

# 비콘 DGPS기반 펌프식 해상준설 공정관리시스템의 구축 Construction of Hydrographic Pump Dredge Process Management System Based on Beacon DGPS

이진덕<sup>1)</sup> · 이재빈<sup>2)</sup> · 김현호<sup>3)</sup>

Lee, Jin Duk<sup>1)</sup> · Lee, Jae Bin<sup>2)</sup> · Kim, Hyun Ho<sup>3)</sup>

## Abstract

In order to perform scientific evaluation of dredge results, it is needed to construct the system which is able to manage and evaluate the work process by monitoring in real-time the dredge process such as dredge ship position, dredge depth and dredge volume. This research aims to develop the hydrographic dredge surveying system adding water depth measurement method to both precise positioning and navigation methods using GPS, which allows a high rate of measurement and long distances between the control point and dredging points, operate in all weather conditions, and does not require line of sight to points. We constructed Beacon DGPS-based hydrographic dredger guidance and position management system and developed the operation program which makes the dredge operation perform as monitoring work situation in real-time. It is expected that this developed system will be able to contribute to reducing ultimately the cost in hydrographic dredging or hydrographic construction industries.

Keywords : Hydrographic Survey, Dredge Process Management System, Beacon DGPS, Pump Dredger

## 초 록

해상 준설성과의 과학적 평가를 위해서는 준설선의 유도 위치, 준설수심 및 준설 토사량 등의 준설공정을 실시간으로 모니터링하면서 작업공정을 관리하고 평가할 수 있는 시스템의 구축이 필요하다. 본 연구에서는 기상조건과 거리에 상관없이 상시측량이 가능한 GPS 측량방법을 응용하는 정밀위치측량과 항행의 두가지 기법에 수심측정기법을 병용하는 해상측량시스템을 개발하고자 하였다. Beacon DGPS를 기반으로 하는 선박위치측정, GPS/Gyro 통합장비에 의한 선박방향 측정, 준설심도와 불대위치 측정, 조위에 따른 준설심도 보정 등의 기능을 갖춘 해상준설선의 유도 및 위치관리시스템을 구축하고 준설선의 작업 현황을 실시간으로 모니터링하면서 정확히 작업을 유도할 수 있는 운용프로그램을 개발하였다. 본 연구에서 개발된 시스템은 해상준설 또는 해상건설산업에서 원가 절감에 크게 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

핵심어 : 해상측량, 준설공정관리시스템, 비콘 DGPS, 펌프식 준설선

## 1. 서 론

경제활동의 국제화와 조선기술의 발달로 초대형 컨테이너선이 취항하는 시대를 맞이하게 됨에 따라 향후 국내 항만 시설공사는 경제발전과 더불어 적체된 항만시설용량으로 인하여 대규모의 항만공사가 이루어지는 추

세이다. 국내 거점 항의 기존 항로 및 선회장과 부두 전면 수심을 대형 컨테이너선의 통항, 선회, 접안 및 이안에 필요한 소요 수심을 확보해 주어야 하고, 기존 항만을 중심·준설하여 취항선박의 운항 및 접·이안 작업시 안정성을 확보하고 항만으로서의 역할을 원활히 수행하도록 해주어야 할 것이다(심민성, 2004).

1) 주저자, 정회원 · 금오공과대학교 토목환경공학부 교수(E-mail : jdlee@kumoh.ac.kr)

2) 교신저자 · 동산측량이엔씨(주) 대표이사(E-mail : leejb999@hanmail.net)

3) 정회원 · 금오공과대학교 토목공학과 박사과정(E-mail : hhkim@hsuie.co.kr)

GPS를 응용한 해상수심측량은 공사에 관련한 모든 정보를 수집, 분석하고 계산하여 그 결과에 따라 해상에서 정확하게 준설 및 터파기를 신속 시공하는 방법으로, 하드웨어, 소프트웨어, 컴퓨터 등의 장비를 사용하여 전용 프로그램으로 자동 계산하고, 모니터에 표시된 항적선의 형상을 따라 수심측량을 신속하고 정확하게 정해진 위치와 방향으로 수행함으로써 높은 시공품질과 큰 경제성 효과를 얻을 수 있는 시공방법이다. 또한 해상 파일 항타, 준설 등을 위한 위치 자동제어에 RTK GPS 측량기법으로 정밀시공을 요구하는 파일을 이용한 해상구조물에 적용하여 해상준설공사, 파일 시설물 등의 해상 정밀 시공관리 분야에 적용할 수 있는 3차원 위치정확도를 결정함으로써 해상시공관리를 위한 보다 경제성 있는 GPS 측량의 활용 방향을 볼 수 있다(최범규 등, 2006; 동산측량이엔씨, 2009).

