

海水制御用アイスブームに作用する 氷力の作用形態

MODE OF ICE LOAD ACTING ON ICE BOOM FOR ICE CONTROL

蒔田俊輔¹・榎国夫²・宇佐美宣拓¹・原文宏³・佐伯浩⁴

Shunsuke MAKITA, Kunio ENOKI, Norihiro USAMI, Humihiro HARA and Hiroshi SAEKI

¹学生会員 北海道大学大学院 工学研究科 (〒060-8628 札幌市北区北 13 条西 8 丁目)

²正会員 工博 秋田工業高等専門学校

³正会員 工博 北海道開発技術センター

⁴フェロー会員 工博 北海道大学大学院 工学研究科 教授

The Okhotsk Coast of Hokkaido is covered with drift ice in winter. Drift ice that rushes into Saroma Lagoon causes heavy damage to scallops and oysters, and aquacultural facilities. So, an ice boom that prevents drift ice from rushing into the lagoon was constructed. The ice force acting on this ice boom depends on the fluid force, and it is determined by the flow velocity and the area covered with ice floes. But the measured values of the ice force do not show the dependence on the flow velocity and the area covered with ice floes.

In this paper the way how the ice force is acting on the ice boom is examined, and results obtained from model experiments on the arching of ice floes is reported.

Key words : Ice boom, ice force, arching,

1. はじめに

北海道のオホーツク海に面するサロマ湖は、第1湖口と第2湖口により外海に通じており、湖内は比較的深い水深、外海と同等の塩分濃度、高い静穏性を有し、帆立貝、牡蠣貝の養殖等、天然の栽培漁業の場として広く利用されている。しかし、オホーツク海沿岸には、通常1月から2月にかけて流氷が到来し、2つの湖口から侵入した流氷は、養殖施設等に多大な被害を与えてきている。このような被害を防止するため、第1湖口部に、全長 1,430m、14 基の固定構造物とその間に設置される 13 スパンの海水制御用アイスブームにより構成される、サロマ湖漁港防水堤が建設された。アイスブームにトラップされた氷盤は流れ、風による流体力を受け、流体力は流氷盤を介し氷力としてアイスブームメインワイヤーに作用する。両端を構造物に固定されているため、メインワイヤーには張力が作用し、メインワイヤーを固定する構造物には、水平方向力が作用する。

氷盤に作用する流体力は流速、氷盤の被覆面積に依

存し変化するため、張力も流速、被覆面積に依存する。

しかし、サロマ湖第1湖口部アイスブームに於いて測定された張力は必ずしも流速、被覆面積に依存し変化しているとは言えない。

従って、本研究はアイスブームメインワイヤーに作用する氷力の作用形態について検討を行うものである。

2. 張力の作用形態

平成8年、平成9年、サロマ湖に於いてアイスブームメインワイヤーの張力が北海道開発局により測定された。張力は、流速、氷盤の被覆面積に依存し変化するが、測定された張力は必ずしもそれらに依存しているとは言えない現象が起こった。

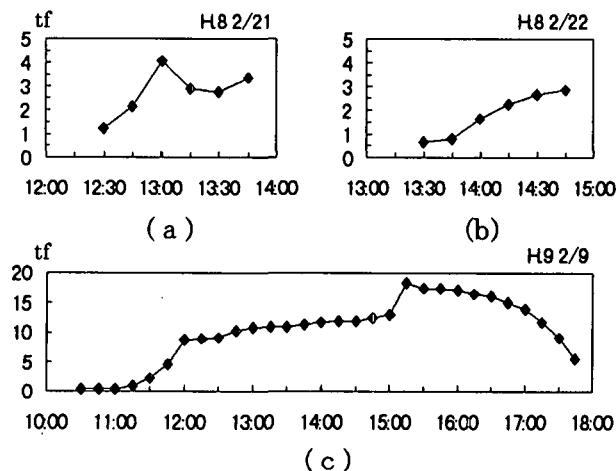
測定された張力の変化を示す(図—1)。

(a)、(b)はともに流速の増加時で、氷盤の被覆面積は変化がない状態で(図—2、3)、一般的には(b)のような経時変化を示す。しかし、(a)に於いては、張力の変化が13:00にピークを有している。

