

합성 얼음을 사용한 쇄빙선 저항시험에 대한 연구

송윤영^{†*}, 김문찬*, 전호환*

부산대학교 조선해양공학과*

A Study on Resistance Test of Icebreaker with Synthetic Ice

Yun-Young Song^{†*}, Moon-Chan Kim* and Ho-Hwan Chun*

Dept. Naval Architecture and Ocean Engineering, Pusan National Univ.*

Abstract

This research describes a framework to compare and analyze the icebreaker(Terry Fox) resistance in pack ice condition between with a refrigerated ice and a synthetic ice. Model tests with a refrigerated ice have been conducted at Institute for Ocean Technology (IOT/NRC) and the tests with a synthetic ice were conducted at Pusan National University towing tank. For the validation of further tests of measurement and accuracy, the open water tests were first carried out with same model ship to compare the test results of both Institutes. Two different size of the wax-type synthetic ice were used and tests were conducted in pack ice of three different concentration ice conditions. The test results show that the difference of resistance between with synthetic and with refrigerated ice becomes larger according to the increase of ship speed. Although the quantity of resistance difference is not so small in high speed range, the present study is predicted to be used as a useful correlation between synthetic and refrigerated ice.

※Keywords: Icebreaker(쇄빙선), Ice(얼음), Model test(모형시험), Pack ice(조각 얼음), Synthetic ice(합성 얼음), Ice model test(빙 수조 시험)

1. 서론

최근 항로 단축을 위한 북극해 항로의 중요성이 대두 되면서 극지방을 운항하는 쇄빙선의 관심이 높아지고 있다. 북극권은 지구상에 남은 최후의 자원 부존 지역으로서 석유와 천연가스를 비롯한

각종 천연자원이 풍부하게 매장되어 있는 것으로 알려져 있고 이를 개발하기 위해서는 쇄빙선의 역할이 무엇보다도 중요하다(최경식 등 1992). 쇄빙선이란 얼음이 덮여있는 빙해 지역을 선박 주위의 얼음을 깨면서 다른 선박을 인도하거나 항로를 개설, 예인, 구조 작업을 위해 설계된 특수선박을 말한다. 그리고 쇄빙상선이란 빙해역에서 단독으로 운항하거나 쇄빙선의 인도를 받아 운항이 가능한 화물선을 말한다(최경식 등 2005). 본 연구의 목

접수일: 2006년 12월 23일, 승인일: 2007년 6월 14일

†교신저자: windmill001@naver.com, 051-510-2756

적은 일반적으로 쇄빙상선의 경우 얼음을 직접 깨고 가는 것이 아니라 쇄빙선 뒤에 따라가며 깨진 얼음 덩어리가 떠있는 팩 아이스 (pack ice) 상태에서 운항하게 되는 바 이때의 성능이 매우 중요하므로 빙 수조가 아닌 일반 예인수조에서 합성 얼음을 사용하여 팩 아이스 상태에서 성능 추정이 가능한지를 알아 보고자 하는 것이다. 팩 아이스란 해상 얼음이 겹쳐있지 않고 널리 퍼져 있는 얼음을 말한다. 팩 아이스가 분포되어 있는 정도에 따라서 1/10 팩 아이스 ~ 10/10 팩 아이스로 표시 할 수 있다(Jones 1987). 1/10 팩 아이스는 전체 표면 면적 중 10% 가 팩 아이스로 덮여 있는 것을 의미한다. 쇄빙상선의 경우 팩 아이스 상태에서의 성능이 중요하므로 본 연구에서 제안한 합성 얼음을 이용한 실험이 냉동 얼음을 사용한 실험과 정성적인 혹은 정량적인 연관성을 가진다면 선형 개발 등의 연구를 빙 수조에서 실험 하는 것 보다 편리하게 예인 수조에서 수행 할 수 있기 때문이다(Song et al. 2006). 본 연구는 쇄빙선의 저항 성능을 검증하기 위한 실험을 빙 수조와 예인 수조에서 냉동 얼음 (refrigerated ice) 과 합성 얼음 (synthetic ice) 을 가지고 실시하였으며 그 결과를 비교 하였다. 실험은 IOT(Institute for Ocean Technology, NRC, Newfoundland, Canada) 빙 수조에서 냉동 얼음을 가지고 실시하였고 사용된 얼음 역시 IOT 에서 개발된 EG/AD/S 얼음(Timco 1986)을 사용하였다. 또한 합성 얼음을 이용한 실험은 부산대학교 예인 수조에서 실시하였다. 연구에서 사용된 모형선은 캐나다 쇄빙선 Terry Fox 호를 이용하여 빙 수조와 예인 수조에서 각각 저항 시험을 수행 하였다. 평탄빙(level ice) 은 합성 얼음으로 제작이 불가능하여 냉동 얼음과 합성 얼음의 비교는 하지 않고 팩 아이스와 open water 상태에서만 비교를 하였다.

