

준설공정관리시스템 개발에 관한 연구

정 대 득* · 이 중 우** · 조 증 언***

A Study on the Development of Dredge Process Management System

D. D. Jeong, J. W. Lee, J. A. Cho

Key Words : 준설공정관리시스템(Dredge process management system), 그라브준설선(Grab dredge), 지형정보시스템(GIS), 협역디지털피에스(LADGPS), 위치결정시스템(Position determining system), 수심측량(Depth survey)

Abstract

Accuracy of dredging processes depends on the types of equipment used, the sediments encountered, whether the work to be performed is new or maintenance dredging, pre- and post-hydrographic surveying and so forth. Among those, position surveying accuracy which is directly determined by the control of the dredge's position and depth surveying accuracy being surveyed at the dredging point during dredging work are important factors.

The purpose of this study is to develop "Dredge Management System" for Grab dredge which is composed of 4 sub-system using LADGPS for dredge position determining system and dredging point determining system, tide gauge system and optical sensor for depth determining system and GIS and ENC for total management system. This system is installed on the grab dredge "EUNJIN G-18" and applied to anchorage dredging work. at Pohang Harbor.

The results revealed that this system is easy to operate, achieves good accuracy with only 45cm unevenness, reduces working period by 22 percent and saves cost 16.6 percent.

* 정희원, 목포해양대학교 해상운송시스템학부 교수

** 정희원, 한국해양대학교 토목환경공학부 교수

*** 은진개발(주) 대표이사

1. 서 론

준설공사 시공에서는 정확한 위치에 준설선을 투입하는 것이 가장 중요하다. 특히 항로와 같은 항내 준설에서는 자칫 위치가 부정확할 경우 공기지연이나 공사비 증가를 가져올 수 있으며, 해저케이블매설 공사와 같은 특수준설공사의 경우에는 전체 공정에 큰 영향을 미친다. 또한 환경준설의 경우에는 정확한 위치에 준설선을 투입하여 오염물질을 제거하여야 처리해야할 투기량 및 환경에 미치는 악영향을 최소화 할 수 있다.

준설공사의 정확도는 준설장비의 형식, 퇴적물의 상태 및 준설공사의 특성, 유지준설의 경우에는 이전 준설공사의 실적에 의해 결정된다. 또한 조석, 주변 흐름과 같은 지역적인 특성과 준설공사 전후의 해양조사의 정확성에 크게 의존하며 특히, 공사현장에서 이루어지는 준설선을 포함한 장비의 위치제어 방법에 따라 직접적으로 결정된다.

기존의 준설공사 시공과정에서는 준설위치가 표시된 작업계획서의 도면(설계서)에 따라 육상에 기준점을 정하고 이를 기준으로 임의의 다수 좌표점을 설정하여 깃발 또는 유사한 형태의 표식을 설정하고 이를 기준으로 준설선을 이동하여 작업이 이루어진다. 위치확인에는 주로 육분의가 이용되고 있으며 최근에는 GPS 및 DGPS과 같은 현대화된 장비를 이용하고 있다. 준설심도 확인에는 Lead, 음향측심의 등이 이용되고 있다. 이와 같이 시행되는 기존의 준설공법의 문제점은 작업위치 변경에 따른 인적, 시간적 비용의 증가, 측량작업이 복잡하고 측량자의 능력에 따른 작업편차, 준설심도 측정에서의 오차 및 실시간 공정관리가 곤란하다는 것이다. 따라서 시공과정을 하나로 통합하여 평면적 위치정보, 수심 및 작업과정 전반을 조석과 같은 국지적인 해황을 실시간으로 반영하면서 시스템 내에서 일괄적으로 감시하면서 연속적으로 수행하기 위한 관리시스템의 필요성이 요구된다.

본 논문은 기존 준설공사에서 적용해온 준설위치 파악, 수심측량방법 등에서 나타난 문제점을 분석하

고 이를 해결하기 위해 전자계측장치, 컴퓨터 및 지형정보관리 Tool을 이용한 준설관리시스템의 개발하는 것에 목표를 두었다. 이의 달성을 위해 DGPS를 응용한 준설선 위치 및 준설지점의 실제 위치, GIS 툴과 연계한 실시간 조위를 고려한 준설지점 수심측량과 준설작업감시 등 공정관리시스템을 그라브 준설선에 구축하여 실시각으로 공사의 계획, 시공, 검사에 이르는 모든 과정을 정확하고, 효율적으로 시행 및 감독할 수 있는 시스템을 개발한다.

2. 일반 준설시스템의 분석

일반 준설시스템의 시공과정을 도식화하면 Fig. 1과 같다. 기존방법에서는 작업계획이 수립되면 현장에서 수행되어야 할 작업사항을 해도에 표기하고, 작업영역에서 시준이 잘되는 육상지점에 TM을 설정한다.

준설선의 작업위치 투입과 작업반경내 작업완료 후 준설선 이동시에는 위치결정과 위치확인과정이 필요하며, 수심측량은 음향측심의 또는 Lead를 이용하여 현장 수심측정 후 조위보정을 해야한다.