일반적으로 항로나 항만의 준설공사가 완료되면, 수급자는 수심측량 결과를 기초로 수심도를 작성하여 수심측량 성과표를 제출하게 되는데, 이 때 준설성과의 과학적 평가를 위해서는 준설공정을 실시간으로 모니터링 하면서 작업공정을 관리하고 평가할 수 있는 시스템의 구축이 필요하다. 즉, 준설기능 및 상황, 준설 track, 준설 수심 및 준설 토사량 등을 실시간 모니터링 할 수 있는 준설관리시스템을 구비하여 작업자 및 관리자가 작업정보를 상호 공유할 필요가 있다(Jung, 2006; IHC Systems BV, 2000).

이중우 등(2005)은 스퍼드 준설선 공정관리시스템을 이용한 항로준설작업을 평가하고 그 효율성을 제시하였다. 이진덕 등(2006)은 GPS, 음향측심기 및 GIS를 통합한 해상 3차원 정보추출을 위한 시스템을 구현한 바 있으며, 정대득 등(2001)은 DGPS를 응용한 준설선 위치 및 준설지점의 실제위치, GIS틀과 연계한 실시간 조위를 고려한 준설지점, 수심측량과 준설작업감시 등 공정관리시스템을 그라브 준설선에 구축하여 실시간으로 공사의 계획, 시공, 검사에 이르는 전과정을 효율적으로 시행할 수 있는 시스템을 개발하였다. 또한 LADGPS, 조석관측시스템, 광센서 각도추출장치, GIS와 전자해도를 이용하여 4개의 하부시스템으로 구성된 펌프식 준설선 통합공정관리시스템을 개발하여 준설선 위치제어, 실제 굴착이 이루어지는 준설지점의 위치결정, 작업해역의 조위가 보정된 실시간 수심결정, 작업지시내용 및 작업성과를 기록하고 이들 모든 정보를 실시간으로 모니터링하고 제어하는 공정관리를 도모하였다(정대득 등, 2001).

본 연구에서는 기존의 해상 항만공사에서 사용해 왔던 종래의 측량기 및 측량방법에 의한 해상준설관리공법 등을 검토하고, 기상조건과 거리에 상관없이 상시측량이 가능한 GPS 측량방법을 응용하여 위치측량과 항행의 두가지 기법을 병합하고, 수심측정기법 등을 병용하여 전용 프로그램으로 펌프식 준설선을 유도하여 정해진 위치에 정확한 준설을 시공할 수 있는 방법을 개발하였다. 즉, 비콘(Beacon) DGPS 및 WA DGPS를 기반으로 한 해상준설선의 유도 및 위치관리를 포함한 준설공정관리시스템을 구축하고 이를 운용하기 위한 프로그램을 개발하였으며 이의 실제 적용결과를 제시하였다.

## 2. 종래의 해상준설시스템의 분석 및 본 시스템의 소개

### 2.1 일반 준설시스템의 시공과정 및 문제점

종래의 준설시스템의 시공과정은 일반적으로 설계도 검토 - 준설방법 결정 - 육상 TM점 설정 - 기상상태 확인 - 준설선 투입 및 위치 확인 - 준설 작업 - 측심 작업 - 조위 보정 등의 순서로 공정이 진행되어 왔다. 기존 방법에서는 작업계획이 수립되면 현장에서 수행되어야 할 작업사항을 해도에 표기하고, 작업영역에서 시준이 잘 되는 육상지점에 TM을 설정한다. 준설선의 작업위치 투입과 작업반경내 작업완료 후 준설선 이동시에는 위치 결정과 위치확인과정이 필요하며, 수심측량은 음향측심기 또는 Lead를 이용하여 현장 수심측정 후 조위를 보정해주어야 한다(정대득 등, 2002).

기존의 준설공법에서는 수평위치 결정방법, 수심측정방법 및 이에 수반되는 문제 때문에 전체공정 상에 애로가 많다. 그러한 문제점들을 분석한 결과를 살펴보면 다음과 같이 정리할 수 있다. 즉, 준설선의 위치정확도가 떨어지고 사전 육상작업이 요구되며, 준설선 위치 결정 및 위치 확인 과정에 많은 시간과 인력이 소요된다. 준설선의 작업반경 내에서의 준설지점의 위치 파악이 불가능하며, 준설작업 시 시계제한 상태 등에서는 육상목표의 시준이 불가능하므로 작업이 중단될 수밖에 없었다. 준설위치확인 과정이 반복됨에 따라 많은 시간이 소요된다. 준설선 위치 및 수심측정 성과를 해도상에 표기할 때 사용자의 숙련도, 해도 작성도법의 차이 등에 의해 플로팅 오차가 수반된다. 시공 중 또는 시공 후 검사 시 측정한 자료는 조위결정 과정을 거쳐 보정되어야 하며, 시공 중 작업요원이 위치정보와 수심자료를 실시간으로

이용할 수 없다는 문제점들이 있다(정대득 등, 2002).

