

RTK-GPS 측량에 의한 해상파일 시공관리에 관한 연구

A Study on Marine Pile Construction Management by Real-Time Kinematic GPS Positioning

강길선¹⁾

Kang, Gil Seon

Abstract

Automatic control technologies for the marine pile driving provides accurate and rapid intruding into the planned positions of the pile with planned slope and direction, so that the construction maintenance and management are more efficient and the quality of the construction is more promising. Therefore, in this study, the application scheme of RTK GPS to the automatic control of the pile driving presented. It is expected that the presented scheme using the precise RTK GPS technique assures the efficient and economic 3D positioning accuracy for the precise marine construction management like the precise foundation of marine structures made of piles and the dredging work. It is found that the suggested scheme decrease 60% of the construction error compared with specifications reference because marine position accuracy is measured within 4cm in real time. In addition, the automatic position control system using GPS reduced the construction period and cost compared with existing methods about 30% and 35%, respectively.

Keywords : RTK-GPS, Marine Pile, Construction Management

요 지

해상파일 항타 공사를 위한 자동제어 기술은 해상에서 파일을 설계 도서상의 위치 좌표에 신속하고 정확하게 시방기준의 기울기와 방위로 항타 관입하여 시공품질 달성 및 시공 유지관리의 편리함을 제공할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 해상 파일 항타를 위한 위치 자동제어에 RTK GPS 측량기법으로 정밀시공을 요구하는 파일을 이용한 해상구조물에 적용하여 해상준설공사, 파일 시설물 등의 해상 정밀시공관리 분야에 적용할 수 있는 3차원 위치정확도를 결정함으로써 해상시공관리를 위한 보다 경제성 있는 RTK GPS 측량의 활용 방향을 제시하고자 하였다. 실시간 측정 정확도가 4cm 이내로 해상위치를 측정할 수 있으므로 시방기준에 비해 시공오차를 60% 감소시킬 수 있었고, GPS에 의한 해상 자동 위치제어 기술을 적용한 결과 해상공사 기간을 기존 공법 대비 30%를 단축하고, 해상공사 비용을 35% 절감할 수 있었다.

핵심용어 : 실시간 GPS, 해상파일, 시공관리

1. 서 론

해상공사 분야에서 시공관리를 위한 공정에서는 시공계획보다 실제 시공이 현저하게 지연되는 사례가 발생하므로 해상 공정을 개선하는 것이 전체 항만공사의 공기단축 및 원가절감을 실현할 수 있는 방법이다. 해상공사는 작업 특성상 기상조건에 크게 영향을 받고, 항타선의 유희시간 증가로 작업 효율이 저하되며, 작업 가능일수가 축소되

어 공기지연의 원인이 된다.

해상에서 고정밀도로 파일을 항타하기 위한 기존의 측량 방법에서는 원거리 파일 자체의 무게와 파일 항타 방법에 따른 직접 시준이 불가능하여 해상측량대를 설치하여 사용하였다. 측량대의 설치에는 항타선의 무게 중심의 이동으로 허용경사각과 경사계 설치가 필수적이다. 그러나, 측량대 설치 및 제거에 허용변위가 시방기준을 초과하는 사례가 발생하며, 간접측량에 의한 시준오차, 강한 조류시 측량대

1) 정회원 · 경기대학교 대학원 토목공학과 박사과정(E-mail:kgsunny@knhc.co.kr)

에 허용변위 이상의 변위가 발생하여 해상작업 중단 및 정확도 감소 등에 따라 공사지연 등의 문제가 발생한다.

따라서 본 연구에서는 GPS 안테나를 구조물 양단에 설치하고 크레인 조종실의 모니터를 통하여 구조물 이동 상태를 육안으로 확인하면서 구조물의 설치 위치로 크레인을 조작, 신속하고 정확하게 구조물을 설치할 수 있는 시스템을 이용하였으며, 해상파일 시공관리 분야에 RTK GPS 기법을 적용하여 3차원 위치정확도를 향상시키고자 하는 것이 목적이다.