일반준설공법에서는 위치결정 및 수심측정과정에 여러 가지 문제점들이 내포되어 있는데, 이 중 위치결정과정 및 수심결정과정에 관련한 문제점을 지적하면 다음과 같다

2.1 수평위치 결정

하천이나 연안해역에서 준설공사를 위해 평면상 위치를 측정하는 방법에는 육분의를 사용하는 방법, Theodolite를 사용하는 방법, 전자장치를 사용하는 방법들이 있다.

육분의를 사용하여 위치를 측정하는 방법은 측정이 간편하고 경제적인 방법이어서 지금까지 자주 사용되는 위치 측량방법이다. 이 방법은 해안부에 설치한 세 개의 기지점(기준점)을 이용하여 항주하는 준설선 상에서 육분의를 이용하여 한 개의 각(Single angle method) 또는 두 개의 각(Double

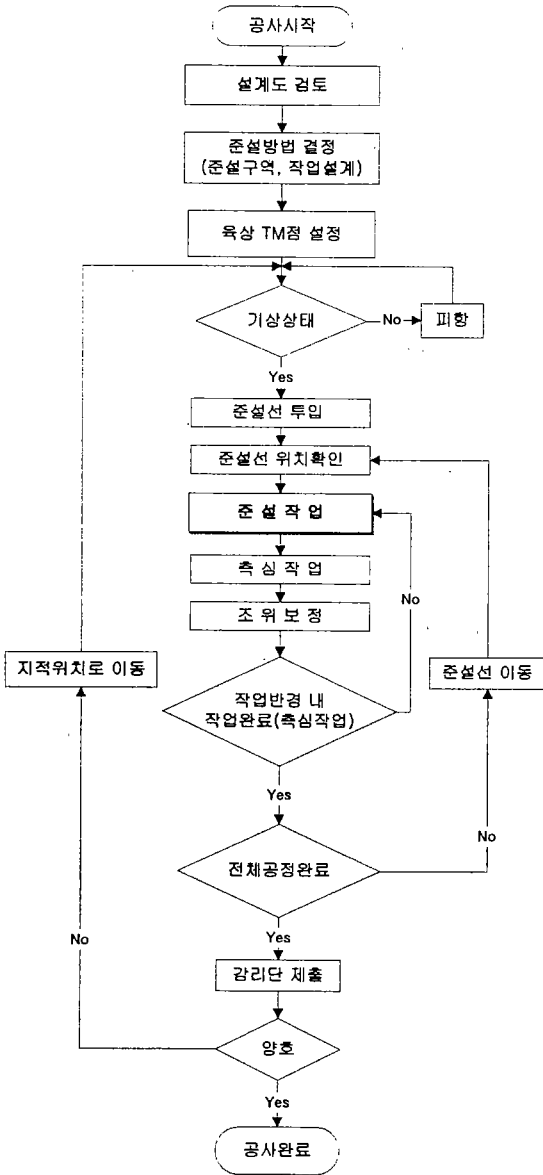


Fig. 1 The process of the existing dredging work

angle method)을 측정하여 준설선의 위치를 측정하는 방법이다.

Theodolite에 의한 위치를 측정하는 방법은 해안에 설정한 두 개의 기지점에서 각각 theodolite를 설치하고 준설선과의 교각을 측정하여 준설선의 위치

를 결정하는 방법이다.

전자 위치 측정법은 주로 Satellite system, Long navigation system, Hyperbolic system, Active ranging system이 있다. 최근에는 미국의 국방성에서 개발한 GPS(Global Positioning System)이 주로 이용되고 있다. GPS를 이용하는 방법은 기상조건과 육상으로부터의 거리에 구애를 받지 않는 상시측량이 가능하지만, 준설지점의 정확한 파악과 같이 정밀도가 요구되는 준설작업에 이용되기에는 위치 정확도에 문제가 있다. 또한 GPS를 이용하더라도 준설선의 선수방위를 관측하기 위해서는 여전히 육분의에 의한 측량이 병행되어야 한다.

(1) 육분의에 의한 위치결정 과정에서의 오차 육분의의 오차에는 조정이 가능한 것과 구조상의 결함 때문에 조정이 불가능한 오차가 있다. 특히, 육분이는 작업 위치를 변경할 때마다 TM좌표를 매번 측정하여야 하기 때문에 인적, 시간적 비용이 크게 발생하는 것은 물론, 측량자의 자질에 따라 작업의 편차가 크게 발생할 수 있다.

육분의에 의해 결정된 위치의 정도를 정량적으로 논하는 것은 매우 어려운 작업이다. 특히 준설선과 육상물표와의 거리에 의해 관측장비의 표준오차가 결정되기 때문에 계산이 복잡해진다. Fig. 2는 육분의를 이용하여 육상의 목표의 협각을 측정하여 준설선의 위치를 결정하는 경우 오차의 개념을 나타내고 있다. 여기서 A, B는 육상의 목표점, C는 준설선 위치에서 측정한 A, B의 협각, $\delta\alpha$ 는 A점을 시준했을 때의 표준오차, $\delta\beta$ 는 B점을 시준했을 때의 표준오차, P는 준설선의 위치, δA 는 준설선에서 육상의 A물표를 관측했을 때의 위치의 표준오차, δB 는 육상의 B물표를 관측했을 때의 위치의 표준오차이다.

