

보안과제(), 일반과제(O)

과제번호

자율항법 음향측심기술에 의한 농업용저수지 내용적측정관리시스템 개발

Agricultural Reservoir Capacity Survey and
Management System with Autopilot Echo Sounding

연 구 기 관
한 국 농 어 촌 공 사

농 립 수 산 식 품 부

제 출 문

농림수산식품부 장관 귀하

이 보고서를 “자율항법 음향측심기술에 의한 농업용저수지 내용적측정관리시스템 개발 연구” 과제의 보고서로 제출합니다.

2009 년 5 월 일

주관연구기관명 : 한국농어촌공사 농어촌연구원

주관연구책임자 : 김 진 택

연 구 원 : 이 용 직

연 구 원 : 윤 동 균

연 구 원 : 오 승 태

연 구 원 : 나 민 철

연 구 원 : 정 의 형

위 축 연 구 원 : 강 민 구

협동연구기관명 : DSME E&R(주)

협동연구책임자 : 우 종 식

연 구 원 : 표 기 형

연 구 원 : 류 재 훈

요 약 문

I. 제 목

자율항법 음향측심기술에 의한 농업용저수지 내용적측정관리시스템 개발

II. 연구개발의 목적 및 필요성

저수지의 정확한 용적과 저수량 등을 파악하여 과학적이고 효율적으로 운영하는 것은 안정적인 농업용수 공급과 더불어 가뭄과 홍수 등의 자연재해 대처에 중요하다. 국내 농업용저수지는 전국에 약 18,000개소가 과거 수 백년전부터 축조되어 농업용수의 이수와 가뭄, 홍수에 대한 치수 기능을 담당하는 주요 농업기반시설이다. 농업용저수지의 내용적측정은 여러 부분의 장비를 외국에서 수입하여 사용하고 있어 고가의 비용이 소요되며 측량 작업자의 승선으로 인한 인명사고의 위험이 있는 등 문제를 가지고 있다. 따라서 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 측정장비의 가격을 저가로 하고 유지관리가 용이하며 수질 및 환경오염을 피할 수 있는 무인자율 운항 농업용저수지 내용적측정관리시스템 개발이 필요하다. 이를 위해서는 저수지의 수심측정을 위한 국산 음향측심센서(Echo Sounder) 및 좌표 연산을 위한 GPS시스템 탑재, 그리고 저수지 수심을 무인 측량하는 탐사선과 자율항법 기술의 개발이 필요하다.

III. 연구개발 내용 및 범위

- 농업용저수지의 내용적 측정현황조사
- 수심측량을 위한 저수지 자율항법탐사체, 수중탐사 음향측심센서모듈 개발
- 농업용저수지 내용적측량으로 수집된 측정자료 분석 및 연계 시스템 개발

IV. 연구개발 결과

- 국내 농업용저수지의 내용적 현황을 조사하고 특성을 분석하였으며, 국내외 저수지 내용적 측정 기술자료를 조사하고 자율항법 음향측심기술을 이용한 내용적 측정 방안을 제시함.
- 저수지 수심측량을 위한 자율항법 탐사체 기술 개발로서 저수지용 선박의 설계 및 제작, 적정항로생성(격자 및 나선)기술 개발, 자율운항 및 제어기

술 알고리즘 개발 그리고 수중 탐사용 음향측심센서의 국산화 개발함.

- 수심측량으로 수집된 자료를 자동 전환하여 측량성과물을 산출하는 내용적측정자료관리시스템을 개발하였고 이를 위하여 3차원수심도, 종횡단면도, 수심등고선도, 항적도등의 도면생성과 수심별 면적산출, 수위-내용적곡선 등의 성과물 자동생성 모듈을 개발함.

V. 연구성과 및 성과활용계획

- 자율항법 음향측심 무인선박체를 최초로 개발하고 연구성과를 특허출원(2건) 하였으며 연구성과의 실용화를 위하여 국내외 전시박람회(국내4건, 국외1건) 출품과 현장설명회(3회)를 실시하였음.
- 본 연구를 통해 개발한 자율항법음향측심내용적측정기술의 실용화를 위하여 정책반영과 시범사업을 추진하고 있으며 내용적측정 자료관리시스템은 한국농어촌공사에 제공하여 일선 저수지관리와 준설사업 계획수립 등에 활용.

Summary

I. Title

Agricultural Reservoir Capacity Survey and Management System with Autopilot Echo Sounding

II. Objectives and necessities of this study

To prevent natural disaster, such as droughts and floods, and to stably supply agricultural water, it is necessary to survey the reservoir capacity and then operate it scientifically and efficiently. In South Korea, there are about 18,000 agricultural reservoirs, which have had the role of the infrastructure for supplying agricultural water use and preventing droughts and floods. The existing methodology for surveying the agricultural reservoir capacity, manned expedition, has caused some problems, including the casualty occurrence. In addition, because some equipments related to the survey have been imported, it has been conducted at high cost. Therefore, to solve these problems, it is inevitably needed to develop the system that is easily managed, for surveying the agriculture reservoir capacity using autopilot echo sounding at the lowest possible cost and without water pollution. To do this, it is necessary to develop exploration vehicle loaded with echo sounder and GPS as well as autopilot technology.

III. Substance and scope of this study

- Investigation of the status of the capacities of the agricultural reservoirs
- Development of autopilot exploration vehicle and echo sounder module
- Development of module for analyzing agricultural reservoir survey data

IV. Results of this study and suggestions for their utilization

- The capacities of the agricultural reservoirs were investigated and their characteristics were analyzed. Also, after reviewing the state of the art of agricultural reservoir survey, the methodology for surveying the agricultural reservoir capacity using autopilot echo sounding was established.
- Autopilot exploration vehicle, appropriate course generation technology, and

autopilot and control algorithm were developed, and the localization of echo sounding sensor was completed.

- Survey data management system that processes survey data automatically and provides survey results graphically was developed. In addition to the module for generating drawings, such as three-dimensional depth plot, corss-section plots, vertical section plots, contour map, and survey course map, the module for automatically generating elevation-area tables and elevation-volume graphs was developed.

V. Outcomes of the study and suggestions for their utilization

- Autopilot exploration vehicle loaded with echo sounder was developed originally, and the two patent applications were made through the study results, the system was submitted for domestic and foreign exhibitions four times and one time, respectively, and was presented on the actual spots three times.
- To practically popularize the agriculture reservoir capacity survey and management system with autopilot echo sounding developed in this study, the study results were reflected on the related policies, the pilot project has been carried out, and the system was supplied for Korean Rural Community Corporation to utilize it for managing agricultural reservoirs and making dredging project plans.

목 차

제1장 연구개발과제의 개요

제1절 연구개발 배경 및 필요성	1
제2절 연구개발 범위 및 내용	2

제2장 국내외 기술개발 현황

제1절 국내 기술개발 현황	4
제2절 해외 기술개발 현황	6

제3장 연구 개발수행 내용 및 결과

제1절 저수지의 내용적 현황	12
1.1 농업용저수지 측정 현황	12
1.2 저수지 내용적 측량 현황	25
1.3 기존 측량 방법에 의한 저수지 내용적 측량 현황	11
제2절 저수지 내용적 측정기술 개발 목표 및 내용	14
2.1 농업용 저수지 내용적 측량 작업표준 방안	14
2.2 저수지 내용적 측량의 시간적 공간적 해상도 결정	15
2.3 농업용 저수지 내용적 측량 자료 수집 및 분석	16
2.4 농업용저수지 현황	23
2.5 저수지 내용적 경계측량 방법 검토	35
2.6 저수지 수심 측량 순회 노선 설정 방안 검토	36
2.7 순회루트 생성 방안 검토	36
제3절 저수지 내용적 측량용 자율항법 시스템 개발 수행 내용	39
3.1 저수지 내용적 측량용 자율항법 시스템 운용 개념	39
3.2 저수지 내용적 측량용 자율항법 시스템 구성	40
3.3 농업용 저수지용 자율항법 무인탐사선 선박 설계 및 제작	45
3.4 저수지용 음향 측심센서 개발	68
3.5 무선 통신 기법 및 모듈 개발	70
3.6 육상 제어부 설계 및 제작	72
3.7 자율항법 알고리즘	76
3.8 운영 제어 프로그램 개발	85
3.9 저수지 내용적 측량용 자율항법 시스템 시제품 설계 및 제작	89

제4절 무인 자율항법 저수지 내용적 측정기술의 현장시험, 평가 및 결과	90
4.1 자율항법 알고리즘 현장시험	90
4.2 음향 측심 센서 현장시험	94
4.3 무인 자율항법 저수지 내용적 측정기술의 현장시험 평가 및 보완	95
4.4 무인 자율항법 저수지 내용적 측정기술의 현장시험 결과 분석	96
제5절 농업용 저수지 내용적 측정자료 관리 방안	103
5.1 저수지 내용적 자료처리 시스템	103
5.2 단계별 내용적 자료 처리 및 결과물 산출	108
5.3 자료관리 방안	127

제4장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

제1절 목표달성도 및 관련분야에의 기여도	145
------------------------------	-----

제5장 연구개발 성과 및 성과활용 계획

제1절 연구개발결과의 활용계획	146
------------------------	-----

제6장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

제1절	120
-----------	-----

제7장 참고문헌

185

부 록

A1. 농업용저수지 현황	000
A2. 저수지 내용적측량용 자율항법시스템 사용자 매뉴얼	000
A3. 자율항법 제어프로그램 사용자 매뉴얼	000
A4. 저수지 내용적 자료관리 시스템 사용자 매뉴얼	000
A5. 자율항법 제어프로그램 Source Code	000
A6. 저수지 내용적 자료관리 시스템 Source Code	000

표 목 차

<표 1-1> 내용적 측정 용역 단가 비교표	5
<표 3-1> 공사관리 저수지 현황(농업기반시설관리시스템 자료)	12
<표 3-2> 전국 저수지 지역별 분포 현황(단위:개소)	13
<표 3-3> 시군 관리 저수지 지역별 분포 현황(단위:개소)	14
<표 3-4> 농어촌공사 관리 저수지 지역별 분포 현황(단위:개소)	15
<표 3-5> 전국 저수지 지역별 준공년도 분포 현황(단위:년도)	16
<표 3-6> 시군 관리 저수지 지역별 준공년도 분포 현황(단위:년도)	17
<표 3-7> 농어촌공사 관리 저수지 지역별 준공년도 분포 현황(단위:년도)	18
<표 3-8> 전국 저수지 지역별 유효저수량 분포 현황(단위:천톤)	19
<표 3-9> 시군 관리 저수지 지역별 유효저수량 분포 현황(단위:천톤)	20
<표 3-10> 농어촌공사 관리 저수지 지역별 유효저수량 분포 현황(단위:천톤)	21
<표 3-11> 전국 저수지 지역별 만수면적 분포 현황(단위:ha)	22
<표 3-12> 시군 관리 저수지 지역별 만수면적 분포 현황(단위:ha)	23
<표 3-13> 농어촌공사 관리 저수지 지역별 만수면적 분포 현황(단위:ha)	24

그림목차

<그림 2-1> 저수지 퇴사 과정	8
<그림 3-1> 전국 저수지 현황	13
<그림 3-2> 시군 관리 저수지 지역별 현황	14
<그림 3-3> 농어촌공사 관리 저수지 지역별 현황	15
<그림 3-4> 전국 저수지 준공년도 현황	16
<그림 3-5> 시군 관리 저수지 준공년도 현황	17
<그림 3-6> 농어촌공사 관리 저수지 준공년도 현황	18
<그림 3-7> 전국 저수지 유효저수량 현황	19
<그림 3-8> 시군 관리 저수지 유효저수량 현황	20
<그림 3-9> 농어촌공사 관리 저수지 유효저수량 현황	21
<그림 3-10> 전국 저수지 만수면적 현황	22
<그림 3-11> 시군 관리 저수지 만수면적 현황	23
<그림 3-12> 농어촌공사 관리 저수지 만수면적 현황	24

제1장 연구개발과제의 개요

제1절 연구개발 배경 및 필요성

국내 농업저수지는 전체 농업용수 공급의 약 60%에 달하는 많은 양을 담당하고 있으며 전국에 약 18,000개소가 과거 수 백년전부터 축조되어 농업용수의 이수, 가뭄 및 홍수에 대한 치수 기능을 하는 등 주요 농업기반시설로써 그 역할을 하고 있다.

2005년 11월 현재 한국농촌공사의 농업기반공사시설관리시스템에 등록·관리되고 있는 저수지는 3,316개소이며 주수원공 1,811개소(54.6)%, 보조수원공 1,477개소(44.5%), 부속시설 28개소(0.9%)로 구분되어 있다.

총저수량은 2,481백만 m^3 , 유효저수량 2,368백만 m^3 이고 유역면적은 1,794천ha, 수혜면적 409천ha이다. 주수원공 저수지가 전체 저수지의 총저수량의 약 84%를 차지하고 있으며, 수혜면적은 약 83%를 차지하고 있다. 저수지 개소당 평균치를 살펴보면 총저수량은 767천 m^3 , 유효저수량 732천 m^3 이고 유역면적 541ha, 수혜면적 126ha이다.

저수지 관리에 있어서 저수지들의 정확한 용적과 저수량 등을 파악하여 과학적이고 효율적으로 운영하는 것은 안정적인 농업용수 공급과 더불어 최근 자주 발생하는 가뭄과 홍수에 신속하고 적절하게 대처 할 수 있을 뿐 아니라 향후 물 부족 국가로 예견되고 있는 우리나라의 저수지 수자원의 효율적인 관리에 중요하다.

저수지의 저수용량을 안정적으로 확보하기 위하여 한국농촌공사 및 각 지자체에서는 지속적인 저수지 준설사업을 시행하고 있으며 이에 대한 저수지 기초자료 확보와 체계적인 유지관리를 위하여 저수지 수심측량을 통한 정기적인 내용적 측정조사사업을 수행하고 있다. 저수지 내용적 결정에 있어서의 기준은 GPS 장비와 음향측심기(Echo-sounding)를 이용하여 측량한 자료와 광파기를 이용한 만수면 주변 지형측량 자료로 결정하며 내용적 측정 시 저수지의 만수위는 여수토 언정을 기준으로, 사수위는 최저 취수공 표고를 기준으로 한다.

그러나 이러한 국내 농업용저수지의 내용적측정은 각 부분의 장비를 외국

에서 수입하여 사용하고 있어 고가의 비용이 소요되며 또한 유인탐사선을 이용하여 측정함으로써 깊이가 얇은 곳의 측량제한과 환경오염, 전복 등으로 인한 인명피해를 유발하는 등 많은 문제점을 가지고 있다.

따라서 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 측정 장비의 가격을 저가로 하고 유지관리가 용이하며 수질 및 환경오염을 피할 수 있는 보급형 농업용 저수지 내용적 측정관리 시스템 개발이 절실하다. 이를 위해서는 저수지의 수심 측정을 위한 국산 음향측심센서(Echo Sounder) 및 좌표 연산을 위한 GPS 시스템 탑재하고 저수지 수심을 정밀하게 측량하는 무인 탐사선, 수면 장애물 회피를 포함한 농업용 저수지의 적정 자동항법 알고리즘 기술, DGPS와 음향측심센서 및 현장 측정 RF통신 기술 등의 개발이 필요하며 이를 실현하는 방법으로 전체 시스템의 안정적인 통합을 고려하여, 개별 모듈을 개발하고 적정 통합시스템으로 결합함으로써 시스템의 안정성을 제고하며 관측된 농업용저수지 내용적 자료의 유지관리를 위한 측정자료 자동분석 및 내용적관리시스템을 개발하여 저수지 기초자료 확보와 체계적인 유지관리를 실현하며 측량에 소요되는 인원의 절감과 시간의 절약을 통하여 측량 소요 예산의 절감을 도모하도록 하였다.

제2절 연구개발 범위 및 내용

가. 기술개발의 주요내용

(1) 저수지 자율항법 선박 및 알고리즘 기술 개발

- 농업용저수지의 수심측정을 위한 음향측심센서(Echo Sounder) 및 좌표 연산을 위한 GPS 시스템을 탑재하고 저수지 수심을 정밀하게 측량하는 무인 탐사선 개발
- 운영 탐사선은 정밀한 음향측심을 위해 파도 등에 의한 선체 운동을 보상하는 모듈을 개발
- 음향측심시스템, 엔진, 배터리, 탐사제어기, DGPS 등을 탑재할 수 있는 공간 및 부력이 확보되어야 하며, 전기·전자 장치에 대한 방수 기능으로 개발

(2) 수중 탐사용 음향측심센서 모듈 개발

- 복합 (Composite) 압전재료를 이용하여 저수지 음향측심기에 적합한 250 kHz 대역 8°의 빔폭을 갖는 수중탐사용 음향측심센서 모듈의 국산화 개발
 - 음향측심센서 구동을 위한 음향측심신호처리 회로, 전원회로 및 디지털 인터페이스 회로의 설계 및 제작
 - 음향측심센서 구동 및 계측, 데이터 보정 및 결정 알고리즘 수행, 측정정보의 전송, 환경변수의 설정 및 변경 등의 기능을 수행하는 펌웨어 개발
- (3) DGPS, 음향측심 및 통신 연계 모듈 개발
- GPS를 이용하여 측정된 수심 데이터의 위치정보를 위경도 정보를 융합하기 위한 DGPS(선박용, 지상용) 연동기술 개발
 - 측정된 수심 데이터 및 위치 정보를 육상 제어시스템에 전송하는 RF 통신 모듈 개발
- (4) 측정자료 분석 및 자료관리 프로그램 개발
- 수중 지형 모델링을 하기 위한 GIS, DGPS 및 측정자료 연계 모듈 개발
 - 측정자료 자동분석 모듈과 분석 자료를 내용적보고서 작성 모듈 개발
 - 측정된 자료를 관리할 수 있는 자료관리 프로그램 개발

제2장 국내외 기술개발 현황

제1절 국내 기술개발 현황

우리나라에서 최대 물이용 부분인 농업용수에서 주된 수리시설인 농업저수지는 전국적으로 18,000개소에 이르며 전체 농업용수 이용의 약 60%를 담당하고 있다. 그러나 현재 전국에 산재해 있는 오래된 소규모 저수지들은 정확한 용적과 저수량 등을 파악하고 있지 못한 실정이며 이로 인하여 안정적인 농업용수 공급 및 최근 자주 발생하는 가뭄과 홍수에 신속하고 적절하게 대처하지 못하고 있다.

농업용 저수지에 대한 내용적 측정은 농업용수의 이수, 가뭄 및 홍수에 대한 치수에 중요한 기준이 되며 이러한 저수지의 기초자료는 우리나라 저수지 수자원의 효율적인 관리에 도움을 주고 있다. 따라서 한국농촌공사 및 각 지자체에서는 매년 막대한 예산을 투입하여 농업용 저수지에 대한 내용적 조사사업을 시행하고 있는 실정이다. 저수지의 효율적인 관리와 내용적 측정에 투입되는 예산을 절감하기 위하여 저비용, 고효율의 저수지 내용적 측정관리시스템을 개발하게 된다면 저수지의 기초자료를 확보할 수 있으며 이를 토대로 효율적인 유지관리를 함으로써 국가 예산의 상당부분을 절감할 수 있을 것으로 기대된다.

최근 한국농촌공사에서 실시한 저수지 내용적 조사 사업에 대한 내용을 살펴보면 2002년도에 4.71억원, 2003년도에 14.66억원, 2004년도에 13.7억원을 투입하여 각각 536개소, 1,101개소, 1,170개소에 대한 내용적 조사사업을 시행하였다. 이와 같이 매년 저수지 내용적 조사사업에 막대한 예산이 투입되는 이유는 내용적 측량의 단가가 상대적으로 높기 때문이다. 내용적 측정 장비의 대부분을 외국산 제품을 수입하여 사용하고 있으며 측정조사의 경우도 인력이 필요한 유인탐사선으로 측정을 하기 때문에 고비용-저효율의 문제점이 발생하고 있다.

현재의 농업용 저수지 내용적 측량 단가는 개소당 1,000만원~1,500만원 정도이며 매년 1000개소 정도의 내용적 조사사업을 시행할 경우 10억원~15억원의 막대한 예산이 투입되어야 한다. 따라서 국내개발을 통하여 음향측심센서, 내구

성이 큰 자율항법 탐사선 및 농업용 저수지 내용적 측정관리 시스템을 개발할 경우 수입대체효과를 얻을 수 있을 뿐 아니라 국내 내용적 측정 기술향상에 큰 역할을 할 것이며 전국에 산재해 있는 농업용 저수지에 적용할 경우 국가 예산의 상당부분을 절감하게 될 것이다.

<표 1-1> 내용적 측정 용역 단가 비교표

구 분	초기시설비 (만 원)	측량용역비 (만 원)	50개소 측정시 용역단가(만원)	비고
기 준	없 음	1,000~1,500 (개소당)	50,000~ 75,000	
신 규	3,500	10 (개소당)	4,000	대당 50개소 기준

위의 표는 현재 농업용 저수지 내용적 측량에 소요되는 용역 단가와 자율항법 탐사선을 이용하여 내용적 측량을 할 경우 소요되는 비용을 50개소 측정시를 기준으로 비교해 놓은 것이다. 보는 바와 같이 기존 방법에 의한 내용적 측량에 소요되는 단가는 개소당 1,000만원~1,500만원 정도이며 자율항법 탐사선을 이용하여 내용적 측량을 할 경우 초기시설비 3,500만원에 개당 10만원의 비용 소요되는 것으로 계산된다. 따라서 50개소를 측정할 경우 기존의 내용적 측량의 방법은 평균 60,000만원정도 비용이 소요되며 자율항법 탐사선을 이용하여 측정을 할 경우 약 4,000만원 정도의 비용이 소요된다.

이러한 개발 보급에 따른 경제적인 효과를 전체 농업저수지 3,500개소에 적용할 경우에 대하여 산정해보면 개소당 현재의 측정단가인 1,000만원~1,500만원일 경우 평균 44억원이 소요되며 본 연구를 통한 개발 후 보급 개당 예상가격인 3,500만원, 탐사선의 소요대수를 50대(대당 70개 저수지 측정)로 산정하면 대략 28억원이 소요되는 것으로 비용상 평균 16억원의 엄청난 경제적 절감효과가 기대된다.

제2절 해외 기술개발 현황

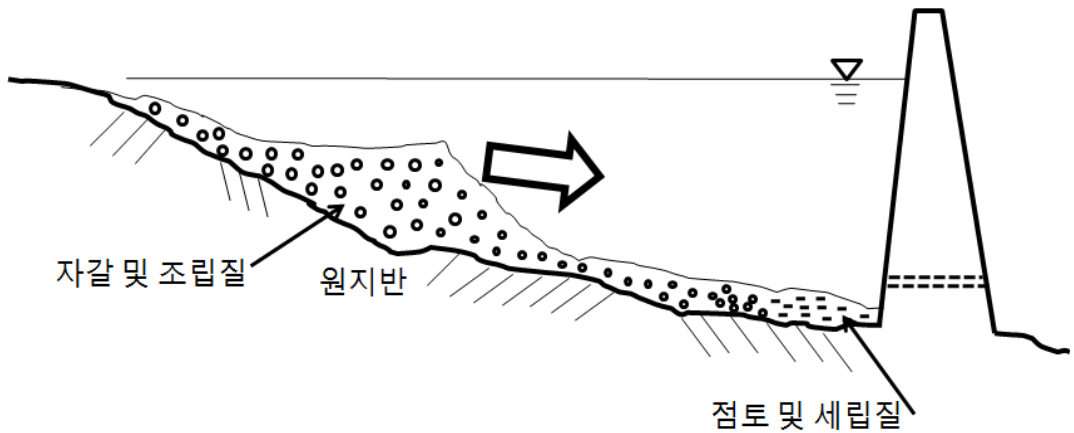
세계적으로 저수지 퇴사로 인한 연평균 저수지 용량 감소는 총저수량의 약 0.5 % 정도로 추정되고 있으며, 연평균 약 45 km³의 저수용량이 감소하는 것으로 보고되고 있다(White, 2001; Palmieri 등, 2003). 신규 댐 건설과 관련된 환경 및 사회적 비용을 고려하지 않더라도 이와 같이 감소되는 저수용량을 보충하기 위해 약 130억 달러의 비용이 소요될 것으로 추정되고 있다. 최근 조사된 국내 농업용저수지의 저수용량 감소 현황을 살펴보면, 저수지 건설이후의 퇴사량이 총저수량의 약 19.2% 이었으며, 퇴사와 준설로 인해 조사대상 저수지들의 총저수량은 15.7% 가 감소하였으며, 유효저수량은 4.4% 가 감소한 것으로 나타났다(박재홍 등, 2005). 이와 같은 저수지 상류유역으로부터 퇴사에 의한 저수용량 감소가 발생함에 따라 국내에서도 저수지의 퇴사를 제거하여 저수용량을 증대시켜 수자원을 확보하자는 주장들이 제기되고 있으며, 국내 현실에 맞는 퇴사 제거 방법이 제안되고 있다(손광익과 심명필, 2004; 윤용남 등, 2003; 박민서 등, 2003). 특히, 대규모 댐의 신규 건설이 사회 및 환경적 문제 때문에 어려워지고 있는 상황에서 저수지 퇴사 제거에 의한 수자원 확보는 댐 건설에 대한 합리적인 대안이 될 수 있을 것으로 인식되고 있다.

저수지 퇴사와 관련된 문제들은 저수지의 상류와 하류에서 발생하며, 저수용량의 감소는 용수공급, 발전, 홍수조절 등의 편익 발생의 효율성을 감소시켜 수자원 이용에 대해 심각한 영향을 미친다. 퇴사로 인해 저수지 상류에서 하상의 상승은 홍수시 하천 수위를 증가시켜 범람을 초래한다. 또한, 저수지 퇴사는 생태, 물 투명도, 유사 균형, 영양물질 수지, 저수지 하류의 하상 등에 영향을 미친다. 이와 같은 이유 때문에 국내에서는 댐은 100년 정도 농업용저수지(필댐)의 내구연한은 60년으로 하고 있으며, 설계 퇴사량은 20년간의 퇴사량을 추정한 값을 사용하고 있다. 따라서 저수지 및 댐의 정상적인 운영을 위해서는 퇴사량을 모니터링하고 이를 바탕으로 적절한 퇴사 제거 방법과 제거량을 결정할 필요가 있다.

과거에는 저수지 내용적 자료가 부족하여 효과적인 물관리를 실시하기 어려워서 제당 높이, 유효수심, 기복량비 등으로 저수지 내용적 곡선을 모의발생

하여 사용하는 경우도 있었다(김현영 등, 1995). 일반적으로 저수지 퇴사량은 저수지 내용적 측량을 실시하여 내용적을 산정하고 과거 내용적과 비교하여 산술적으로 산정된다. 과거에는 트랜짓이나 토탈스테이션과 같은 측량 장비를 사용하여 저수지의 수위가 낮을 때 지형측량을 실시하여 저수지 내용적을 산정하였으나 최근에는 GPS와 음향측심기를 사용하여 측점의 위치와 수심을 측정하여 보다 정확한 내용적을 산정하고 있다. 이와 같은 방법으로 산정된 저수지의 내용적은 과거 측량 결과와 비교하여 퇴사량 산정에 이용되며, 정확한 저수용량에 근거한 효율적인 저수지 운영과 관리를 위해서 사용된다. 따라서 저수지 내용적 측량은 저수지의 물리적 특성, 저수지 운영, 상류 유역의 특성 등을 고려하여 주기적으로 계획하여 시행될 필요가 있다. 또한, 저수지 내용적 자료를 체계적으로 관리하고 사용자들의 접근이 용이한 방법으로 관련자료들을 제공하기 위한 정보시스템의 개발이 필요하다.

본 연구에서는 효과적인 저수지 내용적 측량을 실시하기 위한 저수지 수심 측량 방법의 최신 기술 수준을 고찰하였으며, 세계 각국의 저수지 퇴사 관리와 내용적 측량에 관련된 현황을 파악했으며, 국내의 저수지 내용적 측량 기술의 현황 및 적용 사례에 대하여 고찰하였다. 또한, 국내 여건을 고려한 저수지 내용적 측량 방법과 자료 관리 방안을 제시하였으며, 저수지 관련 자료의 체계적인 관리를 위한 정보시스템의 필요성 및 개발 방안을 제시하였다. 일반적으로 자연하천에서는 유입유사가 유출유사와 균형을 이루어 형태적 균형 상태에 있다. 저수지에서는 흐름이 저수지의 담수 구간으로 들어가 유속이 감소하고 운송능력이 저하되었을 때 유사가 저수지 바닥에 퇴적된다. 굵은 유사는 저수지의 상류부에 주로 퇴적되고, 반면에 세사는 저수지내로 더 운송된다. 저수지의 퇴사는 그림 2-1과 같이 유입수에 실려온 유사가 유속이 감소되는 저수구역으로 유입되면서 저수지 바닥에 쌓이면서 발생한다. 입경이 큰 유사는 저수지 상류 부근에 퇴적되어 단구를 형성하여 댐체로 이동한다. 입경이 작은 유사는 부유사로 댐체 가까이로 이동하여 퇴적되며 점토질이나 미세립질이다.



<그림 2-1> 저수지 퇴사 과정

저수지의 유입유사가 방출되지 못하고 저수지에 퇴사됨에 따라 저수지의 용량이 감소하며, 저수지의 내용적이 변한다. 또한, 저수지 상류의 하상이 높아지고 저수지 하류의 하상이 낮아진다. 저수지 용량의 감소는 수자원량의 감소를 초래하므로 저수지 운영 목적을 달성하기 위해서는 대상 저수지에 대한 적절한 퇴사 저감 대책이 필요하다. 저수지 상류 유역의 특성과 기상 및 지후 조건에 따라 저수지로 유입되는 유사량의 차이가 나타나며, 저수지의 퇴사는 저수지 운영에 심각한 영향을 미칠 수도 있다. 또한, 저수지 상류에서 토사유출을 야기하는 건설시공, 산림 개발, 도시 개발 등이 시행되면 저수지로 유입하는 토사량이 증가하여 하류의 저수지에 많은 퇴사가 발생한다. 따라서 저수지의 퇴사량을 저감하기 위해선 적절한 모니터링 기법과 유역관리 기법이 필요하다. 저수지 용량을 주기적으로 측정하고 퇴사량을 산정하여 저수지 상태를 파악하며 상류 유역에서 토사 유출을 억제하기 위하여 시행하고 있는 대책들의 효과를 평가한다. 또한, 저수지의 상태를 파악하면서 시공되고 있는 공법을 조정해야 한다. 따라서 정확한 저수지 내용적을 산정할 수 있는 저수지 측량 방법과 저수지 퇴사 모니터링 방법의 도입이 필요하며, 측정된 자료를 관리하고 사용자에게 제공할 수 있는 정보시스템의 개발이 필요하다.

저수지는 최초 담수이후에 상류로부터 유출수와 함께 유입되는 유사가 유출

구나 여수로를 통해 전량 유출되지 않고 저수지 저수수역내에 쌓이기 때문에 저수용량이 감소한다. 저수지의 저수용량이 감소하면 저수지 건설 및 운영의 목적을 달성하지 못하기 때문에 저수지가 폐쇄되거나 다른 시설물에 의해서 기능이 대체된다. 따라서 저수지의 저수용량 관리가 중요한 문제가 된다. 또한, 저수지 내용적 측정은 저수지 퇴사 관리를 위한 가장 좋은 방법 중의 하나이며, 장래 퇴사량을 예측하기 위해서는 반드시 시행되어야 한다.

과거의 저수지 측량은 육지부의 경우 트랜짓이나 레벨, 표척 등을 이용한 스타디아 측량을 통해서 지형변화를 측정하였으나, 최근에는 토탈스테이션, 스타프, GPS를 사용한 컴퓨터화된 측량기기들을 사용하여 신속하고 정확한 측량을 시행한다. 특히, GPS는 3차원 위치 및 고도를 정확하게 측정할 수 있으며, 기상조건에 영향을 크게 받지 않고 24시간 연속적으로 서비스를 제공하기 때문에 육상부 측량과 저수구역의 수심 측량에 효율적으로 이용되고 있다. 최근 저수구역의 수심측량은 GPS와 음향측심기(Eco-sounder)가 주로 이용되고 있다. 저수지 내용적 측량은 횡단측량이나 등고선 측량을 적용하여 실시하며, 측량 결과를 사용하여 수위-표면적-용량 관계 곡선을 수립한다. 새롭게 수립된 수위-용량 관계 곡선과 과거에 수립된 수위-용량 관계 곡선을 비교하여 대상기간 동안의 저수지 퇴사량을 산정한다. 다음은 미국 내무부 산하 개척국(USBR)에서 사용하고 있는 저수지 내용적 측량의 주요 검토사항과 수심 측량법을 정리한 것이다.

(1) 측량 계획 및 주기

저수지내용적 측량을 어떠한 방법으로, 얼마만큼의 빈도로 할 것인가는 먼저 수립되어 적용되고 있는 저수지 운영 및 관리 계획과 예상되는 저수지 퇴사율을 고려해서 결정된다. 또한, 현재 저수지 운영 및 관리 계획은 가용한 자원과 운영 목적 및 특정 문제들을 고려하여 측량 시행여부와 기간을 결정한다. 저수지의 재측량 빈도는 저수지 퇴사율과 관련이 있으며, 5년이나 10년 간격으로 재측량을 실시하며, 임의 담수 기간 내의 저수지 용량 감소가 7.5 %에 이를 경우에 재측량을 하는 경우도 있다. 예를 들어서, USBR의 저수지 측량은 저수지 운영사무소가 측량 시행여부와 기간을 결정한다. 대형 홍수 발생, 심각한 저수지 수심 저하, 상류댐 건설, 위락시설로의 토사 유입, 토지이용이나 산불에

다른 수계의 변화, 댐 수위 상승, 저수지 운영 률 변화 등이 저수지 측량에 관련된 결정에 영향을 미친다. 뉴멕시코의 엘리펀트 푸드 저수지의 경우에는 저수지 용량의 5 % 감소를 기준으로 사용하고 주정부와 연방정부사이에 치밀한 협의를 통해서 재측량 여부가 결정된다. 운영사무소는 가용한 재원을 고려하여 측량 방법을 결정한다. 예를 들어, 육상부 지역에 대한 측량 자료 수집을 위한 항공측량 실시 여부는 비용과 저수지 사면의 침식량에 근거하여 결정되며 가용한 예산으로 최상의 측량 성과를 얻기 위하여 대상 저수지를 관리하는 현장사무소와 긴밀한 협업관계를 유지하여야 한다.

측량계획은 측량자료 수집 방법, 기상, 저수지 운영 등의 요인들로부터 영향을 받는다. 육지부 측량은 저수지 수위가 가능한 낮으며 수심측량 전에 시행되어야 한다. 육지부 측량은 가을, 겨울, 이른 봄에 시행되며, 이들 기간에는 식생이 적기 때문에 양호한 측량 결과를 얻을 수 있다. 수심측량은 저수지가 만수상태이고 육지부 측량의 적용범위와 가능한 많이 중첩될 때 시행해야 한다. 이를 통해서 완벽한 저수지 지도제작이 가능하며, 육지부 측량이 천수 부분과 위험지역을 포함한다면 수심측량 작업의 속도를 빠르게 할 수 있다. 비용과 시간이 과다하게 소요되면 육지부의 측량 자료는 기존의 지도를 사용하여 분석하고 수심측량만을 수행하여 이를 중첩하는 경우도 있다. 이러한 방법은 저수지 수위가 낮은 경우에는 적용하기 어렵기 때문에 저수지 수위가 가능한 만수위일 때 시행한다. 저수지 상류에 퇴사로 인해 델타가 형성된 경우에는 지상 측량을 통해서 육지부의 지형자료를 수집할 필요가 있다.

측량계획 수립에 영향을 미치는 다른 요인으로는 저수구역내로 묽은 물질이 유입하는 것이다. 이로 인하여 저수지 바닥이 연해지고 음향측심 결과에 많은 오차가 발생한다. 이를 극복하기 위해서는 수심 확인과 저빈도 사운더를 사용하며, 수심 측정의 품질보증을 확보할 필요가 있다. 그러나 추가적인 확인에 따라 측량 시간이 더 소요된다. 낮은 빈도의 음향측심은 부드러운 층을 관통할 수 있으며 단단한 지반까지의 깊이를 제공한다. 따라서 추가비용에도 불구하고 음향측심법은 수동 측정으로 수심을 확인해야 한다. 그러나 수동 측정은 개인적인 판단에 영향을 받으며, 깊은 저수지에는 적용하기 어렵다는 단점이 있다.

(2) 저수지 내용적 측량 방법

저수지 내용적측량 기술은 측량 장비와 수집된 자료의 분석 시스템이 필요하다. 컴퓨터화된 자료 수집 및 분석 시스템의 개발은 현장 비용과 분석 비용을 이전에 사용되어온 횡단측량법 보다 상대적으로 많이 저감시키고 있다. 이들 방법들에 의해 수집된 자료들은 지형 변화를 모니터링하고 예측하기 위한 중·대규모 저수지와 하천 모델링 연구에 사용되고 있다.

저수지 내용적 측량을 위해서는 측량 장비를 점검하여 오차발생을 최소화해야 한다. 횡단측량을 위해 양안에 설치된 표석은 저수지 계획 홍수위선에 설치하는 것이 원칙이며, 기시행된 저수지 내용적 측량시 매설된 표석을 찾아 동일한 횡단선에 대하여 측량을 실시해야 한다.

저수지 횡단측량은 미리 정해진 횡단선을 따라서 수심을 측정하고 이로부터 퇴사깊이를 측정하는 것이다. 이를 위해서 세밀하고 정확한 저수지의 원지반 지형 자료가 필요하다. 횡단측량은(range line method)은 현대화된 수집 및 분석시스템이 가용하지 않는 경우에 저수지 측량을 수행하는데 적용이 가능한 방법이다. 저수지 퇴사측량을 위해서 횡단선은 주로 흐름에 수직하게 수립되며, 시간에 따른 지형 변화를 모니터링하고 수치모델링하기 위해 사용된다. 이 방법은 <그림 2-2>와 같이 미리 정해진 방향으로 선택된 횡단선의 정렬을 따라 측량선이 움직이면서 수심을 측정하는 방법이다. 하천 유속, 천수영역의 위치 등과 같은 하천의 특징은 횡단선 수립에 영향을 미친다.

제3장 연구 개발수행 내용 및 결과

제1절 저수지의 내용적 현황

1.1 농업용저수지 측정 현황

2007년 현재 농업기반시설관리시스템에 등록·관리되고 있는 공사관리 저수지는 3,319개소이며 주수원공 1,813개소(54.6%), 보조수원공 1,441개소(43.4%), 부속시설 65개소(2.0%)로 구분되어 있다.

총저수량은 2,795백만 m^3 , 유효저수량 2,448백만 m^3 이고 유역면적은 1,431천ha, 수혜면적 392천ha이다. 주수원공 저수지가 전체 저수지 유효저수량의 약 93%(2,287백만 m^3)를 차지하고 있으며, 수혜면적은 약 90%(353천ha)를 차지하고 있다.

저수지 개소당 평균적인 시설현황을 살펴보면 총저수량은 842천 m^3 , 유효저수량 738천 m^3 이고 유역면적 431ha, 수혜면적 118ha이다.

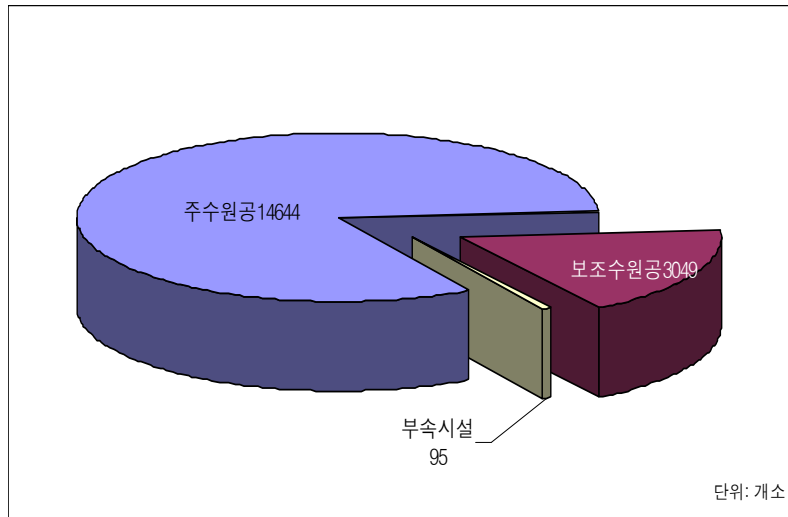
<표 3-1> 공사관리 저수지 현황 (농업기반시설관리시스템 자료)

(단위 : 개소, ha, 천 m^3)

구 분		시설수	유역면적	수혜면적	총저수량 (당초)	유효저수량 (당초)
전 국	합계	3,319	1,431,003	392,033	2,795,220	2,448,406
	평균		431	118	842	738
주 수원공	합계	1,813	1,285,930	353,052	2,629,095	2,287,302
	평균		709	195	1,450	1,262
보조 수원공	합계	1,441	135,837	37,392	152,484	147,629
	평균		94	27	106	102
부속 시설	합계	65	9,236	1,589	13,641	13,475
	평균		142	24	210	207

유효저수량 저수지 규모별 분포를 살펴보면, 10만 m^3 미만의 저수지수는 1,772개소(55.3%)로 유효저수량은 4,862만 m^3 (2%)에 불과한 반면, 500만 m^3 이상 저수지는 55개소(1.7%)로 유효저수량은 12억609만 m^3 (49.3%)를 차지하고 있다.

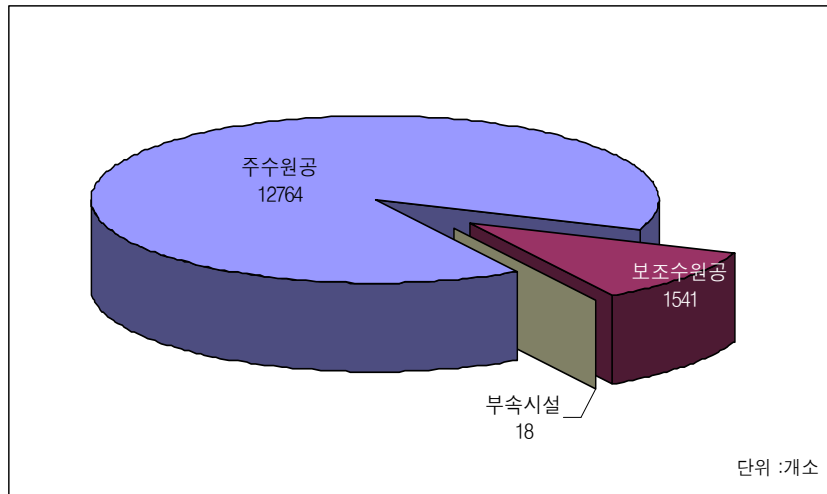
가. 농업용저수지 지역별 분포 현황



<그림3-1> 전국 저수지 현황

<표3-2> 전국 저수지 지역별 분포 현황 (단위:개소)

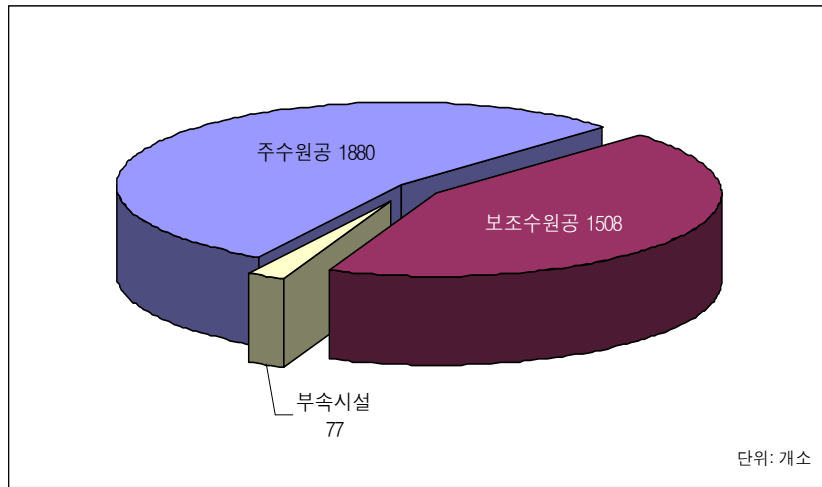
구분	계	주수원공	보조수원공	부속시설
광역시	898	717	174	7
강원도	318	297	20	1
경기도	402	372	25	5
경상남도	3219	2845	336	38
경상북도	5581	3866	1694	21
전라남도	3238	2749	487	2
전라북도	2397	2184	211	2
충청남도	942	901	31	10
충청북도	789	712	68	9
제주도	4	1	3	-
계	17788	14644	3049	95



<그림3-2> 시군 관리 저수지 지역별 현황

<표3-3> 시군 관리 저수지 지역별 분포 현황(단위:개소)

구 분	계	주수원공	보조수원공	부속시설
광역시	702	658	39	5
강원도	242	228	14	—
경기도	297	293	3	1
경상남도	2686	2571	109	6
경상북도	4943	3598	1344	1
전라남도	2245	2233	12	—
전라북도	1884	1877	7	—
충청남도	719	713	2	4
충청북도	604	592	11	1
제주도	1	1	—	—
계	14323	12764	1541	18

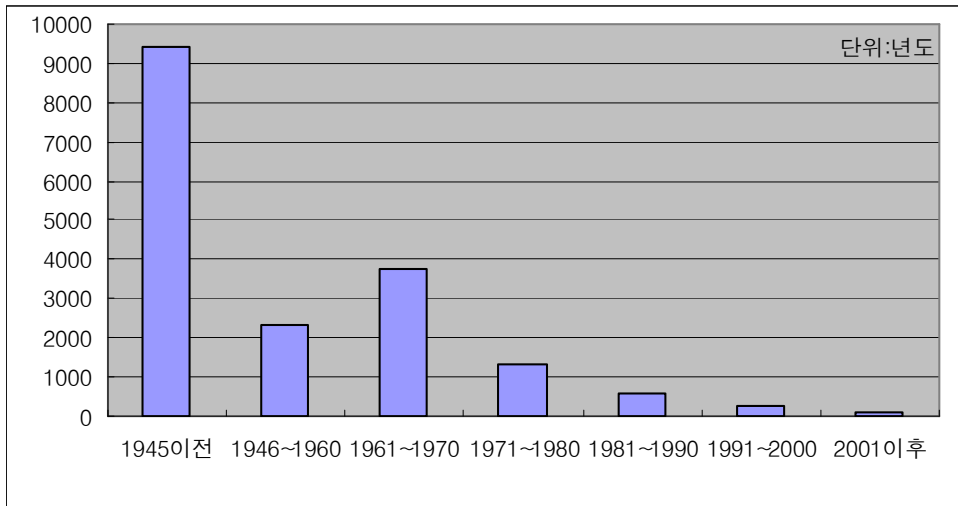


<그림3-3> 농어촌공사 관리 저수지 지역별 현황

<표3-4> 농어촌공사 관리 저수지 지역별 분포 현황 (단위:개소)

구분	계	주수원공	보조수원공	부속시설
광역시	196	59	135	2
강원도	76	69	6	1
경기도	105	79	22	4
경상남도	533	274	227	32
경상북도	638	268	350	20
전라남도	993	516	475	2
전라북도	513	307	204	2
충청남도	223	188	29	6
충청북도	185	120	57	8
제주도	3	-	3	-
계	3465	1880	1508	77

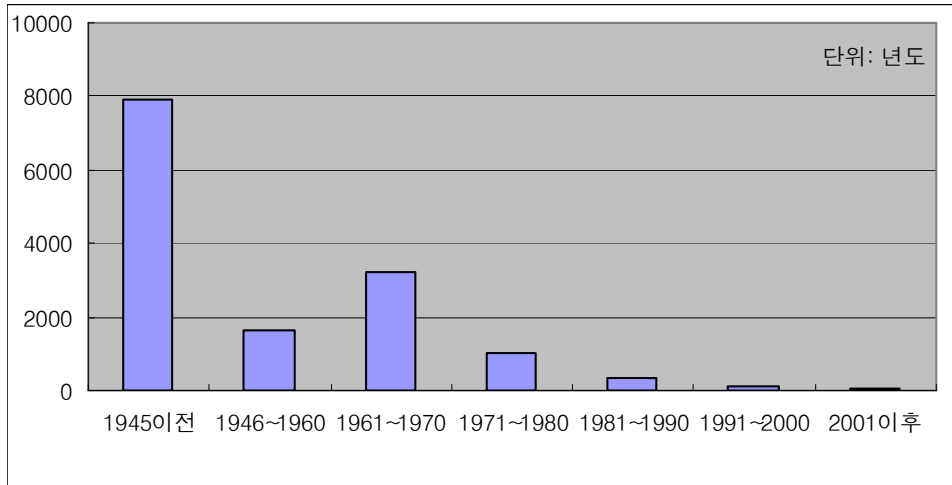
나. 농업용저수지 준공년도별 분포 현황



<그림3-4> 전국 저수지 준공년도 현황

<표3-5> 전국 저수지 지역별 준공년도 분포 현황 (단위:년도)

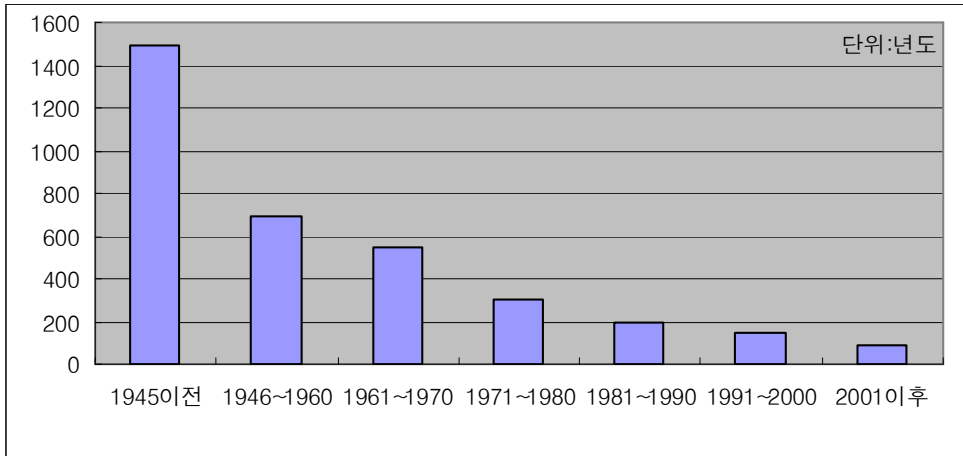
구 분	1945이전	1946~1960	1961~1970	1971~1980	1981~1990	1991~2000	2001이후
광역시	476	110	204	71	19	14	4
강원도	146	36	63	34	21	9	9
경기도	169	67	84	51	23	7	1
경상남도	1437	501	824	290	92	55	20
경상북도	3558	665	735	386	165	54	18
전라남도	1317	369	1125	244	100	57	26
전라북도	1516	288	402	95	44	32	20
충청남도	400	176	145	108	57	31	25
충청북도	396	94	184	58	35	16	6
제주도	-	3	-	1	-	-	-
계	9415	2309	3766	1338	556	275	129



<그림3-5> 시군 관리 저수지 준공년도 현황

<표3-6> 시군 관리 저수지 지역별 준공년도 분포 현황 (단위:년도)

구 분	1945이전	1946~1960	1961~1970	1971~1980	1981~1990	1991~2000	2001이후
광역시	376	84	175	45	17	4	1
강원도	140	21	47	17	12	3	2
경기도	136	39	72	32	15	3	-
경상남도	1228	391	746	253	42	19	7
경상북도	3227	568	652	333	138	20	5
전라남도	845	170	944	171	69	35	11
전라북도	1289	183	311	55	27	14	5
충청남도	342	115	118	84	39	18	3
충청북도	343	47	154	45	4	8	3
제주도	-	-	-	1	-	-	-
계	7926	1618	3219	1036	363	124	37

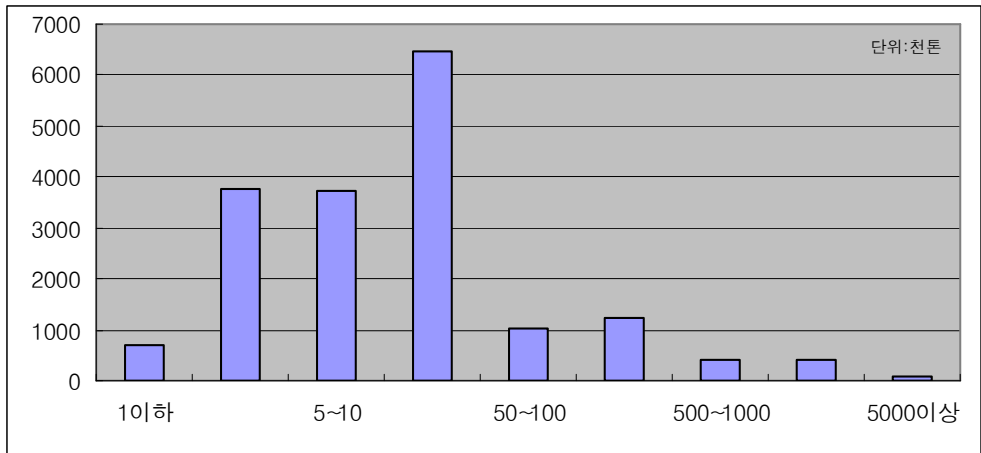


<그림3-6> 농어촌공사 관리 저수지 준공년도 현황

<표3-7> 농어촌공사 관리 저수지 지역별 준공년도 분포현황 (단위:년도)

구 분	1945이전	1946~1960	1961~1970	1971~1980	1981~1990	1991~2000	2001이후
광역시	100	26	29	26	2	10	3
강원도	6	15	16	17	9	6	7
경기도	33	28	12	19	8	4	1
경상남도	209	110	78	37	50	36	13
경상북도	331	97	83	53	27	34	13
전라남도	472	199	181	73	31	22	15
전라북도	227	105	91	40	17	18	15
충청남도	58	61	27	24	18	13	22
충청북도	53	47	30	13	31	8	3
제주도	-	3	-	-	-	-	-
계	1489	691	547	302	193	151	92

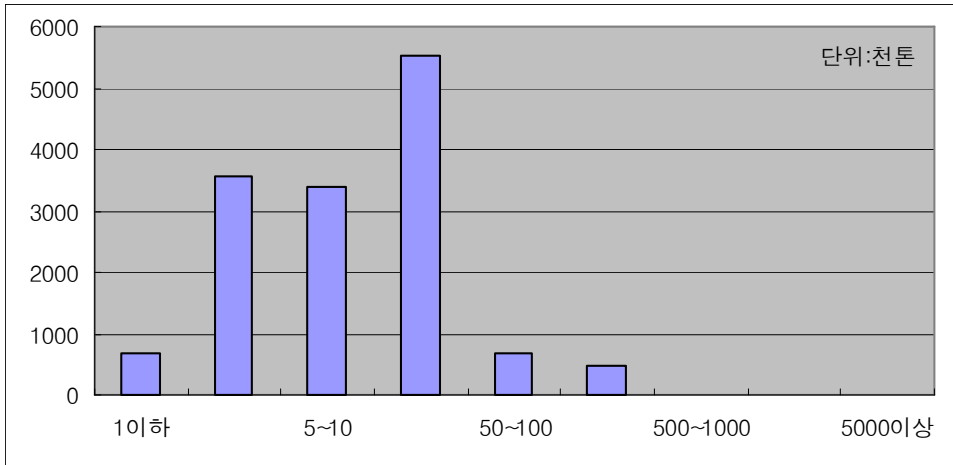
다. 저수지 유효저수량별 분포 현황



<그림3-7> 전국 저수지 유효저수량 현황

<표3-8> 전국 저수지 지역별 유효저수량 분포 현황 (단위:천톤)

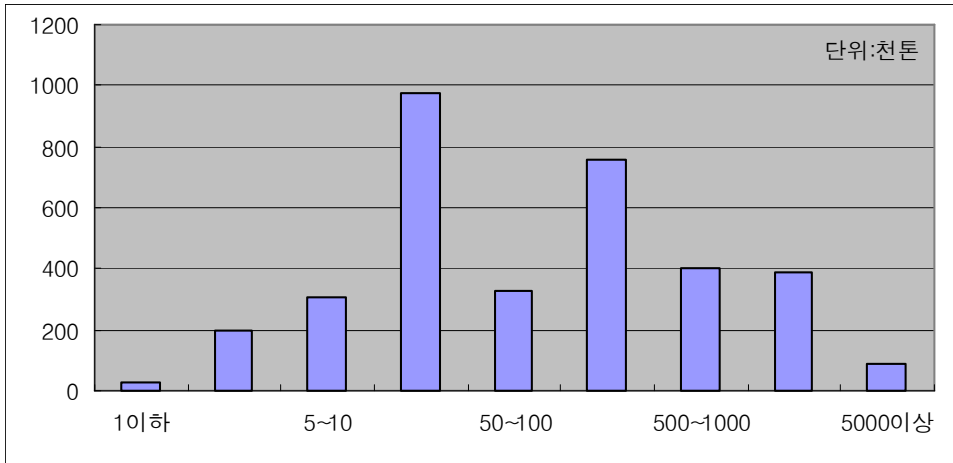
구 분	1이하	1~5	5~10	10~50	50~100	100~500	500~1000	1000~5000	5000이상
광역시	19	136	175	410	62	62	12	17	5
강원도	12	91	57	63	16	31	22	24	2
경기도	3	46	71	137	33	56	22	30	4
경상남도	56	779	899	1094	119	174	55	41	2
경상북도	463	1572	1190	1699	287	226	67	68	9
전라남도	39	354	442	1566	302	343	98	79	15
전라북도	56	371	492	1045	118	176	52	51	36
충청남도	23	206	195	268	55	90	39	55	11
충청북도	21	218	192	202	26	57	43	25	5
제주도	-	-	1	-	1	1	1	-	-
계	692	3773	3714	6484	1019	1216	411	390	89



<그림3-8> 시군 관리 저수지 유효저수량 현황

<표3-9> 시군 관리 저수지 지역별 유효저수량 분포 현황 (단위:천톤)

구 분	1이하	1~5	5~10	10~50	50~100	100~500	500~1000	1000~5000	5000이상
광역시	19	128	151	330	46	28	-	-	-
강원도	12	90	55	59	13	13	-	-	-
경기도	2	43	69	123	30	30	-	-	-
경상남도	53	725	819	965	86	38	-	-	-
경상북도	449	1521	1109	1515	231	115	3	-	-
전라남도	35	321	383	1206	158	135	6	1	-
전라북도	54	346	456	895	71	62	-	-	-
충청남도	22	197	186	247	39	27	-	-	1
충청북도	21	204	177	171	19	12	-	-	-
제주도	-	-	1	-	-	-	-	-	-
계	667	3575	3406	5511	693	460	9	1	1

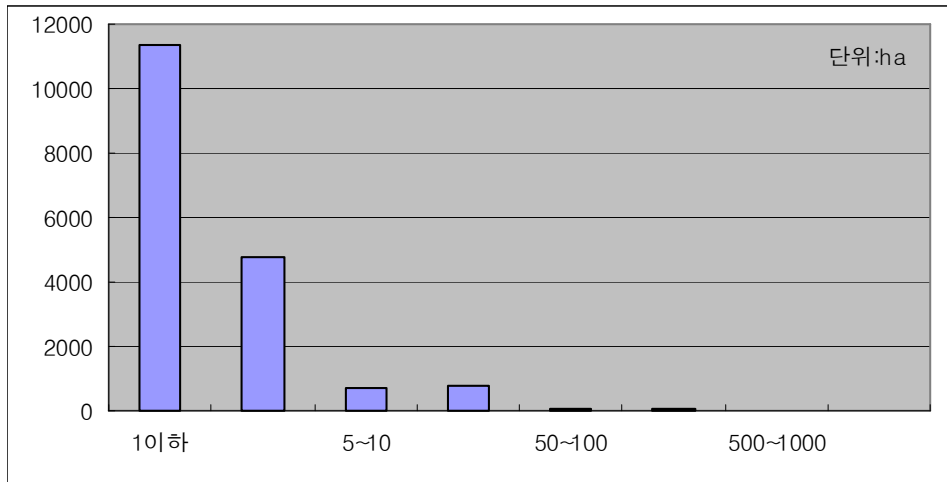


<그림3-9> 농어촌공사 관리 저수지 유효저수량 현황

<표3-10> 농어촌공사 관리 저수지 지역별 유효저수량 분포 현황 (단위:천톤)

구 분	1이하	1~5	5~10	10~50	50~100	100~500	500~1000	1000~5000	5000이상
광역시	-	8	24	80	16	34	12	17	5
강원도	-	1	2	4	3	18	22	24	2
경기도	1	3	2	14	3	26	22	30	4
경상남도	3	54	80	129	33	136	55	41	2
경상북도	14	51	81	184	56	111	64	68	9
전라남도	4	33	59	360	144	208	92	78	15
전라북도	2	25	36	150	47	114	52	51	36
충청남도	1	9	9	21	16	63	39	55	10
충청북도	-	14	15	31	7	45	43	25	5
제주도	-	-	-	-	1	1	1	-	-
계	25	198	308	973	326	756	402	389	88

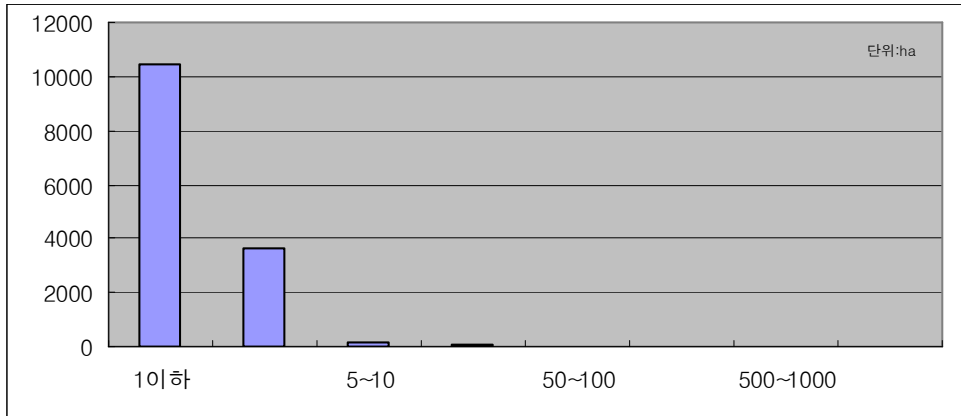
라. 저수지 만수면적별 분포 현황



<그림3-10> 전국 저수지 만수면적 현황

<표3-11> 전국 저수지 지역별 만수면적 분포 현황 (단위:ha)

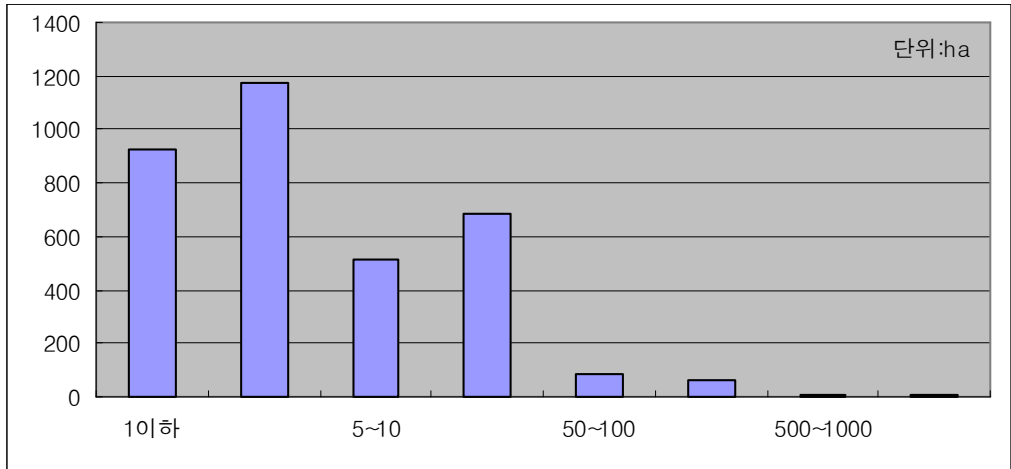
구 분	1이하	1~5	5~10	10~50	50~100	100~500	500~1000	1000~1500
광역시	595	232	32	28	6	4	1	-
강원도	177	68	28	40	3	2	-	-
경기도	160	150	20	61	7	4	-	-
경상남도	2514	536	97	63	6	3	-	-
경상북도	4093	1182	156	131	13	6	-	-
전라남도	1346	1503	178	177	18	9	7	-
전라북도	1392	748	105	105	17	26	-	4
충청남도	515	251	50	98	17	6	1	4
충청북도	555	132	40	56	2	4	-	-
제주도	1	1	-	2	-	-	-	-
계	11348	4803	706	761	89	64	9	8



<그림3-11> 시군 관리 저수지 만수면적 현황

<표3-12> 시군 관리 저수지 지역별 만수면적 분포 현황 (단위:ha)

구 분	1이하	1~5	5~10	10~50	50~100	100~500	500~1000	1000~1500
광역시	522	164	11	5	-	-	-	-
강원도	174	59	9	-	-	-	-	-
경기도	151	131	10	3	2	-	-	-
경상남도	2285	388	9	4	-	-	-	-
경상북도	3867	980	70	26	-	-	-	-
전라남도	1150	1036	37	18	3	1	-	-
전라북도	1272	575	26	10	-	1	-	-
충청남도	488	209	13	8	-	-	-	1
충청북도	510	88	5	1	-	-	-	-
제주도	1	-	-	-	-	-	-	-
계	10420	3630	190	75	5	2	0	1



<그림3-12> 농어촌공사 관리 저수지 만수면적 현황

<표3-13> 농어촌공사 관리 저수지 지역별 만수면적 분포 (단위:ha)

구 분	1이하	1~5	5~10	10~50	50~100	100~500	500~1000	1000~1500
광역시	73	68	21	23	6	4	1	-
강원도	3	9	19	40	3	2	-	-
경기도	9	19	10	58	5	4	-	-
경상남도	229	148	88	59	6	3	-	-
경상북도	226	202	86	105	13	6	-	-
전라남도	196	467	141	159	15	8	7	-
전라북도	120	173	79	95	17	25	-	4
충청남도	27	42	37	90	17	6	1	3
충청북도	45	44	35	55	2	4	-	-
제주도	-	1	-	2	-	-	-	-
계	928	1173	516	686	84	62	9	7

1.2 저수지 내용적 측량 현황

농업용저수지 내용적측정은 <그림 3-13>과 같이 육상측량과 수심측량으로 구분되는데 GPS장비와 음향측심기(Echo-sounding)를 이용하여 수심측량한 자료와 광파기를 이용한 만수면 주변 지형측량 자료로 결정된다.



<그림 3-13> GPS 장비를 이용한 저수지 수심측량 과정

농업용저수지 내용적측량 작업표준안에 의하면 측량기준은 기준점측량, 육상수준측량과 수면직립수준측량으로 구분된다. 기준점측량은 건교부 국립지리원 기준점 활용을 원칙으로 하고 내용적측량 특성상 여수토상단(만수위) 표고를 기준표고로 하여 저수지 주변 지형여건에 따라 석항 또는 기존시설물로 기준점 조표한다. 육상수준측량은 현장내 기설치된 수준점(기준점) 또는 TBM 활용하며 수면 직접수준측량은 현장내에 설치한 수준점에서 수심측량시 직접수준측량으로 수면평균표고를 산출하여 수심도를 작성한다. 측심기준 GPS를 이용한 수심측량으로는 DGPS(육상고정국)을 육상부 기준점에 설치하고 측량선에 GPS(이동국) 및 echo-sounder(음향측심기)를 설치하는데 음향측심기의 성능기준(수심 100m 이하)은 다음 표와 같다.

<표3-14> 음향측심기 성능기준(수심100m 이하)

항 목	성 능
가정음속도	1500m/sec
발전주파수	90kHz~230kHz
송수파기의 지향각	반감반각 8°이하
기록지속도	20mm/min 이상
최소눈금	0.2m 이하
기록정도	±(0.1 + 수심 × 10 - 3)m

수심측량전에 수심기 영점조정을 실시하는데 수심경정 방법으로는 측심기의 기계적오차 및 수중음파속도의 변화 등에 의한 수심 경정은 바-체크(bar-check)법에 따르고 바-체크는 1일 1회 저수지의 최심부에서 행하며 바-의 심도는 송수파기를 기준으로 심도31m미만은 2m마다, 31m이상은 5m마다 측정하여 올릴 때와 내릴때의 평균치로한다. 다음으로 체인을 따라 측량선을 유도/이동하여 평면위치(X,Y)와 수심(Z) 측량을 실시하며 측심방법은 송수파기는 선체의 중앙부근에 설치하고 수심은 수직측심치만을 채용하며 단, 다소자측기를 사용할 때 자측심의 경사각이 5°이내의 경우는 그 측심치를 채용할 수도 있다. 측심기록은 0.1m까지 또는 최소눈금의 1/2까지 읽는 것을 원칙으로하며 음측기록의 수심은 저수지 바닥의 표면인 최저수심을 읽어야 하는데 바닥에 부니층이 있는 경우도 그 부니층 표면의 수심 값을 채택한다. 음측기록상 이상이 있어 판단하기 어려울 때는 재측하여 확인하며 측량선이 접근하기 곤란할 때는 레드 또는 기타 방법을 확인하며 측량선이 접근하기 곤란할 때는 레드 또는 기타 방법을 병용하고 구조물 전면의 측방측심은 원칙적으로 방충재로부터 1m까지 직각방향으로 측정한다. 측심간격은 20~40m을 기준으로 하고 수심이 급격하게 변동되는 곳은 위 기준보다 조밀하게 실시한다. 측심선방향은 가능한 예측되는 등심선과 직각에 가까운 방향으로 측심선 방향을 결정한다. 측량선 속도는 안정운향속도, 향선위치 결정 시간격, 음향펄스의 반복주파수 및 수상조건을 고려하여 결정하고 일반적으로 10km/hr 이하로 한다.

검측선(조사선)은 수심측량의 성과를 검토하기 위하여 설정하는 측심선을 말하며 검측선과 일반측심선의 교점의 수심값을 비교하여 측심성과의 불량여부를

판단할 수 있으므로 검측선은 가능한 각 측심선과 직교하도록 설정하고 각 교점의 수심차는 측심값 자체 및 보정량에 의한 차이와 함께 위치결정의 오차도 포함될 수 있으며 수심차가 일반적인 오차의 범위를 초과할 경우, 재측 또는 보측을 실시한다. 측량결과에 대한 성과품은 항적도, 수심도, 격자수심도, 등고선도, 횡단도, 저수지 내용적 곡선도를 작성 제출한다.

한국농촌공사에서는 저수지 내용적 측량을 공사관리 저수지중 2,810개소에 대하여 실시하였으며, 내용적 측량에서 제외된 저수지는 총 509개소로서 수혜면적 없거나 용도폐지 대상 저수지, 최근년도 준공 또는 타 사업으로 내용적 자료를 보유한 저수지, 담수호(남양, 아산, 대호, 삼교, 소포), 4대호(장성, 나주, 광주, 담양), 타기관 관리, 매각예정 등으로 내용적 측량이 필용 없는 저수지이다.

현재 내용적 자료를 보유하고 있는 저수지는 3,319개소 중 3,100개소(93%)이며, 나머지 저수지는 위의 제외 대상에 포함된 저수지이다.

라. 저수지 내용적 측량결과, 총저수량이 2,795백만^m에서 2,737백만^m로 58백만^m(2.1%)가 감소되었고, 유효저수량은 2,448백만^m에서 2,408백만^m으로 41백만^m(1.7%)가 감소된 것으로 나타났다. 이 결과에는 내용적 측량에서 제외된 저수지의 경우 현재 저수량을 당초 저수량과 같다는 가정하에 산정된 것으로 실제 토사퇴적으로 인한 저수량 감소를 고려한다면 더 많은 감소율을 보일 것으로 판단된다.

<표 3-2> 저수지 내용적 자료 보유현황

구 분	시설수 (개소)	수원공 구분		
		주	보조	부속
계	3,319	1,813	1,441	65
내용적 자료 보유	3,100	1,742	1,335	23
내용적 자료 미보유	219	71	106	42

<표 3-3> 저수지 내용적 측량결과에 따른 저수량

(단위 : 개소, 천m³)

구 분		시설수	총저수량 (현재)	유효저수량 (현재)
전 국	합계	3,319	2,737,362	2,407,736
	평균		825	725
주 수원공	합계	1,813	2,577,026	2,251,583
	평균		1,421	1,242
보조 수원공	합계	1,441	146,710	142,691
	평균		102	99
부속 시설	합계	65	13,626	13,462
	평균		210	207

<표 3-4> 측량결과 저수량 변화

구 분	총저수량(천m ³)	유효저수량(천m ³)
당초(준공당시)	2,795,220	2,448,406
현재(측량이후)	2,737,362	2,407,736
변 화 량	Δ57,858	Δ40,670
변화율(%)	Δ2.1	Δ1.7

제2절 저수지의 내용적 측정기술 개발 목표 및 내용

2.1 농업용 저수지 내용적 측량 작업표준 방안

가. 측량 기준

- (1) 기준점 측량 : 만수위 표고를 기준표고
- (2) 육상수준측량 : 현장 내 기 설치된 수준점
- (3) 수면 직접수준측량 : 현장 내에 설치된 수준점에서 수심측량 시 직접수준측량으로 수면평균표고를 산출하여 수심도 작성

나. 측심기준(GPS를 이용한 수심측량)

- (1) 수심기 영점조정(바-체크, 1일1회, 5m 간격 측정하여 평균치 사용)
- (2) 평면위치와 수심 측량 방법

<표 3-5> 수심 측량 방법

구 분	내 용
측심방법	<ul style="list-style-type: none"> - 자측심의 경사각이 5도 이상은 재측량 - 측심 데이터는 0.01단위로 측정 - 측정 수심은 저수지 바닥의 표면인 최저수심 - 부니층이 있을 경우 그 부니층 표면의 수심 값 채택
측심간격	- 20 ~ 40m 기준
측심선방향	- 가능한 예측되는 등심선과 직각에 가까운 방향
측량선 속도	- 10 km/hr (2.78 m/s) 이하로서 1m/s를 설정

다. 내용적 측량 데이터 정확도

- (1) 수심측량의 위치 정확도 : $\pm 1.0\text{m}$ 이내
- (2) 수심측량의 수심정확도 : $\pm(10\text{cm} + Z/1,000)$ 이내
- (3) 점의 조서(X, Y) 좌표는 6위까지 표기하고 수심(Z)의 단위는 m로 하되 소수점 2자리까지 표시

라. 내용적 측량 데이터 산출물

(1) 격자 수심도 및 등고선도 작성 후 저수지 최저표고부터 만수위까지 산출한다.

(2) 산출물 내역

(가) 저수지 평면도(1/1,200 ~ 1/5,000도)

(나) 수심기록지

(다) 격자수심도

(라) 등고선도(1/1,200 ~ 1/5,000 수치 지형도에 1.0m 이하 간격으로 작도)

(마) 내용적 물량 산출표(표고-면적-내용적-누가내용적 표시)

(바) 내용적도(표고별 내용적 곡선도)

(사) 기타(항적도, 종단도, 횡단도 등)

2.2 저수지 내용적 측량의 시간적 공간적 해상도 결정

가. 기존 해상도 검토

측정자료의 시간단위와 공간적인 간격에 대하여 무인탐사선의 성능과 자료의 신뢰성 및 활용성을 포괄적으로 고려하여 해상도를 설정해야한다.

기존의 수동 측정방식(배를 이용한 수동 측량)에서는 10m의 공간 해상도를 사용하였다.

농업용 저수지의 수심 측정 목적이 저수지 수위-내용적 곡선의 실질적 산출과 더불어 용수량의 정확한 계측과 저수지내 퇴적된 퇴적량의 계측에 활용하는 것이므로, 10m 정도 또는 보다 정밀한 해상도가 필요하다.

나. 자동측정 해상도의 정의

수치지도 및 영상물에 대하여 해상도가 DPI 단위로 정의되어 있으나, 저수지 등의 관측에 대한 해상도의 정의에 대해서는 규정된 바가 없으므로, 측정과 자료 관리의 수월성을 고려하여 최대한 정밀한 범위 내에서 본 연구를 통하여 설정하면 된다.

무인탐사선의 속도, 측정센서의 반응 속도 등을 고려하여 공간해상도를 설정

할 필요가 있으며, 표준 공간해상도를 5m로 설정하고, 센서의 성능을 고려 (1m/s, 1회관측/s)하여 1m까지 해상도를 높이는 것이 가능하다.

시간해상도는 센서가 1회 관측하는 시간간격으로 정의할 수 있으며, 현재 가능한 센서의 반응 속도는 최대 4회/s가 되므로, 이를 사용자의 요구에 의하여 초당 4회에서 1회까지 설정이 가능하도록 한다.. 표준 시간해상도는 초당 1회로 설정하여, 공간해상도 5m에 대하여 5회를 관측, 이로부터 오측과 누락치를 보정할 수 있는 안전 관측을 도모할 수 있다.

2.3 농업용 저수지 내용적 측량 자료 수집 및 분석

가. 수심측량 자료

수심측량 자료는 천해용 정밀 음향측심기와 수심측심 지점의 정확한 위치 산정을 위하여 정밀 GPS(Beacon GPS)와 컴퓨터를 이용하여 위치와 수심을 실시간으로 측정함과 동시에 저장하는 전산시스템으로 실시하였다.

이때 측심은 50m 피치(pitch)로 만수면적상에 측심예정선을 작성 컴퓨터에 입력하여 그 예정선을 따라 측량선을 운행하여 측량을 실시하였다. 이때 일정 시간 간격으로 저수지 수위를 측정하여 수위변화에 대한 수심기록을 보정하고 수심측량 실시 전·후에 온도변화에 의한 음속을 경정하기 위하여 바-체크(bar-check)도 하였다. <그림 3-2>는 GPS(Beacon GPS)와 컴퓨터를 이용하여 수심측량을 실시하는 전경이다.



<그림 3-2> GPS(Beacon GPS)와 컴퓨터를 이용한 수심측량 전경



<그림 3-3> 저수지 하천유입부 지형측량 전경

나. 측량 조사결과

농어촌연구원에서 기존의 저수지 내용적 측량방법에 의한 저수용량 측량결과 자료를 이용하여 표고별-내용적표 및 내용적도를 작성하고 유효저수량 감소량을 파악한 결과를 정리하면 <표 3-6>과 같다.

자료는 본 연구내용의 하나인 기설 수원공의 용수공급능력 평가를 위한 물수지분석시 기초입력자료, 중장기 용수수급 계획시 토사퇴적에 따른 저수량 감소 추정 및 물관리 기초자료로 활용될 수 있다.

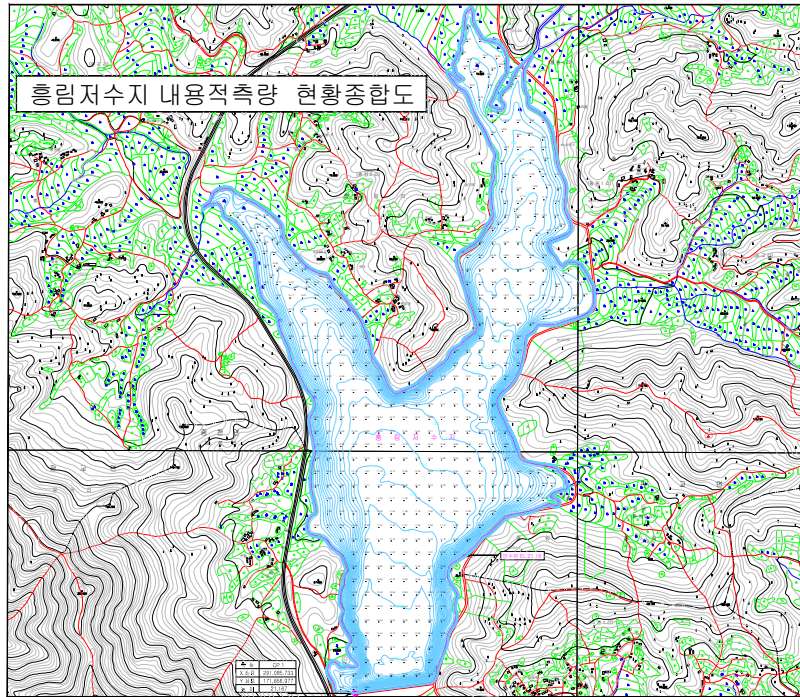
<표 3-6>에 나타난 바와 같이 충남 서천공구의 봉선 및 홍림저수지의 경우는 유효저수량이 각각 1,073만^m³, 733만^m³으로써 금강(Ⅱ)지구 기본계획시 활용된 저수용량보다 각각 109만^m³ 및 67만^m³이 감소한 것으로 나타났다. 또한 전북 익산2공구의 수원공인 경천저수지의 경우는 유효저수량이 11만^m³ 감소한 것으로 조사되었으며 김제공구에 위치한 대율, 금평, 구이저수지와 양수 저류지인 능제는 유효저수량이 당초보다 큰 것으로 조사되었다.

전북 옥구공구의 5개 양수저류지 중 옥구, 옥여, 대위, 옥곡저류지는 각각 51만^m³, 29만^m³, 6만^m³, 42만^m³이 감소되었으며 미제저류지는 당초보다 증가한 것으로 나타났다. 이와 같이 유효저수량이 증가하는 원인은 당초 자료관리의 오차에서 비롯된 것으로 판단된다.

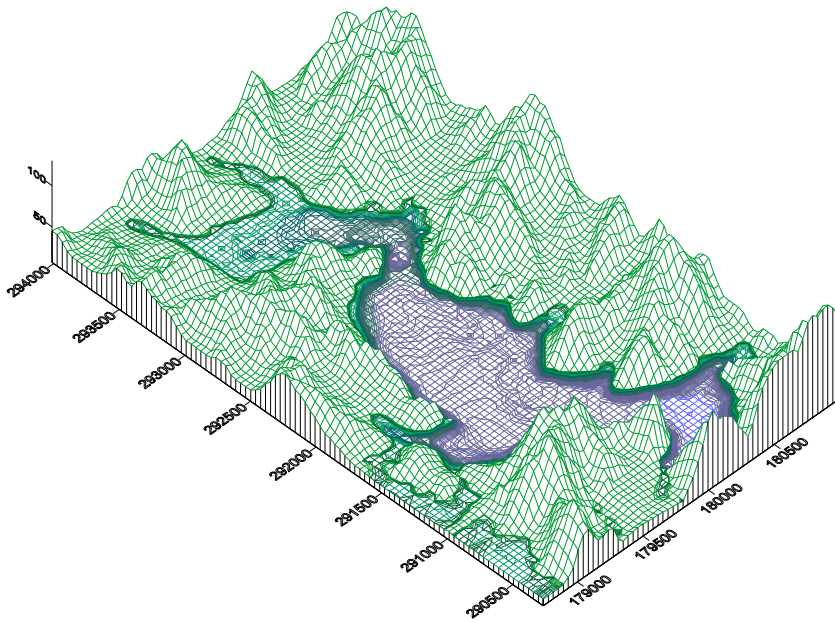
저수용량 조사를 실시한 저수지의 조사결과를 이용하여 서천공구 내에 위치한 홍림저수지를 예를 들어 내용적도를 나타내면 <그림 3-4>와 같고 3차원도는 <그림 3-5>와 같다. 저수지 내용적표와 내용적곡선은 <표 3-7>과 <그림 3-6>과 같다.

