

# 빙해수조 모형빙에 관한 네트워크형 데이터베이스 구축

이재환<sup>1,†</sup> · 김인수<sup>1</sup> · 최봉균<sup>1</sup> · 이춘주<sup>2</sup>  
충남대학교 선박해양공학과<sup>1</sup>  
한국해양과학기술원 선박해양플랜트연구소<sup>2</sup>

## A Construction of the Network Type Database Management System for Model Ice

Jae-Hwan Lee<sup>1,†</sup> · In-Soo Kim<sup>1</sup> · Bong-Kyun Choi<sup>1</sup> · Chun-Ju Lee<sup>2</sup>  
Dept. of Naval Architecture and Ocean Eng. & Chungnam National University<sup>1</sup>  
KIOST (Korea Institute of Ocean Science & Technology), Maritime & Ocean Engineering Research Department<sup>2</sup>

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

In the KIOST MOERI model ice basin, a lot of experiments to find the material properties of model ice and model ship tests are being performed. And therefore many data information was produced, yet it was saved as excel data format. In order to manage and use the data more effectively and systematically, a proper database management is required. To make realistic engineering DBMS(database management system), understanding of test process, the usage of data, design of data schema and computer language and system management are required. In this paper, basic design process and usage of DBMS based on network and multiple user concept is introduced.

**Keywords** : Database(데이터베이스), Network database management system(네트워크형 DBMS), Model ice basin(빙해수조), Model ice test(모형빙 시험), Cold room(극저온실)

## 1. 서론

극지방로 개발을 위해 시작한 모형빙 특성계측을 위한 연구가, 현재 한국해양과학기술원 선박해양플랜트연구소 빙해수조와 대학에서 진행되고 있다. 극지방로 개발에 대한 관심이 북극과 인접해있는 국가들에 비하여 늦은 우리나라가 빠른 속도로 경쟁력을 확보하기 위해서는, 현재 이루어지는 빙해수조의 실험에 대해 빠른 이해와 체계적인 데이터 관리가 요구된다. 초기에는 산출된 데이터는 대부분 연구 인력의 수작업을 통한 엑셀(excel) 형태의 파일로 저장되었고, 데이터의 변환, 통계 및 관리 또한 수작업으로 이루어져왔다. 데이터베이스가 개발되기 전의 실험 데이터 관리 방식은 실험 시에 계측지에 기록하고, 실험 종료 후 기록된 자료를 가지고 데이터 가공 및 저장 작업을 하는 것으로 같은 일을 반복하는 형태이기 때문에 데이터에 대한 정확성이 떨어지고 업무의 효율성이 저하되었다. 효과적인 데이터의 활용을 위해서는, 각 실험 데이터에 대한 개별적 연구뿐만 아니라 생성된 모형빙에 대한 통합적인 데이터 관리가 필요하다. 따라서 모형빙 실험에

대한 통합적인 데이터관리 시스템 구축이 본 연구의 궁극적인 목표이고, 이것을 “모형빙의 물리적 특성 데이터베이스화”라고 한다. 엔지니어링 DBMS의 경우에는 경우에 따라 데이터의 개수가 매우 복잡하여 우선적으로 데이터 분석 후 이를 정형화하는 과정이 일반 사무적 데이터베이스에 비하여 복잡한 편이다. 선체구조 해석을 위한 요한요소모델링을 위하여 형상데이터를 데이터베이스 표로 구성하고, DBMS 쿼리(query) 언어인 SQL로 구현한 엔지니어링 데이터베이스가 발표되었다 (Lee & Kim, 1993).

## 2. 데이터베이스 시스템의 요구사항 정의/분석

모형빙의 물리적 특성 데이터베이스를 구축하기 위해서 사용자 개발자간의 협의가 지속적으로 이루어져야한다. 데이터베이스 구축 초기단계에서는 Visual Basic 언어를 사용하여 단독형 DBMS 개념으로 진행되었다 (Lee, et al., 2010; Lee, et al.,