GPS 측위는 절대좌표와 상대좌표의 해석, 위성정보 해석, 변위량 보정, 측지측량, 해상측량, 차량, 항공, 우주, 군사분야 등의 다양한 면에서 이용된다(Lachapelle, 1995). 정확한 위치를 알고 있는 별도의 통신망을 통해 기지국에서 구한 오차 보정량을 사용자에게 전달하여 정확한 위치를 구하는 DGPS기법이 개발되었다(Kalafus 등, 1983; Beser 등, 1982; Loomis 등, 1989). 이러한 DGPS 기법은 미터 이하 정확도나 센티미터 정확도는 실시간 작업을 요하는 분야인 건설 분야 측량, 준설, 해양측량과 지진측량, 그리고 항공기 이착륙 등에서 요구된다(RTCM, 1994).

한편 높은 정확도를 얻을 수 있는 반송파 위상을 이용한 위치결정에 대한 연구가 측지분야를 중심으로 시작되어 1985년에 동적 GPS 측량기법을 개발하였다(Romondi, 1985). Seeber와 Wübbena는 반송파 위상을 사용하여 "On the Way" 기법으로 미지정수를 결정하는 동적측위 기법을 발표하였고, 이것은 현재의 이동 중 초기화(OTF ; On-the-Fly)기법으로 발전하였다(Seeber, 1989). 이것을 실시간 동적 GPS(Real-Time Kinematic GPS)라고 한다.

수신기가 이동 중에 미지정수 결정은 동적측량에 적용성이 높고 다양한 분야에 응용이 가능하다. 항공기나 이동체의 실시간 자세와 방향 결정, 관성 항법시스템의 비행 중 초기화, 우주선의 자세 조정, 해상 지진장비의 정확한 위치 결정 등에 활용이 가능하며(Hatch, 1990), 해저층 점들의 정확한 위치 결정, 위성 고도계 검사, 해파와 조류, 조수 측정, 준설 작업과 같은 고 정밀도의 해상 표면위치 결정에서도 중요한 역할을 한다(Young 등, 1987).

따라서 본 연구에서는 해상 파일 항타를 위한 위치 자동 제어에 RTK GPS 측량기법으로 정밀시공을 요구하는 해상구조물에 적용하여 해상준설공사, 잔교식 부두, 파일 시설물 등의 해상 정밀시공관리 분야에 적용할 수 있는 3차원 위치정확도를 향상시키고자 하였다. 또한 해상시공관리를 위한 보다 경제성 있는 RTK GPS 측량의 활용 방향을 제시하고자 수행한 실험을 바탕으로 3차원 위치정확도를 검증하여 실시간 동적 측량의 활용 가능성을 제시하였다.

2. RTK-GPS 측위 원리

상대측위법은 미지점의 위치를 기지점에 관련하여 결정하는 방법이다. 즉 두 측점간의 위치벡터변위, 즉 기선을 결정하는데 그 목적이 있다. 차분법에 의한 상대측위법에서는 먼저 단순 차분법, 2중 차분법, 3중 차분법에 따른 관측방정식을 구성한 후 최소제곱법과 같은 방법으로 기선해석을 한다. RTK 측위 방법은 이동국이 움직일 동안 이동국 위치가 현장에서 결정되어야 하는 경우로 RTK 시스템의 기본구성 요소는 그림 1과 같다.

기지국은 위치가 고정되어 있으며 의사거리 관측값과 반송파 위상을 결정한다. 기지국 수신기는 이 관측값의 형식을 자료연결 장치를 통해 이동국으로 전송한다. 이동국에 있는 휴대용 GPS는 반송파 위상과 의사거리를 기지국과 동일시간에 추적한다. 이동국에서는 기지국에서 자료연결 장치를 통해 얻은 동일시간 반송파 위상과 의사거리 관측값을 사용해서 위치를 계산한다. 적절한 처리절차와 자료가 충분한 경우에 이동국 위치는 기지국 좌표에 대해서 수 센티미터 정확도로 계산될 수 있다.

자료연결 장치는 RTK 시스템에 필수적인 성분이다. RTK측위는 기지국 자료의 규칙적 전송과 이동국에서의 규칙적인 수신을 필요로 한다. 현장에서 이용되는 자료연결 장치의 사양에는 라디오 모뎀, 휴대폰, FM-부반송파, 위성연결 장치가 있다. 자료연결 장치는 작업계획의 운용 조건과 조합되도록 선택되어야 한다.