<표 3-6> 기설저수지 저수용량 조사 결과

저수지		총저수량 (만m ³)	유효저수량 (만m ³)			수 위(El.m)		비 고
			당초	금회	증감	사수위	만수위	
익산2 공구	동상	1,059	1,124	1,059	△65	110.00	138.00	
	경천	2,524	2,535	2,524	△11	66.00	83.77	
서천 공구	봉선	1,073	1,182	1,073	△109	7.00	15.48	
	홍림	735	800	733	△67	10.50	21.16	
옥구 공구	옥구	1,275	1,299	1,248	△51	3.76	8.00	
	미계	399	392	398	6	5.70	12.25	
	옥여	263	287	258	△29	2.90	6.20	
	대위	216	114	108	△6	5.00	12.00	
	옥곡	211	253	211	△42	4.60	13.60	
김제 공구	대울	272	169	240	71	29.344	34.844	
	능계	734	687	732	45	5.39	11.45	
	금평	527	401	525	124	39.20	52.70	
	구이	1,219	1,088	1,218	130	49.00	63.50	



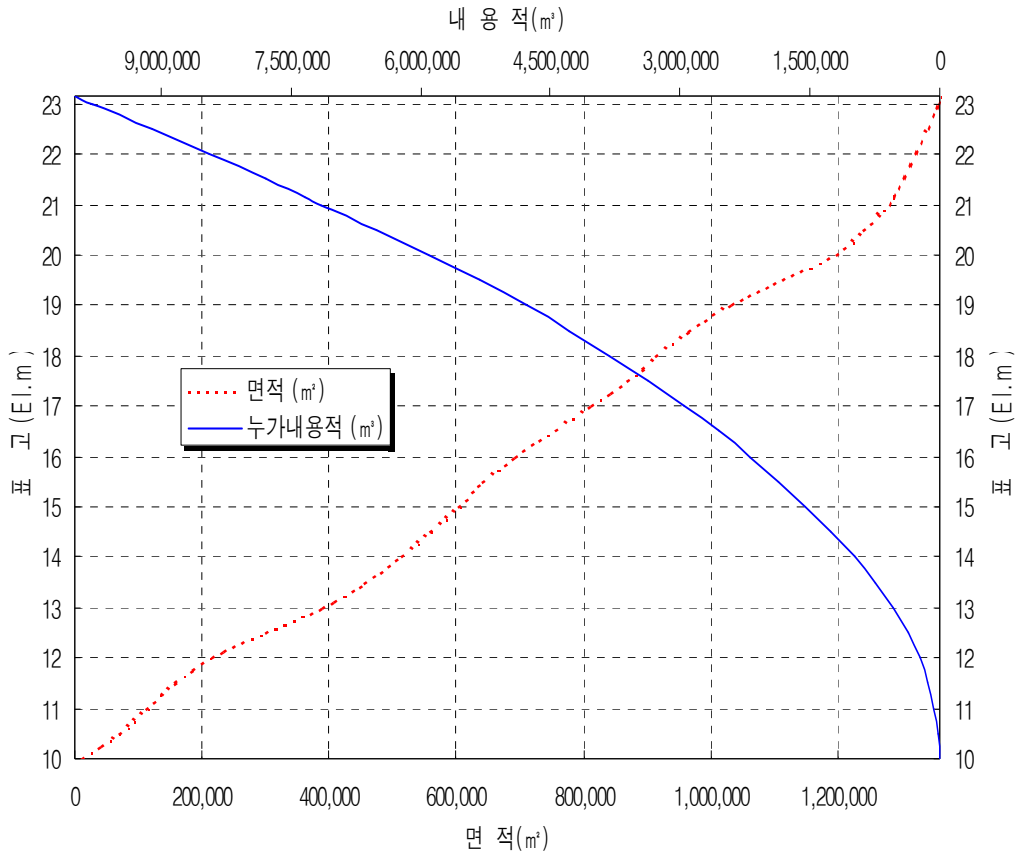
<그림 3-4> 홍림저수지 내용적도



<그림 3-5> 홍림저수지 3차원 내용적도

<표 3-7> 내용적표(홍림저수지)

표 고 (El.m)	고 차 (m)	면 적 (m ²)	평균면적 (m ²)	내용적 (m ³)	누가내용적 (m ³)	비 고
10.0	0.0	10,893	0	0	0	
10.5	0.5	71,770	41,332	20,666	20,666	사수위
11.0	0.5	114,248	93,009	46,504	67,170	
12.0	0.5	216,539	188,043	94,021	229,640	
13.0	0.5	389,685	345,746	172,873	532,100	
14.0	0.5	516,396	487,140	243,570	987,562	
15.0	0.5	605,286	583,516	291,758	1,548,856	
16.0	0.5	693,727	668,607	334,304	2,195,353	
16.5	0.5	755,380	724,553	362,277	2,557,630	
17.0	0.5	812,096	783,738	391,869	2,949,499	
17.5	0.5	871,099	841,597	420,799	3,370,297	
18.0	0.5	917,079	894,089	447,044	3,817,341	
18.5	0.5	967,192	942,135	471,068	4,288,409	
19.0	0.5	1,033,018	1,000,105	500,052	4,788,462	
19.5	0.5	1,113,224	1,073,121	536,560	5,325,022	
20.0	0.5	1,197,648	1,155,436	577,718	5,902,740	
20.5	0.5	1,241,508	1,219,578	609,789	6,512,529	
21.0	0.5	1,280,043	1,260,775	630,388	7,142,917	
21.16	0.16	1,286,633	1,283,338	205,334	7,348,251	만수위
21.5	0.34	1,303,094	1,294,864	440,254	7,788,505	
22.0	0.5	1,321,733	1,312,414	656,207	8,444,712	
22.5	0.5	1,341,019	1,331,376	665,688	9,110,399	
23.0	0.5	1,358,098	1,349,558	674,779	9,785,178	
23.16	0.16	1,362,391	1,360,244	217,639	10,002,817	홍수위



<그림 3-6> 내용적 곡선도 (홍림저수지)

2.5 저수지 내용적 경계측량 방법 검토

가. 기존자료 활용 사전 입력 방식

(1) 개요

기존의 저수지 설계시 도면화된 만수면적도를 수치지도화하여, 이를 무인측정 저수지의 경계로 설정하고, 무인측정기에 사전입력함으로서 무인측정의 외부경계로 설정하는 방법으로 기 구축된 저수지 만수면적 수치지도를 이용하여 경계를 입력할 경우, TM좌표 또는 WGS84 등의 포맷으로 위치정보를 입력할 수 있도록 하고, 저수지 수상에 있는 구조물 위치 정보도 병행하여 입력해주는

것이 필요하며, 이로부터 무인탐사선의 접근 가능 영역이 확보될 수 있음

(2) 문제점 분석

저수지 설계도를 기준으로 만들어진 만수면적의 경계자료가 없을 경우 이에 대한 대안과 경계자료가 있는 경우 자료들을 전국적으로 GIS 수치지도화 작업을 할 필요하며 자료가 있는 경우 축척과 경계선의 해상도 문제를 해결하여야 한다. 또한 저수지 설계당시의 경계와 대부분 20-30년이 지난 지금의 저수지 만수면적 경계선에 많은 오차가 발생할 것이므로, 이에 대한 고려가 필요하다.

나. 무인측정에 의한 사전 탐색 방식

(1) 개요

무인측정장치를 저수지의 외곽으로 일순하여 경계선을 탐색하는 방법으로, 현재 기존 자료 대비 경계선에 많은 변화를 가져온 저수지의 경우 반드시 이와 같은 방법이 필요하다.

(2) 문제점 분석

무인측정장치를 자동으로 운전토록하여 경계를 측량하는 경우와 경우에 따라 수동으로 운전하는 경우 모두를 고려하며, 자동으로 운전토록할 경우 무인측정 장치의 좌우측 전면에 충돌방지 센서를 부착하여 어느 거리 이내 장애물이 있을 경우(이때 장애물이란 저수지 수심이 아주 얇은 저수지 경계선을 말함) 어느 방향으로 운전토록 하는 알고리즘이 필요하다. 이 경우 전면 충돌방지 센서는 저수지 내부에 있는 물체에 대한 충돌회피 기능으로 겸하여 사용할 수 있다. 수동으로 작동할 경우 관측 포인트에서 화면으로 볼 수 있도록 전면과 측면을 주시할 수 있는 감시 CCD 카메라가 필요하다. 그러나 이러한 접근방법은 많은 추가적인 센서를 부착하여야 하며, 또한 센서의 정밀도 및 방수 등 여러 부가적인 문제점을 도출한다. 따라서 현 과제에서는 고려치 않도록 한다.

2.6 저수지 수심 측량 순회 노선 설정 방안 검토

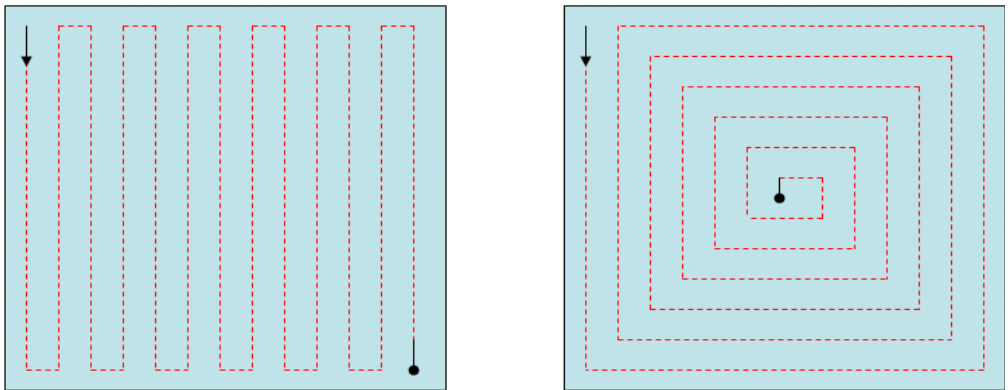
가. 무인탐사선의 순회 개념

저수지 경계설정이 마무리 된 이후, 무인자동측정 탐사선이 가장 최단시간에 저수지 전체를 측량할 수 있는 최적화된 루트를 설정해주어야 한다. 이 때 순

회방식은 단순한 동심원식 또는 매우 복잡한 폴리곤을 형성할 경우 각각에 대하여 최적화된 순회 루트를 설정할 수 있도록 설계되어야 한다.

나. 순회 방식의 검토

순회 방식은 <그림 3-19>에서 보는 바와 같이 동심원 또는 일정방향으로 무인탐사선이 자동으로 순회할 수 있도록 경로를 설정해주는 방법이다.



<그림 3-19> 동심원 순회 방식

2.7 순회루트 생성 방안 검토

가. 수동입력 방식

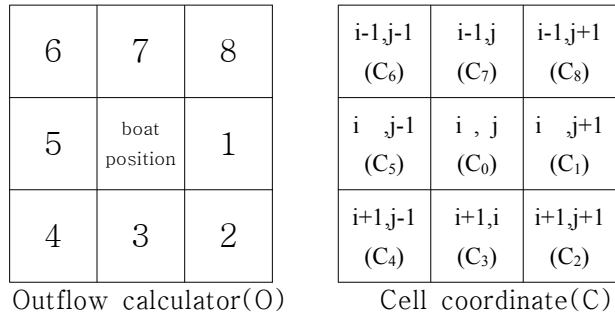
사용자가 측정대상 저수지의 만수면적도를 무인탐사선 조작 화면에 띄워, 화면상에서 마우스로 무인탐사선 순회할 루트를 만들어 주는 방법으로 사용자가 주요 지점(way point)를 마우스로 선정해주어야 하며, 가감 수정이 가능하도록 할 수 있다.

나. 자동생성방식

측정 및 자료관리 단위를 격자기준으로 함으로서 순회루트 추적 프로그램도 격자단위로 개발이 가능한 방법으로 순회루트의 자동생성을 위해서는 저수지 측량지역을 격자(cell)로 표현하고 다음 그림과 같은 리빙윈도우를 이용하여 순회루트를 추적하는 알고리즘을 적용한다.

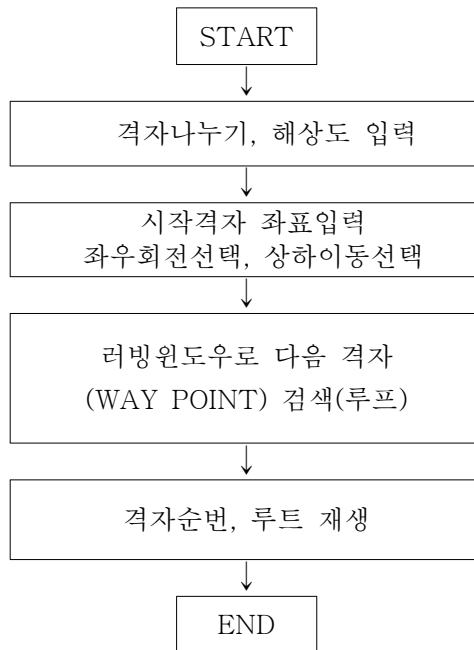
리빙윈도우의 중간에 무인탐사선 위치하고 주변 격자를 검색하여 경계격

자, 기 측량격자, 그리고 향후 측량할 격자 등을 검색할 수 있는 알고리즘을 개발한다.



<그림 3-20> Roving window의 형태

격자단위의 러빙윈도우를 이용한 순회루트 자동생성 알고리즘은 다음과 같다.



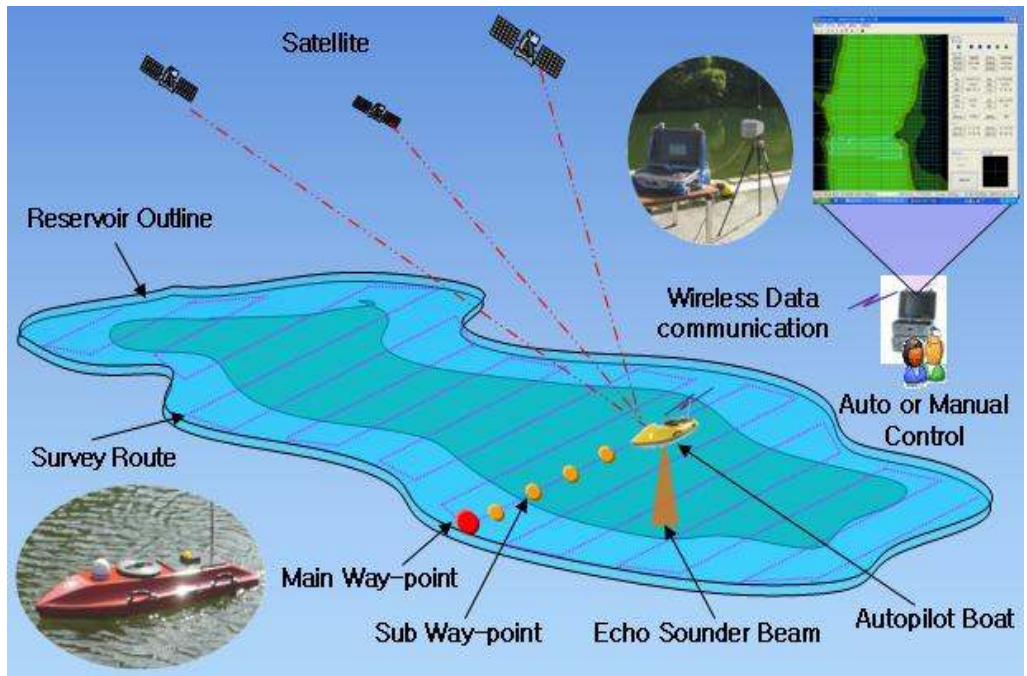
<그림 3-21> 러빙윈도우를 이용한 자동생성 알고리즘

외곽 경계 격자의 검색 알고리즘은 다음과 같이 개발지역에서 외곽경계를 격자단위로 추적하는 알고리즘을 이용하여 추적할 수 있으며, 외곽격자를 추적하는 알고리즘을 이용하여 외곽격자의 안쪽에 동일한 방법으로 순회하는 루트를 추적할 수 있으며, 모든 격자를 순회할 때까지 동 방법을 반복하면 입력된 공간해상도(5m, 10m 등)에 따라 저수지의 모든 부분을 자동으로 순회하는 루트를 재생할 수 있다.

제2절 저수지 내용적 측량용 자율항법 시스템 개발 수행 내용

2.1 저수지 내용적 측량용 자율항법 시스템 운용 개념

가. 저수지 내용적 측량용 자율항법 시스템 운용도
자율항법 무인탐사선의 운용도는 다음과 같다.



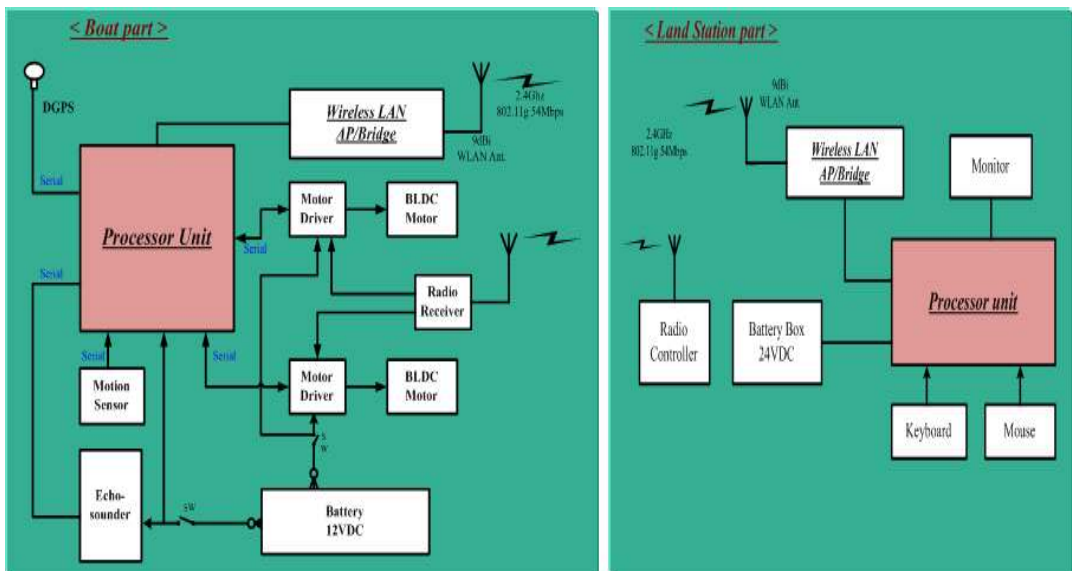
<그림3- > 자율항법 무인탐사선 운용도

2.2 저수지 내용적 측량용 자율항법 시스템 구성

가. 저수지 내용적 측량용 자율항법 시스템의 구성도

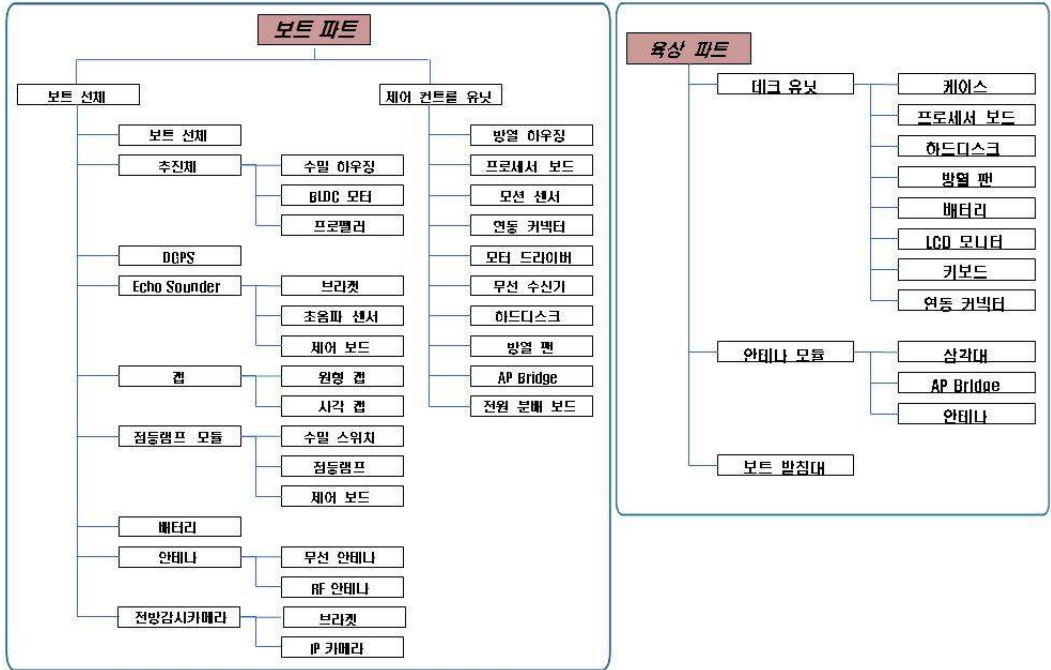
(1) 자율항법 무인탐사선은 크게 탐사선 파트와 육상 파트로 크게 구분이 된다. 탐사선 파트는 저수지를 자율운항 또는 원격 조정에 의한 운항은 시스템으로 지정된 위치로 이동하기 위한 추진체와 수심측량을 위한 음향측심센서, 탐사선 위치를 파악하기 위한 DGPS, 탐사선을 감시, 제어하는 제어 컨트롤 모듈 및 육상 통신을 위한 RF 통신 모듈로 구성되어 있다.

(2) 육상 파트는 사용자 인터페이스, 측량 사전 계획 수립 및 측량 사후 처리를 위한 컨트롤 모듈과 탐사선과 통신을 위한 RF 통신 모듈로 구성되어 있다.



<그림 3-23> 자율항법 무인탐사선 구성도

나. 저수지 내용적 측량용 자율항법 시스템의 패밀리 트리
 자율항법 무인탐사선 패밀리 트리는 다음과 같다.



다. 저수지 내용적 측량용 자율항법 시스템의 구성품 형상

개발된 자율항법 무인탐사선의 구성품 형상은 다음과 같다.



<그림 3-25> 자율항법 무인탐사선 구성품 형상

라. 저수지 내용적 측량용 자율항법 시스템의 운용 프로그램

(1) 자율항법 무인탐사선 운용프로그램

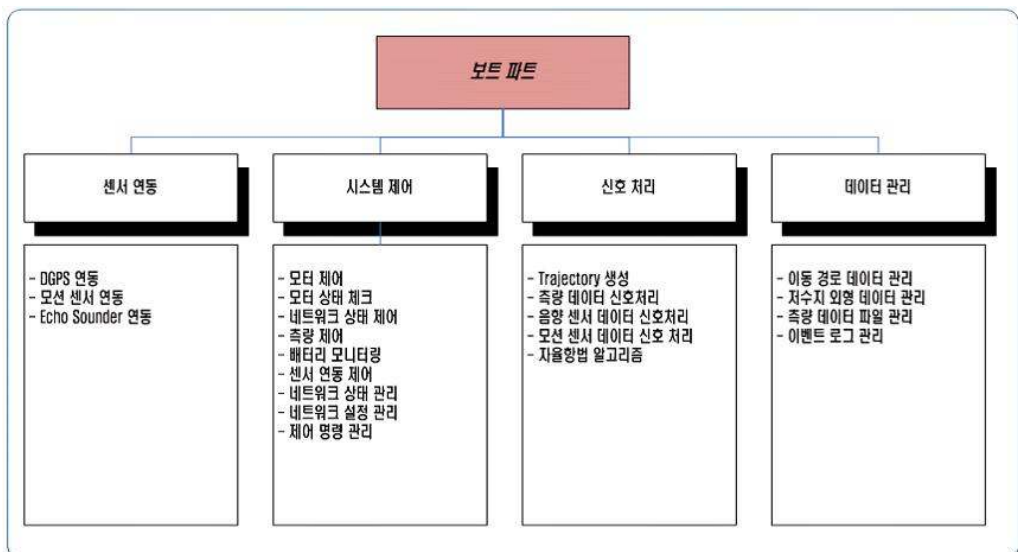
자율항법 무인탐사선에 탑재 되는 프로그램은 Windows XP OS에서 운용이 되며, 탐사선 파트에서 운용되는 프로그램과 육상 파트에서 운용되는 프로그램으로 크게 2개의 운용프로그램이 구동이 된다.

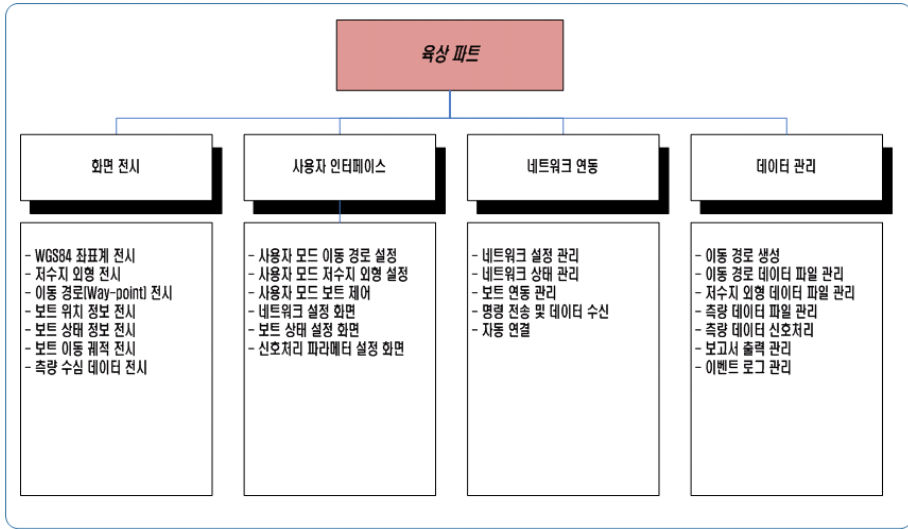
탐사선 파트에는 센서연동, 시스템제어, 신호처리 및 데이터 관리를 담당하는 4개의 그룹으로 구성이 되며, 4개의 그룹의 서로 유기적으로 동작하며, 코어2 듀오 프로세서에서 최적의 성능을 내기 위한 멀티태스킹 기반으로 작성되어 있다.

탐사선 파트는 원격 조정 또는 자율운항을 하면서 탐사선에 부착되어 있는 센서와 추진체를 실시간으로 제어하며, 탐사선의 상태 정보 및 측량 정보를 실시간으로 육상 파트로 전송하는 기능이 주된 업무이다.

육상 파트는 저수지 내용적 측량을 위한 저수지 경계 설정, 탐사선 선회 설정, 탐사선 운항 제어 및 GUI를 통한 실시간으로 탐사선의 상태 정보 및 측량 데이터 전시를 주 기능으로 한다. 또한 측량 사후 처리를 통한 측량 데이터 산출물을 제공하는 기능도 가지고 있다.

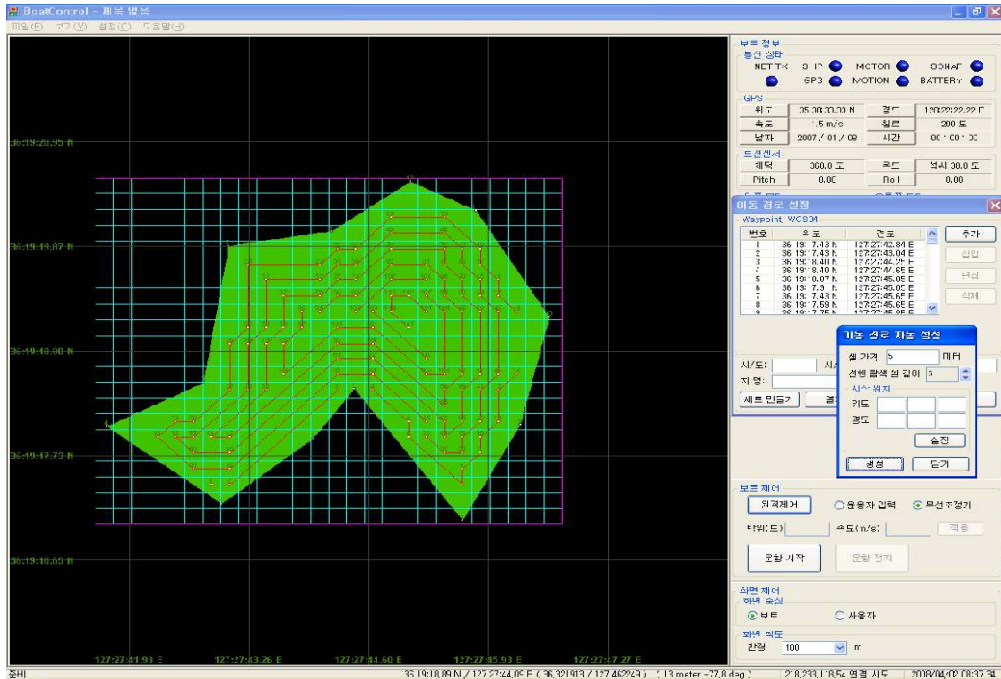
각 파트별 운용프로그램의 기능은 다음과 같다.





<그림 3-26> 보트 및 육상 파트 운용프로그램 기능

육상 파트 운용프로그램의 화면은 다음과 같다.



<그림 3-27> 육상 파트 운용프로그램 화면

2.3 농업용 저수지용 자율항법 무인탐사선 선박 설계 및 제작

가. 자율항법 무인탐사선 선체 설계 개념

(1) 형상 및 재료

무인탐사선의 선체의 구조설계를 하기 위해서는 파랑이 있는 지역에서 어떤 속도로 주행할 때 보트 선저에 가해지는 충격하중을 예측하는 것이 무엇보다 중요하다. 보트 선체에 작용하는 하중은 그 작용이 동적이며, 작용하는 하중 또한 매우 복잡하여 유체역학적으로 이론 계산이 매우 어렵다.

또한 선체의 선저부분에 음향 측심센서 등을 장착하여야 하므로 주행 시 선체의 자세가 대단히 중요한 파라미터로 작용한다. 물론 바람이나 파랑에 의해 아주 정밀한 자세가 나오도록 설계, 제작하는 것은 대단히 어렵기 때문에 선체 내부에 자세 센서(Attitude Sensor)를 장착하여 Pitch, Roll의 변화에 따른 데이터 보정작업이 이루어 질것이나, 최초 설계 시 이 부분을 최대한 고려한다면 탐사 결과 값의 신뢰도는 그 만큼 좋아진다.

그 동안 선저에 작용하는 파랑의 충격하중을 이론적으로 계산하려는 노력이 많이 시도되어 왔으나 아직 만족할 만한 값이 얻어지고 있지 않다.

따라서 이 하중이나 주행 중 자세는 실험이나 실측에서 얻어진 자료에 의존할 수밖에 없는 것이 현실이다. 그것은 배수량형 소형 선체 설계에 대한 설계하중의 추정방법으로는 계산이 거의 불가능하고 복잡하고 또 폭 넓게 변화하는 동적 작용을 받기 때문이다.

또한 소형 선박의 선체 재료로 많이 사용하는 FRP(Fiber-glass Reinforced Plastics, 섬유 강화 플라스틱)의 재료의 경우 금속(Metal)이나 목재(Wood)보다 낮은 탄성(彈性)특성에 따라 처짐이 상대적으로 아주 크게 발생한다. 과도한 처짐은 축계(Shafting)장치의 정렬을 흐트러(Misalignment of Shaft) 소음과 진동의 원인이 되기도 하고 마찰 저항을 증가시켜 속도를 감소시킨다.

(2) 선체 저항

(가) 저항의 종류

수면 위를 운항하는 선체는 공기와 물로부터 저항을 받으며, 움직임에 따라 자

신이 만들어내는 파도로부터도 저항을 받는다. 하지만 선체가 받는 공기저항은 물에 의해 받는 저항에 비해 매우 작기 때문에 고속선이나 물위에 노출된 부분이 많은 경우를 제외하고는 일반적으로 무시하는 경우가 많다. 선체의 저항이 중요한 이유는 선체가 요구하는 항해 속력을 내기 위해서는 이들 저항을 이기는데 충분한 동력의 추진기를 택하여야 하며, 선체의 저항이 선체의 속도와 형상, 선체와 물의 접촉 면적 등에 크게 영향을 받는 점이며, 이 사항들을 고려하여 동일한 힘의 추진기로 보다 빠른 선체를 만들 수 있도록 가급적으로 저항을 줄이는 방법을 고찰하여야 한다.

선체의 저항으로는 선체가 어떤 일정 속도로 주항할 때 선체의 표면에는 물의 점성에 의하여 접선 방향으로 마찰력이 작용한다. 마찰저항은 전 저항의 큰 부분을 차지하며 저속의 경우는 전 저항의 80~85%에 달하며 고속의 경우 약 40~50%를 차지한다.

또한 선체가 진행함에 따라 수면상의 형성된 파계가 유지되도록 선체의 지속적으로 공급되어야 하는 에너지로 인한 저항인 조파저항이 있고, 선체나 선체 부가물의 형상이 유선형으로 되어 있지 않거나 흐름을 거슬리지 않도록 놓이지 못했을 때, 그리고 선체의 형상이 급격히 변하는 경우 물이 선체 표면을 따라 흐르지 못 하게 되어 형성되는 소용돌이와 같은 유동에 의한 와류저항이 있다.

여기서 조파저항과 와류저항의 합을 잉여저항이라고도 한다.

여기에 부가적으로 수면 상에 노출된 주 선체와 선루가 공기 중에서 움직이게 됨으로 인하여 발생하는 공기저항과, 선체에 부착되어질 각 장치 및 센서들에 의한 부가물 저항 또한 존재한다.

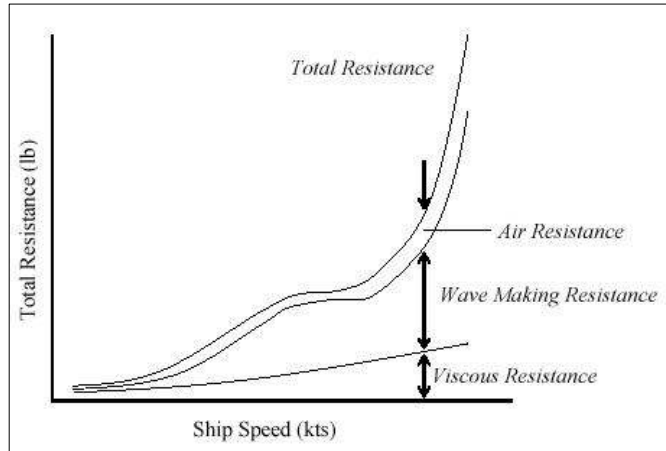
선체에 작용하는 마찰 저항은 선체의 침수 표면과 그 상태가 같고, 표면적이 같으며 배의 흘수선에서의 길이를 갖는 직사각형 평판의 마찰 저항으로 대치될 수 있다.

(나) 전체 저항 (Total Hull Resistance) 과 선체 속도

바람이 없는 공기 속에서 잔잔한 물 위를 전진하는 배가 받는 저항을 전체저항 (Total Hull Resistance)이라고 하며, 이는 그 배의 유효마력(Effective

Horsepower)를 결정하는 근본이 된다.

전체저항은 모든 저항들의 합이며, 이 저항들과 선체의 속도 사이의 관계를 보여주는 대표적인 곡선은 아래와 같다.



<그림 3-28> 전체저항과 선체 속도와의 관계

낮은 속도 범위에서는 점성저항이 가장 큰 비중을 차지하는데 속도가 증가됨에 따라 조파저항의 비중이 더 커지는 점과, 속도의 증가에 따라 전체저항이 급격하게 증가되는 점에 주목할 필요가 있다.

다. 보트 선체의 추진 및 조종

선체의 조종성능을 세분하면 다음과 같이 나눌 수 있다.

- 침로안정성능(針路安定性能, Course Keeping Ability)
- 변침성능(變針性能, Course Changing Ability)
- 선회성능(旋回性能, Turning Ability)
- 정지성능(停止性能, Stopping Ability)

침로안정성능은 선박이 원하는 방향으로 똑바로 갈 수 있는 능력을 말한다. 침로안정성능과 관련 있는 것으로 동적안정성(動的安定性, Dynamic Stability)이 있다. 똑바로 가고 있는 선체가 외부로부터 일시적인 교란(예를 들어 바람이나 파도)을 받게 되면 선회하게 된다. 이 교란이 잠시 후 사라졌을 때 선체가 더 이상 선회하지 않고 직진한다면 이 선박은 동적으로 안정한 선박이라고 한다.

만일 교란이 사라진 후에도 선체가 계속 선회한다면 이 선체는 동적으로 불안정한 선체이며, 본 과제에서 목표로 하는 자율항법 알고리즘에 의해 생성된 자율항로 추적성능에 매우 큰 영향을 미치게 된다.

대부분의 선체는 동적으로 불안정하더라도 타를 계속 움직임으로써 똑바로 갈 수 있다. 그러나 동적으로 불안정하면 똑바로 가기 위하여 빈번하게 타를 조작하여야 한다. 이는 역시 자율항법에 의한 항로를 따라가기 위해 제어프로그램에서 최소한의 방향제어가 이루어져야 하므로 매우 중요한 요소이다.

동적으로 불안정한 선체는 조종자로서, 자율항법 프로그램을 적용하기 매우 다루기 어려운 선체가 되고 타의 움직임으로 인한 부가 저항이 증가하여 속도도 크게 떨어지게 되고 전력소모 또한 커지게 된다. 따라서 설계 시 동적안정성의 확보 여부를 검토하여야 한다.

동적안정성은 선체가 사항(斜航)할 때 선박에 작용하는 유체력의 작용점(l_v)과 선체가 선회(旋回)할 때 선체에 작용하는 유체력의 작용점(l_γ)과의 관계로부터 판단할 수 있다. 즉, l_γ 이 l_v 보다 앞쪽(선수쪽)에 있으면 동적안정성이 있는 선

체이고 그렇지 않으면 불안정한 선체이다.

동적안정성을 쉽게 이해하려면 풍향계를 생각하면 된다. 풍향계는 언제나 바람이 불어오는 방향을 가리킨다. 외부에서 힘을 주어 방향을 돌려놓아도 다시 제자리로 돌아가게 된다. 풍향계를 살펴보면 뒤쪽에 넓은 날개를 달아 도심(圖心)을 뒤쪽에 놓이게 하고 앞쪽에는 무거운 화살촉을 놓아 무게중심은 앞쪽에 놓은 것을 알 수 있다. 동적안정성이 우수한 선체의 설계는 이러한 개념을 이용하면 된다.

그러나 선체의 경우는 화물 적재, 저항성능 등 다른 요소들을 고려하여야 하므로 동적안정성만을 고려할 수 없어 제한이 많이 따른다.

변침성능은 선체가 충돌이나 장애물 등이 나타날 수 있는 상황에서 방향을 바꾸어 위험을 회피할 수 있는 능력을 나타내는 척도이다. 변침성능은 직진 상태에서 정해진 방향으로 바꾸는데 필요한 시간으로 판정할 수 있다. 한 쪽 방향으로 돌고 있는 선체의 방향을 반대 방향으로 바꾸는 능력도 변침성능에 포함된다.

선회성능은 선체의 진행 방향을 180도 바꿀 때 필요한 공간의 크기로 판단한다. 선체가 진행 중에 앞에 장애물이 있는 경우 방향을 바꾸어 옆으로 비껴가는 것이 첫 번째 생각할 수 있는 선택이다. 만약 옆으로 피할 공간이 없는 경우에는 정지하여야 할 것이다. 그러나 선체는 관성력이 커서 프로펠러를 역전시켜 정지를 시도한 후 멈추기까지의 정지거리가 매우 길다. 통상 선체의 정지거리는 배 길이의 10배에서 15배에 이르므로, 2m 길이의 선체는 장애물을 발견하고 정지 명령을 내리더라도 2~3m 앞으로 더 나아간 후 정지하게 된다.

따라서 선체 앞의 장애물이 가까운 거리에 있는 경우에 최후의 선택은 방향을 바꾸는 것이다. 이 때 선체가 방향을 바꾸기까지 나아가는 거리는 통상 배 길이의 5배 이하이므로 효과적인 회피 수단이 된다.

또한 자율항로를 유지하기 위해 최단 거리와 최소 선회각이 절대적으로 요구되며 이는 제어프로그램에서 추진체의 제어횟수를 얼마나 최소화 할수 있는지, 그리하여 얼마나 전력소모를 최소화 할 수 있는지에 대한 중요한 요소이다.

이러한 의미에서 선박을 360도 회전시켰을 때 차지하는 공간의 크기가 작을수록 선회성능이 우수한 선체이다.

정지성능은 앞에 설명한 바와 같이 정지할 때까지 필요한 거리가 판단 지표이다. 정지성능을 향상시키려면 큰 후진력을 낼 수 있는 프로펠러와 엔진이 필요하다.

본 과제에서 사용할 선체의 추진 및 조종은 엔진을 사용하지 않고 전기적인 추진체를 이용하여 자율항법 알고리즘을 이용하여 제어하는 시스템으로 구현했다. 탐사지역이 농업용 저수지이므로 탐사장비로 인한 환경오염 등의 폐해를 방지하고, 선체의 크기가 매우 작으므로 전기적인 구성으로도 충분한 추력을 갖을 수 있다.

또한 본 과제에서 개발 할 농업용 저수지 내용적 측량용 무인 자율항법 보트 시스템은 대형 선박이 접근할 수 없는 협소한 지역이나 낮은 수심이 형성된 지역이 대다수 이므로 선회성능이 대단히 중요하다. 선체의 정지 성능도 위급한 상황이 많으므로 충분히 고려되어야 할 사항이다.

그러므로 개발할 농업용 저수지 내용적 측량용 무인 자율항법 보트 시스템은 거의 선회성능과 변침 성능이 제자리에서 조종이 가능하도록 설계되어야 하며, 동적 안전성을 유지하면서도 급격한 큰 후진력을 갖을 수 있도록 제작할 예정이다.

라. 보트 선체의 추진 및 조종 성능 평가 방법

조종자는 자기가 조종하는 선체박의 조종성능이 좋고 나쁨을 직접 운항해봄으로써 느낄 수 있다. 또한 본 과제에서 적용할 자율항법 알고리즘에 의해 생성된 자율항로를 얼마나 최적으로 추적하여 주항하는가으로써 정략적으로 성능을 판단할 수 있다. 즉, 이 선체는 직진 성능이 좋지 않지만 선회성능은 매우 좋다는 등의 평가를 할 수 있다. 그러나 이러한 평가는 주관적이기 때문에 다른 선체와 비교하여 얼마나 좋은지 나쁜지에 대한 객관적인 평가는 어렵다.

선체 설계자로서도 조종성능이 우수한 선체를 설계하려면 자신이 설계한 선체가 어느 정도의 조종성능을 갖고 있는지에 대한 정량적인 평가 수단이 필요할 것이다.

그러나 현실적으로 본 기술 개발 과제에서 개발할 소형 보트는 그 비교 대상이 사실상 없는 것과 다름이 없으나, 정량적인 조종 성능의 기준을 대형선박에

적용되는 국제적인 조종 성능 평가 항목을 토대로 자체적으로 판단, 결정하여 보트 선체의 조종 성능 평가를 할 예정이다.

조종성능에 대하여 정량적으로 평가할 수 있는 방법으로서 조종성능 시험이 있다. 조종성능 시험의 종류는 수십 가지에 이른다. 이는 각국이 각기 독자적으로 조종성능을 평가하는 시험방법을 고안했기 때문이다. 그러나 조종시험을 수행하는 경비 문제와 서로 통일된 기준을 확보할 필요가 있어 현재는

- 선회시험(旋回試驗, Turning Test)
- 지그재그시험(Zig-Zag Test)
- 나선시험(螺旋試驗, Spiral Test)
- 정지시험(Stopping Test)

의 4가지 조종시험이 표준 조종시험으로서 정착되었다.

앞에서 언급한 주요한 조종성능인 침로안정성능, 변침성능, 선회성능, 정지성능의 평가와 관계가 있는데 이들 각 시험의 시험방법, 평가항목 및 조종성능과의 관계 및 IMO(International Maritime Organization, 국제해사기구)에서 안전을 위하여 요구하고 있는 조종성 기준에 대하여 각각 살펴보았다.

선회시험은 선회성능을 평가하는 조종시험으로서 매우 직관적이기 때문에 가장 오래 전부터 널리 사용된 시험방법이다. 이 시험은 일정 속도(보통 설계속도)로 직진하다 최대 타각(통상의 선박은 35도)으로 돌리고 프로펠러 엔진은 제어하지 않고 일정하게 유지한 상태에서 선박이 360도 회전할 때까지 수행한다. 시험 중 변하는 선속, 선수각, 선박의 궤적을 기록한다. 선회시험 시 측정된 선체의 전형적인 궤적이 있다.

이 궤적에서 전진거리(Advance)와 가로이동거리(Transfer)는 타를 작동한 후 선박이 90도 회전할 때까지 이동한 전진방향과 횡방향의 이동거리를 나타내며 전술직경(戰術直徑, Tactical Diameter)은 선체가 180도 회전했을 때까지 이동한 횡방향 거리이다.

전진거리는 앞에 나타난 장애물을 선회에 의하여 회피할 때 필요한 최소거리라는 점에서 선회능력을 판단하는 중요한 값이다. 과거 해군의 전술에서는 최

소의 이동으로 함정을 180도 회전하는 것이 중요하였다. 전술직경은 이러한 개념에서 나온 것으로 선회능력을 나타내는 또 하나의 값이다. IMO 조종성 기준을 만족하려면 35도 타각 혹은 최대 타각에서 수행한 선회시험 결과에서의 전진거리가 선박 길이의 4.5배 이하, 전술선회직경이 선박 길이의 5배 이하가 되어야 한다.

나. 무인 탐사선 선체 선형 설계, 운동량 측정 분석 및 제작

(1) 무인 자율항법 탐사선 선체 선형 설계 시 고려사항

(가) 보트의 크기와 주향에 따른 안정성

본 과제에서 계획되었던 선체의 길이는 1800mm로서 “농업용 저수지 내용적 측량용 무인 자율항법 보트 시스템”의 운용 목적과 음향측심센서, 각 장치 및 센서 탑재, 그리고 방형비척계수(CB)에 의한 선폭을 고려한 최소의 적정 사이즈이며, 여기에 최대 보트 전체 중량 39kg이라는 내용을 포함하고 있다.

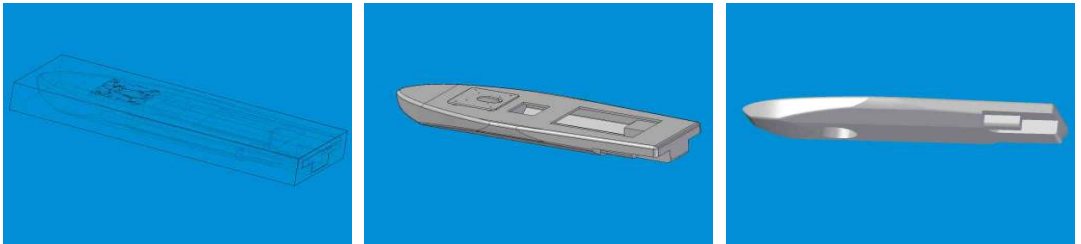
이번 과제에서 개발하고자 하는 자율항법 무인탐사선의 사양은 다음과 같다.

<표 3-8> 자율항법 무인탐사선 사양

구 분	내 용
선체 크기	1,800 × 600 × 320 (L×W×H, mm)
전체 크기(받침대 포함)	1,930 × 665 × 580 (L×W×H, mm)
재질	Fiberglas Reinforced Plastics
무게	39kg (Not included Battery)
원격 조종 가능 거리	1,500m Max
데이터 통신 거리	1,000m Max
주향 속도	1.0m/s normal
작업시간	~4 hours Max @12V/55Ah
전원	DC 12V
탐사선 조종 주파수	40.830MHz, High-performance 9-ch, PCM
데이터 무선 통신	2.4GHz, IEEE 802.11g Standard 54 Mbps 30dBm (1W)
데이터 무선 통신 안테나	9.5dBi Omni-Directional
수심측량 위치 정확도	±1.0m 이내
수심측량 수심정확도	±(10 cm + Z / 1,000)이내

선체의 조종성능은 주로 수면 아래의 선박 및 타의 크기와 형상에 의하여 결

정된다. 조종성능은 선박의 주요 제원인 길이(L), 폭(B), 흘수(T), 방형비척계수(CB)에 가장 영향을 받는다. 이들 4가지 제원은 각기 연관되어 있어 어느 하나만 변화시키기는 곤란하며 이러한 인자들을 고려하여 최적의 선형을 아래 그림과 같이 도출했다.



<그림 3-29> 선체 구조 설계

한 예를 들어 이미 그 성능이 검증되어 운용 중에 있는 미국의 ADCP 탑재 Q-Boat는 길이가 2150mm 이며 폭은 710mm이다. 이때 주요제원의 비로서 살펴보면

- Q-Boat 의 L/B Ratio

$$2150/715 = 3$$

- 본 과제 무인탐사선의 L/B Ratio

$$1800/6600 = 3$$

으로서 같게 설계 되었다.

또한 방형비척계수(CB), 즉 조종 관점에서의 선체 비만계수 또한 고려해야 하므로 현재 무인탐사선의 선체 크기 : 1,800(L)×600(W)×320(H)mm 는 여러 선체 설계 요소를 종합한 결과 최적의 크기라 할 수 있다.

그러므로 선체의 길이를 1800mm로 하였을 때 폭은 600mm로 정해지며, 여기서 더 길이를 축소시킬 경우 폭이 더 좁아지며 이는 다음과 같은 문제점을 동반한다.

첫째, 보트 Roll- Motion이 나빠져 자세 복원력 감소로 인한 안정성 감소하고

둘째, 배수량의 감소로 인한 부력감소로 주항 시 선수 부분의 물의 범람하여 마찰저항이 증가하는 문제가 발생하고 셋째, 중량 대비 부력의 감소로 인해 요구되는 추력이 증가되고 그 결과 보트의 속도 저하 및 전력 소모가 증가한다.

라. 선체 설계 제작 및 성능 평가

(1) 선체 설계 및 제작

설계된 자료를 바탕으로 시험용 모형 선체와 실크기의 몰드 제작을 하였다. 제작된 선체는 여러 가지의 방법으로 모터와 프로펠러, 무게 등을 고려하여 시험했으며 방법과 결과는 아래와 같다.

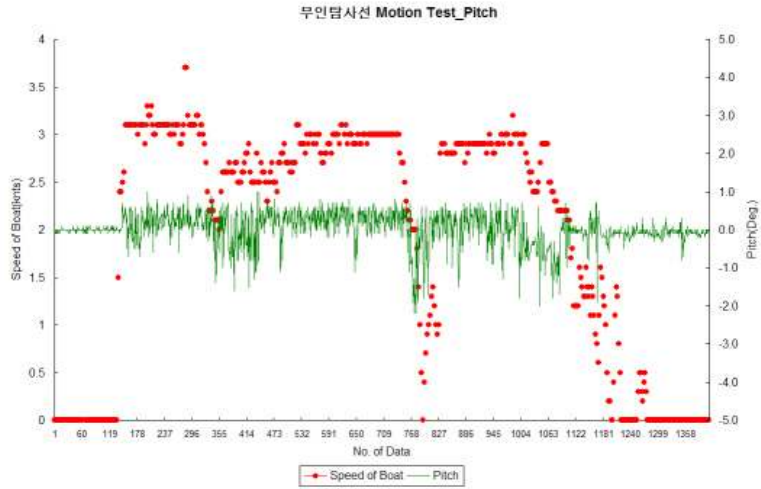


<그림 3-30> 선체 설계용 목업과 몰드 제작

(2) 무인탐사선의 성능 시험 평가 항목

- Motion Test
- 직진성 시험 / 정지시험 / 선회시험
- Zig-Zag 시험 / 나선시험

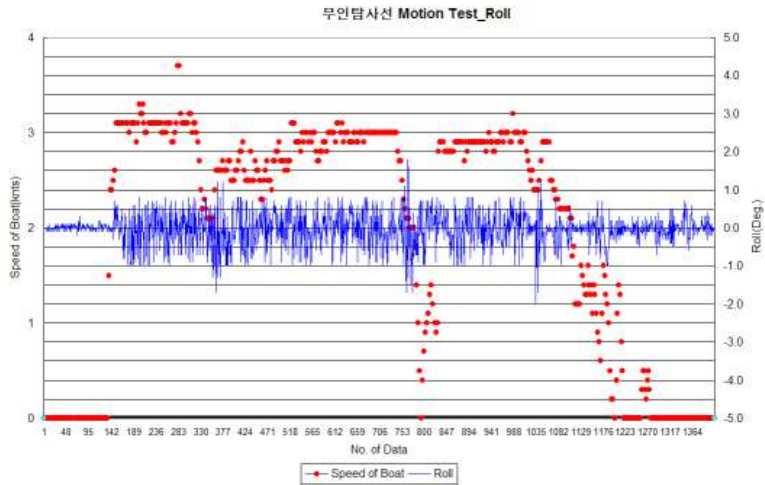
(가) 자율항법 무인탐사선 선체의 자세 시험 결과(Pitch)



<그림 3-31>

원격 조종 보트 선체의 자세 시험 중 Pitch의 값이 주행 중에 ± 1.5 도 이내로 시험 성능 기준에 만족한다.

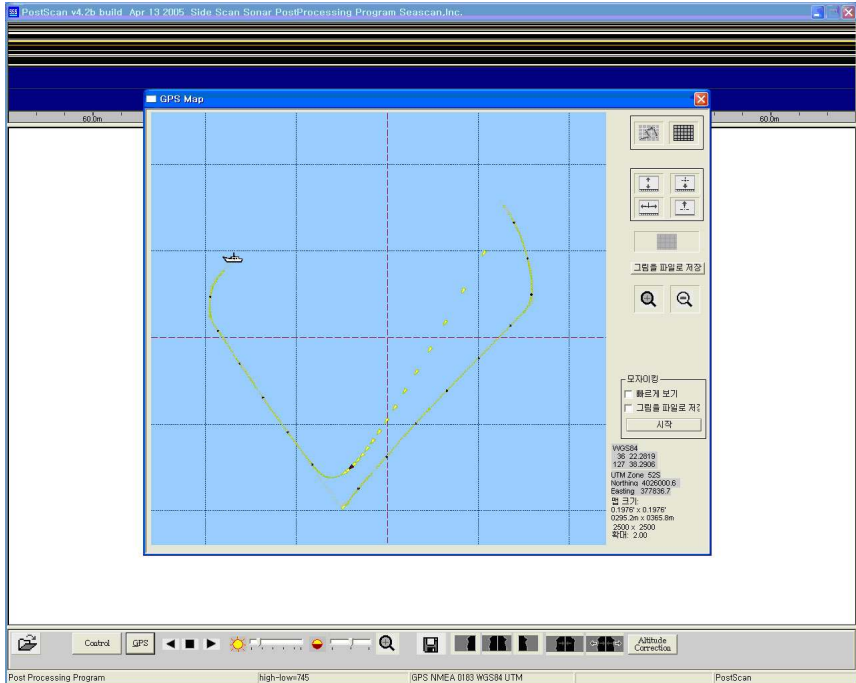
(나) 자율항법 무인탐사선 선체의 자세 시험 결과(Roll)



<그림 3-32>

위의 그림과 같이 속도가 급격히 변하는 지점이외에서는 Roll의 값이 약 $\pm 0.75^\circ$ 내에서 일정하게 유지하므로 시험 성능 기준에 만족한다.

(다) 원격 조종 보트 선체의 직진성 성능 평가



<그림 3-33> 원격 조종 보트 선체의 직진성 성능 평가 결과

응용 프로그램을 이용하여 선가 운항 중 이동경로를 실시간으로 표시한 자료이다. 시험 당시 약간의 바람이 있었으며 방향 전환 시를 제외하고 방향키는 전방 직진과 최고속력 명령을 유지한 상태에서 시험했으며, 그 결과 직진성이 아주 우수한 결과를 보였다.

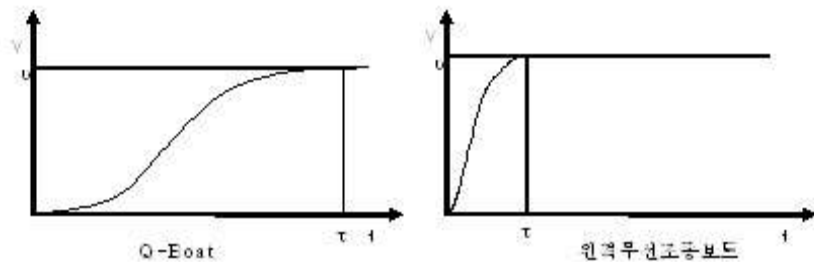
침로안정성능은 선체가 원하는 방향으로 똑바로 갈 수 있는 능력을 말한다.

침로안정성능과 관련 있는 것으로 동적안정성(動的安定性, Dynamic Stability)이 있다. 똑바로 가고 있는 선체가 외부로부터 일시적인 교란(예를 들어 바람이나 파도, 조류)을 받게 되면 직진운동 성능이 저하된다. 이 교란이 잠시 후 사라졌을 때 선체가 빠른 시간 안에 다시 직진운동을 계속 한다면 이 선체는 동적으로 안정한 선체라고 한다. 만일 교란이 사라진 후에도 선체가 직진운동을 계속 하지 않는다면 이 선체는 동적으로 불안정한 선체이다. 대부분의 선체는 동적으로 불안정하더라도 타를 계속 움직임으로써 똑바로 갈 수 있다. 그러나 동적으로 불안정하면 똑바로 가기 위하여 빈번하게 제어를 해야 한다.

동적으로 불안정한 선체는 조종자로서 또 자율항법 제어프로그램의 효율적인 면에서 매우 다루기 어려운 선체가 되고 타의 움직임으로 인한 부가 저항이 증가하여 속도도 크게 떨어지게 된다. 따라서 설계 시 동적안정성의 확보 여부를 검토하여야 한다. 선체의 양쪽 하단에 Keel을 만들었으며 선체의 안정성을 최대한 높였다. 또한 직진성을 좋게 하기 위해서는 선체의 추력과 속도에 밀접한 관계가 있다. 자동차를 예로 들면 저속 기어에서는 속력은 작지만 구동력은 높은 반면에 고속기어에서는 바퀴의 회전력은 높되 구동력은 낮다. 자동차가 출발할 때는 외란의 영향(적재량, 언덕등)에도 견딜 수 있는 구동력이 필요하듯이 선체 설계 시 순간적인 추력을 높이기 위해 적정용량의 모터 선정이 필요하며 이는 외란의 영향에도 조종부가 지시하는 대로 선체가 진행하는 힘을 최대한 높게 설계한 것이다. 여기서 속도만을 고려하여 높게 설계 할 경우 선체는 부력을 받아 흘수가 낮아질 것이고 작은 외란에도 쉽게 영향을 받게 되므로 조종이 어렵게 된다.

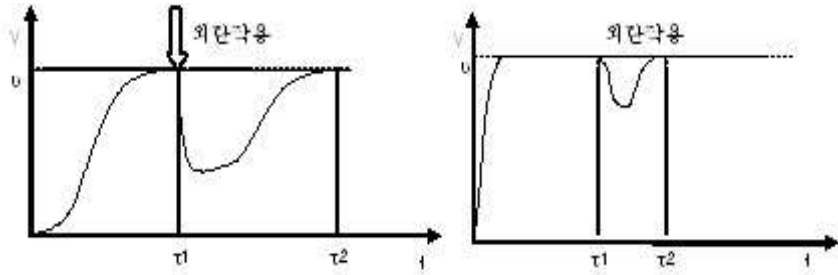
그리고 고려되어야 할 것이 변침 성능이다. 이 변침성능은 선박이 충돌이나 좌초 등이 일어날 수 있는 상황에서 방향을 바꾸어 위험을 회피할 수 있는 능력을 나타내는 척도이다. 변침성능은 직진 상태에서 정해진 방향으로 바꾸는데 필요한 시간으로 판정할 수 있다. 한 쪽 방향으로 돌고 있는 선박의 방향을 반대 방향으로 바꾸는 능력도 변침성능에 포함된다.

본 기술 개발 과제에서 제작한 선체는 순간적인 구동력이 높기 때문에 급격한 정지, 방향전환이 용이하다. 아래의 그림은 미국의 OceanScience사 Q-Boat와 제작한 무인탐사선의 추력비교와 외란에 의한 침로 안정성에 대한 비교 내용이다.



<그림 3-34>

출발 후 선체 최고 속도에 다다르는 시간을 비교한 것이다. 선체가 저속에서 작은 추력의 Q-Boat는 최고 속도까지 이르는 시간이 오래 걸리며, 아울러 아래 그림과 같이 외란에 의한 침로안정성이 떨어지는 것으로 판단된다. 반면 원격 무선 조종 보트의 선체는 저속에서의 순간 추력이 크기 때문에 최고 속도까지 이르는 시간이 짧음을 알 수 있다.



<그림 3-35>

외란에 의한 침로안정성이 아주 큼을 알 수 있다.

이와 같이 외란에 의한 자세 복원 시간이 오래 걸리므로 외란이 반복되어 들어 오면 결국에는 조종이 불가능 하게 된다.

다. 무인 탐사선 추진체 및 드라이버 설계

라. 자율항법 무인탐사선 컨트롤 유닛 설계 및 제작

(1) 추진기

(가) 구조: Aluminum, Water proof Housing

(나) 추진기 형태: Brushless, 12V, 3000rpm



<그림 3-36> 추진체 형상

(2) 속도 조절 장치

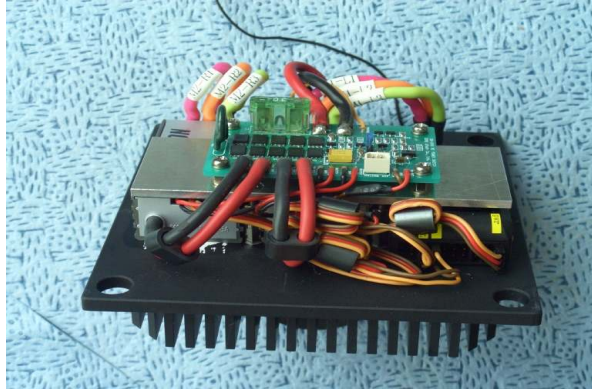
(가) High-powered Brushless Electric Speed Controller

(나) 연속 80A (@Full throttle, 25℃) 출력

(다) 서지(Surge): 120A/design spec 200A(@10 secs)

(라) 저 전압 컷 오프(Low Voltage Cut-Off): Automatic

(마) 고온 시 컷 오프(High temperature Cut-Off): about 110~120℃



<그림 3-37> 속도 조절 장치 형상

(3) 조종기 리시버(RF Remote Control Receiver)

(가) JR Prop R900S Receiver

(나) 40.830MHz, High-performance 9-ch/SPCM-ABC&W type receiver

(4) 제어 컨트롤 모듈(Control Module)

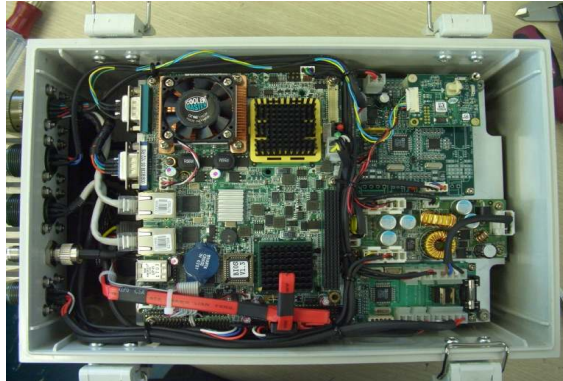
(가) DSME E&R's Case: Waterproof Plastic Case with Aluminum Cooler

(나) 메인보드: EPIC, Socket M Intel® Core™2 Duo

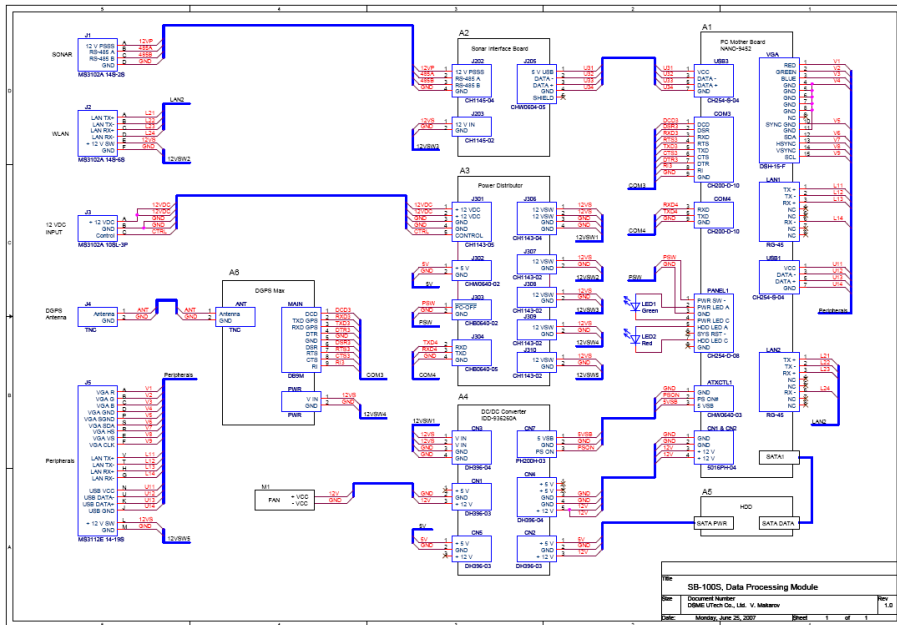
(다) CPU: Intel Core 2 Duo 2.0GHz T7200

(라) 메모리: SO-DIMM, 512MB

(마) HDD: SATA, 2.5', 80GB



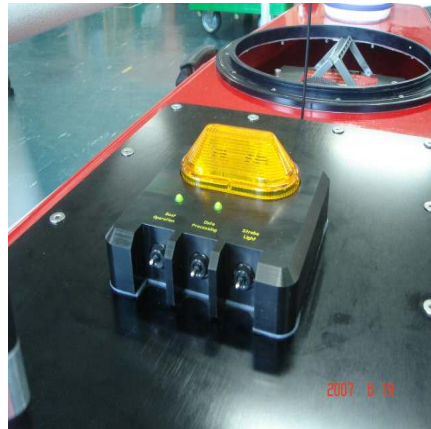
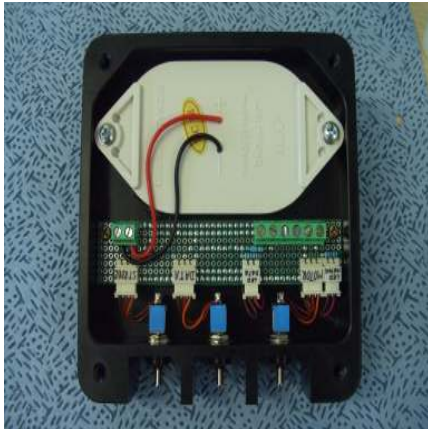
<그림 3-38> 제어모듈 형상



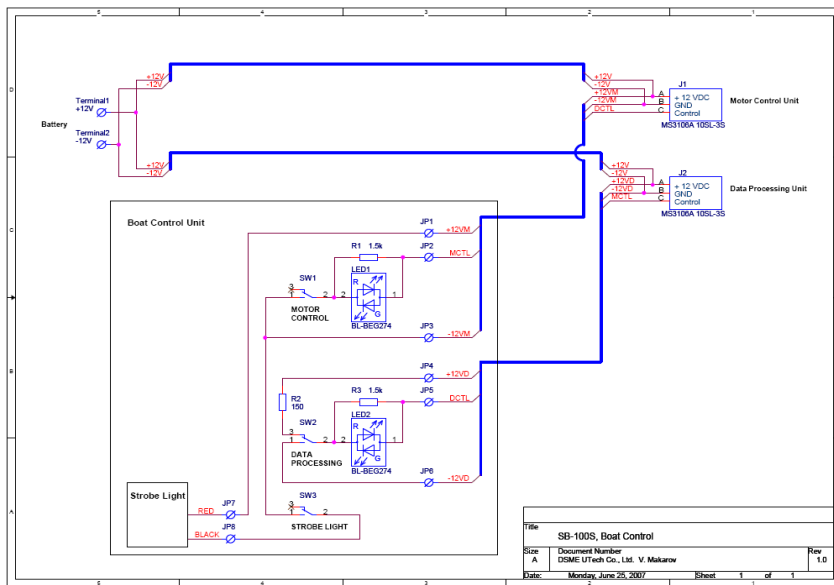
<그림 3-39> 제어컨트롤 모듈 내부 하네스

- (5) 메인 전원 스위치(Main Power Switch)
 - (가) Electronic MOSFET Power Switch, Opposite Input Voltage Protect
 - (나) Automatically Shutdown OS PC before
 - (다) Forced Turn OFF Power after 75 seconds after Switch OFF, (if PC Hang)
 - (라) Low Voltage Protect (10.5V-“Power ON”allow, 9V-“Power OFF”)

(마) Voltage Monitor Data Interface: RS-232



<그림 3-40> 메인 전원 스위치 박스 및 램프



<그림 3-41> 메인 전원 스위치 및 램프 하네스

(9) DGPS(Differential GPS)

(가) DGPS MAX, CSI-WIRELESS



<그림 3-42> DGPS 안테나 및 리시버

(10) 조종기(RF Remote Controller)

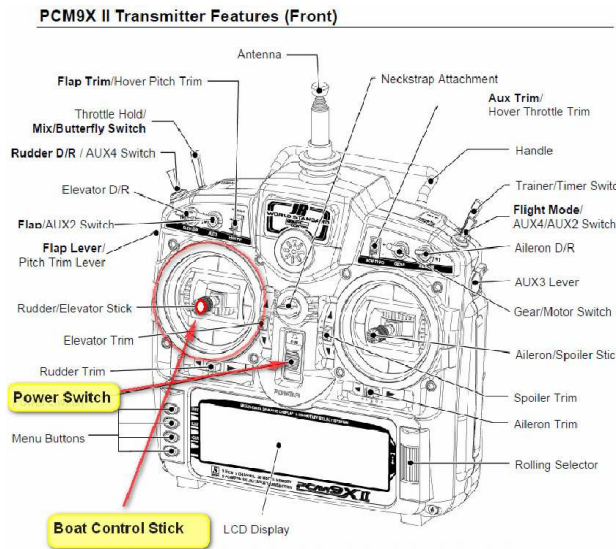
(가) JR Prop PCM9X II 9-Channel Radio System

(나) Glider mode, 9-channel PCM S, PCM Z or PPM, 30-model memory

(다) Graphical Display, Advanced Digital Trims, 3 Programmable mixers

(라) Trainer Facility, CCPM 120, 90, & 180, New roller style input interface

(마) Data Transfer Function, Possible 5 pitch & throttle curves



<그림 3-43> 무인탐사선 조종기

마. 보트용 무선 통신 모듈 하드웨어 개발 및 장착

(1) 무선 통신 시스템의 구성

자율항법 무인탐사선과 육상 기지국의 무선 통신 방법은 무선 랜(Wireless LAN, W-LAN) 통신 기법을 채택하였다. 일반 RF 통신 기법을 사용하면 설치나 구성이 간단하지만 그 주파수 대역에서는 위와 같은 양의 데이터 통신은 불가능하다. 본 기술 개발 과제에서 채택한 W-LAN은 유선 LAN의 허브(Hub)에 해당하는 AP(AccessPoint) 장치를 무선 조종 보트와 육상 기지국의 데스크톱 양측에 각각 설치하여, 일반 무선 인터넷 서비스를 제공하는 네트워크 환경과 같이 사용할 수 있다. W-LAN은 무선 단말의 배선이 필요 없어서 각 AP의 재배치가 용이하며, 네트워크의 구축 및 확장이 용이하고, 이동 중에도 통신이 가능하여 채택되었다. 그러나 유선 LAN에 비하여 상대적으로 특성상 신호품질이 불안하며 신호 간섭이 발생할 수 있다는 단점이 있다. 그러나 요즘에 사용 기술로 나와 있는 IEEE 802.11표준에 따른 W-LAN AP는 2.4GHz대의 주파수를 사용함으로써 장애물이 많은 옥외 환경에서 전송효율이 좋으며 54Mbps의 고속 전송이 가능하게 되었다.

아래의 그림에 초기 W-LAN을 이용한 무선 통신 방법 채택을 위한 시험 내용을 설명하고 있다.

두대의 차량에 각각 시스템을 구성한다.

- 엑센트차량; GPS, Sample Sonar data를 발신
- 스포티지차량; 엑센트 차량에서 보내오는 데이터를 수신, 저장



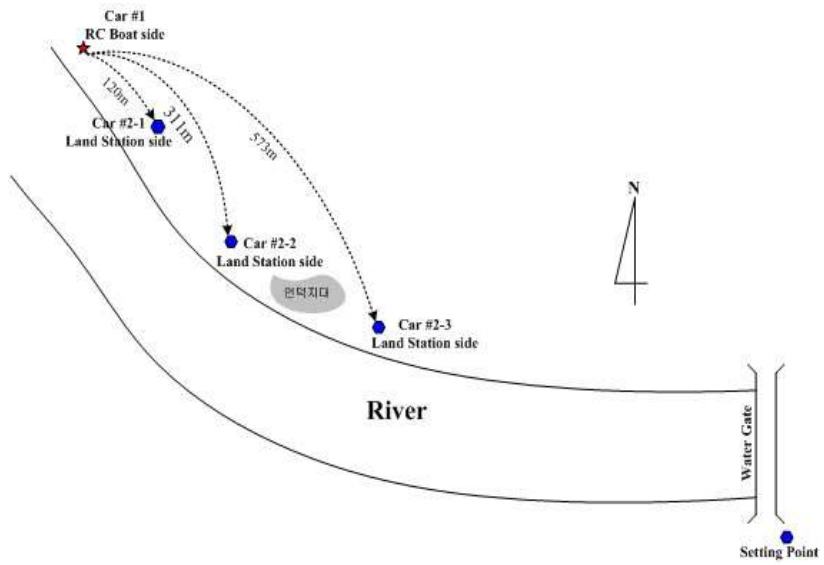
<그림 3-44> 신호발신



<그림 3-45> 신호수신



<그림 3-46> 신호수신 상태 화면



<그림 3-47> 통신거리측정

(6) Wireless LAN

(가) Outdoor Wireless LAN AP/Bridge

(나) 2.4 GHz, OFDM, 54 Mbps (108 Mbps in Super G Mode)

(7) 자이로 컴파스 센서(Gyro Compass Sensor)

(가) 3-axis tilt-compensated compass module

(나) compass heading, pitch, roll and magnetic field measurement

(다) RS-232C Serial Interface(NMEA0183 포맷)

(라) Heading accuracy throughout tilt range : 0.8 deg RMS

(마) Heading Resolution : 0.1 deg, Pitch/Roll accuracy : ± 0.2 deg

(바) Pitch/Roll Resolution : 0.1 deg, Weight : 12 grams

3.4 저수지용 음향 측심센서 개발

(8) 음향측심센서

(가) Frequency: 200kHz, bandwidth at 2R: more than 10kHz

(나) Beam Angle at -3dB (Approx.): 20deg., Beam Form: Cone

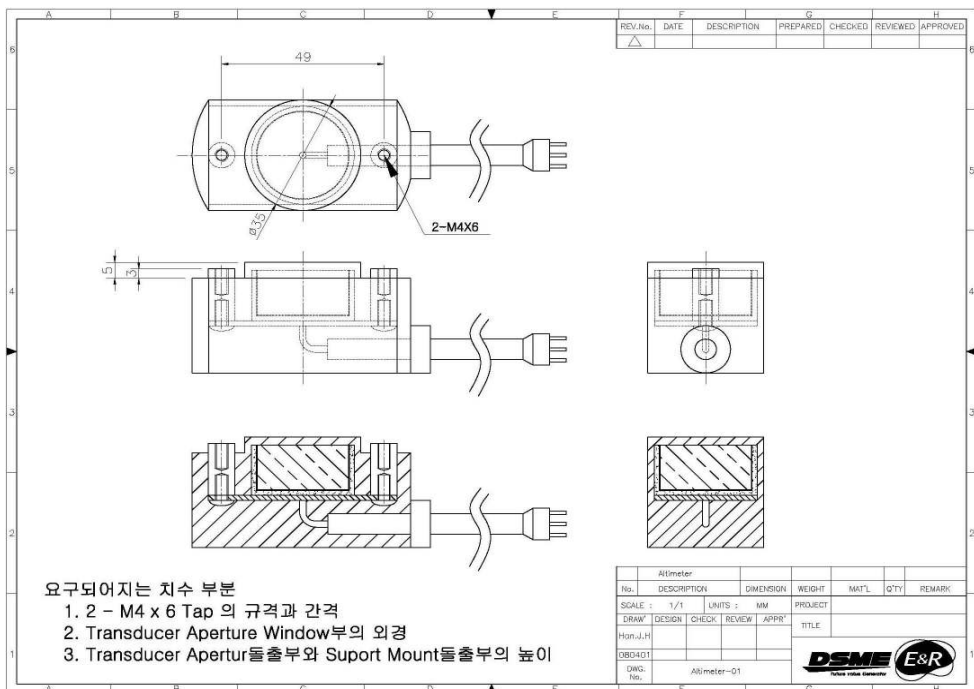
(다) Side Lobe Level: less than -20dB, Front / Back Ratio: less than -30dB

(라) Aperture Window Size: $\phi 35.0\text{mm}$, 볼트 체결: 간격 49mm

(마) 형상: 도면참조, 재질: All Urethane Body



<그림 3-48> 음향측심센서 및 제어보드 형상



<그림 3-49> 음향측심센서 도면

3.5 무선 통신 기법 및 하드웨어 모듈 개발

가. 데이터 송수신용 무선 통신 시스템

자율항법 무인탐사선과 육상 기지국 간의 데이터 송수신 용 무선통신 방법 중 Wireless LAN통신 방법을 채택하였다. 그 중에서도 IEEE 무선랜 규격인 802.11g를 사용함으로써 2.4GHz 주파수 대역에서 최대 54Mbps의 속도를 지원한다. 이 규격을 적용한 제품 중 Access Point(AP)를 사용하였는데, AP는 무선랜을 구성하는 구성장치 중의 하나로, 유선랜과 무선랜을 연결하여 사용자 양자 간 통신할 수 있도록 도와주는 하드웨어와 소프트웨어를 말한다. AP는 무선 허브의 개념으로 생각해도 된다. 무선 AP는 Point to Point, Repeater, Wireless client의 다양한 기능이 있는데, 본 기술 개발 과제에서는 Point to Point 모드를 사용하여 통신거리를 보완하였다.

※

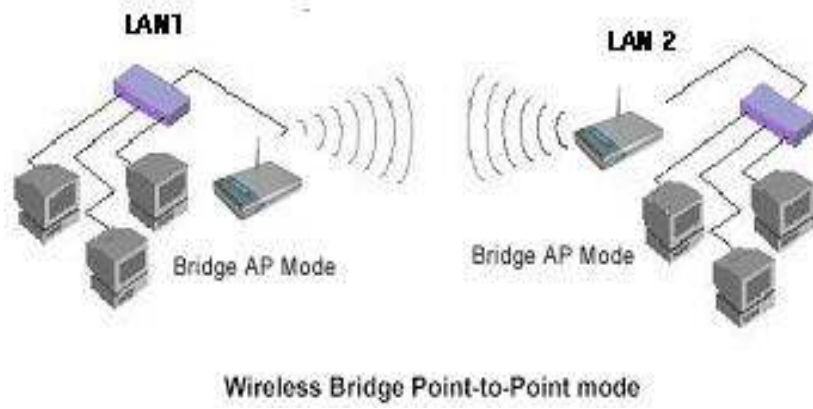


<그림 3-50>

※ 제품 사양

- Outdoor Wireless LAN AP/Bridge
- Frequency Band: 2.4 GHz, OFDM
- Data Rate: 54 Mbps (108 Mbps in Super G Mode)
- Transmission Power: 30dBm(1W) Antenna
- Humidity: 5% to 95%, non-condensing

- Receiver Sensitivity: -100dBm
- Dimensions & Weight: 165 X135 X 100 mm (2kg)
- Operating Temperature: -20o to 70oC, Storage Temperature: -30o to 80oC



<그림 3-51> AP의 Point to Point 모드 개념도

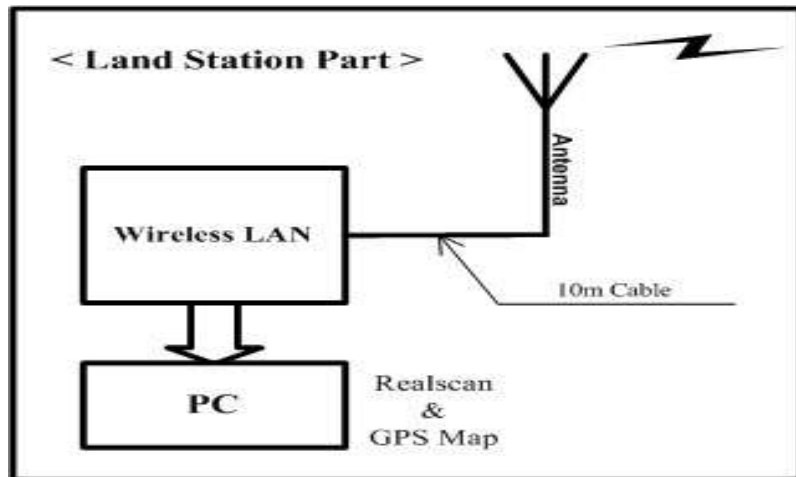
3.6 육상 제어부 설계 및 제작

가. 육상 제어부 파트 무선 통신 모듈 하드웨어 구성 및 제작

나. 육상 관측, 저장용 테크 컨트롤 유닛 설계 및 제작

무선 조종 보트의 보트 유닛(Boat Unit)과 실시간 무선 통신이 가능한 시스템이 육상 기지국에 또한 필요하다. 이 시스템은 보트의 모든 정보를 실시간으로 관측할 수 있고 또한 저장이 가능하다. 무선 통신 장치와 연동이 되고 보트 유닛과 같이 PC기반의 구성으로 보트의 위치, 수중 하저면의 영상 정보, 보트 전원 상태 등을 알 수 있다.

아래의 그림은 시험용 육상 테크유닛의 구성도를 나타낸 것이며, 기본적으로 방수 일체형 케이스에 프로세서, LCD displayer, 각 부분별 처리 모듈이 모두 내장되어 있는 구조로서 이동과 휴대가 간편하며, 무엇보다도 설치가 간단하다. 또한 현장의 여러 악조건에서도 사용에 문제가 없도록 방수 구조에 온도 특성이나 진동 등 내구성과 안정성을 고려하여 설계하였다. 또한 사용자의 편의를 위해 Touchpad와 노트북용 Keyboard, 외부장치를 쉽게 연결할 수 있는 각종 인터페이스 장치가 장착되어 있다. 전원은 휴대와 이동이 가능하여야 하므로 Battery Pack을 사용하여 현장의 제약을 받지 않고 사용 할 수 있도록 설계하였다.



<그림 3-52> 육상기지국의 시험용 Deck Unit 구성도



<그림 3-53> 육상 기지국의 Deck Unit 실제 모습

이 육상 기지국 테크 유닛에도 자율항법 알고리즘 제어 프로그램과 원격 제어 프로그램, GPS 처리 프로그램, 보트 전원 상태를 알려주는 프로그램 등이 탑재되어 있으며, 이 데이터들은 모두 보트 유닛과 같이 실시간으로 저장된다.

육상 기지국(Deck Control Unit)

메인보드: IB880, Socket 479 Pentium @MSBC,

Two DDR DIMM sockets, supports DDR200/266/333MHz, max. 2GB,

Intel®82855 GME integrated VGA, Supports CRT & LVDS(24-bit)

- 토우피시 인터페이스(Towfish Data Interface): RS-485, 1250000 bps
- 키보드: Industrial keyboard with Touchpad
- 디스플레이(Monitor): High Luminance 15inch LCD Display
- Power: DC 24V, 120 watts maximum
- 외부 연결 장치(Connectors): Towfish, WLAN, GPS, DC24V Power
- 크기: 490 X 380 X 185 (mm), 무게: 14kg

<Wireless LAN AP>

- Outdoor Wireless LAN AP/Bridge

<Portable Battery Box>

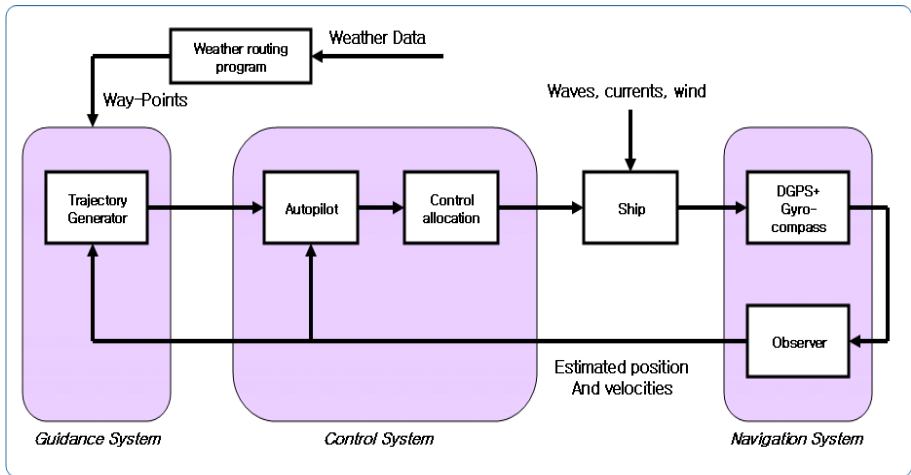
- 24V, 26Ah

다. 육상 테크 컨트롤 유닛용 배터리 박스 설계 및 제작

2.7 자율항법 알고리즘

가. 자율항법 알고리즘 구성

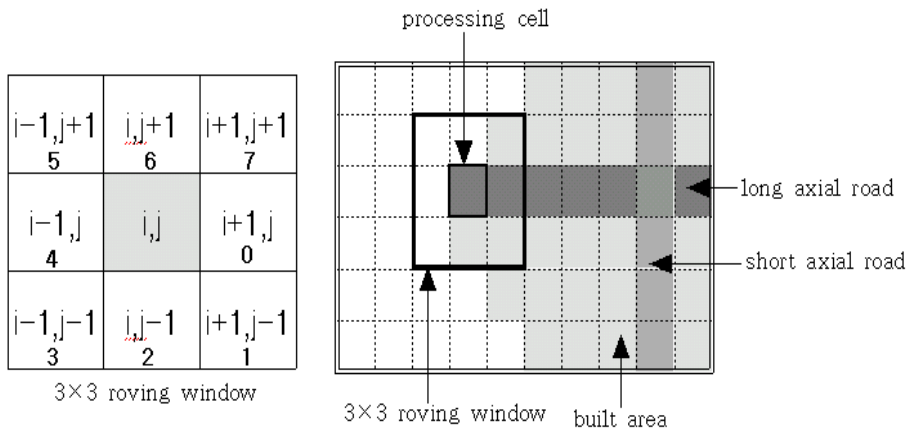
무인탐사선의 자율운항을 위한 자율항법 알고리즘은 다음 그림과 같이 유도 시스템, 제어시스템 및 운항시스템으로 구성된다. 자율항법 알고리즘은 기본적으로 Feedback 구조로 되어 있으며, 현재 상태 정보를 Feedback 받아 다음 운항 정보를 산출한다. 유도 시스템은 기 입력된 이동경로 정보와 운항시스템으로부터 받은 현재 위치, 방향 정보를 기반으로 이동 궤적을 생성하여 제어 시스템에 보내주며, 제어 시스템은 유도 시스템에서 넘어온 정보와 운항시스템에서 받은 정보를 기반으로 탐사선 제어 파라미터를 생성하여 무인 탐사선을 제어한다. 제어시스템의 Control Allocation은 추진체를 직접적으로 제어하는 부분이며, Autopilot은 무인탐사선 운동량을 기초한 파라미터를 생성한다.



<그림 3-54> 자율항법 알고리즘 동작 흐름도

나. 저수지 외곽경계 격자 추적 알고리즘

그림 3-29에서 계산격자(processing cell)는 외곽경계가 되며, 다른 외곽경계를 검색하는 시작점이 되는 것이다.



<그림 3-55> 외곽 경계격자 검색 개념도

외곽경계 시작 격자는 다음과 같이 간단한 논리식으로 검색할 수 있다.

$$CO_{ij} = b_{ij}x_{ij} \quad \text{①}$$

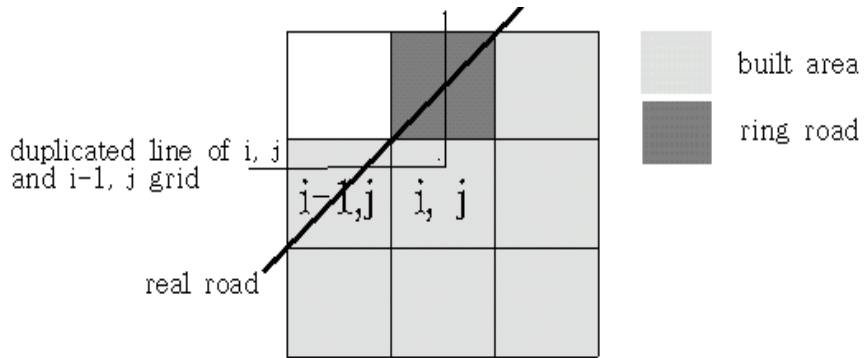
여기서 CO_{ij} 는 i, j 격자의 값으로 $CO_{ij}=1$ 이면 i, j 격자는 외곽경계 격자이다. x_{ij} 는 더미변수로서 i, j 격자가 장축구획도로 격자이면 1, 그렇지 않으면 0이다. 여기서 b_{ij} 는 다음 식 ②의 주위격자 검색 방정식에 의해 판정되는 것으로 1 또는 0의 값을 가진다.

$$B_{ij} = \frac{1}{8} \left(\sum_{n=0}^7 v_n \right) \quad ②$$

여기서 B_{ij} 는 계산격자 i, j 의 주위에 있는 8개 격자 중에서 주거지(built area)가 차지하는 비율이며, n 은 그림 23에 있는 러빙윈도우의 주위격자를 나타내는 첨자, v_n 은 주위격자의 저수지 내외각 상태를 나타내는 것으로 저수지 안쪽이면 1, 그렇지 않으면 0이다. 식 ②로부터 b_{ij} 는 다음과 같이 구한다.

$$b_{ij} = 1, \text{ if } B_{ij} < 0.75, \quad b_{ij} = 0, \text{ else} \quad ③$$

여기서 $B_{ij}=1$ 이면 i, j 격자는 주거지 내부격자이므로 $B_{ij} \leq 0.875$ 이면(7/8이 주거지) i, j 격자는 경계선에 있는 격자가 된다. 그러나 주위격자 중에 먼저 생성된 외곽경계 격자가 최소한 1개는 있어야 하므로 $B_{ij} \leq 0.75$ 일 경우에 i, j 격자가 외곽도로 격자가 된다. 그런데 여기서 $B_{ij}=0.75$ 일 경우에는 다음 <그림 3-56>의 경우에 해당되는데, 이때 격자가 i, j 와 $i-1, j$ 로 중복되므로 i, j 격자는 외곽경계에서 제외된다. 그러므로 식 ③의 경우에 i, j 격자가 외곽도로의 범주에 들어가는 것이다.