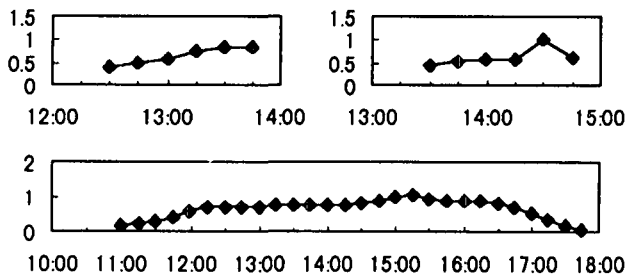
これは直径約 30m の氷盤がアイスブームにトラップされた氷盤群に衝突したためであると思われる。

また(c)に於いては、12:00 から 15:00 の間、氷盤の被覆面積にはあまり変化が無く流速は 0.6m/s から 1.2m/s まで急速に増加している(図—2、3)。この間、張力の変化は極めてゆるやかである。

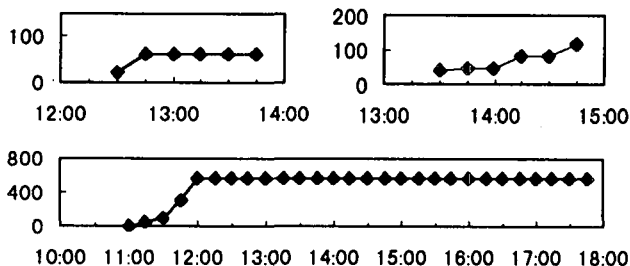
これは、12:00 にトラップされた氷盤群がアイスブーム両端の定構造物を支持点としてアーチを形成したため(図—4)、アーチとアイスブームで囲まれる氷盤群への流体力のみがアイスブームの張力として作用しているものと考えられる。



図—1 アイスブームに作用する張力の時間変化



図—2 流速の時間変化 (m/sec)



図—3 影響長の時間変化 (m)

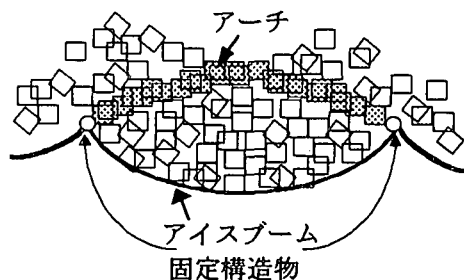
従って、アイスブームに作用する氷力の作用形態は 3 種類に分類される。

I. 氷盤群がアイスブームにトラップされ、その氷力の全てがアイスブームに作用し、張力は流速、氷盤の被覆面積に依存し変化する。

II. トラップされた氷盤群に大氷盤が衝突し、大きな力が作用し、一時的に張力が増加する。

III. トラップされた氷盤がアイスブーム固定構造物間にアーチを形成しアーチ内部の氷盤の氷力のみが張力として作用する。またこの時、アーチ外部の氷盤の氷力はアーチにより伝達され直接固定構造物に作用している。

アイスブームに作用する氷力について考察する場合、以上の 3 種類の作用形態を考慮しなければならない。



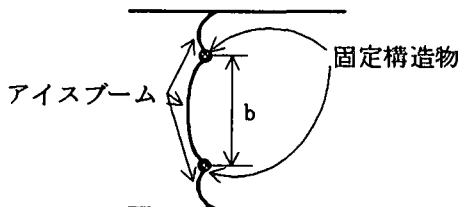
図—4 アーチの形成

3. アーチ形成条件に関する実験

アイスブームにトラップされた氷盤のアーチ形成条件に関する実験を行った。

(1) 実験方法

実験には幅 2m、長さ 10m の回流水路を用い、固定構造物を間隔 b で鉛直に立てた(図—5)。これらに模型アイスブームを取り付け、上流部から、ポリプロピレン板(辺長 $= a$)を流下させ、アイスブームにトラップさせた。その後、アイスブームを撤去し、アーチが形成するかどうかを判定した。模型の相似則は既に妥当性が確認されているフルード則として $1/100 \sim 1/150$ 、模型氷盤は正方形ポリプロピレン盤、辺長 $a = 3\text{cm}$ 、厚さ 0.3cm のものを用い、固定構造物間隔は $30\text{cm} \sim 100\text{cm}$ 、流速は 5cm/sec 、 10cm/sec 、 15cm/sec に変化させ実験を行った。実験において氷盤の被覆面積率は $95\% \sim 100\%$ であった。