2011). 굽힘강도, 압축강도, 마찰계수, 밀도의 4가지 실험에 대해 시간별, 위치별 통계 및 검색 기능을 중심으로 데이터베이스 구축을 진행하였다. Fig. 1은 초기에 개발되었던 단독형 데이터베이스에서의 굽힘 강도 시험 데이터의 입력화면이다. 실험 데이터를 입력, 저장하면 데이터베이스에 직접 저장되고, 통계 및 검색 시에는 조건에 맞게 데이터를 찾아낸다. 그러나 Table 1과 같은 개념으로 개발된 단독형 DBMS에서는 실험 데이터가 외부에 노출되지 않는 장점을 가지고 있으나, 빙수조 실험의 특성상 제한적인 범위 내에서 사용자의 접근성 및 정보교류의 용이성이 떨어지는 문제점이 있어 이를 해결하기 위해 Table 2에 설명된 네트워크 형식의 멀티형 DBMS로 개념을 변경하고, 기존의 단독형 데이터베이스를 구성하는 언어 및 저장형태를 변경하였다. 즉, Fig. 2와 같이 컴퓨터와 데이터베이스가 1대1로 대응되던 단독형 데이터베이스에서 다자가 접속하여 사용하는 멀티형 데이터베이스로 변경 및 구축되었다.

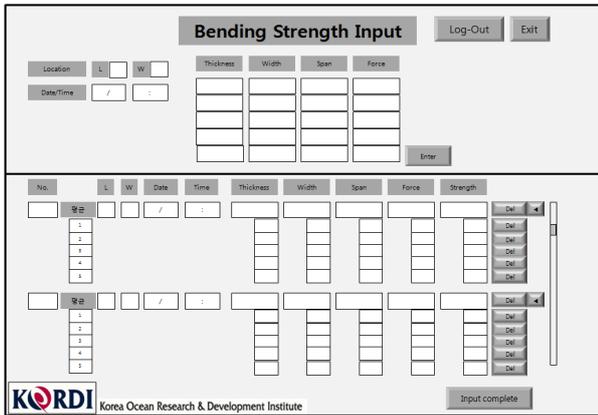


Fig. 1 One-to-one type model ice DB

Table 1 One-to-one type model ice database concept

Definition of user requirements
① One-to-one database
② DB data construction for bending, compression, friction, and density test
③ Login function
④ Data queries; search/statistics for test time/location in the basin
⑤ Calculation functions using data
Data type/language
① Programming language; Visual Basic, C++, C
② Data type for input/output; test time/location, model ice dimension (thickness, breadth, length)
Database schema design
① Local/global database schema design

Table 2 Network type model ice database concept

Definition of user requirements
① Network database
② DB data construction for bending, compression, friction, and density test
③ Login function
④ Data queries; search/statistics for test time/location in the basin
⑤ Calculation functions using data
⑥ DB access authority
⑦ DB/test input person identification
Data type/language
① Database : My SQL
② language : JSP, JAVA
③ WAS : Apache-tomcat
④ Data type for input/output; test time/location, model ice dimension (thickness, breadth, length)
⑤ Graphic functions for statistical data on the Web
Database schema design
① Local/global database schema design

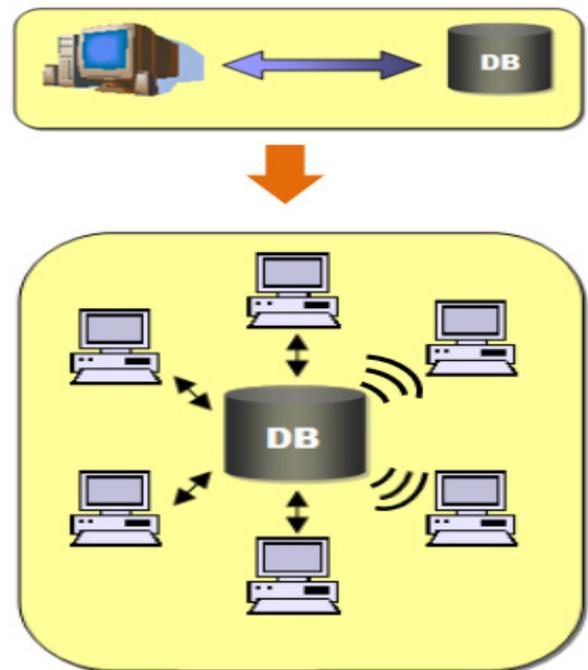


Fig. 2 From One-to-one to Network type model ice DBMS

무선 네트워크형 DBMS의 경우 모형빙 실험 정보에 대한 연구원간의 상호 정보 교류가 활발히 이루어지며, 언제 어디서든 접근이 가능하다는 장점이 있다. 특히, 빙해수조 안에서 무선 네트워크를 사용 할 수 있기 때문에 실험과 동시에 소형 노트북으로

서버에 접속하고 실시간으로 실험 데이터의 입력, 저장, 수정, 검토 및 모형빙의 물리적 특성 변화에 대한 경향을 볼 수 있기 때문에 연구 효율의 증대를 가져올 수 있다.