<그림 3-56> 외곽경계 검색 예 ($B_{ij}=0.75$ 인 경우)
 (built area=저수지 내부격자, ring road=검색된 경계격자)

외곽경계 시작 격자로부터 외곽경계 격자를 구하는 알고리즘을 식 ①로부터 다음과 같이 정의하였다.

$$CO_{ij} = g_{ij} b_{ij} x_{ij} \quad \text{④}$$

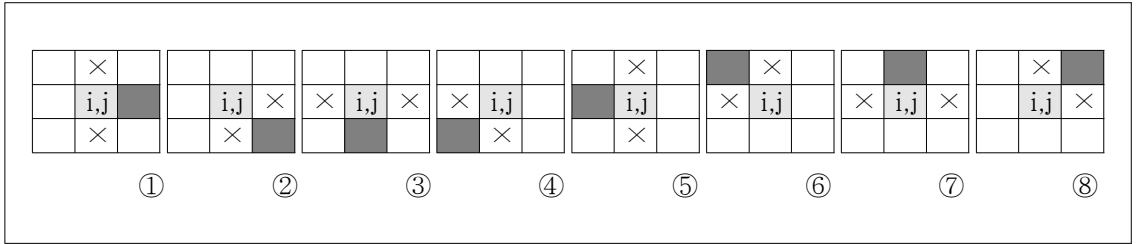
$$g_{ij} = o_{ij} p_{ij} \quad \text{⑤}$$

여기서 o_{ij} 와 p_{ij} 는 i, j 격자 주위에 각각 주거지 격자와 외곽경계 격자의 유무에 따라 1 또는 0의 값을 가지는 것으로서 외곽경계 격자의 위치와 인접격자의 진행상황에 따라 8가지 경우로 구분하여 정의하였다. <그림 3-57>에서 ①의 경우에 대해서 대표적으로 나타내면 다음과 같다.

$$o_{i,j}=1, \quad v_{i,j-1} \neq \text{built area} \text{ or } v_{i,j+1} \neq \text{built area} \quad \text{⑥}$$

$$p_{i,j}=1, \quad v_{i,j-1} \neq \text{ring road} \text{ or } v_{i,j+1} \neq \text{ring road}$$

여기서 $i, j-1$ 과 $i, j+1$ 격자는 ①에서 ×표시한 격자들이다.

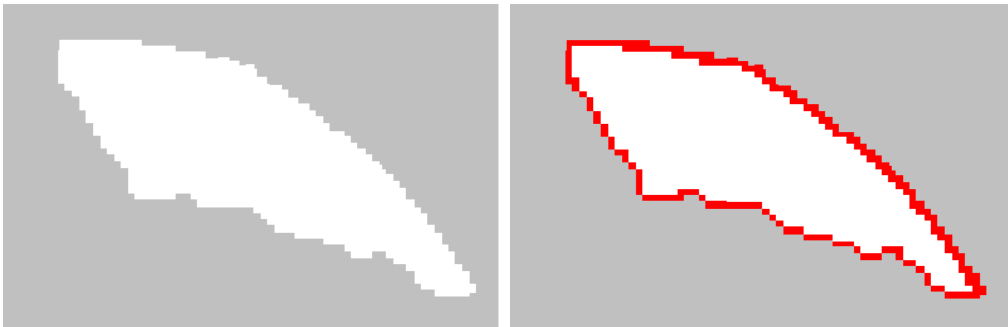


<그림 3-57> 주변 격자를 고려한 외곽 경계 격자 검색 방법



<그림 3-58> 진행방향에 따른 검색 순서

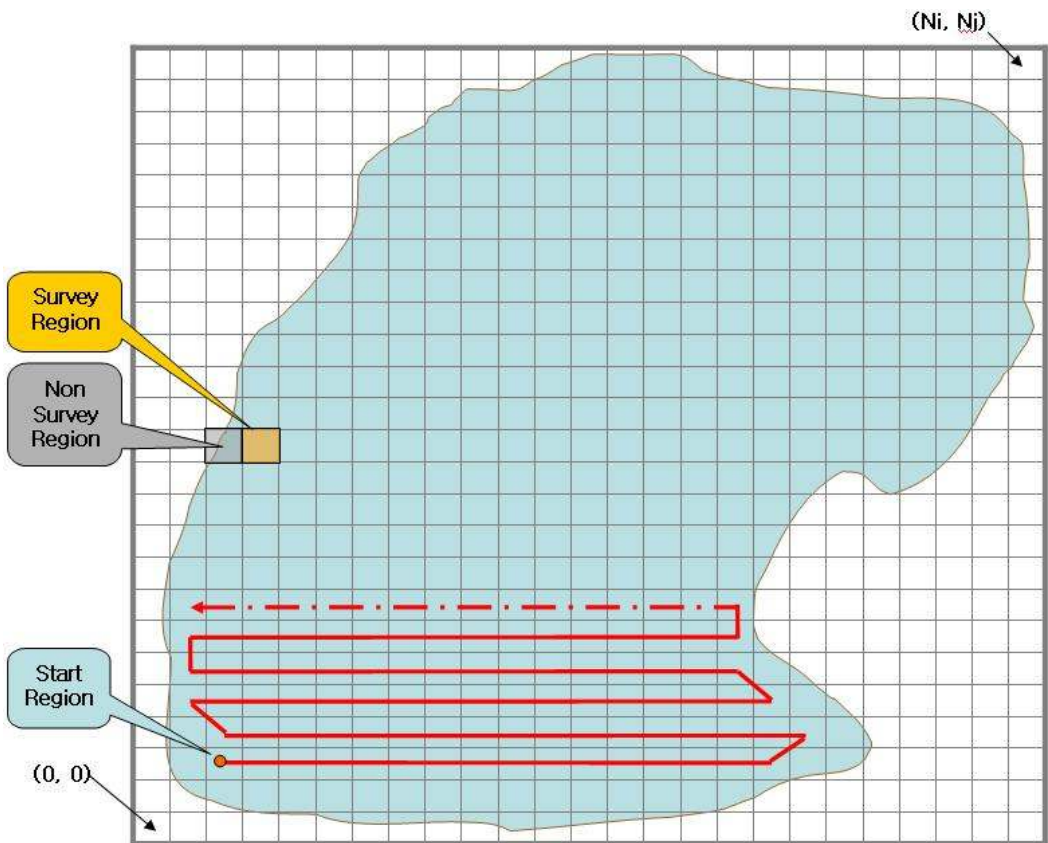
이와 같이 외곽경계 자동 추적 알고리즘을 이용하여 대상영역의 외곽을 추적한 예는 다음 그림과 같다. 이후 이 외곽 경계를 기준으로 자동순회 Way Point를 자동으로 생성할 수 있다.



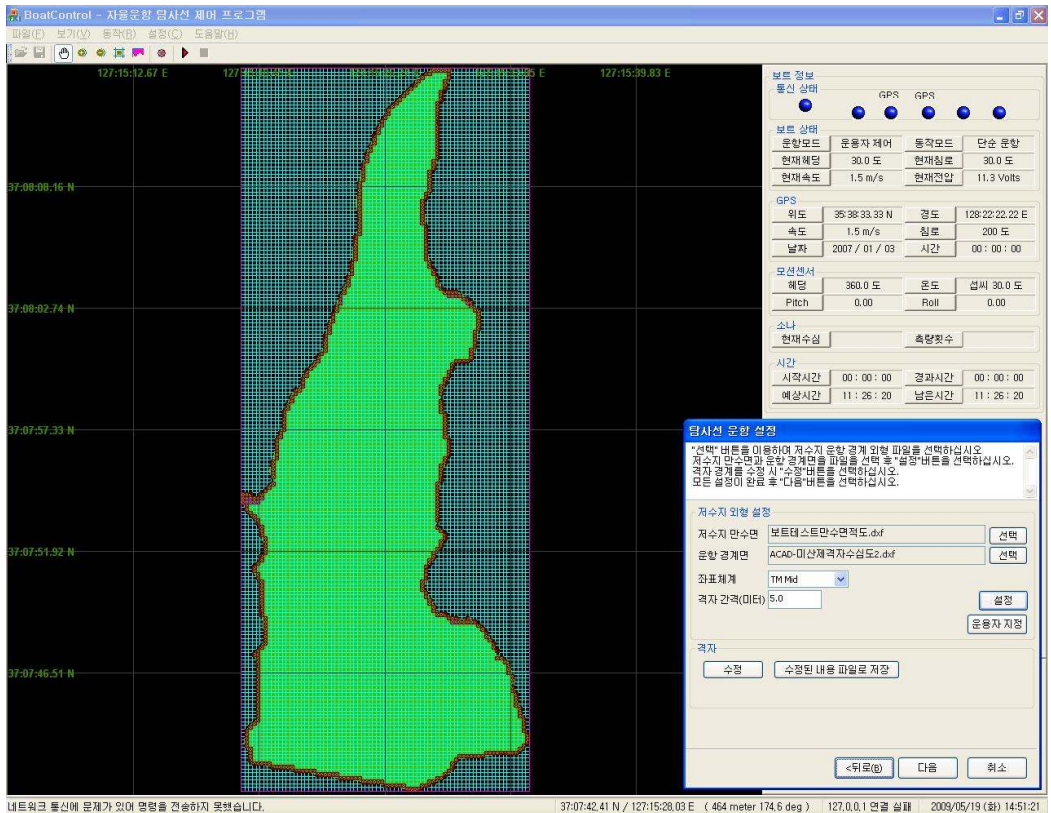
<그림 3-59> 외곽 경계 추적에 의한 자동 경계격자 생성 전/후

다. 항로 생성 알고리즘

항로생성 알고리즘은 외곽 경계격자 추적 알고리즘에 의해 생성된 외곽 경계 격자를 바탕으로 DGPS의 위도, 경도 좌표에 대하여 운항 Way-Point를 생성한다. 전체 경계격자에 사용자가 지정하는 탐사영역(5m ~ 10m Region)을 설정한 후 시작 탐색 영역부터 종료 탐색 영역까지의 전체 탐사영역을 생성한다. 결과적으로 항로 생성 알고리즘은 불규칙적인 저수지 및 댐의 실제 정보를 바탕으로 불가능 영역이 5m 영역 설정 시 약 10m 미만으로 계산함으로써 전체 면적에 대한 정밀한 탐색 자료를 얻을 수 있다. <그림 3-34> 는 항로생성 알고리즘의 동작도 이며, <그림 3-35> 는 실제 운용 장비에서의 알고리즘 결과이다.



<그림 3-60> 추적 한 외곽 경계 격자에 대한 항로생성 알고리즘

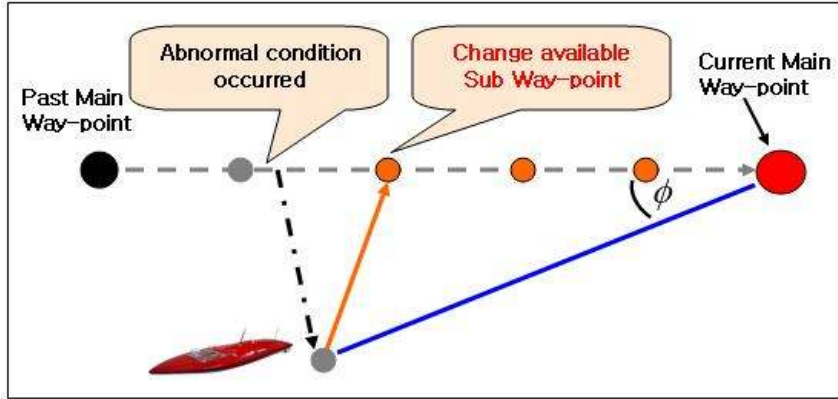


<그림 3-61> 항로 자동생성 알고리즘의 동작도

라. 항로 제어 알고리즘

항로 제어 알고리즘은 수상에서 생기는 예측 불가능한 자연환경(바람 세기의 변화, 수상 물결의 높이, 임의 장애물)에 최적으로 적용 및 적응시키기 위하여 고안 하였다. 항로 제어 알고리즘은 생성된 항로에서 방향성이 변하는 점을 Way-point 즉, 목표(Target)로 선정하여 제어하며, 각 Way-point를 주목표(Main Target)와 현재위치와의 차에 의한 거리를 몇 개의 부목표(Sub Target)로 나누어 구성한다. 이때 모션센서의 heading(Heading)과 DGPS의 위도, 경도 데이터를 바탕으로 무인탐사선의 현재 위치와 Main Target과의 각도를 실시간 계산하여 각도가 임계치 이상 커지면 Sub Target 으로 전환하여 탐사선을 제어한다. 결론적으로 Main Target과 탐사선의 각도를 실시간으로 계산하여

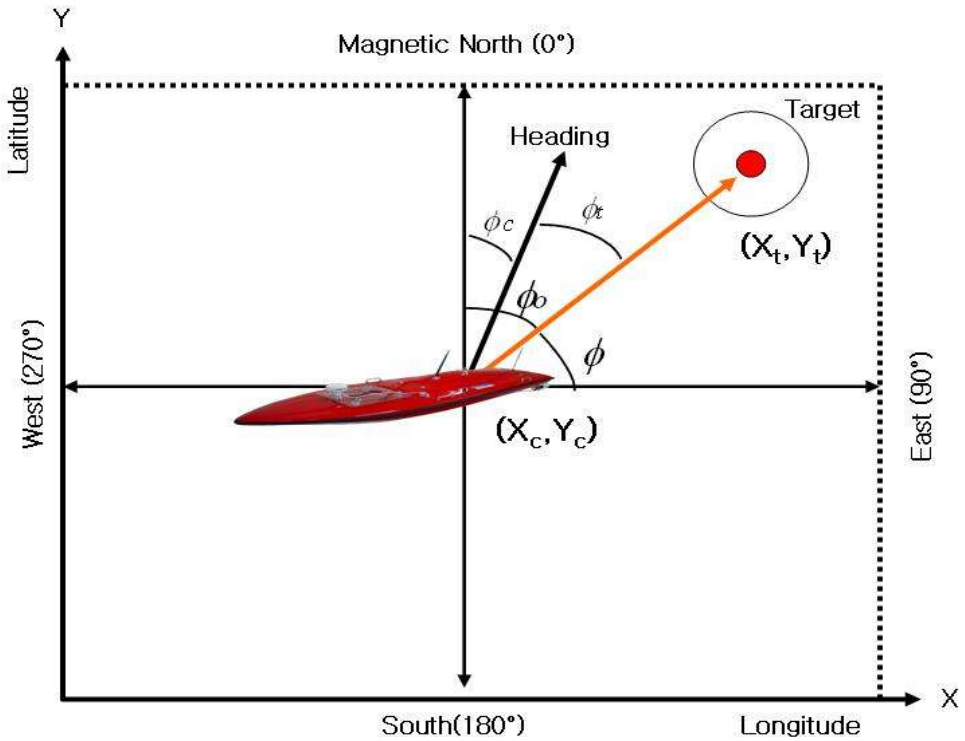
Sub-Target을 선정, 지속적으로 각도를 좁혀 나가는 제어 알고리즘이다.



<그림 3-62> Way-point 에 대한 항로 제어 알고리즘

이러한 항로 제어 알고리즘을 구동하기 위하여 모션센서에 의한 선체 자세 정보(Roll, Pitch) 및 방향(Heading)을 감지하며, DGPS에 의한 현재 무인 탐사선의 위치(위도, 경도)를 실시간 갱신하여 주목표(Main Target)를 향해 추진체에 전달하는 Feedback 제어 시스템으로 설계 되었다.

항로 제어 알고리즘에 있어서 무인 탐사선을 Way-Point로 제어하기 위하여 모션센서의 Heading 데이터와 DGPS의 위도, 경도 데이터를 이용하여 현재 항로각(Current degree, θ_c), Target 항로각(Target degree, θ_o) 그리고 제어 항로각(Control degree, θ_t)을 계산한다. <그림 3-37>은 제어 항로각(θ_t) 좌표계에 대한 그림이며 계산식은 식 ① 과 같다



<그림 3-63> 제어 항로각의 좌표계

$$\theta = \left| \arctan \frac{\Delta Y}{\Delta X} \right| * 180/\pi \quad \textcircled{1}$$

$$\text{if } \Delta X > 0, \Delta Y > 0 \text{ then } \theta_o = 90 - \theta$$

$$\text{if } \Delta X > 0, \Delta Y < 0 \text{ then } \theta_o = 90 + \theta$$

$$\text{if } \Delta X < 0, \Delta Y > 0 \text{ then } \theta_o = -(90 - \theta)$$

$$\text{if } \Delta X < 0, \Delta Y < 0 \text{ then } \theta_o = -(90 + \theta)$$

$$\therefore \theta_t = \theta_o - \theta_c$$

$$\begin{aligned} \text{; Where } \Delta X &= Y_t - Y_c \\ \Delta Y &= X_t - X_c \end{aligned}$$

계산된 제어 항로각(θ_t)과 DGPS에 의한 Way-point 거리 정보를 바탕으로 항로 제어 알고리즘은 모터(Motor)에 출력값(PWM)을 비례적(Proportional)으로 제어하여 Way-point에 도달 하도록 한다.

3.8 운영 제어 프로그램 개발

가. 운영 제어 프로그램 기능 및 사용자 화면 구성

(1) BoatControl

(2) BoatPilot

(3) NaviAnal

나. 제어 및 측정 데이터분석을 위한 무선 통신 연계 모듈

자율항법 시스템의 통신 구성은 저수지 내용적 측량에 착안하여 데이터 통신 알고리즘을 고안 하였다. 보트유닛은 모션센서, DGPS, 음향측심센서, 모터제어를 위한 데이터를 지속적으로 갱신한다. 이러한 보트유닛의 데이터는 고안한 RF 네트워크 통신 모듈을 사용하여 육상유닛에 전송한다. 육상유닛은 보트유닛의 데이터를 받아 사용자 응용프로그램에 표시, 저장하며 자율항법 제어를 수행하기 위한 데이터를 보트유닛에 전송한다.

RF 통신 리피터는 저수지 경계 외곽의 크기 수 km 이상 큰 점과 가시거리 상에 장애물(산의 능선)이 존재 하는 점을 극복하기 위하여 보트유닛과 육상 유닛의 사이에 RF 통신 리피터를 설치하여 데이터의 연속성과 신뢰성을 확보 하였다.

<표 3-1> 자율항법 시스템 각 유닛의 통신 데이터

보트유닛	육상유닛
음향 측심 및 보정 데이터	자율항로 생성 데이터
DGPS 정보 데이터	Way-point 데이터
Motor 제어 데이터	데이터 수집 시작/정지 명령 데이터
Motion Sensor 상태 데이터	저수지 경계 데이터
배터리 상태 데이터	보트 항해 명령 데이터
자율항로 제어 데이터	
전방 감시 IP 카메라 영상 데이터	

저수지 내용적 측량을 위하여 고안한 무선 네트워크 통신 모듈은 <표 3-1>의 내용을 포함한 모듈로서 고안 하였다. 네트워크 통신 모듈의 Frame 구성은 <표 3-2>와 같다.

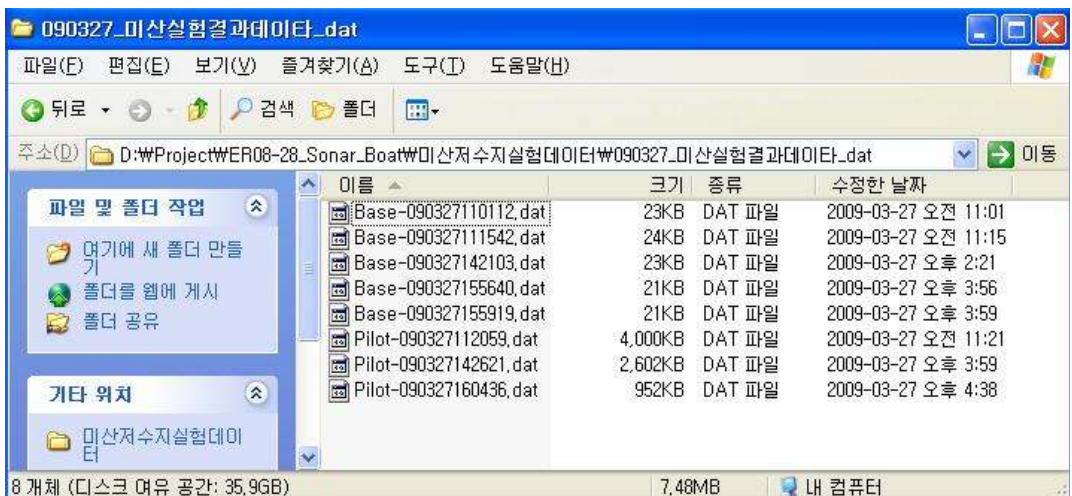


<그림 3-64> RF 무선 네트워크 통신 모듈 구성도

No	Item	Meaning
1	Header	Frame의 시작
2	Address	A Point-to-Point Communication System Master : 육상유닛, Slave : 보트유닛
3	Kind	Command : 제어 명령, Data : 상태 정보
4	type	Data 종류
5	Data Size	음향측심, 모션, DGPS, 모터 제어 데이터 등
6	Check Sum	Address byte부터 Data N 까지의 XOR(배타적 논리합)
7	Tail	Frame의 끝

다. 측정 데이터 자료 관리 포맷

자율운항 시스템의 자료 관리는 저수지 내용적 자료의 후처리 시스템(GIS)에서 활용하기 위하여 저장한다. 자료는 자율운항 제어 시 일정한 형식의 Binary 파일로 저장한다. <그림 47>은 미산저수지의 시험 평가 시 저장된 데이터이며 이를 GIS 후처리 프로그램에서 사용한다.



<그림 3-65> 자율운항 시스템의 자료관리 실시

3.9 저수지 내용적 측량용 자율항법 시스템 시제품 설계 및 제작

제3절 무인 자율항법 저수지 내용적 측량기술의 현장시험, 평가 및 결과

3.1 자율항법 알고리즘 현장시험

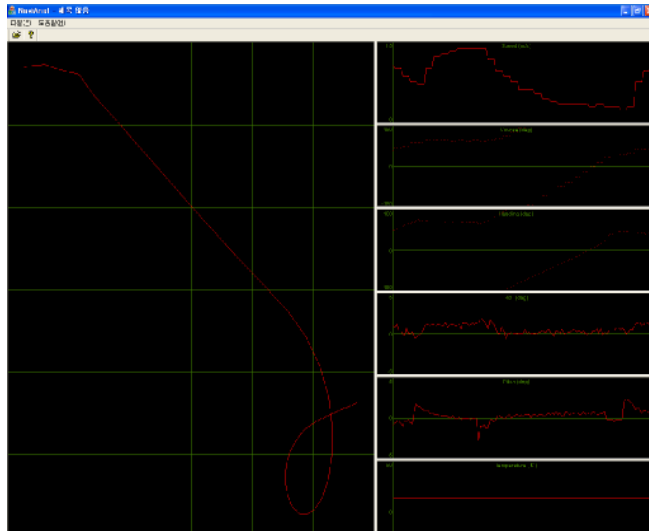
가. 자동항법 선박 시험 및 평가

자율항법 무인탐사선의 선체 운동량을 시험하기 하기 대전에 있는 뿌리공원에서 시험을 실시하였다.

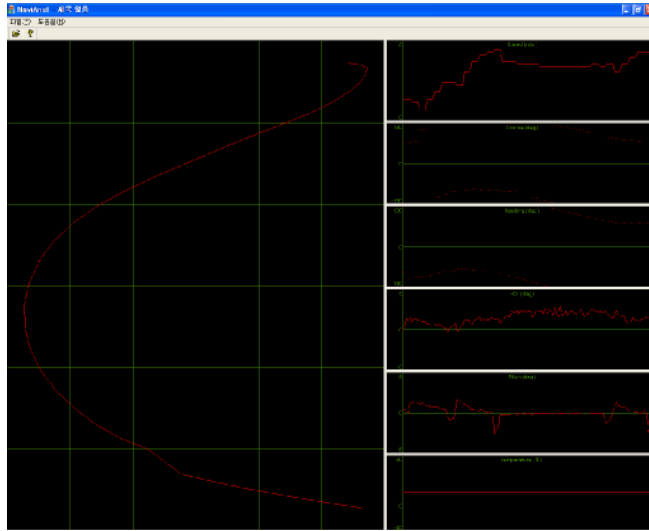
이번 시험에서 시험데이터를 분석화면은 <그림 39~42>까지 이며, 각 화면의 좌측은 이동 궤적, 우측 화면은 각 속도, 침로, heading, roll, pitch 및 온도 정보를 나타내고 있다. 모든 데이터는 초당 4개씩 수집하는 방법으로 수행하였으며, 이동 궤적, 속도 및 침로 정보는 DGPS로부터 획득한 데이터이고, heading, roll, pitch 및 온도 정보는 제어 콘트롤 모듈 안에 탑재된 모션센서로부터 획득한 데이터이다. 시험 데이터 분석화면을 보면, 선체가 회전운동을 할 때, roll 및 pitch 정보의 변화가 심함을 알 수 있다.



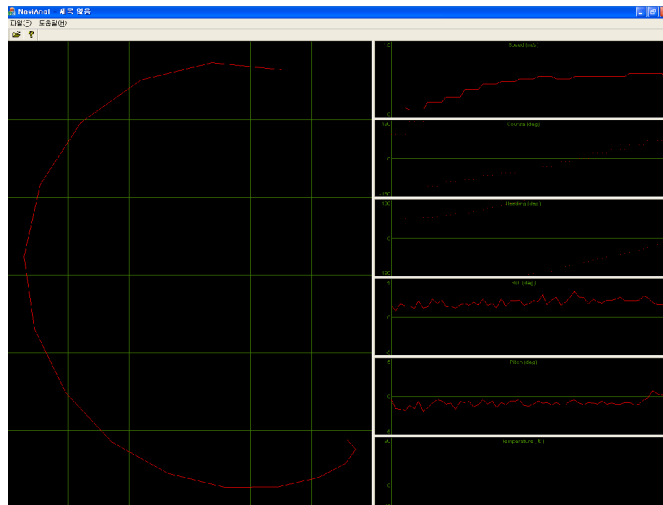
<그림3-66> 현장 시험 전경



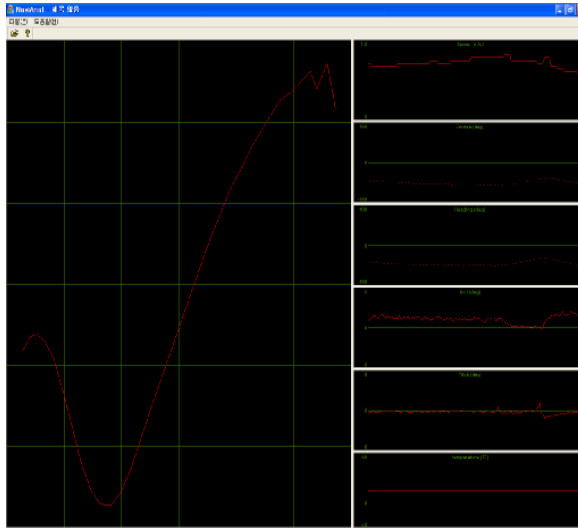
<그림3-67> 현장 시험 데이터1



<그림3-68> 현장 시험 데이터2



<그림3-69> 현장 시험 데이터3



<그림3-70> 현장 시험 데이터4

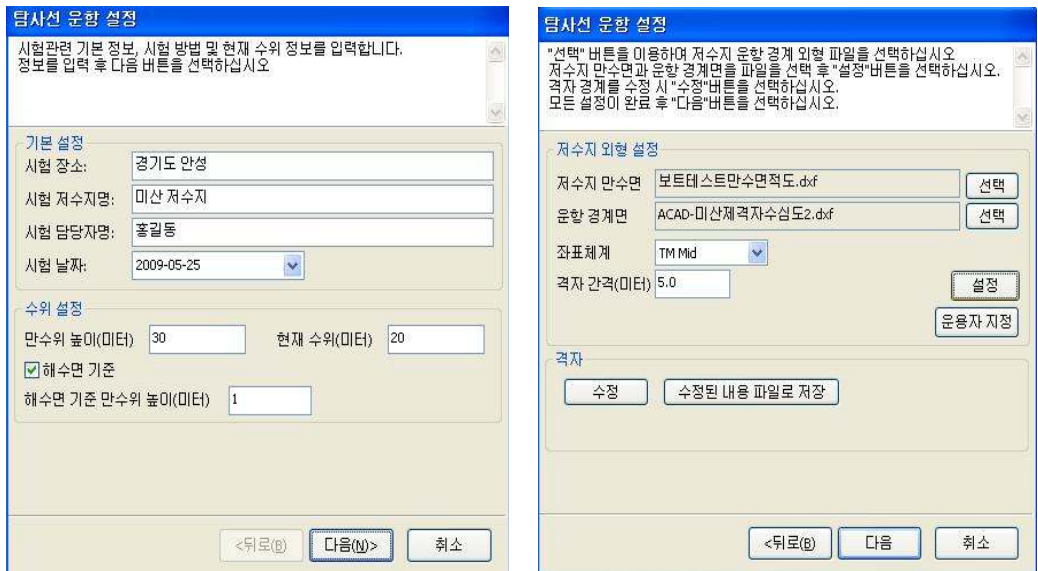
4.2 음향 측심 센서 현장시험

4.3 무인 자율항법 저수지 내용적 측정기술의 현장시험 평가 및 보완

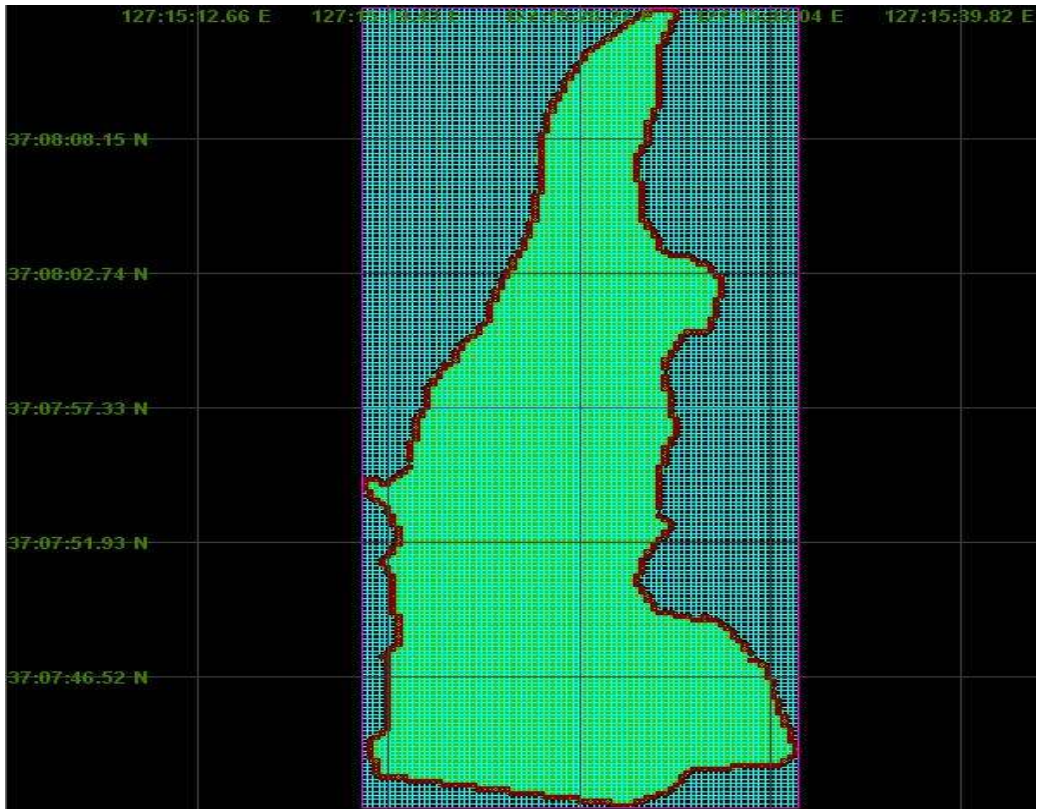
4.4 무인 자율항법 저수지 내용적 측정기술의 현장시험 결과 분석

가. 대상저수지의 시험운영 및 평가

자율항법 탐사선 시스템의 시험운영 및 평가를 위하여 경기도 안산의 미산저수지에서 시험 운영 및 평가를 실시하였다. 저수지 시험을 위하여 미산저수지의 만수면적도, 현재 수위에 따른 수심 경계 도면을 운용 프로그램에 입력하는 방식을 사용하였다. 사용자 프로그램은 DGPS가 사용하는 WGS-84 좌표계를 사용하기 위하여 일반적으로 각 저수지의 지리정보 도면 파일(*.dxf)이 TM 좌표계를 사용하기 때문에 이를 WGS-84 좌표계로 변환하여 사용자 화면에 나타낸다. 변환된 좌표는 사용자 운용 프로그램에 지형정보를 나타내 주며 자율항로 생성 알고리즘을 구동하기 위한 WGS-84 좌표계의 지리적 정보 데이터를 나타낸다. <그림 43~44> 는 항로생성을 위한 좌표계 변환에 대한 사용자 화면을 나타낸다.

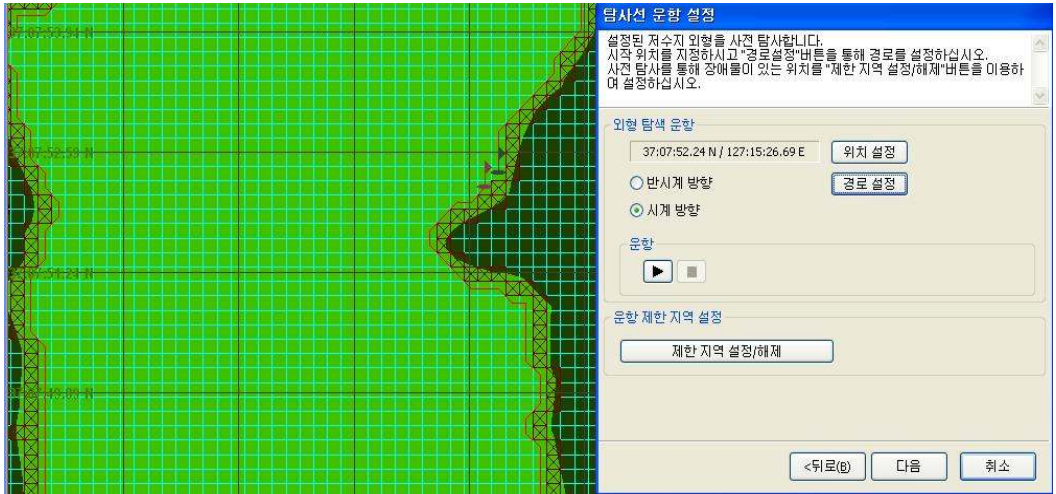


<그림3-71> 미산저수지 격자수심도에 따른 설정 화면



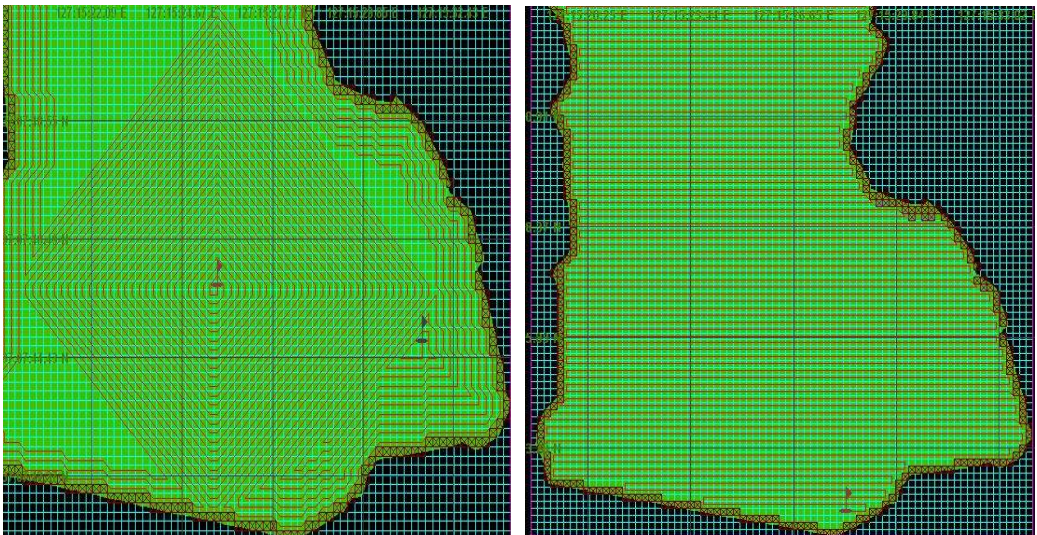
<그림3-72> 미산저수지 격자수심도에 따른 사용자 화면

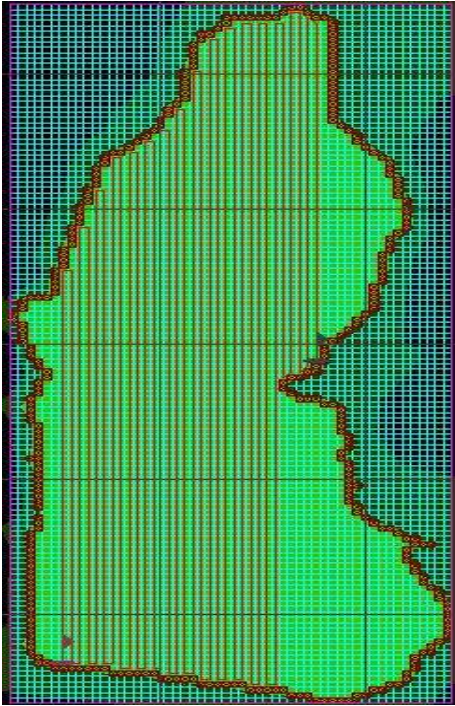
미산저수지의 운항경계면에 대하여 운영 시스템은 설정된 저수지 외형에 대하여 외형탐사를 실시한다. 외형탐사는 수심경계 도면을 바탕으로 생성된 외형이 실제와 일치하는지에 대한 검사와 불일치 시에 이에 대한 경계를 수정을 하기 위함이다. 따라서 경계에 대한 외형탐사를 실시 한 후 정확한 측심 자료를 생성하기 위하여 실시한다. <그림 44>는 외형탐사에 대한 사용자 화면을 나타낸다. 그림에서 시작위치에 대한 DGPS 좌표를 설정 후 경로 설정을 하면 사용자 화면에 외형탐사 경로가 생성되며 이에 대한 탐사를 실시한다. 만일 설정된 경계와 실제와 차이가 있는 격자가 발생할 경우 이를 추가 및 삭제를 용이하도록 한다. 실제와의 차이에 대한 판단은 외형운항 시 수심정보가 통상 1m 이내가 발생하는 경우와 측정자 시각에 의한 경우에 한하여 실시한다.



<그림3-73> 외형탐사 사용자 화면

미산저수지 시험평가를 위한 항로생성은 진북을 기준으로 사용자화면에 표시된 지리정보 화면에 대하여 나선, 수평왕복, 수직왕복의 3가지로 생성한다. 3가지의 항로생성 알고리즘은 해당 저수지의 지리 정보의 형태가 불규칙적이며 다양한 형상에 따라 가장 적절한 방법을 선택하여야 한다. 미산저수지의 경우 지형의 특성상 상하가 긴 형상을 가졌으며 이에 대한 항로생성 시험 시 최적으로 생성하는 방법은 수평왕복에 의한 생성이다. <그림 45>는 미산저수지의 각 항로생성을 실시 한 사용자 화면이다.



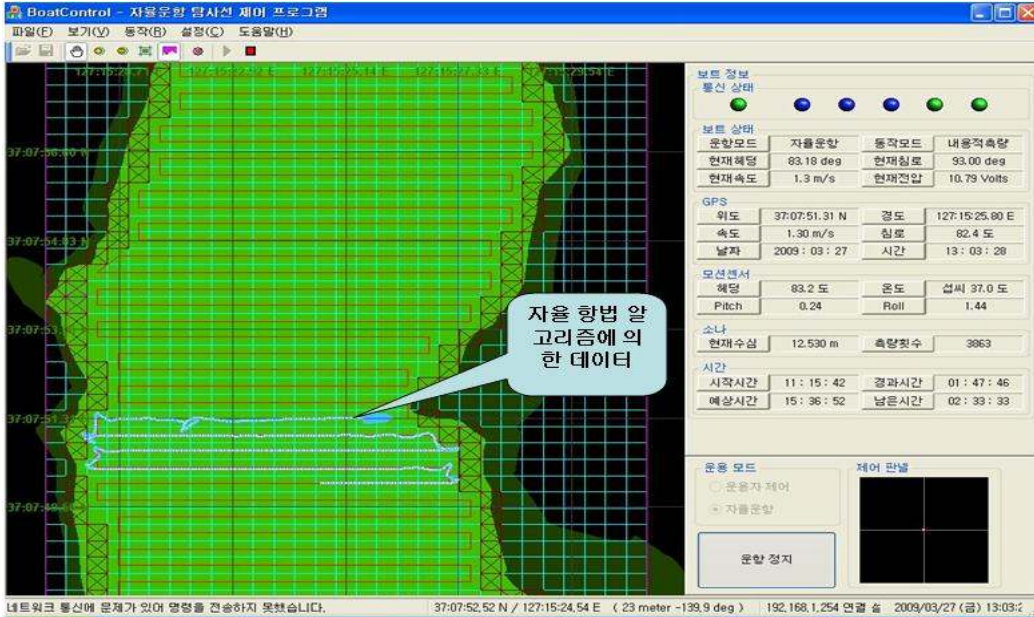


<그림3-74> 미산저수지의 나선, 수평왕복, 수직왕복 항로생성의 실시

미산저수지의 지형적 특성을 고려할 때 시험 결과 <그림 45>와 같이 수평왕복에 의한 항로생성 방법이 보다 효율적임을 알 수 있다. 나선형 항로생성 방법은 미산저수지와 같이 수평 또는 수직으로 긴 형태의 저수지는 전체 면적 대비 약 70%의 항로가 생성되었으므로 타원에 가까운 저수지에서 그 활용성이 크다. 수평왕복 방법은 미산저수지와 같이 수평방향의 외곡이 약한 저수지에 대하여 활용성이 크다. 수직왕복 방법은 미산저수지와는 반대로 수직방향의 긴 형태의 저수지에 대하여 활용하기에 적합하다. 결과적으로 미산저수지의 항로 생성 시험에서 알 수 있듯이 3가지 항로생성 방법은 시험에 적합한 저수지의 형태에 따라 적용할 수 있도록 되었다.

미산저수지의 측정 데이터는 DGPS의 경위도, 모션센서에 의한 해당, 롤, 피치 및 온도 데이터, 개발된 음향측심센서에 의한 측심데이터 등을 초당 4회에 걸쳐 수집하였다. 항로제어 알고리즘은 바람에 의한 표면 물결의 저항력에 따라

서 제어 오차(Overshoot)가 1m 이내로 산출되었다. <그림 46>은 항로제어 알고리즘에 따라 실시간으로 자율운항 보트가 제어된 사용자 화면을 나타낸다.



<그림3-75> 자율운항 제어 알고리즘의 실시간 표시 사용자 화면

자율운항 시스템의 이상 진단 시험 평가는 자율운항 보트 선체 선두에 방수 처리된 돛형대의 IP 카메라 모듈로 실시하였다. 자율항법 운용 시 임의의 장애물을 사용자가 관측 및 감시가 용이하도록 하도록 하였다. <그림 48>은 자율운항 보트 선체에 장착된 카메라와 육상 사용자 프로그램에서의 실시 예이다.



<그림 3-76>

BoatControl - 자율운항 탐사선 제어 프로그램

파일(F) 보기(V) 동작(B) 설정(C) 도움말(H)

127°15'21.32 E 127°15'22.56 E 127°15'23.80 E 127°15'25.03 E 127°15'26.27 E

37°07'47.52 N 37°07'47.52 N 37°07'47.52 N 37°07'47.52 N 37°07'47.52 N 37°07'47.52 N 37°07'47.52 N 37°07'47.52 N

37:07:45.15

보트 정보

통신 상태

보트 상태

운항모드	자율운항	동작모드	내용적속항
현재 Heading	160.10 deg	현재 Heading	136.50 deg
현재 속도	0.3 m/s	현재 전압	11.44 Volts

GPS

위도	37:07:47.52 N	경도	127:15:24.12 E
속도	0.93 m/s	침로	136.5도
날짜	2009: 05: 12	시간	12: 10: 44

모션 센서

Monitor

BOAT_CAM200-Camera

<그림3-77> 이상 진단을 위한 IP 카메라 운용의 화면

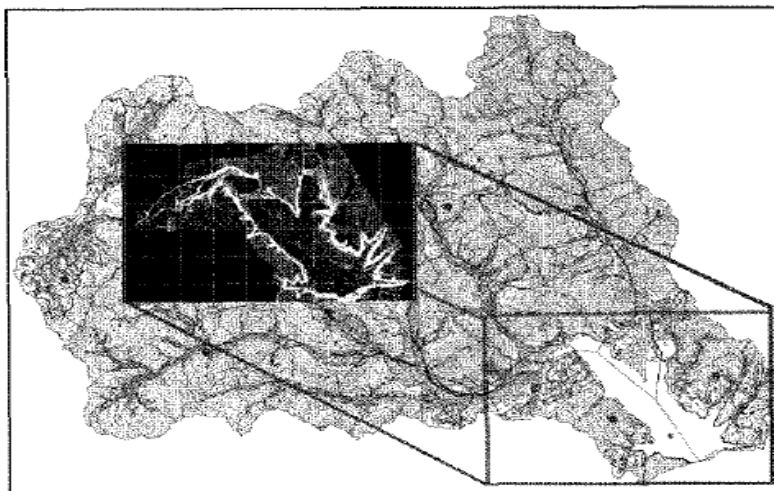
제5절 농업용 저수지 내용적 측정자료 관리 방안

5.1 저수지 내용적 자료처리 시스템

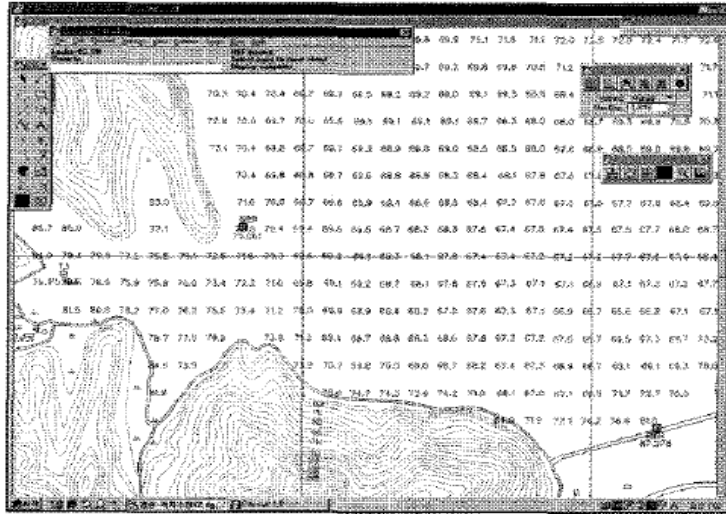
가. 저수지 수질 관리 정보 시스템

고홍석 등(2005)은 전문가 시스템, GIS, 수질 모델을 통합하여 저수지 수질 정보시스템을 개발한 바가 있다. 이 시스템에서는 GIS를 도입하여 모형의 입력 자료 구축과 저수지 수질 관련 정보를 쉽게 검색할 수 있도록 하였다. 수질 예측모형은 WASP5모형을 사용하였으며, 전문가시스템과 연동시켜 저수지 수질 개선을 위한 공법을 선정하도록 하였다.

개발된 시스템은 전북의 경천저수지를 대상으로 하였으며 그림 5-1은 대상 저수지의 상류유역을 나타낸 것이다. 대상 저수지 및 상류 유역에 대한 공간자료를 확보하기 위하여 하천망도, 행정구역도, 도로도, 등고선도, 유역도, 토지이용도, 토양도, 저수지 수심분포도, 세그먼트 분할도를 구축하였다. 특히, 그림 5-2과 같은 저수지 수심 분포도는 수질 모델링에 필요한 수체 특성을 제공하며, 계속적으로 업데이트된 자료를 축적하면 저수지의 내용적 변화와 퇴적물 변화를 모니터링할 수 있다.

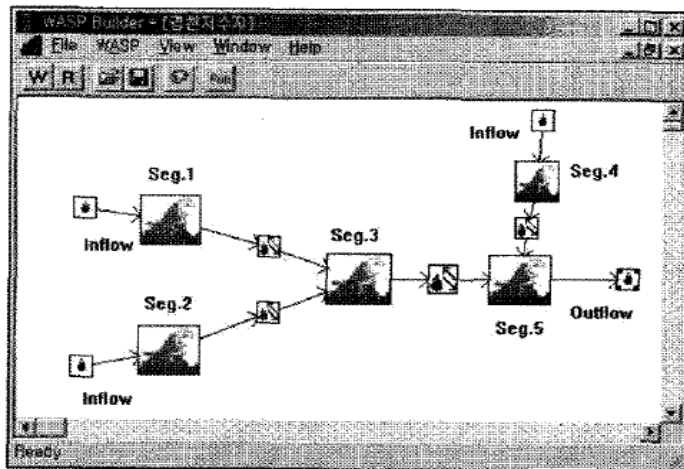


<그림3-78> 대상 저수지의 상류유역도 (고홍석 등, 2005)

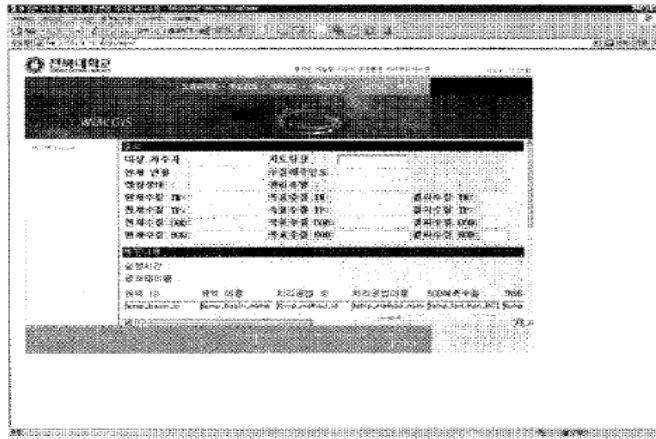


<그림3-79> 대상 저수지의 수심분포도 (고홍석 등, 2005)

개발된 시스템에서는 저수지의 수질을 모의하기 위하여 WASP5모형을 사용하였으며 그림 5-3과 같이 대상 저수지를 5개의 세그먼트로 구분하고 장래 수질을 예측하였다. 또한 목표수질을 만족할 수 있는 최적대안을 선정하기 위하여 웹기반 인공지능 툴인 WeBIS를 사용하였으며, 그림 4-9와 같이 최적의 저수지 수질 개선공법을 제시할 수 있도록 하였다.



<그림3-80> WASP5모형 적용을 위한 세그먼트 분할 (고홍석 등, 2005)



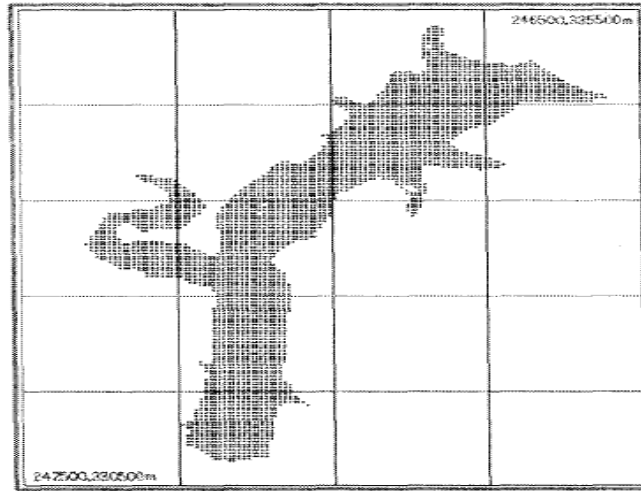
<그림3-81> 전문가 시스템 구동결과 (고홍석 등, 2005)

이와 같이 구성된 저수지 수질 정보 시스템은 효율적인 저수지의 수질 관리를 위한 도구로 사용이 가능할 것으로 판단된다. 그러나 정확한 예측 결과를 제공하기 위해서는 주기적으로 관련 자료의 업데이트가 필요하다. 특히, 저수지 수질 예측 모형의 예측능력을 향상시키기 위해서는 최근에 수집된 측정자료를 사용하여 모형을 보정 및 검증할 필요가 있다. 또한, 저수지의 수심 측량을 주기적으로 실시하여 저수지 바닥에 쌓인 퇴적물의 변화를 모니터링하고 이를 정보시스템에 축적할 필요가 있다. 따라서 이와 같은 시스템을 사용하여 저수지 수질 관리 및 유역관리를 시행하기 위해서는 관련 자료의 업데이트, 검색 등이 가능한 데이터베이스의 구축이 필요할 것으로 사료된다.

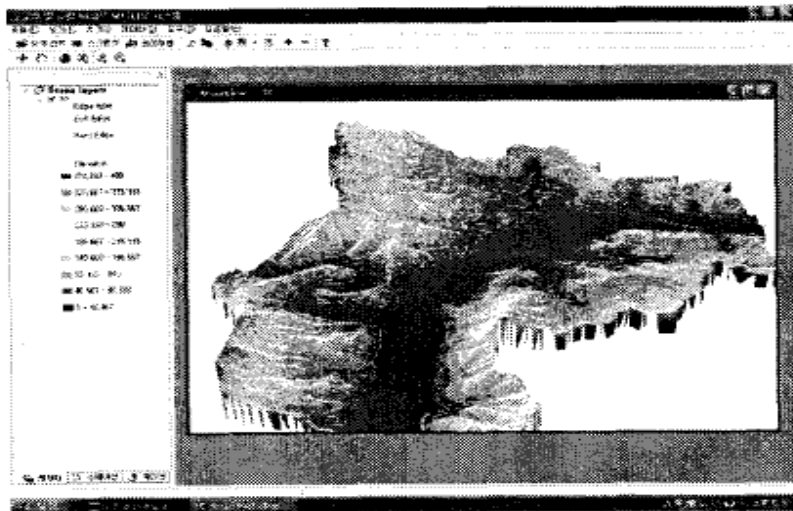
나. 댐저수지 하상의 퇴적물 관리를 위한 GIS 시스템 개발

박준규(2006)는 댐저수지의 퇴적물 분포와 특성을 조사하여 얻어진 자료를 기반으로 하는 퇴적물 관리 GIS 시스템을 개발한 바가 있다. 이 시스템은 저수지의 용량을 감소시키고 수질에 악영향을 미치는 퇴적물을 효율적으로 관리하기 위하여 개발되었다. 연구대상지는 충청북도 청원군 대청댐 일대 중 청주 취수탑 부근의 품곡천 유역이다. 이곳은 유속이 거의 없는 대규모 저수지이며, 재래식 측량법에 의한 지형측량이 어렵기 때문에 GPS와 음파탐사측량을 이용한 3차원 하상 지형공간정보의 획득이 필요한 곳이다. 시스템을 개발하기 위한 대

청담 하상의 음파탐사 데이터 수집은 2004년 8월과 2005년 2월에 각각 3.5 kHz 타입의 천부지층탐사기, 200 kHz 타입의 음향측심기를 조합하여 시행되었다. 수집된 자료를 처리하여 그림 5-5과 같은 음향 측심자료를 획득하였으며, 이를 사용하여 3차원 원지반 하상과 퇴적하상을 생성하였다.

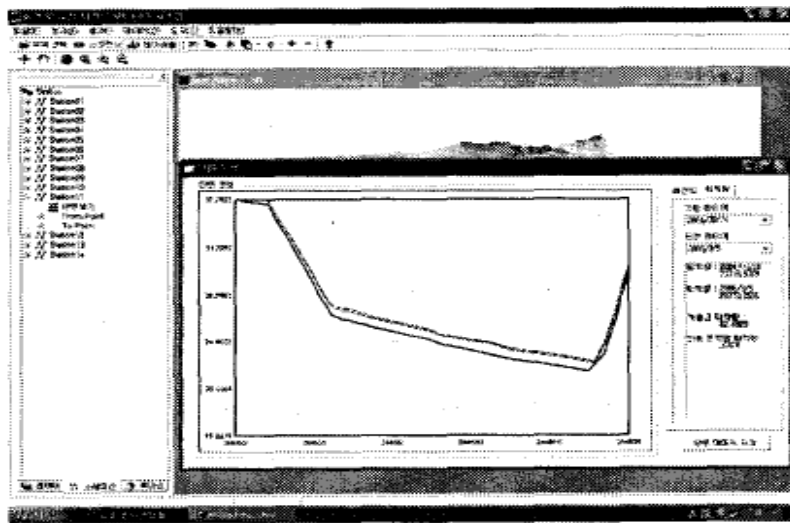


<그림3-82> 대상 지역의 음향 측심 데이터 (박준규, 2006)

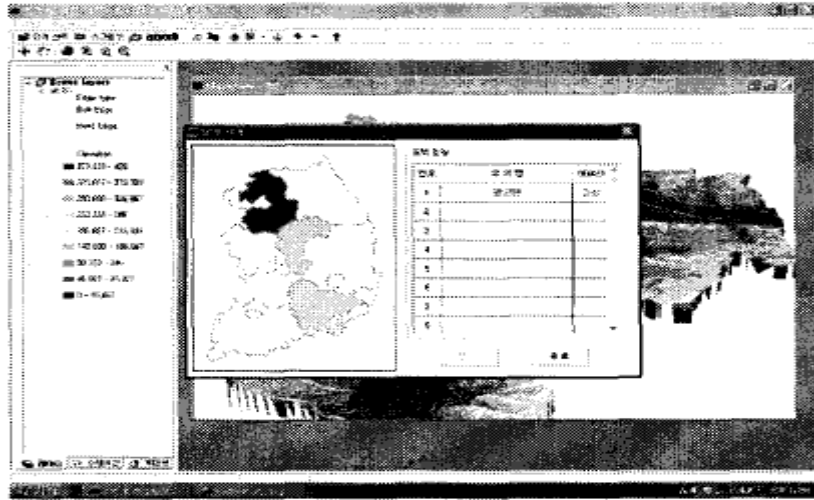


<그림3-83> 개발된 시스템의 시작 화면 (박준규, 2006)

댐저수지의 퇴적물 관리를 위한 GIS 시스템은 항공 LiDAR와 정밀 음파탐사 자료들을 처리하여 수치자료와 이미지 자료를 생성하여 저장하고 하상이나 호소의 퇴적물량 산정하며, 결과물을 사용자가 보기 좋게 화면에 출력한다. 그림 5-6은 대상지역을 위하여 개발된 시스템의 시작화면을 나타낸 것이다. 또한, 그림 5-7는 정밀지형조사를 통하여 수집된 자료를 비교하여 지정된 단면에서 퇴적물의 변화를 비교한 것이다. 이를 통하여 대상지역에 대한 효과적인 퇴적물 모니터링 및 관리가 가능하다. 그림 5-8은 개발된 시스템에 새로운 유역이나 저수지와 관련된 자료를 추가와 관리가 가능하도록 구현한 것이다. 개발된 시스템을 여러 개의 저수지에 대한 퇴적물 관리 데이터베이스로 확장할 수 있다.



<그림3-84> 설정된 단면의 지형변화 비교 (박준규, 2006)



<그림3-85> 새로운 구역의 추가 기능 (박준규, 2006)

이 연구에서 개발한 GIS 시스템은 댐 저수지의 퇴적물을 효율적으로 관리하기 위하여 개발된 것이다. 저수지의 퇴적물은 상류유역에서 유입되어 수체의 흐름이 느린 저수구역에 퇴적된다. 또한, 댐완공 이후 장기간이 경과함에 따라 퇴적량이 증가하여 저수용량을 점감시키는 주요 원인이 되고 있으므로 적절한 대책을 수립하여 관리해야 한다. 개발된 시스템을 이용하여 모니터링된 저수지 하상변화를 비교하면 대상 댐이나 상류 유역에 적용되고 있는 대책의 효과를 평가할 수 있으며, 축적된 자료는 관련 모형의 개발과 적용성 평가에 활용이 가능할 것으로 판단된다.

5.2 단계별 내용적 자료 처리 및 결과물 산출

가. 내용적 자료처리 및 관리 시스템

(1) 목적

저수지 내용적 자료처리 및 관리 시스템은 음향측심 측량자료를 바탕으로 정보기술을 활용하여 저수지 관리에 필요한 자료를 자동 생성, 조회, 관리함으로써 저수지관리 관련 업무의 편이성을 지원하기 위하여 개발하였다.

(2) 시스템 구성

저수지 내용적 자료처리 및 관리 시스템은 현장에서 취득된 수심측량데이터를 이용하여 좌표 변환 등의 기초자료 처리 후, TIN, DEM 등의 위상처리(Topographic Data Processing)를 거쳐 분석 및 자료를 생성을 수행하는 모듈, 생성된 자료를 저장하고 자료조회를 지원하는 자료 관리 모듈로 구성된다<그림 3-86>. 생성되는 자료 종류는 격자수심도, 등고선도, 내용적 물량 산출표, 내용적도(표고별 내용적 곡선도), 기타(항적도, 종횡단도) 및 측량 보고서 등이 있다. 이들 생성된 자료는 저장되어 자료 조회를 통한 저수지 현황, 이력, 준설 등의 업무를 지원하는 데 활용될 수 있다.

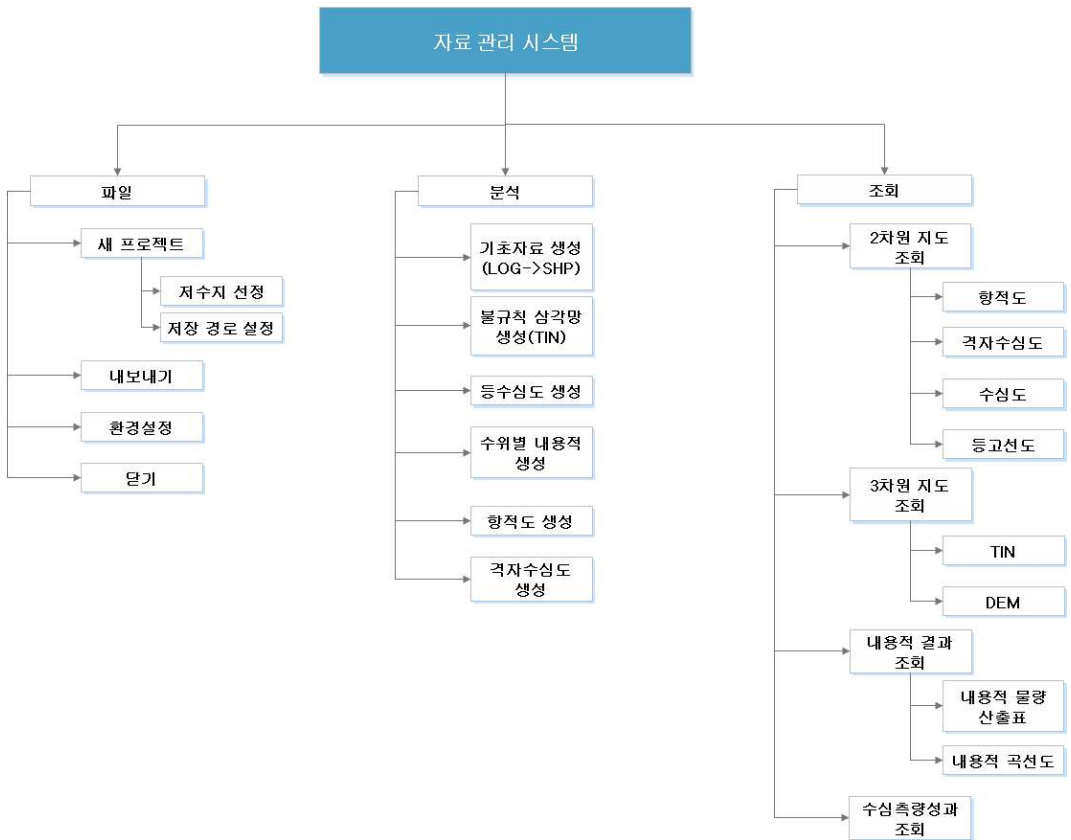
(3) 시스템 기능

저수지 내용적 자료 처리 및 관리 시스템의 상세한 기능은 다음과 같다.<표 4-2>

- ① 기본정보(수치지도, 평면도, 등고선도) 조회 Module
 - 국가지리정보체계(NGIS)의 지형도(1:5000) 자료와 연계
 - 캐드 기반의 설계도면 활용 조회
- ② 측량정보(항적도, 격자수심도) 조회 및 GPS 자료변환 Module
 - GPS 측량 자료 (DM,S 또는 DD) 자료를 한국측지계(TM) 기준의 Shape 파일 자동 배치 생성
- ③ 분석정보(등수심도, 종횡단면도, 3차원 내용적) 생성 및 조회 Module
 - 측량 자료(x,y,z) 를 기반으로 Shape파일을 생성하고 이를 기반으로 등

수심도를 자동 생성

- 사용자 임의의 종횡단면도 생성 기능
- 측량자료를 기반으로 2D,3D 면적과 내용적 산출 기능



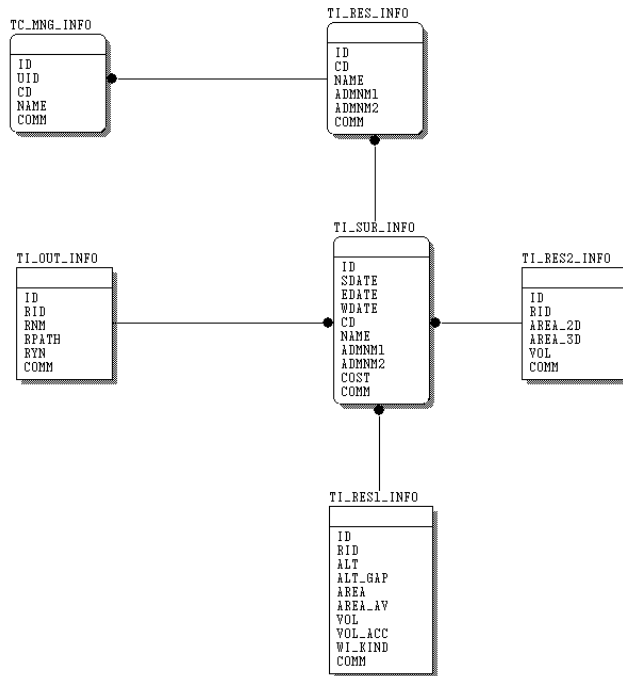
<그림3-86> 저수지 내용적 자료 처리 시스템 구성도

(4) 자료 구조

사용자를 나타내는 TC_MNS_INFO, 대상 저수지를 기술하는 TI_RES_INFO, 측심결과를 분석, 처리 저장하는 TI_SUR_INFO, 자료처리 결과를 나타내는 TI_RES_INFO, 내용적 처리 산출물을 나타내는 TI_OUT_INFO 로 구성된다. ERD로 표현된 자료 Table은 <그림 4-3> 과 같다.

순번	1차 메뉴	2차 메뉴	3차 메뉴	설명	화면 ID
1	파일	새 프로젝트	저수지 선정	한국농촌공사 정보관리실 RIMS에서 사용되는 저수지 관리 코드를 수급받아 관리조직 및 저수지 선정	1
2			저장 경로 설정	선정된 저수지 코드명을 기준으로 프로젝트가 저장될 경로 설정	2
3		내보내기		현재 지도 화면 내보내기	3
4		환경설정		데이터베이스 및 기초 파라미터 설정	4
5		닫기		종료	
6	분석	기초자료생성 (LOG->SHP)		외업 산출물(GPS 로그)를 분석을 위한 GIS 포맷(Shape) 파일로 변환/생성	5
7		불규칙 삼각망 생성(TIN)		6번 산출물에 근거하여, 3차원 불규칙 삼각망 생성	6
8		등수심도 생성		7번 산출물에 근거하여, 등수심도 생성 및 폴리라인->폴리곤 변환	7
9		수위별 내용적 생성		7번 산출물에 근거하여, 수위별 내용적 결과 생성	8
10		향적도 생성		6번 산출물에 근거하여, 폴리라인 타입의 향적도 생성	9
11		격자 수심도 생성		저수지 격자망 생성 및 평균 수심 생성	10
12	조회	2차원 지도 조회	향적도	2차원 지도 뷰어에서 향적도 조회	11
13			격자 수심도	2차원 지도 뷰어에서 격자수심도 조회	12
14			수심도	2차원 지도 뷰어에서 수심도 조회	13
15			등고선도	2차원 지도 뷰어에서 등고선도 조회	14
16		3차원 지도 조회	TIN	3차원 지도 뷰어에서 삼각망 조회	15
17			DEM	3차원 지도 뷰어에서 수치 표고 모델 조회	16
18		내용적 결과 조회	내용적 물량 산출표	그리드 타입의 내용적 물량 산출표 조회	17
19			내용적 곡선도	선형 차트 타입의 내용적 곡선도 조회	18
20		수심측량성과 조회		그리드 타입의 수심측량 성과 조회	19

<표 4-2> 저수지 내용적 자료처리 및 관리 시스템 주요 기능



<그림 3-87> 저수지 내용적 자료처리 및 관리시스템 Entity Relation Diagram

각 Table 별 상세한 정보는 다음과 같다.

1. 관리기관(TC_MNG_INFO)

항목명	필드명	타입	구분	자릿수	비고
순번	ID	숫자	pk	3	
상급기관코드	UID	문자		20	
코드	CD	문자	uk	20	변경가능
기관명	Name	문자		50	
비고	Comm	문자		255	

2. 저수지(TL_RES_INFO)

항목명	필드명	타입	구분	자릿수	비고
순번	ID	숫자	pk	3	
저수지코드	CD	문자	uk	10	변경가능
저수지명	Name	문자		50	
관리책임자	AdmNm1	문자		50	
관리담당자	AdmNm2	문자		50	
비고	Comm	문자		255	

3. 조사내용(TL_SUR_INFO)

항목명	필드명	타입	구분	자릿수	비고
순번	ID	숫자	pk	3	
시작일시	Sdate	문자		8	
종료일시	Edate	문자		8	
결과생성일시	Wdate	문자		8	
저수지코드	CD	문자	fk	10	=TL_RES_INFO.CD
저수지명	Name	문자		50	
조사업체	AdmNm1	문자		50	
조사자	AdmNm2	문자		50	
조사비용	Cost	숫자		10	10억
비고	Comm	문자		255	

4. 산출물(TL_OUT_INFO)

항목명	필드명	타입	구분	자릿수	비고
순번	ID	숫자	pk	3	
결과ID	Rid	숫자	fk	3	=TL_SUR_INFO.ID
결과항목명	RNm	문자		50	
저장위치	Rpath	문자		255	
존재유무	RYN	문자		1	
비고	Comm	문자		255	

5. 내용적결과1(TL_RES1_INFO)

항목명	필드명	타입	구분	자릿수	비고
순번	ID	숫자	pk	3	
결과ID	Rid	숫자	fk	3	=TL_SUR_INFO.ID
표고	Alt	숫자		10,2	
고차	Alt_Gap	숫자		10,2	
면적	Area	숫자		10	
평균면적	Area_Av	숫자		10	
내용적	Vol	숫자		10	
누가내용적	Vol_Acc	숫자		10	
수위구분	WL_Kind	문자		1	사수위만수위홍수위
비고	Comm	문자		255	

6. 내용적결과2(TL_RES2_INFO)

항목명	필드명	타입	구분	자릿수	비고
순번	ID	숫자	pk	3	
결과ID	Rid	숫자	fk	3	=TL_SUR_INFO.ID
2D면적	Area_2D	숫자		10	
3D면적	Area_3D	숫자		10	
내용적	Vol	숫자		10	
비고	Comm	문자		255	

(5) 자료 처리 절차

① 자료 입력 및 포맷 변환 : 저수지 측심을 입력받는 데이터 구조는 <그림 4-5>와 같으며 이진 형식의 파일을 입력받아서 이 자료를 Parsing하여 측점을 정하고(ID), GPS 위치를 나타내는 x, y, 측심정보를 나타내는 z로 Text 파일을 생성하여 입력자료로 만든다.

```

typedef struct _GPS_DATA
{
    BYTE            m_byHour;
    BYTE            m_byMinute;
    BYTE            m_bySecond;
    BYTE            m_byDay;
    BYTE            m_byMonth;
    WORD            m_wYear;

    double          m_dLatitude; // current latitude
    double          m_dLongitude; // current longitude
    float           m_fGroundSpeed; // speed over ground, knots
    float           m_fCourse; // course over ground, degree true
    float           m_fMagVar; // magnitic variation, degrees
    East(+)/West(-)

    BYTE            m_byGPSQuality;
    BYTE            m_byNumOfSatsInUse;
    double          m_dAltitude; // altitude : mean-sea-level (good)
    meters

    DWORD          m_dwCounter;

    BYTE            m_byDummy[3];
} T_GPS_DATA;

```

```

typedef struct _MOTION_DATA
{
    double          m_dCompass;
    double          m_dPitch;
    double          m_dRoll;
    double          m_dTemperature;

    DWORD          m_dwCounter;
} T_MOTION_DATA;

```

```

typedef struct _MOTOR_DATA
{
    int                m_nSetSpeed;// MOTOR_MIN_VALUE ~ MOTOR_MAX_VALUE
( 0x07 ~ 0x78 )
    int                m_nSetBear ing;//          MOTOR_MIN_VALUE          ~
MOTOR_MAX_VALUE ( 0x07 ~ 0x78 )

    DWORD             m_dwCounter;
} T_MOTOR_DATA;

```

```

typedef struct _SONAR_DATA
{
    float             m_fFirstDistance;    // Distance of 1st peak
    float             m_fSecondDistance;   // Distance of 2nd peak
    int               m_nTargetDepth;      // Target Depth( 100 or 300 )
    float             m_fDepth;            // Depth
    float             m_fTemperature;      // Temperature

    DWORD             m_dwCounter;
} T_SONAR_DATA;

```

```

typedef struct _SHIP_DATA
{
    double            m_dDstLat;
    double            m_dDstLon;

    double            m_dCurLat;
    double            m_dCurLon;

    double            m_dDstHeading;      // degree
    double            m_dCurHeading;     // degree
    double            m_dRange;           // meter
    double            m_dSpeed;           // m/s

    double            m_dBat tVoltage;    // Battery current voltage
    int               m_nCurPi lotMode;

```

```

        DWORD            m_dwCounter;
} T_SHIP_DATA;

typedef struct _COMM_STAT
{
    BYTE                m_byMotor;           // motor operation status
    BYTE                m_byGps;           // GPS operation status
    BYTE                m_byMotion;       // Motion operation status
    BYTE                m_bySonar;       // Sonar operation status
    BYTE                m_byPowerBd;     // Power distribution board
operation status

    DWORD            m_dwCounter;
    BYTE            m_byDummy[3];
} T_COMM_STAT;

typedef struct _COMM_STAT1
{
    BYTE                m_byMotor;           // motor operation status
    BYTE                m_byGps0;         // GPS operation status
    BYTE                m_byGps1;         // GPS operation status
    BYTE                m_byMotion;       // Motion operation status
    BYTE                m_bySonar;       // Sonar operation status
    BYTE                m_byPowerBd;     // Power distribution board
operation status

    DWORD            m_dwCounter;
    BYTE            m_byDummy[3];
} T_COMM_STAT1;

typedef struct _PILOT_DATA
{
    SYSTEMTIME          m_tSysTime;

    T_COMM_STAT        m_tCommStat;
}

```

```

T_SHIP_DATA          m_tShipData;

T_MOTION_DATA      m_tMotionData;
T_SONAR_DATA       m_tSonarData;
T_MOTOR_DATA       m_tMotorData;

T_GPS_DATA          m_tGpsData;
} T_PILOT_DATA;

```

```
typedef struct _PILOT_DATA1
```

```

{
    SYSTEMTIME          m_tSysTime;

    T_COMM_STAT1       m_tCommStat;
    T_SHIP_DATA        m_tShipData;

    T_MOTION_DATA      m_tMotionData;
    T_SONAR_DATA       m_tSonarData;
    T_MOTOR_DATA       m_tMotorData;

    T_GPS_DATA         m_tGps0Data;
    T_GPS_DATA         m_tGps1Data;
} T_PILOT_DATA1;

```

```
typedef struct _TM_COORD_AND_DEPTH
```

```

{
    double              m_dLatitude;    // current latitude
    double              m_dLongitude;   // current longitude
    float               m_fDepth;      // Depth
} T_TM_COORD_AND_DEPTH ;

```

<그림 3-88> 측심데이터 Format

저수지 측심 자료 형식은 다음과 같다.

측점	X 좌표	Y 좌표	측정수심	조 위	개정수심	측정시간
1	409235.394	219618.643	6.83	96.50	89.67	9.10251
2	409235.473	219620.091	6.83	96.50	89.67	9.10258
3	409235.563	219623.036	6.84	96.50	89.66	9.10278
4	409235.407	219626.045	6.82	96.50	89.68	9.10299
5	409235.226	219629.094	6.80	96.50	89.70	9.10320
6	409234.934	219632.099	6.79	96.50	89.71	9.10341
7	409234.624	219635.099	6.79	96.50	89.71	9.10361
8	409234.405	219638.154	6.74	96.50	89.76	9.10382

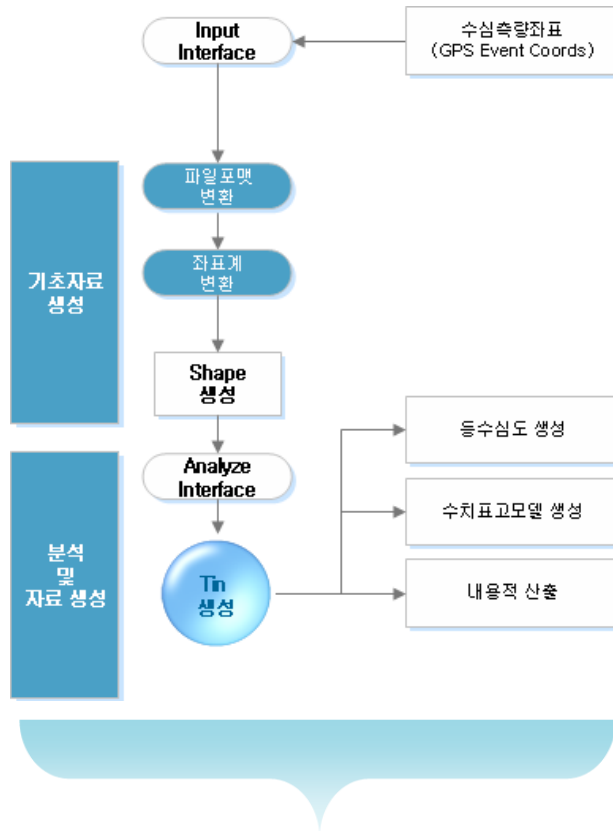
<표 4-6> 측점 표현 형식

② Point Shape 파일 생성 : Text 형식의 측심 파일을 기반으로 점 형식의 Shape 파일을 생성한다. 이 파일은 좌표 매핑 및 위치에 따라 달라지는 projection 형식을 나타내는 *.prj 파일, 좌표를 기술하는 *.shp 파일, *.shp 파일 인덱스 구조를 지시하는 *.idx 파일, 속성을 나타내는 *.dbf 파일로 구성된다.

③ TIN 생성 : TIN은 물체의 표면을 나타내기 위하여 사용된 전산적인 방법이다. TIN은 주어진 꼭지점(vertex)을 삼각망을 구성하여 나타내는데 꼭지점을 연결한 모서리(edge)를 형성하여 삼각망을 구성하는 방식이다. 이러한 망을 구성하는 알고리즘은 여러 가지가 있지만 본 관업에서는 Delaunay 방식을 사용하였다.

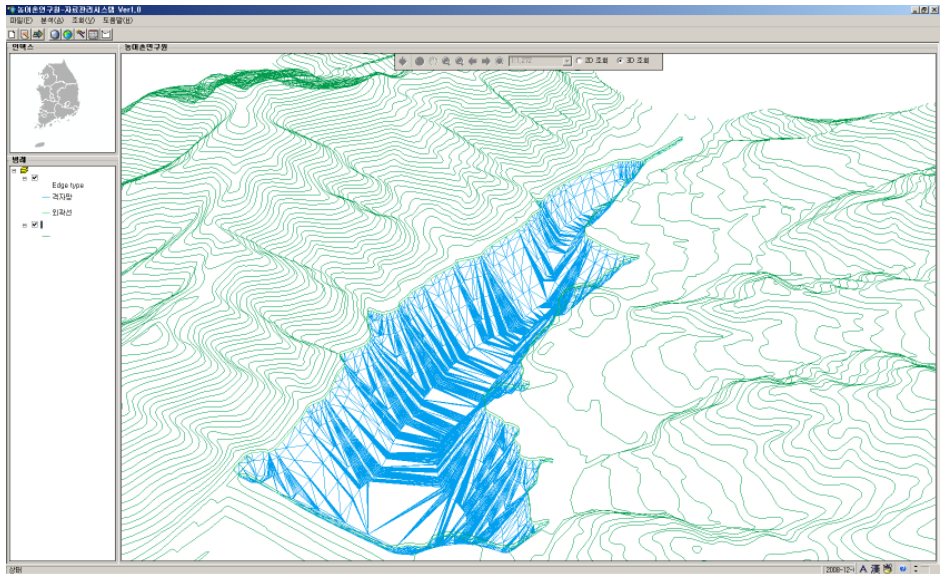
삼각망 구성 결과는 Delaunay의 삼각 조건을 만족하는데 이것은 모든 꼭지점이 삼각망을 구성하는 삼각형의 외접원의 내부에 있지 않는 것을 의미하는 소위 Delaunay 삼각조건을 만족한다. 이 조건이 만족되면 삼각망을 구성하는 삼각형의 최소 내각이 최대가 되어 길고 얇은 삼각형이 생기는 것을 가급적 회피하는 것이다.

TIN의 모서리들은 연결되며 겹치지 않는 삼각면을 형성하고, 저수지 바닥면, 분수경계 또는 하천선 등의 표면특성을 분석하는 데 사용될 수 있다. 아래의 그림은 삼각망의 node와 모서리를 나타내며, 삼각망의 노드, 모서리 및 면을 나타낸다.<그림 4-6>



자료조회	
기본정보 <ul style="list-style-type: none"> · 수치지도 · 등고선도 · 지형도 · 저수지 일반 현황 	측량정보 <ul style="list-style-type: none"> · 측량자료 · 환적도 · 격자수심도
분석정보 <ul style="list-style-type: none"> · 등수심도 · 수치표고모델 · 불규칙삼각망 · 내용적 · 표면면적 · 인제면적 · 용역면적 	준설정보 <ul style="list-style-type: none"> · 현재 하상 · 과거 하상 · 현재 대비 과거 하상

<그림 3-89> 자료 처리 절차



<그림 3-90> TIN 생성 예

일반적으로 TIN은 raster surface model 보다는 덜 광범위하게 이용되며 생성하고 처리하는 데 고비용이 소요된다. 다시 말하면 좋은 품질의 데이터를 얻는 비용이 높으며 TIN을 처리하는 데 raster image 보다 비 효율적인 측면이 있다. TIN의 사용례를 보면 고정밀 작은 면적을 가지는 대상에 적용하는 경우가 많으며 표면적, 면적, 부피를 구하는 데 유용하다.

본 과업에서는 응향측심기를 사용하여 획득한 자료가 TIN을 형성하는 데 적절하므로 TIN을 적용하였다. WIN32 계열의 운영체제에서는 약 10M~15M(M=백만) 개의 노드에 대해서는 정상적인 운영이 가능하다고 보고되고 있다.

TIN의 노드들은 측심데이터를 사용하여 나타내며 (x, y, z)의 공간 위치를 나타내는 데 x 및 y 는 위치를 z는저수지의 표고에서 깊이 값으로 표현된다. 본 과업에서는 저수지 측심데이터를 처리하여 노드를 구성하도록 프로그램을 개발하였다. 저수지의 경계는 저수지 최대수위를 사용하여 나타내고 처리과정에서 특별하게 취급되므로 입력시 경계자료가 없을 경우 저수지 만수위 시의 저수지 수면 경계를 사용해도 된다.

각 삼각형의 면은 TIN 표면의 일부를 구성하는 데 (x, y, z)의 세 점의 좌표로 기술되어 기하학적인 평면의 조각으로 인식되어 경사, 표면적 등의 특성을 계산할 수 있다. TIN을 사용한 저수지 내용적의 산정의 정확성을 확보하기

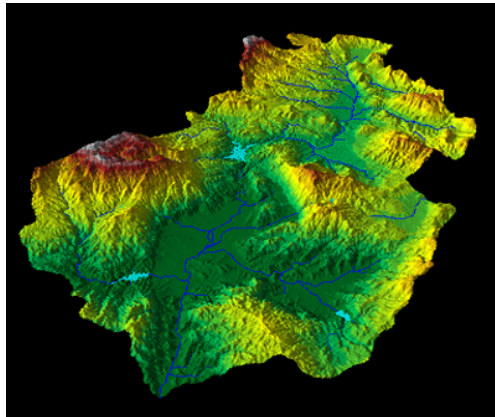
위해서는 저수지의 수심이 급격하게 변하는 부분을 자세히 측심하여야 한다.