실용적인 측면에서는 육분의를 이용하여 결정된 준설선 위치의 오차는 각각의 측정값의 표준오차를 평균하여 사용할 수 있다.

$$\delta A \approx d_{A-P} \times \sin(\delta\alpha) \quad (1)$$

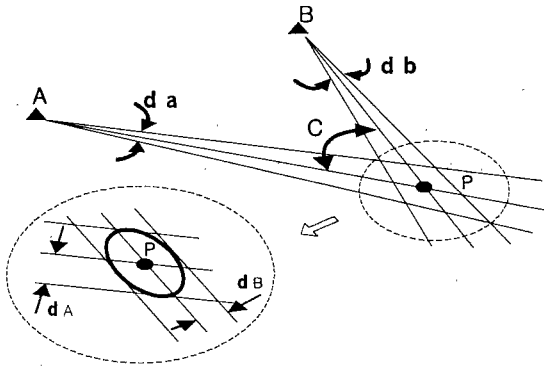


Fig. 2 Position error of sextant

$$\delta B \approx d_{B-P} \times \sin(\delta\beta) \tag{2}$$

$$\sigma_{AVG} \approx \frac{\delta A + \delta B}{2} \tag{3}$$

여기서 $d_A - P$ 와 $d_B - P$ 는 각각 준설훈과 육상 물표와의 거리, σ_{AVG} 는 결정위치의 표준오차이다. 위치 오차의 RMS는 다음 식과 같이 정의된다.

$$RMS = \frac{1.414 \times \sigma_{AVG}}{\sin C} = 1.414 \times \sigma_{AVG} \times \text{cosec } C \tag{4}$$

예를 들어 표준오차가 $\pm 5'$ 인 육분의를 사용하여 준설훈에서 중앙물표의 거리가 1.2Km이고, 중앙물표와 교각이 $26^\circ 35'$ 인 두 물표를 측정했다면 결정된 위치의 오차는 RMS 6.7m이 된다.

육분의 협각에 의한 위치결정법은 정밀도와 신뢰성이 확보되었다고 하더라도 항만공사 표준시방서 상 유도거리가 600m 이내로 제한되어 있으므로, 대형항만의 항내 중앙수로, 연안수역 준설훈 및 육상 목표물의 시준이 불가능한 원양에서의 특수목적 준설훈 공사에는 적용하기 곤란하다. 이외에 전파측위기, 광파측위기, 트랜시트, 삼각분도기 등으로 측정된 협각에 의해 위치를 결정하는 방법에 대해서도 해상에서

의 측위를 결정하는 위치선의 교각이 $30 \sim 150$ 도로 제한되어 있으므로 작업장소에 따라 이용상 제한을 받을 수 있다.

(2) GPS에 의한 수평위치 결정과정에서의 오차
GPS는 미국방성(Department of Defence)주도로 1973년 군사적 목적으로 연구개발이 착수되어, 1995년 이후 지구상 전역에서 3차원 위치정보 획득을 위한 위성의 궤도정보와 시간정보를 제공하고 있다. GPS에 의한 위치결정서비스는 SPS(Standard Positioning Service)와 PPS(Precise Positioning Service)로 구분되며, 일반인은 SPS를 사용할 수 있고, PPS는 미군이나 미정부가 승인한 사람만이 이용할 수 있다.

GPS에 의한 측위시 위치정밀도의 규격은 Table 1과 같다. 일반적으로 2차원 수평면에서 GPS의 오차범위는 100m, 3차원에서의 오차범위는 156m 수준이어서 준설훈과 같은 정밀 위치가 요구되는 사용분야에서는 사용할 수 없다. 이와 같은 어려움 때문에 국내 업체중에서는 상당한 수가 단순한 항해 위치확인용의 보조수단으로 활용하고 있는 실정이다.

Table 1 General GPS precision criteria

	CEP	1DRMS	2DRMS
위치(PPS/SPS)			
horizontal	8/40m	10.5/50m	21/100m
vertical	9/47m	14/70m	28/140m
spherical	16/76m	18/86m	36/172m
속력(PPS)			
	0.07m/s	0.1m/sec	0.2m/sec
시간(PPS-SPS)			
GPS	17/95ns	26/140ns	52/280ns
UTC	68/115ns	100/170ns	200/340ns

해양수산부에서 추진하고 있는 DGPS체계는 주로 해양 안전분야에서 활용하기 위한 것으로 기준국과의 교신율은 200bps이지만, PRCs 정보를 송신하는 방식인 Transmitted message type이 9로서 송신

이 15~20sec 간격으로 발송된다. 그러나 Real-time code phase tracking 방식의 DGPS 체계에서는 기준국의 Processor에서 PRCs를 매 1~3sec 이내의 간격으로 발송하여야 한다. 이 보다 간격이 길어지면 S/A의 영향을 피할 수 없다. 따라서 해양수산부에서 설치 운영하고 있는 DGPS체계를 측량, 준설작업 등과 같은 고정밀의 위치 정확도가 요구되는 분야에 활용하기에는 미흡한 점이 없지 않다. 또한, 준설작업구역이 기준국과의 시준선 상에 있지 않으면, 오차가 증대하여 준설공사에서 사용할 만한 신뢰성을 보장받지 못하며, 대형구조물이 산재해 있는 대형항만 수역부근에서나 내륙수로, 저수지, 하천에서는 GPS의 Multi path오차를 제거하기 위해서는 자체의 기준국을 설치하여 LADGPS 체계를 구축하여야 준설공사와 같은 정밀도가 요구되는 목적으로 이용될 수 있다.

