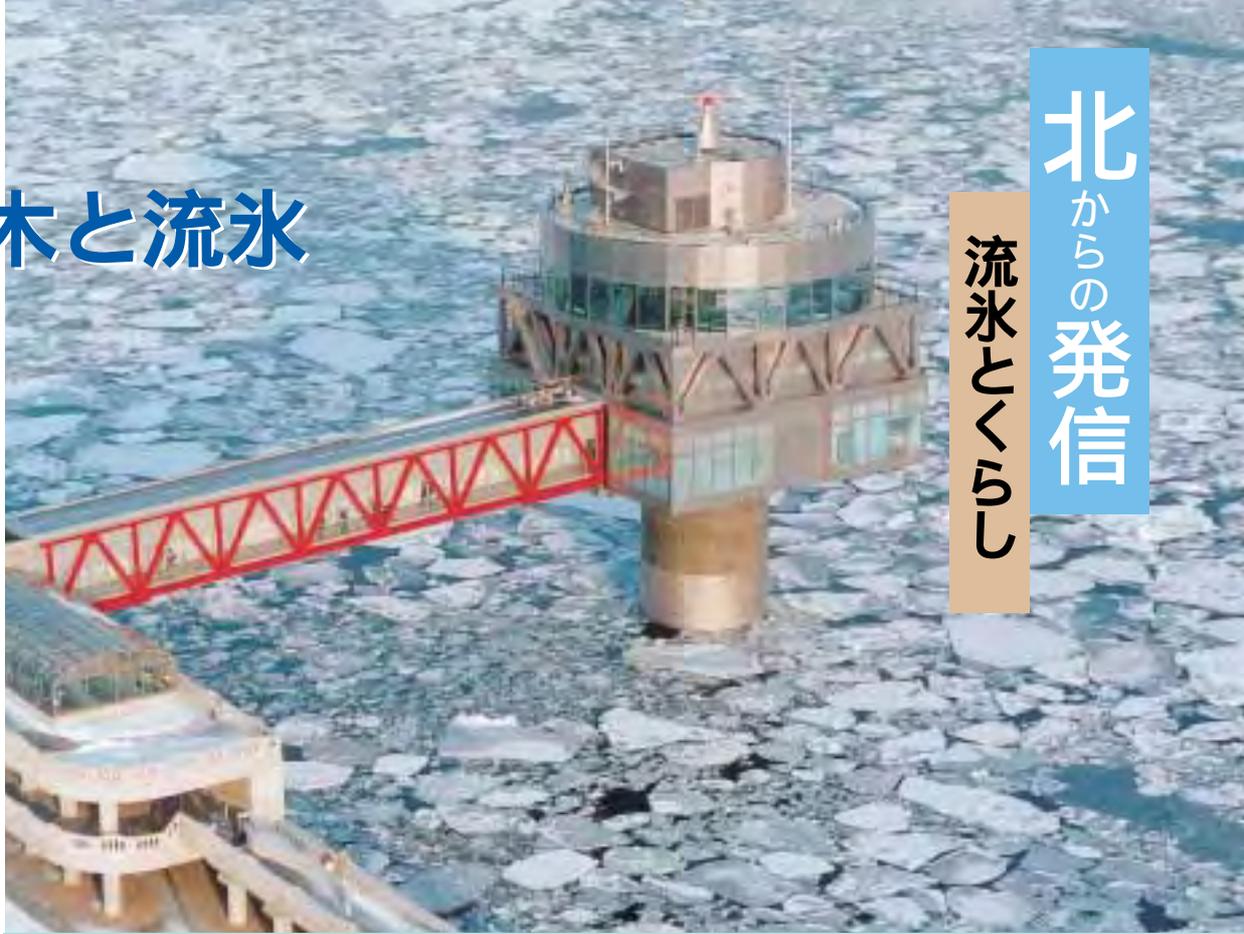


海洋土木と流氷



オホーツクタワー
紋別港南地区の第三防波堤の外港側で、陸地から約1kmの位置にある。研究機能と観光機能をもつ施設として平成8年2月にオープンした。

はじめに

人類が氷の存在する海域「氷海域」へ進出していくにともない、構造物と流氷・海水との干渉に関する新たな技術的課題が生じ、特に北極圏の海底資源開発とその輸送工学的な問題から、流氷・海水に関する工学的研究が発展してきました。オホーツク海はわが国唯一の氷海域であり、