RTK 자료연결 장치의 사용은 비용, 자료연결 거리와 피

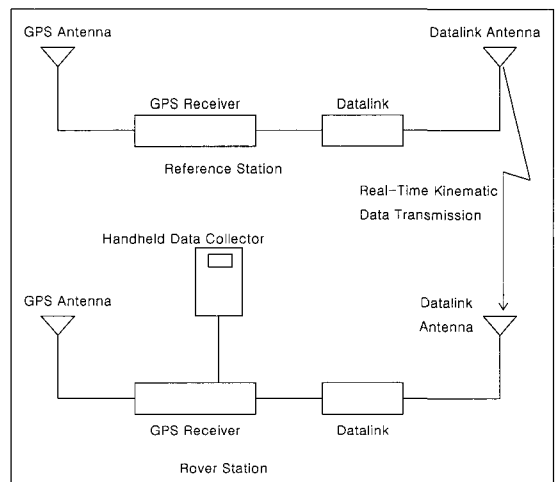


그림 1. RTK 시스템의 구조

복범위, 전송밴드 대역 및 지연성, 오차검증과 보정, 인허가와 같은 변수 하에서 이루어 질 수 있다. 비용은 일반적으로 상업적인 응용을 위한 하나의 핵심적 변수이다. FM-부반송파는 위성연결 장치를 제공하고 휴대폰 망은 시간 중심 비용을 제시한다.

자료연결 거리는 이동국이 기지국으로부터 영향을 줄 수 있는 지연 가능 거리를 가리킨다. 장비제조업자들은 일반적으로 자료연결 장치가 아닌 처리 알고리즘과 GPS 장비를 중심으로 한 RTK 시스템 거리에 대한 상한을 제시하고 있으나, RTK 시스템의 수행에 적합한 자료연결 장치가 이상적이다.

이동국에 의해 수행된 위치계산은 기지국으로부터 얻은 시각일치 패킷이 이동국으로부터 얻은 시간일치 관측값과 짝을 맞추어야 하며, 이것은 SA를 제거함으로써 위치 정확도를 최대화하였다. 실시간 항법에서, 사용자는 과거에 자기가 어디에 있었는지 보다는 현재 그들이 어디에 있는지를 알아야 한다. 작업 처리량이나 자료연결의 전송 밴드 폭이 직접 이동국 위치의 잡재에 영향을 준다.

모뎀은 오차 탐색과 보정 알고리즘을 가지고 있다. 일방향 기지국-이동국 전송체제에서 자료연결 장치는 오차 탐색이 가능하고 기지국 패킷에 대한 오차보정이 어디에서나 가능하다. 일방향 전송만 주어질 때, 이동국의 패킷은 성공적으로 수신되었음을 인식하는 어떤 방식이 없다. 무선 중심 자료연결 장치는 shadowing과 신호 상실을 가져온다.

동적측위에서는 OTF 초기화를 통해 미지정수를 해결하고 이 반송파 미지정수를 이용해 측량작업의 신속성과 생산성

을 높일 수 있다. 이동 중 초기화기법은 후처리와 실시간 동적측위에 모두 응용할 수 있는 것으로 초기화에 필요한 시간은 조건에 따라 0.5s에서 최대 10min 정도가 소요된다. 이동 중 초기화기법도 일반적인 검색기법에 기초하고 있으며, 초기좌표 결정에 따른 평균 표준편차의 일정한 곱으로 형성되는 정육각면체의 검색범위를 결정하는 것으로 정육면체의 한 축점에 대한 위치가 정의되면 미지정수는 계산된다.

따라서 초기좌표가 정확할수록 미지정수의 검색범위가 줄어들게 되며, 검색 알고리즘은 더욱 더 빨라지게 된다. 초기좌표는 P-code나 C/A-code를 이용한 이중차분 의사거리로부터 유도되며, 코드와 반송파의 선형조합도 검색범위를 줄이는데 많은 도움을 주게 된다. 두 번째 단계는 3개로 구성된 각각의 예비 미지정수군의 각각에 대해 관측시점 대한 이동수신기의 지심거리를 계산한다.