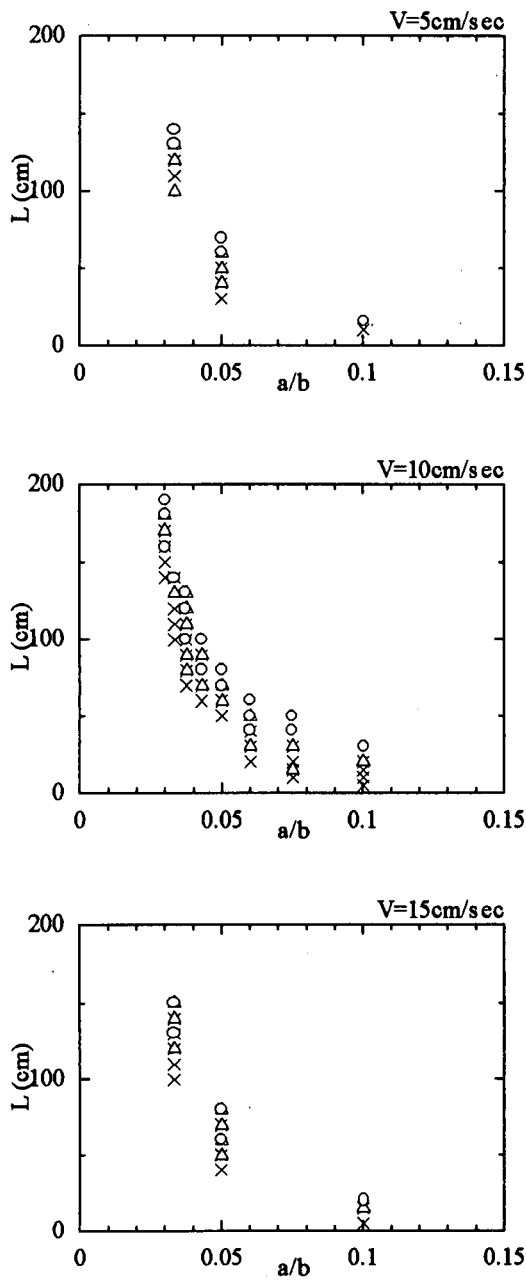


図—5 実験用アイスブームと固定構造物間隔

(2) 実験結果

a) アーチ形成限界

アイスブームにトラップさせた氷盤群が水面を被覆している面の流速方向の長さ、影響長 L 、を変化させ、アーチを形成する限界を求め、影響長 L と固定構造物間隔 b の比 L/b により整理した(図—6、7)。