2. 실험 준비

2.1 빙 수조 설비

먼저 냉동 얼음을 이용한 빙 수조에서의 저항 실험은 IOT 빙 수조에서 실시하였다. IOT 빙 수조

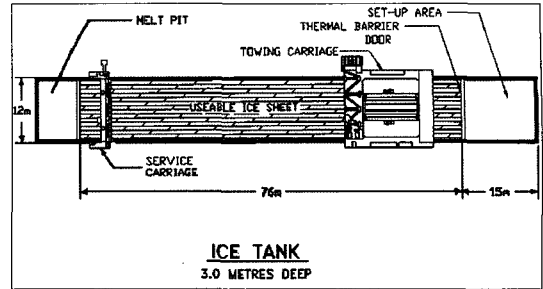


Fig. 2-1 IOT facility

설비는 폭 12m 깊이 3m 길이 91m (76m 실험공간과 15m의 준비 공간)로 세계 최대 규모의 빙 수조이며 Fig. 2-1 과 같다.

모형선을 예인 하는 주 전차와 얼음의 특성을 파악하고 얼음을 깰 때 필요한 보조 전차가 있고 암모니아 가스를 이용한 냉각 시스템은 약 10m 높이에서 24 개의 분사기를 이용하여 빙 수조 전체에 분사한다. 암모니아 가스는 얼음을 얼릴 때 얼음의 특성을 조절하기 위한 장치이다. 얼음을 얼리는 방식은 빙 수조 전체온도를 영하 25 도까지 내려서 (조절 가능한 온도범위는 영하 30 에서 15 도) 시간당 3.5 mm 얼음을 얼릴 수 있다. 그리고 수중에는 전차를 따라서 움직일 수 있는 수중 카메라가 설치되어 있어서 선저에서 일어나는 현상도 관찰이 가능하다. 메인 전차속도는 0.0002 ~ 4 m/s 까지 조절 가능하다. 빙 수조는 한번 얼음을 얼리면 수조 전체를 ice sheet로 만들 수 있는데 이때 여러 실험을 해야 하기 때문에 Fig. 2-2 처럼 중앙, 오른쪽, 왼쪽 이렇게 세 부분으로 나누어 놓고 전차에 고정된 모형선이 좌우로 직접 움직이면서 실험을 한다.

2.2 예인수조 설비

합성 얼음을 이용한 저항 실험은 부산대학교 예인 수조에서 실시하였다. 수조의 제원은 길이 100m, 폭 8m, 깊이 3.5m 이다. 그러나 실험을 위해서 수조 모두가 필요하지는 않기 때문에 폭 3.2m 길이 25m의 가이드를 설치하고 그 안에 합성 얼음을 채워서 실험을 하였다. 이때 주의해야 할 점은 가이드가 얼음에 의해서 밀리지 않도록

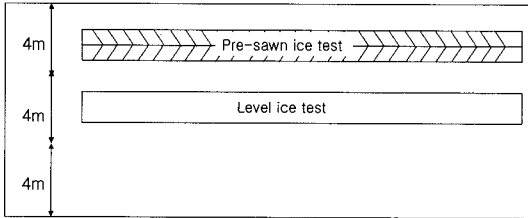


Fig. 2-2 Division of ice sheet

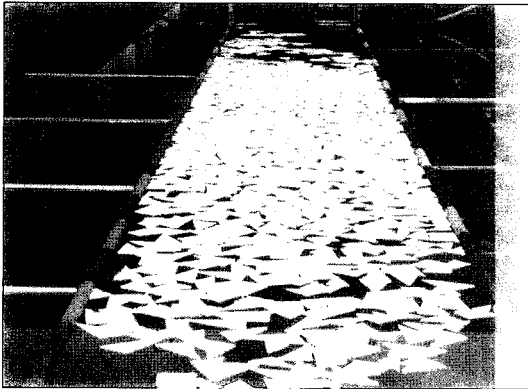


Fig. 2-3 PNU facility

부목 등으로 고정시켜야 한다. 여기서 폭은 합성 얼음이 벽에 부딪혀서 다시 나와 저항 값에 영향을 줄 수 있으므로 이를 방지하기 위해서 폭이 선풍의 4 배보다는 커야 한다(Aboulazm 1989). 데이터 획득 구간은 팍 아이스가 선체를 완전히 둘러싼 다음부터 속도 별로 같은 거리의 데이터를 획득 하기 위해서 획득시간을 15 초(0.6m/s)부터 90 초(0.1m/s)까지로 조절 하였다. Fig. 2-3 은 부산대학교 예인 수조에서 가이드를 설치하여 합성 얼음을 넣어놓은 상태를 보여준다.