한편, USACE(미육군공병단)에서는 해상측량에서 측위작업과 요구되는 정밀도에 따라 Class 1, Class 2, Class 3 세 가지 등급으로 구분하여 그 정도를 적용하고 있다. USACE의 규정에 의하면 준설작업에 관련한 모든 해상측량은 Class 1에 포함되어 수평위치의 최대허용오차는 6m, 2 DEMS이고, 높이의 최대허용오차는  $\pm 0.1524m$ 로서 비교적 높은 정밀도를 제시하고 있다(USACE, 1998).

### 2.2 본 연구에서 개발한 준설시스템의 작업공정

그림 1은 본 시스템을 이용한 준설작업 공정을 제시한 것이다.

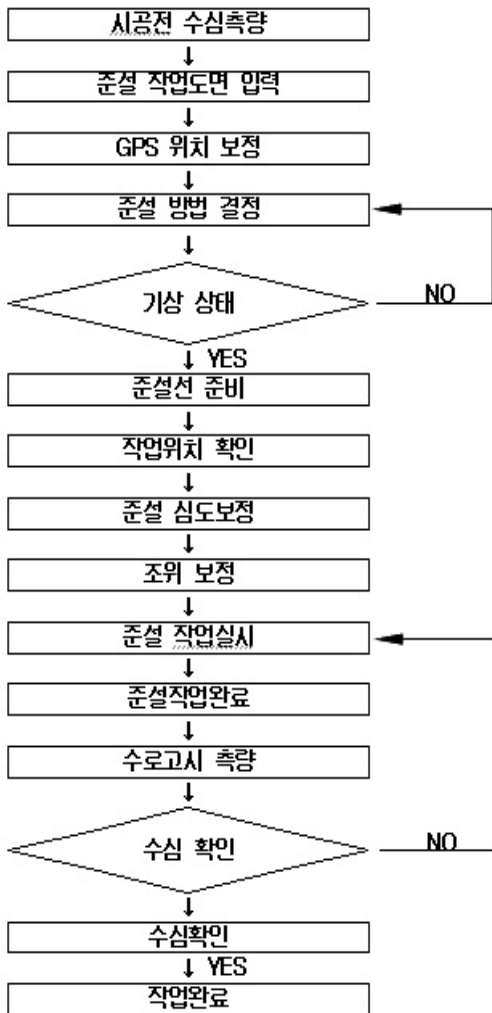


그림 1. 본 시스템을 이용한 준설작업 공정표

본 연구는 해상의 복잡한 기상조건을 극복하면서 준설작업을 효율적으로 수행하기 위해 기존의 평면위치를 결정하는 방법을 개선하고자 하였다. 즉 종래의 방법은 작업위치에 근접한 위치에 3개 이상의 목표물을 설치하고 준설선에서 각도를 측정할 수 있는 육분의로 목표점을 시준하여 2개 이상의 수평각을 관측하여 준설선 위치를 결정하여 작업도면에 도식하여 현재 위치를 파악하여 작업위치로 이동하는 방식이었다. 이러한 비효율적인 방식을 개선하고자 본 연구에서 개발한 DGPS기반의 시스템을 이용하여 준설선의 위치를 실시간으로 관측함으로써 현재의 준설선 위치이동 상태를 파악할 수 있다.

## 3. 해상 준설측량 및 공정관리 시스템 구축

### 3.1 펌프식 준설선 측량시스템 구축

본 시스템의 구축을 위하여 먼저 펌프식 준설선 측량시스템의 구축을 위한 측량요소 및 방법을 다음과 같이 분석하였다.

- ① 선박위치 측정 : 이동국 GPS 1개를 선박에 설치하고 위치오차 보정을 위해 육상에 기지국 GPS 1개를 설치한다.
- ② 선박방향 측정 : Gyro를 설치하거나 GPS를 하나 더 설치하여 이동국 GPS와의 위치를 계산하여 방향을 측정한다. GPS와 Gyro 통합장비를 설치하면 선박위치와 방향을 동시에 측정할 수 있다.
- ③ 준설심도, 붐대위치 측정 : 붐대에 경사계를 설치하여 붐대의 길이와 경사각을 이용해 붐대위치와 준설심도를 측정한다.
- ④ 준설심도 보정 : 조위에 따라 실제 준설심도와 차이가 나므로 예보 조위데이터를 DB화 한 후 서버에서 전송되는 실제조위 데이터와 함께 현재 예측되는 조위를 계산하여 준설심도를 보정한다. 인터넷이 연결되지 않는 지역은 해안에 직접 조위계를 설치하여 모델로 전송받아 보정한다.
- ⑤ 스퍼드 위치 측정 : 스퍼드 위치가 변하는 선박에서는 스퍼드와이어 변위를 측정하여 현재 스퍼드 위치를 측정한다.

펌프식 준설선의 측량시스템의 구조는 그림 2와 같으며, 준설선상 측량장비 배치를 그림 3에 제시하였다.