3. 실험결과 및 분석

3.1 실험개요

해상 항타 측량은 육상측량과 같이 고정된 지점을 측량하는 것이 아니고 연속해서 움직이는 지점을 측량하게 되므로 종래의 트랜싯과 같은 각 측량기를 사용할 때는 그 오차 정도가 대단히 많을 뿐만 아니라 측량작업대를 설치해야 하고, 양방향 관측을 하므로 시간과 경비가 많이 소요되었다.

또한 광파기를 이용한 측량 방법이 많이 사용되었으나 장비의 특성상 안개, 바람, 비, 눈, 일조시간, 조수 간만의 차이

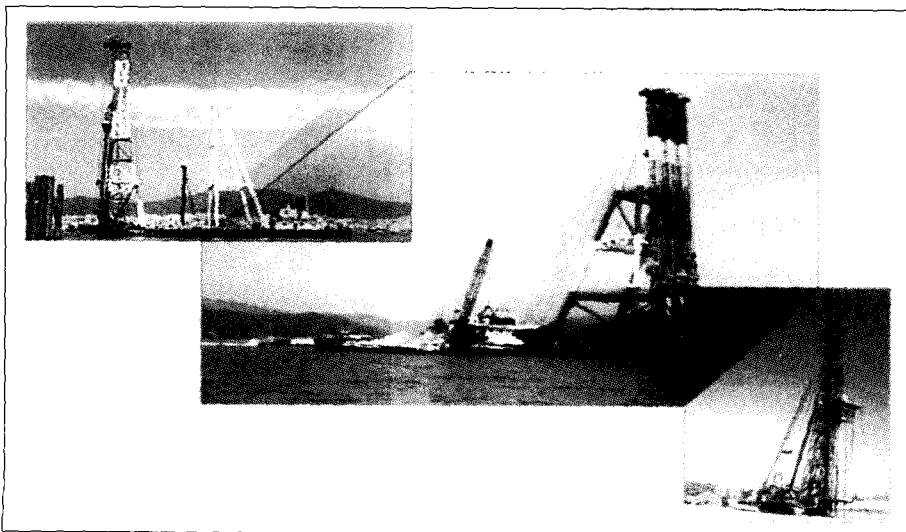


그림 2. GPS 해상 항타

등으로 인한 측량 장애로 해상 측량에 많은 제약을 받고 장거리 측량이 어려워 작업 효율이 그다지 높지 않았다.

그러나 최근 GPS 측량 기술의 발전을 통하여 기상조건과 측정거리에 제한 없이 고정밀도의 측량이 가능하게 되었으므로 이를 그림 2와 같이 해상 항타 측량에 적용하여 고품질 시공 및 최대 정밀시공, 원가절감, 항타장비의 효율을 최대로 하는 것이 본 연구의 목적이다.

해상 항타 측량의 최종 목표는 시공할 파일(직항, 사항)의 두부점에 대한 3차원 좌표이며, 항타 측량 시스템은 항타선의 Leader 부분을 정확하게 목표점에 일치시키는 최신의 측량 방법으로 GPS를 이용한 해상 항타 공정은 그림 3과 같다.

최종 항타한 파일의 위치정확도의 분석은 설계좌표에 대하여 T/S측량한 결과와 RTK-GPS를 적용한 결과를 비교 고찰하였다.

T/S장비는 Leica사의 TC 1100을 사용하였으며, 장비의 최소독취단위는 1"이며, 측정 정확도는 3"이다. 측정거리리는 2.3km/1소자이며, 거리측정 정확도는 2mm±2ppm이다.

GPS 장비는 2주파수 12채널 Thales Navigation사의 Scorpio 6502SK를 사용하였다. RTK 측정 가능 범위는

40km이며, 실시간 처리시 측정정확도는 2~3cm이다.

3.2 해상측량 작업시 고려해야 할 사항

국내 연근해 수역, 특히 서해안 지역은 조위차가 심한 지역으로 시공시 단시간에 항타 위치를 결정해야 하나, 기존 공법으로는 항타선을 조위에 따라 적절히 유도하지 못하여 시공오차가 발생하고, 시공 품질이 저하되는 경향이 있다.