2.3 모형선

본 연구에서 사용된 모형선으로는 캐나다 해안 경비정 Terry Fox 호 쇄빙선이 사용되었다. Terry Fox 호는 IOT 에서도 많은 실험을 한 선박이고 현재 캐나다에서도 운항중인 선박이기 때문에 실험 data 와 실선 data 모두 많이 축적되어 있으므로 실험 후 오차분석이나 결과 비교에 용이한 장점이 있다. 축적 비는 21.8 이고 길이는 3.739m, 폭

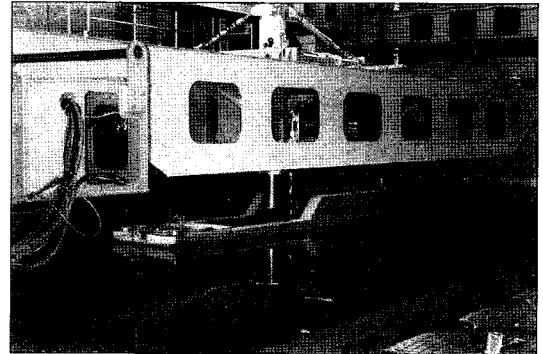


Fig. 2-4 Terry Fox model ship

0.789m 이다. 선형이 같더라도 모형선의 표면재질에 따라 거칠기 등이 달라지고 이는 모형선과 얼음의 마찰 저항에 중요하게 작용하므로 IOT 빙수조에서 실험한 Terry Fox 호의 모형선을 그대로 부산대학교 예인수조로 가져와서 실험을 하였다. Fig. 2-4 는 Terry Fox 호의 모형선을 보여주고 있다.

2.4 냉동 얼음

초기 냉동 얼음은 러시아 Lavrov(1969) 와 Enkvist(1972)에 의해 소금을 첨가한 물 (high saline)을 얼려서 사용한 것으로부터 시작이 되었다. 이 high saline 얼음은 온도조절에 의해서 실제 해상 얼음의 굽힘 응력을 표현 할 수 있다. 이후에 Timco(1980) 는 강도가 단단하고 굽힘 응력이 낮은 특징을 갖고 있는 urea 얼음을 만들었고 그 얼음을 발전 시켜 EG/AD/S 얼음을 개발하였다. 이 후 Narita(1988) 는 핀란드에서 Enkvist (1983) 에 의해서 발전된 fine-grain (FG) 얼음과 비슷한 granular 구조형태인 NKK 얼음을 만들었다. 본 연구에서 사용된 냉동 얼음은 IOT 빙수조에서 사용하는 EG/AD/S 얼음을 사용하였다. 이 얼음은 ethylene glycol(EG), aliphatic detergent (AD), Sugar(S) 을 0.39%, 0.036%, 0.04% 의 비율로 섞은 혼합물이다. 이런 첨가물은 실제 해상 얼음과 비슷한 결정구조를 만들기 위함이다. EG/AD/S 얼음은 파괴모드가 실제 해빙과 유사한 column 형 결정구조를 갖고 있다(Timco 1986). 실험은 팍 아이스 상태에서 수행하였고 집중도

90%, 80%, 60% 에서 실험하였다. 얼음은 먼저 평탄 빙 을 만들어서 평탄 빙 실험과 pre-sawn (얼음의 순수 breaking 저항을 알아보기 위한 실험) 실험을 한 후에 얼음을 깨서 다양한 집중도 (concentration)의 팩 아이스 얼음을 만들어 실험을 수행한다. 얼음의 두께는 40mm(실제 얼음의 두께 87.2cm)로 만들어서 실험을 하였다. 급형 응력은 35 kpa 이나 팩 아이스 상태에서는 얼음이 깨지는 경우가 거의 없기 때문에 팩 아이스 상태에서 합성 얼음과의 저항을 비교할 때에는 급형 응력이 크게 의미가 없다. 얼음이 덮여있는 상태에서는 open water 상태에서 보다 저항을 많이 받으므로 속도는 최대속도 0.6 m/s(실선 속도 기준 약 5 knot)까지 실험을 수행하였고 실제 쇄빙선이 실제 해상을 운항할 때 낼 수 있는 최대 속도를 기준으로 하였다. 이는 ice class rule 에서도 규정하고 있다. 얼음의 집중도를 판단하기 위해서는 우선 대략 어느 정도 집중도를 맞춰놓은 후에 예인 전차 위에서 5 m ~ 10 m 간격으로 수직으로 사진을 찍은 후에 사진 판독으로 정확한 집중도를 맞춰야 한다. 사진 판독은 전체 면적과 얼음이 띄워진 곳의 면적의 비에 따라서 구분 되어 진다. Fig. 2-5는 EG/AD/S 냉동 얼음을 보여주고 있다.