TIN의 위상적 구조는 삼각형의 노드, 모서리, 모서리의 속성으로 구성되는데 상세한 데이터 구조는 다음과 같다.

- 삼각형 번호
- 이웃한 삼각형의 수
- 삼각형을 구성하는 세 노드
- 각 노드의 좌표(x, y, z)
- 삼각형의 세 모서리의 속성

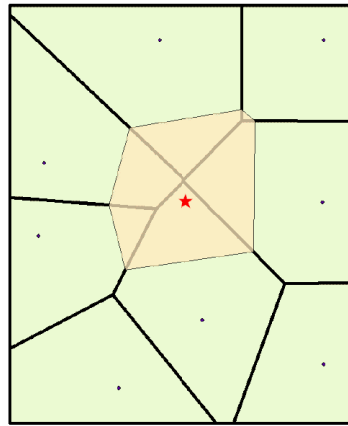
④ DEM 생성 : 저수지 바닥의 형상을 기술하기 위하여 DEM을 생성한다.

본 과업에서는 DEM을 해상도 10m, 15m, 20m, 25m, 30m 단위로 생성할 수 있다.



<그림 3-91> DEM 생성 예

본 과업에서 사용한 DEM 생성 알고리즘은 Sibson(1981)이 제안한 “area-stealing interpolation”을 적용하였다. 이 방법의 요지는 격자점의 높이는 이웃한 노드값들의 면적 가중치로 내삽되는 것이다. 이 방법은 규칙적이거나 불규칙적인 입력값 양자에 모두 잘 적용되는 것으로 보고되어 있다.(Watson, 1992)



<그림 3-92> Voronoi 다각형 생성

격자점 주변의 값을 계산하기 위해서 먼저 **Voronoi** (i.e. Thiessen) 다각형을 구성한다.

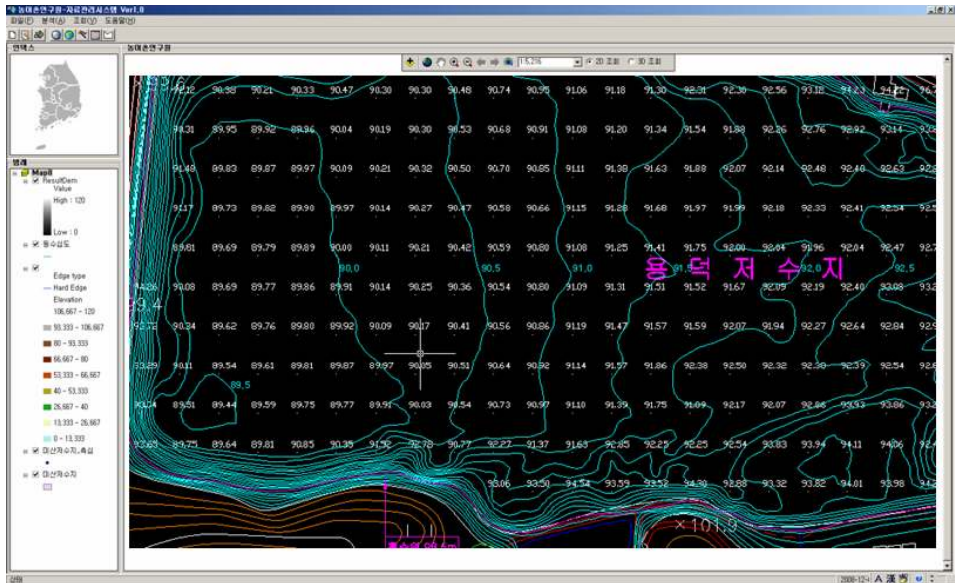
References

Sibson, R., "A Brief Description of Natural Neighbor Interpolation," Chapter 2 in *Interpolating multivariate data*, John Wiley & Sons, New York, 1981, pp. 21-36.

Watson, D., "Contouring: A Guide to the Analysis and Display of Spatial Data". Pergamon Press, London, 1992.

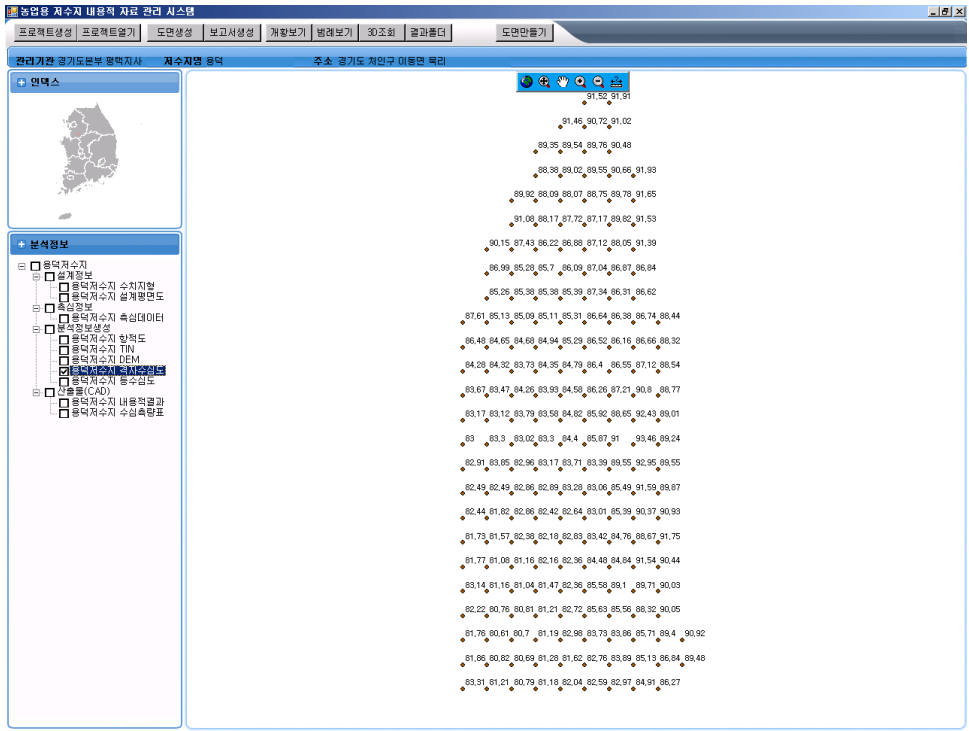
⑤ 등수심도 생성 : 등수심도는 TIN을 이용하여 생성한다. 등수심선은 선 정보간법을 사용하여 계산되므로 삼각형 안에서는 선분이며 선분의 방향은 다른 삼각형과 연결될 때만 발생한다. 따라서 본 과업에서 생성된 등수심도는 엔지니어링 목적에만 사용할 수 있으며 표면 모델의 정확한 선형 해석으로 봄이 타당하다. 이 방법은 보수적으로 사용되며 각종 해석에 최적 예측값으로 사용된다. 본 과업의 등 수심도는 거칠어 부드러워지지 않으므로 다른 도구를 통하여 후처리 하여 사용하는 것이 일반적이다. 이 정보 역시 Shape 형태로 저장된다.

본 과업에서 등수심의 간격을 0.5m, 1.0m, 1.5m, 2.0m, 2.5m 단위로 생성할 수 있다.



<그림 3-93> 등수심도 생성 예

⑥ 격자 수심도: 격자 수심도는 DEM을 기반으로 생성한다. 격자 간격의 크기는 프로젝트 설정에서 설정할 수 있다.



<그림 3-94> 격자 수심도 생성 예

⑥ 저수지 내용적: TIN을 기반으로 각 삼각기둥의 부피를 계산하여 내용적을 산출한다.

(6) 산출물 내역

내용적표

사수위=81 저수위=96,5 만수위=99

항적자출 용적보기

	표고	고차	면적	누가내용적
▶	81	0	0	0
	81,5	0,5	13,431041443014	0,34879233690903
	82	0,5	898,21074041646	161,98771636152
	82,5	0,5	2173,760807367	925,75132283294
	83	0,5	3364,370270504	2280,7012527247
	83,5	0,5	5021,6491209476	4374,6574553425
	84	0,5	6238,6488397052	7200,0077201009
	84,5	0,5	7434,7396577921	10606,68583356
	85	0,5	9198,6067792065	14734,239625665
	85,5	0,5	10549,056853439	19692,859715071
	86	0,5	11635,418129335	25239,346466857
	86,5	0,5	12829,493897166	31345,57188291
	87	0,5	13789,847442754	38009,759033912
	87,5	0,5	14787,069603436	45147,281200282
	88	0,5	15799,359416635	52791,230519131
	88,5	0,5	16785,674843079	60937,363912866
	89	0,5	17768,582749594	69576,554259139
	89,5	0,5	18729,124902265	78702,810107135

1 / 37

<그림 3-95> 저수지 내용적 표

구분	항목	기존 자료유형	최종 자료유형	비고
통합 산출물	저수지평면도			
	수심기록지(=수심측량성과표)	XLS	XLS	
	내용적산출 (내용적물량산출표,표고별내용적곡선도)	XLS	XLS	
	항적도	DWG	SHP	
	격자수심도	DWG	SHP	
	수심도	DWG	SHP	
	등고선도	SHP	SHP	
	불규칙삼각망(TIN)	Raster	Raster	3차원 현황도 표현
	수치표고모델(DEM)	Raster	Raster	3차원 현황도 표현
	기준점측량계산부			
	지형측량성과표(=현황측량성과표)	XLS		
	기준점 점의조서	XLS		
	사진대장	XLS		

<표 4-10> 산출물 내역

5.3 자료관리 방안

가. 국내 여건을 고려한 농업용 저수지 내용적 측정 및 자료 관리 방안

(1) 저수지 측량시 고려 사항

(가) 저수지 수위를 고려한 수심측량

농업용 저수지의 수위는 관개용수를 공급하기 때문에 영농활동에 따라 시기적인 변화를 나타낸다. 못자리기전에는 저수지에 용수를 최대한 저류하기 위하여 여수토에 가마니를 쌓아서 저수용량을 증가시킨다. 이후 관개용수를 공급함에 따라 저수지 수위가 저하되며, 강우량 및 유입량이 적은년에는 사수위에 가깝게 내려간다. 장마 및 태풍이 내습하는 홍수기에는 저수지 수위가 상승하여 만수위에 가까워지며 이후 다시 낮아진다. 전체적으로 W 형태에 가까운 변화 양상을 나타낸다. 따라서 저수지 수위가 가장 높은 여수토 상승 시기나 홍수기에 수심측량을 하는 것이 만수위에 해당하는 저수용량을 측정할 수 있다. 특히, 여수토 상승기의 수심측량은 재래식 지형측량을 통한 저수지 내용적 산

정 방법이 측정하지 못하는 표고 구간에 대한 자료를 획득할 수 있기 때문에 정확한 수위-내용적 관계를 수립할 수 있다.

(나) 저수지 측량 결과의 비교

개발된 방법에 의한 저수지 측량 결과의 정확도를 평가하기 위하여 토탈스테이션을 이용한 재래식 저수지 측량 결과와 비교할 필요가 있다. 저수지 내용적은 상류 유역에서 유입하는 유수량 및 저수지의 물리적 특성, 저수지 운영 방법에 따라 변화된다. 주기적으로 저수지 내용적 변화를 모니터링하기 위해서는 측량에 사용되는 방법의 정확도에 대한 검증이 우선적으로 필요하다.

(다) 저수지 사면 부근의 측량

저수지 사면은 저수지 운영에 따라 수면위로 노출과 수면 아래로 잠기는 것이 반복된다. 따라서 저수지 경계가 수직벽인 곳의 붕괴로 인해 발생한 재질들이 저수지 수면 아래에 쌓이거나 저지 수면의 파랑에 의해 저수지 안쪽으로 흘러들어가는 현상이 발생한다. 또한, 경사가 완만한 사면에서는 저수지 수위 변동에 의해 발생한 사면 표면의 침식이나 붕괴, 퇴적 등으로 경계의 변화가 발생한다. 따라서 정확한 저수지 내용적 측량을 위해서는 저수지 경계 부근에서 조밀한 측량이 필요하며, 시간 경과에 따른 저수지 수면적의 변화를 분석하기 위한 측량 자료의 구축이 필요할 것으로 사료된다.

(라) 육지부 측량 성과와 연결

보다 정확한 저수지 내용적을 얻기 위해서는 저수지가 만수위일 때 수심을 측량하고 육상부 측량은 저수지 수위가 낮을 때 실시하여 두 측량의 측량 범위가 최대한 중복되도록 해야 한다. 종래의 저수지 측량은 토탈스테이션을 사용하여 저수지 수위가 사수위 이하로 내려갔을 때 실시하였다. 이 방법은 사수위 이하의 저수량에 대한 측량이 어려웠으며 정확한 측정값을 제시하지 못하였다. 두 방법의 단점을 보완하기 위해서는 측량 결과를 중첩시켜 만수위 이상의 수위에 대한 내용적을 산정하고 사수위 이하에 대한 용량을 산출할 필요가 있다.

(2) 농업용 저수지 측량 활용 방안

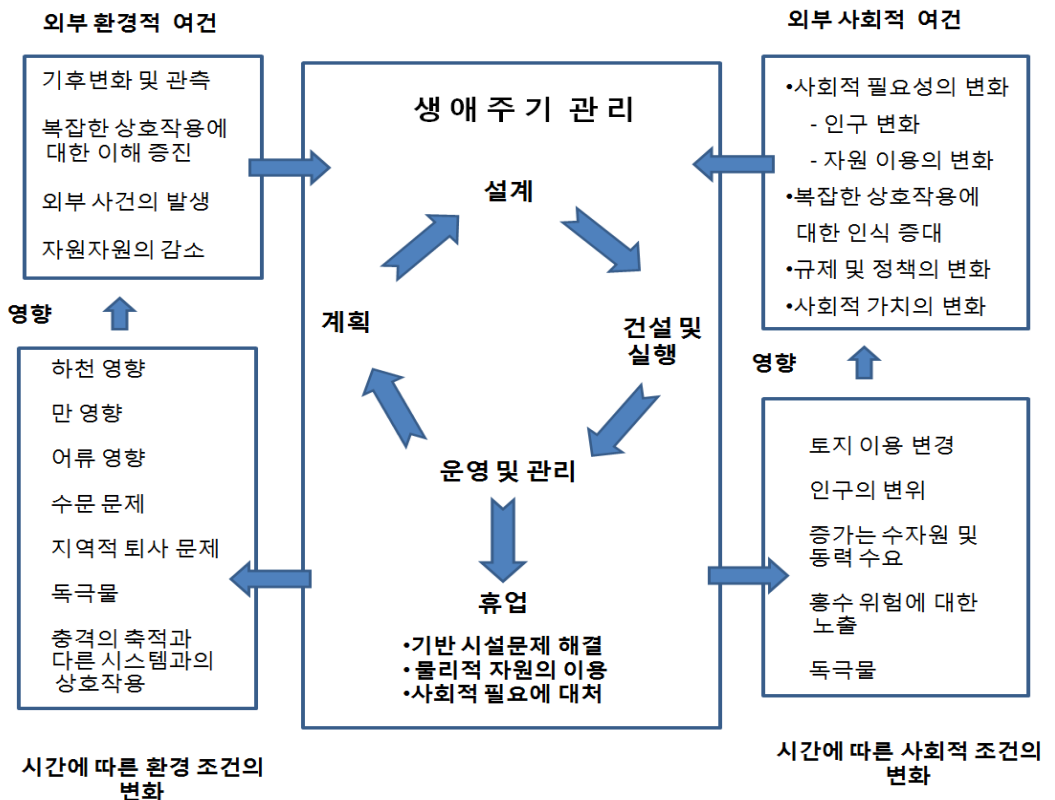
(가) 저수지 퇴사 관리

급속한 경제성장과 도시화 및 인구증가는 향후 국내에서 물부족을 초래할 것으로 전망되고 있다. 이에 따라 효율적인 수자원 이용에 대한 인식이 높아지고 있으며, 이를 해결하기 위한 여러 가지 대책들이 제시되고 있다. 수자원 부족 문제를 해결하기 위해서는 안정적인 용수 확보와 홍수방지기능을 담당하면서 이용가능한 수자원을 적극 활용한다는 측면에서 댐이나 저수지 건설이 효과적인 방법들 중의 하나였다. 그러나 최근에는 대규모 다목적댐이나 저수지의 건설을 위한 적지가 드물고, 수몰지구민의 반대와 댐건설에 따른 환경문제로 인하여 댐건설을 통한 수자원 확보가 어려운 실정이다.

우리나라 관개답 중 약 60 % 내외의 수리안전답이 수원공 용량이 충분하지 않아 재현기간 5년 이상의 가뭄에 대하여 충분한 수자원의 공급이 어렵고, 새로운 수자원의 개발이 어려운 실정을 감안할 때, 기존 수자원의 활용성을 높이는 것이 필요하다. 추가적인 수자원을 확보하기 위해서는 저수지나 저수지군의 최적운영이 필요하며, 여수토의 승상, 저수위(L.W.L.) 이하의 저류량을 사용하는 방안, 준설를 통하여 퇴사량을 제거하여 저수지 용량을 증대시키는 방안 등과 같은 구조적인 재개발도 필요하다.

농업용 저수지의 운영 목적을 지속적으로 달성하기 위해서는 양호한 유지 및 관리가 필요하다. 최근 시설물 관리에 적용되고 있는 그림 5-1과 같은 생애주기 관리적 접근법은 관련 여건들의 변화를 반영하여 시설물을 경제적으로 유지 및 관리하는 방법이다. 농업용 저수지의 생애주기관리를 위해서는 시스템의 목적을 달성하고 있는 가를 주기적으로 평가하고 시스템의 물리적 상태를 점검해야 한다. 저수지 운영 목적을 달성하기 위해서는 상류에서 유입하는 유사의 저수지내 퇴사에 따른 용량 감소를 방지해야한다. 저수지의 퇴사에 영향을 미치는 요인은 저수지 요인과 유역요인으로 구분할 수 있다. 저수지 요인으로는 저수지의 규모 및 형상, 저수지 지질 및 지형, 저수지 건설 후 경과 연수 및 수리적 특성, 저수위의 변동, 저수지 운영 및 관리 조건, 저수지의 포착 효율 등이 있다. 유역 요인으로는 유역 지질 및 토양 조건, 유역 지형 및 수계 특성, 유역 면적 및 형상, 유역 피복 조건 및 작부 체계, 유역의 인위적 개발 정도,

수문 및 기상 조건 등이 있다. 이와 같은 요인들에 의해 저수지 퇴사 문제가 발생하며 저수지의 용량을 감소시키고 저수지 상류 하천의 하상상승, 하천 수질 및 생태학적 변화, 하류 하상의 변화 등의 문제를 유발한다. 저수지 퇴사를 방지하는 방법에는 상류 유입부에 저사댐이나 우회수로를 설치하는 방법, 즉시 배사와 강제배사와 같은 퇴사저감시설에 의한 방법, 준설에 의한 방법 등이 있다. 이와 같은 방법들은 저수지의 퇴사 상태를 정확하게 파악하고 있어야 적용이 가능하며, 해당 저수지에 경제적이거나 공학적으로 적절한 방법을 선정해야 한다. 따라서 저수지 수심 측량이 필요하며, 측량 결과를 바탕으로 퇴사 저감 방법을 선정할 필요가 있다. 특히, 농업용 저수지의 퇴사 제거에 주로 활용되는 준설을 위해서 저수지 내용적 측량 결과를 바탕으로 준설시기, 준설량, 준설 위치 등을 결정한다.



<그림 3-96> 생애주기 관리적 접근법(Palmieri, 2003)

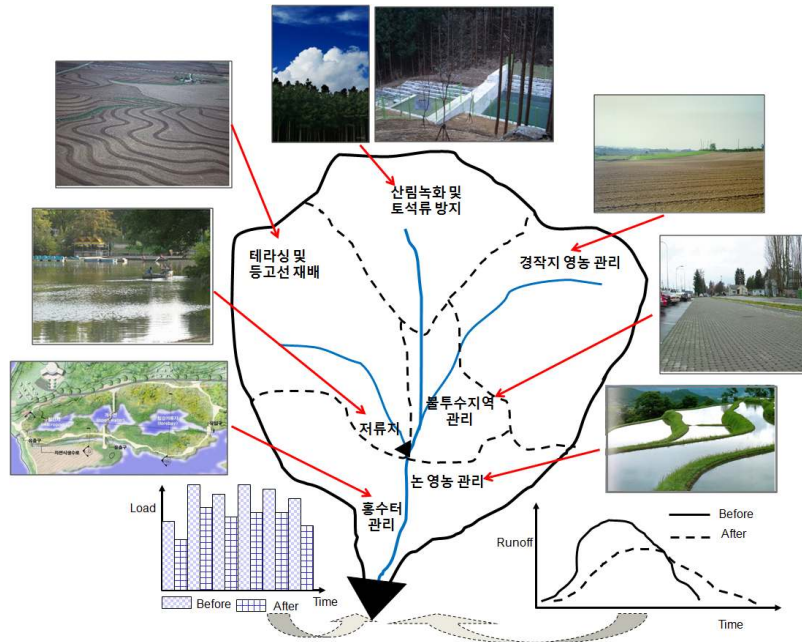
(나) 효율적인 수자원 관리

수계나 유역의 수자원은 지표수, 지하수, 댐 및 저수지의 저류수, 보조수자원 등이 있으며, 이들은 수요자들에게 용수를 독립적으로 공급하고 있다. 그러나 최근에는 수자원을 보다 효율적으로, 공평하게, 지속가능하게 사용하기 위해서는 이들을 통합 관리하는데 관심이 높아지고 있다. 통합 수자원 관리는 수량만을 고려하지 않고 수질과 생태 등을 고려하여 유역의 하천과 수자원 시설물들을 통합하여 운영하는 것이다. 선진 외국에서는 통합수자원관리의 필요성에 대하여 우리나라 보다 10~15년 정도 앞서서 인식하고 막대한 투자와 노력을 기울여 왔다. 수요자의 요구를 만족시키는 수량과 수질을 지속적으로 확보하기 위해서는 유역의 수자원을 효율적으로 통합 관리해야 한다. 또한, 수자원을 이용하는 목적에 따라 운영하는 기관들이 상이하므로 이들 사이의 유기적인 협조체제의 수립은 통합수자원관리를 통해서 가능할 것으로 판단된다. 또한, 지표수 위주의 수자원 관리에서 지표수, 지하수, 보조 수자원을 통합하여 관리하는 방식으로 운영 방법을 전환해야 하며, 수자원 관리 기관간의 정보를 공유할 수 있는 시스템을 구축하고, 지역사회 및 관련 기관의 적극적인 참여가 필요하다. 이와 같은 수자원 관리를 위해서는 수계나 유역의 수자원 현황 파악이 필수적이며, 이를 위해서는 저수지나 댐의 저수량에 대한 정확한 정보가 필요하다. 수자원 현황 파악을 위해서는 수자원 시설물의 정확한 저수용량 파악이 필요하며, 시설물의 저수용량은 퇴사에 의해서 매년 감소하기 때문에 정기적인 내용적 측량을 통하여 저수지 용량을 업데이트할 필요가 있다.

(다) 상류 유역 관리의 효과 평가

저수지의 퇴사량을 저감하기 위해서는 상류 유역으로부터 유입하는 유사량을 저감시켜야 하며, 저수지의 수질관리를 위해서는 유역에서 배출되는 오염 부하량을 저감시켜야 한다. 그림 5-2는 유역관리를 통해서 유역의 유사량과 오염 부하량을 조절하기 위해 적용이 가능한 최적관리방안(BMP)들을 나타낸 것이다. 유사량과 오염 부하량을 저감하기 위해서는 산지유역에서 산림녹화에 의한 강우 차단과 침투 유도, 경작지 유역에서 휴경지 및 경작패턴 관리, 논외 담수심 및 물꼬 관리, 도시유역에서 불투수 면적 관리,

저류시설의 건설, 도심지의 침투능 증대, 하천 홍수터 관리 등이 필요하다. 이들은 각 유역의 특성에 맞게 적용되어야 하며, 적절한 BMP들의 조합을 통하여 시너지 효과를 얻도록 해야 한다. 홍수기에 유사량이나 오염 부하량을 저감하기 위하여 하천제방과 하상의 침식 방지, 유역의 침식을 방지하기 위한 적절한 BMP의 적용이 필요하다. 홍수기 유사량을 저감하기 위해서는 홍수의 유속을 저감시켜 유사 운송능력을 저감시키거나 사방댐을 사용하여 유사의 배출을 방지하는 방법이 있다. 이를 위해서 경사지에 테라스 설치, 등고선 경운, 영농 시기 조절, 적절한 작물 재배가 필요하다. 불투수면의 증가는 하천 홍수량 및 유속의 증가를 초래하여 하상침식을 일으킬 수 있다. 또한, 불투수면적의 증가는 홍수 피해의 증가뿐만 아니라 수질 및 생태 환경에도 영향을 미치므로 적절한 관리가 필요하다. 개발에 의해 불투수 면적이 증가하게 되면 이에 대한 적절한 완화 대책이 유역관리 차원에서 수립되어 시행되어야 한다. 홍수기에 배출 유사량과 비점오염원 부하량을 저감하기 위해서는 많은 농경지 관리기법이 적용되어야 한다. 그 중에서 논에서는 홍수기에 물꼬 관리를 관리하여 배수량을 줄여 영양염류의 배출량을 저감시키는 방법이 있으며, 밭에서는 유흥지에 대하여 멀칭을 실시하고, 영농시기를 조절하여 홍수기에 나지 상태나 그와 유사한 상태가 되지 않도록 하는 방법이 있다. 구조적인 방법으로는 상류에서 발생하는 토석류를 차단하기 위해 사방댐을 설치하는 방법이 있으며, 고농도의 토사 유입을 방지하기 위하여 천변 저류지나 유역의 하류에 저류지를 설치하여 운영하는 방법도 있다. 특히, 최근 단지 설계에 LID(Low Impact Development) 개념이 적용되고 있으며, 유역 내에 별도의 완화시설을 설치하지 않고 홍수량을 저감시키는 기법들이 적용되고 있다(PSAT, 2005). 이와 같은 유역관리 대책들은 유역의 특성에 맞는 것들이 선정되어야 하며, 이들의 효과를 적절한 평가지표를 사용하여 평가하고 목표달성여부와 문제를 파악한다. 유역관리의 효과는 주요 지점에서 유사량이나 수질을 측정하여 평가할 수 있다. 또한, 주기적인 저수지의 내용적 측량을 통하여 저수지의 퇴사량을 산정하여 비교함으로써 유역관리의 효과를 평가할 수 있다. 이를 위해서는 정확한 저수지 내용적 측량 방법이 개발될 필요가 있다.



<그림 3-97> 통합유역관리 모식도

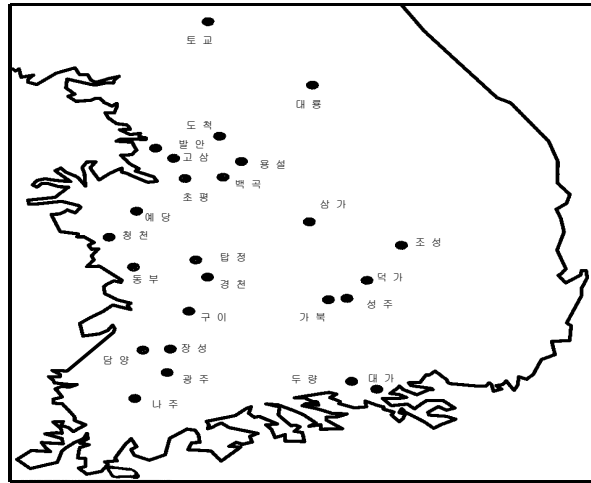
(3) 저수지 관리 정보시스템 개발 방안

(가) 저수지 용수 관리 정보 시스템 개발

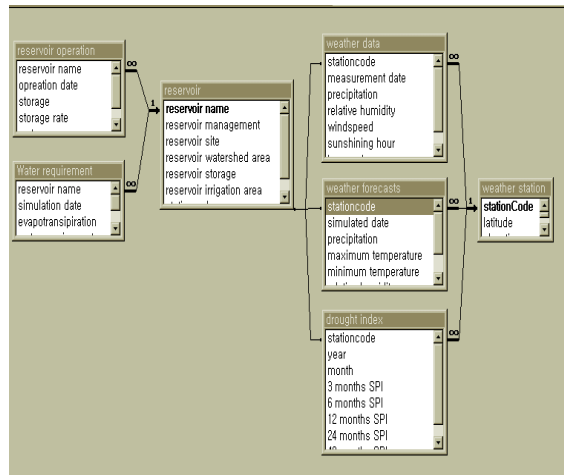
관개용 저수지와 관련된 정보시스템으로는 강민구 등(2000)이 개발한 저수지 용수 관리 정보시스템이 있다. 이 시스템은 관개용 저수지의 효율적인 운영을 위해 필요한 자료를 제공하기 위하여 개발되었다. 농업용수를 공급하는 관개용 저수지는 필요한 시기에 필요한 수량을 공급할 수 있어야 하며 용수의 부족과 홍수에 의한 피해를 최소화하고 용수사용효과를 극대화하는 방향으로 운영되어야 한다. 효율적인 물관리를 위해서는 저수지 유입량 및 저수량의 예측, 관개구역에 대한 필요수량의 예측, 합리적인 급수계획의 수립 등이 필요하다. 최근에는 수자원 전문성 확보와 유관기관과의 상호운영체제 및 시간에 따라 변화되는 사항에 대한 정보제공을 위해 컴퓨터 통신기술을 이용한 수자원의 종합 관리에 대한 관심이 고조되고 있으며, 종합적인 수자원 관리를 위한 데이터베이스의 구축에 대한 필요성이 대두되고 있고, 미국의 USGS(United States

Geological Survey)는 Web site를 이용하여 On-line의 실시간 자료취득이 가능하도록 데이터베이스를 구축하고 있다. WWW(World Wide Web)은 편리한 사용자 환경을 제공할 뿐만 아니라, 별도의 교육이나 훈련이 없이 Internet 망에 접속되어 있고, 적당한 Web browser를 갖추고 있는 컴퓨터만 이용하면 정보를 탐색할 수 있으며, 정보제공자의 입장에서 다수의 사용자에게 다양한 정보를 제공할 수 있으며 새로운 정보로의 보완이 용이하다.

지역별 시기별 농업용수 필요량을 추정하고, 관개용 저수지의 이용을 극대화할 수 있는 물관련 정보를 제공함으로써, 효율적인 농업용수관리를 실현할 목적으로 지역별 표본 저수지에 대해서 물관리 관련 자료 기반을 구축하였으며, 이를 제공하기 위해 Web site를 이용한 정보시스템을 구성하였으며, 저수지 현황 자료, 저수지 운영자료, 기상예보자료, 가뭄분석자료 등을 제공할 수 있도록 하였으며, 저수지 운영자가 저수지 물관리 모형을 구동 할 수 있도록 하였다. 그림 5-3은 대상 저수지들의 위치를 나타낸 것이다. 주요 지역별 물관리 정보 시스템을 구축하기 위하여 전국 8개 시·도를 대상으로 26개의 표본저수지를 선정하고 주요제원 자료를 수집하였으며, Thiessen법을 이용하여 표본저수지의 기준관측소를 설정하여 기상자료를 수집하였다. 제공되는 정보는 데이터베이스와 Servlet을 통하여 모형의 입출력을 지원하도록 구성되어 접근의 용이와 정보관리의 효율을 높이도록 하였다. 제공자료의 DB Schema는 그림 5-4와 같이 구성하였으며, 데이터베이스는 관계형 데이터베이스인 MS-Access를 사용하였다.



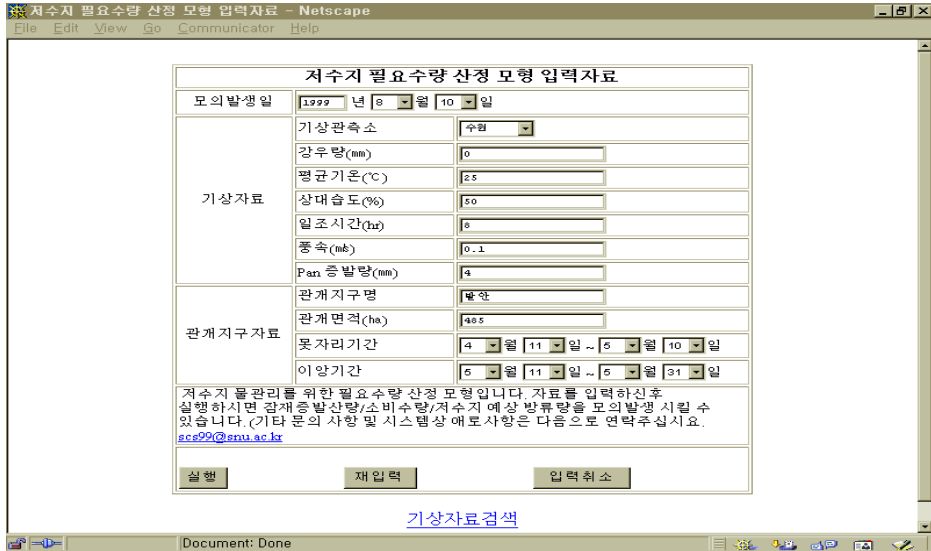
<그림 3-98> 표본 저수지 위치그림(강민구 등, 2000)



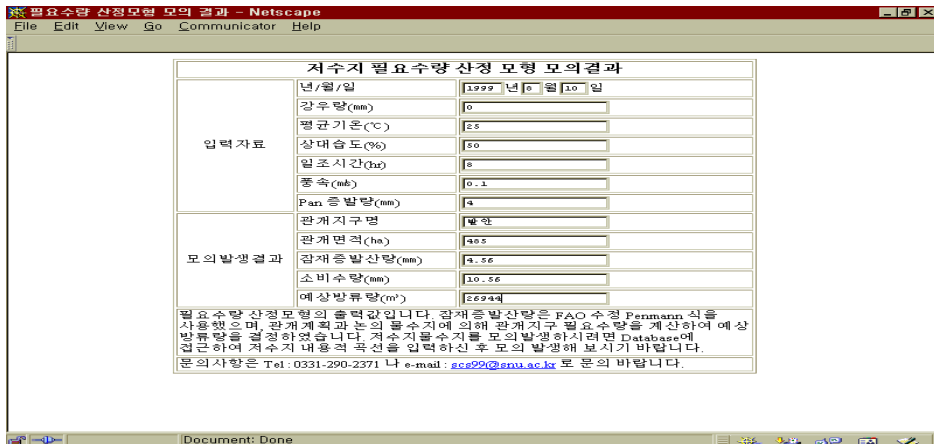
<그림 3-99> 제공자료의 데이터베이스 스키마(강민구 등, 2000)

개발된 시스템에서는 표본 저수지에 대한 기상예보를 위하여 기상자료 모의발생모형을 개발하여 미계측지점에 적용하여 적용성을 평가하였으며, 각 표본저수지의 기상관측소의 장기시상자료를 모의하였다. 표본저수지에 대하여 저수지 현황자료, 과거 저수지 운영자료, 기상예보자료, 가뭄분석 자료 등을 데이터베이스로 구축하였으며, 각 자료를 Web browser를 이용하여 검색할 수 있도록

록 정보시스템을 구성하였다. 또한, 그림 5-5와 그림 5-6과 같이 필요수량 산정 모형의 입력자료를 Web browser로 입력하여 필요수량을 산정할 수 있도록 하였다.



<그림 3-100> 필요수량 계산모형의 자료입력화면 (강민구 등, 2000)



<그림 3-101> 필요수량 계산모형의 출력 화면 (강민구 등, 2000)

(나) 농업생산기반정비 문헌 및 도면정보시스템 개발
농림부(2003)의 “농지의 개량 및 정비기술개발” 연구에서는 WWW(World

Wide Web)을 이용한 문헌 및 도면정보시스템을 개발한 바가 있다. 이 시스템은 그림 5-7과 그림 5-8과 같이 농지 개량 및 정비기술에 관련된 문헌 및 도면들을 검색할 수 있도록 하였다. 또한, 관련 분야의 기술자에게 지형, 토양 등의 입지조건에 따른 개발유형의 예와 관련도면을 제공하므로써 기술적인 오류를 줄이고, 설계기술의 효율성을 제고하기 위하여 설계지구의 자료 수집 및 정리, 도면자료 정보시스템 구축 등을 실시하였다. 개발된 시스템에서는 농지의 개량 및 정비 기술의 문헌정보를 제공하기 위한 시스템의 프로토타입을 개발하고 WWW를 통하여 제공할 수 있도록 하였다. 이 시스템에서는 그림 5-9와 그림 5-10과 같이 AutoCAD로 구축된 농지정비관련 도면을 수집하여 사용자에게 제공할 수 있는 도면정보시스템을 구축하였다.



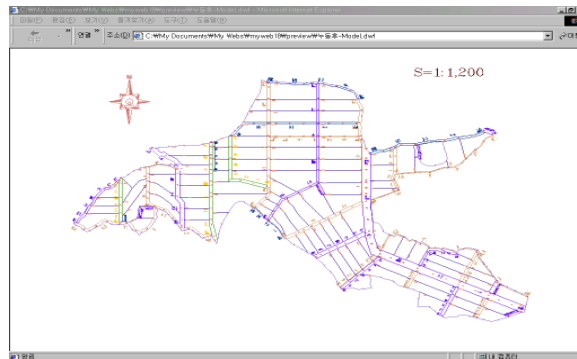
<그림 3-102> 기술자료의 제공내용(농림부, 2003)



<그림 3-103> 정보시스템 주화면(농림부, 2003)



<그림 3-104> 도면자료 검색(농림부, 2003)



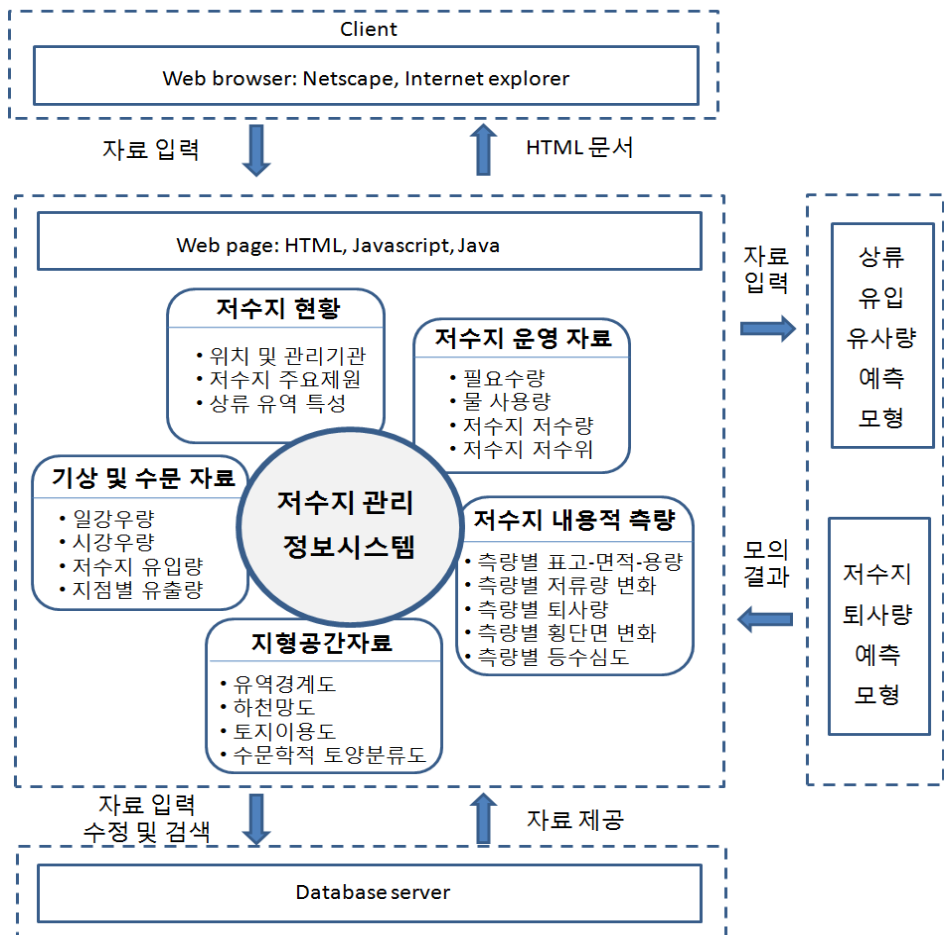
<그림 3-105> 선정된 도면의 화면출력(농림부, 2003)

(다) 저수지 관리 정보 시스템 개발 방안

위에서 서술한 것과 같이 기존에 개발된 자료 관리 정보시스템은 사용자가 WWW을 이용하여 시스템에 쉽게 접근할 수 있으며, 관계형 데이터베이스를 사용하여 관련 자료들을 쉽게 검색할 수 있도록 하였다. 또한, 자료의 업데이트가 용이하도록 시스템을 설계하였다.

저수지 내용적 관리 정보시스템에서 제공되는 정보는 데이터베이스와 Servlet을 통하여 모형의 입출력을 지원하도록 구성되어 접근의 용이와 정보관

리의 효율을 높이도록 하였다. 제공자료의 데이터베이스 시키마를 효율적으로 구성하여, 사용자가 원하는 정보를 다양하게 제공하도록 할 필요가 있다. 그림 5-11은 기존의 정보시스템을 바탕으로 하여 저수지 관리 정보시스템을 개략적으로 구성한 것이다. 저수지 정보시스템은 데이터베이스를 기반으로 하여 저수지 현황, 저수지 기상 및 수문자료, 저수지 운영 자료, 지형공간 자료, 저수지 내용적 측량 자료 등으로 구성하였으며, 웹 브라우저를 통해서 정보 사용자가 주요 정보들을 검색할 수 있으며, 관리자에 의해 새로운 정보로 데이터베이스를 쉽게 업데이트할 수 있도록 한다. 또한, 기존의 자료를 사용하여 향후 저수지 퇴사량을 예측할 수 있도록 모의 모형을 연동할 수 있도록 한다.



<그림 3-106> 저수지 관리 정보 시스템의 구성

① 저수지 현황

저수지 위치, 저수지 관리 기관, 착공연도 및 준공연도, 수계, 상류 유역면적, 관개면적, 만수위, 사수위, 홍수위, 상류 유역의 물리적 특성, 사회 및 경제 시스템, 등의 저수지 현황 자료를 제공한다. 특히, 최신 측량자료를 사용하여 저수지의 유효저수량, 총저수량 등의 자료를 제공하여 저수지 운영에 활용하도록 하며, 유역 및 수계의 수자원 계획 및 운영에 활용할 수 있도록 한다.

② 저수지 운영

관개구역의 필요수량, 저수지 관개수량 등의 과거 저수지 운영자료를 제공하므로써, 저수지 운영을 위한 기초자료로 활용할 수 있도록 하며, 효율적인 물 관리를 위한 저수지 운영을 개발을 위한 기초자료로 사용하기 위하여 저수지 저수량 및 저수위 실적 자료를 제공하도록 한다. 또한, 해당 저수지에 대한 필요저수량 분석, 시기별 저수량 빈도분석, 저수지 관개면적 변화에 따른 필요저수량의 빈도분석, 저수지 연계운영을 위한 방안 등의 여러 가지 시나리오에 대하여 분석한 자료를 제공한다.

③ 기상 및 수문 자료

저수지 운영에 영향을 미치는 기상 자료를 각 저수지의 기준 기상관측소를 대상으로 하여 제공하며, 저수지 유입량, 상류 유역의 주요 유출량 계측 지점의 자료를 제공한다. 저수지 유입량 자료는 저수지에 유입하는 유수량을 예측하는데 중요한 인자이기 때문에 최신 자료를 계속해서 축적할 필요가 있다.

④ 지형공간 자료

상류 유역의 공간분석을 효율적이며 정확하게 시행하기 위하여 GIS 주제도를 구축한다. 유역경계도, 소유역 분할도, 하천망도, 토지이용도, 수문학적 토양 분류도 등의 주제도를 구축하여 저수지 상류의 토양 유실량을 산정하고 저수지 유입 유수량을 산정하도록 한다. 또한, 유입유수량을 저감하기 위하여 상류유역에 적절한 유역관리 계획을 수립하는데 관련 주제도를 사용할 수 있도록

한다.

⑤ 저수지 내용적 측량

저수지 내용적은 퇴사에 의해 최초 담수이후 시간이 경과함에 따라 감소하기 때문에 이를 모니터링하고 준설을 하기 위하여 재측량된다. 재측량되는 저수지의 내용적 자료를 각 저수지에 대하여 수집하고 사용자의 요청에 따라 제공할 수 있도록 데이터베이스화 한다. 저수지 내용적을 재측량하면 저수지의 표고-면적-용량, 유효저수량 및 총저수량, 퇴사량, 특정 횡단면의 변화, 등수심도 등을 업데이트한다. 축적된 자료를 저수지 운영 및 저수지 퇴사 관리를 위해서 사용자에게 제공한다.

⑥ 예측 모형

효과적인 저수지 퇴사 관리를 위해서는 저수지의 퇴사량과 이의 분포를 정확하게 예측할 수 있어야 하며 이를 바탕으로 적절한 퇴사 관리 대책을 수립하고 상류 유입 유사량을 저감하기 위한 유역관리 대책을 수립할 필요가 있다. 이를 위해서는 입력 변수가 적고, 신뢰도가 높으며, 검정이 된 모의 모형을 선택해야 한다. 모형의 주요 변수와 유역 및 저수지 특성에 관련된 자료는 데이터베이스로부터 사용하도록한다. 대상 저수지에 적절한 저수지 퇴사 관리 대책은 모의 모형에 의해 예측된 퇴사량을 바탕으로 수립하며, 향후 저수지 내용적 측량의 계획도 이들 예측 모형의 결과에 근거하여 수립할 수 있도록 해야 한다.

가. 측정자료의 GIS 호환 방식의 설정

(1) 측정된 자료를 GIS 등 그래픽 사후처리를 위하여 자료형태를 정의하고, 기존의 시스템에 호환이 가능한 원형을 설정한다.

(2) 무인측정시스템의 측정자료 및 자료송수신을 위한 자료형태는 격자단위로 설정한다.

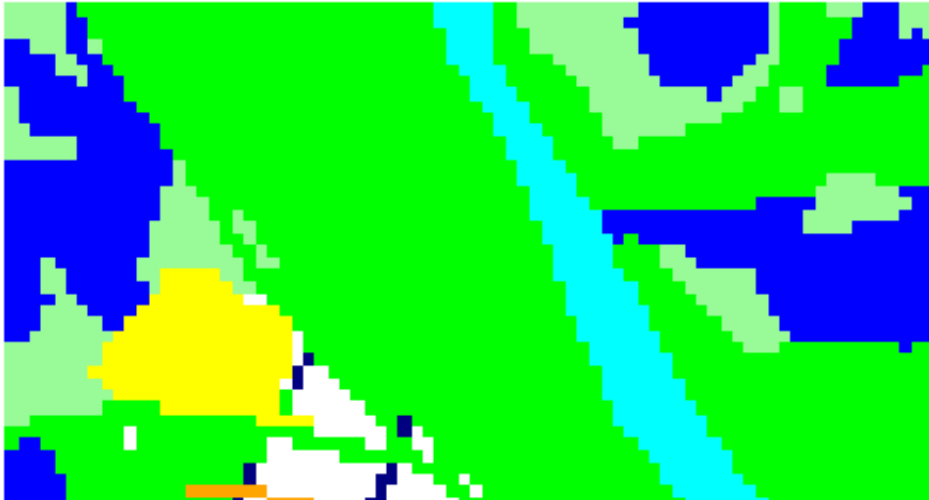
(3) 격자의 크기는 초기 측정 공간해상도를 설정함으로서 정해지며, 각 격자별로 수회 측정된 자료를 통계처리하여 대표 측정 값으로 설정한다. 이때 1회 측정/m/s를 고려하면, 10m 해상도의 경우 10회가 측정되고, 10회 측정치 중에서 유효 값을 평균처리하면 당해 격자의 측정값으로 설정된다.

(4) 각 격자별로 측정값은 예를 들면, 다음 <그림 34>와 같이 격자단위(ASCII 포맷)로 그 값을 자료관리 할 수 있으며, 송수신시에는 바이너리(BINARY 포맷)으로 상호호환이 가능하므로, 격자단위 ASCII(혹은 BINARY)로 명칭 부여가 가능함

```
ncols 478
nrows 467
xllcorner 193444
yllcorner 413688
cellsize 30
NODATA_value -9999
-9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0
-9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0
-9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0
-9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0
-9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0
9.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -99
-9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0
-9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0
-9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0
9.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -99
-9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0
-9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0
-9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0
9.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -99
-9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0
-9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0
-9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0
9.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -99
-9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0
-9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0
-9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0
9.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -9999.0 -99
```

<그림 3-107> 격자단위의 GIS ASCII 포맷 예

<그림 3-34>와 같은 격자단위 ASCII 자료는 <그림 3-35>와 같은 격자지도(GRID MAP)로 GIS 시스템에서 표현이 가능하며, 이 격자지도는 다시 폴리곤과 같은 벡터지도로 변환이 가능함. 따라서 측정과 자료송수신 그리고 호환의 편의성을 위하여 격자단위 ASCII 포맷을 기본으로 하는 것이 효율적임



<그림 3-108> 격자단위의 GIS ASCII 포맷에 의한 격자지도의 표현
예

나. 측정자료의 사후 분석 및 출력 내용 정의

(1) 측정자료로 부터 분석이 가능한 내용을 정의하고, 이로부터 출력이 가능한 내용별 포맷을 설정한다.

(2) 격자단위의 측정 값은 공간 해상도를 고려하여 <그림 3-36>과 같은 2차원 등고선도 그리고 3차원 DTM으로 표현이 가능하다.

(3) 격자단위의 측정 값으로 부터 사후 표현이 가능한 자료는 다음과 같이 정의할 수 있으며, 무인탐사선의 콘트롤 화면에서도 표현이 가능하다.

(가) 측량 전

- ① 저수지 측량영역 설정
- ② 측정 조건 입력: **공간해상도, 탐사선속도, 초당 측정회수**
- ③ 무인탐사선 순회루트 및 루트 수정
- ④ 전체 루트 순회 완료 예상시간 검토

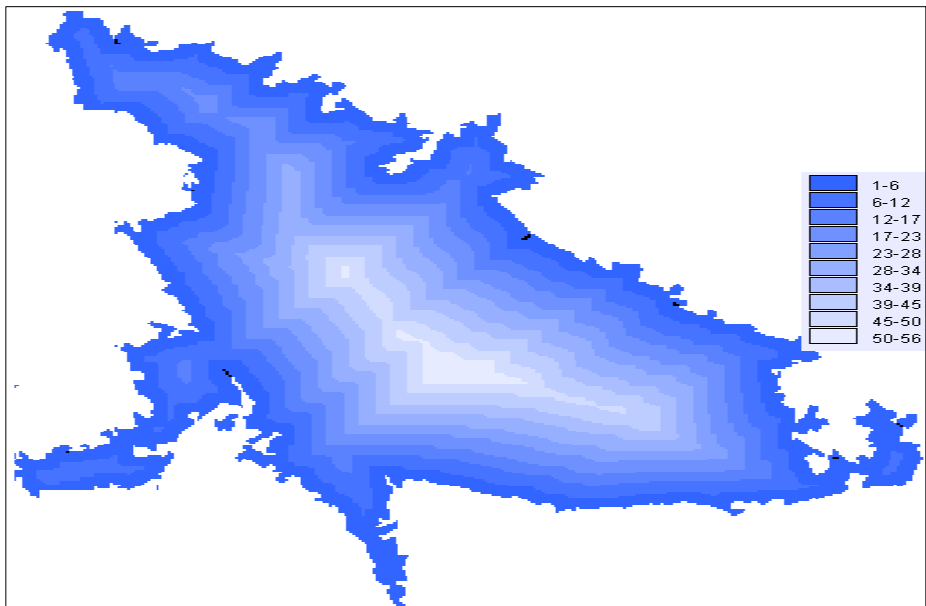
(나) 측량 중

- ① 이동 경로(순회루트) 및 관련 정보
- ② 측정자료 송수신에 의한 실시간 수심도 전시

- ③ 측정완료 예상시간 전시
- ④ 차기 측정방향 지시선 표시

(다) 측정 후

- ① 3차원 수심도
- ② 횡단면, 종단면도, 임의 단면도
- ③ 단면별 면적산출
- ④ 수심 등고선도(예, 그림 29)
- ⑤ 체적계산(사각 점고법 적용)
- ⑥ 수위-내용적 곡선
- ⑦ 저수지 바닥 지형 DTM



<그림 3-109> 격자단위의 GIS ASCII 포맷에 의한 등고선도 표현예

제4장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

제1절 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

○ 연구결과 목표달성도

- 농업수로 계측여건을 고려하고 Zigbee, CDMA통신, 태양전원, 일체형구조등의 특징을 가진 센서네트워크 수위계측기술을 개발하였으며 기존의 저수지 수위계와 연계 운영되도록 하여 현장 설치와 유지관리가 용이하도록 개발하였다.

- 국내 농업용 개수로에 적합한 유량계측구조물로써 2차원삼각위어(crump위어), 장목플룸(long throat flume) 등을 선정하였으며 수로 수위계측기와 연계한 유량계측구조물 설계와 유량측정 방안을 제시하였다.

- 농촌용수 관리기관의 현장 관리자가 일선 물관리에 사용이 용이하도록 농업수로 자동 수위계측 관리 프로그램을 개발하였으며 프로그램의 사용법 및 유량관측, 자동수위계측기 설치, 유지관리 매뉴얼 작성, 제시하였다.

○ 관련분야에의 기여도

1) 농수로의 효율적인 관리를 위한 기반기술 발전에 기여

- 농업용수의 효율적인 관리를 위해서는 수로의 수위와 그에 따른 유량자료를 정확히 측정하는 것이 필수적으로 선행되어야 하며 수로 자동 유량관측시스템 개발을 통하여 수로 수위, 유량관측 기술 발전에 기여
- 농업용수의 수문량에 대한 측정기술과 더불어 각종 수문자료의 신뢰성있고 체계적인 자료관리를 통해서 농업용 수로 관련 물관리, 조작운영 및 수문자료의 정량화 기술발전에 크게 기여

2) 농업용수 물관리 및 물부족시대에 대비한 물절약 기술발전에 기여

- 신뢰성있고 체계적인 수로 유량관측자료의 구축과 제공을 통해서 농경지 급·배수 물수지 분석, 수로 적정 운영 등의 최신 관리, 운영기술 개발과 농업 수자원 및 물관리 정책을 위한 기초자료 제공이 가능함으로써 이 분야의 발전 계기를 제공
- 수로 자동 유량관측시스템을 통해서 정기적으로 실시간의 농업용수 급·배수 상황을 계측, 분석함으로써 물부족시대에 대비한 물절약 기술 발전에 기여

3) 관련산업 활성화 및 수입대체 효과

개발 보급에 따른 경제적인 효과를 농업수로 10km당 1개소에 수위계를 설치할 경우에 대해서 산정해 보면 개소당 현재의 가격인 500만원일 경우 총 560억원이 소요되며 본 연구를 통한 개발후 보급 예상가격인 250만원으로 산정하면 총 280억원이 소요되어 약 300억원의 절감효과가 기대된다. 또한, 양수장과 배수장의 유입, 유출 수조의 수위계측에도 적용가능 하므로 일선 양·배수장 수조의 수위계측에 적용할 경우 상당한 경제적인 효과가 기대

4) 에너지 사용량 절감 효과

관측기의 전원으로써 태양전원 혹은 건전지를 사용하며 저전력 관측시스템이므로 초기 전기인입 공사비용 및 운용에 드는 비용을 절감할 수 있을 뿐 아니라 건설에 따른 주변 환경과피의 영향도 없으며 별도의 에너지가 필요하지 않으므로 자연친화적 에너지로써의 효과가 클 것으로 기대

5) 신뢰성 있고 체계적인 농수로 급·배수 관리를 통한 용수이용 효율 향상 효과

관행의 인력에 의한 농수로 급·배수관리에서 정밀계측기에 의한 신뢰성 있는 수로관리를 통해서 예견되는 농촌지역의 물부족에 대처하고 농촌지역의 수자원 이용 효율을 개선하는 효과가 클 것으로 기대

6) 농촌의 수로관리 및 물관리 노동력 절감 효과

기존의 수로관리자가 육안으로 관측하는 방식에서 정밀계측기에 의한 자동관측이므로 현장관리자의 노동력을 줄일 수 있으며 수로의 적정 관리가 가능하게 되므로 농업용수의 절약효과가 클 것으로 기대

제5장 연구개발 성과 및 성과활용 계획

제1절 연구개발결과의 활용계획

○ 연구성과 활용실적 및 계획

- 센서네트워크 수위계를 최초로 개발하고 특허등록(2006.6.27)을 완료하였으며 연구성과의 실용화를 위한 현장 시범사업을 추진중에 있음. 기존 제품에 비해 초기설치비가 1/2 이하이므로 현장설치를 통해 약 50억원의 비용절감 효과가 예상되며 별도의 전력, 통신비가 소요되지 않으므로 매년 유지관리 비용과 인력을 절감할 수 있음.

- 농업수로 자동 수위계측 관리 프로그램을 개발하였으며 농촌용수 관리기관인 한국농촌공사에 제공하여 일선 물관리에 활용토록 할 계획임.('08년 4개기관 제공, '09년 이후 전국확대) 수로 수위 현장자료를 체계적으로 확보하고 물관리에 활용함으로써 효율적인 물관리 뿐만아니라 가뭄, 홍수 같은 재해에 대비할 수 있음.

또한,

- 전국 농수로에 설치하여 효율적인 농업용수 급·배수 관리 실현

개발 후 주관연구기관인 농업기반공사가 관리하고있는 전국 주요 농수로에 실용화 되도록 하고 이후 전국적으로 개발제품 및 기술이 확대 적용되도록 하여 농수로의 원활한 용수공급 및 수리시설물 보호를 위해 활용

- 농업용수 급·배수 유량 및 운영 현황자료의 제공

농수로 자동 유량관측시스템의 운영으로 수로관리자, 농업인 및 농촌지역 주민이 필요에 따라서 실시간으로 저수지 현황자료를 인터넷 등을 이용해서 정보제공에 활용

- 개발 수위관측기 개발기술을 농촌하천 및 양·배수장 수위관측에 활용

저가의 저전력소모 수위관측기 개발 기술을 관련 분야인 농촌지역 하천 수위계측 및 양·배수장 유·출입수조의 수위계측에 활용

제6장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

제1절

1.1 저수지 내용적 측량

저수지는 최초 담수이후에 상류로부터 유출수와 함께 유입되는 유사가 유출구나 여수로를 통해 전량 유출되지 않고 저수지 저수수역내에 쌓이기 때문에 저수용량이 감소한다. 저수지의 저수용량이 감소하면 저수지 건설 및 운영의 목적을 달성하지 못하기 때문에 저수지가 폐쇄되거나 다른 시설물에 의해서 기능이 대체된다. 따라서 저수지의 저수용량 관리가 중요한 문제가 된다. 또한, 저수지 내용적 측정은 저수지 퇴사 관리를 위한 가장 좋은 방법 중의 하나이며, 장래 퇴사량을 예측하기 위해서는 반드시 시행되어야 할 조사 중의 하나이다.

과거의 저수지 측량은 육지부의 경우 트랜짓이나 레벨, 표척 등을 이용한 스타디아 측량을 통해서 지형변화를 측정하였으나, 최근에는 토탈스테이션, 스태프, GPS를 사용한 컴퓨터화된 측량기기들을 사용하여 신속하고 정확한 측량을 시행한다. 특히, GPS는 3차원 위치 및 고도를 정확하게 측정할 수 있으며, 기상조건에 영향을 크게 받지 않고 24시간 연속적으로 서비스를 제공하기 때문에 육상부 측량과 저수구역의 수심 측량에 효율적으로 이용되고 있다. 최근 저수구역의 수심 측량은 GPS와 음향 측심기(Eco-sounder)가 주로 이용되고 있다. 저수지 내용적 측량은 횡단측량이나 등고선 측량을 적용하여 실시하며, 측량 결과를 사용하여 수위-표면적-용량 관계 곡선을 수립한다. 새롭게 수립된 수위-용량 관계 곡선과 과거에 수립된 수위-용량 관계 곡선을 비교하여 대상 기간 동안의 저수지 퇴사량을 산정한다. 다음은 미국 내무부 산하 개척국(USBR)에서 사용하고 있는 저수지 내용적 측량의 주요 검토사항과 최신 수심 측량법을 정리한 것이다.

(1) 측량 계획 및 주기

저수지 측량을 어떠한 방법으로, 얼마만큼의 빈도로 할 것인가는 먼저 수립되어 적용되고 있는 저수지 운영 및 관리 계획과 예상되는 저수지 퇴사율을

고려해서 결정된다. 또한, 현재 저수지 운영 및 관리 계획은 가용한 자원과 운영 목적 및 특정 문제들을 고려하여 측량 시행여부와 기간을 결정한다. 저수지의 재측량 빈도는 저수지 퇴사율과 관련이 있으며, 5년이나 10년 간격으로 재측량을 실시하며, 임의 담수 기간 내의 저수지 용량 감소가 7.5 %에 이를 경우에 재측량을 하는 경우도 있다. 예를 들어서, USBR의 저수지 측량은 저수지 운영 책임 사무소가 측량 시행여부와 기간을 결정한다. 대형 홍수 발생, 심각한 저수지 수심 저하, 상류댐 건설, 위락시설로의 토사 유입, 토지이용이나 산불에 따른 수계의 변화, 댐 수위 상승, 저수지 운영 룰 변화 등이 저수지 측량에 관련된 결정에 영향을 미친다. 뉴멕시코의 엘리펀트 푸드 저수지의 경우에는 저수지 용량의 5 % 감소를 기준으로 사용하고 주정부와 연방 정부사이에 치밀한 협의를 통해서 재측량 여부가 결정된다. 책임 사무소는 가용한 자원을 고려하여 측량 방법을 결정한다. 예를 들어, 육상부 지역에 대한 측량 자료 수집을 위한 항공 측량 실시 여부는 비용과 저수지 사면의 침식량에 근거하여 결정된다. 저수지 퇴사 측량 및 퇴사 관리 연구를 실시하고 있는 USBR의 퇴사 및 하천 연구 그룹은 가용한 예산으로 최상의 측량 성과를 얻기 위하여 대상 저수지를 관리하는 현장 사무소와 긴밀한 협업관계를 유지한다.

측량 계획은 측량 자료 수집 방법, 기상, 저수지 운영 등의 요인들로부터 영향을 받는다. 육지부 측량은 저수지 수위가 가능한 낮으며 수심측량 전에 시행되어야 한다. 육지부 측량은 가을, 겨울, 이른 봄에 시행되며, 이들 기간에는 식생이 적기 때문에 양호한 측량 결과를 얻을 수 있다. 수심측량은 저수지가 만수상태이고 육지부 측량의 적용범위와 가능한 많이 중첩될 때 시행해야 한다. 이를 통해서 완벽한 저수지 지도제작이 가능하며, 육지부 측량이 천수 부분과 위험지역을 포함한다면 수심측량 작업의 속도를 빠르게 할 수 있다. 비용과 시간이 과다하게 소요되면 육지부의 측량 자료는 기존의 지도를 사용하여 분석하고 수심측량만을 수행하여 이를 중첩하는 경우도 있다. 이러한 방법은 저수지 수위가 낮은 경우에는 적용하기 어렵기 때문에 저수지 수위가 가능한 만수위일 때 시행한다. 저수지 상류에 퇴사로 인해 델타가 형성된 경우에는 지상 측량을 통해서 육지부의 지형자료를 수집할 필요가 있다.

측량 계획 수립에 영향을 미치는 다른 요인으로는 저수구역내로 뭍은 물질

이 유입하는 것이다. 이로 인하여 저수지 바닥이 연해지고 음향 측심 결과에 많은 오차가 발생한다. 이를 극복하기 위해서는 수심 확인과 저빈도 사운더를 사용하며, 수심 측정의 품질보증을 확보할 필요가 있다. 그러나 추가적인 확인에 따라 측량 시간이 더 소요된다. 낮은 빈도의 음향 측심은 부드러운 층을 관통할 수 있으며 단단한 지반까지의 깊이를 제공한다. 따라서 추가비용에도 불구하고 음향 측심법은 수동 측정으로 수심을 확인해야 한다. 그러나 수동 측정은 개인적인 판단에 영향을 받으며, 깊은 저수지에는 적용하기 어렵다는 단점이 있다. 예를 들어, 2004년 12월부터 2005년 5월에 시행된 미국의 포웰 호 측량에서 이와 같은 부드러운 바닥이 저수지 측량의 문제가 되었다. 다중빔 측량이 2005년 5월 12일부터 21일 사이에 실시되었으며, 저수지의 부드러운 바닥 때문에 고빈도 수심측량의 독치는 저빈도 수심측량의 독치 보다 수 m 더 낮았다. 따라서 현장 상황을 고려하여 이와 같은 문제를 해결하기 위한 적절한 방법을 선정한 후 수심측량을 시행해야 한다(USBR, 2006b).

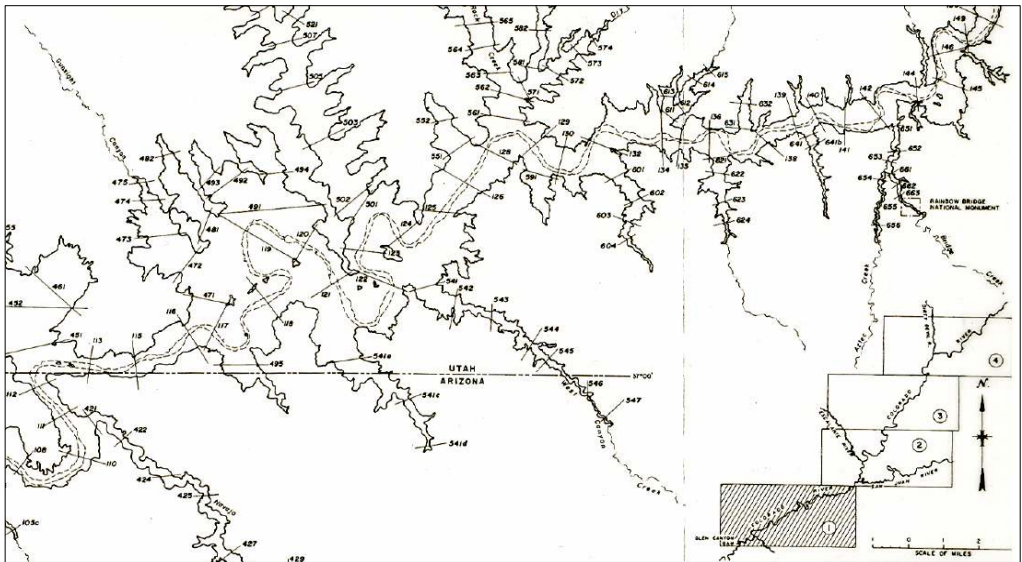
(2) 저수지 내용적 측량 방법

저수지 내용적 측량 기술은 측량 장비와 수집된 자료의 분석 시스템의 발달과 함께 발전해 왔다. 컴퓨터화된 자료 수집 및 분석 시스템의 개발은 현장 비용과 분석 비용을 이전에 사용되어온 횡단측량법 보다 상대적으로 많이 저감시키고 있다. 이들 방법들에 의해 수집된 자료들은 지형 변화를 모니터링하고 예측하기 위한 중·대규모 저수지와 하천 모델링 연구에 사용되고 있다.

저수지 내용적 측량을 실시하기 위해서는 대상 지역과 저수지와 관련된 기초자료를 수집하고 분석하여 하천주변 및 하상 상태를 파악해야 한다. 대상 저수지와 관련된 기초자료는 저수지 설계시 하천 측량 자료, 저수지의 배수위 검토 자료, 저수지 운영 및 수위 변화 자료, 1/50,000 및 1/25,000의 저수지 지형도 등을 분석하여 수집된다. 저수지 측량을 위해서는 측량 장비를 점검하여 오차발생을 최소화해야 한다. 또한, 하천 횡단 측량시 평면 위치결정을 위해 기설치된 표석의 좌표를 확인해야 한다. 횡단측량을 위해 양안에 설치된 표석은 저수지 계획 홍수위선에 설치하는 것이 원칙이며, 기시행된 저수지 내용적 측량시 매설된 표석을 찾아 동일한 횡단선에 대하여 측량을 실시해야 한다.

(가) 저수지 횡단 측량

저수지 횡단측량은 미리 정해진 횡단선을 따라서 수심을 측정하고 이로부터 퇴사깊이를 측정하는 것이다. 이를 위해서 세밀하고 정확한 저수지의 원지반 지형 자료가 필요하다. 횡단측량은(range line method)은 현대화된 수집 및 분석 시스템이 가용하지 않는 경우에 저수지 측량을 수행하는데 적용이 가능한 방법이다. 저수지 퇴사측량을 위해서 횡단선은 주로 흐름에 수직하게 수립되며, 시간에 따른 지형 변화를 모니터링하고 수치모델링하기 위해 사용된다. 이 방법은 그림 2-2와 같이 미리 정해진 방향으로 선택된 횡단선의 정렬을 따라 측량선이 움직이면서 수심을 측정하는 방법이다. 하천 유속, 천수영역의 위치 등과 같은 하천이 특징은 횡단선 수립에 영향을 미친다. 장비와 컴퓨터 분석 시스템의 발전은 더 안전한 방법으로 더 많은 자료 수집이 가능하게 하였으며, 하천 수집 기술의 발전을 가져왔다. 최근의 자료 수집 시스템은 대각선 방향이나 더 안전한 방법으로 저수지의 세밀한 등수심선을 생성할 만큼의 밀도로 자료를 연속적으로 수집할 수 있다. 또한, 등수심선에 횡단면이나 횡단선을 끼워 넣을 수 있는 컴퓨터화된 루틴이 사용되고 있다.



<그림6-1> 저수지 퇴사측량을 위한 횡단선의 위치: 1986년 미국 포웰 호 측량(USBR, 2006a)

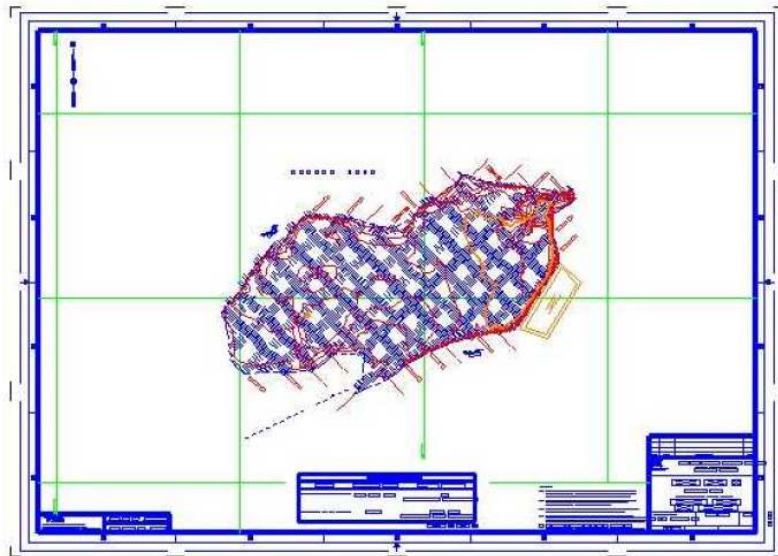
저수지 횡단 측량은 저수지의 양안 사이의 횡단선을 따라서 측량을 실시하고 수집된 자료를 사용하여 하상변화 상태를 파악한다. 퇴사 영향이 큰 본류와 지류의 말단부를 제외한 구역에서는 선박을 이용한 수심측량을 실시한다. 저수지 수위가 낮아 선박을 이용한 수심측량이 어려운 경우에는 육상부 횡단측량을 실시한다. 횡단측량은 계획홍수위선을 따라서 저수지의 양안에 설치해 놓은 표석을 연결하는 횡단선에 대하여 측량을 실시하는 것이 원칙이며, 댐정상 표고에서 댐 높이의 10 %를 가산한 높이까지 측량한다. 저수지의 저수구역에 대한 수심측량은 음향측심기를 사용하며 현장 여건과 측량기술의 발전을 반영하여 최신의 측량기기를 사용한다. 수심 측량시 평면의 위치는 DGPS를 사용하여 결정한다. 육상부 횡단 측량은 저수위가 낮은 시기에 시행하며, 수심측량은 홍수기 직후와 같이 저수위가 높은 시기에 시행하여 횡단면상의 측량중복부가 최대가 되도록 해야 한다. 횡단측량시 횡단면의 간격은 저수지내 본류구간에서는 400 m 간격으로 하고, 지류 및 본류 말단부에서는 200 m 간격으로 한다. 동일 횡단면내에서 측량은 5 m 간격으로 실시한다. 횡단면은 현재 상태와 비교하기 위하여 과거에 측량이 실시되었던 단면을 우선적으로 선정한다.

(나) 등고선법에 의한 저수지 측량

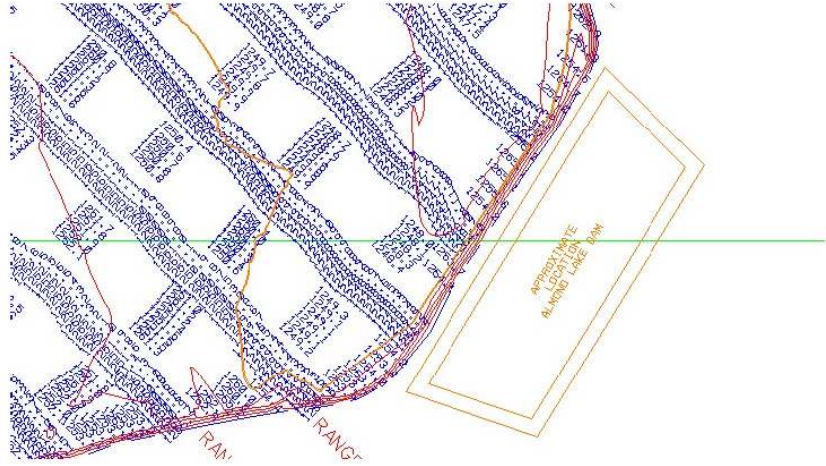
등고선법에 의한 저수지 측량은 컴퓨터화된 측량 및 분석 시스템의 발전으로 측량 자료 수집 및 분석에 선호되는 방법이 되고 있다. 이 방법은 다량의 자료가 수집 및 저장되고 시스템에 제공되며 이들을 쉽게 조작할 수 있다. 등고선법은 횡단측량 보다 더 정확한 저수지 지형과 용량을 제공한다. 그러나 이 방법은 현장 자료 수집에 더 많은 시간이 소요되는 단점이 있다. 이 방법은 대용량 자료를 수집하고 해석하는 컴퓨터 및 소프트웨어 패키지와 함께 발전해왔다. 등고선법에 의한 수심 측량 자료는 주로 평면에 지구의 3차원적 영상을 나타내는 UTM, 위경도 등과 같이 승인된 좌표 시스템을 사용하여 x, y, z 좌표 형식으로 수집된다.

등고선법을 적용한 저수지 측량은 DGPS를 활용하여 조사 위치를 실시간으로 확인하면서 선박을 운행하여 수심을 측정한다. 이 측량에서는 조사 선박

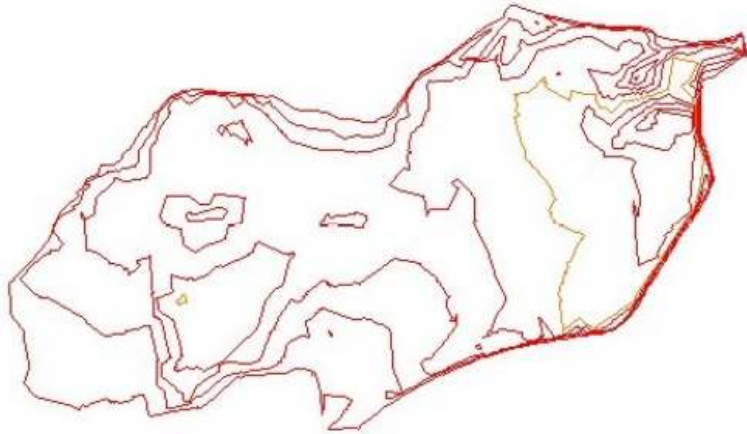
을 그림 2-3과 같이 격자상으로 운행하면서 횡단면과 종단면을 동시에 획득할 수 있다. 그림 2-4는 저수지의 종횡단면에 대한 수심자료를 나타낸 것이다. 그림 2-5는 측량 결과를 사용하여 생성한 등수심도이다. 등고선법에 의한 저수지 측량도 육상구간에 대해서는 간접수준측량방법에 의해 표고를 구하고 저수구역의 측량결과와 연결시켜 횡단면도를 작성한다. 또한, 육상부 횡단측량은 비교적 수위가 낮은 시기에 시행하고, 저수구역의 수심측량은 가급적 저수지 수위가 높은 시기에 수행하여 두 측량의 중복부분을 최대화해야 한다.



<그림6-2> 등고선 측량법에 의한 저수지 측량의 수심측량 격자망:미국 알몬드 저수지(USACE, 2002)



<그림6-3> 등고선 저수지 측량의 지점별 수심 자료: 미국 알몬드 저수지(USACE, 2002)



<그림6-4> 측량결과로부터 얻어진 미국 알몬드 저수지의 등수심도 (USACE, 2002)

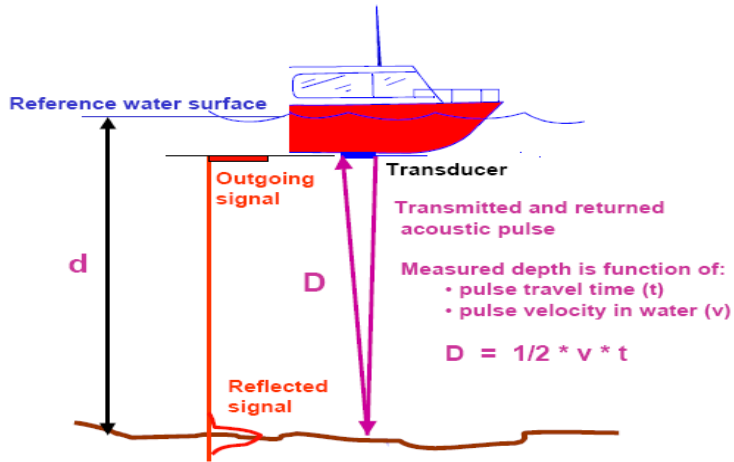
가장 정확한 등고선 지도는 저수지 저수구역에서 수심측량과 육상부 지역에서 횡단측량이 모두 시행되었을 때 얻어진다. 이상적인 등고선 지도는 측량되는 모든 지역을 포함하면서 저수지가 비었을 때 측량하는 것이다. 그러나 이러한 경우는 매우 드물기 때문에 육지부 횡단 측량과 저수구역의 수심측량을

조합할 필요가 있다. 수심측량과 관련된 시간과 비용을 저감하기 위해서는 육지부 측량이 저수지가 가능한 비어있을 때 수행되어야 하고, 수심측량은 저수지가 만수위일 때 수행되어야 하며, 두 자료는 최대한 중복되어야 한다. 중복부분이 많으면 측량보트가 육지부 측량에 의해 이미 지도화된 천수구역이나 위험 지역에서 운행될 필요가 없기때문에 시간과 비용을 저감할 수 있다.

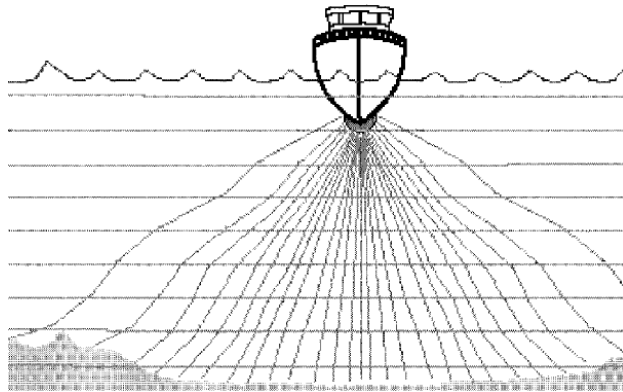
육지부 측량에 소요되는 비용 때문에 어떤 저수지의 등고선법을 적용한 재측량에는 기존 저수지의 육지부 영역에 대한 측량 자료를 업데이트하지 않는 경우도 있다. 이러한 측량을 위해서 저수구역에 대한 수심측량은 저수지가 가능한 만수일 때 시행되어야 한다. 육지부 자료는 저수지 영역의 원도나 최신 등고선지도를 사용하여 수집할 수 있다. 이러한 경우에 육지부 영역이 마지막으로 지도화된 이후에 아무런 변화가 없었다고 가정한다. 이와 같은 가정을 적용할 때에는 현저한 사면침식으로 저수지 내용적 계산에서 오차를 유발할 수 있다는 것과 대부분의 유사가 천수인 상류 끝단에 쌓이기 때문에 저수구역의 수심측량으로 지도화되지 않는다는 것을 인식해야 한다.

(3) 자료 질과 선 간격

자료 수집의 정확도는 사업 필요성, 저수지 조건, 자료 수집 및 분석 비용, 수집 시스템의 용량 및 제한 등으로 부처 영향을 받는다. 전형적으로 GPS의 수평 위치는 초당 1회씩 업데이트될 수 있다. 그림 2-6과 같은 단일 빔 음향측심기는 초당 20회 이상 수심을 연속적으로 측정가능하며, 그림 2-7과 같은 다중 빔 수심자료 수집 시스템은 분당 수 백에서 수 천번의 측정이 가능하다. 컴퓨터 자료 수집 시스템의 발전은 측정 자료가 저장되도록하며 사용자가 실용적인 시스템 및 수집 간격을 결정할 수 있도록 한다. 수집 기간 동안 최신의 시스템이 사용되어야 하고 최대 자료량이 저장되어야 하며, 최종 계산을 위해 필요한 자료의 필터링은 자료 처리동안에 시행된다.



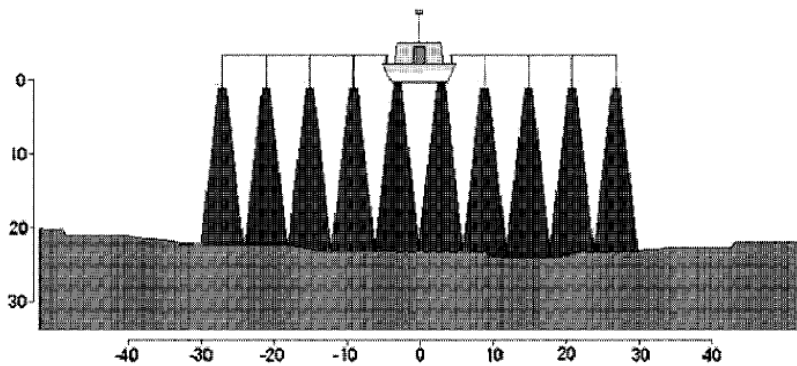
<그림6-5> 단일 빔 음향 측심기 모식도(USBR, 2006a)



<그림6-6> 다중 빔 자료 수집 시스템(USBR, 2006a)

단일 빔 음향측심기를 사용한 측량의 횡단선 간격은 측량결과에 필요한 밀도를 고려하여 결정되어야 한다. 측량 수행자는 측량 목적을 이해하고 예산을 고려해서 측량 목적을 달성하기 위해 횡단선 간격과 측량 자료의 밀도를 결정해야 한다. 횡단선법은 측량선들 사이에 지형이 균일하다고 가정하므로 급작스런 변화의 발생 여부와 장소를 파악하고 어느 정도의 횡단선 간격이 저수지 바닥 지형을 가장 잘 나타내는가를 비교할 필요가 있다. 이러한 분석을 통하여 결정된 횡단선의 간격은 현장에서 수집한 자료를 검토하여 지형변화를 반영하여 수정할 수 있다. USBR의 저수지 퇴사 조사 그룹은 단일 빔 시스템을 사용

할 경우에는 300 ft 간격으로 저수지 측량을 시작하며, 측량 목적을 달성하기 위하여 현장에서 횡단선의 간격을 조정한다. 적은 용량의 저수지들은 정확하게 측량하기 위하여 횡단선을 100 ft~200 ft 간격으로 수립한다. 대형 저수지들의 경우에는 평평한 바닥 조건이고 상세한 자료가 필요하지 않으면 수집시간과 예산을 고려하여 횡단선의 간격이 500 ft, 600 ft, 2,000 ft 등으로 조정이 가능하다. 그림 2-8과 같은 다중 빔 수집 시스템은 저수지 저수영역 전체를 포함할 수 있다. 그러나 이 방법은 많은 자료의 수집 및 분석 시간이 요구된다. 그림 2-8과 같은 다중 트랜듀서와 다중 수집 시스템은 횡단선 전체를 포함하므로 측점 사이의 무명체를 제거할 수 있으며, 저수지 전역을 측량할 수 있다. 그러나 이 방법은 고비용이며, 운영 시스템의 조작이 어렵다는 단점이 있다(USBR, 2006b).



<그림6-7> 다중 트랜듀서 측량선(USBR, 2006b)

(4) 저수지 측량 비용

저수지 측량의 효율성은 주로 전자공학과 컴퓨터의 발전에 의존해 왔다. 측량 계획은 정확도, 수집 방법, 분석 방법, 측량 수행자 수 등을 결정하는 예산에 의해 주로 조정이 된다. 전자위치시스템을 사용하기 전에는 수동적인 거리측정기를 사용하여 저수지 내용적 측량이 수행되었다. 수동방법은 횡단선 위치를 수립하기위해서 많은 설치 시간이 필요하고 측량선을 이용하며, 측량선은 2~3대, 측량 인원은 5~8명이 필요하다. 이 방법을 사용하면 조건에 따라 하루에 1~5개의 횡단선을 측량할 수 있다. 컴퓨터화된 시스템의 개발은 측량인원수를

저감시켰으나 저수지 및 하천 영역 주위에서 조절 위치를 결정하기 위해 많은 시간이 소요된다. 이 방법을 사용하면 하루에 5~10개의 횡단선을 측정할 수 있으며, 저수지 지형을 상세하게 지도로 나타낼 수 있다. GPS 수심 측량 장치는 현장 자료 수집의 효율성을 증가시키고 전체 작업에 필요한 인원수를 감소시켜 측량 비용과 시간을 현저하게 저감시킨다. 이 방법을 적용할 경우에는 수심 측량을 하기 전에 필요한 상세한 조절 네트워크가 현저하게 감소하기 때문에 비용 절감이 가능하다.