2.2 수심 결정

준설공사에서 수심측량은 공사시행 전에 계획수립, 공사설계, 시공법 선정 및 공사비 산출 및 공사 완료 후 최종검사에 필수적이다. 수심측량에는 Lead line, Echosounder 등이 주로 이용되고 있는데, 작업영역에서의 조위변화가 실시간으로 감안되지 못하여 관측 후 보정 작업을 수행하게 된다. 특히, 음향측심기는 간편하고 정확하지만 그 성능을 유지하기 위해서는 음파의 속도에 영향을 주는 해수의 온도와 염분농도에 대한 보정(Bar check)을 주기적으로 시행해야 한다. 또한 작업현장에서 실시간으로 측정할 수 없기 때문에 준설작업과정에서 수심정보가 고려되지 못하는 경우가 많아 준설면이 고르지 못하며, 준설선이 정리준설에 재투입될 가능성이 많아진다.

최고의 정밀도를 가진 장비를 이용하여 수심측정을 시행했다고 하더라도, 수심측정위치와 준설지점의 위치 차이가 작업과정에서 실시간으로 감안되지 않으면 작업진행 중에는 작업지점의 수심을 대략적으로 고려할 수밖에 없다.

2.3 일반 준설공법 상의 문제점

기존의 준설공법에서는 위치측정방법, 수심측정방법 및 이에 수반되는 문제 때문에 전체공정 상에 애로가 많다. 이를 정리하면 다음과 같다. (1) 준설선의 위치 정확도가 떨어지며, 사전 육상작업이 요구된다. (2) 준설선 위치 결정 및 위치 확인 과정에 많은 시간과 인력이 소요된다. (3) 준설선의 작업반경 내에서의 준설지점의 위치 파악이 불가능하다. (4) 준설 작업시 시계 제한 상태 등에서는 육상물표의 시준이 불가능하므로 작업이 중단된다. (5) 준설 작업 진행에 따라 준설선이 전진하면 위치결정 및 위치확인 과정이 반복되고, 많은 시간이 소요된다. (6) 준설선 위치 및 수심측정 성과를 해도상에 표기할 때 사용자의 숙련도, 해도 작성도법의 차이 등에 의해 플로팅 애로가 수반된다. (7) 시공 중 또는 시공 후 검사시 측정한 자료는 조위결정과정을 거쳐 보정되어야 한다. (8) 시공중 작업요원이 위치정보와 수심자료를 실시간으로 이용할 수 없다.

한편, USACE에서는 해상측량에서 측위작업과 요구되는 정밀도에 따라 Class1, Class2, Class3 세 가지 등급으로 구분하여 그 정도를 적용하고 있다. USACE의 규정에 의하면 준설작업에 관련한 모든 해상측량은 Class1에 포함되어 수평위치의 최대허용오차는 6m, 2DRMS이고, 높이의 최대허용오차는 ± 0.5ft로 가장 고정밀의 측량정도를 요구하고 있다.

3. 준설관리시스템의 상세

본 연구에서 개발한 준설관리시스템은 다음 준설선 위치 결정시스템, 준설지점 위치 결정시스템, 수심 결정시스템 및 통합관리시스템의 4개의 하부시스템으로 구성된다.

시스템의 구성 및 정보흐름을 나타내면 Fig. 3과 같다.

(1) 준설선 위치 결정시스템

준설선 위치 결정시스템은 LADGPS를 구축하여 가장 정확도가 높은 준설선의 위치를 주변여건 및 기상조건의 영향을 받지 않고 실시간으로 연속적으로 파악하여 전체 시스템에 제공하는 시스템이다.

준설공사 현장 부근의 정확한 위치를 알고있는 육상 설치된 기준국(GPS Receiver 1)에서는 GPS에 의한 위치를 결정하고 보정정보(PRCs, Pseudo-range corrections)를 계산하고 이를 Communication link (Modem)를 통해 측정국(GPS receiver 3)으로 송신한다. 이를 수신한 측정국에서는 측정국 자체에서 구한 준설선의 위치에 기준국으로부터 수신한 보정정보를 이용하여 GPS 오차를 보정한 정확한 준설선의 위치를 결정한다.

본 연구에서는 SA를 피하고 위치정확도를 높이기 위해 기준국과 측정국간의 Communication link의 PRCs 정보를 송수신하는 방식은 다음과 같이 설정하였다.