2.5 합성 얼음

합성 얼음에 있어서 가장 중요한 요소는 밀도 (density), 거칠기(roughness) 그리고 합성 얼음 재료의 모서리 모양이다. 합성 얼음의 재료로는 polyethylene, polypropylene, wood, paraffin 등이

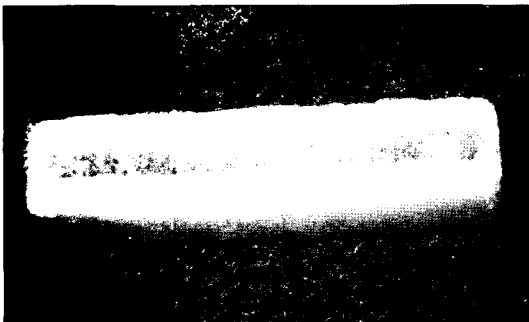


Fig. 2-5 EG/AD/S ice

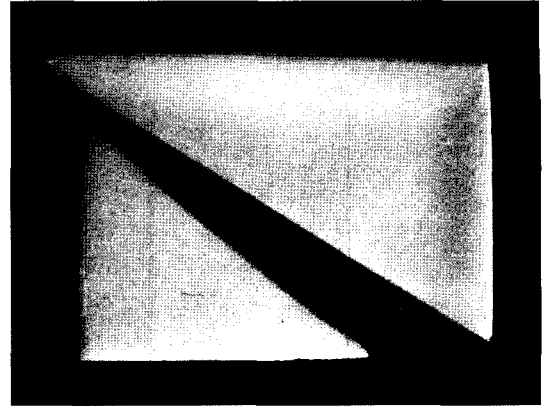


Fig. 2-6 Wax type synthetic ice

쓰인다. 합성 얼음에는 MOD ice(Schultz and free, 1984), Tryde ice(Tryde 1977), Syg ice(Wong 등 1988) 등 여러 종류가 있으나 본 연구에서는 wax (paraffin) type 의 합성 얼음을 사용해서 실험을 하였다. 냉동 얼음에 비해서 합성 얼음이 가지는 장점은 우선 실제 얼음이 아니기 때문에 수조 전체의 온도를 영하로 떨어뜨릴 필요가 없어서 작업 환경이 좋다. 그리고 얼음이 가지고 있는 최대 단정인 녹는 일이 없기 때문에 시간의 제약을 받을 필요도 없어서 냉동 얼음에 비해 유리하다. 다만 쇄빙선이 쇄빙을 할 때 저항에 영향을 주는 요소인 급형 응력, 비중, 거칠기 등을 모두 냉동 얼음과 맞출 수 없고 평탄 빙 실험을 할 수 없다는 단점이 있다. 그래서 본 연구에서는 평탄 빙과 pre-sawn 상태에서의 합성 얼음을 이용한 실험은 수행하지 않고 팩 아이스 상태에서만 실험을 실시하였고 그 결과 값만을 비교하였다. 팩 아이스 상태에서는 얼음이 깨지는 경우가 거의 없기 때문에 급형 응력에 의한 영향은 거의 없고 다양한 모양으로 깨진 얼음의 형상과 마찰과 비중이 결과에 영향을 주는 주요 요소이다. 그리고 합성 얼음의 모양은 집중도를 조절하는데 용이한 직각 삼각형을 사용 하였다. 크기는 가로 320mm 세로 200mm 와 가로 200mm 세로 160mm 크기의 두 가지 종류를 사용하였다. 두께는 냉동 얼음과 같은 두께인 40mm 로 만들어서 실험을 하였다. 합성 얼음의 재료로는 동남 유화에서 만든 DNW-

Table 2-1 Comparison of ice

	Refrigerated ice	Synthetic ice
Shape	Various	Triangle
Thickness	40 mm	40 mm
Density	900 kg/m ³	820 kg/m ³
Friction coefficient	0.01	0.2
Area	Various	320, 160 cm ²

125S paraffin wax 를 가지고 제조하였다. 이 모델은 냉동 얼음에 비해 비중이 가볍고 마찰계수가 크다. Fig. 2-6 은 이번 연구에서 사용된 합성 얼음을 보여주고 있다. 그리고 Table 2-1 은 이번 연구에서 사용된 EG/AD/S 냉동 얼음과 paraffin wax 합성 얼음의 특징을 비교하고 있다.