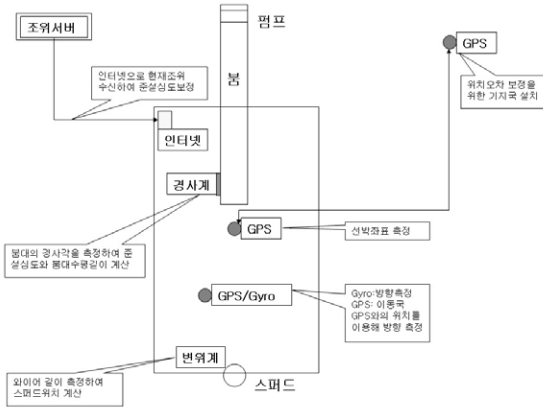


그림 2. 펌프식 준설선에 의한 측량시스템의 구성

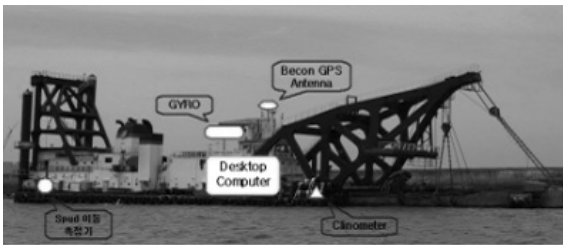


그림 3. 펌프식 준설선의 측량장비 배치

표 1은 펌프식 준설선에 설치하는 측량장비를 측량요소별로 나타낸 것이다.

표 1. 펌프식 준설선의 측량요소 및 관련 장비

측량요소	설치 장비	비 고
선박위치	기지국 GPS 1대 이동국 GPS 1대	비콘기지국 이용
선박방향	GPS수신기 2대	1대는 선박위치측량용 이동국GPS와 겸용
	Gyro 1대	
준설심도 붐대위치	경사계 1개	붐대길이 *sin(deg)
		붐대길이 *cos(deg)
심도보정	실시간조위수집SW 무선인터넷	예보조위와 연계
	조위계 1개	인터넷 불가지역
스퍼드 위치	변위계 1개	스퍼드위치 측정

본 연구에서는 준설선에 설치하는 GPS장비로서 Trimble Aggps132 또는 DSM212, Gyro 통합 GPS장비로서 MX575 등 비콘DGPS 수신기를 채택하였으며, 비콘기지국 데이터 수신상태가 양호하지 않거나 또는 육상에서 하천준설작업의 경우 광역 DGPS(WADGPS)의 기능을 선택할 수도 있다.

### 3.2 펌프식 준설선의 공정관리시스템

펌프식 준설선(pump dredger)은 강 또는 바다 바닥의 토사를 커터로 무너뜨려 펌프로 빨아올려 준설하는 배로서 자체 동력원 없이 예인선으로 이동하며, 작업시 스퍼드로 배의 후미를 고정하고 앵커에 고정된 체인을 이용해 좌우로 진자운동을 하게 되며, 붐대의 상하운동으로 준설심도를 결정하는 방식이다. 이에 본 연구에서는 작업구역의 지형, 배의 현재좌표, 선체의 방향, 커터의 심도와 위치, 조위값과 실제심도, 스퍼드의 위치, 앵커의 위치를 표시하고, 작업구역과 준설해야 할 목표심도를 운전자에게 보여주며 현재 작업량을 저장하여 표시해주는 기능을 발휘할 수 있도록 프로그램을 작성하였다.

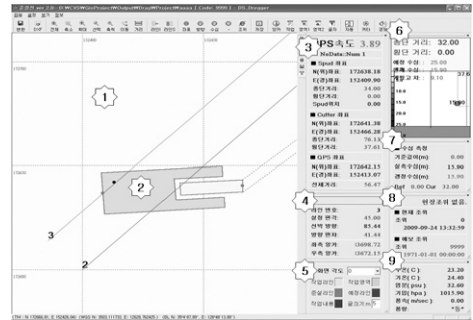


그림 4. 실시간 준설시공관리 화면

그림 4는 준설선의 실시간으로 모니터링하면서 작업할 수 있도록 본 연구에서 고안된 시공관리 화면을 보여준다.

다음은 그림 4와 같이 펌프식 준설 시공관리화면에 제시되는 정보들을 열거·제시한 것이다.

- ① 메인화면 : DXF파일로 된 지형도 및 해도를 불러와서 바탕화면을 형성하도록 한다. 예정라인 및 작업구역을 표시하고 선박과 앵커 위치를 보여준다.
- ② 선박그래픽 : 현재 선박의 위치 방향을 쉽게 알 수 있게 그래픽으로 표시하며 커터의 위치, GPS수신기의 위치, 스퍼드의 위치를 표시한다.
- ③ GPS 정보화면 : 현재 스퍼드, 커터, GPS의 좌표정보를 보여주며, 선택된 예정라인과의 종단거리, 횡단거

리를 표시한다.