- 기준국 GPS PRCs 발신 : 10 times per sec
- 측정국 GPS PRCs 보정 : 1 time per sec

이 시스템에서는 육상에 설치된 기준국에 Novatel RT-2 DGPS와 준설선에 설치된 측정국에

Novatel RT-20 DGPS를 이용하였으며, 위치확률오차는 기선장의 길이에 따라 다소 차이는 있으나 최초 위치결정의 경우 수렴속도 67초 이내에 NovAtel RT-2의 위치정확도는 1 cm + 2 ppm, NovAtel RT-20의 위치정확도는 0.20 m CEP미만으로 유지되었다.

(2) 준설지점 위치 결정시스템

준설지점 위치 결정시스템은 국내외에 기존의 준설공법에서 고려되지 않았던 새로운 개념으로, 준설선 위치 결정시스템과 유사하게 준설지점의 위치를 LADGPS 시스템으로 결정하고, 준설선 위치, 크레인 선회각 및 준설선 방위 정보로 보정하여 정확한 준설지점의 위치를 결정하고 이를 전체 시스템에 제공하여 실시간으로 준설지점의 위치와 공사 진행과정을 파악하게 하는 시스템이다.

크레인 상단에 설치된 측정국(DGPS receiver 2)에서 위치를 측정하고, 육상 기준국(DGPS Receiver 1, 육상국)에서 송신한 PRCs를 보정하여 바켓 또는 쇄암봉이 수면하로 하강하는 정확한 위치 즉, 준설지점의 위치를 결정한다. 또한, 준설선 위치 결정시스템에 의해 준설선의 위치와 준설지점의 위치관계

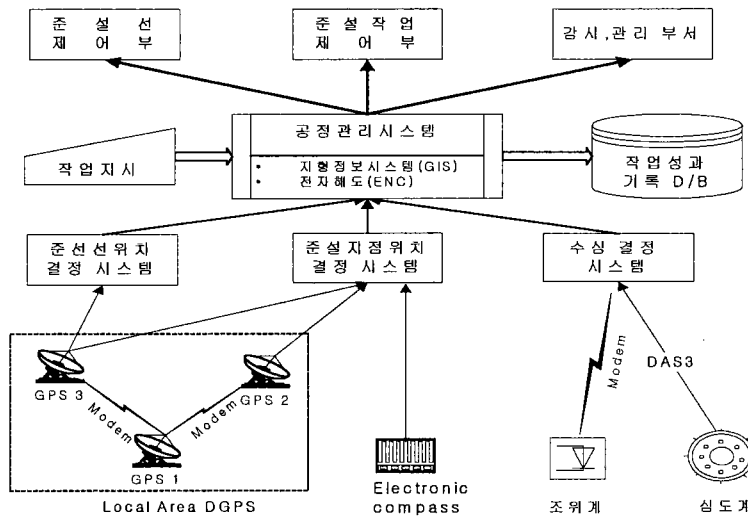


Fig. 3 Schematic diagram of present dredge process management system

로부터 크레인의 방위를 결정하고, 준설선에 설치된 GyroCompass(Yogokawa Denshikiki, CMZ500)로부터 측정된 준설선의 방위를 감안하여 크레인의 선 회각을 계산한다.

(3) 수심결정 시스템

수심 결정시스템은 바켓 또는 쇄암봉의 수면을 기점으로 승하강에 따라 현재 작업지점의 수심을 관측하여 전체 시스템에 제공하는 시스템으로, 이 시스템의 가장 큰 특징은 실제 작업지점의 수심을 즉시 측정할 수 있다는 것과, 작업영역의 조위변화를 작업해역에 설치된 조위계로부터 실시간으로 전송받아 보정한 정확한 수심을 측정한다는 것이다.

본 연구에서 사용한 수심측정방법은 기존의 Lead 나 Echosounder가 아니고 Fig. 4와 같은 작업선의 기계적 장치로부터 Pulse신호를 받아 수심으로 변환하는 것이다. 즉, 준설선의 바켓이나 쇄암봉을 조작하는 와이어 드럼 측면에 광센서(E3S-GS3E4, OMRON)를 장치하여 바켓 또는 쇄암봉의 승하강에 따라 회전하는 와이어 드럼 측부의 열린면과 닫힌면을 검출하여 Pulse 신호를 계수한다.

이 Pulse 신호를 PCM 과정을 거쳐 Nonlinear Encoding 한 후에, 이 계수에 가중치를 감안하면 바켓 또는 쇄암봉이 수면에서 해저면까지 도달한 길이를 산출할 수 있으며, 이를 이용하여 작업지점의 실시간 수심을 측정한다. 와이어 드럼의 원판 둘레는

3.9M이며 원판에는 39개의 원형 홀(지름 5CM)이 5CM의 간격으로 뚫려있어서 Pulse 신호의 통과여부를 결정하게 된다.

본 시스템에서 사용하고 있는 각도 검출기의 성능사양은 다음과 같다.

- Encoder Type : Rotary Absolute
- Pulses per Revolution : 1024
- Output Code : Gray Code
- Output Form : NPN OC

한편, 작업해역에 설치한 조위계로부터 조위값을 전송받아 준설지점의 수심을 실시간으로 결정하여 전체준설공정에 제공하는 것이다. 본 시스템에서 사용하고 있는 조위계(VTM710, Valeport)의 transducer 성능사양은 다음과 같다.