諸外国と同様に氷と構造物の研究は精力的に実施されてきました。

ここでは、流氷・海水が構造物に及ぼす影響の形態、被害事例、それに北海道で設置された幾つかの防氷・耐氷構造物の事例を紹介いたします。

氷荷重の作用形態と流氷による被害事例

通常、考慮すべき氷荷重の作用形態を大別すれば、①氷の移動により構造物に作用する水平方向の氷荷重、②氷盤が構造物に凍着した状態で水位変動があった場合の鉛直方向の氷荷重、③移動する氷が構造物前面等にパイルアップ（堆積）したときの静的氷荷重、④気温変化による氷の膨張・収縮に伴う熱応力作用などであり、これらを要因として、従来、諸外国において種々の構造物が損壊を受けてきました。このうち、最も大きな力を構造物に及ぼし、比較的研究量も多い氷荷重は①であると言えます。これは、風や流れの流体力（環境力）によって移動している氷盤が構造物に接触・貫入する荷重であり、通常、環境力と貫入時の氷の破壊荷重の小さい方を氷荷重とします。また、衝突する氷と構造物との連成振動も重要で、例えばマウンドとの間の滑動抵抗を内部の中詰砂のせん断抵抗に期待する中空ケーソン形式では、振動による砂の液化化でその抵抗が著しく低下する場合があります。ボート海に設置されている石油掘削用の構造物が危険な状態に陥ったこともあります。他に、低気圧に伴う海面上昇とともに大量の水盤が防波堤・護岸等を越える「越氷」、それに喫水の大きな流氷による海底掘削などが問題となります。この現象により、アラスカ・カナダでは、海底に布設されているケーブル・パイプラインの損壊や海岸侵食・変形が発生した例があります。

わが国における港湾・漁港・海岸保全施設の流氷による被害としては、前述の「越氷」によって防波堤の「パレット」越波を抑制するための壁（背後

のパイプラインやドルフィンの破損などが報告されていますが、流氷被害として認知されている件数は、幸いにして決して多いわけではありません。海岸保全施設のうち、例えば、浅海域において設置される離岸堤、護岸など、アスペクト比（構造物の幅と氷厚との比）が大きい構造物の設計の場合、支配外力は、通常考慮される波力のみで十分であると考えられています。これは、アスペクト比が大きくなれば、スケール効果、構造物と氷との接触率の非一様性から、局部的な氷圧力が減少することが明らかにされており、単位延長当りの氷荷重は、波力に対して小さくなるためです。事実、

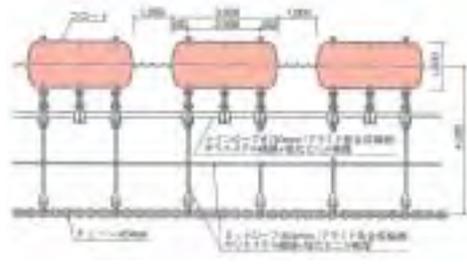
施工実績や経験の見地もこれを裏付けています。一方、逆に、海中に独立して設置されるアスペクト比の小さな構造物や、杭式・ジャケット式の構造物の場合、氷荷重が構造設計における支配外力となることがあり、わが国においても、平成8年にオープンした紋別港水海展望塔（オホーツクタワー）の設計時にはこの氷荷重が考慮されました。漁業が盛んな北海道のオホーツク海においては、流氷が及ぼす経済的損失として、流氷来襲による出漁機会の減少、船舶の損傷、水温低下による港内結氷の影響を含む、養殖施設の損壊および海難事故、それに前述の「氷の海底掘削」の一つ、氷の岩礁域への侵入によるウニ・コブなどの被害（頻度が適度であれば逆に磯掃除とよばれるメリットがある）など、漁業被害、海上交通などに与える影響が大きいのが現状です。そのため、地元の強い要請に基づき、港内結氷対策や流氷対策が施工・試案されています。施工例として、流氷対策の一つとしてわが国において実際に建設された、流氷進入防止施設または、防氷堤（を次に紹介します）。

サロマ湖に建設された流氷進入防止施設

オホーツク海に面しているサロマ湖は、第1湖（幅250m）と第2湖（幅50m）により外海

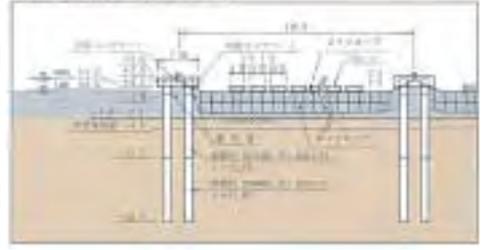


アイスブーム(特殊型)フロート部写真



アイスブーム(特殊型)フロート部

Ice Boom (No.7~No.9)