- ④ Gyro 정보화면 : 현재 선박의 방향과 선택된 예정라인 번호, 방향편차를 보여주며 앵커 위치를 설정했을 경우 앵커좌표도 보여준다.
- ⑤ 화면설정창 : 화면의 각도 및 각종정보의 색깔과 글자 크기를 사용자가 지정할 수 있다.
- ⑥ 단면표시 화면 : 현재 커터위치에서의 예정수심과 현재수심을 그래픽으로 보여주어 운전자가 커터의 심도를 쉽게 제어할 수 있도록 한다.
- ⑦ 수심표시 화면 : 현재 수심 및 예보조위로 보정한 갱정수심을 보여준다.
- ⑧ 조위표시 화면 : 예보조위와 인터넷으로 수신하여 보정한 현재조위를 표시한다.
- ⑨ 해양정보 화면 : 인터넷으로 수신한 수온, 기온, 염분, 풍속 등의 해양정보를 표시한다.

### 3.3 공정관리시스템의 기능 구현을 위한 프로그램

준설공정을 실시간으로 모니터링하면서 작업하기 위해서는 측량에 앞서 작업선의 제원을 입력하고 데이터를 저장해 주어야 한다. 공정관리시스템의 기능을 구현하기 위하여 작성한 프로그램의 주요 내용을 다음과 같이 제시하였다.

작업구역의 지형과 수심정보 등을 화면에 표시할 수 있도록 DXF파일을 불러와 프로그램 속도개선을 위해 이미지파일로 변환하여 바탕화면으로서 표시하도록 하였다.

선박의 좌표는 선박에 설치한 이동국 GPS와 육상에 설치된 기지국 GPS를 이용하여 WGS84 좌표를 획득하고, 이것을 그림 5와 같이 미리 입력한 변환계수들을 이용해 TM좌표로 변환하여 표시하도록 하였다. 또한 그림 6에 나타낸 바와 같이 계산된 GPS좌표와 각 선박의 모서리 위치정보를 이용하여 선박의 모서리 좌표를 계산하고 그 모양을 화면에 표시하도록 하였다.

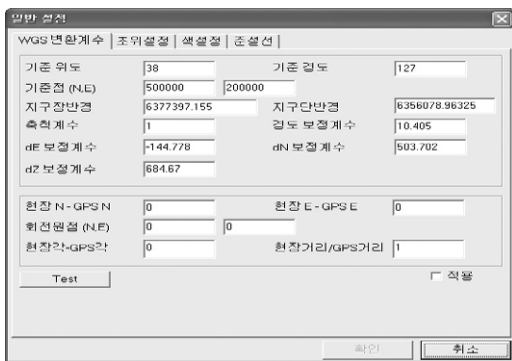


그림 5. 좌표변환계수의 설정



그림 6. 준설선 제원 설정

선체의 방향은 두 가지 방식으로 계산할 수 있는데, 하나는 Gyro 장비를 장착하여 바로 방향을 수신하는 방법이고, 다른 한 가지는 GPS를 추가로 설치하여 이동국 GPS와의 좌표값을 가지고 선박의 방향을 계산하는 방법이다. GPS 2대로 방향을 계산할 때 그림 6에서 2대의 GPS위치를 모두 입력하여야 한다. 2대의 GPS 좌표의 방향각과 선박에 장착된 GPS의 위치방향각의 차이가 선체의 방향각이 된다.

본 연구에서 적용한 수심결정시스템으로서 펌프선의 커터의 심도와 위치는 붐대에 경사계를 장착하여 측정할 수 있다. 그림 7에서 붐(boom)의 힌지위치와 길이를 입력하면, 수신된 경사계값을 이용해 커터 깊이와 힌지에서의 수평거리를 계산할 수 있고, 힌지의 선박에서의 위치값을 이용해 커터 좌표도 계산가능하다. 붐대의 선단이 수면아래 하강함에 따라 붐대의 힌지지점에 설치한 각도센서에 의해 붐대와 수면이 이루는 경사각의 자동측정값이 RS232 시리얼케이블을 통하여 컨트롤시스템인 PC에 입력되게 되고 작업지점, 즉 커터의 위치와 수심을 실시간으로 계산하여 전체시스템에 제공해 준다. 각도센서에 의한 측정데이터는 0.5초 간격으로 전송되고 각의 정밀도는 0.05°이다.