(5) 수심 측량 시스템 및 소프트웨어의 선정

수심 측량 시스템은 측량 수행자가 가용한 장비로 가장 질 높은 자료를 획득할 수 있는 것으로 선정되어야 한다. 현재 가용한 수심 측량 장비는 소규모 및 대형 저수지, 하천에서 수심 측량과 육상부 측량을 시행할 수 있는 용량과 융통성을 갖는다. 이 장비는 다른 수집 기술과 함께 사용될 수 있다. 사용자의 훈련 및 교육과 함께 자료 수집 요구와 요구되는 정확도는 장비의 종류와 질을 결정한다. 컴퓨터화된 수집 시스템과 음향 측심장비의 계속되는 업그레이드는 측정의 정확도와 속도를 크게 향상시켰다. 이러한 기술의 발전은 재측량 자료가 기술발전 이전에 수집된 자료들보다 정확하며, 심지어는 모든 저수지 영역이 비워졌을 때 측량된 자료들 보다 더 정확하다. 기술의 발전은 수심 측량 사업에 소요되는 전체 시간과 비용을 저감시키고 양질의 자료를 제공한다. 이전 시스템은 지상 통제점을 수립하기 위하여 많은 계획과 광범위한 측량, 많은 현장 요원들이 필요했으나, 이 기술로 인해 인력과 비용의 저감을 가져왔다.

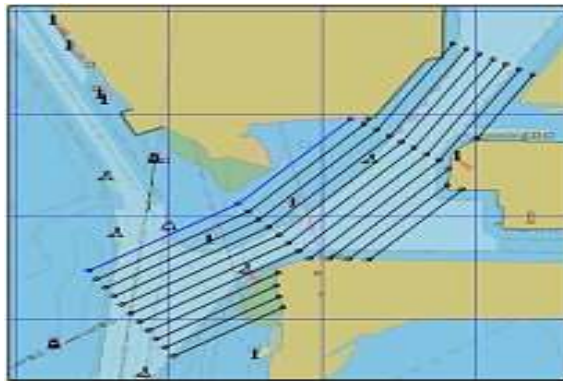
저수지 재측량 요구결정, 저수지 측량 자료 수집 시스템 선정, 저수지 측량 프로그램의 수립 등을 시행할 때는 측량의 주요 목적, 최종 결과에 대한 요구 사항, 정확도 수준, 사용되는 시스템의 특성, 운영 인원들의 수준 등을 고려해야 한다. 고려해야 할 다른 요인들로는 장비 구입 비용, 운영비용, 수집 시스템의 대여 가능성, 최신 기술을 제공하는 요소들이다. 대여와 관련된 잠재적인 문제는 시스템을 적절하게 사용할 수 있는 전문지식을 얻는데 많은 시간이 필요하다는 것이다. 상업용 소프트웨어 패키지는 제작자로부터 얻을 수 있으나, 측

량 수행자가 소프트웨어 운영에 능숙해지는 데는 많은 시간이 소요된다. 이러한 문제들을 해결하고 관련 경비를 추정한 후에 비용면에서 효율적인 방법을 선정해야 한다.

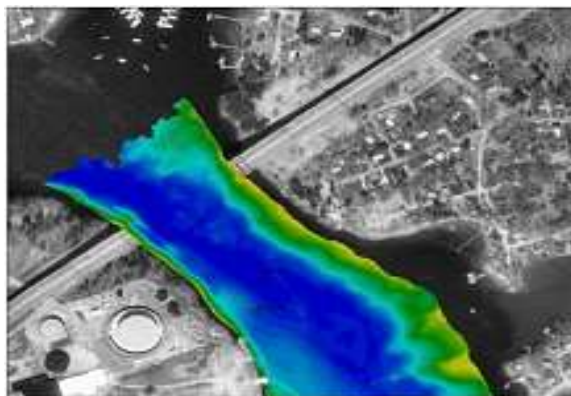
세계적으로 상업용 소프트웨어인 Gemini Positioning Systems사의 HYPACK은 수심 측량 작업에 유용한 도구로 알려져 있다. 이 소프트웨어를 사용하면 수심 측량 작업의 계획, 측량 실시, 편집, 결과물 생성 등을 원활하게 할 수 있다(HYPACK, 2008). 측량 계획은 측량구역과 측선을 결정하기 위해 시행되며, HYPACK에서는 원활한 측량계획을 수립하기 위하여 다양한 기능을 제공하고 있다. 그림 2-9는 측량 구역을 나타내는 사진으로 HYPACK에서는 AutoCAD DXF, Microstation DGN, S-57/S-63, OrthoTIF/GeoTIF, BSB/UKHO/ARCS, Vector Product Format, ArcInfo SHP 등의 파일을 배경그림으로 불러올 수 있으며, 이들 배경그림을 측량을 계획하고 측량결과를 편집하는데 사용한다. HYPACK 프로그램에서는 그림 2-10과 같이 측선을 나타낼 수 있으며 CAD/GIS 패키지로 작성된 관련 파일을 불러와서 측량 구역을 설정할 수 있다. 이와 같은 작업을 통해서 측선을 결정하거나 그림 2-11과 같이 MAPPER 프로그램을 사용하여 기존의 측량결과를 측량 대상 구역에 도시할 수 있다. HYPACK® SURVEY 프로그램은 측량을 실시하는 동안에 측정된 자료를 화면에 나타내거나 측량결과 정보를 이출한다. 그림 2-12는 실시간으로 측량결과를 화면에 나타내는 것을 보이고 있으며, 측선의 위치를 모니터를 통하여 확인할 수 있다. HYPACK은 측량결과를 편집하고 검토할 수 있는 기능을 제공한다. 측량 결과를 보정하고 그림 2-13과 같이 수많은 측정자료를 편집하여 각 측점의 수심을 숫자로 나타낼 수 있다. HYPACK은 그림 2-14와 같이 측량 자료를 사용하여 특정 횡단면을 플로팅하거나 체적을 산정한다. 또한, 그림 2-15와 같이 측량 구역을 플로팅하거나 그림 2-16과 같은 측량 결과를 CAD/GIS 자료로 이출할 수 있다. 또한, 그림 2-17과 같이 3차원으로 측량결과를 도시할 수 있는 기능을 가지고 있다.



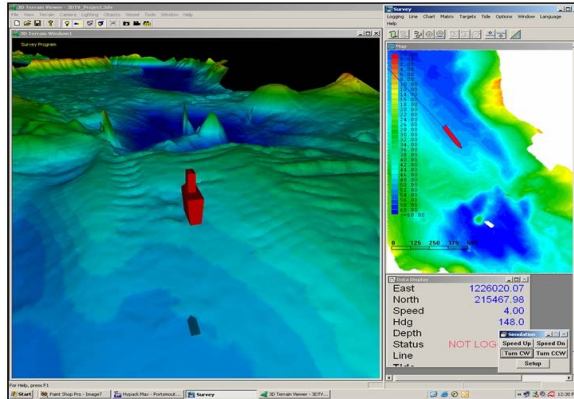
<그림6-8> 수심 측량 계획 수립에 사용되는 대상구역의 배경 사진



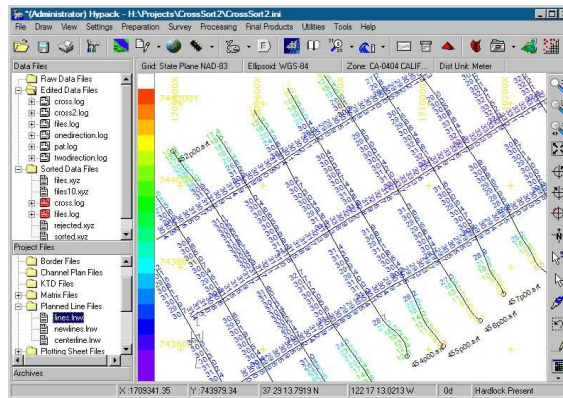
<그림6-9> 측량 대상 구역 및 구간 표시



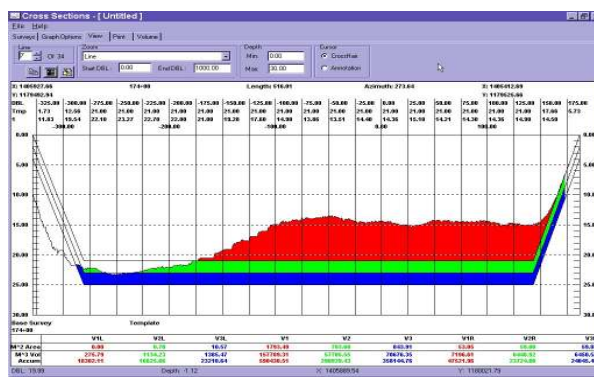
<그림6-10> 측량 대상 구역의 수심



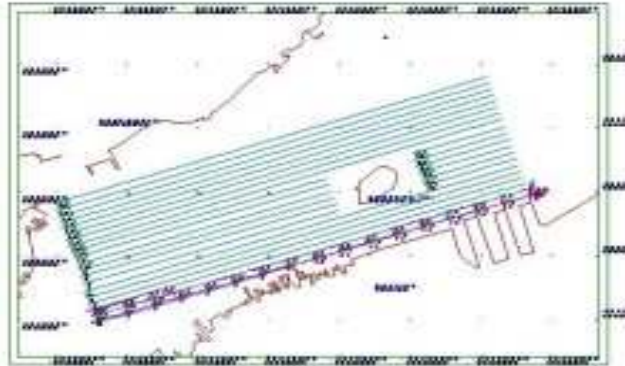
<그림6-11> 측량 과정의 모니터링



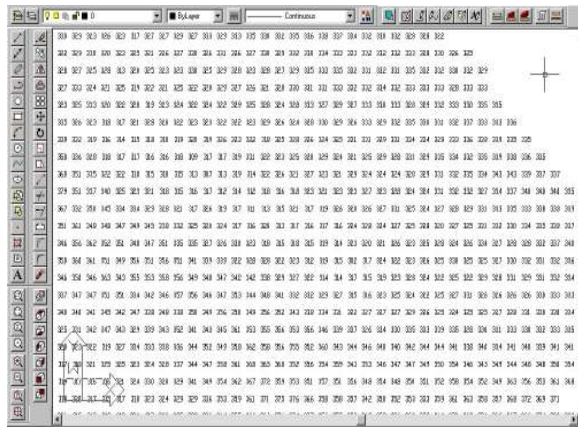
<그림6-12> 측량 과정의 편집



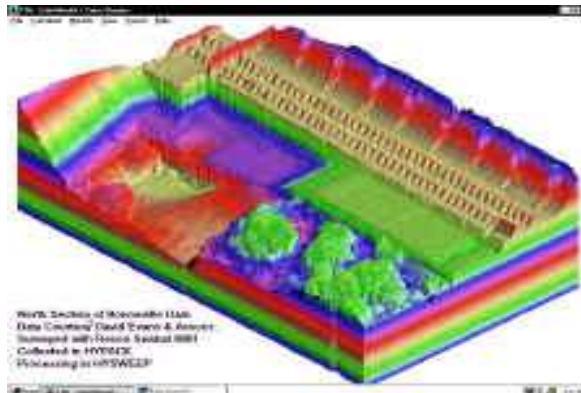
<그림6-13> 횡단면 플로팅



<그림6-14> 측량 대상 지역의 플로팅



<그림6-15> 해당지역의 수심 자료



<그림6-16> 3차원 모델링

(6) 측량의 정확성 및 질 확보

수심 측량의 주된 목적은 가능한 양질의 자료를 측정하는 것이며, 정확도는 측량의 필요성에 의해 결정된다. 수심 측량은 건설이나 체적 계산을 목적으로 수행되기 때문에 높은 정확도를 필요로 한다. 수심 측량의 정확성은 측량 결과에 대한 점검이 부족하기 때문에 육지 측량에 비하여 모니터하기 어렵다. 또한, 측량 후에 결과를 조정하는 것이 어렵기 때문에 측량 결과의 질을 보장하기 위하여 측정 기구의 보정과 수집 절차에 주의해야 한다. 수집 시스템의 보정과 검정에 많은 시간이 소요되거나 자료의 질을 보장하기 위하여 필요한 절차들이다. 측정 결과의 정확도는 측정 프로세스에서 본래 나타나는 많은 오차들에 의존하며, 이러한 오차들을 최소화하는 것은 측량 수행자들의 숙련도에 의존한다. 양호한 측정 기술을 가진 기술자들을 고용하는 것이 양호한 측량 결과를 보장하는 최상의 방법 중의 하나이며, 이를 통해서 주로 양질의 결과를 얻을 수 있다. 따라서 수심 측량의 정확성은 전적으로 측정 프로세스에 의존하며, 수집 방법과 기술, 수집 자료의 수정, 장비 선정과 유지, 분석 기술 등으로부터 영향을 받는다. 수심측량의 정확도는 주로 장비의 보정으로 영향을 받는다. 수심 측량의 정확성을 향상시키는 방법 중의 하나는 동일 횡단선에 대해 반복측량하는 것이다. 수심 측심기는 정지된 상태에서 ± 0.1 ft의 정밀도를 나타낸다. 수심 측정의 정확도는 다중 경로, 수온 및 염도 변화, 보트의 움직임 등과 같은 오차 항목들을 포함하였을 때 ± 0.5 ft이다. 측정 오차를 최소화하고 측량 결과를 조정하기 위하여 상업용으로 개발된 소프트웨어 패키지를 사용한다.

(7) 퇴적량 산정 및 측량 결과의 보고

현장 측량을 완료한 후에 축적된 자료를 사용하여 저수지의 표고-용량 관계를 결정한다. 원지반 자료나 이전 기준선 측량 결과를 새로이 측량한 결과를 비교하여 저수지내에 퇴적된 유사량을 산정한다. 장기적인 퇴사량은 최초 산정된 용량과 매회 새로 측정된 용량의 차이로부터 계산된다. 저수지 내용적 측량 결과로부터 전산프로그램을 사용하여 정해진 저수위 표고 간격으로 저수면적과 저수용량을 산출하고 그림 2-13과 같은 수위-저수용량과 저수면적표, 그림

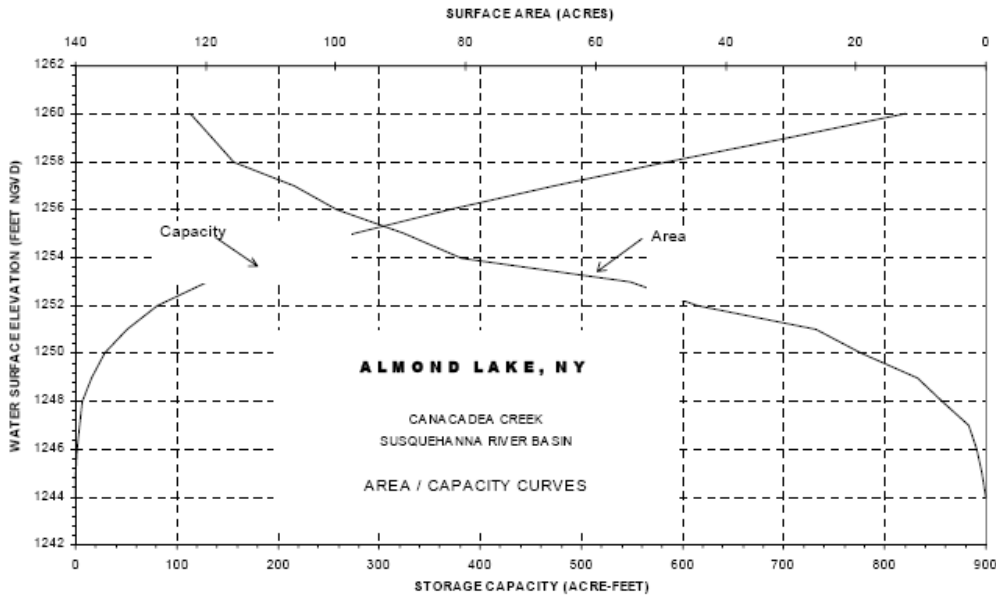
2-14와 같은 수위-표면적-용량 곡선을 작성한다.

Area/Capacity Table -- Almond Lake, New York				
Revised June 1998 by Baltimore District Water Control Management Section				
Elevation NGVD 29 (ft)	Area Acres	Capacity Acre-ft	Inches of Runoff	
1229	0.0	0.0	< 0.01	Intake Sill elevation
1230	0.0	0.0	< 0.01	
.....				
.....				
1241	0.0	0.0	< 0.01	
1242	0.0	0.0	< 0.01	
1243	0.1	0.1	< 0.01	
1244	0.2	0.2	< 0.01	
1245	0.9	0.8	< 0.01	
1246	1.5	2.0	< 0.01	
1247	3.8	4.7	< 0.01	
1248	6.0	9.5	< 0.01	
1249	12	19	0.01	
1250	18	34	0.01	
1251	30	58	0.02	
1252	42	94	0.03	
1253	60	144	0.05	
1254	77	213	0.07	
1255	87	295	0.10	
1256	96	387	0.13	Areas below elevation 1260 ft from hydrographic surveys
1257	104	487	0.16	
1258	111	594	0.20	
1259	123	711	0.24	
1260	135	840	0.28	Conservation/Recreation Pool
1261	142	978	0.33	
1262	150	1125	0.38	Areas above elevation 1260 ft from aerial mapping surveys
1263	158	1278	0.43	
.				
1300	492	13397	4.50	Spillway elevation
.				
1306	540	16,277	5.47	

NOTES:

A. Drainage area = 55.8 sq miles
 B. 1 in. of runoff = 55.8 mi² * 640 ac/mi² * 1 ft/12 in. = 2,976 acre-ft
 C. Areas and capacities computed using TVGA, Inc. hydrographic project survey dated 20-21 November 1996 and Horizon, Inc. photogrammetric mapping surveys from June 1998
 D. Spillway crest = 1,300 ft
 E. Area/capacities for all elevations not shown

<그림6-17> 저수지 측량 결과로부터 얻어진 수위-면적-용량 테이블: 미국 알몬드 저수지(USACE, 2002)



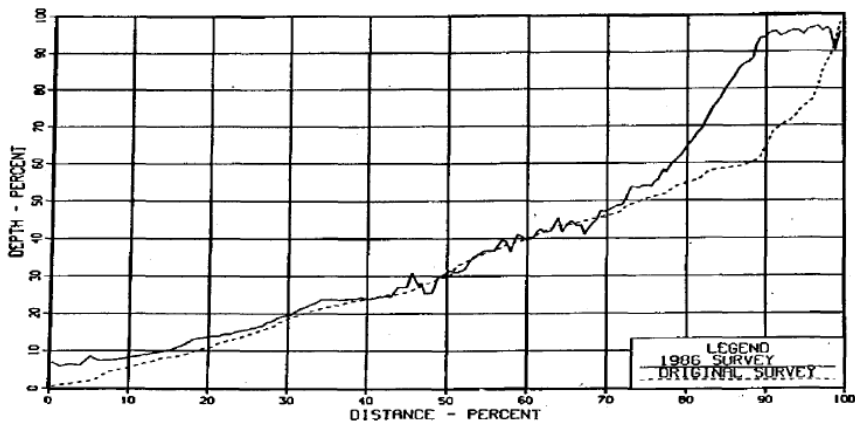
<그림6-18> 미국 알몬드 저수지의 수위-면적-용량 관계 곡선(USACE, 2002)

일반적으로 저수지내에 쌓인 총유사량은 원래 저수지 용량과 재측량으로 새로이 산정된 용량의 차로 산정된다. 비교가 되는 두 측량에 의한 내용적은 동일한 방법으로 계산되어야 한다. 현저한 유사 다짐이 발생하는 저수지에서는 단순히 저수지 용량의 차이로 임의 기간 사이에 발생한 퇴사량을 산정하지 못한다. 퇴사율은 담수기간 동안 계산되어야 하며, 최초 담수시와 현재의 용량 차이로부터 산정된다.

일부 저수지들의 저류용량은 파랑 운동이나 저수지 수위 변화에 따른 사면 침식이나 사면 붕괴로부터 영향을 받는다. 측량 자료를 분석할 때, 높은 표고에서 사면의 변화가 발생하는 곳에서 표면적의 증가는 상류의 델타 지역에서 표면적의 손실을 상쇄한다. 유사를 모니터링하기 위하여 횡단면법이 사용되는 경우에는 높은 표고에서 면적의 증가는 낮은 표고에서 면적의 감소를 완전히 상쇄시키지 못한다. 차이는 유사의 다짐, 측량된 횡단면선의 하류로 유사의 이동, 댐을 통한 세사의 운송 등에 기인한다. 유사의 유입과 유출 기록이 측량들 사이의 기간 동안에 얻어진다면, 유입에 의한 유사의 퇴적과 사면 붕괴에 의한

것을 구별할 수 있다. 등고선법은 사면 침식이 저수지 용량의 변화에 영향을 미치는 저수지의 재측량에 선호되는 방법이다.

저수지의 포착효율은 유사 유입과 유출 기록이 측량들 사이의 기간 동안 가용할 때 결정된다. 그러나 이러한 자료가 모든 저수지에서 가용한 것이 아니다. 자료가 가용할 때, 두 측량 사이의 기간 동안 포착효율이 계산되어야 한다. 저수지 측량 결과를 사용하여 저수지의 퇴적량을 비교하는 방법으로는 그림 2-15와 같이 저수지 전길이를 연장하여 이에 대한 유사 퇴적량을 나타내는 방법이다. 그림 2-15와 같은 퇴적 종단면도는 시간에 따른 삼각주의 성장과 유사 깊이의 변화를 나타내는데 유용한 방법이다.



<그림6-19> 포웰 호의 유사 퇴적 종단면의 무차원도(USBR, 2006b)

저수지 측량 결과는 문서화하여 저수지 관리와 향후 측량에 유용한 정보를 제공하도록 한다. 정교한 측량을 통해서 얻은 정보는 저수지뿐만 아니라 상류 유역의 유사 특징을 파악하는데 유용하게 사용된다. 따라서 저수지 측량 결과 보고서에는 ① 저수지 및 상류 유역과 관련된 일반적인 정보, ② 저수지에서 수행된 과거와 현재의 모든 정보, ③ 측량, 현재 측량을 위한 샘플링 기법, 사용된 특별 장비와 관련된 정보, ④ 모든 횡단선의 위치를 나타낸 저수지 지도와 새로 제작된 등고선 지도, ⑤ 주요 측량 조절점에 대한 설명, ⑥ 저수지 수위 변동과 수위 지속곡선, ⑦ 저수지 길이 방향의 유사 분포 종단면도, ⑧ 유사

밀도와 입자 크기를 나타내는 표와 그래프, ⑨ 새로운 측량을 통해서 수정된 면적과 용량 테이블 및 관계 곡선, ⑩ 포착효율을 추정하기 위해 가용한 유입 및 유출 유사 자료, ⑪ 저수지 퇴사 자료 정리 표 등이 포함되어야 한다 (USBR, 2006b).

3. 국내·외 저수지 내용적 관리와 관련된 제도 분석

3.1 국외 저수지 내용적 측량 및 관리

(1) USBR의 저수지 퇴사 측량

USBR은 400여개의 저류시설을 관리하고 있으며, 이들의 약 30 %가 최초 답수 이후 재측량이 시행되고 있다. 어떤 저수지들은 고농도 유사의 모니터링과 최신 면적-용량 테이블을 만들기 위해서 5회 이상의 재측량을 시행해 오고 있다. 고농도의 유사가 유입되는 저수지 대부분은 미국 남서부지역에 위치하고 있으며, 이들 중 아리조나주의 테오도르 루즈벨트 저수지는 8회, 뉴멕시코의 엘리펀트 뷰테 저수지는 11회, 아리조나주의 미드 호는 3회의 재측량이 시행된 바가 있다. 또한, 와이오밍주의 개척국 관리 저수지중 유입유사량이 많은 저수지들은 몇 차례의 재측량이 시행되고 있으며, 이들 중에서 바팔로 빌 저수지는 3회의 재측량과 퀴엔지 저수지는 11회의 재측량이 시행된 바가 있다. 이들 저수지들은 저수지 퇴사율과 이들의 장래 영향을 효과적으로 모니터링하기 위하여 여러 번의 측량이 필요한 유사량이 많은 유역에 위치하고 있다.

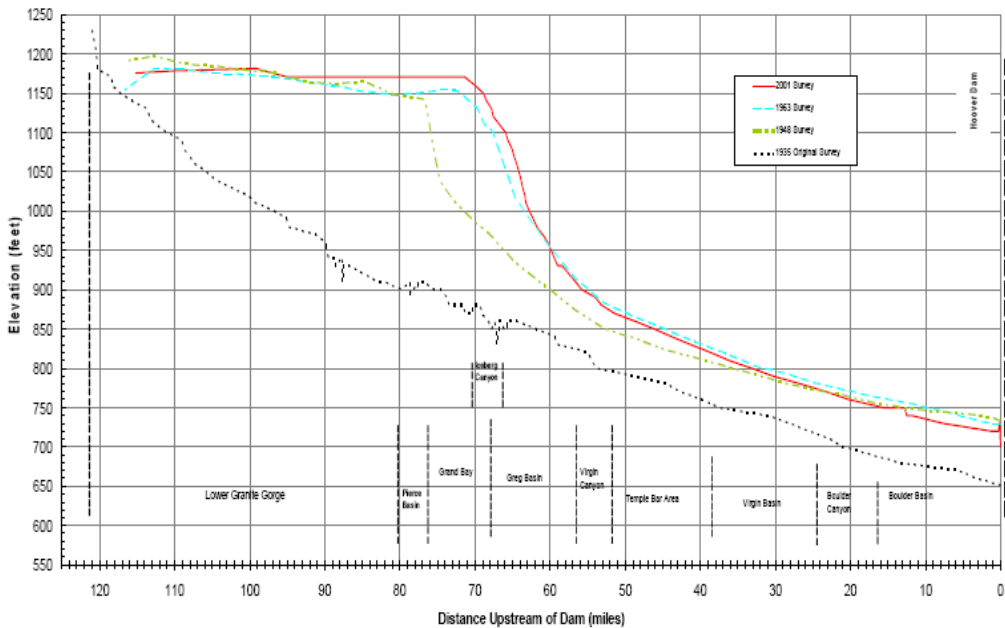
최근 미국 저수지 내용적 측량에는 GPS와 음향측심기를 사용하여 수심을 측정하는 방법이 사용되고 있다. USBR의 퇴사 연구 그룹은 측량선에 탑재된 RTK-GPS와 음향측심기를 사용하여 대부분의 측량작업을 시행하고 있다. RTK-GPS 시스템은 전형적인 지상측량에서 소요되는 수 일이나 수 주가 걸리던 작업을 수 시간 내로 줄이게 하였다. 이 시스템은 저수지의 수심측량을 위한 인원수를 전에는 3~5명 정도에서 2명 정도로 줄이게 하였다. GPS와 현장 컴퓨터 사용함에 따라 자동 측량과 대형 자료의 저장이 가능하게 되었다. 다중 빔 시스템에서는 시스템 운영과 측량에 대한 숙련도 향상을 위해 경비가 많이 소요되기 때문에 초기 비용이 많이 소요된다. 이러한 시스템은 상세하게 저수

지의 바닥 전역을 측량할 수 있으며, 측량 결과의 불확실성을 저감할 수 있다. 효율적이고 안전하게 측량이 시행되도록 계획 및 준비, 훈련 등이 필요하며, 숙련된 기술자는 측량 비용과 시간을 저감한다. 1986년 포웰 호의 내용적 측량에는 깊은 수직벽 조건과 양호한 지형을 고려하여 횡단선법이 사용되었다. 2004년과 2005년의 포웰 호의 내용적 측량에는 다중빔 측량이 사용되었으며, 이 측량에서는 1986년에 측량한 횡단선들이 포함되었다. 다중빔 측량은 1986년에 수주일이 소요되었던 작업시간을 수 일 내로 단축시켰다. 이와 같은 GPS, 다중빔 시스템 등을 사용하여 상세하게 포웰 호를 측량하는 것이 가능함에도 불구하고 횡단선법은 측량 비용이 저렴하기 때문에 저수지 측량에서 여전히 고려되어지고 있다.

USBR에서 실시하는 저수지 내용적 측량에서는 횡단선의 간격을 저수지 상황을 고려하여 조정한다. 몬타나에 있는 캐논 페리 저수지의 상류 델타는 매우 평평하여 퇴사에 수로가 거의 없는 상태이다. 이러한 조건을 고려하여 조사자들은 횡단면의 간격을 증가시켰으며, 양호한 기상 조건에서 자료 수집이 가능하였으며, 소요시간을 저감시키고 양호한 측량 결과를 얻을 수 있도록 하였다. 캘리포니아주의 살톤 씨 저수지의 측량 조사에서는 제한된 예산과 상대적으로 바닥이 평평하여 횡단선의 간격이 2,000 ft로 조정된 바가 있다. 캐논 페리 저수지와 살톤 씨 저수지 측량은 대형 수체에서 행해졌으며, 측량선 사이의 지형이 균일하였다. 이와 같이 저수지의 상황에 따라 횡단선의 간격이 조정될 수 있다.

USBR이 관리하는 저수지들의 총퇴사량은 일반적으로 최초 저수지 용량과 업데이트된 저수지 용량과의 차이로 결정된다. 이 방법은 저수지 용량을 측정하는 방법에 민감한 퇴사율을 제시하며, 이상적인 값을 얻기 위해서는 비교되는 저수지 용량이 동일한 방법에 의해 측정되어야 한다. 관련 기술의 발전에 따라 재측량의 정확도가 최초에 측량한 자료들 보다 양호하기 때문에 이러한 저수지들에서 퇴사량 산정이 어렵다. 1995년에 실시된 루즈벨트 저수지의 측량에서는 GPS 측량을 통해서 5 ft 간격의 등수심도를 작성하였다. 최초의 등수심선은 평판 측량을 통해서 10 ft 간격으로 1900년대 초반에 작성되었다. 두 측량법의 정확도 차이 때문에 두 등수심도를 비교하여 총퇴적량을 산정하는 방법은

정확한 값을 제공하지 못하였다. 따라서 향후 퇴사량을 계산하기 위한 기준으로 1995년에 실시한 측량 결과를 사용하도록 하는 결정이 내려진 바가 있다. 그림 3-1은 미국 미드호의 최초 저수지 지형과 재측량 등에 의해 얻어진 지형의 종단면을 비교한 것이다. 그림 3-1과 같이 시간이 경과함에 따라 저수지 퇴사가 호의 상류에서 활발하게 진행되었음을 알 수 있다. 이와 같은 저수지 지형 변화와 퇴사량을 파악하기 위하여 미국에서는 정기적인 저수지 측량이 실시되고 있다.



<그림6-20> 미국 미드 호의 저수지 측량 결과(USBR, 2006a)

(2) 미국 텍사스주의 저수지 내용적 측량

텍사스주의 주요 댐과 저수지들의 약 50 % 정도가 1960년대 말 이전에 건설되었기 때문에 건설이후 장기간이 경과하였다. 대부분의 저수지들의 저수용량은 정확성이 제한적인 지형도를 사용하여 추정되었기 때문에 이들을 사용하여 산정된 저수용량은 정확하지 않다. 따라서 건설 이후 재측량되지 않은 저수지의 저수용량은 많은 오차를 포함하고 있다. 또한, 상류 유역으로부터 하천에

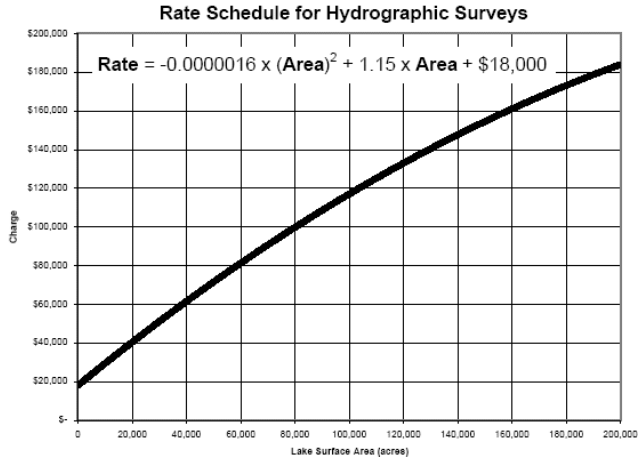
의해 저수지로 유사 운송은 계속되고 있으나 이들에 대한 측정 자료의 양과 질이 부족하기 때문에 정확한 퇴사량과 퇴사율을 추정하기 어렵다. 이러한 이유 때문에 텍사스의 저수지의 저수용량 추정은 초기 측량에 의한 내용적에 기반하고 있으며 신뢰성이 떨어진다. 이를 해결하기 위하여 1991년 텍사스 주의회는 텍사스주 수자원개발국(Texas Water Development Board, TWDB)이 비영리이면서 자영적인 수심측량 프로그램을 개발하도록 승인하였다. 이를 근거로 1993년 이후부터 TWDB의 지표수부는 약 100여개의 저수지에 대한 내용적 측량을 완료하였으며, 주내의 77개 주요 용수 공급 저수지 중에서 52개 저수지는 TWDB가 내용적 측량을 실시하였다.

텍사스주에서 시행하고 있는 저수지 수심 측량 프로그램의 목적은 (1) 주의 주요 저수지가 얼마만큼의 저수량을 보유하고 있는가? (2) 퇴사로 인한 저수지의 저수용량 감소율이 얼마인가? 등을 결정하는 것이다. 지역 및 주의 수자원 계획자들은 텍사스주의 수자원 계획을 수립하기 위하여 최신 정보를 사용한다. 따라서 정확한 저수지 용량과 용량 감소율은 텍사스 수자원 계획의 중대한 요소이다. 수심측량은 그림 3-2와 같은 측량선에 DGPS와 수심측정기를 포함한 최신 장비를 탑재하여 수행되며, 수심과 위치 자료를 수집한 후 GIS 소프트웨어 등을 사용하여 표고-면적-용량 테이블, 등고선도, 단면도 등을 작성한다. 또한, 수집된 자료를 사용하여 저수지 퇴사의 두께를 산정하고 저수지 퇴사가 이뤄지고 있는 위치를 파악하며, 저수지의 전체 용량을 산정한다. 댐이 건설된 이후 최초 담수 시점의 수위-용량 테이블이 존재하면 최초 저수지 용량 확인 가능하므로 재측량을 통해서 얻은 수위-용량 테이블과 비교하여 양호한 장기 퇴사율을 산정할 수 있다. 이와 같은 주의 저수지 수심측량 프로그램을 통하여 추정된 퇴사량은 호수 소유자들의 장기 저수용량 감소 예측 및 준설계획 수립에 효과적으로 이용된다.



<그림6-21> 텍사스 주에서 저수지 수심측량에 사용되는 측정 보트
(TWDB, 2008)

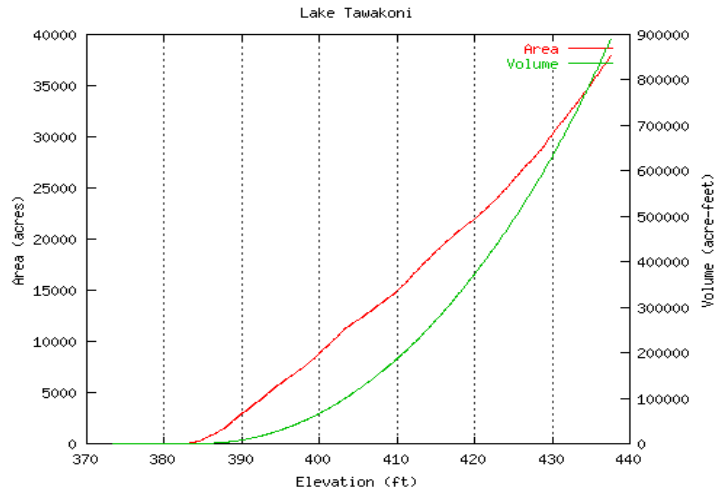
텍사스 주의 수심측량 프로그램에 의하여 2008년 1월 1일 까지 텍사스주의 175개 주요 저수지 중 74개를 포함하여 114회의 측량이 완료되었다. 전통적인 저수지 수심 측량은 고비용이 소요되기 때문에 최근에는 사용하기 어려우며, 새롭고 효율적인 장비의 도입에 의해 측량 비용이 과거에 비해 현저하게 낮아졌다. 또한, 미공병단에서 [Planning Assistance to States (Section 22)]에 의해서 저수지 소유주에게 내용적 측량에 대한 지원이 가능하기 때문에 소요되는 비용이 더 저감된다. 그림 3-3은 텍사스주에서 저수지의 수표면적에 따라 책정한 표준 수심 측량 비용을 나타낸 것이다. 저수지 내용적 측량에 소요되는 비용은 저수지 규모, 바닥 지형, 측량 난이도 등에 따라 다르기 때문에 이들을 고려하여 산정한다.



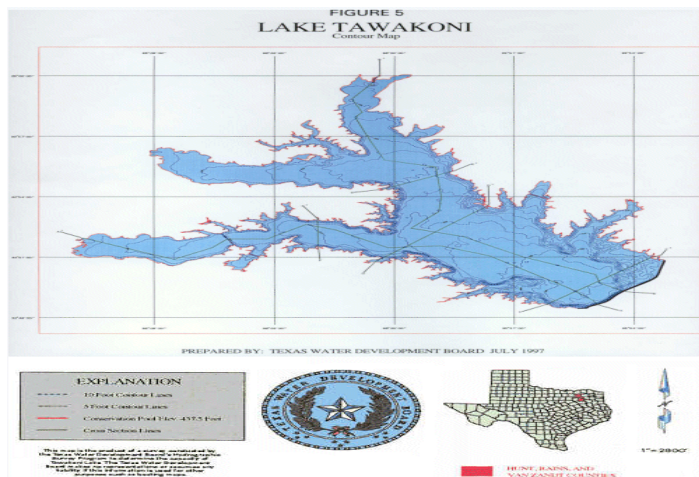
<그림6-22> 텍사스 주에서 적용되는 표준 저수지 수심측량 비용
(TWDB, 2008)

저수지 수심 측량을 통해서 업데이트된 표고-면적-용량 테이블과 다른 부산물들은 엔지니어링 회사와 수자원 계획자들에 의해 주의 수자원 상황과 저수지 공급량을 결정하기 위하여 사용된다. 특히, 저수지 내용적은 텍사스주의 TWDB와 USGS에 의해서 주의 저수지 현황을 보고하기 위하여 사용된다. TWDB에서 시행되는 수심측량의 결과물로 대상 저수지에 대한 표준 내용적 측량 보고서가 작성된다. 이 보고서는 야외 측량 완료 후 3개월 이내에 이루어진다. 이 보고서에는 업데이트된 수위-면적-내용적 테이블, 등수심도, 단면도가 포함된다. 그림 3-4부터 그림 3-10은 1997년에 측량한 Lake Tawakoni의 측량 보고서의 내용이다. 그림 3-4는 표고-면적-용량 관계를 그래프로 나타낸 것이며, 이 보고서에는 표고 0.1 ft 변화에 따른 면적, 용량을 표와 그래프로 제시하고 있다. 그림 3-5는 대상 저수지의 등수심도를 나타낸 것이며, 측량결과를 사용하여 GIS 소프트웨어를 이용하여 작성한 것이다. 대상 저수지의 전체 수심에 따라 1~5 ft 간격으로 등수심선 작도한다. 그림 3-6은 저수지의 임의 구간의 횡단면도를 나타낸 것으로 대상 저수지의 관심 지역에 대한 횡단면도를 작성하여 보고서에 수록한다. 그림 3-7은 측점 위치도 및 수심을 나타낸 것이다. 대상 저수지의 736 마일의 기계화된 측량선과 무작위 측량선에서 약 325,209 지점의

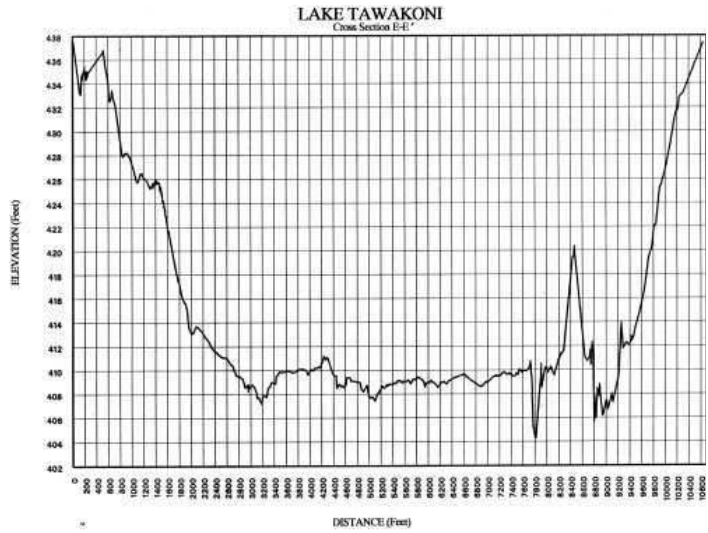
수심을 측정하고, 수심이 3.0 ft이하인 곳이나 현저한 방해물이 있는 지점에서는 측정을 하지 않았다. 그림 3-8은 음영 기복지도로서 대상저수지의 바닥 표고를 색깔로 구별하여 나타냈다. 그림 3-9는 수심 범위를 나타낸 것으로 바닥 수심을 색깔로 구별하여 나타냈다. 그림 3-10은 대상 저수지의 위치도를 나타낸 것으로 호수의 위치와 그 주변을 나타냈다.



<그림6-23> 표고-면적-용량 관계 그래프 (TWDB, 2008)

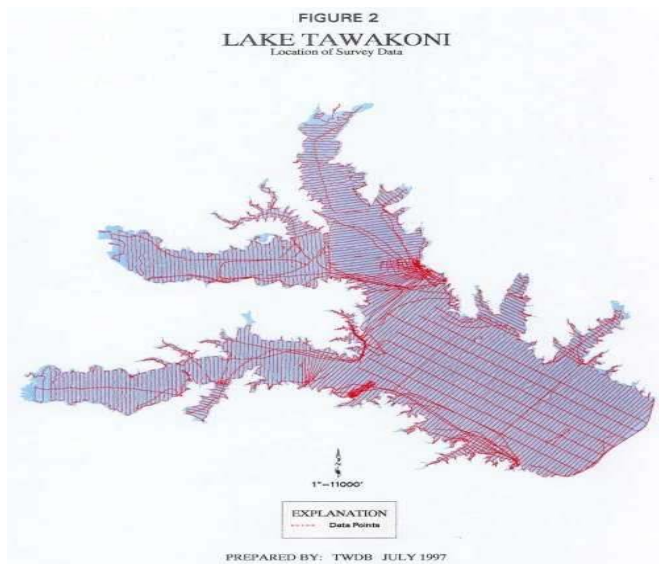


<그림6-24> 대상 저수지의 등수심도 (TWDB, 2008)



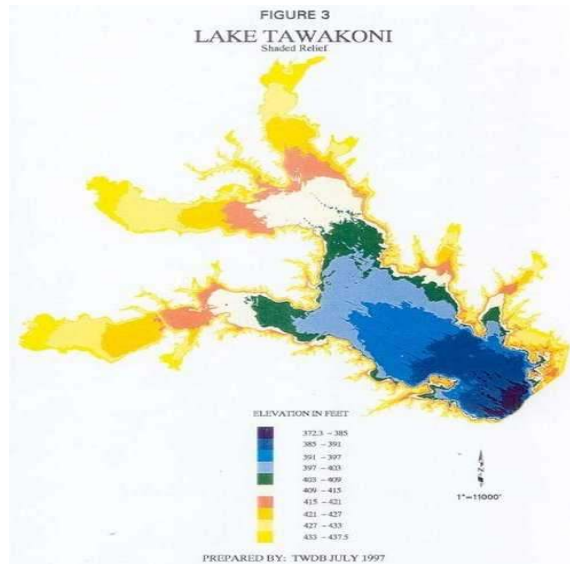
PREPARED BY: TWDB JULY 1997

<그림6-25> 측선의 횡단면도 (TWDB, 2008)

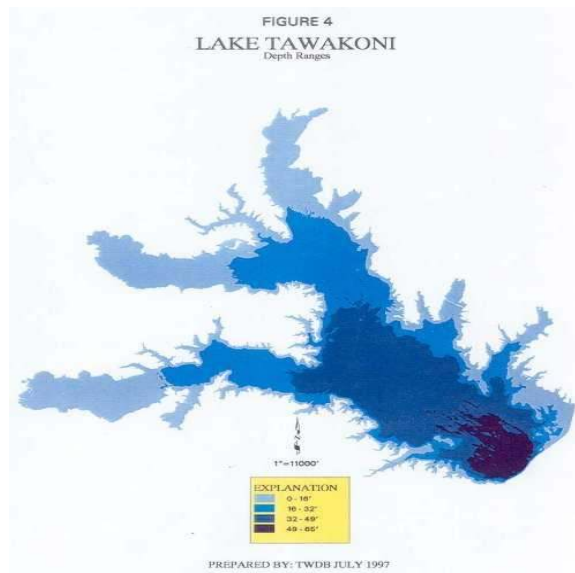


PREPARED BY: TWDB JULY 1997

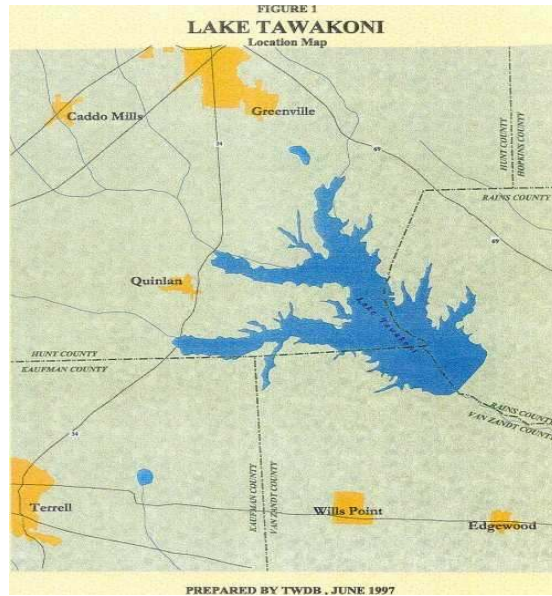
<그림6-26> 측점의 위치도 및 수심 (TWDB, 2008)



<그림6-27> 대상저수지의 음영 기록지도 (TWDB, 2008)



<그림6-28> 대상저수지의 수심 범위 지도 (TWDB, 2008)



<그림6-29> 대상 저수지 위치도(TWDB, 2008)

(3) 중국의 댐 퇴사관리

중국의 연평균 저수지 용량감소율은 약 2.3 % 정도로 일본의 0.15 %, 인도의 0.5 % 보다 매우 높은 실정이다. 이와 같은 높은 퇴사율은 상류 유역의 산지개발과 높은 침식을 때문이다. 이를 방지하기 위하여 우회배사(bypassing), 준설(dredging), 강제배사(flushing), 즉시배사(slucing), 상류 유사 포착(trapping) 등과 같은 대책들을 고려되고 있으며, 효과적인 퇴사 관리를 위하여 통합퇴사관리(integrated sedimentation management, ISM)가 도입되고 있다. 특히, 중국에서는 강제배사와 즉시배사를 통하여 댐의 퇴사를 제거하고 있으며, 토양 보전을 위하여 상류 유역에 대한 산림녹화와 통합퇴사관리 대책들이 도입되고 있다.

중국 황하강의 중류부에 위치한 썬먼샤댐은 심각한 퇴사 문제로 유명하다. 이 댐에서는 저수지 저류용량 감소율과 배수위 영향을 받는 지역에서 퇴사가 상류쪽으로 급격하게 확장됨에 따라 발생하는 문제들 때문에 유사 유입량과 유출량사이의 균형을 달성하기 위하여 댐 운영이 변경되고 있다. 결과적으로, 다른 편익들이 설계 당시 보다 작아지더라도 댐은 여전히 홍수조절, 관개, 수력발

전 등과 같은 편익을 공급하고 있다. 산면샤댐에 대한 공학적 경험과 관리기법들은 퇴사 문제가 있는 하천들에 건설되는 저수지의 지속가능한 이용에 중요한 자료이며, 저수지 퇴사, 유사 관리 전략, 심각한 퇴사 문제 해결에 대한 우수한 예를 제공한다. 다음은 산면샤댐의 퇴사 관리에 대한 Wang 등(2005)의 논문을 정리한 것이다.

산면샤댐은 중국 황하강의 중류부 보다 약간 낮은 곳에 위치하고 있다. 이 댐은 1950년대에 중앙정부로부터 승인 받은 황하수계 종합계획의 핵심부분으로서 최초로 황하강의 주류에 최초로 건설된 대형 다목적 수력사업이다. 댐은 1957년에 건설되기 시작하였으며, 1960년 9월에 담수되기 시작하였다. 이 댐에서는 저수지 저류용량이 급격하게 감소하고 배수영역에서 퇴사가 상류로 확정되는 문제 때문에 높은 농도의 유사를 배제할 수 있는 방류 시설이 재건설되었다. 저수지 퇴사의 부작용을 최소화하고, 유입 유사와 유출 유사의 균형을 달성하기 위하여 저수지 운영 모드가 변경되고 있다. 이 프로젝트는 저수지 계획과 설계에서 퇴사 관리의 부적절한 고려가 가져오는 위험들을 보여주며, 유사 균형이 매우 높은 농도의 유사 부하를 나타내는 하천에 건설된 대형 저수지의 담수구간에서 달성될 수 있음을 나타낸다.

산면샤댐의 저수지 퇴사는 유입되는 물과 유사, 방류용량, 운영 수위에 의존한다. 방류 구조물의 재건설은 방류용량을 현저하게 증가시켰으며, 홍수의 현저한 지체를 방지하기 위해 필요한 시설물을 댐에 제공하였다. 이는 저수지내 담수구간의 유사균형을 유지하는데 중요하다. 이 댐의 운영은 유사 균형을 달성하기 위하여 3회 변경되었다. 최초 모드는 저류이며, 이 모드는 1960년 9월부터 1962년 3월 까지 최초 저수지 담수 기간 동안 채택되었다. 전체 기간 내내 본래 프로젝트 설계에 의해서 가장 높은 저수위에서 운영되었다. 두 번째 모드는 홍수 지체이다, 이 모드는 1962년 3월부터 1973년 10월까지 적용되었다. 이 기간동안 홍수 지체, 유사 방류, 제약없이 물을 방류하기 위해서 저수지가 사용되었다. 저수지는 저수위에서 운영되었다. 홍수기 동안만 홍수를 지체시키고 가능한 가장 큰 유량으로 유사를 배제하면서 운영되었다. 세 번째 모드는 조절된 방류이다. 이 모드는 1973년 11월부터 사용되어 왔으며, 비홍수기(11월부터 6월)에 청수를 상대적으로 저장하고 홍수기(7월-10월)에 탁수를 방류한다. 이기

간 동안 저수지는 높은 운영 수위에서 운영되며, 비홍수기에 관개용수 공급과 발전을 위해 용수를 저장하기 위하여 최대 수위가 322 m와 326 m 사이를 초과하지 않도록 한다. 홍수기 동안 305 m의 저수위에서 저수두 발전과 2,500 m³/s 이상의 홍수로 모든 방류구를 열어 방류한다.

싼먼샤댐에서 발생하고 있는 심각한 퇴사 문제는 주로 다음 요인들 때문이다. ① 본래의 저수지 계획과 설계는 청수를 대상으로 한 기준과 경험에 따라서 시행되었다. 적용된 하천 조절의 원리는 유사 많지 않은 하천의 저수지에서 사용되는 것과 기본적으로 같은 것이었다. 물론, 저수지의 퇴사는 피할 수 없는 것이다. ② 저수지 영역안에 거주민들의 재정주와 관련된 문제들이 과소 평가되었다. ③ 본래 설계에서 댐으로 유입되는 유사 급격하게 감소할 것이라는 기대는 너무 낙관적인 것이었고 비현실적인 것이었다. 침사지는 고지대에 건설될 것으로 제안되었으며, 토양 보전 공사는 15년 이내에 50 % 완료 목표로 계획되었었다. 실행을 통하여 상당한 양의 유사 부하가 짧은 시간 내에 감소할 수 없다는 것이 명백해졌다. 유사로 곤혹스러운 하천에 저수와 침사를 위해서 건설된 저수지는 수자원 개발을 위한 대책이 아니다. 1974년부터 운영 기법에 의해서 방류구 건설과 새로운 운영 모드가 황하의 상황에 적합한 것이 증명되었다. 채택되어 현재 사용되고 있는 운영 모드는 유사 많은 하천에 지어진 대형 댐의 유사문제를 해결하는데 유용한 경험인 것으로 증명되어 왔다. 예를 들어서, 황하의 싘먼샤댐에서 하류로 130 km에 위치한 샤오랑디 프로젝트는 싘먼샤댐의 운영으로부터 얻은 교훈에 기초하여 계획 및 설계되었다. 중국의 양쯔강에 건설되고 있는 삼협댐 프로젝트는 발생가능한 유사문제를 해결하기 위하여 싘먼샤댐에서 개발된 전략과 원리들에 기초하여 설계되었다.

저수위를 조정하는 것 이외에 다른 대응 방안들은 배수영역에서 퇴적을 방지하기 위해 제안되었다. ① 배수영역의 상·하류의 하천구간에서 하천도류공을 설치하는 것이다. 하류도류공 공사는 하천의 형상을 향호하게 유지하도록 하며, 흐름의 유사 운송능력을 증가시킨다. ② 배수영역 근처의 하천은 준설될 수 있다. 실험적 작업이 1996년부터 2001 년 사이에 특별히 제작된 선박에 의해 형성되는 제트류를 사용하여 퇴사를 플러싱하기 위하여 행해졌다. 약간은 긍정적인 효과가 이러한 선박운영 동안에 관측되었다. ③ 토양 보전 기법이 황토 고

원 지역에서 강화될 수 있다. 토양 보전은 저수지에 퇴적된 유사 부하량을 감소시키는데 장기적인 영향을 미칠 수 있다. 그러나 명확한 효과를 보이기 위해서는 장기적인 시간이 소요될 것이다. ④ 싼면샤댐 상류의 하천구간에 침사지가 건설될 수 있다. 이러한 저수지들은 입자가 굵은 유사를 직접 포착하여 싼면샤댐의 유사를 감소시킬 수 있다. 이것들은 더 많은 유사를 운송하기 위하여 인공적인 홍수를 발생시켜서 유사와 수량을 조절할 수 있다.

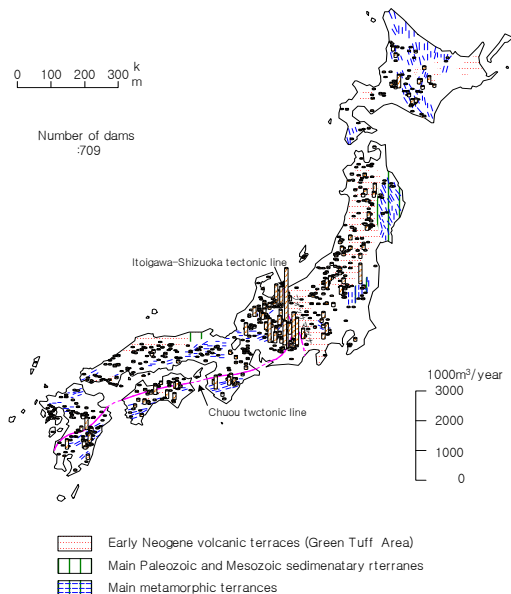
심각한 퇴사가 싼면샤댐의 저수 후에 바로 발생하였고, 이는 저수 용량 감소, 배수 영역에 퇴적 발생, 웨이강 하류의 홍수 위험 등을 초래하였다. 이는 댐의 지속적인 사용을 유지하기 위해서 댐관리를 하기 위한 문제들과 도전들을 내포하고 있다. 방류구 구조물의 재건설은 방류 용량을 증가시켰으며, 이 댐에 홍수가 현저한 유사의 체류 없이 댐을 통과하도록 하기 위해 필요한 장치를 제공한다. 댐 운영의 변화는 저수지 퇴사로 인한 부작용을 최소화하기 위하여 댐 밖으로 유사를 쏟아버릴 정도의 운송능력을 이용하여 댐의 저류 구간을 가로질러 유사 균형을 유지하는데 중요한 역할을 한다. 비홍수기에 상대적으로 깨끗한 물을 저류하고 홍수기에 탁수를 방류하는 조절된 방류 모드를 댐 운영에 적용하는 것은 저수지 기능을 유지하기 위하여 용수와 유사를 모두 관리하는 효율적인 접근 방식이다. 예상하지 않은 유사 문제에도 불구하고 어떤 편익들은 원래 목적 보다 작더라도 댐은 여전히 수계에 홍수조절, 관개, 전력생산 등을 제공하고 있다. 관리 전략을 변화시키는 것은 댐의 지속가능한 사용을 위한 중요한 방법들 중의 하나이다.

댐의 수리학적 특성에 관한 지식이 향상됨에 따라 싼면샤댐은 유사 문제가 있는 하천의 퇴사 관리와 댐 설계를 위한 대형 현장 실험의 역할을 하고 있다. 싼면샤댐의 재건설과 운영으로부터 얻은 교훈은 유사와 많은 하천에 건설된 대형 저수지의 퇴사문제를 적절하게 해결하여 댐의 지속가능한 이용을 달성하기 위한 귀중한 자료다. 싼면샤댐으로 유입하는 유사 입자가 주로 실트 사이즈라는 것이 지적되어야 한다. 따라서 싼면샤댐에서 얻은 경험은 대하천의 중류 및 하류 구간에 건설된 대형 댐들에 전형적으로 적용이 가능하다. 상류에 위치한 저수지들은 저수지 상류에 퇴적되는 경향을 나타내는 현저한 양의 굵은 자갈들 때문에 다른 퇴사문제를 가지고 있다. 따라서 굵은 유사를 플러싱하기 위

해 쇠약한 용량 때문에 산면사댐의 해결책들은 이러한 경우들에는 적용성이 없을 것으로 사료된다. 산면사댐의 퇴사 제거를 통해서 얻은 교훈은 ① 댐으로 유입되는 유사의 장기간 경향을 올바르게 추정하기 위해서 필수적임, ② 댐에서 다양한 수위(특히 저수위)에 대한 충분한 방류 용량은 홍수 방류와 장기적인 저수지 보전을 위한 유사의 제거를 조장하기 위해 기본적인 필요사항임, ③ 유사의 유입과 방류 상이의 균형을 유지하고 저수지의 저류용량을 유용하게 유지하기 위해서는 댐 운영을 위한 조절 방류 개념으로 용수와 유사를 조절하는 것이 필요함 등이다.

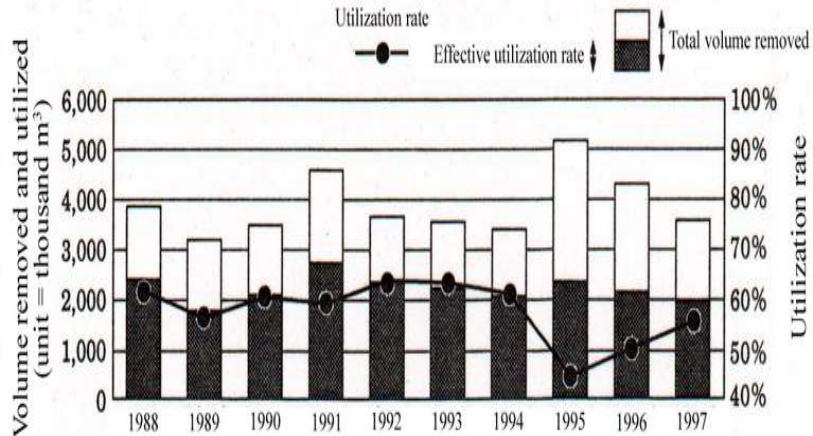
(4) 일본의 저수지 퇴사관리

일본에서는 1980년대부터 총저수용량이 1 백만 m^3 이상인 댐에 대하여 매년 비홍수기에 저수지 퇴사 측량이 실시되며, 이를 통하여 산정된 저수지 퇴사량이 정부에 보고된다. 그림 3-11은 1996년 까지의 평균 연퇴사량의 분포를 나타낸 것이다. 709개 댐을 조사한 결과, 대규모 퇴사가 발생하고 있는 댐들은 일본의 대표적인 지각관인 Itoigawa-Shizuoka 지각관과 Chuou 지각관에 분포하고 있다. 이들 지역들은 침식이 용이한 곳이다.



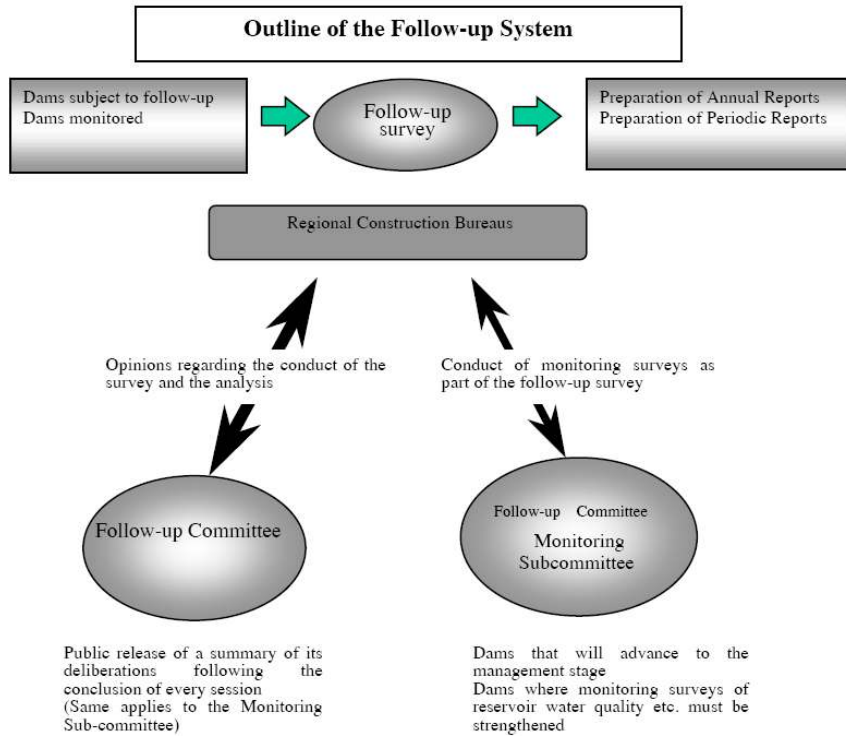
<그림6-30> 일본의 저수지 퇴사량 분포(Kashiwai, 2004)

연간 저수지에 퇴적된 퇴사량은 약 20 백만 m^3 정도이며, 그림 3-12와 같이 연간 약 3.9 백만 m^3 정도가 제거되고 있다. 제거된 퇴사의 약 60 %정도가 건설자재, 제방 재료 등으로 효과적으로 사용된다.



<그림6-31> 저수지 퇴사의 연간 제거 비율 및 양(Kashiwai, 2004)

일본의 건설부 하천국에서는 1997년부터 댐 및 수자원 시설물을 관리하기 위한 사후관리 시스템을 시행해왔다. 사후관리 시스템은 댐, 위어, 호수 등에 적용이 되며 이들의 기능과 환경에 대한 영향을 보다 과학적인 분석법으로 조사하기 위하여 시행되었다. 사후관리 시스템은 그림 3-13과 같이 지역 건설국의 댐 운영 실적, 저수지 환경 및 지역사회에 대한 영향 등을 포함하며, 사후관리 위원회는 조사 활동에 대한 조언을 하며, 모니터링 소위원회는 모니터링 조사를 시행한다. 이러한 조사 결과는 매년 연차 보고서로 공개된다.

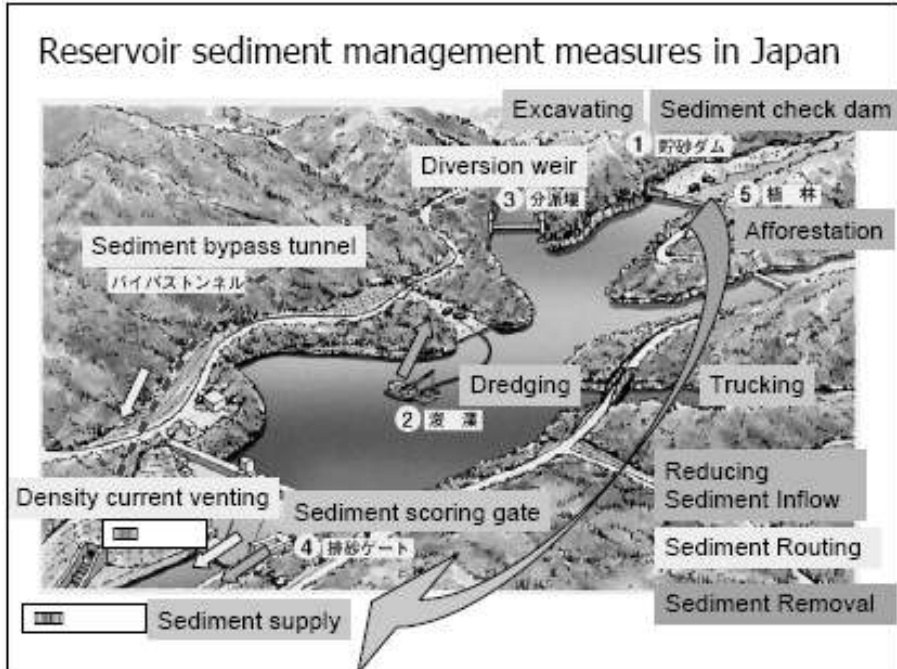


<그림6-32> 일본의 수자원 시설물 관리를 위한 사후관리 시스템(Takeuchi와 Harada, 2000)

사후 관리 시스템에서는 표 3-1과 같이 수질 조사, 하천 환경 조사, 퇴사 조사, 수자원 구역의 통계조사, 홍수 조절 및 용수 공급 활동 평가 등의 조사항목을 포함한다. 특히, 저수지 퇴사 조사에서는 저수지 연퇴사량과 하상변동 상태를 조사하여 보고한다. 이와 같은 저수지 퇴사 조사에 의한 자료는 계획된 퇴사 수준을 초과하는 퇴사관리, 퇴사 평가 방법의 개발, 퇴사에 대한 대책 수립, 저수지 상류의 하상 상승 및 하류 하상 저하 문제 해결 등에 활용된다.

일본의 퇴사 관리는 해당 저수지에 적합한 대책들을 통합하여 관리하는 방법이 적용되고 있다. 그림 3-14는 저수지 퇴사에 대한 통합관리를 나타낸 것으로 대상 저수지 상류유역에서 발생하는 토사유출을 억제하기 위하여 사방댐의 건설, 산림녹화, 유로변경 위어 및 우회수로의 건설 등이 시행되고 있다. 또한, 저수지 내 퇴사를 저감하기 위하여 준설, 즉시배사와 강제배사 등을 실시한다.

저수지 퇴사 측량을 통해서 이와 같은 대책들의 효과를 평가한다.



<그림6-33> 일본의 저수지 퇴사 관리 대책(Sumi, 2008)

표 3-1. 일본 댐 및 저수지의 사후 관리 시스템 주요 조사 항목
(Takeuchi와 Harada, 2000)

조사	조사 항목	조사 내용
수질 조사	환경 기준	Cadmium, 납 등과 같은 건강관련 성분
		BOD, COD, DO 등
	탁도 및 부영양화 관련 항목	탁도
		Chlorophyll-a, T-P, T-N
하천환경 조사	어류 및 조개류 조사	저생 생물 서식 상태
	플랑크톤 조사	식물성 플랑크톤 및 동물성 플랑크톤 서식 상태
	식물 조사	식생 상태
	조류 조사	조류 서식 상태
	양서류, 파충류, 포유류 조사	양서류, 파충류, 포유류 서식 상태
	해충 조사	곤충 서식 상태
퇴사 조사	퇴사 조사	연퇴사량, 하상 변동 상태 등
수자원 구역의 통계조사	댐 저수지의 이용 상태에 대한 현지 조사	제방 이용자 수 (산책, 스포츠 등)
	수자원 구역에 대한 인구 조사	수면 사용자 수 (낚시, 보우팅 등)
		수자원 수역내 시, 마을, 도심지들의 인구수 조사
홍수조절 및 용수공급 활동평가	홍수 조절 활동	유입량, 저류량, 방류량
		홍수 조절 효율성
	용수공급 활동	하천 유황, 용수 공급량
		용수 공급 시설로서 역할

(5) 타이완의 저수지 퇴사 측량

타이완에서는 총저수지 저수용량이 제한적이기 때문에 퇴사로 인한 저수지의 용량 손실이 중용한 문제가 되고 있다. 또한, 미국에 비해 더 높은 평균 유수량 때문에 매년 상대적으로 높은 저수지용량 손실이 발생하고 있다. 이러한 상황을 극복하기 위해 저수지 재측량의 간격은 저수지 및 유역의 특성을 고려하여 결정하고 있다. 저수지 및 유역 특성에 따라 저수지 재측량 간격은 1년 정도로 짧을 수 있으며, 고농도의 유사가 유입되고 특정한 저수지에서는 저수지의 상태에 영향을 미치는 주요 폭우사상들을 고려하여 재측량 간격이 결정된

다. 일반적으로 더 높은 유사농도의 유량이 유입하는 소형 저수지들은 용량이 더 크고 유사량이 더 적은 미국의 저수지들 보다 더 짧은 재충량 간격으로 저수지의 내용적을 측량하고 있다(Yen, 1999).

부록

- A1. 저수지 내용적 측량 기준
- A2. 저수지 내용적 측량용 자율항법 시스템 사용자 매뉴얼
- A3. 저수지 내용적 자료관리 시스템 사용자 매뉴얼
- A4. 자율항법 제어프로그램 Source Code

A1. 저수지 내용적 측량 기준

저수지 내용적측량 작업표준(안)

[수심측량방법 : GPS 이용 음향측심기(echo-sounder)]

2003. 9

한 국 농 어 촌 공 사

저수지 내용적측량 작업표준(안)

[수심측량방법 : GPS 이용 음향측심기 echo-sounder]

1. 측량기준

1.1. 기준점측량

- 건교부 국립지리원 기준점 활용 원칙
- 내용적측량 특성상 여수토상단(만수위) 표고를 기준표고로 하여 저수지 주변 지형여건에 따라 석항 또는 기존시설물로 기준점 조표
- 사용측량기 : total-station

1.2. 육상수준측량

- 현장내 기설치된 수준점(기준점) 또는 TBM 활용
- 사용측량기 : 전자레벨

1.3. 수면 직접수준측량

- 현장내에 설치한 수준점에서 수심측량시 직접수준측량으로 수면평균표고를 산출하여 수심도를 작성
- 사용측량기 : 전자레벨

2. 측심기준(GPS를 이용한 수심측량)

2.1. 개요

- DGPS(육상고정국)을 육상부 기준점에 설치
- 측량선에 GPS(이동국) 및 echo-sounder(음향측심기) 설치
 - 음향측심기의 성능기준 (수심 100m 이하)
- 사용측량기 : GPS, 음향측심기

항 목	성 능
가 정 음 속 도	1500m/sec
발 진 주 파 수	90kHz ~ 230kHz
송 수 파 기 의 지 향 각	반감반각 8°이하
기 록 지 속 도	20mm/min 이상
최 소 눈 금	0.2m 이하
기 록 정 도	$\pm(0.1 + \text{수심} \times 10^{-3})\text{m}$

2.2. 수심기 영점조정 실시

- 수심경정 방법
 - 측심기의 기계적오차 및 수중음파속도의 변화 등에 의한 수심 경정은 바-체크(bar-check)법에 따름
 - 바-체크는 1일 1회 저수지의 최심부에서 행하는 것으로 함
 - 바-의 심도는 송수파기를 기준으로 심도 31m미만은 2m마다, 31m이상은 5m마다 측정하여 올릴 때와 내릴때의 평균치로 정함

2.3. 체인을 따라 측량선을 유도/이동하여 평면위치(X,Y)와 수심(Z) 측량

- 측심방법
 - 송수파기는 선체의 중앙부근에 설치
 - 수심은 수직측심치만을 채용함 단, 다소자측기를 사용할 때 자측심의 경사각이 5°이내의 경우는 그 측심치를 채용할 수도 있음
 - 측심기록은 0.1m까지 또는 최소눈금의 1/2까지 읽는 것을 원칙으로함
 - 음측기록의 수심은 저수지 바닥의 표면인 최저수심을 읽어야 함 (바닥에 부니층이 있는 경우도 그 부니층 표면의 수심 값을 채택함)
 - 음측기록상 이상이 있어 판단하기 어려울때는 재측하여 확인
 - 측량선이 접근하기 곤란할 때는 레드 또는 기타 방법을 병용
 - 구조물 전면의 측방측심은 원칙적으로 방충재로부터 1m까지 직각방향으로 측정함
- 측심간격
 - 20~40m 기준
 - 수심이 급격하게 변동되는 곳은 위 기준보다 조밀하게 실시
- 측심선방향
 - 가능한 예측되는 등심선과 직각에 가까운 방향으로 측심선 방향 결정
- 측량선 속도
 - 안전운항속도, 항선위치 결정 시간격, 음향펄스의 반복주파수 및 수상조건을 고려하여 결정
 - 일반적으로 10km/hr 이하

2.4. 검측선

- 검측선(조사선) : 수심측량의 성과를 검토하기 위하여 설정하는 측심선

- 검측선과 일반측심선의 교점의 수심값을 비교하여 측심성과의 불량여부를 판단할 수 있으므로 검측선은 가능한 각 측심선과 직교하도록 설정
- 각 교점의 수심차는 측심값 자체 및 보정량에 의한 차이와 함께 위치결정의 오차도 포함될 수 있음
- 수심차가 일반적인 오차의 범위를 초과할 경우, 재측 또는 보측을 실시

4. 성과품 작성 및 납품

4.1. 작성기준

- 보고서는 3부를 기준으로 함
- 수심측량 program을 사용하여 작성할 것
- 모든 도면은 CAD 작업으로 작성할 것
- 모든 보고서, 자료 및 도면은 CD로 작성 납품할 것

4.2. 성과품 내역

- 수심측량 기록측정 야장
- 항적도
- 수심도
- 격자수심도
- 등고선도
- 횡단도
- 저수지 내용적 곡선도

※ 참 고

: 본 용역은 측량인원 및 측량업무(외업/내업)를 수행할 측량기기, 집기, 비품 및 공구, 운영비, 발주자가 요구하는 검측에 소요되는 비용 등 일체의 제비용을 포함한 금액으로 함

덧붙임 : 공공측량표준작업규정(건설교통부고시 제94-519호)

공공측량표준작업규정(수심측량)

[건설교통부고시 제94-519호('94.12.20)]

제99조(수심측량)

- ① 수심측량이라 함은 횡단측량의 측선상의 좌우양안 물가에 말뚝을 설치하고 하상의 수심을 측정하는 작업을 말하며 측정간격은 5m를 원칙으로 한다.
- ② 수심측량을 행한 경우에는 양수표에 의하여 수위를 관측하여야 하며, 하구부등에서는 필요한 경우 가양수표를 설치하여야 한다.

제100조(수심측량의 방법 및 정도)

- ① 수심측량은 측심추에 의한 직접법 또는 음향측심법에 의하여 행한다.
- ② 측심정도의 기준은 **별표24**에 의한다.
- ③ 측심위치의 측정은 와이아로프 등에 의한 직접 측정법, 육분의에 의한 후방교회법, 트랜싯에 의한 전방교회법, 전자측위장치에 의한 변장교회법 등에 의하여 행한다.
- ④ 하구의 수심측량중 하천부분의 측선간격은 50m를 표준으로 한다.
- ⑤ 바다 부분의 수심측량의 범위는 다음 각호에 계기한 바에 의하여 측선간격은 50m내지 100m로 한다.
 1. 종단방향 : 해당구간의 양외측 100m까지
 2. 횡단방향 : 해안은 수심 20m까지

제101조(수심측량의 성과)

수심측량성과의 종류는 관측수부, 기록지, 방안지원도, 트레이싱원도 및 청사진도로 구분한다.

제102조(전자파측거의에 의한 기준점 측량)

전자파측거의에 의한 기준점 측량이라함은 전자파(전파 또는 광파)의 정속도 전파특성을 이용한 전자파측거의를 사용하여 거리의 측정을 행하는 측량을 말한다.

제103조(주요 기계 기구)

전자파 측거의에 의한 기준점 측량에 사용되는 주요 기계기구는 별표25에 의한다.

제104조(전자파 측거의에 의한 기준점 선점조건)

- ① 전자파측거의에 의한 기준점 측량중 선점의 일반적인 조건은 제8조 및 제 47조 내지 제48조의 규정에 준하여 행하며, 특별한 조건은 별표26에 의한다.
- ② 전자파 측거의를 사용할 경우에는 주국, 종국의 전방 약 50m 및 범폭 10도의 범위내에는 전자파 장애물(함석, 철골, 수분이 많은 나뭇잎 등)을 가급적 피하여야 하며, 시통선은 가급적 지면보다 높아야 한다.

제105조(수평각 및 연직각 관측)

각 관측에 사용되는 기계 및 관측제한은 별표27에 의한다.

제106조(기상보정)

- ① 전자파측거의에 의한 거리관측을 행하는 경우에는 기상보정을 하기 위한 기압, 습도 및 기온을 측정하여야 한다.
- ② 기상관측은 관측전후 2회에 걸쳐 행하며 그 평균치를 채택한다.

제107조(기계의 검정)

- ① 전자파 측거의는 사용전후에 가설 기선에 의하여 비교검정을 행하여 그의 교차가 $30cm + \frac{\text{거리}(cm)}{30만}$ 이내가 되도록 하여야 한다.
- ② 기상 및 편심 보정요소의 관측에 사용되는 스텔테이프, 기압계, 통풍 건습계 등은 그의 보정상수가 명확하여야 한다.
- ③ 축전지는 충전이 완료된 것을 사용하여야 한다.

제108조(전자파측거의에 의한 관측의 방법)

- ① 거리의 측정은 1측정에 대하여 제1개략 제1정거리관측, 제2정밀관측 및 제2개량관측의 순으로 한다. 이 경우 개략관측이라 함은 측점간의 개략거리를 m정도까지 측정하는 것을 말하며 정밀관측이라 함은 측점간의 거리를 m까지 측정하는 것을 말한다.
- ② 기계내부의 전압, 전류, 전력 등은 관측 착수전에 조성하여야 한다.

- ③ 기상상황(기압, 온도, 습도)의 측정은 제1개략 관측전과 제2개략관측후의 2회의 관측을 행하며 평균치를 채택한다.
- ④ 관측제한은 **별표28**에 의한다.
- ⑤ 재측은 관측제한을 넘은 것에 대하여 하되 다음 각호의 정하는 바에 의한다.
 - 1. 개략관측 및 정밀관측시의 조내의 재측은 1조 전부를 재측한다.
 - 2. 정밀관측의 경우 교차가 크고 재측하여도 바로 되지 않을 경우에는 관측위치를 편심하여 관측한다.

제109조(편심보정, 방향각, 좌표 및 표고의 계산)

편심보정, 방향각, 좌표 및 표고의 제한은 **별표29**에 의한다.

(별표24)

수심측량의 측심정도

종 별		정도	적용
정기횡단, 저수류량관측		±15cm	
기타횡단	급류	±30cm	
	완류	±20cm	
호(湖), 댐		±(10 + h cm/100)	h = cm

(별표25)

주요기계기구

전파측거리를 사용할 경우			광파측거리를 사용할 경우		
명 칭	수 량	적 요	명 칭	수 량	적 요
전파측거리 주국 종국	1조	털루로메타 또는 이렉트로 테이프	광파 측거리	1대	지오디메타등
			반사기	1개	
바이브콘버너	2조		우엣지	1	
축전지	4조	2개는 예비	바이브콘버너	1	
충전지	1		전압변환기	1	
트란싯트	1		축전기	1	또는 발전기
각(다리)	4		충전기	1	
목표판	4		트란싯트	1	
무선전화기	1조		각(다리)	4	
온도계	2	통풍부	목표판	4	
습도계	2	통풍부	무선전화	1조	
기압계	1		온도계	1	
			기압계	1	
테스타	1		테스타	1	

(별표26)

전자파측거의에 의한 선점조건표

건 명	기준삼각측량	보조다각측량 기준다각측량	보조다각측량
여점이 되는 기설점 등급	4등급△이상	기준 △ 이상	기준 △ 이상 기준 ◎ 이상
여점수	3점 이상	3점 이상	3점 이상
망의형	망(X, Y, A, H)	망, 부득이할 경우 단선	망, 부득이할 경우 단선
절점수 (전파측거의)	△~5절점~△	망, △~10절점~△ 단선, △~7절점~△	망, △~12절점~△ 단선, △~10절점~△
절점수 (광파측거의)	△~8절점~△	망, △~10절점~△ 단선, △~7절점~△	망, △~15절점~△ 단선, △~10절점~△
측점간 거리	300m~3,000m	전파, 200m~3,000m 광파, 100m~3,000m	전파, 200m~3,000m 광파, 100m~3,000m

주) △ : 삼각점, ◎ : 다각점

(별표27)

전자파측거의에 의한 관측제한표

건명	기준삼각측량			보조다각측량 기준다각측량			보조다각측량		
트란싯트성능	2초독 이상			12초독 이상			12초독 이상		
수평각 관측의 제한	대회	배각차	관측차	대회	배각차	관측차	대회	배각차	관측차
	2	15"	8"	2	36"	24"	2	50"	40"
연직각 관측의 제한	대회	기계상수차		대회	기계상수차		대회	기계상수차	
	1	15"		1	36"		1	60"	

(별표28)

전파측거리에 의한 관측회수 및 관측제한

건명		기준삼각측량	보조삼각 기준다각	보조다각
관측 회수	조관측 세트수	2세트	2세트	2세트
	정관측 세트수	2세트	2세트	2세트
	정관측 대회수	10대회	5대회	5대회
관측 제한	조관측 세트수	±3	±3	±3
	정관측 1세트내	50cm	75cm	100cm
	정관측1, 2세트중수	5cm	7cm	7cm

(별표29)

방향각, 좌표, 표고의 제한

건명	기준삼각측량	보조다각측량 기준다각측량	보조다각측량
방향각제한	$n : \text{측점수}$ $5'' + 6'' \sqrt{n}$	$10'' + 15'' \sqrt{n}$	$20'' + 15'' \sqrt{n}$
좌표	$10\text{cm} + 7\text{cm}\sqrt{S}$	$10\text{cm} + 10\text{cm}\sqrt{S}$	$10\text{cm} + 15\text{cm}\sqrt{S}$
표고	$10\text{cm} + 5\text{cm}\sqrt{m}$	$10\text{cm} + 5\text{cm}\sqrt{m}$	$10\text{cm} + 5\text{cm}\sqrt{m}$

주) 단, n는 측점수, S : 폐합하는 거리(km), m : 변수

과업지시서

【공사관리 저수지 내용적측량】

1. 과업명

- (농업기반공사 김해·양산지사 관리) 진례저수지 외 8개 저수지 내용적측량

2. 과업목적

- 공사관리 저수지 내용적 파악
- 효율적 저수지 유지관리 체계 구축
- 저수지 준설 등 각종 사업의 종합계획 수립을 위한 기초자료 구축

3. 과업기간

- 계약체결후 77일('03. 09. 15 ~ '03. 11. 30)

4. 과업내용

과업범위

- 저수지 내용적에 영향을 미치는 만수위선 이하

사용장비

- 수심측량은 GPS(또는 Total-station) 및 수심측정기 사용

기준점

- 건교부 국립지리원 기준점 활용

측량밀도

- 수심측량은 저수지 체체 중심축의 중앙에서 세운 저수지 내측 법선을 기준하여 종/횡 방향 20~40m 간격으로 일정하게 측정
- 수심측량 전에는 바체크를 실시하여 수심측정기를 보정한 후 작업에 착수하여야 하며 측량 후에도 바체크를 실시하여 보정된 값의 이상유무를 반드시 확인

정확도

- 수심측량의 위치정확도 : $\pm 1.0\text{m}$ 이내
- 수심측량의 수심정확도 : $\pm(10\text{cm} + Z/1,000)$ 이내
- 점의조서(X, Y) 좌표는 6위 까지 표기하고 수심(Z)의 단위는 m로 하되 소수점 2자리까지 표시한다

□ 내용적 산출

- 격자수심도 및 등고선도 작성후 저수지 최저표고부터 만수위까지 산출

5. 과업수량

- 수심측량은 저수지 제체 중심축의 중앙에서 세운 저수지 내측 법선을 기준하여 종/횡 방향 길이에 따라 상이
- 상기 기준선 측점에 따라 종/횡 방향으로 20~40m 격자를 구성하여 수심측량 실시

6. 과업 수행방법

- 계약자는 용역착수 전에 착공계, 세부공정표, 현장대리인계 등 본 업무에 종사할 부분별 책임자의 자격증명서를 제출하고 승인을 받아야 함
- 계약자의 과오나 준비미비 등으로 조사사항에 하자가 있을 경우에는 계약자 부담으로 해당 과업을 재실시하여야 함
- 계약자는 과업수행 중 또는 종결 후 발주처의 확인작업에 언제라도 응하여야 하며 이에 따른 별도의 용역비 지급은 없음
- 과업수행상의 모든 업무는 적격 기술자가 실시하여야 하며 모든 성과에는 조사자 및 작성자의 서명날인이 있어야 함
- 성과품 제출후 용역감독원에 의한 해당 성과확인작업을 위하여 점검점을 설치하여야 함
- 과업수행에 필요한 측량선비용 등 모든 경비는 용역단가에 포함됨

7. 보안 및 안전관리

- 본 과업을 수행함에 있어 인지되는 사항 및 성과품 등 모든 자료는 일체 대외비로 하며, 이의 위반시는 관계법규에 의한 처벌과 행정상의 불이익 처분에 대한 일체의 책임을 져야 함

- 계약자는 본 과업을 수행함에 있어 관계법규에 의한 안전수칙의 준수 등 안전사고 예방에 유의하여야 하며 안전사고 발생시 계약자가 해결하여야 함

8. 성과품 제출

- 저수지 평면도(1/1,200~1/5,000도) 3부
- 수심기록지 3부
- 격자수심도 3부
- 등고선도(1/1,200~1/5,000 수치지형도에 1.0m 이하 간격으로 작도) 3부
- 내용적물량 산출표(표고-면적-내용적-누가내용적 표시) 3부
- 내용적도(표고별 내용적 곡선도) 3부
- 기타(항적도, 종단도, 횡단도 등) 각3부
- 모든 도면은 CAD 작업으로 작성할 것
(또는 도면 최종작업 성과품은 CAD로 변환하여 제출)
- 성과품 완료후 모든 자료는 CD로 제출

9. 기타사항

- 과업지시서 및 작업규정에 명시되지 않은 과업수행상 필요한 사항은 용역 감독원의 지시에 따름
- 용역감독원은 용역업무에 대하여 수시로 점검 및 검사를 실시할 수 있으며 계약자는 이에 필요한 제반 장비 및 자료를 제공하여야 함

덧붙임 : 과업 대상 저수지별 과업수량 내역

댐 퇴사량조사 과업지시서 표준안

2002. 10

한국수자원공사

I. 일반과업지시서

1. 과업명 : 00 댐 퇴사량조사 용역

2. 과업의 목적

이 용역과업은 00 댐의 저수지 퇴사에 대한 특성을 실측 조사하고 저수지 용량 재검토, 배수위 계산, 퇴사특성조사, 저수지 퇴사량 예측 모형 적용에 대한 검토를 함과 아울러 저수지 지형도를 제작하여 향후 효율적인 댐운영 관리 및 수자원기초자료를 활용하는데 목적이 있다.