- Type : strain gauge
- Range : 0 to 10 metres nominal
- Accuracy : ±0.1% FS
- Resolution : 1mm

(4) 통합관리시스템

통합관리시스템은 하부 시스템들로부터 입력된 정보와 작업지내용을 포함한 사용자의 설정에 의한 모든 자료를 통합하고 가공하여 준설작업 전 과정에서 필요한 정보를 생성하여 준설작업에 관련된 모든 부서의 요원이 이를 모니터링 하면서 작업을 할 수 있게 한다. 이 시스템에 의해 생성된 모든 정보 즉, 작업순서, 측심자료, 작업지시사항, 작업영역, 심도단면, 크레인 선회각, 심도계, 준설선의 방위, 작업위치, 작업상태 등 시스템화된 정보들은 spud 조종실, crane 조종실 및 감시·관리부서로 분배되며 기록, 보관된다.

이 시스템에 의해 (1) 준설작업의 계획, 위치결정, 수심결정과정 및 작업자간의 의사소통과정에서 수반되는 오차 및 플로팅 오차를 소거할 수 있으며, (2) 수심측량에서 심도계에 의한 관측치로부터 실시간으로 조위를 보정하므로 정확성 및 작업효율을 높일 수 있으며, (3) 준설작업과정의 모든 정보를 보관,

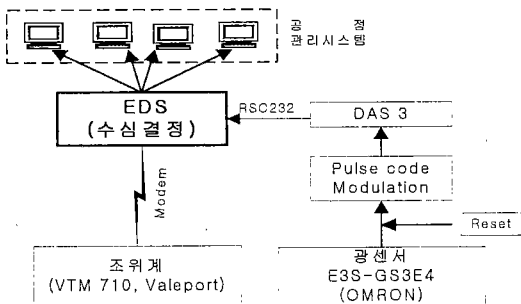


Fig. 4 Composition of depth determining system

관리하여 준설공사 완료 후 검사, 확인 과정의 신뢰성을 높일 수 있다.

Fig. 5는 통합관리시스템의 제어화면으로 사용자가 조정할 수 있는 메뉴, 장치표시, 작업상황영역으로 나누어 준설선의 현장배치와 함께 수심 및 작업영역을 표시한 것으로 장비의 상태나 선택한 기기와 부차적으로 크레인 선회계, 심도계 및 자이로컴퍼스의 지시기 등을 나타내고 있다. 또한, 바켓작업이나 쇄암작업이 이루어지는 상태 및 준설 심도가 실시간으로 표시되므로 미굴착이나 과다굴착을 방지할 수 있으며, 작업결과를 확인하면서 공정을 진행할 수 있다.

본 연구에서 개발한 준설관리시스템에 의한 준설공사 시공과정은 Fig. 6과 같다. 작업계획이 사전에 이루어지고, 준설선의 위치 확인을 위한 육상 물표 설정과정이 필요 없으며, 준설선 이동에 따른 위치 확인 과정이 불필요하므로 전체 공정이 비교적 빠르게 진행된다. 또한, 작업진행과정이 모니터링되므로 중첩구간을 축소시킬 수 있으며, 장비운영 효율성이 높아 전체 작업효율성이 증가되고 공사단가를 줄일 수 있게 된다.

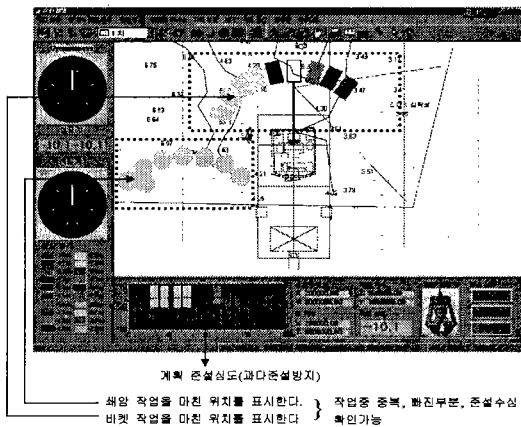


Fig. 5 Control display of integrated dredge management system

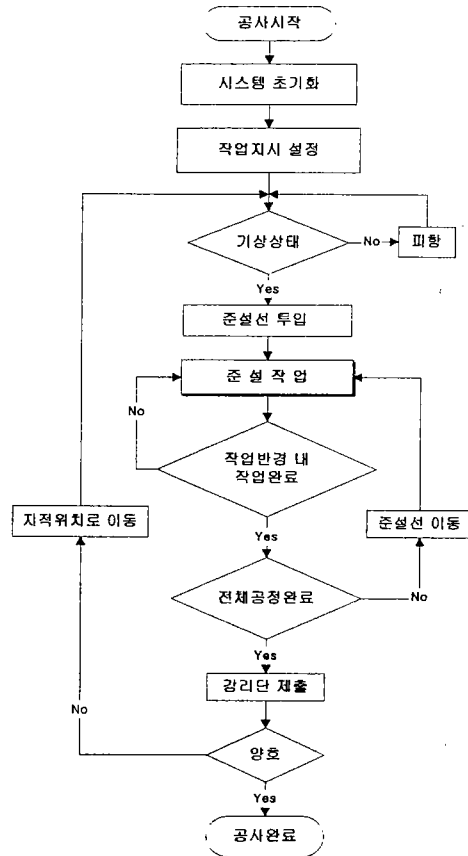


Fig. 6 Dredging work procedure by new dredge management system.