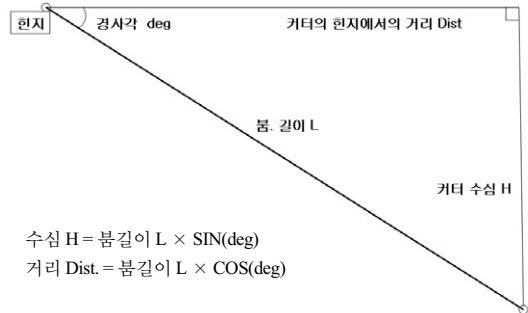


그림 7. Leader 심도계에 의한 수심측량 원리

일반적으로 심도계 등으로 측정한 심도가 실제 설계상의 예정심도가 일치하지 않는데 이는 조위에 따라 수심이 다르기 때문이다. 그러므로 예정심도에 맞춰 준설하기 위해서는 반드시 조위값을 측정하여 심도를 보정한 갱정수심으로 예정심도와 비교해야 한다. 기존의 조위를 계산하는 방법은 국가에서 매년 발행하는 예보조위표를 이용하여 현재 시간에서의 조위값을 대략적으로 계산하는 방법을 사용해 왔다. 그러나 이 방법은 정확도도 떨어질 뿐 아니라 운전자가 매번 시간별로 확인하여 머릿속으로 계산하면서 작업해야 하므로 불편한 점이 많다. 따라서 본 프로그램에서는 예보조위도 데이터베이스화하여 자동으로 계산하도록 함은 물론, 실측 조위데이터를 인터넷으로 수신하여 예보조위와 연동하여 계산함으로써 조위를 비교적 정확하게 계산할 수 있게 하였다. 또한 조위값을 고려하여 즉시 현재 갱정수심을 문자와 그래픽으로 보여줌으로써 운전자의 작업 수월성을 높였다.

그림 8과 그림 9는 예보조위를 입력하고 심도별로 표시할 색을 설정하는 창으로서, 심도별 색 설정 기능을 통하여 준설한 작업지역의 현재상태를 컬러로 쉽게 볼 수 있게 해준다.

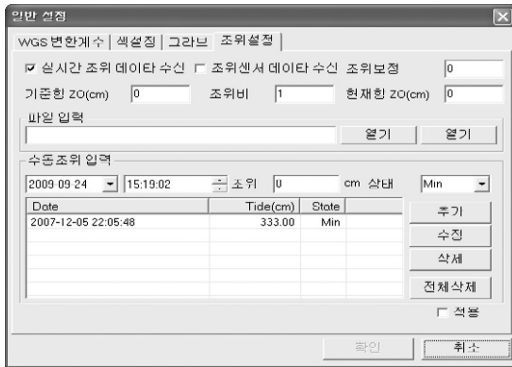


그림 8. 조위 설정

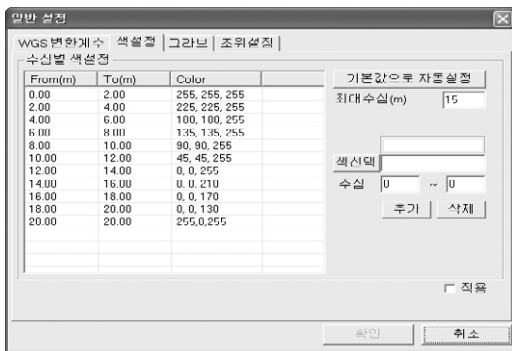


그림 9. 심도별 색 설정

국토해양부에서 제공하는 실시간 조위를 사무실 인터넷을 통하여 수집하는 실시간 조위 수집 프로그램, 그리고 이 데이터를 국내 여러 현장의 준설선으로 전송하기 위한 실시간 조위 전송 서버 프로그램을 구축하였다(그림 10, 그림 11).

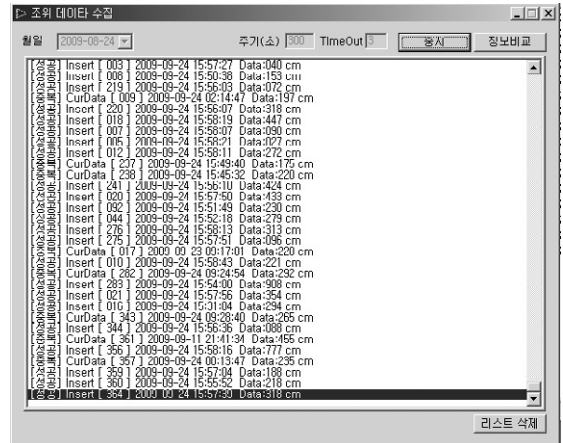


그림 10. 실시간 조위 수집 프로그램

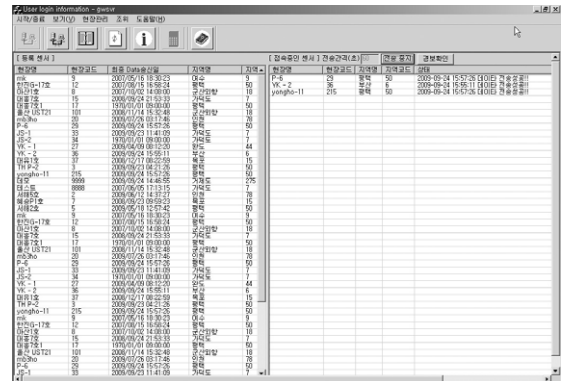


그림 11. 실시간 조위 전송 서버 프로그램

폼프식 준설선의 스퍼드는 보통 고정된 위치에 있지만 간혹 위치가 이동하는 선박이 있으며, 이 때 스퍼드 구동케이블에 설치된 변위계를 통하여 스퍼드의 위치를 측정할 수 있으며 그 위치를 입력하여 화면에 표시해 줄 수 있도록 하였다.