### 3. 데이터베이스 개요

모형빙 데이터베이스를 구축하기 위해서는 우선 Fig. 3과 같은 데이터베이스 시스템의 전체 개요를 설계해야 하는데 이를 위해서는 현재 진행되고 있는 실험들에 대한 정확한 이해가 필요하다 (Chun, et al, 2010).

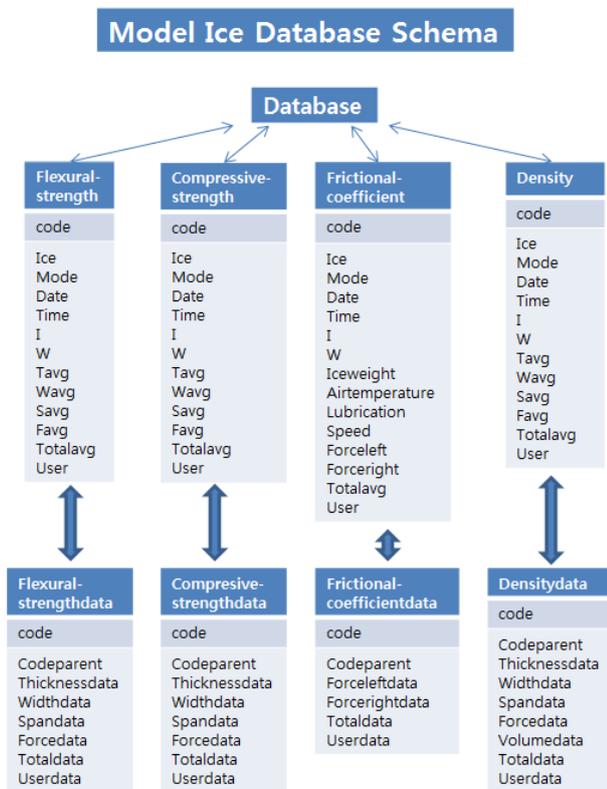


Fig. 3 Schema of model ice DBMS

#### 3.1 모형빙 굽힘 강도 측정실험

42m x 32m x 2.5m 크기의 빙해수조에서 생성된 모형빙판을 5개 이상의 구역에서 외팔 보 시편을 생성하여 2시간마다 초기강도를 비롯해 모형빙의 굽힘 강도를 측정하고 있다. Fig. 4의 굽힘 강도 측정 실험은 얼음이 수직방향으로 깨지는 강도를 측정하는 것으로 모형빙 생성 후 실패빙과 모형빙사이의 상사법칙을 적용하기 위해 빙의 강도를 낮추기 위한 템퍼링(tempering) 과정에서 진행되는 실험이다. 모형빙 생성에서의 템퍼링과정은 모형빙 초기생성이 끝난 후 냉동기 가동을 중지하고 난방기를 가동하는 시점이다. 난방기를 가동하는 것은 빙수조 내의 온도가 상승하는 동시에 생성된 모형빙의 강도를 낮추는 데 목적이 있다. 이 실험

은 매시간 정해진 구역에서 굽힘 강도를 측정하여 실패빙과 모형빙 사이의 두께 비율과 굽힘 강도의 비율을 측정하는데, 이 비율이 오차범위 내에 들어왔을 때 모형선 빙저항 측정실험이 진행된다. 굽힘 강도 측정 실험은 빙해수조에서 모형선을 이용한 빙저항 측정실험의 선행 실험이고, 모형빙이 생성되면 반드시 실행되어야 하는 실험이기 때문에 실험 데이터의 체계적이고 장기적인 관리가 꼭 필요한 부분이다. 실험 준비물로는 푸시풀게이지, 자, 얼음 톱, 노트북, 헤드드라이기 등이 필요하다, 실험시 하중을 알려주는 푸시풀게이지는 실험자에 따라 누르는 힘이 달라 질 수 있기 때문에, 굽힘 강도 측정자는 한명으로 동일하게 한다. Table 3은 굽힘 강도 실험의 데이터 개요이다.