3. 과업대상지역

00 댐 일원

4. 주요 과업내용

- 4.1 수치지도작성 : 00.0km²
- 4.2 기준점측량 : 000개소
- 4.3 2급수준측량 : 000km
- 4.4 하천횡단측량(수심측량 포함) : 000본
- 4.5 저수지면적, 용량산출 및 배수위계산 : 1식
- 4.6 퇴적물 특성 조사 : 1식
- 4.7 보고서 및 성과품 제출 : 1식

5. 과업수행기간

이 용역의 과업기간은 착수일로부터 00개월(000일간)로 하고, 계약상대자는 계약일반 조건 제18조의 2항, 제19조, 제24조 및 다음의 경우에 사장 또는 그 위임을 받은 자에게 서면으로 계약기간의 변경을 청구하여야 한다.

- (1) 관계기관과의 협의 및 검토가 관계기관의 사유로 지연되었을 때
- (2) 민원발생에 의해 조사업무 수행이 불가능할 때

6. 설계변경조건

계약일반조건 제15조, 제16조, 제17조 및 다음의 경우 계약대상자는 이 과업을 감독원("감독원"이라 함은 사장으로부터 감독에 관한 업무를 위임받아

수행하는 자를 말한다. 이하 같다.)과 협의하여 변경할 수 있다.

- (1) 계약내용에 따른 이행수량에 의한 정산변경시
- (2) 과업의 범위 또는 내용이 당초 계획과 변동이 있을 때
- (3) 민원발생에 의해 조사업무 수행이 불가능할 때

6. 주요업무의 사전승인 등

계약상대자는 다음사항에 대해서는 사전에 감독원의 승인을 받아 과업을 수행하여야 한다.

- (1) 사업수행계획서 및 착수신고서의 내용변경
- (2) 주요조사내용 및 방침의 설정 또는 변경
- (3) 관계기관과의 협의사항
- (4) 기타 감독원의 지시나 계약상대자의 판단에 따라 승인 받아야 할 사항

8. 과업수행 및 공정보고

8.1 착수신고서 제출

8.1.1 계약일반조건 제13조 1항의 규정에 의하여 계약상대자가 과업착수시 제출할 착수신고서와 이 착수신고서에 포함하여 제출할 서류의 내용과 서식은 다음 각호와 같다.

- (1) 착수신고서 (별지 제1호 서식)
- (2) 사업수행계획서
- (3) 인력(장비)투입계획서
- (4) 세부공정계획서
- (5) 단위과업별 성과품 제출계획서
- (6) 사업책임기술자선임신고서(별지 제2호 서식)
- (7) 사업수행조직표
- (8) 건설기술 경력사항 확인서
- (9) 참여기술자 인적사항, 참여과업내용 및 참여예상기간(별지 제3호 서식)
- (10) 참여기술자의 보안각서(별지 제4호 서식)

8.1.1 계약상대자는 상기 8.1.1항의 착수신고 서류 5부를 감독원에게 제출하여 승인을 받아야 하며, 감독원의 착수신고서 접수일로부터 10일

이내에 승인여부를 계약 상대방에게 통보하여야 한다.

8.2 계약문서의 사본제출

계약대상자는 착수신고서 제출시 계약서, 기술용역 입찰유의서, 기술용역 계약일반조건, 기술용역 계약특수조건, 과업지시서, 산출내역서, 대표자보안각서 등을 합본한 계약문서의 사본 5부를 감독원에게 제출하여야 한다.

8.3 월간지도보고

계약대상자는 과업수행기간중 다음사항을 포함한 월간신도보고를 매월 말일을 기준으로 하여 다음달 5일까지 사업책임기술자의 확인을 받아 감독원에게 제출하여야 한다.

- (1) 과업추진내용 및 공정현황
- (2) 각종 도서수발현황(승인사항 포함)
- (3) 과업수행상 중요 문제점 및 대책
- (4) 참여기술자 현황
- (5) 다음달 과업수행 계획

8.4 중간보고

계약상대자는 감독원의 요구가 있거나 다음 각각의 경우에는 관련자료를 제출하고 담당 분야별 책임기술자로 하여금 설명토록 하여야 하며, 감독원의 지시사항(구두 및 서면지시 포함)에 대하여 성실히 수행하고 조치 결과를 서면으로 제출하여야 한다.

- (1) 주요 단계별 과업이 종료되었을 때
- (2) 분기 1회 이상의 중간보고시
- (3) 주요계획 및 방침의 설정과 변경시

8.5 민원 및 인·허가

계약상대자는 과업을 수행하기 위하여 토지의 사용 및 벌목 등으로 인한 민원 또는 행정처분이 발생치 않도록 민원 및 대관 인·허가 업무를 수행하여야 한다.

8.6 관계기관 협의

계약상대자는 관계기관 협의 등 조사기간중 수공이 시행하는 업무를 충실히 지원하여야 하며, 수공의 요구에 필요한 경우 수공을 대행하여야 한다.

9. 용역감독 등

9.1 용역감독

수공은 이 과업을 수행함에 있어 수시로 계약상대자에 대하여 다음의 계약관련 업무내용을 확인·감독할 권한을 가지며, 계약상대자는 이에 적극 협조하여야 한다.

- (1) 기술인력 동원현황
- (2) 설계도서 작성현황 및 업무수행상태
- (3) 기타 확인에 필요한 사항

9.2 용역점검

수공은 설계품질 확인 및 용역업무수행에 대한 정기 또는 수시점검을 실시할 수 있으며 특별한 사유가 없는 한 계약상대자는 감독원과 협의하여 지적사항을 시정하여야 한다.

9.3 자료의 제공

본 과업의 원활한 수행을 위하여 감독원은 아래와 같이 용역에 필요한 관련자료를 비치하여 계약상대자가 요구시 제공하여야 한다.

- (1) 00다목적댐 기본계획조사보고서
- (2) 00다목적댐 기본설계보고서
- (3) 00다목적댐 실시설계보고서
- (4) 00다목적댐 지질 및 건설재료원 조사보고서
- (5) 00다목적댐 공사지
- (6) 00댐 퇴사량조사 보고서
- (7) 해당유역 유역조사 보고서
- (8) 댐의 조사·설계당시 하천측량, 배수위 및 수리계산 자료

10. 계약상대자의 책임

10.1 계약상대자의 책임범위

계약상대자는 수공의 승인을 받아 작성한 도서라 할지라도, 그 내용이 미비하거나 과오나 오류 등으로 인한 과업수행상 발생한 모든 하자에 대하여 계약상대자의 책임이 면제되는 것은 아니며, 계약상대자는 용역준공 후에도 이러한 사항에 대한 수공의 수정·보완요구가 있을 때에는 계약상대자 부담으로 시정·조치하여야 한다.

10.2 성과품에 대한 재조사 등

이 과업수행에 있어 감독원이 조사과정 및 성과를 인정할 수 없다고 판단할 경우 재조사를 요청할 수 있으며 계약상대자는 이에 따라야 하고, 이에 따른 소요비용은 계약상대자가 부담하여야 한다.

10.3 문서의 기록비치

계약상대자는 이 과업을 수행함에 있어 발생하는 관계기관과의 협의사항, 수공의 지시 및 조치사항 등 과업추진에 따른 주요내용을 문서로 작성·비치하여야 하며, 수공의 제출요구가 있을 경우에는 이에 따라야 한다.

10.4 안전관리의 의무

계약상대자는 관계법규에 의한 안전수칙의 준수 등 안전관리에 최선을 다하여야 하며 계약상대자의 과실이나 부주의로 인하여 발생하는 사고 및 손해에 대하여 책임을 지야 한다.

10.5 법률준수의 의무

계약상대자는 이 과업을 수행함에 있어 관계법률에 저촉되는 행위로 인한 모든 피해사항에 대하여 책임을 지야 한다.

11. 기술 심의(필요시)

계약상대자는 이 사업의 수공의 기술심의를 과업완료 2개월전에 요청할 수 있도록 심의에 필요한 제반자료를 작성·제출하여야 하며, 심의결과 지적사항에 대하여는 이 과업에 반영·조치하여야 한다.

12. 용역대사의 지급

이 과업지시서와 기타 계약문서에 특별히 기술하지 않는 한 용역대가는 산출내영서상의 계약금액으로 한다. 단, 산출내영서상의 단가항목에 대하여는 이행수량의 증감에 따라 정산한다.

13. 보안 및 비밀유지

13.1 보안관계 법규의 준수

계약상대자는 이 과업이 국가중요사업인 점을 인지하고 정부 또는 수공이 정한 모든 보안관계법규 등에 저촉되는 일이 없도록 세심한 주의와 의무를 다하여야 하며, 이의 불이행으로 인한 모든 책임은 계약상대자가 져야 한다.

13.2 과업성과품 발간시 유의사항

계약상대자는 설계도서, 중간 및 최종보고서 등 과업성과품을 감독원과 협의하여 내용의 중요도에 따라 대외비로 분류, 관리하여야 하고 분류되는 자료의 발간시는 감독원과 협의하여 정부에서 인가한 비밀문서 발간업체에서 발간하되 계약상대자는 발간과정에 입회하여 원지, 폐지 등을 회수·소각하여야 한다.

13.3 보안관리의 책임

계약상대자는 관련법규에 의해 보안관리에 최선을 다하여야 하며 계약상대자의 과실이나 부주의로 인하여 발생한 손해에 대하여 책임을 져야 한다.

14. 용어의 해석

과업지시서상의 용어해석에 차이가 있을 경우에는 감독원과 계약상대자가 상호 협의하여 결정하여야 한다.

15. 용역수행자의 자격 및 교체

- (1) 본 과업의 책임기술자는 수자원분야 기술자로 한다.
- (2) 이 과업에 참여하는 기술자는 충분한 학력, 경험 및 자격을 갖추어

야 하며, 감독원이 과업의 적정한 수행에 부적격하다고 판단되는 경우, 그 교체를 요구할 수 있으며 계약상대자는 이에 따라야 한다.

- (3) 이 과업에 참여하는 기술자가 퇴직 혹은 기타 다른 사유로 과업을 수행할 수 없을 때에는 그와 동등한 자격을 갖춘 기술자로 즉시 교체하고 감독원의 승인을 받아야 한다.

16. 과업수행자의 실명화

16.1 용역감독원의 실명화

감독원은 책임 있는 용역감독을 위해 계약상대자가 제출하는 최종보고서에 감독을 수행한 감독원의 업무내용을 수록케 하고 계약상대자는 이에 따라야 한다.(별지 제5호서식)

16.2 용역참여기술자 실명화

계약상대자는 건설기술관리법 제23조 2에 의거 보고서 및 제계산서 등 최종성과물에 참여한 기술자의 업무내용을 구체적으로 기재하여야 한다.
(별지 제6호서식)

II. 일반과업지시서

1. 현황조사

계약상대자는 이 과업을 수행하기 위하여 가능한 한 소유역별로 구분하여 다음 항목을 문헌조사(댐 설계보고서, 유역조사보고서, 토양도, 녹지자연도 등) 또는 현지조사를 통하여 입수·분석함으로써 주요 퇴사 발생 예상지점 등 퇴사량조사 시행 전에 조사대상 유역특성 및 조사 지점의 현장상황을 충분히 인지하여야 하며, 필요시 감독원이 지시하는 부분에 대하여 추가로 조사하여야 한다.

(1) 유역의 개황

- 년유출량, 년평균 강수량, 강우강도, 기왕 최대홍수량 등
- 댐 상류유역의 식생, 토지이용, 토질, 지형, 하상재료, 하천 밀도 및 지질특성 등 유역특성자료

(2) 댐 건설당시의 측량 성과 등 과업수행에 필요한 사항

(3) 댐 운영상황(저수위, 유입량, 방류량, 여수로 월류량등)

2. 작업계획 수립

(1) 과거 댐 설계시 및 기존 퇴사량조사시의 측량성과, 표석매설 위치 등을 측량 계획을 수립한다.

(2) 작업구역 인근에서 과거에 시행하였거나 및 현재 시행중인 측량에 관한 정보를 파악하여 작업계획을 수립한다.

(3) 측량에 필요한 GPS 장비, 음향측심기 등은 작업전에 점검하여 이상유무를 확인한다.

(4) 계약상대자는 과업수행중 사용되는 검사장비, 측정장비 및 시험장비에 대하여 검·교정대상을 파악하여 검·교정을 실시하고 그 현황을 제출하여야 한다.(별지 제7호 서식)

3. 수치지도 작성

(1) 국립지리원의 1/5,000 도화원도와 금회 실시한 하천횡단측량 성과를 이용하여 본댐 정상표고 EL.000.0m 로부터 댐높이의 110%를 가산한 높이 이하를 수치지도로 작성하며, 조정지댐도 포함하도록 한다.

- (2) 수치지도작성은 수치지도작성작업규칙(건설교통부령 제17호 1995.5.29) 및 수치지도작성작업내규(국립지리원내규 제71호 1995.6.15)에서 정하는 바에 의하여 실시한다.
- (3) 수치지도내에는 표석의 위치와 하천횡단측량시의 횡단측선을 명기하여야 한다.
- (4) 현장측량 작업 전 댐상류 구조물, 취수구, 배수위 등을 고려한 세부공정 계획서를 제출하여 감독원의 승인 후 수치지도작성, 기준점측량, 하천횡단측량 작업 등을 시행하여야 한다.

4. 표석 및 경계말뚝 설치

- (1) 횡단측량을 위해 양안에 설치하는 표석은 평상시 유지관리가 용이하고 활용가치가 높은 지역에 대해 선택적으로 설치한다.
- (2) 표석설치 지점 외 횡단측량 측선상의 양안 지점에 대하여는 경계말뚝을 설치한다. 단 수심측량만을 실시하는 횡단측선에 대해서는 설치하지 아니한다.
- (3) 위 (1), (2) 항 및 댐 계획, 조사, 설계시 퇴사량 조사를 위해 설치한 영구표석 위치를 확인하고 유실표석에 대한 복구 계획을 수립 후 표석 설치전에 표석 설치장소, 위치, 개소 등이 명시된 내용을 포함한 세부 측량계획을 별도로 제출한 후 상호 협의하여 시행하며, 변경사항이 있을 경우에는 타당한 사유를 첨부 감독원과 협의하여 시행한다.
- (4) 표석은 저수지 계획홍수위선(E.L 000.0m)에 설치함을 원칙으로 하며, 부득이 한 경우 감독원과 협의하여 상시만수위선(E.L 000.0m)에 매설 하되, 향후 지반침하 및 기상여건 등에 변위나 파손이 없는 지역에 견고히 설치한다.
- (5) 표석의 규격은 15cm × 15cm × 80cm의 화강석 제품으로 한다.
- (6) 표석의 전면에는 「저수구역」 후면에 「한국수자원공사」 우측면에 「00댐」의 글시를 음각하고 균청색으로 도색하여야 하며, 좌측면에는 페인트(분무기)로 표석의 일련번호(No. 000) 및 설치년도를 기입하여야 한다.
- (7) 표석의 글자크기는 3~6cm, 자형의 음각깊이는 0.3cm로 하고 표석 두부 상단에 + 자형 표시를 한다.
- (8) 기설치 표석을 포함한 복구표석 위치 및 기준점 측량성과를 1/50,000 지

형도와 1/5,000 수치지도상에 일련번호와 함께 표기하여야 한다.

- (9) 표석에 대한 점의 조서를 작성하여 표석의 일련번호, 위치, 좌표 및 표고 등을 기록하고, 표석설치 지점부근의 지형스케치 도면 및 사진을 점의 조서에 수록하여 현장에서 쉽게 찾을 수 있게 하여야 한다.

5. 기준점 측량

- (1) 기준점 측량은 수치지도작성 범위내에서 표석의 평면위치 및 좌표를 확인하기 위한 것이며, 기준점 좌표는 퇴사량 조사시 기준점으로 활용한다.
- (2) 표석 기준점 측량은 1급기준점, 3급기준점, 4급기준점 및 2급 수준측량으로 구성한다.
- (3) 4급 기준점을 포함한 일체의 기준점에 대해 감독원의 평면좌표 확인측량 요구시 광파측량 등의 방법으로 확인하여야 한다.
- (4) 본 과업지시서에 명시하지 않는 사항은 측량법, 공공측량표준작업규정, 공공측량의작업규정세부기준(2002.8.3. 건설교통부), 공공측량의작업규정세부기준운용세칙(2002.8.5 국립지리원), GPS에의한정밀1.2차기준점측량작업규정 등 관계정에서 정하는 바에 의하여 실시한다.
- (5) 1급 기준점측량
 - 인근지역에 있는 국립질원의 상시관측소 지점을 연결하여 정확한 좌표를 확보하도록 한다.
 - 향후 00담의 변위 측정 및 GPS 측량의 기준점으로 이용할 수 있도록 지반이 견고하고 GPS의 수신과 유지관리가 용이한 지점을 선정하여 1급 기준점 측량을 실시한다.
- (6) 3급 기준점 측량
 - 4~5km간격으로 위성의 수신이 용이한 지점을 선정하여 3급 기준점 측량을 실시한다.
 - 이 측량은 GPS 장비를 이용하여 실시한다.
 - 기준점의 높이 좌표는 2급 수준측량으로 확인 측량을 실시한다.
- (7) 4급 기준점 측량
 - 본 측량은 1급, 3급 기준점 측량지점을 제외한 표석을 대상으로, 즉담 횡단 측선이 연결되는 점을 대상으로 한다.
 - 표석의 평면좌표는 GPS 장비를 이용하여 절정한다.

·표석의 높이는 2급 수준 측량으로 결정한다.

(8) 2급 수준측량

·본 측량은 기준점 높이를 결정하고 1급, 3급, 4급 기준점의 높이를 확인하기 위해 실시하며 왕복측량한다.

·수준측량의 오차범위는 $5\text{mm}\sqrt{S}$ 이며, S는 편도거리의 km단위이다.

·2급 수준측량의 기본수준점은 조사지역내 국립지리원에서 매설한 1등 또는 2등 수준점을 활용한다.

(9) GPS 측량

·OO담 주변에 GPS 위성의 수신과 장비관리가 용이한 지점으 선정하여 GPS 작업의 기준국으로 사용한다.

·기준국의 좌표는 국립지리원 상시관측소로부터 GPS 장비를 이용하여 도출한다.

·좌표결정방법 : GPS 관측지점답사 및 매설 → GPS 관측 → 자료처리 및 GPS 좌표산출 → 국내측지좌표로 확산, 평균해수면 높이산출

·산출좌표종류 : GPS 좌표계에서 경도, 위도, TM좌표, 높이

국내측지 좌표계에서 경도, 위도, 높이

평균 해수면으로부터 높이

6. 하천횡단측량

6.1 기초자료 조사

(1) 하천횡단측량에 필요한 대상지역의 기초자료(설계시 하천측량 자료, 배수위 검토자료, 댐저수위, 저수지 지형도 1/50,000, 1/25,000등)를 조사 분석하여 하천 주변 및 하상상태를 파악한다.

(2) 측량 관련 장비의 기종 및 정도를 점검하여 이상 여부를 확인하고 검교정 관리대장을 제출한다.

(3) 하천횡단 측량시 평면위치 결정에 필요한 기설치 표석의 좌표를 확인한다.

6.2 하천횡단측량(range-line 방법 적용시)

(1) 수치지도작성 범위 내에서 저수지 양안간 횡단선을 따라서 하천횡단측량을 실시하여 하상변화 상태를 파악하고 하천관리에 필요한 자료를 제공한다. 퇴사영향이 큰 본류 및 지류 말단부 이외의 구간에 대해서는

선박을 이용한 수심측량만을 실시할 수 있다. 단, 저수위의 하락 등으로 선박을 이용한 수심측량을 수행할 수 없는 경우에는 육상부 횡단측량을 실시하여야 한다.

- (2) 6.1항의 기초자료 조사사항에 대하여 본 관업에의 적합 여부를 분석하여 측량에 활용한다.
- (3) OO댐의 계획홍수위선을 따라 저수지의 양안에 설치해 놓은 표석 및 경계말뚝을 상호 연결하는 방법으로 하천횡단측량을 실시하는 것을 원칙으로 하며, 댐정표고에서 댐높이의 10%를 가산한 높이까지 측량하도록 한다.
- (4) 저수구역은 음향측심기(Echo Sounder)를 이용한 수심측량을 실시함을 원칙으로 하며, 현장 여건 및 측량기술의 발전 등을 고려하여 지하투과레이다(GPR ; Ground Penetrating Radar) 또는 탄성파탐사 등의 기법을 이용하여 측량할 수 있다. 이와 관련된 세부사항은 감독원과 협의하여 결정한다.
- (5) 육상구간은 간접수준측량방법에 의해 표고를 구하여 저수구역의 단면과 연결시켜 횡단면도를 작성한다.
- (6) 수심측량시 평면위치의 확인은 인공위성을 이용한 DGPS(Differential Global Positioning System)방법을 사용하여 결정하는 것을 원칙으로 하며, 새로운 측량기술의 적용이 유리하다고 판단될 경우 감독원과 협의하여 조정이 가능하고 상세한 측량방법 및 측량장비에 대한 재원을 보고서에 수록한다.
- (7) 육상부 횡단측량은 비교적 저수위가 낮은 시기에 수행하고, 수심측량의 시기는 홍수기 직후 등 가급적 저수지 수위가 높은 시기에 수행하여 동일 횡단면상의 측량 중복부분을 최대화하여야 한다.
- (8) 하천횡단측량시 종횡단간격은 저수지내 본류를 400m, 5m를 지류 및 본류를 말단부는 200m, 5m 간격을 기준으로 하되, 과거에 측량을 실시하였던 구간을 우선적으로 선정하여 현재 상태와 비교가 가능하도록 하며, 기설치된 표석, 저수지 단면의 변화 특성, 저수지 크기 및 형상 등을 감안하여 계획을 수립, 감독원의 승인 후 결정한다.
- (9) 음향측심기에 의해 작업이 곤란한 지역은 연추 혹은 다른 방법에 의하여 실시하며, 본 과업지시서에 명시하지 않은 사항은 측량법, 공공측량의작업규정세부기준(2002.8.3, 건설교통부), 공공측량의작업규정세부기준

운용세칙(2002.8.5, 국립지리원), GPS에의한정밀1,2차기준점측량작업규정 등 관계규정에서 정하는 바에 의하여 실시한다.

- (10) 상시만수위 이하에 대한 수심평면도(1/5,000) 작성시 5m 간격(주곡선)으로 등고선 평면도로 작성하여야 한다. 음향 측심기 등의 모든 측심 관련 자료와 GPS에 의해 획득된 모든 위치정보 자료는 전산 자료(digital format)로 정리하여 제출하여야 한다.

6.3 하천측량(등고선법 적용시)

- (1) DGPS 등을 활용하여 조사의 위치를 실시간으로 확인하면서 선박을 운행 할 수 있는 경우에 적용된다.
- (2) 조사 선박을 격자상으로 운행하면서 횡단면과 종단면을 동시에 획득할 수 있도록 한다.
- (3) 조사 선박의 속도는 시간당 8km 이하로 설정하는 것을 원칙으로 하며, 감독은 바람 및 파고의 영향 등으로 선박의 직선 운행이 곤란하다고 판단되면 조사를 중지시킬 수 있다.
- (4) 조사 측선 간격 및 측점 간격은, 저수지내 본류의 경우, 각 각 300m, 10m를 기준으로 하며, 지류 및 본류 말단부의 경우, 100m, 5m를 기준으로 한다. 단, 하폭이 좁아 종방향 측선을 2개 이상 확보할 수 없는 경우, 감독과 상의하여 종방향 측선의 간격을 조절하여, 적어도 2개 이상의 종방향 측선을 설정할 수 있어야 한다.
- (5) 6.1항의 기초자료 조사사항에 대하여 본 과업에의 적합여부를 분석하여 측량에 활용한다.
- (6) 저수구역은 음향측심기(Echo Sounder)를 이용한 수심측량을 실시함을 원칙으로 하며, 현장 여건 및 측량기술의 발전 등을 고려하여 지하투과레이다(GPR ; Ground Penetrating Radar) 또는 탄성파탐사 등의 기법을 이용하여 측량할 수 있다. 이와 관련된 세부사항은 감독원과 협의하여 결정한다.
- (7) 육상구간은 간접수준측량방법에 의해 표고를 구하여 저수구역의 단면과 연결시켜 횡단면도를 작성한다.
- (8) 수심측량시 평면위치의 확인은 인공위성을 이용한 DGPS(Differential Global Positioning System)방법을 사용하여 결정하는 것을 원칙으로 하며, 새로운 측량기술의 적용이 유리하다고 판단될 경우 감독원과 협

의하여 조정이 가능하고 상세한 측량방법 및 측량장비에 대한 제원을 보고서에 수록한다.

- (9) 육방부 횡단측량은 비교적 저수위가 낮은 시기에 수행하고, 수심측량의 시기는 홍수기 직후 등 가급적 저수지 수위가 높은 시기에 수행하여 동일 횡단면상의 측량 중복부분을 최대화하여야 한다.
- (10) 음향측심기에 의해 작업이 곤란한 지역은 연추 혹은 다른 방법에 의하여 실시하며, 본 과업지시서에 명시하지 않은 사항은 측량법, 공공측량의작업세부기준(2002.8.3, 건설교통부), 공공측량의작업규정세부기준운용세칙(2002.8.5, 국립지리원), GPS에의한정밀1,2차기준점측량작업규정 등 관계규정에서 정하는 바에 의하여 실시한다.
- (11) 상시만수위 이하에 대한 수심평면도(1/5,000) 작성시 5m 간격(주곡선)으로 등고선 평면도로 작성하여야 한다. 음향 측심기 등의 모든 측심관련 자료와 GPS에 의해 획득된 모든 위치정보 자료는 전산 자료(digital format)로 정리하여 제출하여야 한다.

7. 기준점 측량

- (1) 계약대상자는 배수위 계산에 있어 OO댐의 기준 강우, 유입, 방류량 등 수문관측자료를 이용하여 본류와 지류를 포함하여 댐 설계당시 산정된 빈도별 설계홍수량으로 배수위를 검토한다.
- (2) 배수위 검토시 검토조건(초기수위, 조도계수, 빈도별 홍수량 등)은 설계당시의 동일하게 적용함을 원칙으로 하며, 감독원과 협의하여 조정이 가능하다.
- (3) 부등류 해석 프로그램은 미 공변단에서 개발한 HEC-RAS프로그램을 이용함을 원칙으로 하며, 다른 프로그램을 사용하여 해석결과를 비교 검토한다.
- (4) 배수위 산정 결과를 댐 계획당시 검토된 댐건설 전후 배수위와 비교하고, 당초 수몰 보상선을 초과할 경우 배수위와 수몰보상구간내 지장물 현황을 조사한다.
- (5) 배수위 상승으로 인한 문제점을 검토하고 이에 대한 대책을 수립한다.

8. 저수지 면적 및 용량 산출

- (1) 측량결과로부터 댐 담수시점과 비교하여 저수지 퇴사량을 산정하고, 저

수지 같이방향 및 표고별 퇴사분포 특성을 분석하여야 한다.

- (2) 저수지 용량계산 방법은 가능한 한 설계 당시와 동일한 방법을 사용하며, 본 용역의 하천측량 방법에 따라 용량계산 방법 또한 달라진다.
- (3) 측량결과로부터 최신의 전산 프로그램을 이용하여 저수위 표고 1m간격으로 저수면적과 저수용량을 산출하고 수위·저수용량과 저수면적표 및 Area-Capacity Curve를 작성하되 수위·저수용량 회귀식을 적정한 수위구간별로 제시하여야 하며, 저수량표는 cm단위로 별도 작성하고 건설 당시 자료 및 금회 조사 이전의 조사결과의 비교·분석한다.
- (4) 장래 퇴사량 분포 예측은 가능한 한 하천 또는 저수지 내 퇴사량을 실측하여 얻어진 기존의 유사량 자료를 이용하며, 유사량 측정자료가 부족한 경우 USBR의 경험적 면적감소법(Borland and Miller의 면적감소법)에 의거 퇴사량을 산정하고 ①Flood Pool Index 방법 ② Delta Profile 방법 ③ Area-Increment 방법 ④ Pool Elevation Duration 방법 중 한가지 방법을 선정하여 비교한다. 위 방법들에 대한 자세한 내용은 "U.S Army Corps of Engineers, 1999, EM1110-2-4000 Sedimentation Investigations of Rivers and Reservoirs"를 참조한다.
- (5) 댐 담수시점으로부터 50년, 100년 후 및 차기조사 예정년도의 예측 퇴사량과 댐내분포를 OO댐 설계보고서와 비교·분석하여 유사퇴적에 따른 저수지 운영 관리상의 문제점 및 향후 퇴사 관리 대책을 제시하여야 한다.
- (6) 퇴사량 조사결과에 따라 변화된 저수용량을 고려하여 설계시의 홍수조절방법과 용수공급능력 변화를 검토하고 이에 다른 대처방안을 수립·제시한다.
- (7) 퇴사가 조정지댐 운영에 미치는 영향에 대해서도 문제점을 검토하고 적절한 운영방안을 수립하여야 한다.
- (8) 퇴사분포 형태를 고려한 배사(排沙)방안을 검토·제시한다.

9. 저수지 내 퇴사분포 분석

- (1) 측량결과로부터 댐 담수시점과 비교하여 저수지 종단면도 및 횡단면도를 작성한다.
- (2) 측량결과로부터 각 단면별로 댐 담수시점의 단면과 비교하여 저수지 퇴사 분포 현황을 설명하고 구체적 원인을 제시한다.

- (3) 향후 저수지 유입 퇴사량을 측정하기 위한 퇴사량 관측 계획을 수립·제시한다.

10. 퇴적물 특성 조사

- (1) 댐내 퇴적물의 특성 파악 및 골재로서의 활용가능성을 검토하기 위해 본류 및 지류 주요 구간에 대한 퇴적도 채취 및 분석을 실시하고, 퇴적물의 분포 형태를 제시한다.
- (2) 퇴적도 채취 지점 선정은 퇴사영향이 큰 본류 및 지류의 물꼬리부근을 대상으로 하여, 감독원의 승인 후 시행하여야 한다.
- (3) 퇴적물 채취시 시료가 교란되지 않도록 주의하여 채취하며, 조사대상 저수지의 수심과 퇴적도 두께를 고려하여 중력식 또는 피스톤식 시료 채취 방법으로 한다.
- (4) 채취된 시료에 대한 시험은 수공에 의뢰하여 실시함을 원칙으로 하여야 한다. 다만 수공 사정에 의하여 시험이 불가능하거나 과업의 효율적 수행을 위하여 타기관에 의뢰하는 것이 유리할 경우, 계약상대자는 감독원과 사전 협의하여 공신력이 있거나 시험실적이 양호한 기관 또는 전문가에게 시험을 의뢰할 수 있다.
- (5) 채취된 시료는 20cm 간격의 지층 깊이별로 다음 시험을 실시하여 지층의 깊이에 따른 퇴적토의 특성을 분석하며 분석방법은 한국공업규격(KSF)에 따라 실시하여야 한다.
 - ① 체가름(입도분석), 흡수량(함수비), 비중, 단위중량
 - ② 기타 감독원이 필요하다고 판단된 경우에 유기물 함량조사 추가 등 항목의 조정이 가능하다.

11. 과업성과 보고

- (1) 과업성과 보고시 수심측량, 저수면적 및 용량산출과 관련한 프로그램 활용부분에 대하여는 발주자의 W/S에 관련자료를 수록하여 수치계산 및 도면작성 등 프로그램 이용과정을 상세히 설명하여야 한다.

12. 보고서 작성

- (1) 보고서는 우리공사 건설기술관리규정에 의한 용역완료 2개월전에 제출하여야 하는 기술심의용 보고서(10부)와 기술심의 후 그 결과를 반영한

최종보고서로(40부) 구분된다.

- (2) 과업의 모든 성과품은 수공관련규정에 의거 작성하되, 수공이 보유중인 사어정보관리시스템(PIMS)에 활용 가능하도록 CD-ROM으로 제작하여 제출하여야 한다.
- (3) 조사지역 현황, 상세한 조사절차 및 측량절차를 알 수 있도록 사진과 VIDEO로 촬영, 필름을 포함한 사진첩과 이 사진들에 대한 CD-ROM, VIDEO TAPE를 제출하여야 한다.
- (4) 최종보고서 작성은 수공의 “설계도서작성기준”을 참고하고 감독원과 본문, 표지등의 양식, 보고서 목차등에 대하여 감독원과 상호 협의후 작성, 제출한다.
- (5) 향후 일관성 있는 조사를 효율적으로 수행하기 위하여 <표 1>과 같은 조사요약표를 작성한다. 작성 항목과 방법에 대한 세부사항은 “U.S Army Corps of Engineers, 1999, EM1110-2-4000 Sedimentation Investigations of Rivers and Rrservoirs” 및 ”Bereau of Reclamation, 1999, Reservoir Sedimentation Survey Manuar”을 참조하며, 작성시 주요 유의사항은 다음과 같다
 - 자료작성시 추정값 또는 거정치를 사용할 경우 * 표시를 자료 측면에 표시하고 작성양식 하단에 추정값을 사용했다는 표시를 명시한다.
 - 표시를 분명히 하고 특이 사항을 표기하고자 하는 경우 주석을 사용하고 주석내용은 44번 항목에 표시하여 향후 조사시에도 혼란이 없도록 한다.
 - 작성항목 28 ,29, 33, 34, 36, 37 작성시 상시만수위 또는 홍수위를 기준으로 작성했는지를 분명히 한다.

다목적댐 퇴사량조사 지침

1. 총 칙

1.1 목 적

이 지침은 다목적댐 관리규정 제9조의 규정에 의해 다목적댐 퇴사량조사에 관해 필요한 사항을 정함을 목적으로 한다.

1.2 적용범위

다목적댐 퇴사량을 조사함에 있어서 다른 법령 및 규정에 정한 경우를 제외하고는 이 지침이 정하는 바에 의한다.

1.3 정 의

이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 다음 각 호와 같다.

- 1.3.1 “퇴사량”이라 함은 저수지로 유입된 유사중 저수지 바닥에 퇴적된 양을 말한다.
- 1.3.2 “비퇴사량”이라 함은 단위기간(1년), 단위 유역면적(km²)당 저수지에 퇴적하는 유사의 양(m³/km²/yr)을 말한다.
- 1.3.3 “배수위”라 함은 댐등 하천공작물로 인하여 상승한 상류 하천수위를 말한다.
- 1.3.4 “수치지도”라 함은 지형·지물·지명 등의 각종 지형정보등을 수치화한 후 전산시스템을 이용하여 이를 분석·편집 및 입·출력할 수 있도록 제작된 수치지형도·수치주제도 등을 말한다.

1.4 조사개요

퇴사량 조사는 댐 담수이후 퇴사로 인한 댐내 지형변화를 주기적으로 조사하여 저수지 운영에 필요한 기초자료를 확보하기 위하여 실시한다.

1.5 조사구역

조사대상 구역은 댐(본 댐 및 조정지댐)계획홍수위 이하 저수구역 및 댐으로 인한 배수위 영향이 미치는 유입하천 부분이다.

1.6 조사주기

조사는 댐 담수 후 매 10년 주기로 실시하며, 실측 퇴사량이 설계퇴사량을 초과할 경우는 매 5년마다 실시한다. 단, 댐관리자는 유역상황 변화나 대규모 홍수발생시 조사구간 및 조사내용을 정하여 추가조사를 실시할 수 있다.

1.7 조사수행

퇴사량 조사는 측량법 제39조에 의한 공공측량업, 연안조사측량업, 수치지도제작업 면허와 엔지니어링 기술진흥법 제4조에 의한 수자원개발 전문면허를 가진 업체가 수행하여야 하며, 조사에 필요한 면허보완을 위해 2개사 이상의 업체가 공동수행할 수 있다.

1.8 조사시기

퇴사량이 현지조사(이하 「조사」라 한다)중 육상부 횡단측량은 비교적 저수위가 낮은 시기에 수행하고, 선박을 이용한 수심측량은 저수위가 비교적 높은 시기인 홍수기가 끝난 후 신속히 실시하여 동일 횡단면상의 측량 중복부분을 최대화하여야 한다.

2. 조사방법

2.1 측량

- 2.1.1 조사구역 전체에 대해 본류는 400m, 본류 말단부 및 지류는 200m를 기본으로 하여 계획홍수위선을 기준으로 유수에 직각방향으로 횡단면을 설정하고 횡단측량을 실시하여야 한다.
- 2.1.2 횡단측량은 댐정표고로부터 댐높이의 10%를 가산한 높이까지 실시하여야 한다.
- 2.1.3 횡단면상의 측정간격은 5m를 기준으로 하되 지형 변동부분은 추가로 조사하여야 하며, 퇴사량 조사 측량단면은 항상 동일하여야 한다.
- 2.1.4 횡단면은 댐내 각종 취수구와 댐구역내의 구조물(교량, 보등) 및 지류등을 고려하여 선정하여야 한다.
- 2.1.5 본 지침에서 정하지 않은 측량 관련 세부사항은 측량법 및 공공측량 표준작업규정등 측량관련 법령 및 규정을 따르도록 한다.

2.2 수심측량

퇴사로 인한 육상부 지형변동이 적고 사면침식이 활발하지 않은 분류 및 지류 횡단면에 대해서는 선박을 이용한 수심 측량만을 실시한다. 다만, 저수위의 하락등으로 선박을 이용한 수심측량을 수행할 수 없는 경우에는 육상부 횡단측량을 실시하여야 한다.

2.3 육상부 횡단측량

계획홍수위선을 기준으로 저수구역 양안을 연결하는 횡단면에 대해 수상 구간을 제외한 육상부는 거리 및 수준측량에 의한 횡단측량을 실시하여야 한다.

2.4. 경계표석 설치

2.4.1 횡단측선의 기준점으로 저수구역 양안에 설치하는 경계표석은 평상시 유지관리가 용이한 지역의 계획홍수위 부근에 선택적으로 매설한다.

2.4.2 퇴사량 조사시 설치된 경계표석은 매년도마다 설치상태를 조사하여 당해 연도 관리연보에 수록하여야 한다.

2.5 퇴적물 조사

2.5.1 분류 및 지류의 말단부근 퇴적물에 대해 다음 각호의 사항을 한국공업규격(KS)에 따라 시험하여 퇴적물 특성을 조사하여야 한다.

- (1) 비중 및 흡수량
- (2) 체가름
- (3) 단위중량

2.5.2 퇴적물 조사시 퇴적물의 골재로서의 활용가능성과 입도별 분포상태를 조사하여야 한다.

2.6 수치지도 작성

국립지리원에서 발생하는 축척 1:5,000인 수치지도를 기본으로 조사구역 전체에 대해 횡단측량성과를 반영하여 수치지도를 작성하여야 한다.

3. 조사결과의 활용

3.1 저수용량곡선 산정

3.1.1 수치지도의 등고선을 이용하여 댐 저수위대 저수용량 및 저수면적관계를 결정하고 이를 곡선식으로 산정하여 다음 각 호의 시스템등에서 사용되고 있는 저수용량 곡선식을 수정하여야 한다.

- (1) 실시간 물관리 자료구축시스템
- (2) 이수관리시스템
- (3) 저류함수모형
- (4) 저수용량곡선을 사용하는 모형 및 시스템 등

3.1.2 저수용량 곡선식은 저수위별 저수용량 산정결과를 회귀분석(Regression Analysis)하여 실측치의 오차가 최소화 될 수 있도록 저수구간별로 산정하여야 한다.

3.2 수치지도 작성

국립지리원사량은 댐설계시 결정된 계획홍수위선을 기준으로 한 총저수용량과 비교하여 산정하고, 비퇴사량은 퇴사량을 유역면적 및 댐 담수 시작년도로부터 조사가 실시된 연도까지의 경과년도로 나누어 구하여야 한다.

3.3 장래 퇴사분포예측

댐 담수이후 50년, 100년 후 및 차기 조사년도의 댐내 퇴사분포를 예측하고 다음 각 호의 취수구에 미치는 영향을 검토하여야 한다.

- 3.3.1 발전용수 취수구
- 3.3.2 생·공·농업용수 취수구
- 3.3.3 비상방류설비 취수구 등

3.4 배수위 검토

3.4.1 횡단측량결과와 댐 설계홍수량을 기준으로 설계당시 검토조건(초기수위, 조도계수, 지류 홍수량, 해석방법)을 이용하여 배수위를 산정하고 다음 각 호의 사항을 조사하여야 한다.

- (1) 댐 설계당시 검토된 댐건설 전후 배수위와의 비교

(2) 배수위와 수몰 보상선 사이의 지장물 현황

3.4.2 배수위와 수몰 보상선 및 지장물 위치를 수치지도에 표시하고, 지장물 현황은 별도의 대장으로 작성하여야 한다.

3.4.3 배수위 상승으로 인한 문제점을 검토하고 이에 대한 대책을 수립하여야 한다.

3.5 댐운영 영향 검토

3.5.1 퇴사로 인해 변화된 저수용량을 고려하여 아래와 같은 사항을 검토하고, 적절한 대책을 제시하여야 한다.

(1) 홍수조절능력

(2) 용수공급능력

(3) 조정지댐 운영방안

3.5.2 퇴사분포 형태를 고려한 배사(排沙)방안을 검토하여야 한다.

3.6 성과품 작성

본 조사의 성과물은 다음과 같으며 별표와 같은 요약표를 보고서에 수록하여야 한다.

3.6.1 보고서 및 보고서 수록 CD-ROM

3.6.2 측량성과

- 기준점 및 수준측량 : 관측수부, 점의조서, 계산부, 성과표(망도 포함)

- 하천측량 : 종횡단면도, 관측수부, 평면도

- 수치지도 : 수치지도 파일 및 관리대장

3.6.3 퇴적물 조사

- 시굴주상도, 지층단면도, 골재 매장량 계산표, 실내시험 성과표

3.6.4 기타

- 배수위검토 프로그램 입출력자료

- 지장물 현황 조사 대장등

3.7 자료관리

조사성과에 대해서는 성과물별로 다음 각 호의 시스템을 활용하여 관리하여야 한다.

3.7.1 수치지도 관리공급시스템

- 조사구역전체에 대한 축척 1:5,000 수치지도

3.7.2 수자원관리 종합정보시스템

- 조사구역내 중·횡단면도, 횡단면 좌표, 경계표석 좌표, 저수위대 저수용량과 저수면적 표 및 곡선식

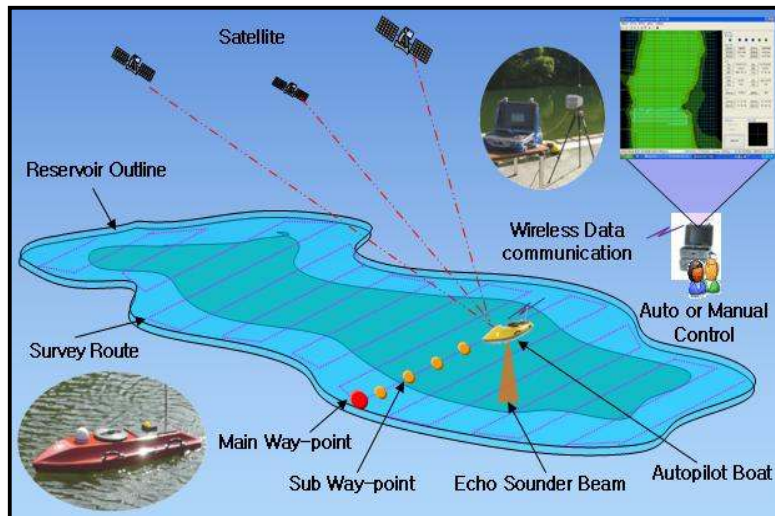
3.8 설계 및 시공시 조치사항

다목적댐 설계시 장래 일관되고 효율적인 퇴사량조사가 수행될 수 있도록 측량위치 및 방법등이 포함된 퇴사량조사 계획을 수립하여야 하며, 시공시에는 퇴사량 조사계획에 따라 기준점 설치 및 기본 조사를 실시하여야 한다.

부 칙

1. 이 지침은 2002년 11월 1일부터 시행한다.

저수지 내용적 측량을 위한 무인 자율운항 탐사 시스템 사용자 매뉴얼



Version 1.0

1. 일반

1.1 정의

1.2 범위

2. 제품 사양

2.1 Boat Part

2.2 Land Part

3. 사용 방법

3.1 사용 전 설정 및 확인 사항

3.2 사용자 화면

3.3 외곽 경계 생성 및 외형 탐색 운항

3.4 자율항로 생성

3.5 자율항로 제어

3.6 보트 수동 제어

3.7 실시간 항로 및 데이터 모니터링

3.8 배터리 감시 및 회기

3.9 전방 감시 카메라

4. 기타 사항

4.1 시스템 관리 및 유지

1. 일반

1.1 정의

본 시스템은 음향 측심 센서에 의한 저수지 내용적 측량을 수행하기 위한 무인 자율운항 탐사에 관한 시스템이다.

1.1 범위

무인 자율운항 탐사 시스템은 자율 항법 기술 및 음향 측심 기술로 설계되어 저수지 하저면의 지리 정보 획득에 사용 한다.

2. 제품 사양

자율항법 무인탐사선은 크게 탐사선 파트와 육상 파트로 크게 구분이 된다. 두 파트는 자율항법 SW 알고리즘 및 내용적 측심을 수행하기 위하여 보트 파트의 음향 측심 센서, 모션센서, DGPS, 추진체, Wireless 무선 모듈, IP Camera 및 Processing Unit 으로 구성 되어 무선 네트워크를 통하여 무선 모듈 및 육상 유닛으로 구성된 육상 파트로 측심 데이터를 전송 한다.

2.2 Boat Part

탐사선 파트는 저수지를 자율운항 또는 원격 조정에 의한 선체 운항 시스템으로 지정된 위치로 이동하기 위한 추진체와 수심측량을 위한 음향측심센서, 탐사선 위치를 파악하기 위한 DGPS, 탐사선을 감시, 제어하는 제어 컨트롤 모듈, 임의 장애물을 회피하고 선체 전방을 감시 및 모니터링 하기 위한 IP 카메라 모듈 및 육상 통신을 위한 무선 통신 모듈로 구성되어 있다.



<그림 2-1> 보트 파트 선체 외관

<표 2-1> Boat Part Physical Characteristic

Item	Value
- Material	Fiberglass Reinforced Plastics
- Body Size	1,830 × 600 × 330 (L×W×H, mm)
- Weight	39kg (Not included Battery)
- Operating Distance	1,500m Max
- Operating Speed	1.0m/s normal
- Operating Hour	~3hrs @12V/55Ah
- Power	DC 12V
- Boat Radio Control interface	40.830MHz High-performance 9-ch/SPCM-ABC&W type receiver, PCM
- Data link interface	2.4GHz Air Live WH-5410G-30 /30PA, IEEE 802.11g Standard 54 Mbps (108Mbps in Super G mode) 30dBm (1W)
- Data link Antenna	9.5dBi Omni-Directional
- Pedestal	Material: Aluminum Weight: 9kg Size: 1,930 × 665 × 580 (L×W×H, mm)



<그림 2-2> 보트 선체 메인 전원 SW Box

<표 2-2> Thrusters

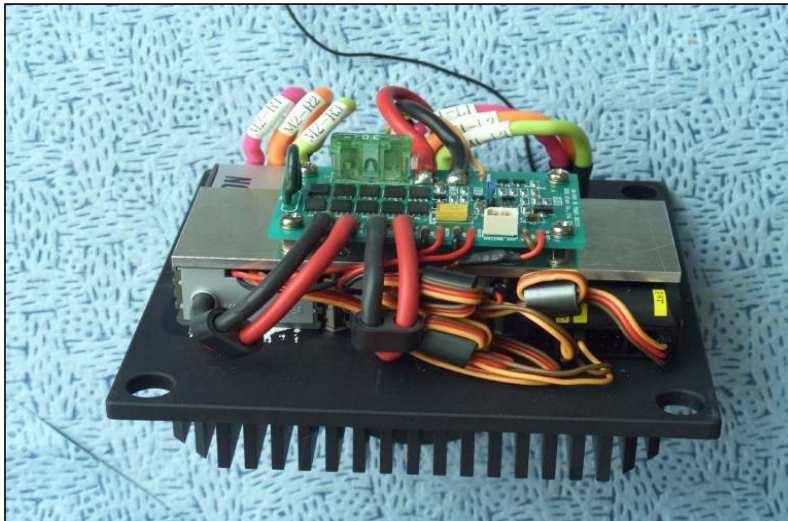
Item	Value
- Construction	Aluminum, Deep Anodizing, Waterproof Housing
- Motor Type	Brushless, 12V, 3000rpm



<그림 2-3> 추진체 외관

<표 2-3> Motor Control Unit

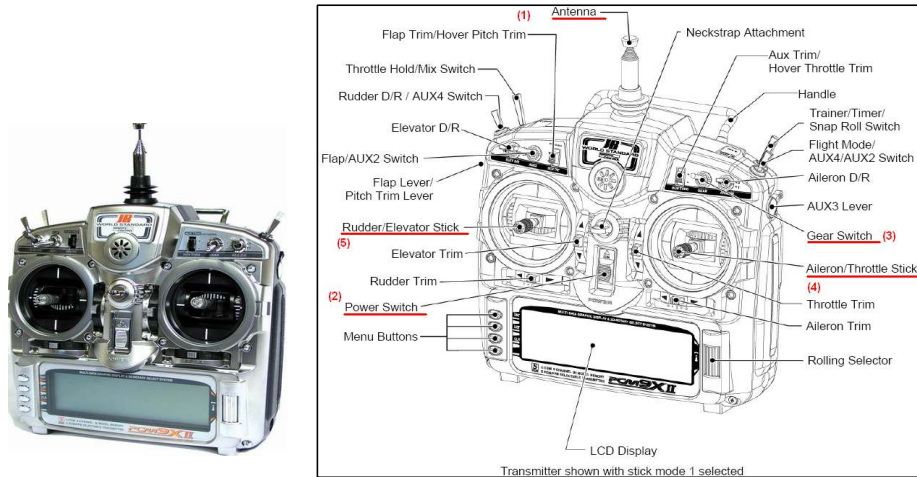
Item	Value
- Type	High-powered Brushless Electric Speed Controller
- Continuous	80A (@Full throttle, 25°C)
- Surge	120A/design spec 200A(@10 secs)
- Low Voltage Cut-Off	Automatic
- High temperature Cut-Off	about 110~120°C



<그림 2-4> 모터 속도 제어기 형상

<표 2-4> JR Propo PCMV2

Item	Value
Frequency	- 40.830MHz
Receiver Type	- High-performance 9-ch/SPCM-ABC&W type receiver
Range	- A narrow band ceramic filter for high-signal selectivity



<그림 2-5> RC 조지기 형상

<표 2-5> Power Distributor

Item	Value
Type	<ul style="list-style-type: none"> - Electronic MOSFET Power Switch - Automatically Shutdown OS PC before
Voltage Protection	<ul style="list-style-type: none"> - Opposite Input Voltage Protect - Forced Turn OFF Power after 75 seconds after Switch OFF, (if PC Hang) - Low Voltage Protect (10.5V-“PowerON” allow, 9V-“PowerOFF”)
Voltage Supervision	RS-232

<표 2-6> Power Supply

Item	Value
DC/DC Converter Module	IDD-936260A
Input	9VDC~36VDC
Output	12V@3A (Max.), 5V@10A (Max.)
Max. Output Power	60W

<표 2-7> PC System

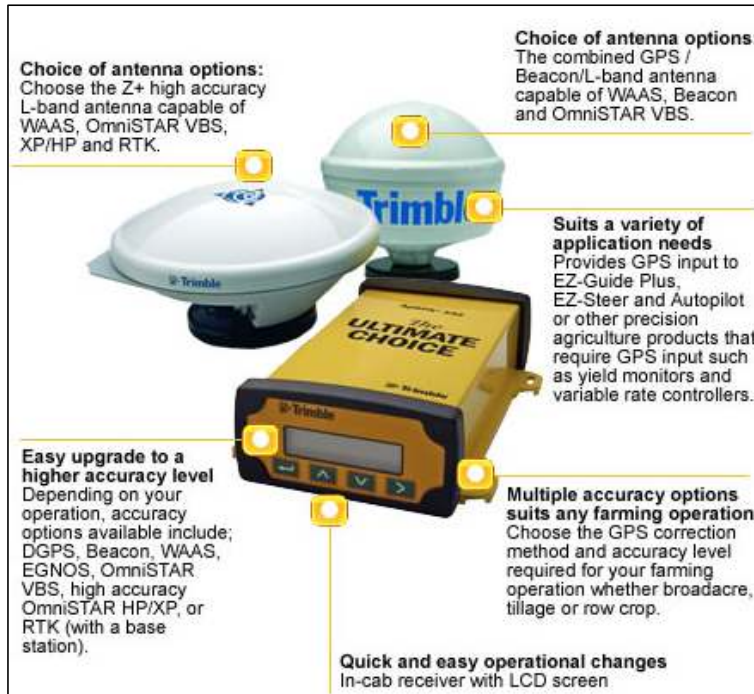
Item	Value
Motherboard	<p>EPIC NANO-9452, Socket M Intel® Core™2 Duo, Core™ Duo/Solo with 667MHz FSB with Intel® Core™ Duo/Solo Processor, System Chipset Intel® 945GM + ICH7M System Memory 1 x 200-pin DDR2400/533MHz upto 1GB SATA II, Dual PCIe, GbE, CF Type II, IDE, USB 2.0 and Audio Display: Integrated in Intel® 945GM to support CRT ,Dual 18-bit LVDS LCD panel Power Supply 12V only, AT/ATX support Power Consumption +12V @3.01A (Intel® Core™ 2 Duo 2.0G, 1GB DDR2 533MHz) Temperature Operation: 0 ~ 60° C (32 ~ 140° F) Dimension 165 (L) mm x 115 (W) mm Weight GW: 800 g; NW: 260 g</p>
CPU	Intel Core 2 Duo 2.0GHz T7200
Memory	SO-DIMM, 512MB
HDD	SATA, 2.5', 80GB



<그림 2-6> PC System 형상

< 表 2-8 > Differential GPS

Item	Value
Channels	12-channel, parallel tracking (10-channel when tracking WAAS)
Update Rate	1 Hz default, 5 Hz max
Horizontal Accuracy	<1 m 95% confidence (DGPS*)
Accuracy	<5 m 95% confidence** (autonomous, no SA)
Dimensions	203 mm L x 125 mm W x 51 mm H (8.0" L x 4.9" W x 2.0" H)
Weight	0.80 kg (1.76 lb)
Input Voltage Range	9.2 to 48 VDC
Communications	Serial ports: 1 full duplex, 1 RTCM input Interface Level: RS-232C Baud Rates: 4800, 9600, 19200 Protocol: NMEA 0183
CDA-3 Antenna	GPS Freq.Range: L1 (1575 MHz \pm 20 MHz) GPS LNA Gain: 27 dB L-band Freq.Range: 1525 to 1585 MHz L-band LNA Gain: 28 dB Beacon Freq.Range: 283.5 to 325 kHz Beacon LNA Gain: 34 dB Dimensions: 141 mm dia x 127 mm H (5.57" dia 5.00" H) Weight: 0.478 kg (1.1 lb) Input Voltage: 5.0 to 15.0 VDC Input Current: 50 to 60 mA Operating Temp.: -40°C to +85°C Storage Temp.: -40°C to +85°C Relative Humidity: 100% condensing
Environmental	Operating Temperature: -32°C to +74°C Storage Temperature: -40°C to +85°C Humidity: 95% non-condensing EMC: FCC Part



<그림 2-7> DGPS 수신기 및 안테나 형상

<표 2-9> Wireless Lan

Item	Value
Type	Outdoor Wireless LAN AP/Bridge
Frequency Band	2.4 GHz, OFDM
Data Rate	54 Mbps (108 Mbps in Super G Mode)
Transmission Power	30dBm(1W)
Antenna	9.5 dBi, Omni-Directional, 25 degree vertical, N-Male, 381mm
Transmission Rates	- 11, 5.5, 2, and 1 Mbps, with auto fallback - 11g Orthogonal Frequency Division (64QAM, 16QAM, QPSK, BPSK)
Multiplexing	Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS)
Dimensions & Weight	165 X135 X 100 mm (2kg)
Environmental Requirements	- Operating Temperature: -20o to 70oC - Storage Temperature: -30o to 80oC - Humidity: 5% to 95%, non-condensing



<그림 2-8> Wireless Lan AP 형상

<표 2-10> Echo Sounder

Item	Value
Frequency	200kHz, Bandwidth at 2R more then 10khz
Beam angle	-3dB (Approximatly) Beam Form
Beam Form	Cone
Side Lobe Level	Less than -20dB
Front / Back Ratio	Less than -30dB
Aperture Window Size	φ35.0mm, 볼트 체결: 간격 49mm
The quality of the material	All Urethane Body



<그림 2-9> 음향 측심 센서 및 제어보드 형상

<표 2-11> IP Camera

Item	Value
Camera	<ul style="list-style-type: none"> - 1/3" Sharp CCD sensor, 420TVL - AGC, AES, AWB - Electronic shutter: 1/60 - 1/100000sec (NTSC), 1/50 - 1/100000sec (PAL)
Lens	6.0mm, F1.8
Video Compression	<ul style="list-style-type: none"> - MPEG-4, Motion JPEG - Adjustable Bitrate (64Kbps to 2048Kbps), Quality and Bitrate
Video Resolution	- Up to 30 frames at 704x480 (NTSC)
Video Streaming	Simultaneous MPEG-4 & MJPEG (Dual Streaming) Supports Unicast & Multicast Supports 3GPP/ISMA RTSP (Real Time Streaming Protocol)
Power	12V DC, 1A, Max 6W
Operating Environment	0° - 50 °C (32° - 122°F) Humidity 20 - 80% RH (non-condensing)



<그림 2-10> IP Camera 형상

2.3 Land Part

육상 파트는 사용자 인터페이스(GUI), 측량 사전 계획 수립 및 측량 사후 처리를 위한 컨트롤 모듈, 탐사선과의 네트워크 통신을 위한 무선 통신 모듈 그리고 자율운항 알고리즘이 탑재된 SW 등으로 구성 되어 있다.

<표 2-12> Deck Control Unit

Item	Value
Motherboard	IB880 Socket 479 Pentium®MSBC w/ Intel®855GME5.25-inchEmbeddedBoard Memory type Two DDR DIMM sockets, supports DDR200/266/333MHz, max. 2GB, supports ECC function VGA Intel®82855GMEintegratedVGA SupportsCRT&LVDS(24-bit) TMDS/DVIsupport(forIB800Fonly) LAN ICH4integratedLANcontroller(10/100Mb,forIB 880)+optionalIntel®82541GIGigabitEthernetco ntroller(optionforIB880F) PowerConnector 20-pinATXtype SystemVoltages +5V,+12V,-12V,5VSB Dimensions 203mmx146mm(7.99"x5.74")
Serial Data Interface	RS-485, 1250000 bps
Keyboard	Industrial keyboard with Touchpad
Monitor	High Luminance 15inch LCD Display
Power	DC 24V, 120 watts maximum
Connectors	Towfish, WLAN, GPS, DC24V Power
Portable Hard Case	Weather tight Pelican 1520 Case
Size	490 X 380 X 185 (mm)
eight	14kg

<표 2-13> Battery Box

Item	Value
Portable Hard Case	Weather tight Pelican 1520 Case
Size	490 X 380 X 185 (mm)
Weight	26kg
Battery	24V, 26A*h
Charger	220VAC Input 24V, 5A Output



<그림 2-11> Deck Control Unit 및 Battery Box 형상

<표 2-14> Wireless Lan

Item	Value
Type	Outdoor Wireless LAN AP/Bridge
Frequency Band	2.4 GHz, OFDM
Data Rate	54 Mbps (108 Mbps in Super G Mode)
Data link Antenna	9.5dBi 9.5 dBi, Omni-Directional, 25 degree vertical, N-Male, 381 mm
Transmission Outdoor Protection	The Outdoor Protection Package allows the bridge to be located outdoors, where it may be subjected to wind, rain, and snow
Transmission Rates	- 11, 5.5, 2, and 1 Mbps, with auto fallback - 11g Orthogonal Frequency Division (64QAM, 16QAM, QPSK, BPSK)
Power Over Ethernet	PoE reduces power-cable installation expenses and increases location options by carrying both data and power to the bridge through a single Ethernet cable
Dimensions & Weight	165 X135 X 100 mm (2kg)
Environmental Requirements	Operating Temperature: -20o to 70oC Storage Temperature: -30o to 80oC Humidity: 5% to 95%, non-condensing



<그림 2-12> Deck Control Unit 형상

3. 사용 방법

3.1 사용 전 설정 및 확인 사항

3.1.1 배터리 상태 확인

무인 자율항법 시스템을 구동하기 위해서는 보트 유닛 및 육상 유닛의 배터리의 충전 상태를 확인해야 한다. 보트 유닛의 배터리의 용량은 12Vdc 55A로 만 충전 상태 시 운용 시간은 약 4시간이며 만일 배터리의 방전 시간을 초과하여 운용 할 경우 추가 배터리로 교환해야 한다.

3.1.2 보트 유닛 및 육상 유닛 전원 상태 확인

보트유닛 및 육상유닛의 Power S/W ON 시 육상유닛에서 Windows XP 운영체제가 정상적으로 동작하는지 확인하고, '원격 데스크탑 연결' 기능으로 IP Address (xxx , xxx , xxx , xxx) 입력 후 연결하여 보트유닛의 화면이 나타나는지를 확인 한다.

3.1.3 무선 Wireless AP 상태 확인

정상적으로 전원이 ON 되었고, '원격 데스크탑 연결'이 성공적으로 연결되었다면 무선 Wireless AP의 설치가 정상적으로 완료되었음을 의미한다. 만일 연결에 실패 하였다면 AP 구성의 전원, 연결 컨넥터, IP Address 설정을 확인 하여야 한다.

3.1.4 보트유닛의 모터 상태 확인

측량을 시작하기 전 보트유닛의 추진체 모터의 동작 유무를 무선 조정기로 전진, 후진, 좌우회전에 대한 상태를 확인한다.

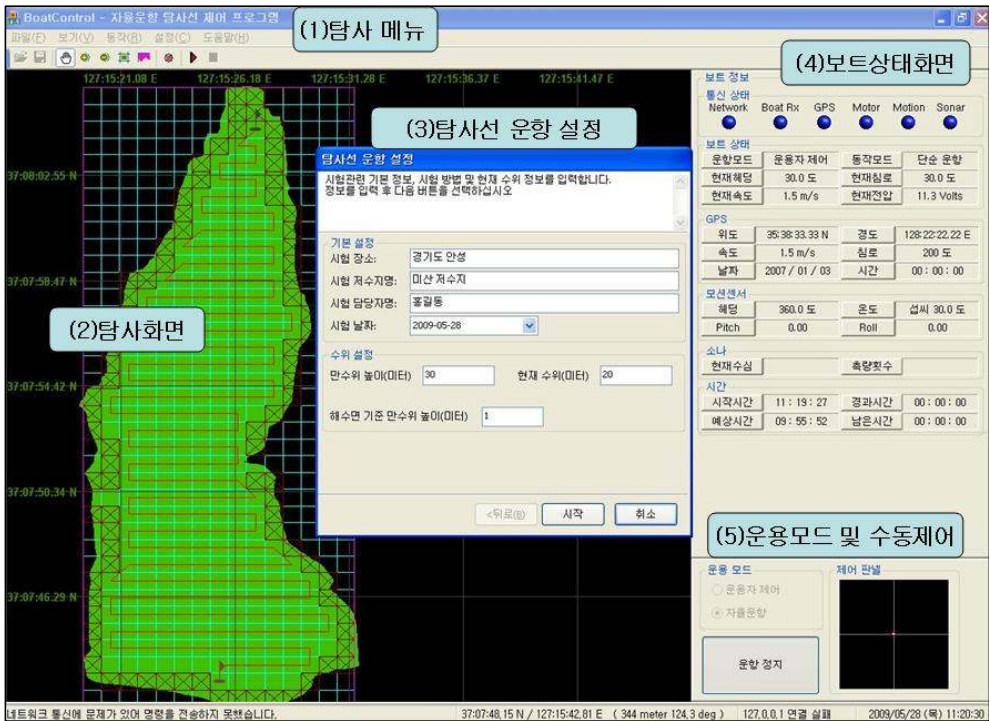
3.2 사용자 화면

사용자 화면은 육상 유닛의 BoatControl.exe 과 NaviAnal.exe, 보트 유닛의 Boatpilot.exe 세 가지로 구성 되어 있다.

3.2.1 BoatControl 사용자 화면

육상 유닛의 사용자 SW 화면 중 BoatControl 사용자 화면은 자율운항 탐

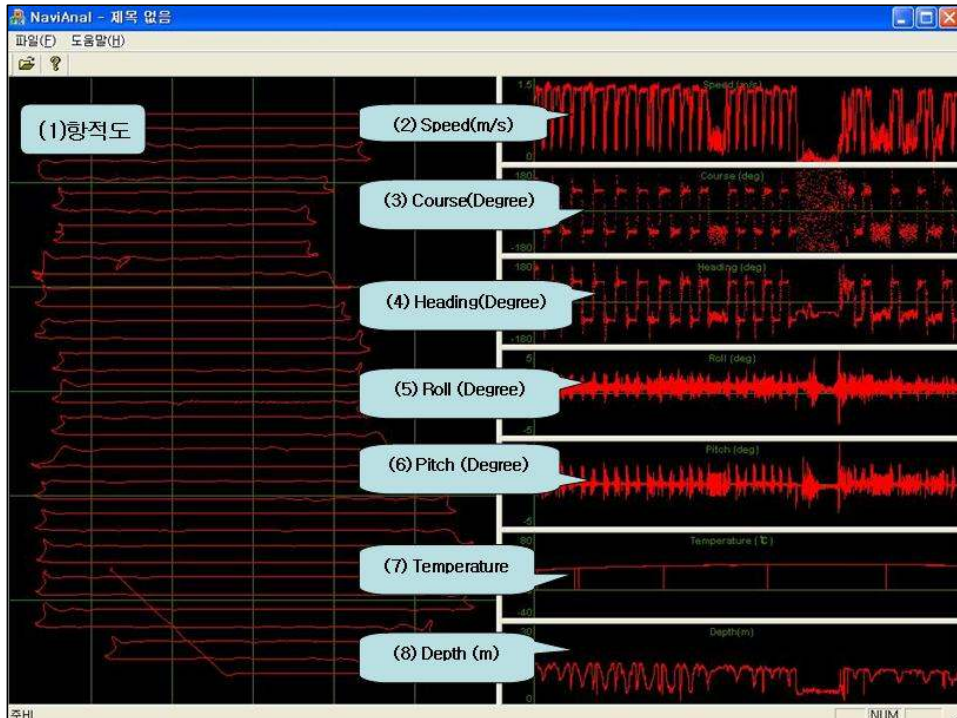
사선의 제어 프로그램으로서 <그림 3-1>과 같이 탐사메뉴, 탐사화면, 탐사선 운항 설정, 보트상태 화면, 운용모드 및 수동제어로 구성 되어 있다.



<그림3-1> BoatControl SW 사용자 화면

3.2.2 NaviAnal 사용자 화면

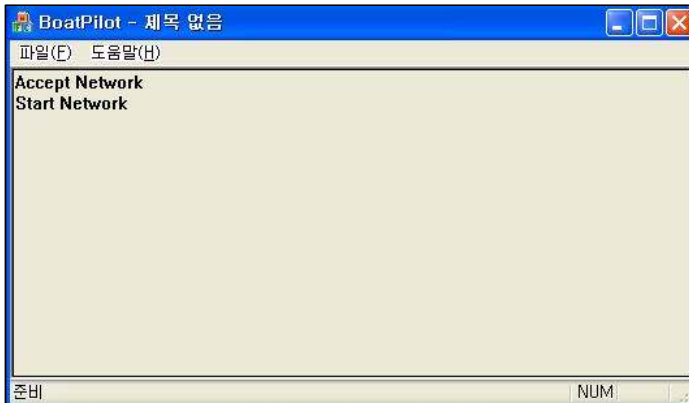
육상 유닛의 사용자 SW 화면 중 NaviAnal 사용자 화면은 측량 후 저장된 데이터를 열람 및 분석하는데 활용하는 프로그램이다. 측량 데이터의 Loading으로 항적도, 보트 스피드, 침로, heading, 롤, 피치, 온도, 측심 깊이 정보를 사용자 화면에 나타낸다.



<그림 3-2> NaviAnal SW 사용자 화면

3.2.3 BoatPilot 사용자 화면

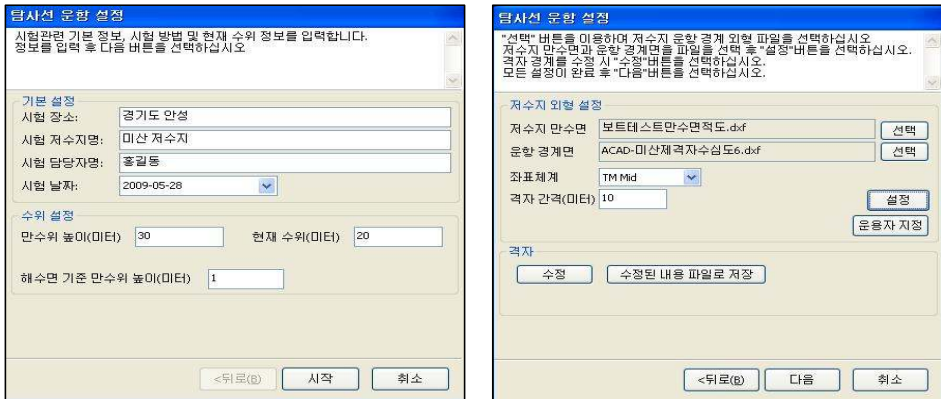
보트 유닛의 BoatPilot SW 사용자 화면은 보트 선체 내부의 Windows XP OS 의 부팅이 완료된 이후 자동 실행되어 육상 유닛과의 통신 시도, 측심센서, 모션센서, 모터 제어기, DGPS와 통신을 시작한다. 이 SW는 육상유닛과 보트유닛 내부의 여러 센서들의 사이에서 육상 유닛의 명령을 수행 및 데이터를 전달하는 역할을 한다. BoatPilot SW는 여러 센서들과 육상 유닛과의 통신 상태를 텍스트로 사용자에게 표시한다.



<그림 3-3> BoatPilot SW 사용자 화면

3.3 외곽 경계 생성 및 외형 탐색 운항

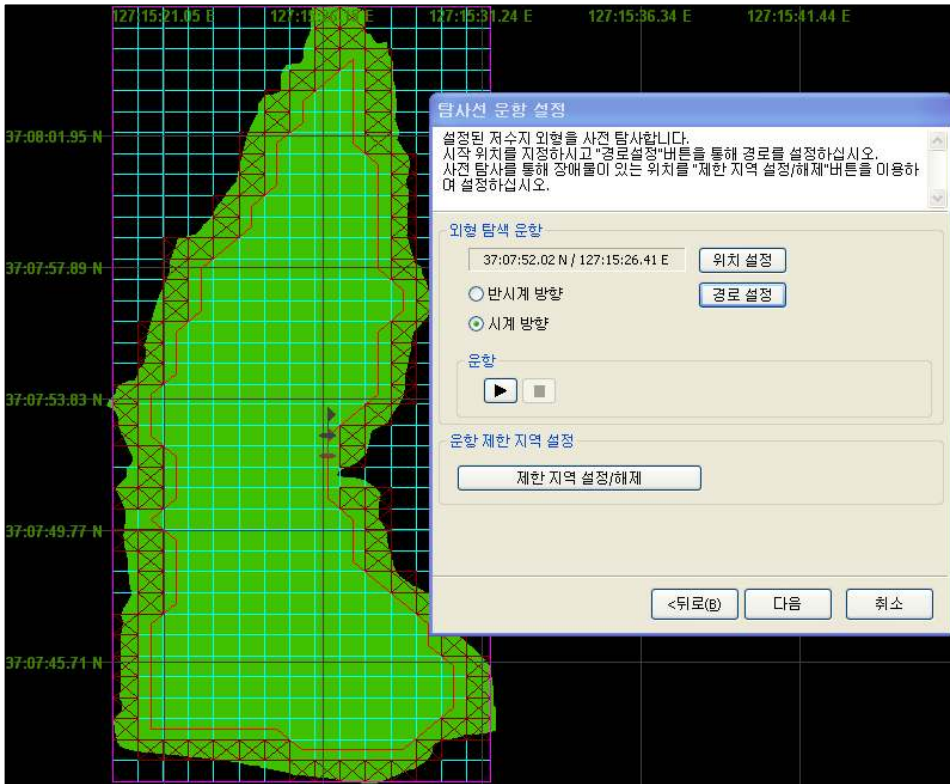
외곽 경계 생성 기능은 <그림3-1>의 (5)운용모드 및 수동제어 사용자 화면에서 '운용모드'를 자율운항을 선택한 후 '운항 시작' 사용자 버튼으로 동작 한다. 버튼을 누르면 '탐사선 운항 설정' 창이 나타나며 <그림3-4>와 같이 자율운항 모드의 초기 입력 화면이 나타난다. 초기 입력 화면은 측량을 시작하기 전 기본적인 설정에 관한 것이다. 입력 사항은 시험 장소, 저수지 명, 담당자 명, 날짜, 수위 설정 등을 입력하고 '시작' 버튼을 누르면 다음 화면으로 이동한다. 다음 화면에서는 저수지 외형 설정에 대한 입력 사항으로 저수지의 만수면과 현재 수위를 반영한 운항 경계면에 대한 도면을 불러오고, 측량할 격자를 5~30m 로 설정 한다. 만일 도면이 없는 저수지의 측량일 경우 '운용자 지정' 버튼으로 외형 설정을 현재 DGPS 좌표를 사용하는 수동 설정을 할 수 있다.



<그림 3-4> 탐사선 운항 설정 화면

도면을 입력하고 난 후 ‘설정’ 버튼을 누르면 (2)탐사화면에 입력된 도면 정보를 바탕으로 외곽 경계 생성 하고, <그림 3-5>과 같이 생성 한 외곽 경계에 대하여 ‘외형 탐색 운항’ 실시에 대한 선택 화면이 나타난다. 외형 탐색 운항은 측량을 시작하기 전 현재 수위와 입력된 도면 정보와의 차이를 줄이기 위하여 사전 탐사를 진행 한다. 만일 사전 외형 탐색 운항을 실시 할 필요가 없을 경우 다음 버튼을 눌러 항로 생성 화면으로 이동한다.

외형 탐색 운항을 실시하기 위해서는 <그림 3-5>의 ‘위치 설정’ 버튼으로 외형 탐색을 시작 할 위치를 설정한다. 버튼을 누른 후 (2)탐사화면 상의 외곽 경계 격자 중 한곳을 선택하면 경도, 위도 좌표가 표시되고, 시계방향 또는 반시계 방향의 선택을 한 후 ‘경로 설정’ 버튼으로 외형 탐색 할 항로가 생성된다. 만일 외형 탐색 격자 중에서 사용자 임의로 제외시킬 격자가 존재한다면 운항 제한 지역 설정 기능의 ‘제한 지역 설정/해제’ 버튼으로 이를 수정 할 수 있다. 운항 제한 지역 설정을 마치고 난 후 ‘운항’ 버튼을 눌러 외형 탐색을 시작 한다.



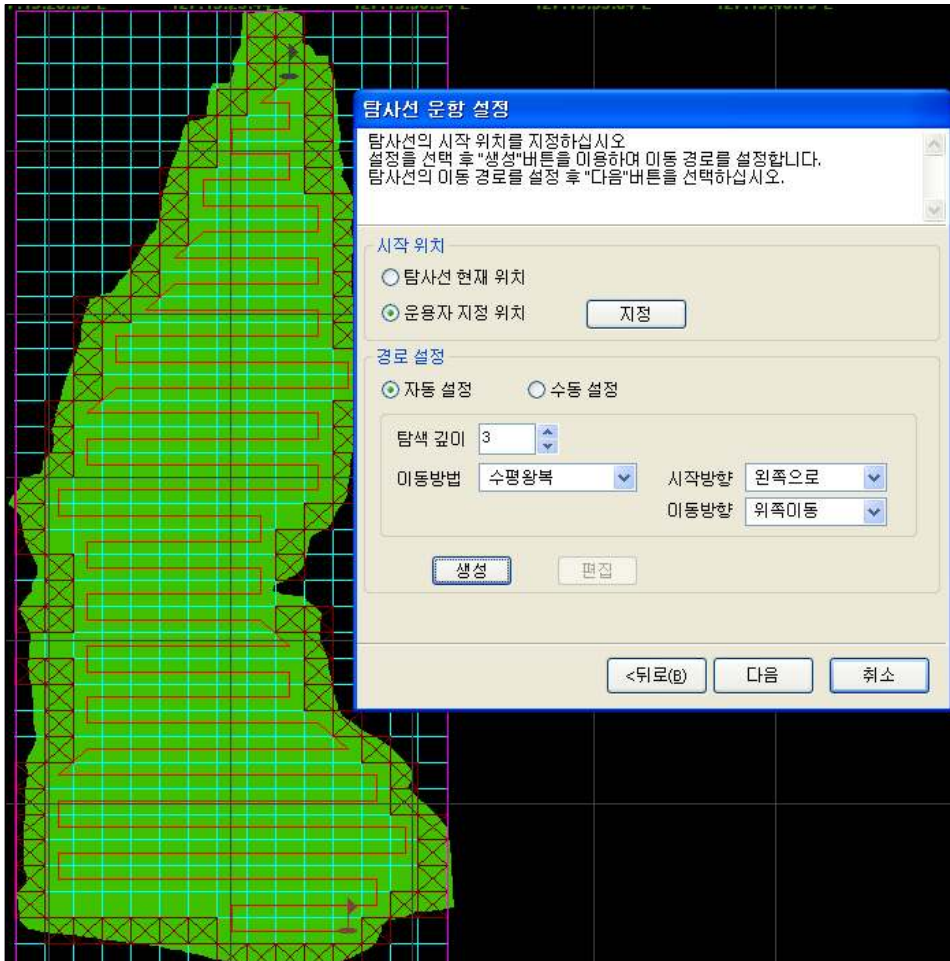
<그림 3-5> 외형 탐색 운항

3.4 자율 항로 생성

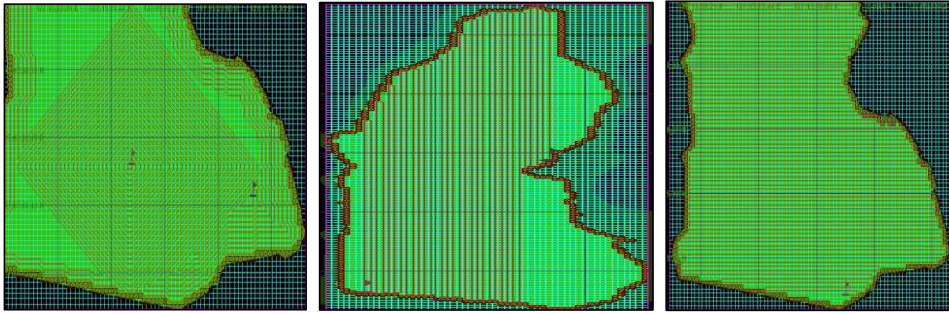
외형 탐색 운항 창에서 '다음' 버튼을 누르면 자율항법 시스템의 자율 항로 생성 창으로 전환 한다. <그림 3-6>과 같이 시작위치, 이동방법을 정하여 자율 항로를 생성 한다. 시작위치는 현재 DGPS의 위치좌표와 탐색화면에 마우스 버튼 클릭으로 사용자가 지정할 수 있으며 이후 실행 시 보트는 시작위치로 우선 이동 후 측심을 시작한다.

이동방법은 <그림 3-7>과 같이 나선형, 수평왕복, 수직왕복의 세 가지 방법이 있다. 나선형 방법은 시작위치에서 항로 생성을 중앙에서부터 외곽방향으로 항로를 동심원 형태로 생성하는 방법이다. 수평왕복 방법은 시작위치에서 항로 생성을 사용자가 보는 탐색화면에 수평방향을 기준으로 항로를 생성하는 방법이다. 마지막으로 수직왕복 방법은 시작위치에서 항로 생성을 사용자가 보는 탐색화면에 수직방향을 기준으로 항로를 생성하는 방법이

다. 수평왕복과 수직왕복은 시작방향과 이동방향을 부가적으로 선택 할 수가 있으며 시작방향은 왼쪽과 오른쪽, 이동방향은 위쪽과 아래쪽 이동을 선택 할 수 있다.



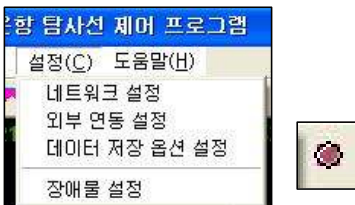
<그림 3-6> 자율항로 생성 화면



<그림 3-7> 항로생성 세 가지 방법

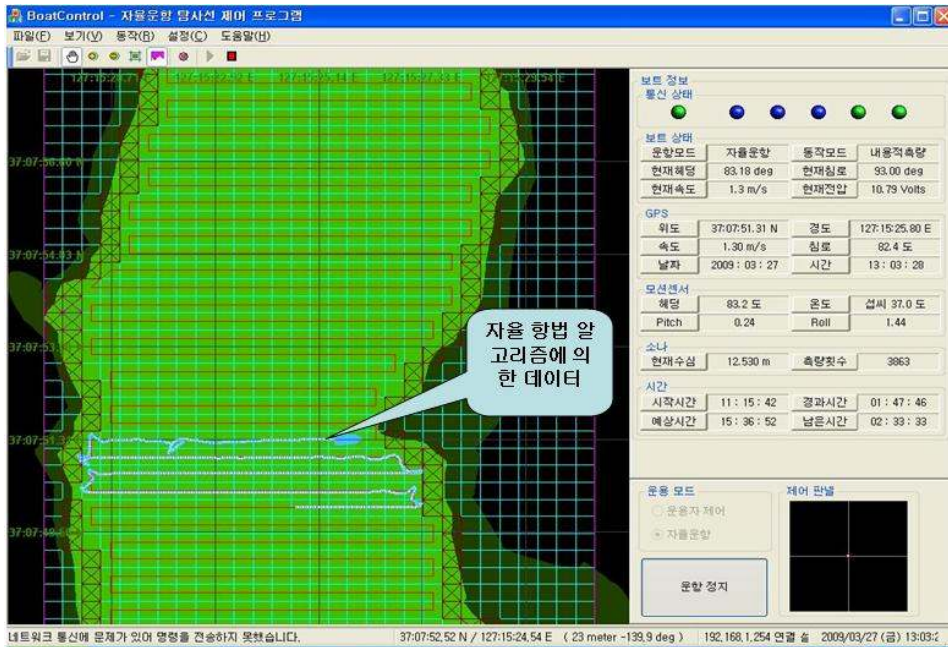
자율 항로 생성의 세 가지 이동방법은 측량 대상 저수지의 형태에 따라 효율적인 방법을 선택 할 수 있다. 예를 들어 타원 형태의 저수지는 세 가지 방법 모두 적용이 가능하고 상하 또는 좌우가 긴 저수지는 수평 및 수직왕복 방법은 효율적이거나 나선형은 경우에 따라 비효율적일 수 있다. 세 가지 이동방법의 전체 탐색 거리 역시 측량 대상 저수지의 형태에 따라 차이가 수 km의 차이가 발생한다. 위 그림의 저수지 형태와 같이 상하가 긴 저수지의 경우 전체 탐색 거리는 수직왕복 < 수평왕복 < 나선형의 순으로 나타난다. 따라서 측량 대상 저수지의 형태에 맞는 자율 항로 선택이 전체 측량 시간을 줄일 수 있다.

외형 탐색 운항에서 제한 지역 설정 기능과 마찬가지로 자율 항로 생성 모드에서도 이와 동일하게 ‘장애물 설정’을 기능으로 탐색 격자에 포함 및 삭제할 수 있다. 장애물 설정은 사용자 임의의 설정, 수면에 나타나는 부유물, 고정체 등을 회피할 수 있도록 항로를 재 생성 한다. 장애물 설정은 <그림 3-8>과 같이 ‘메뉴 화면’의 설정 -> 장애물 설정, 또는 툴바의 해당 아이콘을 클릭하여 수정 할 수 있다.



<그림 3-8> 자율 항로 생성 시 장애물 설정

3.5 자율항로 제어



<그림 3-9> 자율 항로 제어 화면

자율 항로 생성 후 '시작' 버튼을 누르면 보트유닛은 지정한 '시작 위치'로 이동 후 내용적 탐사를 시작한다. 자율 항로 제어는 DGPS의 경도, 위도 좌표 데이터와 모션센서의 Heading 데이터를 이용하여 생성된 항로 데이터에 도달하도록 추진체에 비례적으로 전달하여 보트를 제어한다. 이때 BoatControl SW의 탐사화면에 <그림 3-9>와 같이 항로위에 보트 유닛이 탐사 하였던 궤적과, 우측의 탐사 상태 창에 탐사 데이터를 실시간으로 나타내어 사용자에게 제공한다.

자율 항로 제어에 의한 탐사가 진행되는 동안 측심 데이터를 비롯한 모든 데이터 실시간으로 <그림 3-10>과 같이 저장된다. 저장된 데이터는 측량 완료 후 NaviAnal SW에서 데이터를 확인 할 수 있다.