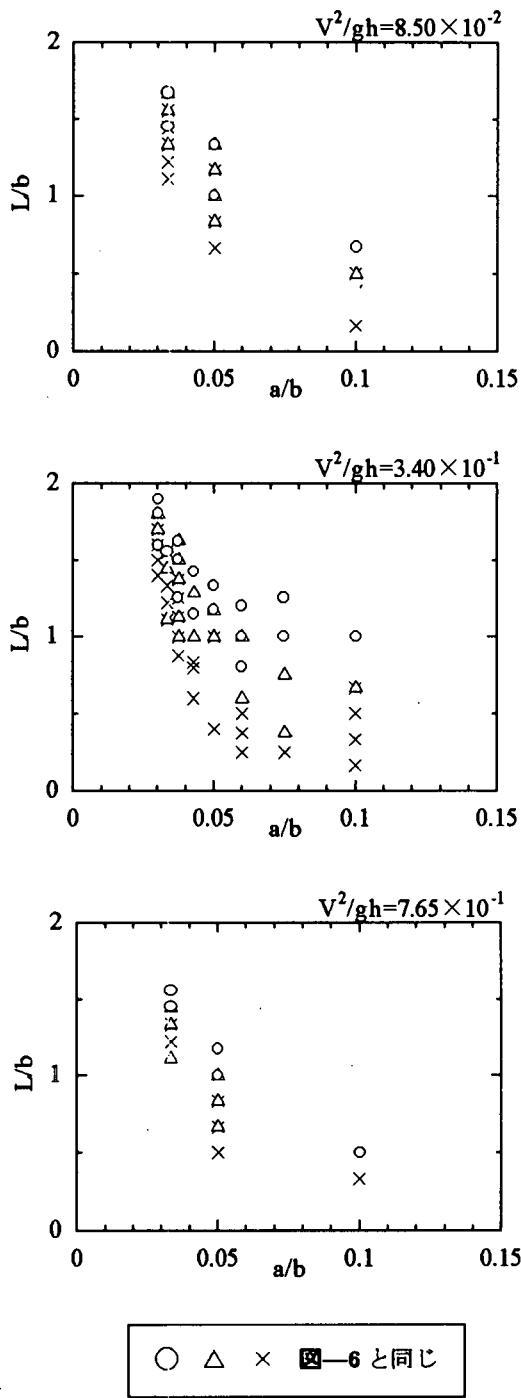


- 完全なアーチを形成する
- △

アーチを形成するが5秒以内に崩れる
- ×

全くアーチを形成しない

図—6 アーチ形成限界の影響長



- △

×

図—6 と同じ

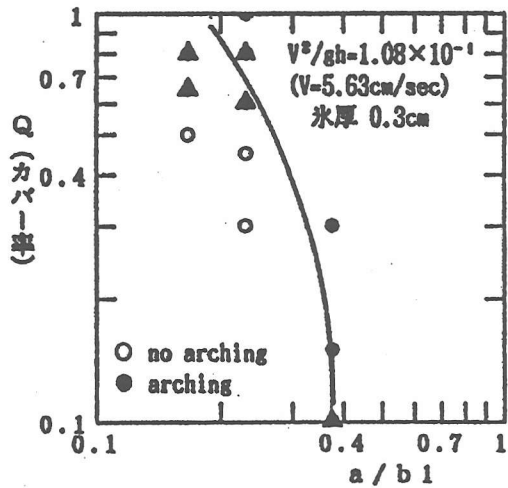
図—7 アーチ形成限界の比 L/b

氷盤の辺長 a と固定構造物間隔 b の比 a/b が増加するに従い、アーチを形成するために必要である影響長 L 、影響長と間隔との比 L/b は増加する。

これは、間隔に対し氷盤の辺長が大きくなればアーチが形成されやすく、また間隔が広い場合で於いても影響長が十分長い場合にはアーチが形成されることを示している。

b) 移動する氷盤のアーチ形成条件との比較

原ら¹⁾は橋脚による移動する氷盤のアーチ形成条件に関する研究を行い、氷盤のカバー率 Q と氷盤の辺長と橋脚間隔の比 a/b により、移動する氷盤のアーチ形成条件を示した(図—8)。

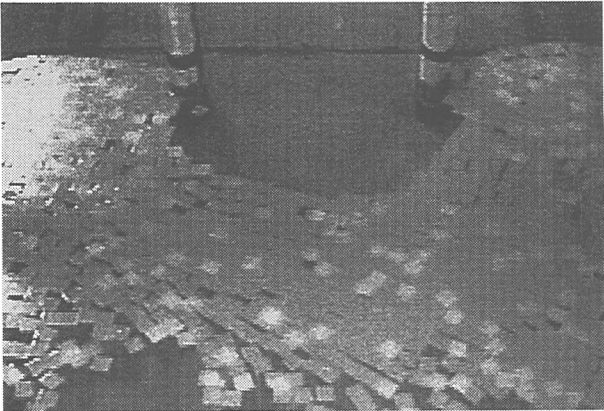


図—8 移動する氷盤のアーチ形成条件

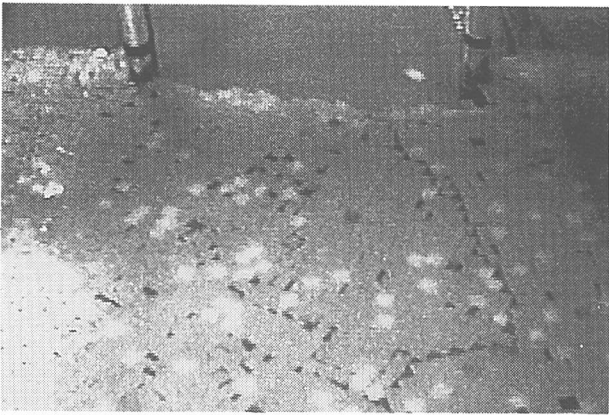
原らの示したアーチ形成条件では模氷盤辺長 3cm、 $V = 5.63 \text{ cm/sec}$ 、の条件において、氷盤の被覆面積率が 95%～100%程度でのアーチ形成限界は a/b で 0.2 程度である。氷盤をアイスブームにトラップさせ静止させた状態に於けるアーチ形成条件を求めた今回の実験では模氷盤辺長 3cm、 $V = 5 \text{ cm/sec}$ の条件において、固定構造物間隔 b が 90cm($a/b = 0.03$)に於いてアーチ形成が確認されており、移動する氷盤と比較し、遙かにアーチが形成されやすくなることが明らかとなった。