Fig. 4 Cantilever beam flexible strength test

Table 3 Data schema of flexible strength test

Flexible strength test	
code	Integer
code parent	Integer
thickness data	varchar(20)
width data	varchar(20)
span data	varchar(20)
force data	varchar(20)
total data	float
use data	varchar(1)

#### 3.2 모형빙 압축강도 측정 실험

Fig. 5의 압축강도 측정실험은 극저온실에서, 상사법칙이 적용된 강도의 얼음을 생성하기 위해 부동액이 포함된 수조수를 얼린 모형빙을 만든 후, 상하로 압축시켜 파단 되는 순간의 깨어지는 강도를 측정하는 실험이다. 각 시편마다 단면적(mm<sup>2</sup>), 강도(kPa), 최대하중(kgf), 항복하중(kgf), 최대변위(mm), 지지거리(mm), 시험시간(sec), modulus(kPa)를 측정하고, 계

측된 각 실험값들의 평균을 계산한다. 현재 이 계측 값은 일단 엑셀 파일로 저장된 후 Table 4의 데이터 개요에 따라 설계된 데이터베이스에 저장된다.



Fig. 5 Compressive strength test of model ice

Table 4 Data schema of compressive strength test

Compressive strength test	
code	Integer
code parent	Integer
thickness data	varchar(20)
width data	varchar(20)
span data	varchar(20)
force data	varchar(20)
total data	float
use data	varchar(1)

### 3.3 모형빙 마찰계수 측정실험

쇄빙선 운항 시에 선체와 실패빙과의 마찰에 의한 빙저항은 매우 중요한 요소로 부각되고 있다. 하지만 실패역에서 마찰력을 측정하기가 어려운 상황이다. 따라서 Fig. 6과 같이 빙해수조에서의 마찰 시험은 선체와 실패빙의 마찰력을 줄이는데 매우 중요한 자료를 얻을 수 있는 실험이다 (Cho, et al., 2011).

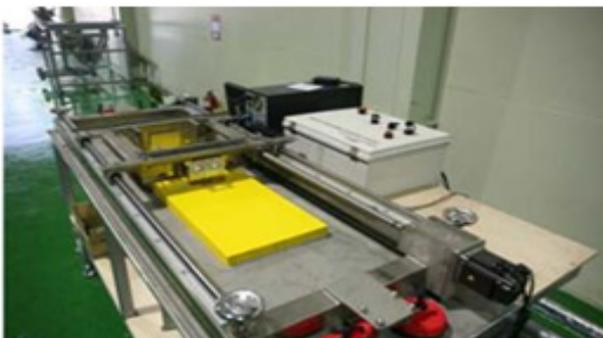


Fig. 6 Friction test of model ice

Table 5 Data schema of friction test

Friction strength test	
code	Integer
code parent	Integer
force left data	float
force right data	float
use data	varchar(1)

### 3.4 모형빙 밀도 측정 실험

모형빙 밀도 측정 실험은 모형빙의 재료 특성을 조절하기 위해 마이크로 버블 시스템을 이용하여 생성된 모형빙의 빙밀도를 측정하는 실험으로 모형빙 생성시 실제 해빙의 밀도와 동일한 모형빙을 생성하는 데 그 목적이 있다. 생성된 모형빙을 질량/부피 관계를 이용한 밀도계측 방법으로 측정하며, 산출되는 실험 데이터는 모형빙 시편의 부피와 얼음을 물속에 잠기게 하는 힘이 있다 (Fig. 7). 밀도를 측정하는 방법은 전자저울과 부력 측정 장비를 이용하여 빙부력을 측정하고, 전자밀도 측정기의 값과 비교하여 진행된다. Table 6은 밀도 측정 실험의 데이터 개요이다.



Fig. 7 Model ice density test

Table 6 Data schema of density test

Density test	
code	Integer
code parent	Integer
thickness data	varchar(20)
width data	varchar(20)
span data	varchar(20)
force data	varchar(20)
volume data	varchar(20)
total data	float
use data	varchar(1)

## 4. 모형빙 데이터베이스 체계

접근성이 용이하고 모형빙의 물리적 특성 파악에 대한 용이성을 중점으로 구축한 모형빙 데이터베이스는 크게 로그인, 입력, 결과 시스템으로 구성된다.