3. 실험방법

실험은 크게 냉동 얼음을 이용한 빙 수조 실험과 합성 얼음을 이용한 예인 수조 실험으로 나눌 수 있다. 그 각각은 다시 얼음이 없는 open water 상태에서의 실험과 얼음을 띄워놓고 하는 실험으로 나눌 수 있다. 빙 수조에서의 실험은 open water 실험 후 약 하루 정도 얼음을 얼려서 평탄 빙 을 만들어 놓고 먼저 평탄 빙 실험을 한다. 평탄 빙 이란 1 년생 혹은 다년생 얼음이 평탄의 형태를 바다를 덮고 있는 얼음을 말한다. 빙 수조에서의 평탄 빙 이라 하면 수조 전체가 얼음으로 덮여있는 상태를 말한다. 평탄 빙 실험 후 수조 왼쪽 편에 pre-sawn sheet 를 만들고 실험을 한다. pre-sawn sheet 란 쇠벽선의 저항에서 순수 breaking 저항을 알아보기 위해서 ice sheet 에 미리 틈질을 해놓은 형태를 말한다. 하지만 합성 얼음을 이용한 실험에서는 얼음의 급침 응력이 실제 얼음보다는 매우 크기 때문에 얼음을 깨면서 하는 실험인 평탄 빙 실험과 pre-sawn 실험에는 무리가 있어서 팍 아이스(90%, 80%, 60%) 상태에서

만 실험을 하였고 그 결과를 비교 하였다.

3.1 빙 수조 실험방법

빙 수조 저항 시험 방법은, 우선 수조 전체 온도를 영하 25 도까지 내리고 시간당 얼음 생성량과 실제 해빙의 강도를 고려하여 모형 얼음의 강도를 모형선 축척비로 조절하기 위하여 온도를 0 도 정도로 올린다. 그리고 가장 먼저 평탄 빙 실험을 한다. 보통 IOT 에서 빙 수조 실험을 할 때에는 수조를 한번 얼려서 여러 실험을 모두 하기 때문에 수조를 중앙부분과 좌우측 부분으로 3 등분해서 실험을 한다. 보통 평탄 빙 실험을 할 때에는 수조의 중앙에서 실시한다. 그 후에 수조 왼쪽에서 pre-sawn 채널을 만든다. 이때 중앙 부분에서 평탄 빙 실험으로 이미 깨진 얼음 쪽으로 pre-sawn 얼음이 밀리지 않도록 부목으로 지지하는 것은 필수이다. Pre-sawn 실험을 한 후에 보조전차로 얼음을 깨서 팍 아이스 상태를 만든다. 얼음은 일단 보조전차로 큰 조각을 내놓고 사람이 다시 얼음을 깨서 적당한 크기로 부순다. 이때 얼음을 부수면서 얼음이 겹치는 rubble ice 상태가 되지 않도록 하는 것이 중요하다. 팍 아이스는 얼음 조각들이 수조를 차지하고 있는 비율에 따라서 집중도를 정의한다. Fig. 3-1 은 팍 아이스 실험 모습을 보여주고 있다.

3.2 예인 수조 실험방법

예인수조에서의 저항시험 방법은, 우선 합성 얼음을 넣기 전에 가이드라인을 설치한다. 가이드라인 설치에서 가장 중요한 점은 가이드라인의 폭을 조절하는 것인데 합성 얼음이 벽에 부딪혀서 다시 나올 때 선체저항에 영향을 주지 않을 만큼 충분히 넓어야 한다. 보통 선폭의 4 배정도가 적당하다 (Aboulazm 1989). 그리고 가이드라인이 밀리지 않도록 부목 등으로 단단히 고정을 하고 그 다음에 합성 얼음을 집어넣어 다양한 집중도의 팍 아이스 상태를 만든다. 이때 두 가지 크기의 합성 얼음은 1:1 의 비율로 잘 섞어서 넣는다. 이번 연구에서는 60%, 80%, 90%상태의 집중도에서 실험을 하였다. 집중도 판독은 냉동 얼음과 마찬가지로