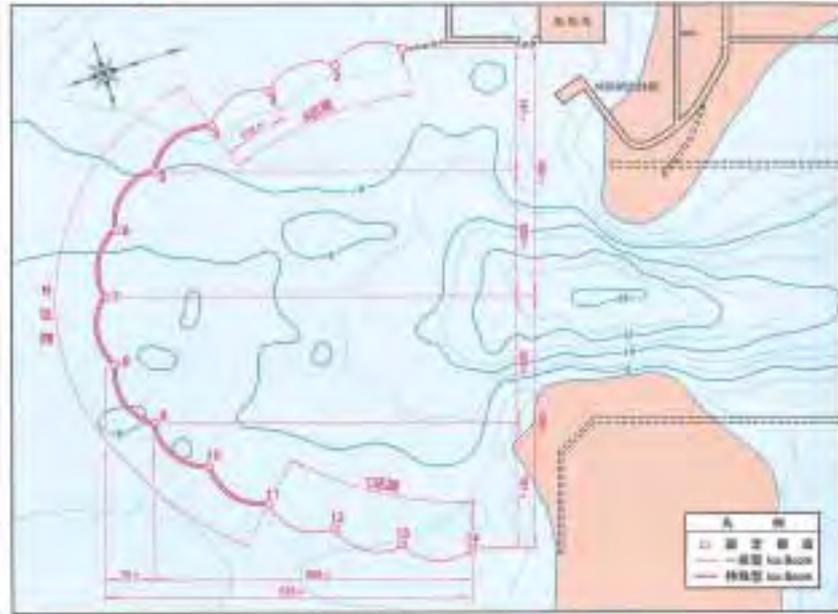


アイスブーム(特殊型)縦断面図

と通じた塩水湖です。ホタテ・カキ養殖に適しており、天然の栽培漁業の場として利用されてきました。一方では、かねてより冬季の流水の湖内への流入により、操業停止、養殖施設・漁船などへの多大な被害に悩まされ、特に昭和49年には総額約22億円にも上る大規模な被害が発生しました。この時の流水の喫水深は10mに及ぶものもあつたと報告されています。サロマ湖は冬季には結氷しますが、近年の温暖化で湖内の結氷は遅くなり、毎年流氷が流入し、数百万〜数千万円程度の被害が発生していました。

このような背景から、漁港修築事業として、船舶航行の安全性確保をはじめ、冬季の湖内の漁港の機能維持を目的とした流水進入防止施設(防水堤)が計画され、平成6年に着工、13年に全体施設が完成しました。この施設は第1湖口の内側に設置され、全長1,430m、14基の固定構造物とその間に設置される13スパンのフロート式のアイスブームで構成され、各フロートはワイヤーで連結されています。夏季には撤去され、メンテナンスが実施されています。設計では、主として流水制御時のワイヤーに作用する力が考慮されています。この作用力は、流水の駆動要因が風や流れであることから、氷の流体抵抗として、風と流れによるせん断力によって評価されました。また、比較的流れ(潮流)が速い施設の中央部のスパンについては、湖内へ氷盤が流入する原因となるアンダーターニング(アイスブームを支点として氷盤が回転する現象)防止を目的とし、フロートの下部にネットを張った特殊型を採用し、その両側については通常の一般型が採用されました。

この施設は、当初の想定通り、湖内へ流入しよつとする流水を確実にトラップしています。アイスブームは、カナダや北米において、河川を流下する氷を制御する目的で



採用されたことがあります。これ程大規模なものは国際的にも初めての試みでした。また、この施設が冬季の北海道の観光資源の目玉の一つになり得るとともに、実規模の屋外実験施設としての役割も秘めており、貴重なデータを提供することでしょう。

そのほかの流水対策として、岩礁地帯に流水が移動するのを制御し、水産資源を保護することを目的として、オホーツク海北部に位置する枝幸、雄武、興部町の沖合には、鋼管でつくられた防水柵が、海岸に平行に設置されています。

こうした事例から分かるように、流水・海水との相互作用を考慮しなければならぬ海洋構造物については、わが国ではこれらの移動を制御するためのものがほとんどであるのが現状です。

流水の恩恵と今後の氷海域における開発

現在、サハリン北東部大陸棚における石油天然ガス開発が進行していますが、今後のロシアとの交易拡大やオホーツク海沿岸地域の発展のためには、将来的には冬季を含め、この地域の港湾の通年利用が期待され、流水が存在する冬季における万一の原油流出事故に備え、防災基地、避難港として北海道北東部の港湾の果たすべき役割が大きくなるという環境にあります。また、流水を魅力ある地域資源の一つとして活用する試みも活発で、冬季には流水と慣れ親しむことのできる紋別の親水防波堤やオホーツクタワーなども建設されています。そのため、流水の及ぼす影響を考慮した耐氷設計手法や流水制御技術に関する知見を必要とする機会は多くなるとともに、予めそれらを整備しておく必要があると考えられます。

一方では、流水はプランクトン供給、波浪エネルギーの吸収、塩害防止や磯清掃などで大きな恩恵をもたらしています。その効果の大きさを考えると、自然が持つエネルギーの強さに驚かさせられます。この他にも、海水・流水を夏季の農産物・水産物貯蔵用などの冷熱エネルギーとして利用する他、土木の仮設材料としての有効利用などが考えられます。海外では、石油探査などのプラットフォーム(人工水床)としての利用、また海洋パイプライン敷設のために利用した実績があります。

このように、「流水」と共存するという視点で、今後の港湾・漁港・海岸保全施設などの整備を検討していく必要があります。当研究室では、それをサポートできる研究開発を実施していきたいと考えております。

北海道開発土木研究所環境水工部港湾研究室長

窪内 篤