c) アーチ形状

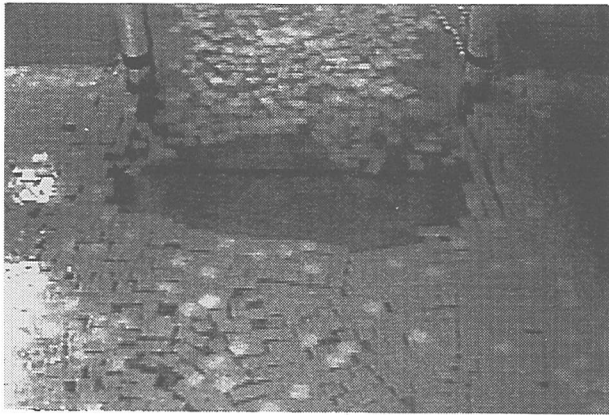
実験により形成されたアーチをビデオカメラにより撮影し、その形状を分類した(図—9、10、11、12)。



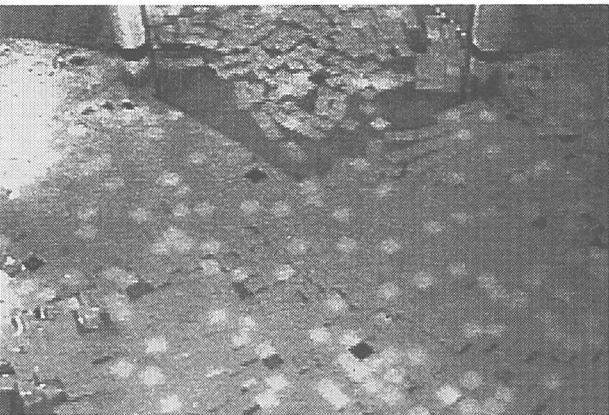
図—9 ライズ比の大きなアーチ



図—10 ライズ比の小さなアーチ



図—11 四角形のアーチ



図—12 三角形のアーチ

アーチの形状は、ライズ比(アーチ高さの支間に対する比)の小さなものと大きなものとに分けられる。比較的に低流速で影響長が短い場合に於いてはライズ比は小さく、高流速で影響長が長い場合に於いてはライズ比は大きく成りやすい。影響長が増加するに従い、アーチは固定構造物間を結ぶ直線に対し垂直に延びて行く傾向にある。今回の実験では、固定構造物から直線的に延びた先端にライズ比の小さいアーチを形成した四角形のアーチ、直線的な二辺により構成された三角形のアーチも観察された。

(4) 結論

- 1) サロマ湖湖口部に建設中のアイスブームに作用する張力の測定結果と CCD カメラによる氷盤のトラップ状況から、アイスブーム作用する氷力を3つの形態に分類した。
- 2) この結果、アイスブーム群(サロマ湖の場合 13 基)で氷盤が完全にトラップされた状態では、氷盤群に作用する流体力は氷盤を介して一部はアイスブームへ、また残りは氷盤がアーチを形成することにより、アイスブーム固定構造物に作用する可能性があり、この場合、アイスブームメインワイヤーに作用する張力は減少する。
- 3) 固定構造物の間隔に対し氷盤の辺長が大きくなればアーチは形成されやすく、また間隔が広い場合に於いては長い影響長必要である。

- 4) 氷盤が止まっている状態に於いては、河川のように氷盤が流下するときに於けるアーチ形成条件に較べるとはるかにアーチが形成し易くなる。
- 5) 形成されるアーチはライズ比の大きなものと、小さなものに分けられる、比較的流速が小さくで影響長が短い場合に於いてはライズ比の小さいアーチが、流速が大きく影響長が長い場合に於いてはライズ比の大きなアーチが形成され易い。

参考文献

- 1) 原文 宏(1992): 橋脚による移動する氷盤のアーチ形成条件に関する研究、寒地技術シンポジウム'92 講演論文集、pp.379—387
- 2) 榎 国夫(1992): Ice Boom による氷盤移動制御、海洋開発論文集 Vol.8、pp.153—158

(1999.4.19 受付)