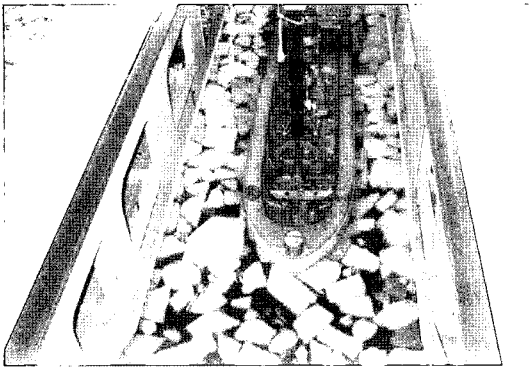


Fig. 3-1 Pack ice test with refrigerated ice

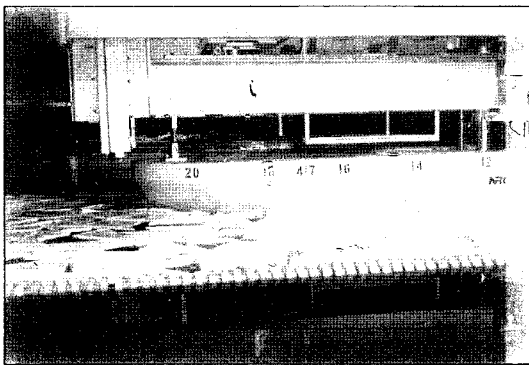


Fig. 3-2 Pack ice test with synthetic ice

로 5 ~ 10m 간격으로 사진을 찍어서 사진 판독으로 정확한 집중도를 맞춘다. Fig. 3-2 는 합성 얼음을 이용한 예인 수조에서의 팩 아이스 실험을 보여주고 있다. 이번에 사용된 wax 타입 합성 얼음은 실험을 하면서 선체에 wax 가 묻고 이는 큰 마찰을 일으킨다. 그래서 실험을 하면서 수시로 선체를 닦아 선체 표면의 마찰저항이 증가하는 걸 방지해야 한다.

4. 실험 결과 해석 및 고찰

4.1 Open water test

Open water 저항은 빙 저항을 분류할 때에도 포함되는 만큼 빙 저항실험을 실시하기 전에 (혹은 후에) 반드시 실시하여야 한다. 쇄빙선의 open water 상태에서의 저항 실험은 예인 수조에서의

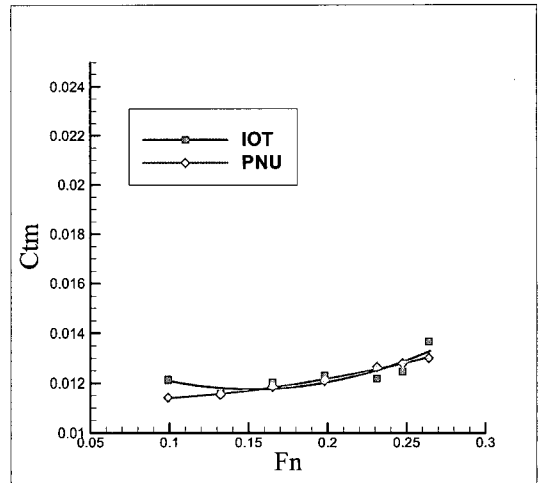


Fig. 4-1 Open water test result

일반적인 저항 실험과 같은 방법이다. 하지만 얼음이 있는 상태와 없는 상태는 운항조건이 다르기 때문에 운항 속도 역시 다르다. Open water 상태에서의 저항 실험은 0.1 m/s 에서 1.6 m/s(실선 속도 약 14.5 knots)의 구간에서 실험을 하였다. 일반적으로 빙 수조에서는 open water 실험을 하지 않고 빙 수조 옆에 따로 예인 수조가 있어서 그 곳에서 open water 실험을 한다. 이유는 빙 수조가 open water 상태의 모형선을 실험 하기에는 길이가 짧고(세계최대 76m) 또 얼음을 만들기 위해서 빙 수조 안에 여러 첨가물을 넣기 때문에 그에 따른 영향이 있을 수 있으므로 open water 실험은 예인수조에서 수행한다.

그 결과 IOT 에서의 실험과 부산대학교 예인 수조에서의 실험은 저속 구간(Fn 0.1 이하)을 제외하고는 결과가 대체로 일치 하였다(최대 3%오차). Fig. 4-1 은 빙 수조와 예인수조에서의 open water test 결과를 보여주고 있다.