4. 시스템 개발 결과의 분석

구축된 준설선관리시스템은 (주)은진개발의 그라브준설선 “은진G-18호”에 설치하여 포항항 제8부두 박지 준설공사(1999.11.4~1999. 12. 15)에 투입하였다. 포항항 제8부두 박지 준설공사(암 파쇄후 준설)의 전체 준설 면적은 28,000m²(280m X 100m) 총 준설량은 13,000m³, 계획수심은 12m이다. Fig. 7은 이 시스템을 준설선의 주 제어실에 탑재한 상태를 나타낸다. 구축한 이 시스템은 초기화에 의해 모든 장비의 기본 설정이 마무리되고, 운용에 필요한 모든 장비는 기존의 장비를 그대로 활용할 수 있으므로 작

업자들이 시스템을 운용하기가 용이하다.

일반적으로 준설작업의 정확성은 여러 가지 인자에 의해 결정되며, 동일한 조건에 대해 상대비교가 곤란하다. 또한 작업성과를 나타낼 수 있는 수심측량 기록지 또는 도면은 발주처에 제출되고 시공 회사에는 보관되지 않는 것이 일반적 관행이다. Fig. 8 과 Fig. 9는 각각 포항항 박지 준설지역에서 준설 전·후에 측량에 의한 수심기록지이다.

음향측심의를 이용하여 준설공사완료후 준설지역 내 163개 지점의 수심을 측정된 결과 최대수심 12.49m, 최소수심12.04m로 양호하게 나타났다.

크레인 선회각과 바켓 면적(5m X 2m)을 고려하면 1블록 당 13회의 바켓 작업이 이루어지는 5개의 필드로 구분되며, 1회 바켓 작업시 4m 전진하므로 매 필드당 71개의 블록이 형성된다.

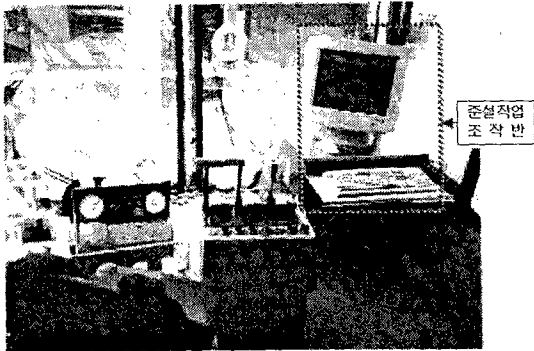


Fig. 7 Control unit of dredge process management system

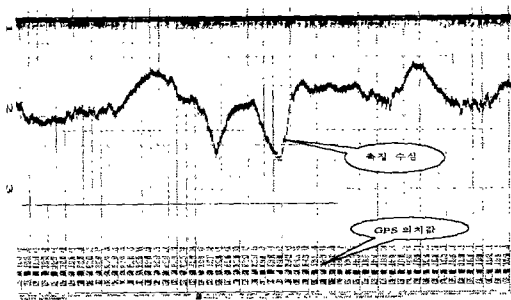


Fig. 8 Example of depth survey before dredging work.

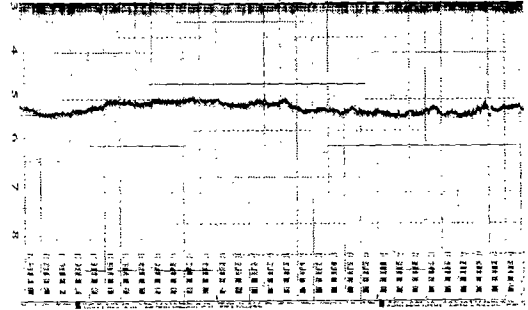


Fig. 9 Example of depth survey after application of new dredge management system

Table 2 Comparison of working time for each dredging work

구 분		기존 공법	DMS 공법	차이
기준좌표 설정	TM좌표설정	125분	-	⊖95분
	기지국설정	-	30분	
준설선 유도		20분	10분	⊖10분
Anchor 설치		30분	30분	0
1회 바켓 작업 (수심 12m 기준)		2.6분	2.6분	⊖2.5분
블록당 수심확인		2.5분	0	
블록전진		8분	3분	⊖5분

준설선이 매 필드로 진입할 때 준설선 유도가 필요하고, 매 필드당 100m정도의 간격으로 3회의 Anchoring 작업이 요구된다. 기존공법에서는 블록당 바켓작업 13회 이외에 준설지점의 위치가 정확히 파악되지 않고 수심정보를 실시간으로 이용할 수 없어 평균 2회의 추가 바켓 작업이 필요하였지만, 신기술에서는 평균 0.5회만 이루어졌다.