해상에서 파일을 항타하기 위해서는 고정밀도의 위치 측량이 필요하지만 기존의 해상측량 방법에서는 원거리에서 위치한 파일을 직접 시준할 수 없으므로 그림 4와 같이 해상측량대 설치가 필수적이다.

그러나, 측량대 설치 및 제거에 많은 비용이 추가되어 원가상승과 현장인력이 증가되는 문제 외에도 간접측량에 의한 시준오차가 발생하고, 강한 조류가 발생할 때 그림 5와 같이 측량대에 허용변위 이상의 변위가 발생하여 해상

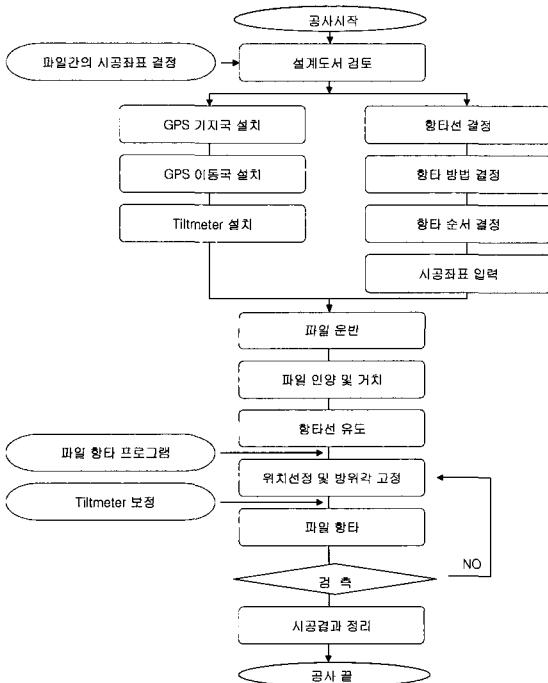


그림 3. GPS를 이용한 해상 항타 공정

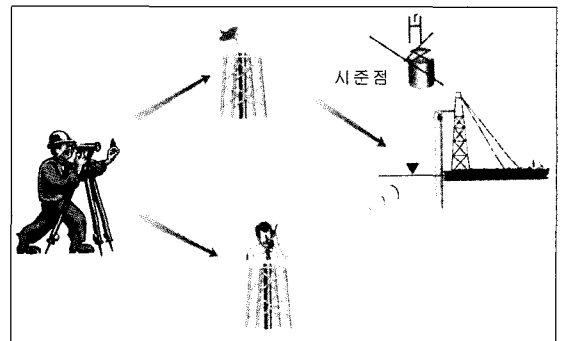


그림 4. 해상측량대의 설치

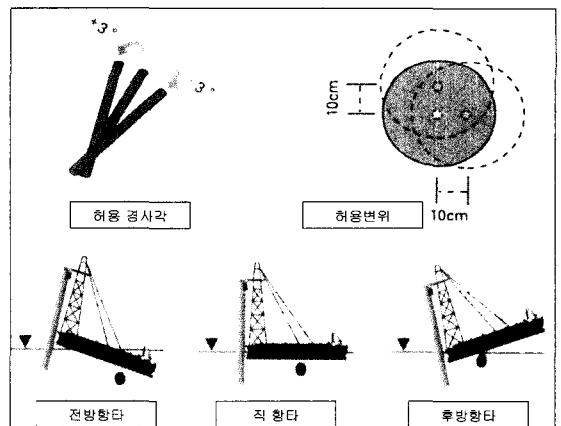


그림 5. 항타 방법에 따른 허용경사각과 허용변위

작업 중단 및 정확도 저하가 발생하였다. 또한, 파일의 외측을 시준함으로 인하여 설계좌표와 근본적인 차이가 발생하였으며, 측량 결과를 간접 전달함에 따라 공사 지연 등의 문제점이 발생하였다.

그리고 해상파일 항타시 파일 항장이 수십 미터에 다다른 파일 자체의 무게와 파일 항타 방법에 따른 항타선의 무게중심 이동으로 허용경사각과 허용변위가 시준기준을 초과하는 사례가 발생한다.