### 4.1 로그인 시스템

네트워크를 통해 접속이 가능한 모형빙 데이터베이스는 실험 데이터에 대한 보안성이 요구되기 때문에 Fig. 8과 같이 로그인을 통해서 허가되지 않은 접근을 차단 할 수 있다. 로그인 시스템에는 관리자와 일반 사용자의 두 가지 형태의 모드로 나누어진다. 일반 사용자가 모형빙 데이터베이스에 접속하기 위해서는 계정과 비밀번호를 생성하고 DBMS 서버에 접속할 때 마다 입력해야만 데이터베이스를 사용할 수 있다. 관리자는 일반 사용자 계정에 대한 삭제와 수정의 권한을 가지며, 관리자는 1명으로 제한된다.

### 4.2 입력 시스템

입력 시스템은 네트워크를 통해 실험 데이터를 입력 시 방해수조에서 사용하고 있는 모형빙의 KI0000의 형태의 고유번호를 입력하게 된다. 기존 데이터의 수정이나 추가 시에는 기존의 고유번호를 선택한다. Fig. 9의 입력 화면에 접속하면, JSP 언어로 구성된 입력양식이 화면에 보이며, 양식에 맞추어 입력하면 아래 부분에 현재 입력하고 있는 데이터를 볼 수 있다. 보다 엄밀한 데이터관리를 위해 로그인 시스템과 입력한 사용자간의 ID를 공유시켜 해당 데이터 옆에 사용자의 ID가 함께 저장된다. Table 2에서 제시된 사용자 요구사항에서 정의된 모형빙 굽힘 강도, 압축 강도, 마찰계수, 밀도 측정 실험의 모든 데이터 입력에서, 실험시간과 수조의 길이와 폭을 의미하는 L&W로 표시된 실험위치를 선택하게 된다. KIOST 빙해수조는 길이 42m x 폭 32m x 깊이 2.5m의 크기를 가지고 있으며 구역 설정 시 길이방향을 L로 표시하고 폭 방향을 W로 표시하고 있다. 이 두 항목은 데이터 통계 및 출력에서 중요한 핵심이 되기 때문에 입력해야만 데이터 입력이 진행된다. 또한 사용자 편의를 위해 입력 시스템에서도 결과 시스템에 해당하는 엑셀파일로의 변환과 입력된 자료를 바로 프린트 할 수 있는 기능이 제공되어 있다.

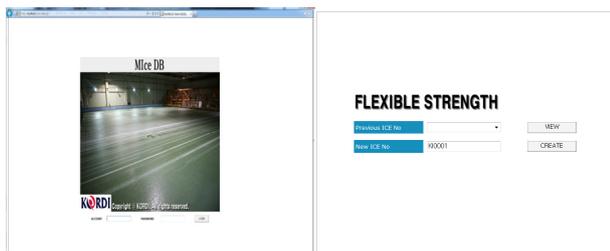


Fig. 8 Log-in and model ice number input

### FLEXIBLE STRENGTH - INPUT

Location	L 00 W 00	Thickness (mm)	Width (mm)	Span (mm)	Force (N)
Date/Time	2012/09/24 10:33				
Current ICE No.	KI0000				
Current Mode No.	KIFL0030				

NO	ICE No.	Mode No.	L	W	Date	Time	Thickness (mm)	Width (mm)	Span (mm)	Force (N)	Strength (kPa)	Del	User
1	KI0030	KIFL0030	15	25	2011/03/08	13:58	avg 37.33	70.67	182.67	3.33	38.0	del	admin
							1 37.12	66.22	181.53	3.6	42.97	0	
							2 37.55	67.8	192.92	2	24.22	0	
							3 37.87	78	174.52	5.1	47.74	0	
2	KI0030	KIFL0030	15	05	2011/03/08	13:55	avg 40.0	77.67	179.0	5.0	43.33	del	admin
							1 39.34	77.3	178.44	4.7	42.06	0	
							2 40.96	76.18	188.35	5.5	48.63	0	
							3 40.3	79.99	170.61	5.1	40.19	0	
3	KI0030	KIFL0030	35	15	2011/03/08	13:51	avg 35.0	69.67	196.0	2.33	34.33	del	admin