4.2 팩 아이스 실험

팩 아이스 저항이란 얼음을 쇄빙하는데 필요한 저항은 거의 없고 얼음의 부력이 선체에 작용하는 저항과 선체가 얼음을 밀어낼 때 생기는 저항으로 나눌 수 있다(Colbourne, 2000). 순수한 팩 아이스의 저항은 pack ice 저항과 open water 저항의

차로 구할 수 있다. 결과비교는 냉동얼음과 합성 얼음의 밀도 차에 따른 저항 값의 변화를 보기 위함 이므로 무차원화 하지 않고 결과 그대로를 비교하였다. 다양한 집중도의 팩 아이스 상태를 만들어 놓고 실험한 결과 저속에서는 냉동 얼음과 합성 얼음의 저항차이가 크게 나지 않았다. 이는 저속에서는 얼음이 선체 밑으로 들어가면서 생기는 부력에 의한 저항은 거의 발생되지 않고 얼음을 밀어내는 clearing 저항 역시 크게 나타나지 않기 때문에 결과가 비슷한 것으로 생각되며 속도가 빨라질수록 선체 밑으로 얼음이 들어가는 현상도 많아지면서 부력에 의한 저항도 크게 나타나고 합성 얼음이 냉동 얼음보다 마찰이 크기 때문에 마찰에 의한 저항 값도 크게 나왔기 때문이라고 생각되어진다. 저 집중도(60%)에서는 0.4 m/s 기준으로 약 30%정도 크게 나왔고 고 집중도(80%, 90%)에서는 약 20%정도 크게 나왔다. 이는 합성 얼음의 비중이 작아서 선체 밑에서 선체를 치는 힘이 크고 마찰이 커서 생기는 차이로 생각된다. Fig. 4-2 는 고속(0.6m/s)에서의 수중 영상을 보여주고 있으며 Fig. 4-3, Fig. 4-4, Fig. 4-5 는 60%, 80%, 90%상태의 결과를 비교 하고 있다. 이러한 결과를 토대로 빙 수조에서의 결과와 일반 예인수조에서의 합성 얼음을 사용한 결과와의 연관성을 정립 할 수 있으리라 생각된다. 즉, 저속에서는 거의 같은 결과를 보이며 기울기의 차이에 의해 고속으로 갈수록 결과 차이가 일관성 있게 이루어지고 있다.



Fig. 4-2 Underwater camera (0.6m/s)

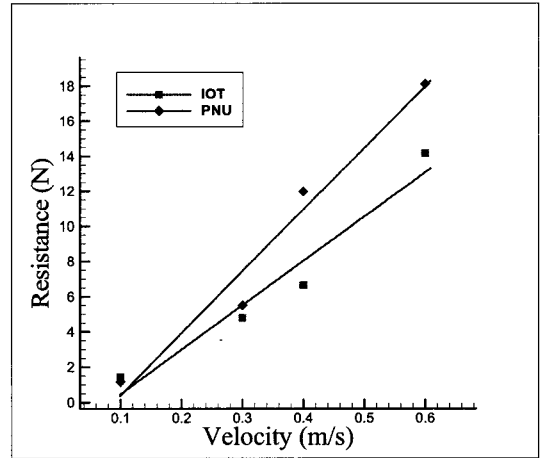


Fig. 4-3 Pack ice comparison (6/10th)

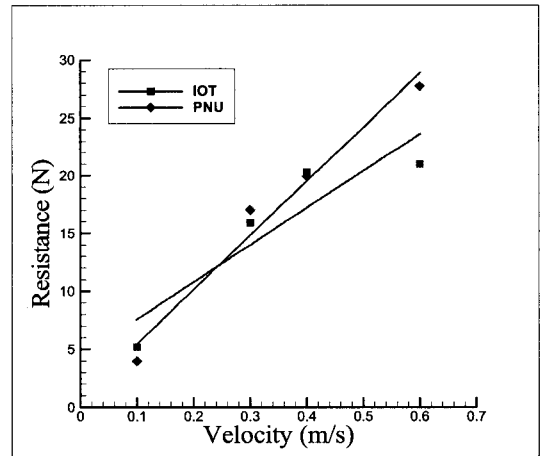


Fig. 4-4 Pack ice comparison (8/10th)

또한 Fig. 4-6 은 합성 얼음을 사용한 실험의 집중도 별 결과를 비교 하고 있다. 결과를 보면 60%, 80% 집중도 에서의 기울기는 비슷한걸 볼 수 있지만 90% 집중도 에서는 기울기가 더 큰 걸 볼 수 있다. 이는 80% 집중도 까지 의 속도 별 저항 증가 량 보다 90% 집중도 이상에서의 속도 별 저항 증가 값이 더 크다는 걸 알 수 있다.