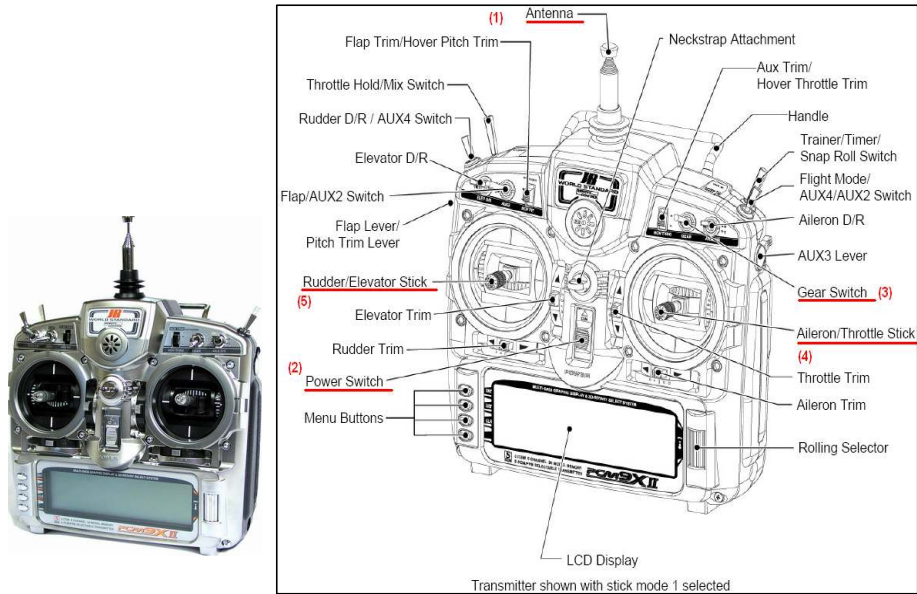
이름	크기	종류	수정된 날짜
Base-090327110112.dat	23KB	DAT 파일	2009-03-27 오전 11:01
Base-090327111542.dat	24KB	DAT 파일	2009-03-27 오전 11:15
Base-090327142103.dat	23KB	DAT 파일	2009-03-27 오후 2:21
Base-090327155640.dat	21KB	DAT 파일	2009-03-27 오후 3:56
Base-090327155919.dat	21KB	DAT 파일	2009-03-27 오후 3:59
Pilot-090327112059.dat	4,000KB	DAT 파일	2009-03-27 오전 11:21
Pilot-090327142621.dat	2,602KB	DAT 파일	2009-03-27 오후 3:59
Pilot-090327160436.dat	952KB	DAT 파일	2009-03-27 오후 4:38

<그림 3-10> 자율 항로 제어 시 저장 데이터

3.6 보트 수동 제어

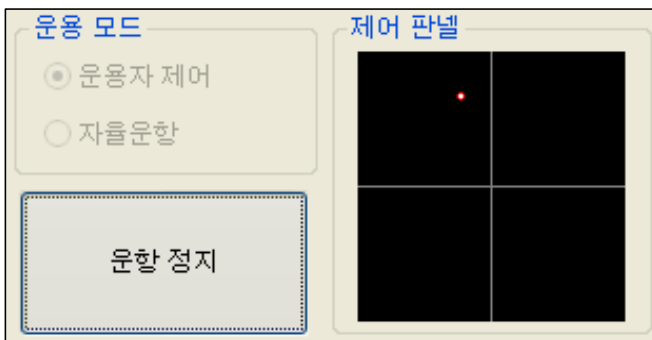
보트 수동 제어 기능은 사용자가 보트 유닛을 수동으로 제어하기 위하여 사용하며 기본적으로 자율 항로 제어가 진행 중 혹은 정지 중 등 모든 상태에서 수동 제어가 가능하다. 자율 항로 제어가 진행 중일 때 수동 제어 조작 후 자율 항로 제어로 전환 하면 이전 제어 상태를 계속 수행하게 된다. 보트 수동 제어는 RC 조정기와 BoatControl SW의 ‘운용모드 및 수동제어’ 사용자 화면 두 가지 방법으로 가능하다.

RC 조정기에 의한 보트 수동 제어는 <그림 3-11> 과 같이 (1) ~ (5) 조정기의 조작 순서에 따라서 제어 한다. 먼저 (1) 안테나를 켜 후 (2) (3) 조정기의 Power 와 Gear SW ON 한다. (4) 보트유닛의 추진체 모듈에 장착되어 있는 자이로(Gyro) 감도 조정을 위해 Throttle Stick 을 정중앙에 위치 시킨다. 마지막으로 (5) Rudder Stick으로 보트유닛을 조정한다. 보트 수동 제어 종료 후 자율 항로 제어로 전환하기 위해서는 RC 조정기의 Power SW 또는 Gear SW를 OFF 로 하여 다음 단계의 자율 항로 제어를 연속적으로 수행 할 수 있다.



<그림 3-11> 보트 수동 제어용 RC 조정기

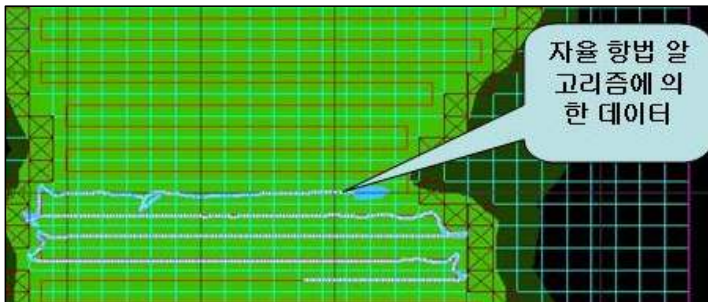
BoatControl SW의 ‘운용모드 및 수동제어’ 사용자 화면에 의한 보트 수동 제어는 <그림 3-1>의 (5) 화면에서 ‘운용자 제어’, ‘운항 시작’ 순으로 선택을 한 후 사용자 마우스로 ‘제어 판넬’을 클릭하여 보트를 수동 제어 한다. 제어 판넬은 RC 조정기의 Rudder Stick을 BoatControl SW 상에 구현 시킨 것으로 조작 방법은 동일하다. 보트 수동제어 종료 후 자율 항로 제어로 전환하기 위해서는 ‘자율 정지’, ‘자율 운항’ 순으로 선택하면 다음 단계의 자율 항로 제어를 연속적으로 수행 할 수 있다.



<그림 3-12> BoatControl SW 수동 제어

3.7 실시간 항로 및 데이터 모니터링

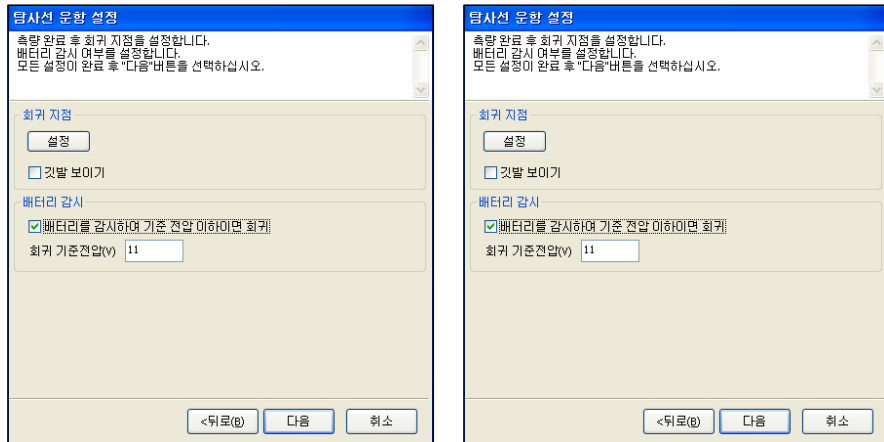
자율 항법 시스템의 BoatControl SW는 <그림 3-13>과 같이 자율 항로 제어 수행 시 ‘탐사 화면’과 ‘보트 상태 화면’에서 탐사 궤적과 데이터를 실시간 표시한다.



보트 정보			
통신 상태			
Network	Boat Rx	GPS	Motor Motion Sonar
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
보트 상태			
운항모드	운용자 제어	동작모드	단순 운항
현재 heading	30.0 도	현재 침로	30.0 도
현재 속도	1.5 m/s	현재전압	11.3 Volts
GPS			
위도	35:38:33.33 N	경도	128:22:22.22 E
속도	1.5 m/s	침로	200 도
날짜	2007 / 01 / 03	시간	00 : 00 : 00
모션센서			
heading	360.0 도	온도	섭씨 30.0 도
Pitch	0.00	Roll	0.00
소나			
현재수심		측량횟수	
시간			
시작시간	14 : 26 : 23	경과시간	00 : 00 : 00
예상시간	15 : 49 : 52	남은시간	00 : 00 : 00

<그림 3-13> 실시간 항로 궤적 및 보트 상태 정보 화면

3.8 배터리 감시 및 회귀



<그림 3-14> 자율항로 제어 시작 화면

자율항로 생성 한 후 ‘다음’ 버튼을 누르면 지점 설정과 배터리 감시 설정 창으로 전환 한다. 회귀 지점 설정은 자율 항로 탐사 완료 후 보트 유닛이 회귀하는 지점 지정하는 기능이며, 배터리 감시는 전체 측량시간이 약 4시간을 넘을 경우 회귀 지점으로 이동, 배터리 교체로 측량을 계속 하기 위한 감시 기능이다. 보트유닛의 배터리 전압은 약 12Vdc 이며 회귀 기준전압을 11Vdc 로 설정 할 경우 BoatControl SW는 이를 지속적으로 감시하다가 기준전압까지 방전되면 진행 중이던 측량을 멈추고 지정한 회귀 지점으로 이동한다.

3.9 전방 감시 카메라

자율 항법 시스템은 측량을 위하여 자율 항로 제어 수행 중 임의의 장애물을 회피하기 위하여 전방 감시 카메라가 장착 되어 있다. 전방 감시 카메라는 보트 유닛에 장착되어 무선 Wireless 네트워크를 통하여 육상유닛에 전송 사용자에게 나타난다.



<그림 3-15> 전방 감시 카메라

4. 기타 사항

4.1 시스템 관리 및 유지

저수지 내용적 측량을 위한 무인 자율항법 시스템은 지속적인 사용을 위하여 관리 및 유지 시켜야 한다. 보트유닛은 수상에서 구동되는 장비로서 기본적으로 방수 처리가 되어 있으므로 선체 상단의 캡, 및 무선 안테나, DGPS, 돛 카메라의 방수 상태를 실험 전 또는 실험 완료 후 방수 상태를 확인 해야 한다. 또한, 육상 유닛과 보트 유닛의 전원은 12V, 55A 배터리를 사용하므로 다음 측량을 위하여 배터리의 충전 상태를 확인해야 한다.

제 1 장 과업의 개요

1.1 과업개요

제 1 장 과업의 개요

가. 과업개요

1) 추진배경

제 2 장 시스템 실행

- 2.1 메인화면
- 2.2 프로젝트생성
- 2.3 프로젝트열기
- 2.4 도면생성
- 2.5 보고서생성
- 2.6 개황보기
- 2.7 범례보기
- 2.8 3D조회
- 2.9 결과폴더

제 2 장 시스템 실행

2.1 메인화면

사용자설명서	시스템 명	농업용 저수지 자료관리시스템
	단위업무 명	메인화면
화면명	메인화면	
 <p>농업용 저수지 내용적 자료 분석·관리 시스템</p> <p>admin 로그인</p> <p>계정수정</p> <p>본 프로그램은 저작권법에 의해 무단복제를 금합니다.</p>		
화면 및 버튼설명		
<ul style="list-style-type: none"> ■ 농업용 저수지 자료관리시스템의 시작화면 ■ 로그인, 계정수정 기능 		

가. 로그인

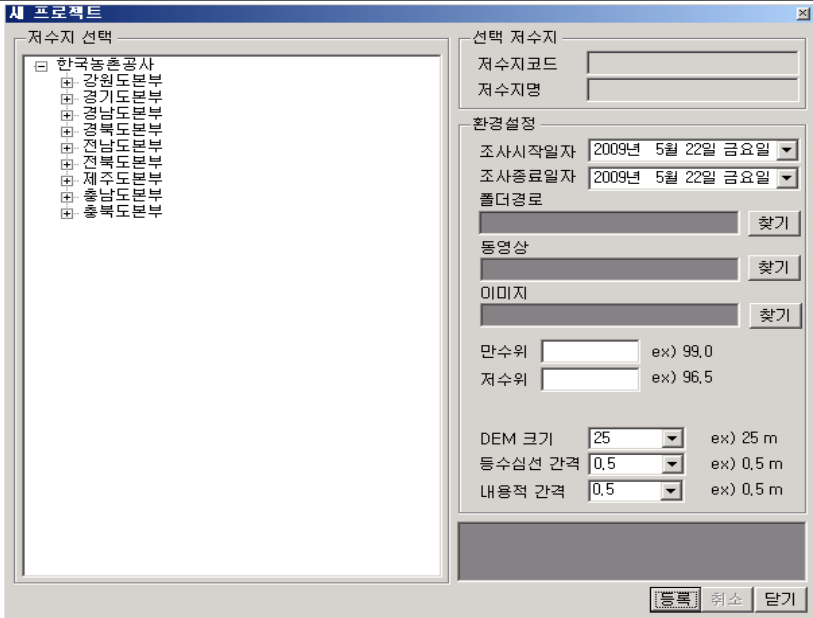
사용자설명서	시스템 명	농업용 저수지 자료관리시스템
	단위업무 명	로그인
화면명	로그인	
화면 및 버튼설명		
<ul style="list-style-type: none"> ■ 메인화면에서 사용자 아이디와 패스워드 입력 ■ 로그인 후에 프로그램을 실행할 수 있는 화면 표출 ■ 단위업무별로 버튼 존재 ■ 지도의 인덱스, 분석정보 리스트, 지도 화면, ToolBar 등으로 구성 		

나. 계정수정

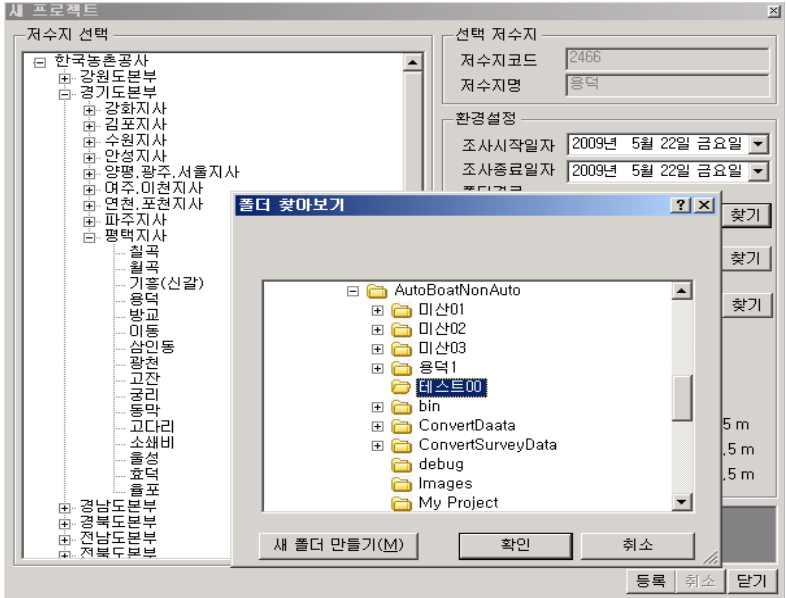
사용자설명서	시스템 명	농업용 저수지 자료관리시스템
	단위업무 명	계정수정
화면명	계정수정	
		
<p>화면 및 버튼설명</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 계정수정은 사용자의 비밀번호 수정 기능 ■ 계정수정시에는 아이디와 패스워드를 입력후 가능 ■ 비밀번호 수정시에는 수정완료버튼 클릭 		

2.2 프로젝트 생성

가. 새 프로젝트

사용자설명서	시스템 명	농업용 저수지 자료관리시스템
	단위업무 명	프로젝트생성
화면명	프로젝트생성	
		
<p>화면 및 버튼설명</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 로그인후 화면에서 프로젝트 생성시에 나오는 화면 ■ 새 프로젝트를 생성 ■ 새 프로젝트 생성시에는 <ul style="list-style-type: none"> - 한국농촌공사 본부별로 하나의 저수지를 선택 - 환경설정에서 폴더경로, 동영상 및 이미지 선택 - 선택저수지의 만수위 및 저수위 입력 - DEM 크기, 등수심선 간격, 내용적간격 선택 		

나. 환경설정

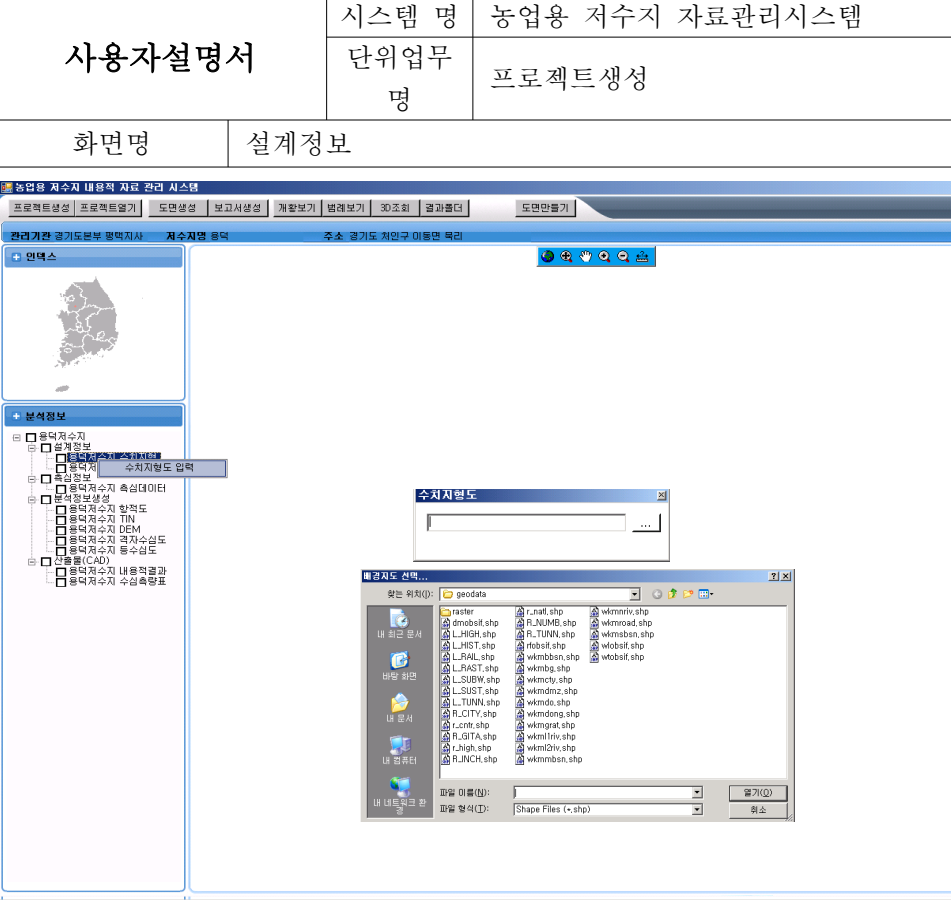
사용자설명서	시스템 명	농업용 저수지 자료관리시스템
	단위업무 명	프로젝트생성
화면명	환경설정	
		
<p>화면 및 버튼설명</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 폴더경로 : 해당경로의 폴더 생성 및 지정(필수사항) ■ 동영상 : 해당 저수지의 동영상 선택(옵션사항) ■ 이미지 : 해당 저수지의 이미지 선택(옵션사항) ■ 만수위 : 해당 저수지의 만수위값 입력 ■ 저수위 : 해당 저수지의 저수위값 입력 ■ DEM 크기 : 해상도 크기 선택(10, 20, 25, 30, 50) ■ 등수심간격 : 등수심 간격 선택(0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5) ■ 내용적간격 : 내용적 간격 선택(0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5) <p style="text-align: right;">환경설정 결과 폴더</p>		

다. 등록

사용자설명서		시스템 명	농업용 저수지 자료관리시스템
		단위업무 명	프로젝트생성
화면명	등록		
화면 및 버튼설명			
<ul style="list-style-type: none"> ■ 새프로젝트 환경설정이 끝나면, 등록버튼을 클릭 ■ 프로젝트설정내용 반영 내용 표출 프로젝트 설정내용이 DB에 반영되었습니다. 프로젝트플러그 설정되었습니다. ■ 해당저수지의 전국에서의 인덱스, 저수지에 해당하는 분석정보 화면 표출 ■ 분석정보는 설계정보, 측심정보, 분석정보생성, 산출물별로 구성 ■ 각 분석정보별로 자료 생성 및 자료 표출 			

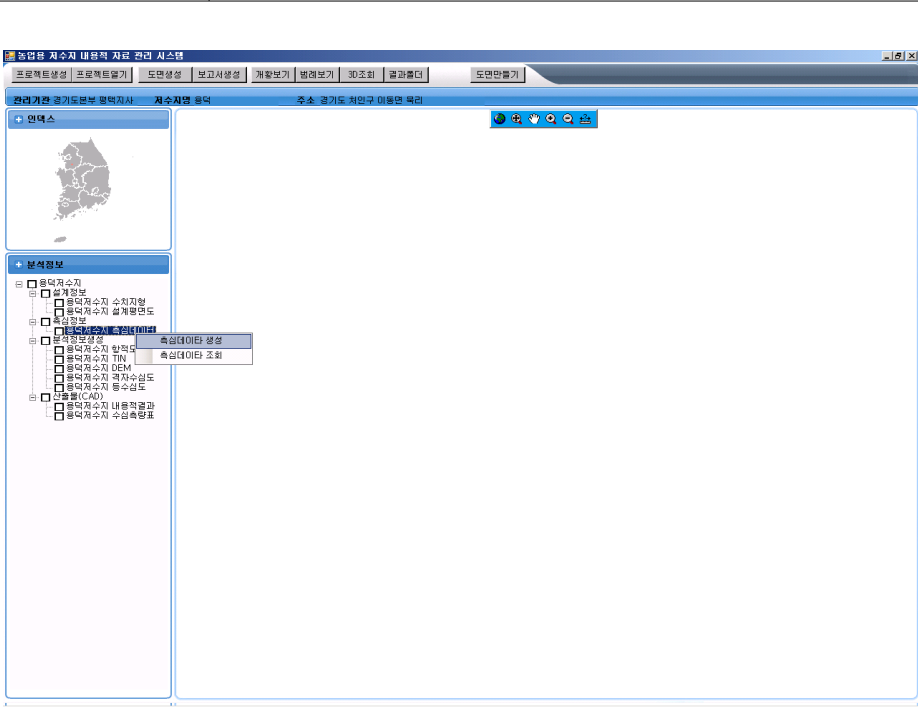
마. 분석정보 생성 및 출력

1) 설계정보

사용자설명서	시스템 명	농업용 저수지 자료관리시스템
	단위업무 명	프로젝트생성
화면명	설계정보	
		
<p>화면 및 버튼설명</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 해당 저수지의 수치지형도(.shp) 지정 ■ 해당 저수지의 설계평면도(.shp) 지정 ■ 해당 자료의 체크박스 선택여부(<input type="checkbox"/><input checked="" type="checkbox"/>)에 따른 도형자료 화면표출 여부 결정 		

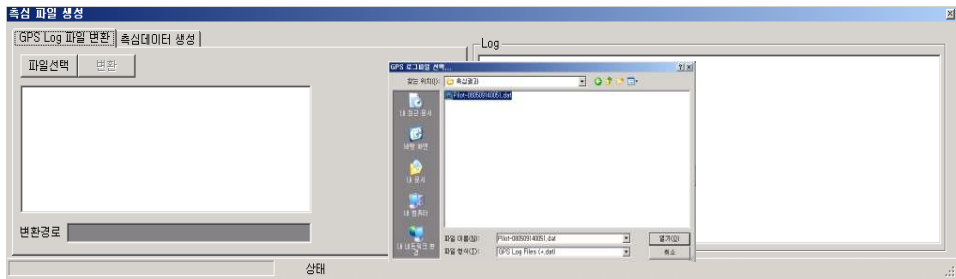
2) 핵심정보

핵심정보에는 핵심정보 생성과 핵심정보 조회기능이 있으며, 이에 대해서는 다음페이지에 세부적으로 설명하였다.

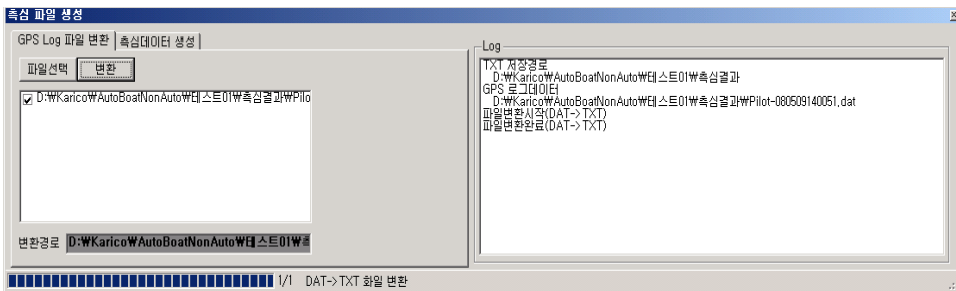
사용자설명서		시스템 명	농업용 저수지 자료관리시스템
		단위업무 명	프로젝트생성
화면명	핵심정보		
			
화면 및 버튼설명			
<ul style="list-style-type: none"> ■ 핵심정보에는 핵심정보 생성과 핵심정보 조회 2가지 기능 존재 ■ 핵심정보 생성은 GPS Log 파일(GPS핵심위치자료)을 이용하여 핵심위치도형자료 생성하는 기능 ■ 핵심정보 조회는 생성된 핵심정보를 표출하도록 생성된 자료를 선택하는 기능 			

가) 핵심정보 생성

사용자설명서	시스템 명	농업용 저수지 자료관리시스템
	단위업무 명	프로젝트생성
화면명	핵심정보 생성	



GPS Log 파일 변환 탭에서 파일선택버튼 클릭시 표출 화면

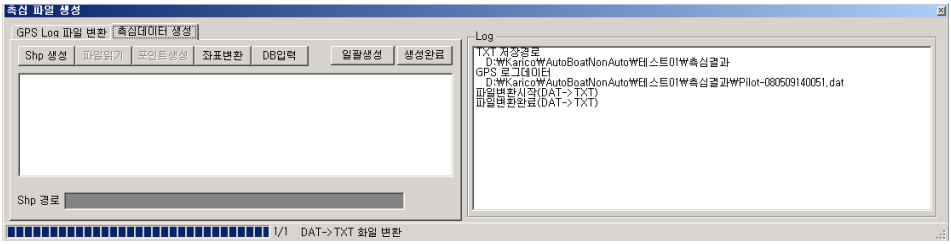
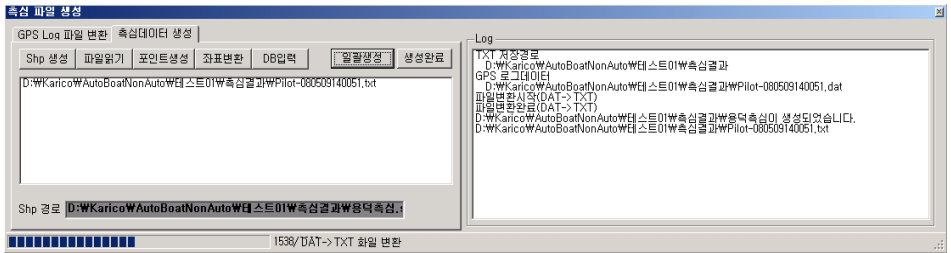


GPS Log 파일 변환 탭에서 변환버튼 클릭시 표출 화면


화면 및 버튼설명

- 핵심정보 생성에는 GPS Log 파일 변환과 핵심데이터 생성 기능으로 구분
- GPS Log 파일 변환을 수행하기전에 GPS 파일을 프로젝트 구성에 복사한 후 실행
- GPS Log 파일 변환은 파일선택버튼과 변환버튼으로 구성
 - 파일선택버튼 : 해당 저수지의 GPS 핵심 자료 선택
 - 변환버튼 : 해당 저수지의 자료를 도형자료 생성하기 위한 파일로 변환(dat->txt)

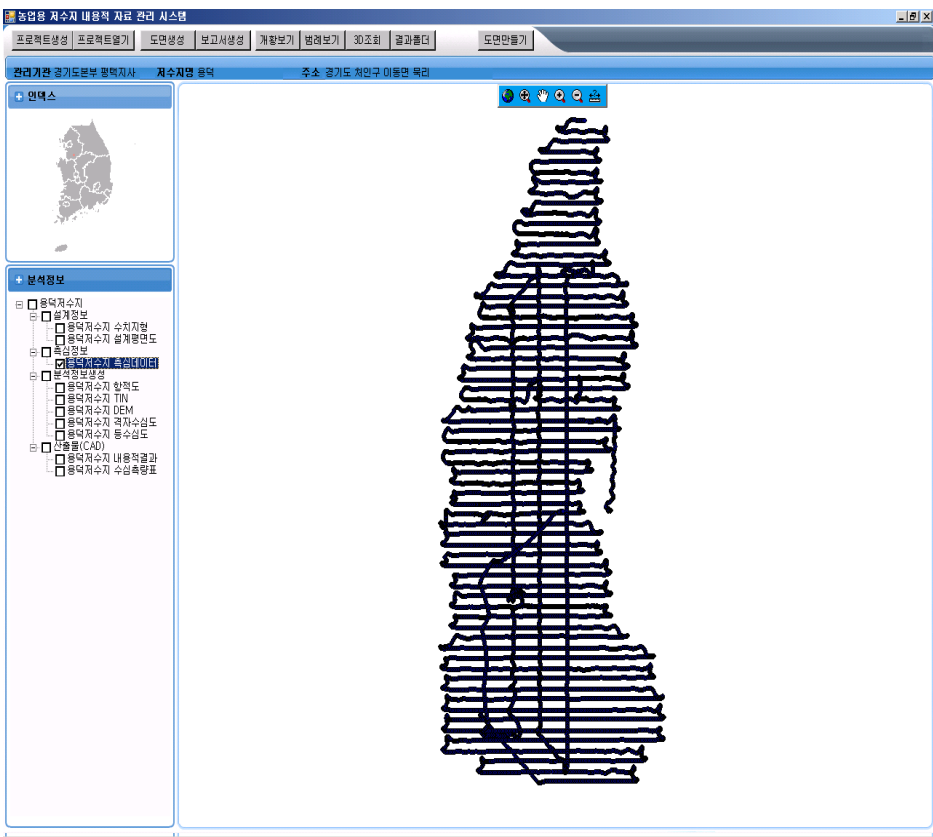
가) 측심정보 생성(계속)

사용자설명서	시스템 명	농업용 저수지 자료관리시스템
	단위업무 명	프로젝트생성
화면명	측심정보 생성	
		
<p>측심데이터 생성 탭의 화면구성</p> 		
<p>측심데이터 생성 탭의 일괄생성 결과 화면</p>		
<p>화면 및 버튼설명</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 측심데이터 생성은 Shp 생성, 파일읽기, 포인트생성, 좌표변환, DB 입력 기능으로 구성 <ul style="list-style-type: none"> - Shp 생성 : 해당 저수명과 관련된 Shp 파일생성 - 파일읽기 : 변환된 파일읽기 - 포인트생성 : GPS Log 파일로 측심지점 포인트 생성 - 좌표변환 : 생성된 포인트를 해당 좌표계로 변환 - DB입력 : 생성된 포인트 자료를 access(.mdb) 파일DB에 저장 - 일괄생성 : 위 기능을 한번에 수행하는 기능 - 생성완료 : 모든 작업이 수행시에 화면 닫음 ■ Log는 작업진행 상황 기록 표출 		

나) 측심정보 조회

사용자설명서	시스템 명	농업용 저수지 자료관리시스템
	단위업무 명	프로젝트생성
화면명	측심정보 조회	
		
화면 및 버튼설명		
<ul style="list-style-type: none"> ■ 측심정보 조회는 측심 Shape화일을 입력 <ul style="list-style-type: none"> - 찾아보기 버튼 : 생성된 Shape 화일 선택 - 확인 버튼 : 선택된 Shape 화일 적용 		

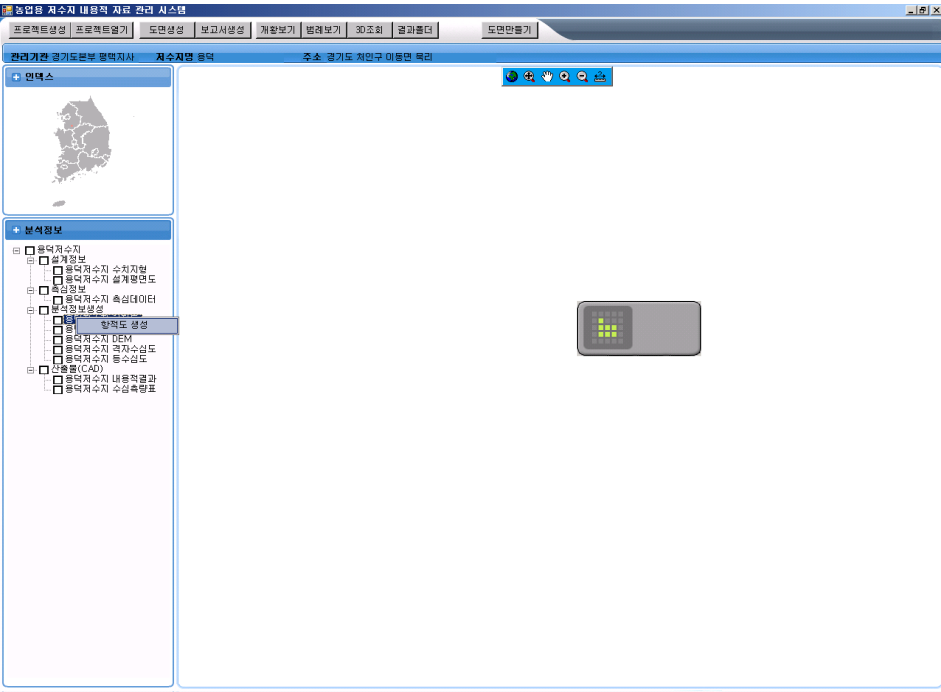
나) 측심정보 조회(계속)

사용자설명서	시스템 명	농업용 저수지 자료관리시스템
	단위업무 명	프로젝트생성
화면명	측심정보 조회	
		
<p>화면 및 버튼설명</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 해당 자료(용덕저수지 측점데이터)의 체크박스 선택시(☑)에 도형자료 화면표출 		

3) 분석정보생성

분석정보생성에는 항적도, TIN, DEM, 격자수심도, 등수심도 생성기능이 있으며, 이에 대해서는 다음에 세부적으로 설명하였다.

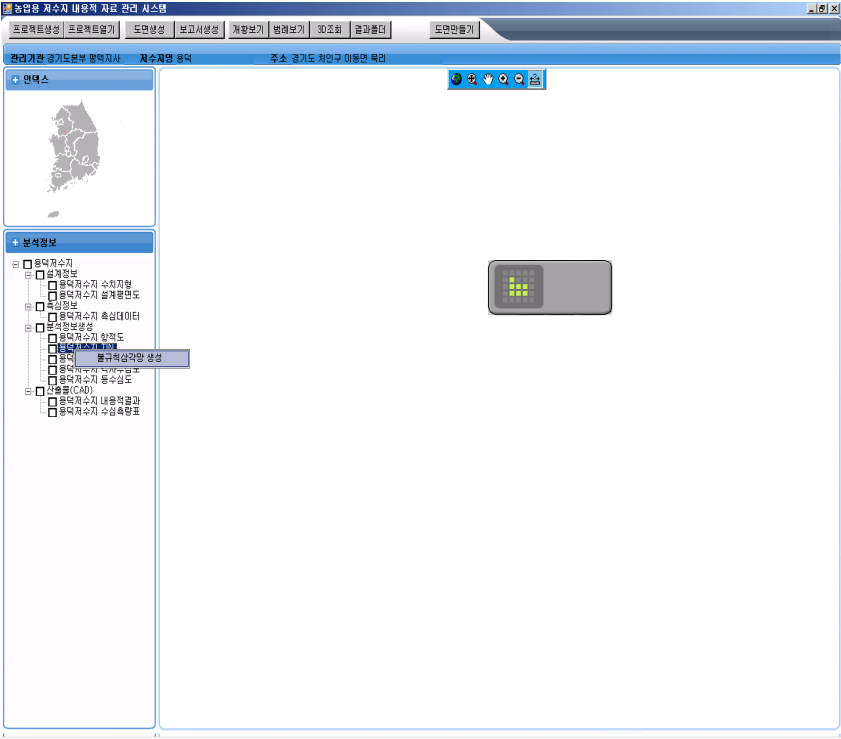
가) 항적도 생성

사용자설명서	시스템 명	농업용 저수지 자료관리시스템
	단위업무 명	프로젝트생성
화면명	분석정보생성-항적도	
		
화면 및 버튼설명		
<ul style="list-style-type: none"> ■ “○○ 저수지의 항적도 ”를 클릭하고 오른쪽 마우스를 클릭하면 “항적도 생성” 이라는 팝업 메뉴가 보임 ■ “항적도 생성”이라는 팝업메뉴를 클릭하면 오른쪽에 이미지가 출력되어 프로세스가 진행중임을 나타냄 		

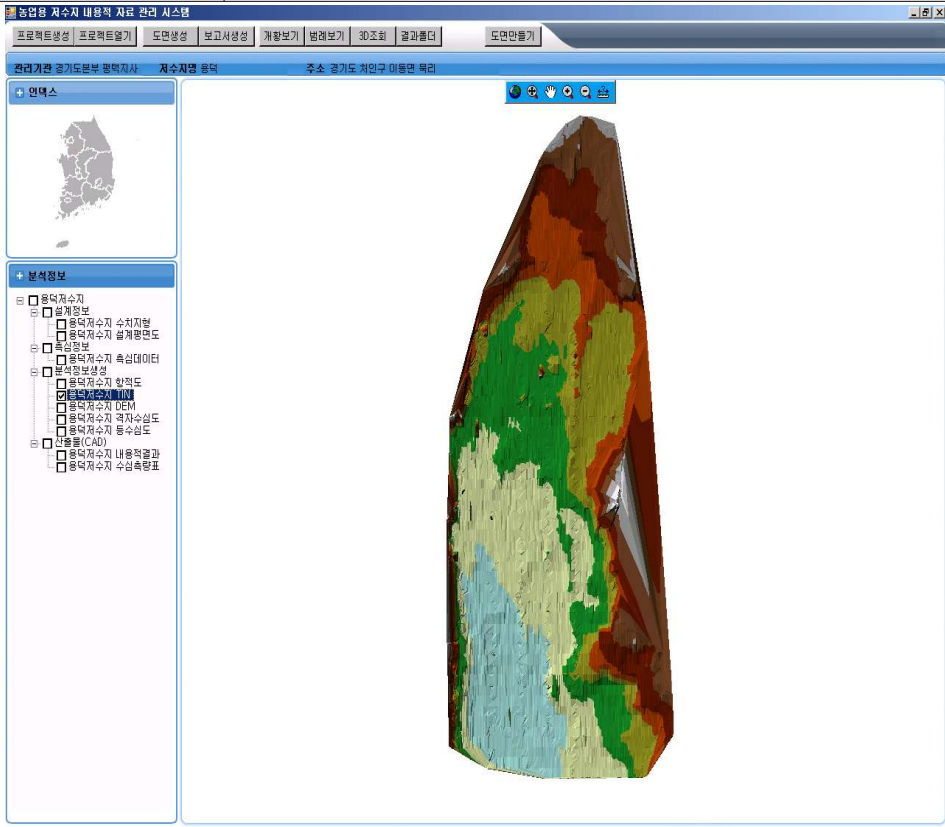

가) 항적도 생성(계속)

사용자설명서	시스템 명	농업용 저수지 자료관리시스템
	단위업무 명	프로젝트생성
화면명	분석정보생성-항적도	
<p>화면 및 버튼설명</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 해당 자료(용덕저수지 항적도)의 체크박스 선택시(☑)에 도형자료 화면표출 ■ 빠른 실행 툴 (전체보기, 연속확대축소, 이동, 확대, 축소, 거리측정)에 있는 기능을 사용하여 자료를 확대, 축소 등등의 기능 실행 가능 		

나) TIN 생성

사용자설명서	시스템 명	농업용 저수지 자료관리시스템
	단위업무 명	프로젝트생성
화면명	분석정보생성-TIN	
		
화면 및 버튼설명		
<ul style="list-style-type: none"> ■ “○○ 저수지 TIN ”를 클릭하고 오른쪽 마우스를 클릭하면 “불규칙삼각망 생성” 이라는 팝업 메뉴가 보임 ■ “불규칙삼각망 생성”이라는 팝업메뉴를 클릭하면 오른쪽에 이미지가 출력되어 프로세스가 진행중임을 나타냄 		

나) TIN 생성(계속)

사용자설명서	시스템 명	농업용 저수지 자료관리시스템
	단위업무 명	프로젝트생성
화면명	분석정보생성-TIN	
		
화면 및 버튼설명 <ul style="list-style-type: none"> ■ 해당 자료(용덕저수지 TIN)의 체크박스 선택시(☑)에 도형자료 화면표출 ■ 빠른 실행 툴  (전체보기, 연속확대축소, 이동, 확대, 축소, 거리측정)에 있는 기능을 사용하여 자료를 확대, 축소 등등의 기능 실행 가능 		

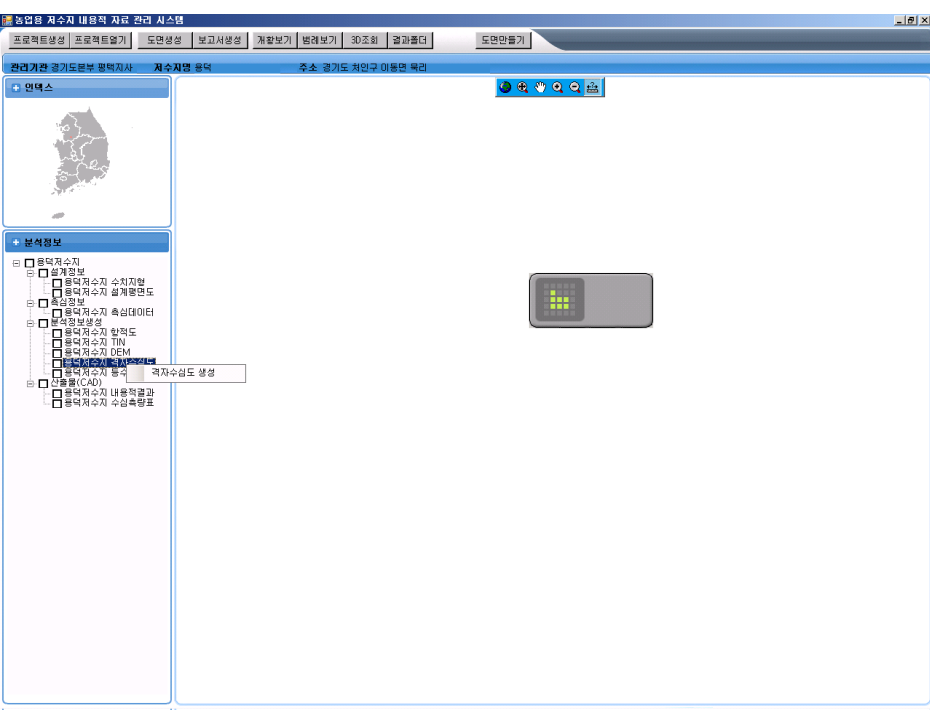
다) DEM 생성

사용자설명서	시스템 명	농업용 저수지 자료관리시스템
	단위업무 명	프로젝트생성
화면명	분석정보생성-DEM	
화면 및 버튼설명 <ul style="list-style-type: none"> ■ “○○ 저수지 DEM ”를 클릭하고 오른쪽 마우스를 클릭하면 “수치표고모델 생성” 이라는 팝업 메뉴가 보임 ■ “수치표고모델 생성”이라는 팝업메뉴를 클릭하면 오른쪽에 이미지가 출력되어 프로세스가 진행중임을 나타냄 		

다) DEM 생성(계속)

<p>사용자설명서</p>		<p>시스템 명</p> <p>농업용 저수지 자료관리시스템</p>
		<p>단위업무 명</p> <p>프로젝트생성</p>
<p>화면명</p> <p>분석정보생성-DEM</p>		
<p>화면 및 버튼설명</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 해당 자료(용덕저수지 DEM)의 체크박스 선택시(☑)에 도형자료 화면표출 ■ 빠른 실행 툴 (전체보기, 연속확대축소, 이동, 확대, 축소, 거리측정)에 있는 기능을 사용하여 자료를 확대, 축소 등등의 기능 실행 가능 		

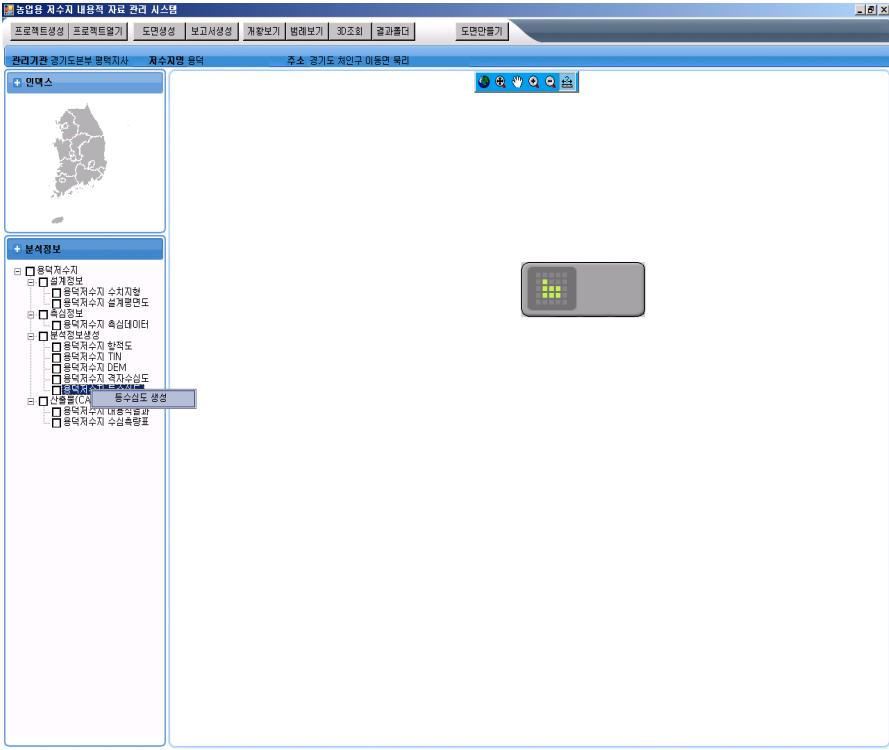
라) 격자수심도

사용자설명서	시스템 명	농업용 저수지 자료관리시스템
	단위업무 명	프로젝트생성
화면명	분석정보생성-격자수심도	
		
<p>화면 및 버튼설명</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ “○○ 저수지 격자수심도 ”를 클릭하고 오른쪽 마우스를 클릭하면 “격자수심도 생성” 이라는 팝업 메뉴가 보임 ■ “격자수심도 생성”이라는 팝업메뉴를 클릭하면 오른쪽에 이미지가 출력되어 프로세스가 진행중임을 나타냄 		

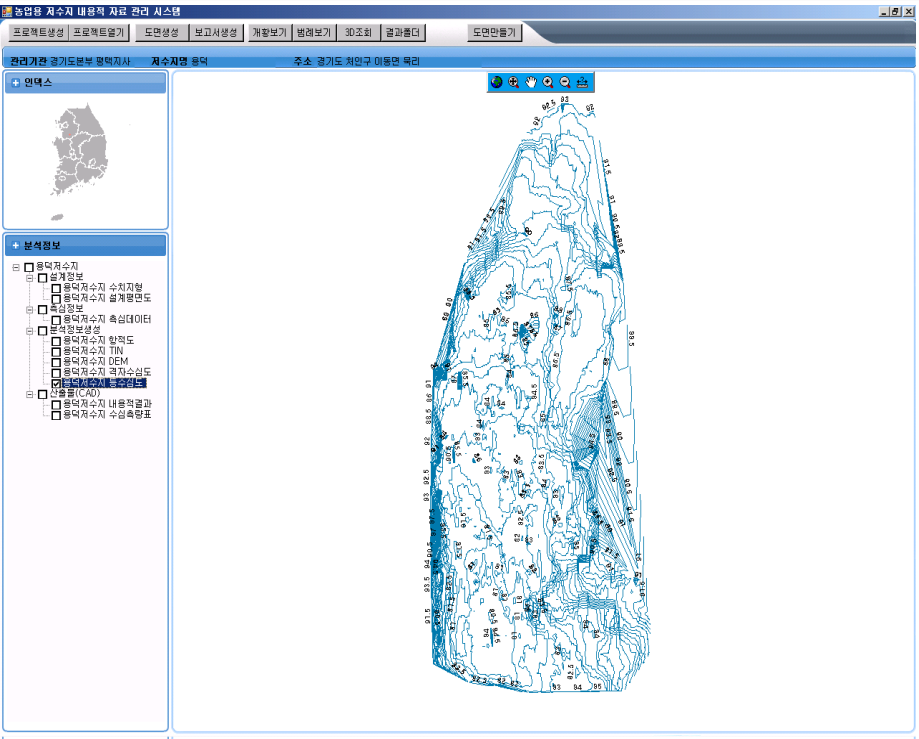

라) 격자수심도 생성(계속)

사용자설명서	시스템 명	농업용 저수지 자료관리시스템
	단위업무 명	프로젝트생성
화면명	분석정보생성-격자수심도	
<p>화면 및 버튼설명</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 해당 자료(○○저수지 격자수심도)의 체크박스 선택시(☑)에 도형자료 화면 표시 ■ 빠른 실행 툴 (전체보기, 연속확대축소, 이동, 확대, 축소, 거리측정)에 있는 기능을 사용하여 자료를 확대, 축소 등등의 기능 실행 가능 		

마) 등수심도

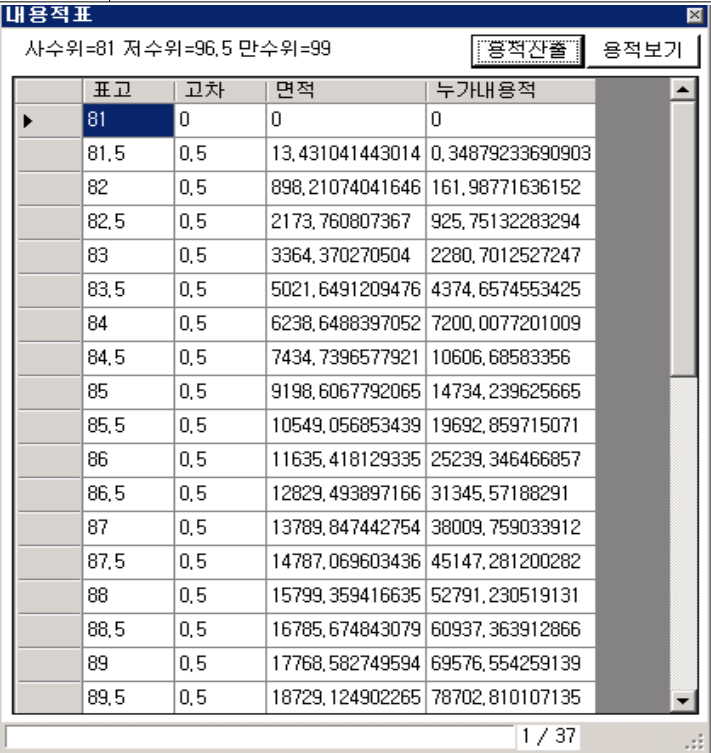

사용자설명서	시스템 명	농업용 저수지 자료관리시스템
	단위업무 명	프로젝트생성
화면명	분석정보생성-등수심도	
		
화면 및 버튼설명		
<ul style="list-style-type: none"> ■ “○○ 저수지 등수심도 ”를 클릭하고 오른쪽 마우스를 클릭하면 “등수심도 생성” 이라는 팝업 메뉴가 보임 ■ “등수심도 생성”이라는 팝업메뉴를 클릭하면 오른쪽에 이미지가 출력되어 프로세스가 진행중임을 나타냄 		

마) 등수심도 생성(계속)

사용자설명서	시스템 명	농업용 저수지 자료관리시스템
	단위업무 명	프로젝트생성
화면명	분석정보생성-등수심도	
		
<p>화면 및 버튼설명</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 해당 자료(○○저수지 등수심도)의 체크박스 선택시(☑)에 도형자료 화면 표출 ■ 빠른 실행 툴  (전체보기, 연속확대축소, 이동, 확대, 축소, 거리측정)에 있는 기능을 사용하여 자료를 확대, 축소 등등의 기능 실행 가능 		

4) 산출물(CAD)

가) 내용적 결과

사용자설명서	시스템 명	농업용 저수지 자료관리시스템																																																																														
	단위업무 명	프로젝트생성																																																																														
화면명	산출물(CAD)																																																																															
 <p>내용적표</p> <p>사수위=81 저수위=96.5 만수위=99</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>표고</th> <th>고차</th> <th>면적</th> <th>누가내용적</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>81</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>81.5</td><td>0.5</td><td>13,431,041,443,014</td><td>0,348,792,336,909,03</td></tr> <tr><td>82</td><td>0.5</td><td>898,210,740,416,46</td><td>161,987,716,361,52</td></tr> <tr><td>82.5</td><td>0.5</td><td>2173,760,807,367</td><td>925,751,322,632,94</td></tr> <tr><td>83</td><td>0.5</td><td>3364,370,270,504</td><td>2280,701,252,724,7</td></tr> <tr><td>83.5</td><td>0.5</td><td>5021,649,120,9476</td><td>4374,657,455,342,5</td></tr> <tr><td>84</td><td>0.5</td><td>6238,648,839,7052</td><td>7200,007,720,100,9</td></tr> <tr><td>84.5</td><td>0.5</td><td>7434,739,657,7921</td><td>10606,685,833,56</td></tr> <tr><td>85</td><td>0.5</td><td>9198,606,779,2065</td><td>14734,239,625,665</td></tr> <tr><td>85.5</td><td>0.5</td><td>10549,056,853,439</td><td>19692,859,715,071</td></tr> <tr><td>86</td><td>0.5</td><td>11635,418,129,335</td><td>25239,346,466,857</td></tr> <tr><td>86.5</td><td>0.5</td><td>12829,493,897,166</td><td>31345,571,882,91</td></tr> <tr><td>87</td><td>0.5</td><td>13789,847,442,754</td><td>38009,759,033,912</td></tr> <tr><td>87.5</td><td>0.5</td><td>14787,069,603,436</td><td>45147,281,200,282</td></tr> <tr><td>88</td><td>0.5</td><td>15799,359,416,635</td><td>52791,230,519,131</td></tr> <tr><td>88.5</td><td>0.5</td><td>16785,674,843,079</td><td>60937,363,912,866</td></tr> <tr><td>89</td><td>0.5</td><td>17768,582,749,594</td><td>69576,554,259,139</td></tr> <tr><td>89.5</td><td>0.5</td><td>18729,124,902,265</td><td>78702,810,107,135</td></tr> </tbody> </table> <p>1 / 37</p>					표고	고차	면적	누가내용적	81	0	0	0	81.5	0.5	13,431,041,443,014	0,348,792,336,909,03	82	0.5	898,210,740,416,46	161,987,716,361,52	82.5	0.5	2173,760,807,367	925,751,322,632,94	83	0.5	3364,370,270,504	2280,701,252,724,7	83.5	0.5	5021,649,120,9476	4374,657,455,342,5	84	0.5	6238,648,839,7052	7200,007,720,100,9	84.5	0.5	7434,739,657,7921	10606,685,833,56	85	0.5	9198,606,779,2065	14734,239,625,665	85.5	0.5	10549,056,853,439	19692,859,715,071	86	0.5	11635,418,129,335	25239,346,466,857	86.5	0.5	12829,493,897,166	31345,571,882,91	87	0.5	13789,847,442,754	38009,759,033,912	87.5	0.5	14787,069,603,436	45147,281,200,282	88	0.5	15799,359,416,635	52791,230,519,131	88.5	0.5	16785,674,843,079	60937,363,912,866	89	0.5	17768,582,749,594	69576,554,259,139	89.5	0.5	18729,124,902,265	78702,810,107,135
표고	고차	면적	누가내용적																																																																													
81	0	0	0																																																																													
81.5	0.5	13,431,041,443,014	0,348,792,336,909,03																																																																													
82	0.5	898,210,740,416,46	161,987,716,361,52																																																																													
82.5	0.5	2173,760,807,367	925,751,322,632,94																																																																													
83	0.5	3364,370,270,504	2280,701,252,724,7																																																																													
83.5	0.5	5021,649,120,9476	4374,657,455,342,5																																																																													
84	0.5	6238,648,839,7052	7200,007,720,100,9																																																																													
84.5	0.5	7434,739,657,7921	10606,685,833,56																																																																													
85	0.5	9198,606,779,2065	14734,239,625,665																																																																													
85.5	0.5	10549,056,853,439	19692,859,715,071																																																																													
86	0.5	11635,418,129,335	25239,346,466,857																																																																													
86.5	0.5	12829,493,897,166	31345,571,882,91																																																																													
87	0.5	13789,847,442,754	38009,759,033,912																																																																													
87.5	0.5	14787,069,603,436	45147,281,200,282																																																																													
88	0.5	15799,359,416,635	52791,230,519,131																																																																													
88.5	0.5	16785,674,843,079	60937,363,912,866																																																																													
89	0.5	17768,582,749,594	69576,554,259,139																																																																													
89.5	0.5	18729,124,902,265	78702,810,107,135																																																																													
<p>화면 및 버튼설명</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 산출물(CAD)에는 내용적결과, 수심측량표 기능 2가지 구성 ■ 내용적결과는 만수위와 저수위에 따르는 저수지 내용적을 표로 제시 ■ 내용적결과(내용적표)는 표고, 고차, 면적, 누가내용적 등을 화면 표출 ■ 용적산출 버튼은 시수위가 만수위까지의 표고에 따른 면적을 계산하는 기능 ■ 용적보기는 산출된 내용을 보여주는 기능 ■ 내용적결과를 닫을때는 창의  를 클릭하고 창을 닫는다 																																																																																

나) 수심측량표

사용자설명서		시스템 명	농업용 저수지 자료관리시스템																																																																																																																																																																			
		단위업무 명	프로젝트생성																																																																																																																																																																			
화면명	산출물(CAD)																																																																																																																																																																					
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <div style="background-color: #003366; color: white; padding: 2px;">수심 성과표 수심보기</div> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th></th> <th>측점</th> <th>x좌표</th> <th>y좌표</th> <th>측정수심</th> <th>저수위</th> <th>보정수심</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>▶</td><td>1</td><td>403072, 147897953</td><td>222912, 913347786</td><td>3.800000</td><td>96,5</td><td>92,7</td></tr> <tr><td></td><td>2</td><td>403072, 148137344</td><td>222913, 00221021</td><td>3.800000</td><td>96,5</td><td>92,7</td></tr> <tr><td></td><td>3</td><td>403072, 148137344</td><td>222913, 00221021</td><td>3.730000</td><td>96,5</td><td>92,77</td></tr> <tr><td></td><td>4</td><td>403072, 148137344</td><td>222913, 00221021</td><td>3.730000</td><td>96,5</td><td>92,77</td></tr> <tr><td></td><td>5</td><td>403072, 258879926</td><td>222912, 913048809</td><td>3.690000</td><td>96,5</td><td>92,81</td></tr> <tr><td></td><td>6</td><td>403072, 258640537</td><td>222912, 824186389</td><td>3.690000</td><td>96,5</td><td>92,81</td></tr> <tr><td></td><td>7</td><td>403072, 369383121</td><td>222912, 735024987</td><td>3.690000</td><td>96,5</td><td>92,81</td></tr> <tr><td></td><td>8</td><td>403072, 368904349</td><td>222912, 557300144</td><td>3.650000</td><td>96,5</td><td>92,85</td></tr> <tr><td></td><td>9</td><td>403072, 479646936</td><td>222912, 468138751</td><td>3.650000</td><td>96,5</td><td>92,85</td></tr> <tr><td></td><td>10</td><td>403072, 368186199</td><td>222912, 290712879</td><td>3.650000</td><td>96,5</td><td>92,85</td></tr> <tr><td></td><td>11</td><td>403072, 367946817</td><td>222912, 201850453</td><td>3.690000</td><td>96,5</td><td>92,81</td></tr> <tr><td></td><td>12</td><td>403072, 256486086</td><td>222912, 024424576</td><td>3.690000</td><td>96,5</td><td>92,81</td></tr> <tr><td></td><td>13</td><td>403072, 145504114</td><td>222912, 02472354</td><td>3.730000</td><td>96,5</td><td>92,77</td></tr> <tr><td></td><td>14</td><td>403072, 034522144</td><td>222912, 025022505</td><td>3.730000</td><td>96,5</td><td>92,77</td></tr> <tr><td></td><td>15</td><td>403071, 923540173</td><td>222912, 025321471</td><td>3.730000</td><td>96,5</td><td>92,77</td></tr> <tr><td></td><td>16</td><td>403071, 701576231</td><td>222912, 025919402</td><td>3.760000</td><td>96,5</td><td>92,74</td></tr> <tr><td></td><td>17</td><td>403071, 590354882</td><td>222911, 937355936</td><td>3.760000</td><td>96,5</td><td>92,74</td></tr> <tr><td></td><td>18</td><td>403071, 256690839</td><td>222911, 671665525</td><td>3.760000</td><td>96,5</td><td>92,74</td></tr> <tr><td></td><td>19</td><td>403071, 145230119</td><td>222911, 494239617</td><td>3.800000</td><td>96,5</td><td>92,7</td></tr> <tr><td></td><td>20</td><td>403070, 92230869</td><td>222911, 139387781</td><td>3.800000</td><td>96,5</td><td>92,7</td></tr> <tr><td></td><td>21</td><td>403070, 810608614</td><td>222910, 873099419</td><td>3.800000</td><td>96,5</td><td>92,7</td></tr> <tr><td></td><td>22</td><td>403070, 698908547</td><td>222910, 60681105</td><td>3.910000</td><td>96,5</td><td>92,59</td></tr> </tbody> </table> </div>							측점	x좌표	y좌표	측정수심	저수위	보정수심	▶	1	403072, 147897953	222912, 913347786	3.800000	96,5	92,7		2	403072, 148137344	222913, 00221021	3.800000	96,5	92,7		3	403072, 148137344	222913, 00221021	3.730000	96,5	92,77		4	403072, 148137344	222913, 00221021	3.730000	96,5	92,77		5	403072, 258879926	222912, 913048809	3.690000	96,5	92,81		6	403072, 258640537	222912, 824186389	3.690000	96,5	92,81		7	403072, 369383121	222912, 735024987	3.690000	96,5	92,81		8	403072, 368904349	222912, 557300144	3.650000	96,5	92,85		9	403072, 479646936	222912, 468138751	3.650000	96,5	92,85		10	403072, 368186199	222912, 290712879	3.650000	96,5	92,85		11	403072, 367946817	222912, 201850453	3.690000	96,5	92,81		12	403072, 256486086	222912, 024424576	3.690000	96,5	92,81		13	403072, 145504114	222912, 02472354	3.730000	96,5	92,77		14	403072, 034522144	222912, 025022505	3.730000	96,5	92,77		15	403071, 923540173	222912, 025321471	3.730000	96,5	92,77		16	403071, 701576231	222912, 025919402	3.760000	96,5	92,74		17	403071, 590354882	222911, 937355936	3.760000	96,5	92,74		18	403071, 256690839	222911, 671665525	3.760000	96,5	92,74		19	403071, 145230119	222911, 494239617	3.800000	96,5	92,7		20	403070, 92230869	222911, 139387781	3.800000	96,5	92,7		21	403070, 810608614	222910, 873099419	3.800000	96,5	92,7		22	403070, 698908547	222910, 60681105	3.910000	96,5	92,59
	측점	x좌표	y좌표	측정수심	저수위	보정수심																																																																																																																																																																
▶	1	403072, 147897953	222912, 913347786	3.800000	96,5	92,7																																																																																																																																																																
	2	403072, 148137344	222913, 00221021	3.800000	96,5	92,7																																																																																																																																																																
	3	403072, 148137344	222913, 00221021	3.730000	96,5	92,77																																																																																																																																																																
	4	403072, 148137344	222913, 00221021	3.730000	96,5	92,77																																																																																																																																																																
	5	403072, 258879926	222912, 913048809	3.690000	96,5	92,81																																																																																																																																																																
	6	403072, 258640537	222912, 824186389	3.690000	96,5	92,81																																																																																																																																																																
	7	403072, 369383121	222912, 735024987	3.690000	96,5	92,81																																																																																																																																																																
	8	403072, 368904349	222912, 557300144	3.650000	96,5	92,85																																																																																																																																																																
	9	403072, 479646936	222912, 468138751	3.650000	96,5	92,85																																																																																																																																																																
	10	403072, 368186199	222912, 290712879	3.650000	96,5	92,85																																																																																																																																																																
	11	403072, 367946817	222912, 201850453	3.690000	96,5	92,81																																																																																																																																																																
	12	403072, 256486086	222912, 024424576	3.690000	96,5	92,81																																																																																																																																																																
	13	403072, 145504114	222912, 02472354	3.730000	96,5	92,77																																																																																																																																																																
	14	403072, 034522144	222912, 025022505	3.730000	96,5	92,77																																																																																																																																																																
	15	403071, 923540173	222912, 025321471	3.730000	96,5	92,77																																																																																																																																																																
	16	403071, 701576231	222912, 025919402	3.760000	96,5	92,74																																																																																																																																																																
	17	403071, 590354882	222911, 937355936	3.760000	96,5	92,74																																																																																																																																																																
	18	403071, 256690839	222911, 671665525	3.760000	96,5	92,74																																																																																																																																																																
	19	403071, 145230119	222911, 494239617	3.800000	96,5	92,7																																																																																																																																																																
	20	403070, 92230869	222911, 139387781	3.800000	96,5	92,7																																																																																																																																																																
	21	403070, 810608614	222910, 873099419	3.800000	96,5	92,7																																																																																																																																																																
	22	403070, 698908547	222910, 60681105	3.910000	96,5	92,59																																																																																																																																																																
<p>화면 및 버튼설명</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 수심측량표(수심성과표)는 수심보기 버튼 클릭시에 측점별로 위치와 수위 값을 표출 ■ 수심보기 버튼클릭시에 측점번호, x좌표, y좌표, 측정수심, 저수위, 보정수심 등을 표출 ■ 수심측량표를 닫을때는 창의 를 클릭하고 창을 닫는다 																																																																																																																																																																						

나. 프로젝트 열기

가. 프로젝트 조회

사용자설명서	시스템 명	농업용 저수지 자료관리시스템
	단위업무 명	프로젝트열기
화면명	프로젝트열기	
<p>화면 및 버튼설명</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 프로젝트 조회는 저수지, 프로젝트, 각 결과 자료들(산출물내역, 결과보기, 내용적표, 축심표, 동영상, 이미지) 로 구성 ■ 프로젝트 조회는 해당저수지를 선택 후, 프로젝트의 일시를 선택(일련과정은 다음과 같다) <ul style="list-style-type: none"> - 해당도분부 선택 - 해당 지사 선택 - 해당저수지 선택 - 프로젝트 일시 선택 ■ 각 항목을 선택하면 해당 프로젝트의 산출물, 결과보기, 내용적표, 축심표, 동영상, 이미지 등을 조회 가능 		

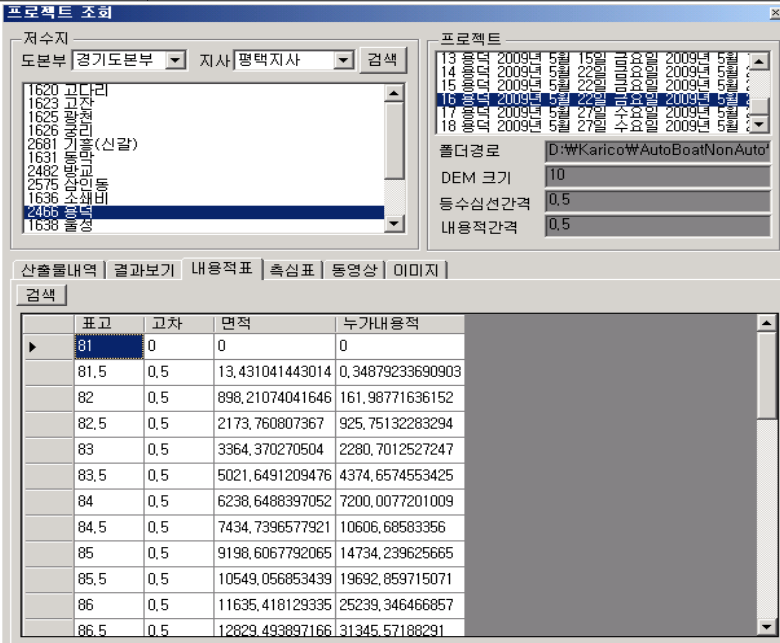
나. 산출물내역

사용자설명서	시스템 명	농업용 저수지 자료관리시스템
	단위업무 명	프로젝트열기
화면명	프로젝트열기	
<p>화면 및 버튼설명</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 저수지별, 프로젝트별로 산출물목록을 조회 가능한 기능 ■ 산출물들의 목록 제공 화면 ■ 맵반영 : 해당 산출물의 체크박스 클릭 후 맵 반영을 클릭하면 결과보기에서 해당 산출물의 결과보기가 가능 		

다. 결과보기

사용자설명서	시스템 명	농업용 저수지 자료관리시스템
	단위업무 명	프로젝트열기
화면명	프로젝트열기	
<p>화면 및 버튼설명</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 저수지별, 프로젝트별, 산출물별로 도형자료를 조회 가능한 기능 ■ 산출물중에 맵반영으로 선택한 레이어 보기 기능 ■ 범례 : 결과보기에 나오는 해당레이어의 범례 보기 기능 		

라. 내용적표

사용자설명서	시스템 명	농업용 저수지 자료관리시스템																																																				
	단위업무명	프로젝트열기																																																				
화면명	프로젝트열기																																																					
 <p>산출물내역 결과보기 내용적표 축심표 동영상 이미지</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>표고</th> <th>고차</th> <th>면적</th> <th>누가내용적</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>81</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>81.5</td> <td>0.5</td> <td>13,431,041,443,014</td> <td>0,348,792,336,909,03</td> </tr> <tr> <td>82</td> <td>0.5</td> <td>898,210,740,416,46</td> <td>161,987,716,361,52</td> </tr> <tr> <td>82.5</td> <td>0.5</td> <td>2173,760,807,367</td> <td>925,751,322,832,94</td> </tr> <tr> <td>83</td> <td>0.5</td> <td>3364,370,270,504</td> <td>2280,701,252,7247</td> </tr> <tr> <td>83.5</td> <td>0.5</td> <td>5021,649,120,9476</td> <td>4374,657,455,3425</td> </tr> <tr> <td>84</td> <td>0.5</td> <td>6238,648,839,7052</td> <td>7200,007,720,1009</td> </tr> <tr> <td>84.5</td> <td>0.5</td> <td>7434,739,657,7921</td> <td>10606,685,833,56</td> </tr> <tr> <td>85</td> <td>0.5</td> <td>9198,606,779,2065</td> <td>14734,239,625,665</td> </tr> <tr> <td>85.5</td> <td>0.5</td> <td>10549,056,853,439</td> <td>19692,859,715,071</td> </tr> <tr> <td>86</td> <td>0.5</td> <td>11635,418,129,335</td> <td>25239,346,466,857</td> </tr> <tr> <td>86.5</td> <td>0.5</td> <td>12829,493,897,166</td> <td>31345,571,882,91</td> </tr> </tbody> </table>			표고	고차	면적	누가내용적	81	0	0	0	81.5	0.5	13,431,041,443,014	0,348,792,336,909,03	82	0.5	898,210,740,416,46	161,987,716,361,52	82.5	0.5	2173,760,807,367	925,751,322,832,94	83	0.5	3364,370,270,504	2280,701,252,7247	83.5	0.5	5021,649,120,9476	4374,657,455,3425	84	0.5	6238,648,839,7052	7200,007,720,1009	84.5	0.5	7434,739,657,7921	10606,685,833,56	85	0.5	9198,606,779,2065	14734,239,625,665	85.5	0.5	10549,056,853,439	19692,859,715,071	86	0.5	11635,418,129,335	25239,346,466,857	86.5	0.5	12829,493,897,166	31345,571,882,91
표고	고차	면적	누가내용적																																																			
81	0	0	0																																																			
81.5	0.5	13,431,041,443,014	0,348,792,336,909,03																																																			
82	0.5	898,210,740,416,46	161,987,716,361,52																																																			
82.5	0.5	2173,760,807,367	925,751,322,832,94																																																			
83	0.5	3364,370,270,504	2280,701,252,7247																																																			
83.5	0.5	5021,649,120,9476	4374,657,455,3425																																																			
84	0.5	6238,648,839,7052	7200,007,720,1009																																																			
84.5	0.5	7434,739,657,7921	10606,685,833,56																																																			
85	0.5	9198,606,779,2065	14734,239,625,665																																																			
85.5	0.5	10549,056,853,439	19692,859,715,071																																																			
86	0.5	11635,418,129,335	25239,346,466,857																																																			
86.5	0.5	12829,493,897,166	31345,571,882,91																																																			
<p>화면 및 버튼설명</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 저수지별, 프로젝트별 내용적표를 조회가능한 기능 ■ 산출물에서 계산된 내용적표 ■ 검색 : 계산된 내용적에 대한 내용을 검색 ■ 검색결과 : 표고, 고차, 면적, 누가내용적 																																																						

마. 측심표

사용자설명서	시스템 명	농업용 저수지 자료관리시스템
	단위업무 명	프로젝트열기
화면명	프로젝트열기	





The screenshot shows the '프로젝트 조회' (Project Search) window. It includes a search bar with '도분부' (County/Division) set to '경기도분부' and '지사' (Branch) set to '평택지사'. A list of projects is shown on the left, with '1638 출정' selected. On the right, project details are displayed, including the folder path 'D:\₩Karico₩AutoBoatNonAuto', DEM size '25', and various intervals. Below the search bar, there are tabs for '산출물내역', '결과보기', '내용적표', '측심표', '동영상', and '이미지'. The '측심표' (Depth Table) tab is active, showing a table with 12 rows of data.