Fig. 9 Model ice data input

### 4.3 결과 시스템

결과 시스템은 입력과정에서 저장된 실험 데이터의 검색 및 통계 기능을 구현하고, 데이터를 이용하여 연구결과를 그래프로 활용하는 과정이다. 모형빙 생성 실험 회차 수 별 데이터의 비교·분석이란, KI0000형태로 정의되는 모형빙의 생성 번호와 실험별 인식 코드를 사용하여 각각 해당 시간에 생성된 모형빙의 실험 데이터를 비교하는 것을 말한다. 이것은 정확성이 요구되는 모형빙 생성 기법 연구에서 매우 중요한 근거가 되며, 온도에 따라 변하는 얼음의 강도를 한눈에 파악할 수 있다. 한편 KIOST 빙해수조에서는 매 회차의 모형빙을 생성할 때 Fig. 10의 “모형빙 생성 계획서”를 작성한다. 모형빙 생성 계획서는 쿨링(cooling)부터 시딩(seeding), 프리징(freezing), 템퍼링(tempering), 샘플링(sampling) 등의 모형빙 생성 전체 과정을 기술한 것으로 차후 시행되는 모형빙 생성과 실험의 비교근거가 된다. 또한, 모형빙 생성계획서에 기술된 내용을 바탕으로 실험의 오류나 각 생성과정에서 시간 분배 등의 차이로 인한 오차를 분석해 낼 수 있다. 정리하면, 모형빙 분석결과를 비교할 때 모형빙 데이터베이스의 결과 값을 가지고 1차적으로 생성결과를 비교한 후 서로 상이한 데이터를 파악하고, 모형빙 생성계획서간의 차이점을 비교분석하는 과정이 반복될 때, 실험법과의 상사법칙을 적용해야 하는 모형빙 생성에 있어서 무결성을 이끌어 내는 데 도움이 될 수 있다.

DB 구현 예로서, Fig. 11처럼 모형빙의 강도 변화와 해당 데이터를 한눈에 볼 수 있기 때문에 모형빙의 물리적 특성변화의 흐름을 쉽고 빠르게 판단할 수 있다. Fig. 11에서 데이터는 Fig. 4에서 실험하는 모형빙 외팔보의 두께, 폭, 길이, 파단하중, 파단시의 DB 내부에서 계산된 강도 값들 이고, 시간에 따른 모형빙판의 강도 변화 그래프가 보여지고 있다. 이러한 모형빙 생성 그래프를 구현하기 위해서 J-Query를 사용하여 그래프를 구현하였다. 기존의 JAVA-script에서는 구현될 수 없는 그래프의 동적 표현과 표현된 그래프를, 웹상에서 구현됨이 없이 바로 제어 할 수 있는 기능을 구현하여 보다 능동적인 그래프를 분석할 수 있도록 구축하였다.

한편 북극해에서의 실빙의 특성과 쇄빙선의 쇄빙저항을 위한 실험들이 수행되었고 계속 수행될 예정이다. 여기서 발생한 데이터들은 역시 파일 형태로 저장/관리되고 있는데 향후엔 이들을

관리하기 위하여 데이터베이스가 확장될 필요가 있다 (Choi, et. al. 2011; Jeong & Lee, 2012).