3.3 현장적용

실시간 동적 GPS 측량 방법에 의한 항타 실험은 ○○건설에서 시공을 수행한 ○○지역 부두공사에 적용하였으며, 실험 대상지역에 파일을 항타하기 위하여 그림 6과 같은 순서에 의하여 GPS 항타 프로그램을 실행하였다.

3.3.1 GPS 및 PC 설치

육상의 기지점에 기지국 1대와 해상 항타선에 이동국 안테나 2대(그림 7)와 수신기(그림 8)를 설치한다.



그림 7. 항타선의 이동국 안테나의 설치

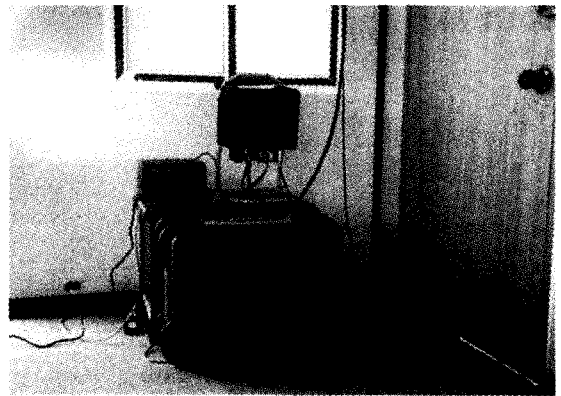


그림 8. 항타선 내의 이동국의 수신기

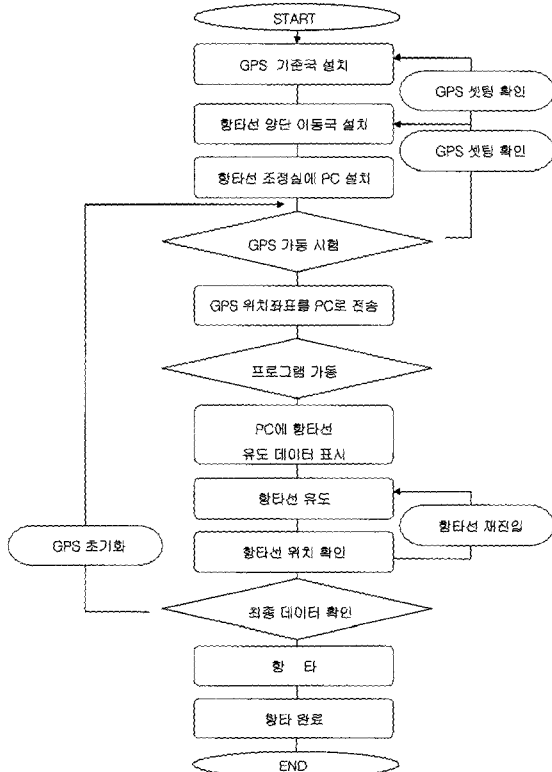


그림 6. GPS 항타 프로그램의 실행 순서

육상 기지점에서는 UHF를 통하여 이동국으로 전송하고, 이동국은 수신된 데이터와 송신되는 보정데이터를 계산하여 PC로 전송한다.

3.3.2 GPS 항타 측량 데이터 입력

항타할 파일의 설계좌표를 입력하고, 항타선의 크기와 리더와의 거리를 입력하여야 한다. 모든 데이터 입력은 파일 편집 프로그램을 이용하여 입력할 수 있다.

여기에서 숫자들의 의미는 순서대로 파일의 고유 측정 번호, 파일의 Y, X 좌표, 파일의 두부 레벨, 파일의 항타 각도, 사향의 각도, 항타의 시공여부를 의미한다.

전용 항타선의 제원이 그림 9와 같을 때 항타선의 크기와 리더와의 거리는 표 1과 같이 입력한다.

이와 같이 설계좌표를 입력할 경우 GPS 장비가 계산하는 진북방향과 현재 현장에서 사용하고 있는 진북 방향과는 약간의 차이가 발생한다. 이러한 오차는 실제로 현장에

서 사용하는 기준점 2~3개를 이용하여 GPS 측량을 수행한 다음 오차를 계산하여 보정한다.