준설선은 자체적으로 이동하지 못하고 예인선으로 운항하게 되며, 작업 시에도 예인선이 앵커를 고정하여 선박의 자세를 통제한다. 이 앵커들을 설치할 때 작업자가 화면을 보고 설치할 좌표를 예인선에 통보할 수도 있고, 설치된 앵커의 위치를 화면으로 확인할 수도 있

도록 하였다.

본 프로그램에는 작업해야 할 예정라인들을 입력하고 현재 작업할 예정라인을 선택할 수 있는 기능을 부여하였다. 또한 현재의 GPS좌표와 예정라인 사이의 종단간격, 횡단간격, 방위각 편차를 표시하도록 하였다.

작업구역 내의 계획심도를 설정할 수도 있는데 그림 12와 그림 13에 제시한 바와 같이 중심선의 선행에 따른 준설 단면을 간단히 설정하여 작업할 수도 있지만 넓은 구역을 설계데이터를 입력하여 설정할 수도 있도록 하였다.

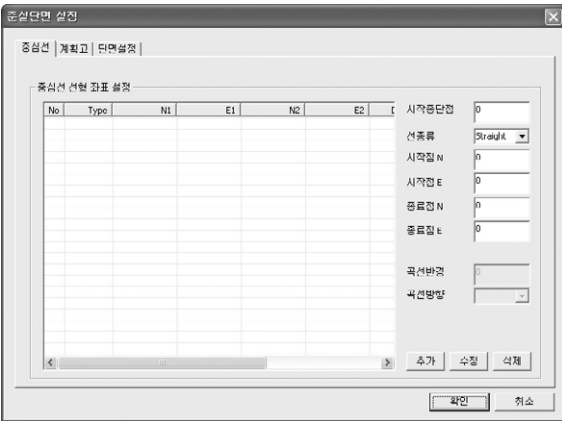


그림 12. 준설 중심선 설정

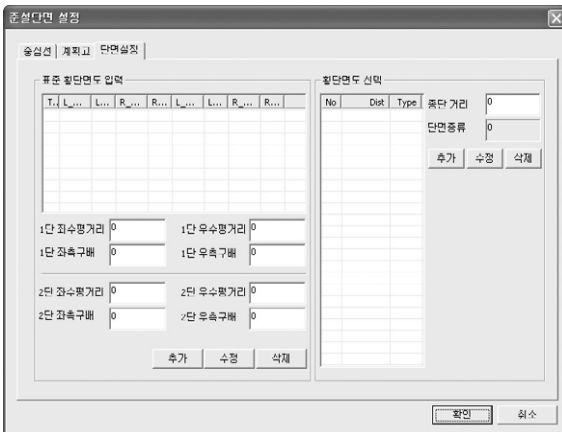


그림 13. 준설 단면 설정

파도가 강하여 안전한 항구로 피항하거나, 선박의 수리, 보급 등을 위해 항구로 이동할 경우 추후에 작업 구역으로 쉽게 돌아올 수 있도록 현재 위치를 저장할 수 있는 기능을 추가하였다(그림 14 참조). 이 기능은 또한 특정 좌표로 이동할 경우에도 사용할 수 있을 것이다.

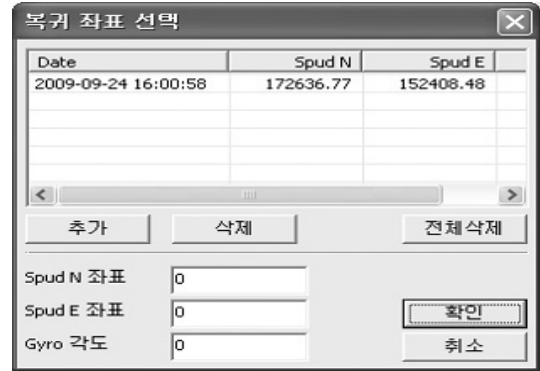


그림 14. 피항 후 복귀 및 좌표 이동

일반적으로 비콘 DGPS의 정확도는 0.3~1m, 광역(WA) DGPS의 정확도는 1~2m이다. 우리나라 국토해양부 고시 수로측량 관련규정 및 건설공사 표준품셈에서 규정한 펌프 준설선에 의한 준설폭의 허용량, 즉 수평위치의 허용기준은 편측 3m이고, 시공수심별 여굴허용심도는 표 2에 나타난 바와 같이 0.6~1.0m이므로 DGPS를 기반으로 한 본 시스템의 수평위치 정확도 기준을 충족한다.