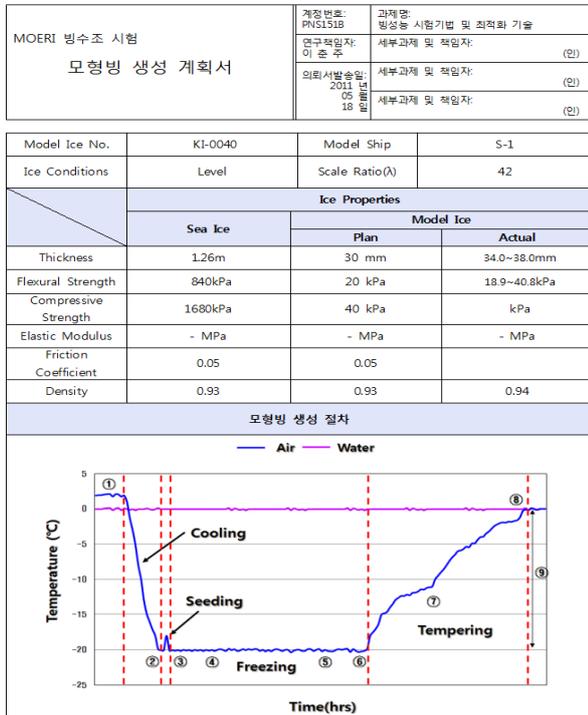


Fig. 10 Plan of model ice creation

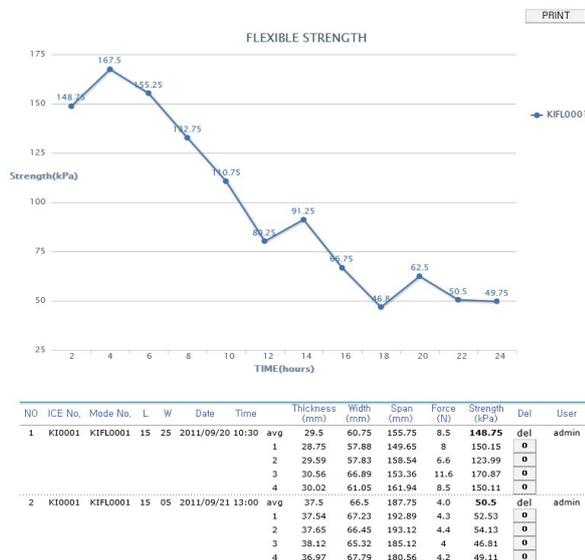


Fig. 11 Output graph & data sheet

## 5. 결론

“네트워크형 모형빙 데이터베이스”를 구축함으로써 기존의 연구원이 직접 실험 데이터의 저장과 가공을 하고, 관리가 불편하였던 기존의 데이터 관리 체계에서 동시 다발적인 데이터베이스 작성과 실시간으로 실험 데이터의 입력 및 출력이 가능하게 되었

다. 특히, 무선네트워크를 이용한 실시간 입·출력 기능은 반복 업무로 인한 업무시간을 단축시킬 수 있고, 다중접속으로 인한 연구원 상호간의 정보교환이 편리해 질것으로 기대된다.

본 연구의 최종목표인 “모형빙의 물리적 특성 데이터베이스화”의 완성을 위해서는 대형수조에서 모형선을 이용해 이루어지는 쇠빙모형선 실험(저항시험, 자항시험)과 극저온실에서 이루어지는 여러 가지 실험들의 데이터 등 빙수조에서 이루어지는 모든 실험 데이터들이 연동되어야 하고, 이를 통해 각 실험 회차별로 생성되는 모형빙의 모든 물리적 특성에 대한 통합 데이터베이스 구축이 추가적으로 이루어져야 한다고 판단된다. 또한 북극해와 같은 실험역에서 수행되는 각종 빙관련 데이터들도 향후 데이터베이스에 통합되어 관리가 될 필요가 있다.

## 후기

본 연구는 지식경제부 산업원천기술개발사업에 의한 KIOST의 “빙상층 시험기법 및 최적화 기술”의 일부로 지원에 감사드립니다.

## References

Cho, S.R. Chun, E.G. Yu, C.S. Jung, S.Y. & Lee, C.J., 2011. The Measuring Methodology of Friction Coefficient between Ice and Ship Hull, *Journal of the Society of Naval Architects of Korea*, 48(4), pp.363-367.

Choi, K.S. Lee, C.J. Rim, C.W. & Kim, H.S., 2011. Strength Characteristics of Arctic Sea Ice from Ice Field Tests of the Ice breaking Research Vessel ARAON. *Journal of the Society of Naval Architects of Korea*, 48(3), pp.254-259.

Chun, E.G. Lee, C.J. & Jeong, S.Y., 2010. A study of initial generation properties of homogeneous model ice. *Proceedings of the Korean Association of Ocean Science and Technology Societies, Jeju ICC*, 3-4 June 2010. pp.808-814.

Jeong, S.Y. & Lee, C.J., 2012. Measurement of Sea Ice Thickness in the Arctic Ocean Using an Electromagnetic Induction Instrument. *Journal of the Society of Naval Architects of Korea*, 49(2), pp.189-195.

Lee, J.H. & Kim, Y.D., 1993. A Study on the Data Extraction and Formalization for the Generation of Structural Analysis Model from Ship Design Data. *Journal of the Society of Naval Architects of Korea*, 30(3), pp.90-99.

Lee, J.H. Kim, I.S. Lee, C.J. & Jo, S.L., 2010. A basic research about constructing the database management of model ice. *Proceedings of the Korean Association*

*of Ocean Science and Technology Societies, Jeju ICC, 3-4 June 2010, pp.772-778.*

Lee, J.H. Kim, I.S. & Lee, C.J., 2011. A basic research about constructing the database management of model ice. *Proceedings of the Annual Autumn Meeting, SNAK, Mokpo University, 3-4 November 2011, pp.64-73.*