총 순공사소요시간이 기존공법에서는 322시간 55.5분이며, 준설선관리시스템 적용시에는 250시간 57분으로 총 순공사시간이 약72시간(22%) 단축되었다. 시간단축의 가장 큰 요인은 기준좌표설정, 준설선유도, 바켓작업 등 준설선 및 준설지점의 수평위

치와 관련되어 많이 단축되었다. 또한 355회의 블록 작업 진행과정에서 수심측량과정 887.5분(2.5분/블록)이 생략되었기 때문이다.

육상물표설정과정이 불필요하므로 육상측량대 설치 및 제거비용, 측량인건비에서 공사규모 및 공사 현장여건에 따라 다소 차이는 있지만 공사원가를 절감할 수 있는 것으로 나타났다.

정부표준품셈에 의한 그라브준설선의 시간당 작업량은 $Q = 3600 \times q \times K \times f \times E / Cm$ 으로 계산된다. 이때 작업효율 “ $E =$ 현장작업능률계수 \times 실작업시간률”이다. 준설선관리시스템의 적용으로 준설위치 정확도에서 8~10%, 준설수심정확도에서 8~10%, 중첩구간축소에서 4~6%의 효과가 있어 전체 작업 효율 $E=0.53$ 에서 $E=0.53 \times 1.2 = 0.636$ 으로 증가된다. 따라서 정부표준품셈에 의한 그라브준설선 (버킷 용량 12.5m³)의 암반/보통질의 시간당 준설작업량은 $Q=42.18m^3/HR$ 에서 $Q=50.14m^3/HR$ 로 증가하고, 표준 일위 대가표(1999.1 기준)에 의해 단가기준은 17,130 원/m³에서 14,276 원/m³으로 약 16.6% 감소하였다.

또한 좌표설정요원과 수심측정요원도 불필요하여 준설공사에 필요한 최소작업인원이 7명에서 3명으로 줄어들어 인건비를 절감할 수 있다.

5. 결 론

본 논문은 LADGPS에 의한 준설선과 준설작업지점의 위치결정, 조위계 및 광센서를 응용하여 기계식으로 준설지점의 수심을 실시간으로 결정하고, 통합적인 공정관리를 할 수 있는 준설관리시스템 개발에 관한 연구이다. 이 시스템을 준설공사 현장에 투입하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 이 시스템은 기존 방식과는 달리 준설선의 위치를 실시간으로 연속적으로 관측 가능하여 초기 준설선의 준설작업 투입, 작업위치 이동, 휴지 후 재투입시 위치 측정에 소요되는 시간소모가 없으며, 위치관측요원에 따른 개인차가 없다. 또한 다른 위

치결정방법에 비해 위치 보정을 위한 시간이 소요되지 않는다.

(2) 준설지점의 정확한 위치파악이 가능하며 준설 작업진행이 실시간 준설지점정보에 의해 이루어지므로 작업의 효율성과 정확성이 뛰어나 준설작업공기가 짧아지고 준설단면이 고르게 형성되어 준설복표에 부합된다.

(3) 작업해역의 조위 데이터가 실시간으로 보정되며, 수심측정위치가 실제의 바켓 위치이므로 준설선과 바켓간의 거리차에 의한 오차가 발생하지 않으며, 바켓이 해저면에 도달되는 즉시 지점의 수심이 확인되므로 자연수심이 계획수심 이하인 곳은 준설작업을 생략할 수 있다.

(4) 통합관리시스템의 구축으로 준설선 내의 모든 작업참가 요원이 전 작업과정을 동시에 파악할 수 있어서, 준설선 조종자 및 준설 작업자간의 의사소통과정에서 발생할 수 있는 오류를 배제할 수 있다.

이 시스템의 이용으로 공사의 계획, 시공관리, 시공결과와 검사에서 정확성과 신뢰성을 높일 수 있으며, 시공결과와 확인 보관 및 관리가 편리하고 시공결과를 언제라도 정확하게 분석 평가할 수 있다. 세계적 준설시공 기술 발전에 대해 보다 객관적인 비교우위를 확보하기 위해서는 준설선 관리시스템을 구성하는 하부시스템 개개의 성능 및 효율성을 개량하고, 시스템 설치 원가를 절감하기 위한 연구분야에 지속적인 투자의 의지나 지원이 필요하다고 본다.

참고문헌

- 1) 대한측량협회(1999), 측량, 제48호, pp.52-61.
- 2) 은진개발(주)(1999), 은진 G-18호 Grab 준설선 소개서.
- 3) 포항시(1998), 영일만 오염해역 준설사업 기본 및 실시설계용역보고서.
- 4) 해양수산부(1996), 항만공사 표준시방서.

- | | |
|--|---|
| <p>5) John B. Herbich(1992), Hand book of Dredging Engineering, McGraw-Hill Inc.</p> <p>6) Novatel, GPSCard Command Descriptions Manual, 1995.</p> <p>7) Per Bruun (1990), Port Engineering, Fourth Edition, Vol.2, Gulf Publishing Company, Texas.</p> <p>8) US Coast Guard(1999), Broadcast Site</p> | <p>Selection Guide for Nationwide Differential Global Positioning System, Version 1.0.</p> <p>9) US Army corps of engineers(1994), Engineering and Design Hydrographic Surveying.</p> <p>10) US Army corps of engineers(1998), Project Operations Hydrographic Surveying.</p> |
|--|---|