표 2. 준설여굴 허용심도

토 질	시공수심별 여굴두께		
	5.5m	5.5~9.0m	9.0m이상
보통토사	0.6m	0.7m	1.0m

또한 해상준설시 측심 정확도는  $\pm(10\text{cm}+d/1,000)$ 이고 본 시스템의 측심 정확도는 5cm 이내이므로 수심측정의 정확도 기준을 충족한다. 여기서 d는 바다깊이이다. 해상작업에는 서해안에 조석간만차가 10m 정도로 기준 해수면에 차이가 많으며, 만조 시에는 예보조위와 실측조위차가 1m 이상이 발생한다. 이를 해결하기 위해 종래에는 조위계를 설치하여 측정했으나 가격이 고가이므로 조위계에 대신에 예보조위를 사용해 왔다. 본 연구에서는 국토해양부에서 30분 간격으로 제공하는 실시간 조위를 본 시스템에 도입하여 지능형 알고리즘을 사용하여 서버에 구축하고 이를 준설선에 인터넷통신을 이용하여 송신하도록 하였다. 예보 조위와 실제 조위를 프로그램에서 표시하므로 시공상 조위차로 인한 준설수심을 정확히 측정할 수 있다.

이를 종합하면, 본 연구에서 개발된 해상준설공정관리시스템은 기존의 위치측량 방법을 개선하여 준설선의

이동, 피항, 작업준비 등 준설선 위치를 신속, 정확하게 시공영역에 이동하고 준설심도를 디지털화하여 준설데이터를 실시간 자동으로 기록하면서 시공품질을 향상시키고 작업의 효율을 증대시킬 수 있다.

#### 4. 결론

본 논문은 일반적으로 이용되고 있는 펌프식 준설선에 의한 준설작업의 효율성을 높이기 위하여 비콘 DGPS를 기반으로 한 해상준설선의 유도 및 위치관리를 위한 준설측량/공정관리 시스템을 구축한 연구이다. 본 연구에서 개발한 시스템을 활용하여 국내외 항만 및 플랜트 현장에서 성공적으로 활용한 실적을 가지고 있으며, 본 연구를 통하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, 펌프식 준설선에 의한 준설시공을 위하여 GPS에 의한 선박위치측정, GPS/Gyro 통합장비에 의한 선박방향 측정, 준설심도와 붐대위치 측정, 조위에 따른 준설심도 보정 등의 기능을 갖춘 측량시스템을 구축할 수 있었다.

둘째, 펌프식 준설방법에 의한 측량 및 공정관리시스템을 제어·운용할 수 있도록 작업구역의 지형, 배의 현재좌표, 선체의 방향, 커터의 심도와 위치, 조위값과 실제심도, 스퍼드의 위치, 앵커의 위치를 표시하고, 예정라인의 입력 및 정보 표시, 작업구역과 준설해야 할 목표심도를 운전자에게 보여주며 현재 작업내역 등을 저장하여 표시해 주는 기능을 구현할 수 있는 프로그램을 작성할 수 있었다.

셋째, 본 연구에서 구축된 준설측량/공정관리시스템은 준설선의 작업 현황을 실시간으로 모니터를 통하여 보면서 작업범위에 맞게 정확히 작업을 유도할 수 있는 것으로 평가되었다.

#### 감사의 글

본 연구는 2011년도 금오공과대학교 학술연구비 지원에 의해 이루어진 것임.

#### 참고문헌

심민성 (2004), 시공사례: SPUD GRAB DREDGER & GPS를 이용한 준설관리시스템, 한진건설기술, 한진중공업, 제 36권, pp. 55-63.

정대득, 이중우, 조증언 (2001), 준설공정관리시스템 개발에 관한 연구, 한국항만학회지, 한국항만학회, 제 15권, 제 1호, pp. 75-85.

이중우, 정대득, 조증언, 김주영, 오동훈 (2005), 스퍼드 준설선 공정관리시스템을 이용한 항로준설작업의 평가, 한국항해항만학회지, 한국항해항만학회, 제 29권, 제5호, pp. 395-402.

이진덕, 김현호 (2006), GPS, 음향측심기 및 GIS를 이용한 하상측량시스템의 구현, 한국콘텐츠학회논문지, 한국콘텐츠학회, pp. 57-65.

정대득, 이중우, 조증언 (2002), 펌프식 준설선의 통합공정관리시스템 개발, 한국항해항만학회지, 한국항해항만학회, 제 26권, 제 1호, pp. 146-151.

최범규 (2001), 해상에서 GPS의 다양한 활용 예, 춘계해양관련학회 공동학술발표회 초록집, pp. 58-65.

US Army Corps of Engineers(USACE) (1998), *Project operations hydrographic surveying*.

John B. Gerbich (1992), *Handbook of dredging engineering*, McGraw-Hill Inc.

US Coast Guard (1990), *Broadcast site selection guide for nationwide differential global positioning system*, ver 1.0.

동산측량이엔씨(주), <http://www.geodimeter.co.kr>

IHC Systems BV, [www.ihcsystems.com/fileadmin/IHC\\_Systems\\_/pd166\\_12\\_13.pdf](http://www.ihcsystems.com/fileadmin/IHC_Systems_/pd166_12_13.pdf). Advanced dredging system for Sri Lankan hopper dredger HANSAKAWA.

(접수일 2011. 11. 23, 심사일 2011. 12. 13, 심사완료일 2011. 12. 15)