5. 결론

본 연구에서는 빙 수조와 예인 수조에서 냉동 얼음과 합성 얼음을 가지고 다양한 팩 아이스 상태에서

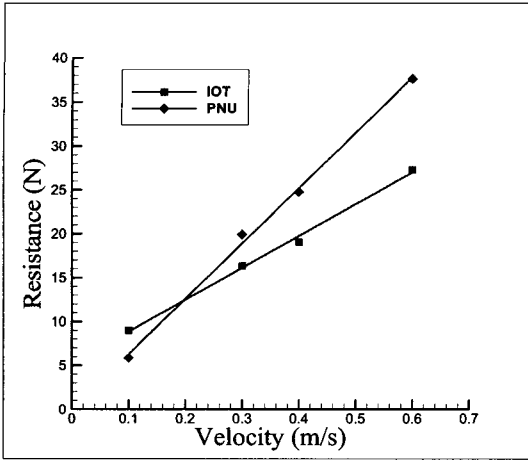


Fig. 4-5 Pack ice comparison (9/10th)

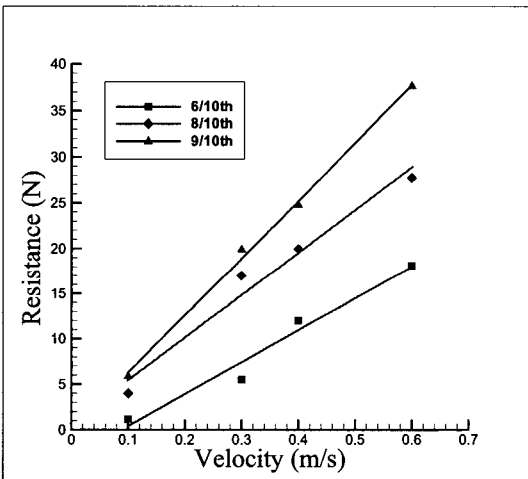


Fig. 4-6 Pack ice comparison (concentration)

저항시험을 실시하였고 그 결과를 비교하였다. 그 결과 저속에서는 두 실험결과가 비슷한 경향을 보였으나 속도가 빨라지면서 합성 얼음을 사용했을 때의 저항이 커짐을 볼 수 있었다.

이는 저속에서는 얼음이 선체 밑으로 들어가지 않고 선체가 얼음을 밀어내는 힘도 약하기 때문에 냉동 얼음이나 합성 얼음의 결과 값에 큰 차이가 없었으나 고속으로 갈수록 냉동 얼음 보다 합성 얼음이 비중이 작고 마찰이 크기 때문에 선체 밑으로 들어가는 얼음에 의한 부력 저항도 커지고

얼음을 밀어내는 양도 많기 때문에 마찰이 큰 clearing 저항도 커지므로 그에 따른 영향이라고 생각할 수 있다. 이러한 차이에도 불구하고 얼음의 집중도에 따른 경향이 매우 비슷하고 속도에 따른 저항 증가율만 잘 고려해 준다면 빙 수조에서의 결과와 정성적, 정량적으로 매우 관련성 높은 결과를 유추해 낼 수 있으리라 생각된다. 특히 이러한 연구는 빙 수조를 확보하기 불가능한 학교와 같은 곳에서 앞으로 빙 관련 선박의 증가와 더불어 매우 관심 있는 연구가 될 것으로 생각된다.

후 기

이 논문은 부산대학교 자유과제학술연구비 (2년) 에 의하여 연구되었음.

참 고 문 헌

- 최경식, 이우람, 이진경, 2005, "쇄빙선 및 쇄빙상선에 대한 빙저항 추정식과 실측자료의 비교 분석," Proceedings of the annual autumn meeting, SNAK, Yongin, 3-4 November pp. 781-788.
- 최경식, 손창배, 최은경, 1992, "빙해 항행 선박의 선수부 형상과 쇄빙 능력에 관한 연구," 대한조선학회 논문집, 제 29권, 제 4호, pp. 87-97.
- Aboulazm, A.F., 1989, "Ship Resistance in Ice Flow Covered Waters," Memorial University of Newfoundland, Canada.
- Colbourne, D.B., 2000, "Scaling Pack Ice and Iceberg Loads on Moored Ship Shapes," Oceanic Engineering International, Vol. 4, No. 1, pp. 39-45.
- Jones, S.J., 1987, "Ice Tank Test Procedure at the Institute for Marine Dynamics," Report No. LM-AVR-20, Institute for Ocean Technology, National Research Council of Canada.
- Song, Y.-Y., Wang, J.-Y., Kim, M.-C. and Chun, H.-H., 2006, "Comparative Study on Resistance of Icebreaker with Synthetic Ice and Refrigerated Ice," Procdceeding of 2006

APHYDRO, Shanghai, China, pp. 29-34

- Timco, G., 1986, "EG/AD/S: A New Type of Model Ice for Refrigerated Towing Tanks," Cold Science and Technology, Vol. 12, pp. 175-195.



< 송 윤 영 >



< 김 문 찬 >



< 전 호 환 >