측점	X좌표	Y좌표	측정수심	저수위	보정수심
1	403148,267558526	222742,092749186	13.63000	96,5	82,87
2	403148,267558526	222742,092749186	13.63000	96,5	82,87
3	403148,378778099	222742,181314064	13.67000	96,5	82,83
4	403148,378778099	222742,181314064	13.67000	96,5	82,83
5	403148,378778099	222742,181314064	13.67000	96,5	82,83
6	403148,268033714	222742,270472413	13.63000	96,5	82,87
7	403148,15728933	222742,359630769	13.63000	96,5	82,87
8	403148,15728933	222742,359630769	13.63000	96,5	82,87
9	403147,046544947	222742,448789125	13.63000	96,5	82,87
10	403147,935800565	222742,537947486	13.63000	96,5	82,87
11	403147,936038162	222742,626809103	13.63000	96,5	82,87
12	403147,936513361	222742,804532339	13.70000	96,5	82,8

화면 및 버튼설명

- 저수지별, 프로젝트별 측심표를 조회가능한 기능
- 산출물에서 계산된 측심표(측점에 따른 측정수심 및 보정수심)
- 검색 : 계산된 측심표에 대한 내용을 검색
- 검색결과 : 측점번호, X좌표, Y좌표, 측정수심, 저수위, 보정수심

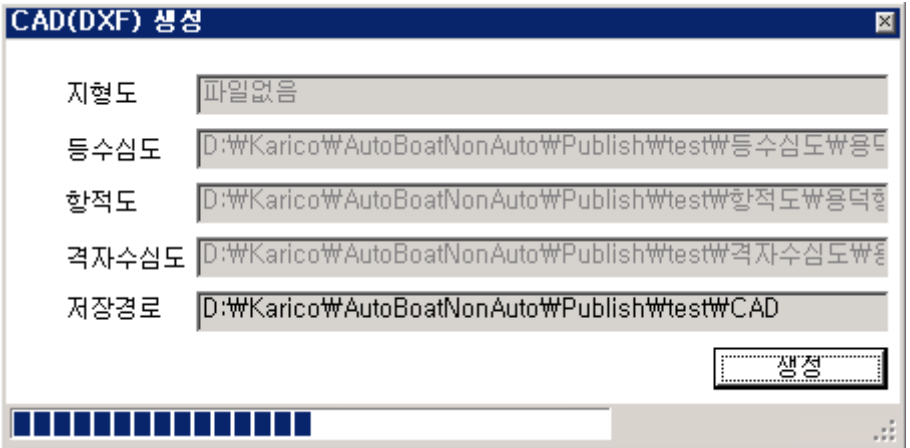

바. 동영상

사용자설명서	시스템 명	농업용 저수지 자료관리시스템
	단위업무 명	프로젝트열기
화면명	프로젝트열기	
 <p>The screenshot shows the '프로젝트 조회' (Project Search) interface. On the left, there's a list of projects with columns for '저수지' (Reservoir) and '지사' (County). The selected project is '24160'. On the right, the '프로젝트' (Project) details are shown, including a date range from 2009-03-19 to 2009-03-19, a folder path 'D:\W\Karico\W\Auto\Boat\Non\Auto', DEM size '10', and time intervals of 0.5. Below the details is a video player with a play button and a landscape image.</p>		
<p>화면 및 버튼설명</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 저수지별, 프로젝트별 동영상을 볼 수 있는 기능 ■ 프로젝트 생성에서 설정된 동영상을 재생 ■  동영상 재생, 일시정지, 뒤로, 앞으로 등의 기능 ■ 프로젝트 생성시에 동영상의 환경설정을 하지 않았다면,  버튼이 보임 ■  버튼은 실행 및 열기 버튼으로 동영상을 찾아서 열고 재생하는 기능 		

바. 이미지

사용자설명서	시스템 명	농업용 저수지 자료관리시스템
	단위업무 명	프로젝트열기
화면명	프로젝트열기	
		
<p>화면 및 버튼설명</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 프로젝트 생성에서 설정된 저수지 이미지를 보임 ■ 저수지별, 프로젝트별 이미지를 볼 수 있는 기능 		

다. 도면생성

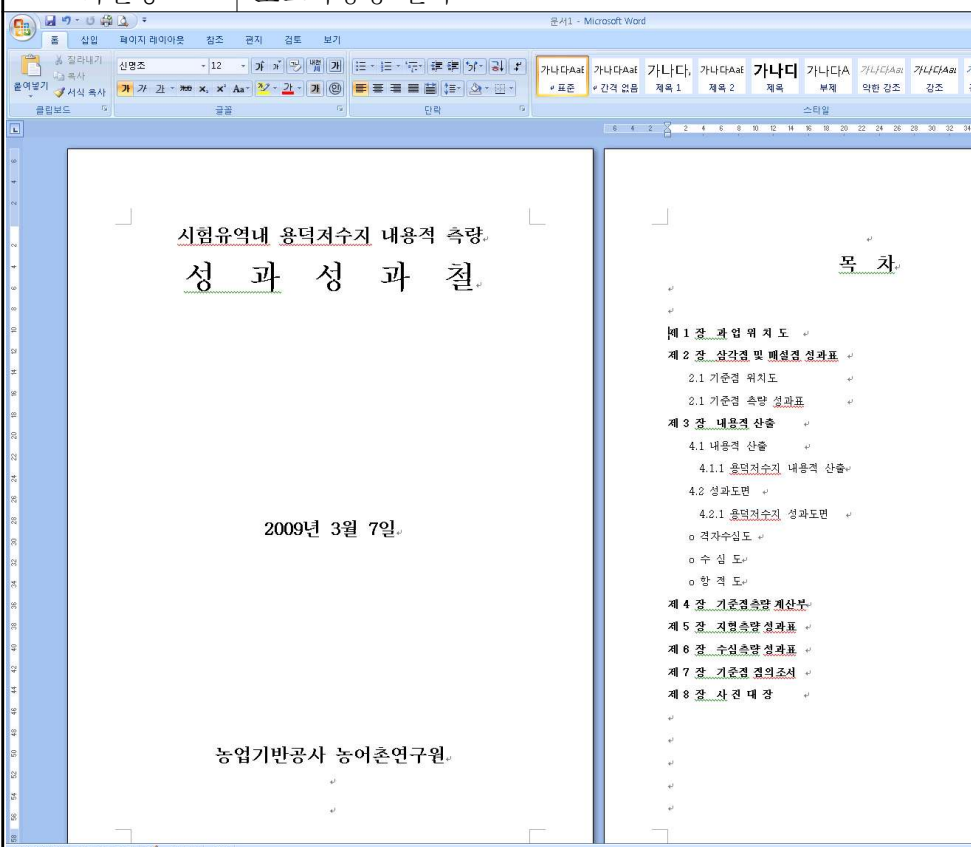
사용자설명서		시스템 명	농업용 저수지 자료관리시스템
		단위업무 명	도면생성
화면명	도면생성		
			
<p>화면 및 버튼설명</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 도면생성은 지형도, 등수심도, 항적도, 격자수심도 등을 CAD 파일로 변환하는 기능 ■ 생성버튼을 클릭하면 프로젝트로 인해 생성된 도면들을 CAD 파일로 생성 수행 ■ 완료가 되면  과 같이 상 태창에 DXF 변환 완료 라는 메시지를 출력 ■ 생성결과는 프로젝트 폴더의 CAD 폴더밑에 각 항목별로 CAD 파일이 생성 			

라. 보고서 생성

가. 보고서 생성

사용자설명서	시스템 명	농업용 저수지 자료관리시스템																														
	단위업무 명	보고서 생성																														
화면명	보고서 생성																															
보고서 생성																																
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>저수지</p> <p>도본부 경기도본부 지사 평택지사 검색</p> <ul style="list-style-type: none"> 1620 고다리 1623 고잔 1625 광천 1626 궁리 2681 기흥(신갈) 1631 동막 2482 방교 2575 삼인동 1636 소쇄비 <li style="background-color: #003366; color: white;">2456 용덕 1638 들성 </div> <div style="width: 45%;"> <p>프로젝트</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>8</td><td>용덕</td><td>2009년 3월 19일</td><td>복합일</td><td>2009년</td></tr> <tr><td>12</td><td>용덕</td><td>2009년 4월 27일</td><td>복합일</td><td>2009년</td></tr> <tr><td>13</td><td>용덕</td><td>2009년 5월 15일</td><td>복합일</td><td>2009년</td></tr> <tr><td>14</td><td>용덕</td><td>2009년 5월 22일</td><td>복합일</td><td>2009년</td></tr> <tr><td>15</td><td>용덕</td><td>2009년 5월 22일</td><td>복합일</td><td>2009년</td></tr> <tr style="background-color: #003366; color: white;"><td>16</td><td>용덕</td><td>2009년 5월 22일</td><td>복합일</td><td>2009년</td></tr> </table> <p>폴더경로 D:\₩Karico\₩AutoBoat\</p> <p>DEM 크기 10</p> <p>등수심선간격 0.5</p> <p>내용적간격 0.5</p> </div> </div>			8	용덕	2009년 3월 19일	복합일	2009년	12	용덕	2009년 4월 27일	복합일	2009년	13	용덕	2009년 5월 15일	복합일	2009년	14	용덕	2009년 5월 22일	복합일	2009년	15	용덕	2009년 5월 22일	복합일	2009년	16	용덕	2009년 5월 22일	복합일	2009년
8	용덕	2009년 3월 19일	복합일	2009년																												
12	용덕	2009년 4월 27일	복합일	2009년																												
13	용덕	2009년 5월 15일	복합일	2009년																												
14	용덕	2009년 5월 22일	복합일	2009년																												
15	용덕	2009년 5월 22일	복합일	2009년																												
16	용덕	2009년 5월 22일	복합일	2009년																												
<p>보고서용 이미지 생성</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>과업위치도</td> <td>D:\₩Karico\₩AutoBoat\NonAuto\₩Publi ...</td> </tr> <tr> <td>격자수심도</td> <td></td> </tr> <tr> <td>수심도</td> <td></td> </tr> <tr> <td>향적도</td> <td></td> </tr> </table> <p style="text-align: right; margin-top: 10px;">보고</p>			과업위치도	D:\₩Karico\₩AutoBoat\NonAuto\₩Publi ...	격자수심도		수심도		향적도																							
과업위치도	D:\₩Karico\₩AutoBoat\NonAuto\₩Publi ...																															
격자수심도																																
수심도																																
향적도																																
<p>화면 및 버튼설명</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 보고서 생성은 저수지별, 프로젝트별로 보고서를 생성 가능 ■ 보고서용 이미지 생성을 위해 해당저수지의 과업위치도를 사용자가 선택함 ■ 격자수심도, 수심도, 향적도 등은 버튼 클릭시에 해당 저수지의 프로젝트의 자료를 읽음 ■ 보고서 생성 버튼을 클릭하면 Microsoft Word 파일로 보고서 생성 																																

나. 보고서 생성 결과


사용자설명서	시스템 명	농업용 저수지 자료관리시스템
	단위업무명	보고서생성
화면명	보고서생성 결과	
 <p>The screenshot shows a Microsoft Word document with the following content:</p> <p>시험유역내 용덕저수지 내용적 측량 성과 성과 첩</p> <p>2009년 3월 7일</p> <p>농업기반공사 농어촌연구원</p> <p>목 차</p> <p>제 1 장 과업 위 치 도</p> <p>제 2 장 삼각점 및 배설점 성과표</p> <p>2.1 기준점 위치도</p> <p>2.1 기준점 측량 성과표</p> <p>제 3 장 내용적 산출</p> <p>4.1 내용적 산출</p> <p>4.1.1 용덕저수지 내용적 산출</p> <p>4.2 성과도면</p> <p>4.2.1 용덕저수지 성과도면</p> <p>○ 격자수심도</p> <p>○ 수 심 도</p> <p>○ 항 격 도</p> <p>제 4 장 기준점측량 계산부</p> <p>제 5 장 지형측량 성과표</p> <p>제 6 장 수질측량 성과표</p> <p>제 7 장 기준점 정의표</p> <p>제 8 장 사진 대 장</p>		
<p>화면 및 버튼설명</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 해당자료들을 MS-Word 파일로 생성된 화면을 출력 ■ 생성된 파일은 저장되지 않은 파일임- 사용자가 저장해야 함 		

마. 개황보기

가. 동영상

사용자설명서	시스템 명	농업용 저수지 자료관리시스템	
	단위업무 명	개황보기	
화면명	개황보기		
<div data-bbox="230 575 1179 1290" data-label="Image"> </div>			
화면 및 버튼설명			
<ul style="list-style-type: none"> ■ 개황보기는 저수지의 동영상 및 이미지를 보는 기능 ■ 저수지 개황으로 관리기관,주소, 관개면적, 수로손실, 삼투량 등을 보임 ■ 동영상은 실행, 일시정지, 앞으로, 뒤로 등의 동영상 실행관련 버튼 있음 			

나. 이미지

사용자설명서	시스템 명	농업용 저수지 자료관리시스템																			
	단위업무명	개황보기																			
화면명	개황보기																				
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>저수지 개황</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">관리기관</td> <td style="width: 20%;">경기도본부 평택</td> <td style="width: 20%;">저수지명</td> <td style="width: 20%;">용덕</td> <td style="width: 20%;">관계면적</td> <td>261</td> </tr> <tr> <td>주소</td> <td>경기도 처인구 이동면 목리</td> <td>수로손실</td> <td>0</td> <td>삼투량</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>동영상</td> <td>D:\₩Karico₩AutoBoatNonAuto₩bin₩De ...</td> <td>이미지</td> <td>D:\₩Karico₩AutoBoatNonAuto₩bin₩Del ...</td> <td colspan="2"></td> </tr> </table> <p>동영상 <input type="checkbox"/> 이미지 <input checked="" type="checkbox"/></p>  </div>				관리기관	경기도본부 평택	저수지명	용덕	관계면적	261	주소	경기도 처인구 이동면 목리	수로손실	0	삼투량	5	동영상	D:\₩Karico₩AutoBoatNonAuto₩bin₩De ...	이미지	D:\₩Karico₩AutoBoatNonAuto₩bin₩Del ...		
관리기관	경기도본부 평택	저수지명	용덕	관계면적	261																
주소	경기도 처인구 이동면 목리	수로손실	0	삼투량	5																
동영상	D:\₩Karico₩AutoBoatNonAuto₩bin₩De ...	이미지	D:\₩Karico₩AutoBoatNonAuto₩bin₩Del ...																		
<p>화면 및 버튼설명</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 개황보기는 저수지의 동영상 및 이미지를 보는 기능 ■ 저수지 개황으로 관리기관,주소, 관계면적, 수로손실, 삼투량 등을 보임 ■ 이미지는 저수지의 사진을 보여주는 기능 																					

바. 범례보기

사용자설명서		시스템 명	농업용 저수지 자료관리시스템
		단위업무 명	개황보기
화면명	범례보기		

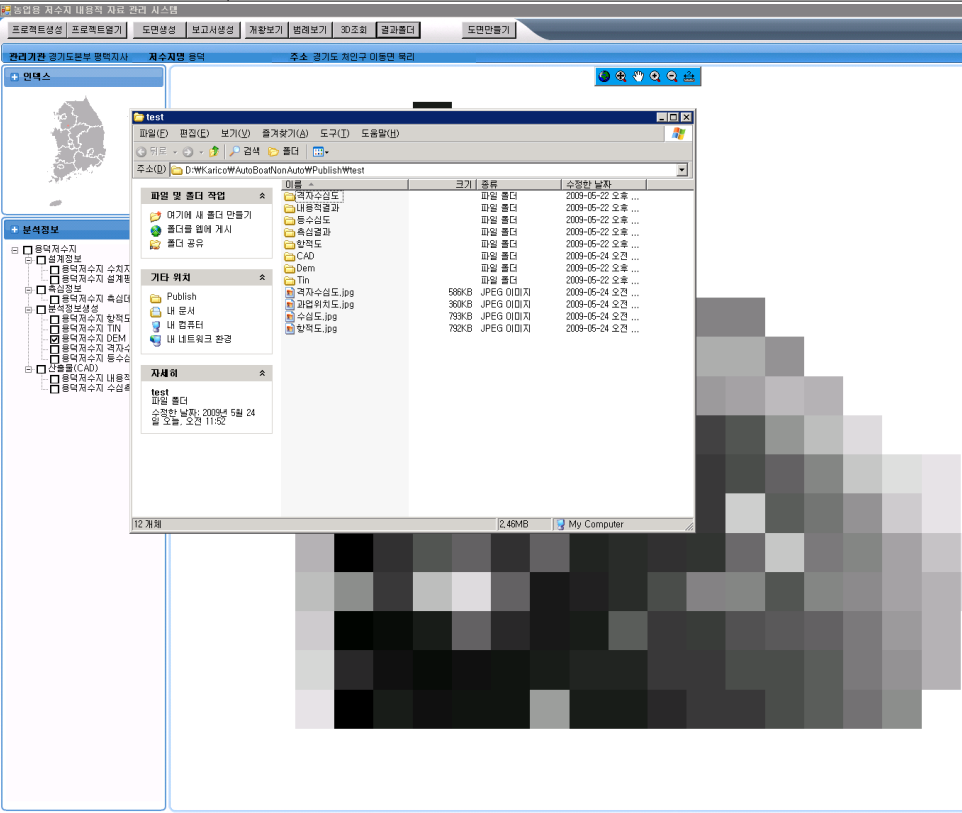
화면 및 버튼설명

- 분석정보의 항목의 체크박스를 선택시에 보여지는 도형의 범례를 보여주는 기능

사. 3D 조회

<h2>사용자설명서</h2>		시스템 명	농업용 저수지 자료관리시스템
		단위업무 명	3D조회
화면명	3D 조회		
<p>화면 및 버튼설명</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 3D 조회는 TIN 자료를 3차원으로 보여주는 기능 ■ 3D 조회 화면제어 기능은 전체보기, 뷰이동, 이동, 확대, 축소 ()의 기능 			

아. 결과폴더

사용자설명서	시스템 명	농업용 저수지 자료관리시스템
	단위업무 명	결과폴더
화면명	결과폴더	
		
<p>화면 및 버튼설명</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 결과폴더는 작업한 결과물들을 저장한 폴더를 보여줌 ■ 결과폴더는격자수심도, 내용적결과, 등수심도, 측심결과, 향적도, CAD, DEM, TIN 등을 구성 		

저수지 내용적 측량을 위한
무인 자율운항 탐사 시스템

사용자 프로그램
소스코드



- 목차 -

1. BoatControl 프로그램 소스코드
 - 1.1 Network Interface 함수
 - 1.2 격자 생성 함수
 - 1.3 자율 항로 생성 함수
 - 1.4 사용자 Interface 함수

2. BoatPilot 프로그램 소스코드
 - 2.1 Communication Interface 함수
 - 2.2 자율 항로 제어 함수
 - 2.3 측심 데이터 저장 함수

3. NaviAnal 프로그램 소스코드
 - 3.1 저장 데이터 Read 함수
 - 3.2 사용자 Interface 함수

1. BoatControl 프로그램 소스코드

1.1 Network Interface 함수

```
// Network 시작함수
void CBoatControlView::StartNetworkInterface()
{
    m_pClientSocket = new CClientSocket();
    m_pClientSocket->SetHwnd( this->m_hWnd, WM_RECEIVE_TCP_MSG );
    m_pClientSocket->Create();
    m_pClientSocket->Bind( m_tControlProfile.m_dwNetPortNo );
}
// Network 종료함수
void CBoatControlView::StopNetworkInterface()
{
    if( m_pClientSocket )
    {
        m_pClientSocket->ShutDown();
        m_pClientSocket->Close();
    }
    SAFE_DELETE( m_pClientSocket );
}
// Network 메시지
BOOL CBoatControlView::SendNetworkMsg( BYTE *pData, DWORD dwDataSize )
{
    if( pData == NULL || dwDataSize < 1 )
        return FALSE;
    BOOL bReturn = FALSE;
    if( m_pClientSocket && m_pClientSocket->IsConnect() )
    {
        m_pClientSocket->SendData( pData, dwDataSize );
        if( m_tControlProfile.m_bSaveEventLog && m_pLogFile &&
            m_pLogFile->IsOpen() )
            m_pLogFile->PutHEXA( (char *)pData, dwDataSize );
        if( m_pBoatInfoDlg )
            m_pBoatInfoDlg->ChangeNetTxStat();
        bReturn = TRUE;
    }
    return bReturn;
}
// 메시지 Send
void CBoatControlView::PushSendNetworkMsg( WORD wKind, WORD wType, WORD
wTotalBlocks, WORD wCurBlockNum, BYTE *pData, DWORD dwDataSize )
{
    static T_NET_HEAD tNetHead;
    int nHeadSize = sizeof( T_NET_HEAD );

    CopyMemory( tNetHead.byAddress, SLAVE_ADDR_ID, sizeof( BYTE ) * 2 );
```

```

tNetHead.wKind          = wKind;
tNetHead.wType          = wType;
tNetHead.wTotalBlocks  = wTotalBlocks;
tNetHead.wCurBlockNum  = wCurBlockNum;
tNetHead.dwDataSize    = dwDataSize;

BYTE *pBuffer = NULL;
if( pData )
    pBuffer = new BYTE[nHeadSize + dwDataSize ];
else
    pBuffer = new BYTE[nHeadSize];
if( pBuffer )
{
    CopyMemory( pBuffer, &tNetHead, nHeadSize );
    if( pData )
        CopyMemory( &pBuffer[nHeadSize], pData, dwDataSize );
    PushSndQueue( pBuffer );
}
}
// 네트워크 메시지 Fetch
void CBoatControlView::FetchNetworkMsg( WORD wKind, WORD wType, WORD
wTotalBlocks, WORD wCurBlockNum, BYTE *pData, DWORD dwDataSize )
{
    BOOL bReturn = FALSE;
    switch( wKind )
    {
    case NM_KIND_MEAS_DATA :
        switch( wType )
        {
        case NM_TYPE_PILOT_DATA : bReturn = ProcNetPilotData( pData,
dwDataSize ); break
        }
        break
    case NM_KIND_CONFIG_DATA :
        switch( wType )
        {
        case NM_TYPE_COMM_SETTING : bReturn = ProcNetCommSetting(
pData, dwDataSize ); break
        case NM_TYPE_SAVE_OPTION : bReturn = ProcNetSaveOption( pData,
dwDataSize ); break
        }
        break
    default :
        break
    }

    if( bReturn )
        PushSendNetworkMsg( wKind + NM_KIND_OK_BASE, wType,
wTotalBlocks, wCurBlockNum, NULL, dwDataSize );
}

```

```

        else
            PushSendNetworkMsg( wKind + NM_KIND_NOK_BASE, wType,
wTotalBlocks, wCurBlockNum, NULL, dwDataSize );
    }

// Network 전송 프로시저
void CBoatControlView::DoNetSendTimeoutProc( BOOL bExit )
{
    DWORD          dwHeadSize = sizeof( T_NET_HEAD );

    static BYTE          *pSndBuff = NULL;
    static T_NET_HEAD    *pNetSndHead = NULL;
    static DWORD         dwSndDataSize = 0;

    static BYTE          *pRcvBuff = NULL;
    static T_NET_HEAD    *pNetRcvHead = NULL;

    static int          nCmpRetryCnt = 0;
    static int          nSndRetryCnt = 0;
    static int          nStatus = 0;
    static CString      strMsg;

    BYTE              *pBuffPtr = NULL;

    if( bExit )
    {
        SAFE_DELETE_ARRAY( pSndBuff );
        return;
    }

    switch( nStatus )
    {
    case 0 :           // Get data from send queue
        pBuffPtr = PopSndQueue();
        if( pBuffPtr )
        {
            pSndBuff = pBuffPtr;

            pNetSndHead = (T_NET_HEAD *)pSndBuff;
            if( pNetSndHead->wKind < NM_KIND_OK_BASE )
                dwSndDataSize = dwHeadSize +
pNetSndHead->dwDataSize;
            else
                dwSndDataSize = dwHeadSize;

            nStatus = 1;

            strMsg.Format( "Get data from send queue ( go status = %d,
remaind %d)\n", nStatus, m_pNetSndQueue->size() );

```

```

        OutputDebugString( strMsg );
    }
    break;
case 1 : // Send data to network
    if( dwSndDataSize > 0 )
    {
        if( SendNetworkMsg( pSndBuff, dwSndDataSize ) )
        {
            if( pNetSndHead->wKind >= NM_KIND_OK_BASE )
            {
                SAFE_DELETE_ARRAY( pSndBuff );
                dwSndDataSize = 0;
                nStatus = 0;
            }
            else
            {
                nStatus = 2;
                Sleep( 100 );
            }
            nSndRetryCnt = 0;

            strMsg.Format( "Send data to network OK ( go status
= %d, remaind = %d )\n", nStatus, m_pNetSndQueue->size() );
            OutputDebugString( strMsg );
        }
        else
        {
            nSndRetryCnt ++;
            if( nSndRetryCnt > 20 )
            {
                //StartNetworkInterface();
                nSndRetryCnt = 0;

                SAFE_DELETE_ARRAY( pSndBuff );
                dwSndDataSize = 0;
                nStatus = 0;

                strMsg.Format( "네트워크 통신에 문제가 있어
명령을 전송하지 못했습니다." );

                SendMessage( WM_UPDATE_STATUS_MSG,
0, (LPARAM)&strMsg );
            }

            strMsg.Format( "Send data to network Failed ( go
status = %d, remaind = %d )\n", nStatus, m_pNetSndQueue->size() );
            OutputDebugString( strMsg );
        }
    }
}

```

```

else
{
    SAFE_DELETE_ARRAY( pSndBuff );
    dwSndDataSize = 0;
    nStatus = 0;
}
break;
case 2 : // Get data from receive queue
pBuffPtr = PopRcvQueue();
if( pBuffPtr )
{
    pRcvBuff = pBuffPtr;
    pNetRcvHead = (T_NET_HEAD *)pRcvBuff;

    strMsg.Format( "Get data from receive queue OK( go status =
%d, remaind = %d )\n", nStatus, m_pNetRcvQueue->size() );
    OutputDebugString( strMsg );

    if( pNetRcvHead->wKind % NM_KIND_OK_BASE ==
pNetSndHead->wKind &&
        pNetRcvHead->wType == pNetSndHead->wType
&&
        pNetRcvHead->wTotalBlocks ==
pNetSndHead->wTotalBlocks &&
        pNetRcvHead->wCurBlockNum ==
pNetSndHead->wCurBlockNum &&
        pNetRcvHead->dwDataSize ==
pNetSndHead->dwDataSize )
    {
        if( pNetRcvHead->wKind >= NM_KIND_OK_BASE
&& pNetRcvHead->wKind < NM_KIND_NOK_BASE )
        {
            SAFE_DELETE_ARRAY( pSndBuff );
            dwSndDataSize = 0;
            nStatus = 0; // OK 수신, 다음
데이터 전송 단계
        }
        else
        {
            nStatus = 1; // NOK 수신, 재전
송 단계
            SAFE_DELETE_ARRAY( pRcvBuff );

            nCmpRetryCnt = 0;

            strMsg.Format( "Compare data OK( go status = %d,
remaind = %d )\n", nStatus, m_pNetRcvQueue->size() );
            OutputDebugString( strMsg );
        }
    }
else

```

```

        {
            nStatus = 2;                // 다음 수신 데이터
처리
            SAFE_DELETE_ARRAY( pRcvBuff );

            strMsg.Format( "Compare data Failed( go status =
%d, remaind = %d )\n", nStatus, m_pNetRcvQueue->size() );
            OutputDebugString( strMsg );
        }
    }
    else
    {
        nCmpRetryCnt ++;
        if( nCmpRetryCnt > 1000 )
        {
            nCmpRetryCnt = 0;
            nStatus = 1;                // 데이터를 재 전송한다.
        }
        strMsg.Format( "Get data from receive queue Failed( go status
= %d, remaind = %d )\n", nStatus, m_pNetRcvQueue->size() );
        OutputDebugString( strMsg );
    }
    break;
}
}

```

1.2 격자 생성 함수

```

// 격자 생성 함수
BOOL CLatticeProc::CreateLattice( double dCellSize, CGeoLinkedList *pOutlineGeoList,
CDialog *pDlg )
{
    FreeLatticeMemory();

    m_dCellSize = dCellSize;

    if( pOutlineGeoList == NULL || pOutlineGeoList->GetCount() < 3 )
    {
        m_nRowSize = 0;
        m_nColSize = 0;

        return FALSE;
    }

    if( !MakeGeoPolygon( pOutlineGeoList ) ) return FALSE;

    double dMinLat, dMinLon, dMaxLat, dMaxLon;

```

```

m_pGeoPolygon->GetRect( &dMinLat, &dMinLon, &dMaxLat, &dMaxLon );

CalcLatticeRect( dMinLat, dMinLon, dMaxLat, dMaxLon );

m_gpOrigin.SetGeo( m_dMinLat, m_dMinLon );

if( !AllocLatticeMemory() )
    return FALSE;

CGeoPoint gpCellCenter;

if( pDlg )
{
    CString strMsg = "이동 경로 설정\r\n\r\n저수지 외형을 검사합니다.";

    ((CProgressDlg *)pDlg)->SetProgressRange( m_nRowSize * m_nColSize );
};
    ((CProgressDlg *)pDlg)->SetMsg( strMsg );
}

for( int nRow = 0; nRow < m_nRowSize; nRow++ )
{
    for( int nCol = 0; nCol < m_nColSize; nCol++ )
    {
        if( pDlg && ((CProgressDlg *)pDlg)->GetUserCancel() )
            return FALSE;

        if( pDlg && ( nRow * m_nColSize + nCol ) % 10 == 0 )
            ((CProgressDlg *)pDlg)->SetCurProgress( nRow *
m_nColSize + nCol );

        gpCellCenter = GetCellCenter( nRow, nCol );

        if( m_pGeoPolygon->PointInPolygon( gpCellCenter.m_dLat,
gpCellCenter.m_dLon ) )
            SetCellType( nRow, nCol, CT_IN_POLYGON );
        else
            SetCellType( nRow, nCol, CT_OUT_POLYGON );
    }
}

return CheckPolygonBoundary( pDlg );
}

// Geometric 셀 좌표 생성
BOOL CLatticeProc::GetGeoCell( CGeoPoint gpPoint, int &nRow, int &nCol )
{
    if( gpPoint.m_dLat > m_dMinLat && gpPoint.m_dLat < m_dMaxLat &&
gpPoint.m_dLon > m_dMinLon && gpPoint.m_dLon < m_dMaxLon )

```



```

    {
        CGeoPoint gpOrigin, gpTemp;
        double dX, dY, dR, dT;

        gpOrigin.SetGeo( m_dMinLat, m_dMinLon );
        gpTemp.SetGeo( m_dMinLat, gpPoint.m_dLon );

        m_geoTrans.Geo2XY( gpOrigin, gpTemp, &dX, &dY );
        m_geoTrans.XY2RT( dX, dY, &dR, &dT );

        nCol = (int)( floor( dR / m_dCellSize ));

        gpTemp.SetGeo( gpPoint.m_dLat, m_dMinLon );

        m_geoTrans.Geo2XY( gpOrigin, gpTemp, &dX, &dY );
        m_geoTrans.XY2RT( dX, dY, &dR, &dT );

        nRow = (int)( floor( dR / m_dCellSize ));

        return TRUE;
    }
    return FALSE;
}

// Cell의 중심 좌표
CGeoPoint CLatticeProc::GetCellCenter( int nRow, int nCol )
{
    CGeoPoint      gpCellCenter;

    double dX = m_dCellSize * nCol + m_dCellSize / 2.0;
    double dY = m_dCellSize * nRow + m_dCellSize / 2.0;

    m_geoTrans.XY2Geo( m_gpOrigin, dX, dY, &gpCellCenter );

    return gpCellCenter;
}

// 탐사를 위한 Cell의 형태
BYTE CLatticeProc::GetCellType( int nRow, int nCol )
{
    if( m_pType == NULL )
        return 0;

    return m_pType[nRow * m_nColSize + nCol];
}

void CLatticeProc::SetCellType( int nRow, int nCol, BYTE byType )
{
    if( m_pType == NULL )

```

```

        return;

        m_pType[nRow * m_nColSize + nCol] = byType;
    }

// 탐색 깊이
double CLatticeProc::GetCellDepth( int nRow, int nCol )
{
    if( m_pDepth == NULL )
        return 0.0;

    return m_pDepth[ nRow * m_nColSize + nCol];
}

void CLatticeProc::SetCellDepth( int nRow, int nCol, double dDepth )
{
    if( m_pDepth == NULL )
        return;

    double dCellDepth = GetCellDepth( nRow, nCol );

    if( dCellDepth > 0.0 )
        dCellDepth = ( dDepth + dCellDepth ) / 2.0;
    else
        dCellDepth = dDepth;

    m_pDepth[nRow * m_nColSize + nCol] = dCellDepth;
}

// 장애물 수정 함수
BOOL CLatticeProc::SetObstacle( CGeoPoint gpObstacle )
{
    int nRow, nCol;

    if( GetGeoCell( gpObstacle, nRow, nCol ) )
    {
        if( GetCellType( nRow, nCol ) == CT_IN_POLYGON || GetCellType(
nRow, nCol ) == CT_BOAT_PATH )
            SetCellType( nRow, nCol, CT_OBSTACLE );

        return TRUE;
    }

    return FALSE;
}

BOOL CLatticeProc::ResetObstacle( CGeoPoint gpObstacle )
{
    int nRow, nCol;

```

```

if( GetGeoCell( gpObstacle, nRow, nCol ))
{
    if( GetCellType( nRow, nCol ) == CT_OBSTACLE )
        SetCellType( nRow, nCol, CT_IN_POLYGON );

    return TRUE;
}

return FALSE;
}

// 격자 외곽 경계 로딩 함수
void CLatticeProc::ChangeLatticeBoundary( int nSide, double dLatLon )
{
    FreeLatticeMemory();

    CGeoPoint gpCenter, gpTemp;

    switch( nSide )
    {
    case 0 : // Left
        m_dMinLon = dLatLon;
        break;
    case 1 : // Top
        m_dMaxLat = dLatLon;
        break;
    case 2 : // Right
        m_dMaxLon = dLatLon;
        break;
    case 3 : // Bottom
        m_dMinLat = dLatLon;
        break;
    }

    CalcLatticeRect( m_dMinLat, m_dMinLon, m_dMaxLat, m_dMaxLon );
    m_gpOrigin.SetGeo( m_dMinLat, m_dMinLon );

    if( !AllocLatticeMemory() )
        return ;

    CGeoPoint gpCellCenter;

    for( int nRow = 0; nRow < m_nRowSize; nRow++ )
    {
        for( int nCol = 0; nCol < m_nColSize; nCol++ )
        {
            gpCellCenter = GetCellCenter( nRow, nCol );

```

```

        if( m_pGeoPolygon->PointInPolygon( gpCellCenter.m_dLat,
gpCellCenter.m_dLon ) )
            SetCellType( nRow, nCol, CT_IN_POLYGON );
        else
            SetCellType( nRow, nCol, CT_OUT_POLYGON );
    }
}

CheckPolygonBoundary( NULL );
}

```

1.3 자율 항로 생성 함수

```

// Way-point 탐색 역방향
BOOL CLatticeProc::TrackWaypoint_SPR_CCW( BOOL bOnePath, int nStartRow, int
nStartCol, CGeoLinkedList *pWaypointGeoList, CDialog *pDlg )
{
    BOOL bEnd = FALSE;
    BOOL bChangeDir = TRUE;
    int nNewCol = nStartCol, nNewRow = nStartRow;
    int nCol, nRow;
    int nDir = 0;

    CGeoPoint gpCellCenter;

    nCol = nNewCol;          nRow = nNewRow;

    int nSavedRow = -1;
    int nSavedCol = -1;

    if( pDlg )
    {
        CString strMsg = "이동 경로 설정\r\n\r\n이동 경로를 검색하고 있습니다.";

        ((CProgressDlg *)pDlg)->SetProgressRange( 10000 );
        ((CProgressDlg *)pDlg)->SetMsg( strMsg );
    }

    int nLoopCnt = 0;
    int *pCheck;
    BOOL bFound;

    while( 1 ) {
        if( pDlg && ((CProgressDlg *)pDlg)->GetUserCancel() )
            return FALSE;

        if( pDlg && nLoopCnt % 100 == 0 )
            ((CProgressDlg *)pDlg)->SetCurProgress( nLoopCnt );
    }
}

```

```

        nLoopCnt = ( nLoopCnt + 1 ) % 10000;

        if( nNewCol < 0 || nNewCol >= m_nColSize || nNewRow < 0 ||
nNewRow >= (int)m_nRowSize )
            break;

        SetCellType( nRow, nCol, CT_BOAT_PATH );

        if( bEnd )
        {
            gpCellCenter = GetCellCenter( nRow, nCol );

            pWaypointGeoList->AddNode(          gpCellCenter.m_dLat,
gpCellCenter.m_dLon );

            break;
        }

        if( bChangeDir && ( nSavedRow != nRow || nSavedCol != nCol ) )
        {
            gpCellCenter = GetCellCenter( nRow, nCol );
            pWaypointGeoList->AddNode(          gpCellCenter.m_dLat,
gpCellCenter.m_dLon );

            nSavedRow = nRow;
            nSavedCol = nCol;
        }

        nCol = nNewCol;          nRow = nNewRow;

        MakeRovingWindow( m_pRovWin, nRow, nCol );

        bFound = FALSE;
        pCheck = g_nCCW_CheckCell[nDir];

        for( int i = 0; i < 6; i++ )
        {
            if( bOnePath && m_pRovWin[pCheck[i]] == CT_BOAT_PATH
)
                break;

            if( m_pRovWin[pCheck[i]] == CT_IN_POLYGON &&
                IsMovableCellSPR( WGM_SPR_CCW, pCheck[i],
RovRow( pCheck[i], nRow ), RovCol( pCheck[i], nCol ) ) )
            {
                nNewRow = RovRow( pCheck[i], nRow );
                nNewCol = RovCol( pCheck[i], nCol );
                bChangeDir = ( nDir != pCheck[i] );
            }
        }
    }
}

```

```

        nDir = pCheck[i];
        bFound = TRUE;
        break;
    }
}

if( !bFound )
    bEnd = TRUE;
}

return TRUE;
}

// Way-point 탐색 순방향
BOOL CLatticeProc::TrackWaypoint_SPR_CW( BOOL bOnePath, int nStartRow, int
nStartCol, CGeoLinkedList *pWaypointGeoList, CDialog *pDlg )
{
    BOOL bEnd = FALSE;
    BOOL bChangeDir = TRUE;
    int nNewCol = nStartCol, nNewRow = nStartRow;
    int nCol, nRow;
    int nDir = 4;

    CGeoPoint gpCellCenter;

    nCol = nNewCol;        nRow = nNewRow;

    int nSavedRow = -1;
    int nSavedCol = -1;

    if( pDlg )
    {
        CString strMsg = "이동 경로 설정\r\n\r\n이동 경로를 검색하고 있습니다.";

        ((CProgressDlg *)pDlg)->SetProgressRange( 10000 );
        ((CProgressDlg *)pDlg)->SetMsg( strMsg );
    }

    int nLoopCnt = 0;
    BOOL bFound;
    int *pCheck;

    while( 1 ) {
        if( pDlg && ((CProgressDlg *)pDlg)->GetUserCancel() )
            return FALSE;

        if( pDlg && nLoopCnt % 100 == 0 )
            ((CProgressDlg *)pDlg)->SetCurProgress( nLoopCnt );
    }
}

```

```

nLoopCnt = ( nLoopCnt + 1 ) % 10000;

if( nNewCol < 0 || nNewCol >= m_nColSize || nNewRow < 0 ||
nNewRow >= (int)m_nRowSize )
    break;

SetCellType( nRow, nCol, CT_BOAT_PATH );

if( bEnd )
{
    gpCellCenter = GetCellCenter( nRow, nCol );

    pWaypointGeoList->AddNode(          gpCellCenter.m_dLat,
gpCellCenter.m_dLon );

    break;
}

if( bChangeDir && ( nSavedRow != nRow || nSavedCol != nCol ) )
{
    gpCellCenter = GetCellCenter( nRow, nCol );
    pWaypointGeoList->AddNode(          gpCellCenter.m_dLat,
gpCellCenter.m_dLon );

    nSavedRow = nRow;
    nSavedCol = nCol;
}

nCol = nNewCol;          nRow = nNewRow;

MakeRovingWindow( m_pRovWin, nRow, nCol );

bFound = FALSE;
pCheck = g_nCW_CheckCell[nDir];

for( int i = 0; i < 6; i++ )
{
    if( bOnePath && m_pRovWin[pCheck[i]] == CT_BOAT_PATH
)
        break;

    if( m_pRovWin[pCheck[i]] == CT_IN_POLYGON &&
        IsMovableCellSPR(          WGM_SPR_CW,          pCheck[i],
RovRow( pCheck[i], nRow ), RovCol( pCheck[i], nCol ) ) )
    {
        nNewRow = RovRow( pCheck[i], nRow );
        nNewCol = RovCol( pCheck[i], nCol );
        bChangeDir = ( nDir != pCheck[i] );
        nDir = pCheck[i];
    }
}

```

```

                bFound = TRUE;
                break;
            }
        }

        if( !bFound )
            bEnd = TRUE;
    }

    return TRUE;
}

// 수평왕복 위쪽 이동
BOOL CLatticeProc::TrackWaypoint_HRT_UP( BOOL bInitRightDir, int nStartRow, int
nStartCol, CGeoLinkedList *pWaypointGeoList, CDialog *pDlg )
{
    BOOL bEnd = FALSE;
    BOOL bChangeDir = TRUE;
    int nNewCol = nStartCol, nNewRow = nStartRow;
    int nCol, nRow;
    BOOL bRightDir = bInitRightDir;
    int nDir = 6;

    CGeoPoint gpCellCenter;

    nCol = nNewCol;          nRow = nNewRow;

    int nSavedRow = -1;
    int nSavedCol = -1;

    if( pDlg )
    {
        CString strMsg = "이동 경로 설정\r\n\r\n이동 경로를 검색하고 있습니다.";

        ((CProgressDlg *)pDlg)->SetProgressRange( 10000 );
        ((CProgressDlg *)pDlg)->SetMsg( strMsg );
    }

    int nLoopCnt = 0;
    int *pCheck;
    BOOL bFound;

    while( 1 ) {
        if( pDlg && ((CProgressDlg *)pDlg)->GetUserCancel() )
            return FALSE;

        if( pDlg && nLoopCnt % 100 == 0 )
            ((CProgressDlg *)pDlg)->SetCurProgress( nLoopCnt );
    }
}

```



```

nLoopCnt = ( nLoopCnt + 1 ) % 10000;

if( nNewCol < 0 || nNewCol >= m_nColSize || nNewRow < 0 ||
nNewRow >= (int)m_nRowSize )
    break;

SetCellType( nRow, nCol, CT_BOAT_PATH );

if( bEnd )
{
    gpCellCenter = GetCellCenter( nRow, nCol );

    pWaypointGeoList->AddNode(          gpCellCenter.m_dLat,
gpCellCenter.m_dLon );

    break;
}

if( bChangeDir && ( nSavedRow != nRow || nSavedCol != nCol ) )
{
    gpCellCenter = GetCellCenter( nRow, nCol );
    pWaypointGeoList->AddNode(          gpCellCenter.m_dLat,
gpCellCenter.m_dLon );

    nSavedRow = nRow;
    nSavedCol = nCol;
}

nCol = nNewCol;          nRow = nNewRow;

MakeRovingWindow( m_pRovWin, nRow, nCol );

bFound = FALSE;
if( bRightDir )
    pCheck = g_nHUR_CheckCell[0];
else
    pCheck = g_nHUR_CheckCell[1];

BOOL bTmpDir = bRightDir;
for( int i = 0; i < 3; i++ )
{
    if( i > 0 )
        bTmpDir = !bRightDir;

    /*if( m_pRovWin[pCheck[i]] == CT_IN_POLYGON &&
        IsMovableCellHRT_UP( bTmpDir, RovRow( pCheck[i],
nRow ), RovCol( pCheck[i], nCol ) ) )*/
    if( m_pRovWin[pCheck[i]] == CT_IN_POLYGON )
    {

```

```

        bRightDir = bTmpDir;

        nNewRow = RovRow( pCheck[i], nRow );
        nNewCol = RovCol( pCheck[i], nCol );
        bChangeDir = ( nDir != pCheck[i] );
        nDir = pCheck[i];
        bFound = TRUE;
        break;
    }
}

if( !bFound )
    bEnd = TRUE;
}

return TRUE;
}

// 수평왕복 아래쪽 이동
BOOL CLatticeProc::TrackWaypoint_HRT_DN( BOOL bInitRightDir, int nStartRow, int
nStartCol, CGeoLinkedList *pWaypointGeoList, CDialog *pDlg )
{
    BOOL bEnd = FALSE;
    BOOL bChangeDir = TRUE;
    int nNewCol = nStartCol, nNewRow = nStartRow;
    int nCol, nRow;
    BOOL bRightDir = bInitRightDir;
    int nDir = 6;

    CGeoPoint gpCellCenter;

    nCol = nNewCol;        nRow = nNewRow;

    int nSavedRow = -1;
    int nSavedCol = -1;

    if( pDlg )
    {
        CString strMsg = "이동 경로 설정\r\n\r\n이동 경로를 검색하고 있습니다.";

        ((CProgressDlg *)pDlg)->SetProgressRange( 10000 );
        ((CProgressDlg *)pDlg)->SetMsg( strMsg );
    }

    int nLoopCnt = 0;
    int *pCheck;
    BOOL bFound;

    while( 1 ) {

```

```

if( pDlg && ((CProgressDlg *)pDlg)->GetUserCancel() )
    return FALSE;

if( pDlg && nLoopCnt % 100 == 0 )
    ((CProgressDlg *)pDlg)->SetCurProgress( nLoopCnt );

nLoopCnt = ( nLoopCnt + 1 ) % 10000;

if( nNewCol < 0 || nNewCol >= m_nColSize || nNewRow < 0 ||
nNewRow >= (int)m_nRowSize )
    break;

SetCellType( nRow, nCol, CT_BOAT_PATH );

if( bEnd )
{
    gpCellCenter = GetCellCenter( nRow, nCol );

    pWaypointGeoList->AddNode( gpCellCenter.m_dLat,
gpCellCenter.m_dLon );

    break;
}

if( bChangeDir && ( nSavedRow != nRow || nSavedCol != nCol ) )
{
    gpCellCenter = GetCellCenter( nRow, nCol );
    pWaypointGeoList->AddNode( gpCellCenter.m_dLat,
gpCellCenter.m_dLon );

    nSavedRow = nRow;
    nSavedCol = nCol;
}

nCol = nNewCol;          nRow = nNewRow;

MakeRovingWindow( m_pRovWin, nRow, nCol );

bFound = FALSE;
if( bRightDir )
    pCheck = g_nHDR_CheckCell[0];
else
    pCheck = g_nHDR_CheckCell[1];

BOOL bTmpDir = bRightDir;

for( int i = 0; i < 3; i++ )
{
    if( i > 0 )

```

```

        bTmpDir = !bRightDir;

        /*if( m_pRovWin[pCheck[i]] == CT_IN_POLYGON &&
            IsMovableCellHRT_DN( bTmpDir, RovRow( pCheck[i],
nRow ), RovCol( pCheck[i], nCol ) )*/
            if( m_pRovWin[pCheck[i]] == CT_IN_POLYGON )
            {
                bRightDir = bTmpDir;

                nNewRow = RovRow( pCheck[i], nRow );
                nNewCol = RovCol( pCheck[i], nCol );
                bChangeDir = ( nDir != pCheck[i] );
                nDir = pCheck[i];
                bFound = TRUE;
                break;
            }
        }

        if( !bFound )
            bEnd = TRUE;
    }

    return TRUE;
}
// 수직왕복 오른쪽 이동
BOOL CLatticeProc::TrackWaypoint_VRT_RT( BOOL bInitUpDir, int nStartRow, int
nStartCol, CGeoLinkedList *pWaypointGeoList, CDialog *pDlg )
{
    BOOL bEnd = FALSE;
    BOOL bChangeDir = TRUE;
    int nNewCol = nStartCol, nNewRow = nStartRow;
    int nCol, nRow;
    BOOL bUpward = bInitUpDir;
    int nDir = 6;

    CGeoPoint gpCellCenter;

    nCol = nNewCol;        nRow = nNewRow;

    int nSavedRow = -1;
    int nSavedCol = -1;

    if( pDlg )
    {
        CString strMsg = "이동 경로 설정\r\n\r\n이동 경로를 검색하고 있습니다.";

        ((CProgressDlg *)pDlg)->SetProgressRange( 10000 );
        ((CProgressDlg *)pDlg)->SetMsg( strMsg );
    }
}

```

```

int nLoopCnt = 0;
int *pCheck;
BOOL bFound;

while( 1 ) {
    if( pDlg && ((CProgressDlg *)pDlg)->GetUserCancel() )
        return FALSE;

    if( pDlg && nLoopCnt % 100 == 0 )
        ((CProgressDlg *)pDlg)->SetCurProgress( nLoopCnt );

    nLoopCnt = ( nLoopCnt + 1 ) % 10000;

    if( nNewCol < 0 || nNewCol >= m_nColSize || nNewRow < 0 ||
nNewRow >= (int)m_nRowSize )
        break;

    SetCellType( nRow, nCol, CT_BOAT_PATH );

    if( bEnd )
    {
        gpCellCenter = GetCellCenter( nRow, nCol );

        pWaypointGeoList->AddNode(          gpCellCenter.m_dLat,
gpCellCenter.m_dLon );

        break;
    }

    if( bChangeDir && ( nSavedRow != nRow || nSavedCol != nCol ) )
    {
        gpCellCenter = GetCellCenter( nRow, nCol );
        pWaypointGeoList->AddNode(          gpCellCenter.m_dLat,
gpCellCenter.m_dLon );

        nSavedRow = nRow;
        nSavedCol = nCol;
    }

    nCol = nNewCol;          nRow = nNewRow;

    MakeRovingWindow( m_pRovWin, nRow, nCol );

    bFound = FALSE;
    if( bUpward )
        pCheck = g_nVRR_CheckCell[0];
    else
        pCheck = g_nVRR_CheckCell[1];
}

```

```

        BOOL bTmpDir = bUpward;

        for( int i = 0; i < 3; i++ )
        {
            if( i > 0 )
                bTmpDir = !bUpward;

            /*if( m_pRovWin[pCheck[i]] == CT_IN_POLYGON &&
                IsMovableCellVRT_RT( bTmpDir, RovRow( pCheck[i],
nRow ), RovCol( pCheck[i], nCol ) ) ) */
            if( m_pRovWin[pCheck[i]] == CT_IN_POLYGON )
            {
                bUpward = bTmpDir;

                nNewRow = RovRow( pCheck[i], nRow );
                nNewCol = RovCol( pCheck[i], nCol );
                bChangeDir = ( nDir != pCheck[i] );
                nDir = pCheck[i];
                bFound = TRUE;
                break;
            }
        }

        if( !bFound )
            bEnd = TRUE;
    }

    return TRUE;
}

// 수직왕복 왼쪽 이동
BOOL CLatticeProc::TrackWaypoint_VRT_LT( BOOL bInitUpDir, int nStartRow, int
nStartCol, CGeoLinkedList *pWaypointGeoList, CDialog *pDlg )
{
    BOOL bEnd = FALSE;
    BOOL bChangeDir = TRUE;
    int nNewCol = nStartCol, nNewRow = nStartRow;
    int nCol, nRow;
    BOOL bUpward = bInitUpDir;
    int nDir = 6;

    CGeoPoint gpCellCenter;

    nCol = nNewCol;          nRow = nNewRow;

    int nSavedRow = -1;
    int nSavedCol = -1;

```

```

if( pDlg )
{
    CString strMsg = "이동 경로 설정\r\n\r\n이동 경로를 검색하고 있습니다.";

    ((CProgressDlg *)pDlg)->SetProgressRange( 10000 );
    ((CProgressDlg *)pDlg)->SetMsg( strMsg );
}

int nLoopCnt = 0;
int *pCheck;
BOOL bFound;

while( 1 ) {
    if( pDlg && ((CProgressDlg *)pDlg)->GetUserCancel() )
        return FALSE;

    if( pDlg && nLoopCnt % 100 == 0 )
        ((CProgressDlg *)pDlg)->SetCurProgress( nLoopCnt );

    nLoopCnt = ( nLoopCnt + 1 ) % 10000;

    if( nNewCol < 0 || nNewCol >= m_nColSize || nNewRow < 0 ||
nNewRow >= (int)m_nRowSize )
        break;

    SetCellType( nRow, nCol, CT_BOAT_PATH );

    if( bEnd )
    {
        gpCellCenter = GetCellCenter( nRow, nCol );

        pWaypointGeoList->AddNode( gpCellCenter.m_dLat,
gpCellCenter.m_dLon );

        break;
    }

    if( bChangeDir && ( nSavedRow != nRow || nSavedCol != nCol ) )
    {
        gpCellCenter = GetCellCenter( nRow, nCol );
        pWaypointGeoList->AddNode( gpCellCenter.m_dLat,
gpCellCenter.m_dLon );

        nSavedRow = nRow;
        nSavedCol = nCol;
    }

    nCol = nNewCol;        nRow = nNewRow;

```

```

MakeRovingWindow( m_pRovWin, nRow, nCol );

bFound = FALSE;
if( bUpward )
    pCheck = g_nVLR_CheckCell[0];
else
    pCheck = g_nVLR_CheckCell[1];

BOOL bTmpDir = bUpward;

for( int i = 0; i < 3; i++ )
{
    if( i > 0 )
        bTmpDir = !bUpward;

    /*if( m_pRovWin[pCheck[i]] == CT_IN_POLYGON &&
        IsMovableCellVRT_LT( bTmpDir, RovRow( pCheck[i],
nRow ), RovCol( pCheck[i], nCol ) ) )*/
    if( m_pRovWin[pCheck[i]] == CT_IN_POLYGON )
    {
        bUpward = bTmpDir;

        nNewRow = RovRow( pCheck[i], nRow );
        nNewCol = RovCol( pCheck[i], nCol );
        bChangeDir = ( nDir != pCheck[i] );
        nDir = pCheck[i];
        bFound = TRUE;
        break;
    }
}

if( !bFound )
    bEnd = TRUE;
}

return TRUE;
}

```

1.4 사용자 Interface 함수

```

// Dialog Box 1 Pilot information 설정
void CSetting0Dlg::SaveProfile()
{
    CString      strPath;
    CString      strData;
    CIniFile     *pIniFile = NULL;

    strPath = m_strHomeDirectory + "\\Setting.Ini";

```



```

pIniFile = new CIniFile();

if( pIniFile )
{
    pIniFile->Open( strPath.GetBuffer() );

    if( !pIniFile->IsSectionExist( "SETTING 0" ) )
        pIniFile->AddSection( "SETTING 0" );

    GetDlgItemText( IDC_TEST_AREA, strData );
    if( !pIniFile->SetKeyValue( "SETTING 0", "시험 장소",
strData.GetBuffer() ) )
        pIniFile->AddKey( "SETTING 0", "시험 장소",
strData.GetBuffer() );

    GetDlgItemText( IDC_RESERVOIR_NAME, strData );
    if( !pIniFile->SetKeyValue( "SETTING 0", "시험 저수지명",
strData.GetBuffer() ) )
        pIniFile->AddKey( "SETTING 0", "시험 저수지명",
strData.GetBuffer() );

    GetDlgItemText( IDC_USER_NAME, strData );
    if( !pIniFile->SetKeyValue( "SETTING 0", "시험 담당자명",
strData.GetBuffer() ) )
        pIniFile->AddKey( "SETTING 0", "시험 담당자명",
strData.GetBuffer() );

    GetDlgItemText( IDC_FULLLEVEL_EDIT, strData );
    if( !pIniFile->SetKeyValue( "SETTING 0", "만수위 높이",
strData.GetBuffer() ) )
        pIniFile->AddKey( "SETTING 0", "만수위 높이",
strData.GetBuffer() );

    GetDlgItemText( IDC_WATERLEVEL_EDIT, strData );
    if( !pIniFile->SetKeyValue( "SETTING 0", "현재 수위 높이",
strData.GetBuffer() ) )
        pIniFile->AddKey( "SETTING 0", "현재 수위 높이",
strData.GetBuffer() );

    strData.Format( "%d", ((CButton *)GetDlgItem( IDC_SEALEVEL_CHECK
))->GetCheck() );
    if( !pIniFile->SetKeyValue( "SETTING 0", "해수면 사용",
strData.GetBuffer() ) )
        pIniFile->AddKey( "SETTING 0", "해수면 사용",
strData.GetBuffer() );

    GetDlgItemText( IDC_FULL4SEALEVEL_EDIT, strData );
    if( !pIniFile->SetKeyValue( "SETTING 0", "해수면 기준 만수위 높이",

```

```

strData.GetBuffer() )
        pIniFile->AddKey( "SETTING 0", "해수면 기준 만수위 높이",
strData.GetBuffer() );

        pIniFile->Write();
    }

    delete pIniFile;
}

// Dialog Box 1 외형 파일 로딩
void CSetting1Dlg::OnBnClickedPilotareaSelect()
{
    CFileDialog *pDlg = new CFileDialog(
        TRUE,
        _T("*.dxf"),
        _T("*.dxf"),
        OFN_HIDEREADONLY |
OFN_EXPLORER,
        _T("저수지 외형파일
(*.dxf)|*.dxf| |" ));

    if( m_strHomeDirectory.GetLength() < 1 )
        m_strHomeDirectory = ".";

    CString strInitDir = m_strHomeDirectory + "\\Data\\Outline";
    CString strFileNameBuffer = "*.dxf";

    unsigned long nMaxFile = 2 * ( _MAX_PATH + 1 ) + 1;

    pDlg->m_ofn.nMaxFile = nMaxFile;
    pDlg->m_ofn.lpstrInitialDir = strInitDir.GetBuffer();
    pDlg->m_ofn.lpstrFile = strFileNameBuffer.GetBuffer( nMaxFile );
    pDlg->m_ofn.lpstrTitle = "저수지 만수위 외형 파일 불러오기";

    if( pDlg->DoModal() == IDCANCEL )
    {
        SAFE_DELETE( pDlg );
        strFileNameBuffer.ReleaseBuffer();
        return ;
    }

    m_strPilotFileName = pDlg->GetPathName();

    strFileNameBuffer.ReleaseBuffer();
    SAFE_DELETE( pDlg );

    CString strTemp = m_strPilotFileName.Mid( m_strPilotFileName.ReverseFind( '\\' )

```

```

+ 1);
    SetDlgItemText( IDC_PILOTAREA_FILENAME, strTemp );
}

// 항로 생성 User Message Generator!!
void CSetting3Dlg::OnBnClickedAutoGenButton()
{
    CString strTemp;
    BOOL bGenOK = FALSE;

    GetDlgItemText( IDC_SEARCH_DEPTH, strTemp );
    m_tWGParam.m_nCheckDepth = atoi( strTemp );

    int nMoveMethod = ((CComboBox *)GetDlgItem( IDC_MOVE_METHOD
))->GetCurSel();
    int nRotDir = ((CComboBox *)GetDlgItem( IDC_START_DIR ))->GetCurSel();
    int nStartDir = ((CComboBox *)GetDlgItem( IDC_SEARCH_DIR ))->GetCurSel();

    switch( nMoveMethod )
    {
    case 0 : // 선회
        if( nRotDir ) // 시계방향
            m_tWGParam.m_eGenMode = WGM_SPR_CW;
        else
            m_tWGParam.m_eGenMode = WGM_SPR_CCW;
        bGenOK = TRUE;
        break;
    case 1 : // 수평왕복
        if( nRotDir ) // 왼쪽
        {
            if( nStartDir ) // 아래쪽
                m_tWGParam.m_eGenMode = WGM_HRT_LD;
            else
                m_tWGParam.m_eGenMode = WGM_HRT_LU;
        }
        else
        {
            if( nStartDir ) // 아래쪽
                m_tWGParam.m_eGenMode = WGM_HRT_RD;
            else
                m_tWGParam.m_eGenMode = WGM_HRT_RU;
        }
        bGenOK = TRUE;
        break;
    case 2 : // 수직왕복
        if( nRotDir ) // 아래쪽
        {
            if( nStartDir ) // 왼쪽

```

```

        m_tWGParam.m_eGenMode = WGM_VRT_DL;
    else
        m_tWGParam.m_eGenMode = WGM_VRT_DR;
    }
    else
    {
        if( nStartDir ) // 왼쪽
            m_tWGParam.m_eGenMode = WGM_VRT_UL;
        else
            m_tWGParam.m_eGenMode = WGM_VRT_UR;
    }
    bGenOK = TRUE;
    break;
}

if( bGenOK && m_pMsgWnd )
    m_pMsgWnd->SendMessageA( WM_START_WAYPOINT_GEN, 0,
(LPARAM)&m_tWGParam );
}

// 보트 상태 창
void CBoatInfoDlg::UpdateShipData( T_SHIP_DATA *pShipData )
{
    switch( pShipData->m_nPilotMode )
    {
    case BOAT_PILOT_MODE_USER : // 운용자 제어 모드로로 동
작
        SetDlgItemText( IDC_PILOT_MODE, "운용자 제어" );
        break;
    case BOAT_PILOT_MODE_AUTO : // 자율운항 모드로 동작
        SetDlgItemText( IDC_PILOT_MODE, "자율운항" );
        break;
    case BOAT_PILOT_MODE_RADIO :
        SetDlgItemText( IDC_PILOT_MODE, "조종기 제어" );
        break;
    }

    switch( pShipData->m_nRunMode )
    {
    case BOAT_RUN_MODE_SURVEY :
        SetDlgItemText( IDC_RUN_MODE, "내용적측량" );
        break;
    case BOAT_RUN_MODE_GETHER :
        SetDlgItemText( IDC_RUN_MODE, "수질채취" );
        break;
    }

    strTmp.Format( "%.2f Volts", pShipData->m_dBattVoltage );
}

```

```

SetDlgItemText( IDC_BATT_VOLTAGE, strTmp );

strTmp.Format( "%.2f deg", pShipData->m_dCurHeading );
SetDlgItemText( IDC_SHIP_HEADING, strTmp );

strTmp.Format( "%.1f m/s", pShipData->m_dSpeed );
SetDlgItemText( IDC_SHIP_SPEED, strTmp );

strTmp.Format( "%.2f deg", pShipData->m_dCourse );
SetDlgItemText( IDC_SHIP_COURSE, strTmp );
}

void CBoatInfoDlg::UpdateGpsData( T_GPS_DATA *pGpsData )
{
    static CGeoPoint gpTemp;

    gpTemp.SetGeo( pGpsData->m_dLatitude, pGpsData->m_dLongitude );

    SetDlgItemTextA( IDC_GPS_LATITUDE, gpTemp.LatToStr() );
    SetDlgItemTextA( IDC_GPS_LONGITUDE, gpTemp.LonToStr() );

    strTmp.Format( "%.2f m/s", pGpsData->m_fGroundSpeed );
    SetDlgItemTextA( IDC_GPS_SPEED, strTmp );

    strTmp.Format( "%.1f 도", pGpsData->m_fCourse );
    SetDlgItemTextA( IDC_GPS_COURSE, strTmp );

    strTmp.Format( "%4d : %02d : %02d", pGpsData->m_wYear,
pGpsData->m_byMonth, pGpsData->m_byDay );
    SetDlgItemTextA( IDC_GPS_DATE, strTmp );

    strTmp.Format( "%02d : %02d : %02d", pGpsData->m_byHour,
pGpsData->m_byMinute, pGpsData->m_bySecond );
    SetDlgItemTextA( IDC_GPS_TIME, strTmp );
}

void CBoatInfoDlg::UpdateMotionData( T_MOTION_DATA *pMotionData )
{
    strTmp.Format( "%.1f 도", pMotionData->m_dCompass );
    SetDlgItemTextA( IDC_MOTION_HEADING, strTmp );

    strTmp.Format( "%.2f", pMotionData->m_dPitch );
    SetDlgItemTextA( IDC_MOTION_PITCH, strTmp );

    strTmp.Format( "%.2f", pMotionData->m_dRoll );
    SetDlgItemTextA( IDC_MOTION_ROLL, strTmp );

    strTmp.Format( "섭씨 %.1f 도", pMotionData->m_dTemperature );
    SetDlgItemTextA( IDC_MOTION_TEMP, strTmp );
}

```

```

}

void CBoatInfoDlg::UpdateSonarData( T_SONAR_DATA *pSonarData )
{
    strTmp.Format( "%.3f m", pSonarData->m_fFirstDistance );
    SetDlgItemTextA( IDC_SONAR_DEPTH, strTmp );

    strTmp.Format( "%d", pSonarData->m_dwCounter );
    SetDlgItemTextA( IDC_SONAR_DEPTH_CNT, strTmp );
}

// 탐사 화면 격자 그리기
void CDrawTool::DrawLattice()
{
    if( m_pLatticeProc == NULL || m_pLatticeProc->GetColSize() == 0 ||
        m_pLatticeProc->GetRowSize() == 0 )
        return;

    int nSaveDC = m_pChartDC->SaveDC();

    CPen pen;
    pen.CreatePen( PS_SOLID, 1, RGB( 0, 255, 255 ) );
    m_pChartDC->SelectObject( &pen );

    CGeoPoint gpStart, gpTemp;
    double dMinLat, dMinLon, dMaxLat, dMaxLon;

    int nColSize = m_pLatticeProc->GetColSize();
    int nRowSize = m_pLatticeProc->GetRowSize();
    double dCellSize = m_pLatticeProc->GetCellSize();

    m_pLatticeProc->GetLatticeRect( dMinLat, dMinLon, dMaxLat, dMaxLon );

    gpStart = m_pLatticeProc->GetCellOrigin();

    double dX, dY, dR, dT;

    dT = 90.0 * Deg2Rad;

    for( int i = 1; i < nColSize; i++ )
    {
        dR = dCellSize * i;
        m_geoTrans.RT2XY( dR, dT, &dX, &dY );
        m_geoTrans.XY2Geo( gpStart, dX, dY, &gpTemp );

        DrawGeoLine( m_pChartDC, dMinLat, gpTemp.m_dLon, dMaxLat,
gpTemp.m_dLon );
    }
}

```

```

dT = 0.0 * Deg2Rad;
for( int i = 1; i < nRowSize; i++ )
{
    dR = dCellSize * i;
    m_geoTrans.RT2XY( dR, dT, &dX, &dY );
    m_geoTrans.XY2Geo( gpStart, dX, dY, &gpTemp );

    DrawGeoLine( m_pChartDC, gpTemp.m_dLat, dMinLon, gpTemp.m_dLat,
dMaxLon );
}

pen.DeleteObject();

double dCellMinLat, dCellMinLon, dCellMaxLat, dCellMaxLon;
BYTE byType;

for( int nRow = 0; nRow < nRowSize; nRow++ )
{
    for( int nCol = 0; nCol < nColSize; nCol++ )
    {
        byType = m_pLatticeProc->GetCellType( nRow, nCol );
        if( byType == CT_BOUNDARY || byType == CT_OBSTACLE
)
        {
            dT = 0.0 * Deg2Rad;
            dR = dCellSize * nRow;
            m_geoTrans.RT2XY( dR, dT, &dX, &dY );
            m_geoTrans.XY2Geo( gpStart, dX, dY, &gpTemp );

            dCellMinLat = gpTemp.m_dLat;

            dR = dCellSize * ( nRow + 1 );
            m_geoTrans.RT2XY( dR, dT, &dX, &dY );
            m_geoTrans.XY2Geo( gpStart, dX, dY, &gpTemp );

            dCellMaxLat = gpTemp.m_dLat;

            dT = 90.0 * Deg2Rad;

            dR = dCellSize * nCol;
            m_geoTrans.RT2XY( dR, dT, &dX, &dY );
            m_geoTrans.XY2Geo( gpStart, dX, dY, &gpTemp );

            dCellMinLon = gpTemp.m_dLon;

            dR = dCellSize * ( nCol + 1 );
            m_geoTrans.RT2XY( dR, dT, &dX, &dY );
            m_geoTrans.XY2Geo( gpStart, dX, dY, &gpTemp );

```

```

        dCellMaxLon = gpTemp.m_dLon;

        if( byType == CT_BOUNDARY )
            DrawGeoCross( m_pChartDC, dCellMinLat,
dCellMinLon, dCellMaxLat, dCellMaxLon, RGB( 128, 0, 0 ));
        else
            DrawGeoCross( m_pChartDC, dCellMinLat,
dCellMinLon, dCellMaxLat, dCellMaxLon, RGB( 128, 0, 128 ));
    }
}

DrawGeoRect( m_pChartDC, dMinLat, dMinLon, dMaxLat, dMaxLon, RGB( 255, 0,
255 ));

m_pChartDC->RestoreDC( nSaveDC );
}

```

2. BoatPilot 프로그램 소스코드

2.1 Communication Interface 함수

```

// Start 보트
void CBoatPilotView::StartSystem()
{
    if( m_tPilotProfile.m_bSaveEventLog && m_pLogFile && m_pLogFile->IsOpen() )
        m_pLogFile->PutSTR( "Start pilot system" );

    // memory clear
    memset( &m_tPilotData, 0x00, sizeof( T_PILOT_DATA ));
    memset( &m_tGps0Data, 0x00, sizeof( T_GPS_DATA ));
    memset( &m_tGps1Data, 0x00, sizeof( T_GPS_DATA ));
    memset( &m_tMotionData, 0x00, sizeof( T_MOTION_DATA ));
    memset( &m_tSonarData, 0x00, sizeof( T_SONAR_DATA ));
    memset( &m_tShipData, 0x00, sizeof( T_SHIP_DATA ));

    m_bPilotStart = FALSE;

    CreateEventHandle();

    // Network 연동 시작
    StartNetworkInterface();

    // Motor 연동 시작

```



```

StartMotorInterface();

// GPS0 연동 시작
if( m_tPilotProfile.m_bEnableGps0 )
    StartGps0Interface();

// GPS1 연동 시작
if( m_tPilotProfile.m_bEnableGps1 )
    StartGps1Interface();

// Motion Sensor 연동 시작
if( m_tPilotProfile.m_bEnableMotion )
    StartMotionInterface();

// Sonar 연동 시작
if( m_tPilotProfile.m_bEnableSonar )
    StartSonarInterface();

// Power Distribution Board Monitoring 연동 시작
if( m_tPilotProfile.m_bEnablePowerBd )
    StartPowerBdInterface();

// Network send thread 시작
CreateNetSendProcThread();
// System Thread 시작
CreateSystemProcThread();
}

// Stop!! 보트
void CBoatPilotView::StopSystem()
{
    // System Thread 종료
    ExitSystemProcThread();

    // Network send thread 종료
    ExitNetSendProcThread();

    // Motor 연동 종료
    StopMotorInterface();

    // Power Distribution Board Monitoring 연동 종료
    StopPowerBdInterface();

    // Sonar 연동 종료
    StopSonarInterface();

    // Motion Sensor 연동 종료
    StopMotionInterface();
}

```

```

// GPS1 연동 종료
StopGps1Interface();

// GPS0 연동 종료
StopGps0Interface();

// Network 연동 종료
StopNetworkInterface();

DestroyEventHandle();
}

// 시리얼 dcb 통시 공용 모듈 Open 함수
BOOL CSerialBase::OpenPort( WORD wPortID, DWORD dwBaud )
{
    DCB                                dcb;                                // Serial Port의 특
    성를 설정하기 위한 구조체
    DWORD                                dwThreadID;
    COMMTIMEOUTS CommTimeouts; // 포트 time out structure
    char                                szPortName[100];

    if( wPortID >= 4 )                // COM5 이상이면
        sprintf_s( szPortName, 100, "\\.\COM%d", wPortID + 1 );
    else
        sprintf_s( szPortName, 100, "COM%d", wPortID + 1 );

    m_bConnected = FALSE;
    m_bBeClosing = FALSE;

    // overlapped structure 초기화
    m_ov.Offset = 0;
    m_ov.OffsetHigh = 0;
    if( m_ov.hEvent == NULL ) return FALSE;

    CommLock();

    m_wPortID = wPortID;

    m_hComm = CreateFile( szPortName,
        // communication port string (COMX)
        GENERIC_READ |
        GENERIC_WRITE,                // read/write types
        0,
        // comm devices must be opened with exclusive access
        NULL,
        // no security attributes
        OPEN_EXISTING,
        // comm devices must use OPEN_EXISTING
        FILE_FLAG_OVERLAPPED,

```

```

        // Async I/O
        0 );
        // template must be 0 for comm devices

if ( m_hComm == INVALID_HANDLE_VALUE )
{
    CommUnlock();
    return FALSE;
}

// set the timeout values
CommTimeouts.ReadIntervalTimeout = 1000;
CommTimeouts.ReadTotalTimeoutMultiplier = 1000;
CommTimeouts.ReadTotalTimeoutConstant = 1000;
CommTimeouts.WriteTotalTimeoutMultiplier = 1000;
CommTimeouts.WriteTotalTimeoutConstant = 1000;

SetCommTimeouts( m_hComm, &CommTimeouts );

// comm event 설정
SetCommMask( m_hComm, m_dwCommMask );

// Serial Port 장치의 InQueue, OutQueue 크기 설정
SetupComm( m_hComm, 4096, 4096 );

// dcb 설정
dcb.DCBlength = sizeof( DCB );
GetCommState( m_hComm, &dcb );
dcb.BaudRate = dwBaud;
dcb.ByteSize = 8;
dcb.Parity = 0;
dcb.StopBits = 0;
dcb.fRtsControl = RTS_CONTROL_ENABLE;
if( !SetCommState( m_hComm, &dcb ) )
{
    CommUnlock();
    return FALSE;
}

m_bConnected = TRUE;

m_hThreadComm = CreateThread( NULL, 0,
(LPTHREAD_START_ROUTINE)_WatchingCommThread, this, 0, &dwThreadID );

CommUnlock();

if( m_hThreadComm == NULL )
{
    OutputDebugString( "Comm Thread Creating Failed\n" );
}

```

```

        ClosePort();
        return FALSE;
    }
    return TRUE;
}

// 시리얼 dcb 통시 공용 모듈 Close 함수
void CSerialBase::ClosePort()
{
    m_bBeClosing = TRUE;

    ResetEvent(m_ov.hEvent);

    int    nTryCnt = 5;
    // Thread를 종료 시킨다.
    if( m_hThreadComm != NULL )
    {
        while( m_bThreadAlive )
        {
            SetEvent( m_hExitEvent );

            if( --nTryCnt < 0 )
            {
                TerminateThread( m_hThreadComm, 0 );
                break;
            }

            Sleep( 2 );
        }
    }
    m_hThreadComm = NULL;

    if( m_bConnected )
    {
        // 모든 이벤트 Mask를 없앤다.
        SetCommMask( m_hComm, 0 );
        // 통신 Queue들을 초기화 한다.
        PurgeComm( m_hComm, PURGE_TXABORT | PURGE_TXCLEAR |
PURGE_RXABORT | PURGE_RXCLEAR );
    }

    // 파일 핸들을 닫는다.
    if( m_hComm )
        CloseHandle( m_hComm );
    m_hComm = NULL;
}

// 네트워크 프로시저 함수
void CBoatPilotView::DoNetSendTimeoutProc( BOOL bExit )

```

```

{
    DWORD          dwHeadSize = sizeof( T_NET_HEAD );

    static BYTE          *pSndBuff = NULL;
    static T_NET_HEAD    *pNetSndHead = NULL;
    static DWORD         dwSndDataSize = 0;

    static BYTE          *pRcvBuff = NULL;
    static T_NET_HEAD    *pNetRcvHead = NULL;

    static int          nCmpRetryCnt = 0;
    static int          nSndRetryCnt = 0;
    static int          nStatus = 0;

    BYTE              *pBuffPtr = NULL;

    if( bExit )
    {
        SAFE_DELETE_ARRAY( pSndBuff );
        dwSndDataSize = 0;

        return;
    }

    switch( nStatus )
    {
    case 0 :          // Get data from send queue
        pBuffPtr = PopSndQueue();
        if( pBuffPtr )
        {
            pSndBuff = pBuffPtr;

            pNetSndHead = (T_NET_HEAD *)pSndBuff;
            if( pNetSndHead->wKind < NM_KIND_OK_BASE )
                dwSndDataSize = dwHeadSize +
pNetSndHead->dwDataSize;
            else
                dwSndDataSize = dwHeadSize;

            nStatus = 1;
        }
        break;
    case 1 :          // Send data to network
        if( dwSndDataSize > 0 )
        {
            if( SendNetworkMsg( pSndBuff, dwSndDataSize ) )
            {
                //if( pNetSndHead->wKind >= NM_KIND_OK_BASE )
                //    nStatus = 4;
            }
        }
    }
}

```

```

        //else
        //      nStatus = 2;

        SAFE_DELETE_ARRAY( pSndBuff );
        dwSndDataSize = 0;

        nStatus = 0;

        nSndRetryCnt = 0;

        /*CString strTmp;
        strTmp.Format( "Send data to network ( go status =
%d, remaind = %d )\r\n", nStatus, m_pNetSndQueue->size() );
        m_strLog = strTmp + m_strLog;
        OutputLogToScreen();*/
    }
    else
    {
        nSndRetryCnt ++;
        if( nSndRetryCnt > 10 )
        {
            //StartNetworkInterface();
            nSndRetryCnt = 0;

            SAFE_DELETE_ARRAY( pSndBuff );
            dwSndDataSize = 0;

            nStatus = 0;
        }
    }
}
else
{
    SAFE_DELETE_ARRAY( pSndBuff );
    dwSndDataSize = 0;

    nStatus = 0;
}
break;
case 2 : // Get data from receive queue
pBuffPtr = PopRcvQueue();
if( pBuffPtr )
{
    pRcvBuff = pBuffPtr;

    pNetRcvHead = (T_NET_HEAD *)pRcvBuff;

    if( pNetRcvHead->wKind % NM_KIND_OK_BASE ==
pNetSndHead->wKind &&

```

```

        pNetRcvHead->wType == pNetSndHead->wType
    &&
        pNetRcvHead->wTotalBlocks ==
pNetSndHead->wTotalBlocks &&
        pNetRcvHead->wCurBlockNum ==
pNetSndHead->wCurBlockNum &&
        pNetRcvHead->dwDataSize ==
pNetSndHead->dwDataSize )
    {
        if( pNetRcvHead->wKind >= NM_KIND_OK_BASE
    && pNetRcvHead->wKind < NM_KIND_NOK_BASE )
            {
                SAFE_DELETE_ARRAY( pSndBuff );
                dwSndDataSize = 0;

                nStatus = 0;           // OK 수신, 다음
데이터 전송 단계
            }
            else
                nStatus = 1;           // NOK 수신, 재전
송 단계

                SAFE_DELETE_ARRAY( pRcvBuff );

                nCmpRetryCnt = 0;
            }
            else
            {
                nStatus = 2;           // 다음 수신 데이터
처리

                SAFE_DELETE_ARRAY( pRcvBuff );
            }
        }
        else
        {
            nCmpRetryCnt ++;
            if( nCmpRetryCnt > 1000 )
            {
                nCmpRetryCnt = 0;
                nStatus = 1;           // 데이터를 재 전송한다.
            }
        }
        break;
    }
}

```

2.2 자을 항로 제어 함수

```

// 거리 계산 및 제어 함수
void CBoatPilotView::CalcRangeBearing( double dSrcLat, double dSrcLon, double dDstLat,
double dDstLon, double *pRange, double *pBearing )
{
    CGeoPoint gpSrc, gpDst;
    CGeoTrans geoTrans;
    double dX, dY;

    gpSrc.SetGeo( dSrcLat, dSrcLon );
    gpDst.SetGeo( dDstLat, dDstLon );

    geoTrans.Geo2XY( gpSrc, gpDst, &dX, &dY );
    geoTrans.XY2RT( dX, dY, pRange, pBearing );

    *pBearing = *pBearing * Rad2Deg;

    while( *pBearing < 0.0 )
        *pBearing += 360.0;
    while( *pBearing > 360.0 )
        *pBearing -= 360.0;
}

// WGS84 좌표계의 두점 사이의 거리 계산 함수
void CBoatPilotView::CalcDestPosition( double dSrcLat, double dSrcLon, double dDstLat,
double dDstLon, double *pRange, double *pBearing )
{
    double dRange, dBearing;
    double dRange1, dBearing1;

    CalcRangeBearing( dDstLat, dDstLon, dSrcLat, dSrcLon, &dRange, &dBearing );
    CalcRangeBearing( dDstLat, dDstLon, m_gpPrevWaypoint.m_dLat,
m_gpPrevWaypoint.m_dLon, &dRange1, &dBearing1 );

    double dCalcRange = ( dRange > dRange1 ) ? dRange1 : dRange;

    if( !m_bSimulMode )
        dCalcRange -= 3.0;

    if( dCalcRange < 0.0 )
        dCalcRange = 0.0;

    CGeoTrans geoTrans;
    CGeoPoint gpTemp;
    CGeoPoint gpCenter;

    gpCenter.SetGeo( dDstLat, dDstLon );

    double dX, dY;

```



```

if( dRange > 2.0 )
    geoTrans.RT2XY( dCalcRange, dBearing1 * Deg2Rad, &dX, &dY );
else
    geoTrans.RT2XY( dCalcRange, dBearing * Deg2Rad, &dX, &dY );

geoTrans.XY2Geo( gpCenter, dX, dY, &gpTemp );

gpCenter.SetGeo( dSrcLat, dSrcLon );

geoTrans.Geo2XY( gpCenter, gpTemp, &dX, &dY );
geoTrans.XY2RT( dX, dY, pRange, pBearing );

*pBearing = *pBearing * Rad2Deg;

while( *pBearing < 0.0 )
    *pBearing += 360.0;
while( *pBearing > 360.0 )
    *pBearing -= 360.0;
}

```

2.3 측심 데이터 저장 함수

```

// 구조체 데이터 저장
void CDataWriter::Store( const void *pDataPtr, const DWORD dwDataSize )
{
    if( m_pFile )
        fwrite( pDataPtr, 1, dwDataSize, m_pFile );
    else
    {
        Open();
        fwrite( pDataPtr, 1, dwDataSize, m_pFile );
        Close();
    }
}

// 파일 존재여부 판단 후 File Open
BOOL CDataWriter::Open()
{
    if( m_bBinary )
        fopen_s( &m_pFile, m_strPath, "a+b" );
    else
        fopen_s( &m_pFile, m_strPath, "a+" );
    if( m_pFile == NULL )
        return FALSE;

    CString strTmp;
    //012345678901234567890

```

```

        strTmp = "DSME E&R V0.5      ";

        fwrite( strTmp.GetBuffer(), 1, strTmp.GetLength(), m_pFile );

        return TRUE;
    }

// 저장 후 닫기
void CDataWriter::Close()
{
    if( m_pFile )
        fclose( m_pFile );
    m_pFile = NULL;
}

```

3. NaviAnal 프로그램 소스코드

3.1 저장 데이터 Read 함수

```

// 항적도 Draw 함수
void CMainFrame::LoadNavigationData()
{
    if( m_strFileName.GetLength() < 4 )
        return;

    FILE *fp;

    fopen_s( &fp, m_strFileName.GetBuffer(), "rb" );

    if( fp == NULL )
        return;

    char szTemp[21];

    fread( szTemp, 1, sizeof( char ) * 20, fp );
    szTemp[20] = 0;

    int nVersion = 0;

    if( strcmp( szTemp, "DSME E&R V0.2      ", 20 ) == 0 )
        nVersion = 2;
    if( strcmp( szTemp, "DSME E&R V0.5      ", 20 ) == 0 )
        nVersion = 5;

    fseek( fp, 0L, SEEK_END );
}

```

```

long  nNum = 0;

switch( nVersion )
{
case 5 :
    nNum = ( ftell( fp ) - 20 ) / sizeof( T_PILOT_DATA2 );
    fseek( fp, 20L, SEEK_SET );
    break;
case 2 :
    nNum = ( ftell( fp ) - 20 ) / sizeof( T_PILOT_DATA1 );
    fseek( fp, 20L, SEEK_SET );
    break;
case 0 :
    nNum = ftell( fp ) / sizeof( T_PILOT_DATA );
    fseek( fp, 0L, SEEK_SET );
    break;
}

if( nNum <= 0 )
{
    fclose( fp );
    return;
}

double *pHeading = new double[nNum];
double *pSpeed = new double[nNum];
double *pCourse = new double[nNum];
double *pRoll = new double[nNum];
double *pPitch = new double[nNum];
double *pTemp = new double[nNum];
double *pNavLat = new double[nNum];
double *pNavLon = new double[nNum];
double *pDepth = new double[nNum];

T_PILOT_DATA tPilotData;
T_PILOT_DATA1 tPilotData1;
T_PILOT_DATA2 tPilotData2;

switch( nVersion )
{
case 5 :
    for( int i = 0; i < nNum; i++ )
    {
        fread( &tPilotData2, 1, sizeof( T_PILOT_DATA2 ), fp );

        if( pHeading )
            pHeading[i] = tPilotData2.m_tMotionData.m_dCompass;
        if( pSpeed )
            pSpeed[i] = tPilotData2.m_tGps0Data.m_fGroundSpeed;
    }
}

```

```

        if( pCourse )
            pCourse[i] = tPilotData2.m_tGps0Data.m_fCourse;
        if( pRoll )
            pRoll[i] = tPilotData2.m_tMotionData.m_dRoll;
        if( pPitch )
            pPitch[i] = tPilotData2.m_tMotionData.m_dPitch;
        if( pTemp )
            pTemp[i] =
tPilotData2.m_tMotionData.m_dTemperature;

        if( pDepth )
            pDepth[i] = tPilotData2.m_tSonarData.m_fFirstDistance;

        if( pNavLat && pNavLon )
        {
            pNavLat[i] = tPilotData2.m_tGps0Data.m_dLatitude;
            pNavLon[i] = tPilotData2.m_tGps0Data.m_dLongitude;
        }
    }
    break;
case 2 :
    for( int i = 0; i < nNum; i++ )
    {
        fread( &tPilotData1, 1, sizeof( T_PILOT_DATA1 ), fp );

        if( pHeading )
            pHeading[i] = tPilotData1.m_tMotionData.m_dCompass;
        if( pSpeed )
            pSpeed[i] = tPilotData1.m_tGps0Data.m_fGroundSpeed;
        if( pCourse )
            pCourse[i] = tPilotData1.m_tGps0Data.m_fCourse;
        if( pRoll )
            pRoll[i] = tPilotData1.m_tMotionData.m_dRoll;
        if( pPitch )
            pPitch[i] = tPilotData1.m_tMotionData.m_dPitch;
        if( pTemp )
            pTemp[i] =
tPilotData1.m_tMotionData.m_dTemperature;

        if( pDepth )
            pDepth[i] = tPilotData1.m_tSonarData.m_fFirstDistance;

        if( pNavLat && pNavLon )
        {
            pNavLat[i] = tPilotData1.m_tGps0Data.m_dLatitude;
            pNavLon[i] = tPilotData1.m_tGps0Data.m_dLongitude;
        }
    }
    break;

```

```

case 0 :
    for( int i = 0; i < nNum; i++ )
    {
        fread( &tPilotData, 1, sizeof( T_PILOT_DATA ), fp );

        if( pHeading )
            pHeading[i] = tPilotData.m_tMotionData.m_dCompass;
        if( pSpeed )
            pSpeed[i] = tPilotData.m_tGpsData.m_fGroundSpeed;
        if( pCourse )
            pCourse[i] = tPilotData.m_tGpsData.m_fCourse;
        if( pRoll )
            pRoll[i] = tPilotData.m_tMotionData.m_dRoll;
        if( pPitch )
            pPitch[i] = tPilotData.m_tMotionData.m_dPitch;
        if( pTemp )
            pTemp[i] = tPilotData.m_tMotionData.m_dTemperature;

        if( pDepth )
            pDepth[i] = tPilotData.m_tSonarData.m_fFirstDistance;

        if( pNavLat && pNavLon )
        {
            pNavLat[i] = tPilotData.m_tGpsData.m_dLatitude;
            pNavLon[i] = tPilotData.m_tGpsData.m_dLongitude;
        }
    }
    break;
}

CHeadingView *pHeadingView = (CHeadingView *)m_wndRowSplitter.GetPane( 2,
0 );

if( pHeading && pHeadingView )
{
    pHeadingView->SetHeadingData( pHeading, nNum );
    pHeadingView->UpdateScreen();
}

CSpeedView *pSpeedView = (CSpeedView *)m_wndRowSplitter.GetPane( 0, 0 );

if( pSpeed && pSpeedView )
{
    pSpeedView->SetSpeedData( pSpeed, nNum );
    pSpeedView->UpdateScreen();
}

CCourseView *pCourseView = (CCourseView *)m_wndRowSplitter.GetPane( 1, 0
);

```

```

if( pCourse && pCourseView )
{
    pCourseView->SetCourseData( pCourse, nNum );
    pCourseView->UpdateScreen();
}

CRollView *pRollView = (CRollView *)m_wndRowSplitter.GetPane( 3, 0 );

if( pRoll && pRollView )
{
    pRollView->SetRollData( pRoll, nNum );
    pRollView->UpdateScreen();
}

CPitchView *pPitchView = (CPitchView *)m_wndRowSplitter.GetPane( 4, 0 );

if( pPitch && pPitchView )
{
    pPitchView->SetPitchData( pPitch, nNum );
    pPitchView->UpdateScreen();
}

CTemperatureView *pTempView = (CTemperatureView
*)m_wndRowSplitter.GetPane( 5, 0 );

if( pTemp && pTempView )
{
    pTempView->SetTemperatureData( pTemp, nNum );
    pTempView->UpdateScreen();
}

CDepthView *pDepthView = (CDepthView *)m_wndRowSplitter.GetPane( 6, 0 );
if( pDepth && pDepthView )
{
    pDepthView->SetDepthData( pDepth, nNum );
    pDepthView->UpdateScreen();
}

CNavigationView *pNavView = (CNavigationView *)m_wndColSplitter.GetPane( 0,
0 );
if( pNavLat && pNavLon && pNavView )
{
    pNavView->SetNavigationData( pNavLat, pNavLon, nNum );
    pNavView->UpdateScreen();
}

SAFE_DELETE_ARRAY( pHeading );
SAFE_DELETE_ARRAY( pSpeed );

```

```

SAFE_DELETE_ARRAY( pCourse );
SAFE_DELETE_ARRAY( pRoll );
SAFE_DELETE_ARRAY( pPitch );
SAFE_DELETE_ARRAY( pTemp );
SAFE_DELETE_ARRAY( pNavLat );
SAFE_DELETE_ARRAY( pNavLon );
SAFE_DELETE_ARRAY( pDepth );

fclose( fp );
}

```

3.2 사용자 Interface 함수

```

// 항적도 Draw 함수
void CNavigationView::DrawNavigationData()
{
    if( m_dcGraph == NULL || m_pNavLatData == NULL || m_pNavLonData ==
    NULL || m_dwNavDataCnt <= 0 )
        return;

    double dLeft      = 999.0;
    double dRight     = -999.0;
    double dTop       = -999.0;
    double dBottom    = 999.0;

    // 먼저 외곽 경계를 찾는다.
    for( DWORD i = 0; i < m_dwNavDataCnt; i++ )
    {
        if( dLeft > m_pNavLonData[i] )
            dLeft = m_pNavLonData[i];

        if( dRight < m_pNavLonData[i] )
            dRight = m_pNavLonData[i];

        if( dTop < m_pNavLatData[i] )
            dTop = m_pNavLatData[i];

        if( dBottom > m_pNavLatData[i] )
            dBottom = m_pNavLatData[i];
    }
    double dTemp = ( dRight - dLeft ) * 0.05;
    dLeft      -= dTemp;
    dRight     += dTemp;
    dTemp = ( dTop - dBottom ) * 0.05;
    dTop      += dTemp;
    dBottom   -= dTemp;

    if( dRight - dLeft < 0.000001 || dTop - dBottom < 0.000001 )

```

```

        return;

    if( m_dMinLat == 0.0 )
        m_dMinLat = dBottom;
    if( m_dMaxLat == 0.0 )
        m_dMaxLat = dTop;

    if( m_dMinLon == 0.0 )
        m_dMinLon = dLeft;
    if( m_dMaxLon == 0.0 )
        m_dMaxLon = dRight;

    double dXScale = m_sizeGraph.cx / ( m_dMaxLon - m_dMinLon );
    double dYScale = m_sizeGraph.cy / ( m_dMaxLat - m_dMinLat );

    POINT *pPoint;
    pPoint = new POINT[m_dwNavDataCnt];
    if( pPoint == NULL ) return;

    int nSaveDC = m_dcGraph->SaveDC();

    CPen pen;
    pen.CreatePen( PS_SOLID, 1, RGB( 255, 0, 0 ) );
    m_dcGraph->SelectObject( pen );

    for( DWORD i = 0; i < m_dwNavDataCnt; i++ )
    {
        pPoint[i].x = (LONG)(( m_pNavLonData[i] - m_dMinLon ) * dXScale );
        pPoint[i].y = (LONG)(( m_dMaxLat - m_pNavLatData[i] ) * dYScale );
    }

    if( m_dwNavDataCnt > 4 )
        m_dcGraph->Polyline( pPoint, m_dwNavDataCnt );
    else
    {
        m_dcGraph->MoveTo( pPoint[0] );
        for( DWORD i = 1; i < m_dwNavDataCnt; i++ )
            m_dcGraph->LineTo( pPoint[i] );
    }

    pen.DeleteObject();
    SAFE_DELETE_ARRAY( pPoint );

    m_dcGraph->RestoreDC( nSaveDC );
}

// heading 데이터 처리
void CMainFrame::MakeHeadingSignal()

```



```

{
    static int nCnt = 0;
    DWORD dwDataCnt = 1000;
    double dHeading[1001];

    CHeadingView *pHeadingView = NULL;

    pHeadingView = (CHeadingView *)m_wndRowSplitter.GetPane( 2, 0 );

    for( DWORD i = 0; i < dwDataCnt; i++ )
        dHeading[i] = 180.0 * sin( 2 * 3.14159 * (i + nCnt) / dwDataCnt ) +
180.0;

    if( pHeadingView )
    {
        pHeadingView->SetHeadingData( dHeading, dwDataCnt );
        pHeadingView->UpdateScreen();
    }

    nCnt += 10;
}

// 침로 데이터 처리
void CMainFrame::MakeCourseSignal()
{
    static int nCnt = 0;
    DWORD dwDataCnt = 1000;
    double dCourse[1001];

    CCourseView *pCourseView = NULL;

    pCourseView = (CCourseView *)m_wndRowSplitter.GetPane( 1, 0 );

    for( DWORD i = 0; i < dwDataCnt; i++ )
        dCourse[i] = 180.0 * sin( 2 * 3.14159 * (i + nCnt) / dwDataCnt ) +
180.0;

    if( pCourseView )
    {
        pCourseView->SetCourseData( dCourse, dwDataCnt );
        pCourseView->UpdateScreen();
    }

    nCnt += 20;
}

// 보트 스피드 데이터 처리
void CMainFrame::MakeSpeedSignal()
{

```

```

static int nCnt = 0;
DWORD dwDataCnt = 1000;
double dSpeed[1001];

CSpeedView *pSpeedView = NULL;

pSpeedView = (CSpeedView *)m_wndRowSplitter.GetPane( 0, 0 );

for( DWORD i = 0; i < dwDataCnt; i++ )
    dSpeed[i] = 0.75 * sin( 2 * 3.14159 * (i + nCnt ) / dwDataCnt ) +
0.75;

if( pSpeedView )
{
    pSpeedView->SetSpeedData( dSpeed, dwDataCnt );
    pSpeedView->UpdateScreen();
}

nCnt += 10;
}

```

// 롤 데이터 처리

```

void CMainFrame::MakeRollSignal()
{
    static int nCnt = 0;
    DWORD dwDataCnt = 1000;
    double dRoll[1001];

    CRollView *pRollView = NULL;

    pRollView = (CRollView *)m_wndRowSplitter.GetPane( 3, 0 );

    for( DWORD i = 0; i < dwDataCnt; i++ )
        dRoll[i] = 50 * sin( 2 * 3.14159 * (i + nCnt ) / dwDataCnt );

    if( pRollView )
    {
        pRollView->SetRollData( dRoll, dwDataCnt );
        pRollView->UpdateScreen();
    }

    nCnt += 10;
}

```

// 피치 데이터 처리

```

void CMainFrame::MakePitchSignal()
{
    static int nCnt = 0;

```

```

DWORD dwDataCnt = 1000;
double dPitch[1001];

CPitchView *pPitchView = NULL;

pPitchView = (CPitchView *)m_wndRowSplitter.GetPane( 4, 0 );

for( DWORD i = 0; i < dwDataCnt; i++ )
    dPitch[i] = 50 * sin( 2 * 3.14159 * (i + nCnt) / dwDataCnt );

if( pPitchView )
{
    pPitchView->SetPitchData( dPitch, dwDataCnt );
    pPitchView->UpdateScreen();
}

nCnt += 10;
}

// 온도 데이터 처리
void CMainFrame::MakeTemperatureSignal()
{
    static int nCnt = 0;
    DWORD dwDataCnt = 1000;
    double dTemp[1001];

    CTemperatureView *pTempView = NULL;

    pTempView = (CTemperatureView *)m_wndRowSplitter.GetPane( 5, 0 );

    for( DWORD i = 0; i < dwDataCnt; i++ )
        dTemp[i] = 60.0 * sin( 2 * 3.14159 * (i + nCnt) / dwDataCnt ) +
20.0;

    if( pTempView )
    {
        pTempView->SetTemperatureData( dTemp, dwDataCnt );
        pTempView->UpdateScreen();
    }

    nCnt += 10;
}

// 측심 데이터 처리
void CDepthView::DrawDepthData()
{
    if( m_dcGraph == NULL || m_pDepthData == NULL || m_dwDepthDataCnt <=
0 )

```

```

        return;

POINT *pPoint;
pPoint = new POINT[m_dwDepthDataCnt];
if( pPoint == NULL ) return;

int nSaveDC = m_dcGraph->SaveDC();

CPen pen;
pen.CreatePen( PS_SOLID, 1, RGB( 255, 0, 0 ) );
m_dcGraph->SelectObject( pen );

double dXScale = (double)( m_sizeGraph.cx - m_ptCenter.x ) /
m_dwDepthDataCnt;
double dYScale = (double)( m_sizeGraph.cy - GRAPH_BOTTOM_MARGIN ) /
30.0;

for( DWORD i = 0; i < m_dwDepthDataCnt; i++ )
{
    pPoint[i].x = (LONG)(i * dXScale) + m_ptCenter.x;
    pPoint[i].y = m_ptCenter.y - (LONG)( m_pDepthData[i] * dYScale );
}

if( m_dwDepthDataCnt > 4 )
    m_dcGraph->Polyline( pPoint, m_dwDepthDataCnt );
else
{
    m_dcGraph->MoveTo( pPoint[0] );
    for( DWORD i = 1; i < m_dwDepthDataCnt; i++ )
        m_dcGraph->LineTo( pPoint[i] );
}

pen.DeleteObject();
SAFE_DELETE_ARRAY( pPoint );

m_dcGraph->RestoreDC( nSaveDC );
}

```