위에서 언급한 바와 같이 항타선의 셋팅 파일은 최종적으로 그림 10과 같이 입력된다.

여기에서 9.0은 중심에서 우측거리, 30은 선두에서 GPS까지의 거리, 2.2는 우측 GPS의 현지와와의 높이차를 의미하고, Tilting boat의 제원은 항타선의 리더 위치를 셋팅한

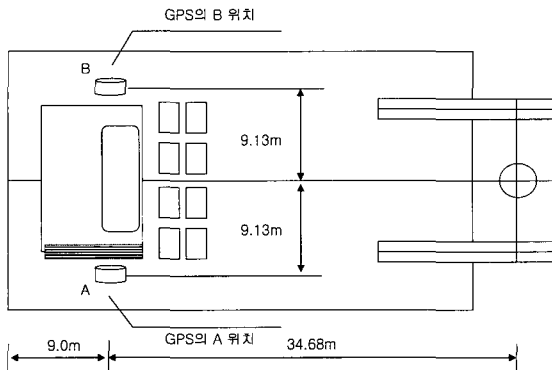


그림 9. 전용 항타선의 평면도

표 1. 항타선의 데이터 입력

'DOWN PILE(전방향타)	9.13 : 중심에서 우측거리
9.13,34.68,2.2	34.68 : 선두에서 GPS까지 거리
9.13,34.68,2.2	2.2 : 우측 GPS의 현지와와의 높이차
34.68,9.0	9.0 : 중심에서 좌측거리
'UP PILE(후방향타)	
9.13,34.68,2.2	
9.13,34.68,2.2	
34.68,9.0	

```

DOW PILE
9.0,30,2.2
9.0,30,2.2
30,10
UP PILE
9.0,30,2.2
9.0,30,2.2
30,10
tilting boat
4,0,4,20
-4,0,-4,20
'down pile
9.413,35.647,3.3
9.428,35.647,3.3
35.747,10.1
'UP PIPE
9.413,35.647,4.27
9.428,35.647,4.27
35.747,10.1
    
```

그림 10. 항타선의 셋팅 파일

값이다.

마지막으로 경사계에서 제어하는 파일의 입력이다. 처음 프로그램을 실행하고, 항타선을 셋팅할 경우 어느 한 지점의 기준 경사각을 설정해 주는 옵션으로서 프로그램을 실행하면 경사계에서 기준이 되는 경사각을 입력해서 자동으로 파일이 생성된다.

3.3.3 항타 프로그램 운용

해상 항타 프로그램을 실행시킨 초기화면의 모습은 그림 11과 같고, 앞에서와 같은 순서와 방법으로 초기 설계값들을 입력한 다음 항타 작업을 시작한다.

위 프로그램에서 지형설정 메뉴에서 항타파일 열기를 선택하여 사용자가 입력한 파일 데이터를 선택한 후, 화면 하단의 항타 측정 번호를 클릭 후 입력하면 항타할 위치가 화면 상에 표시된다.



그림 11. 항타 프로그램 초기 화면

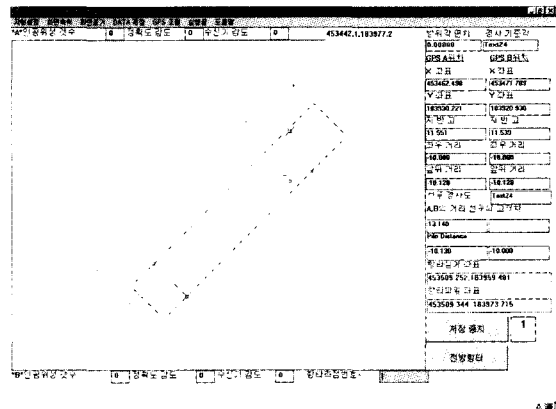


그림 12. 항타 파일을 입력하여 항타선 설정

표 2. 실시간 GPS 관측값의 데이터 저장 형식

,KAY=202338.765,KAX=444811.612,KAZ=080.944,SVS=07 LQ= 0 KQC= 3
 ,KAY=202338.743,KAX=444811.633,KAZ=080.919,SVS=07 LQ= 0 KQC= 3
 ,KAY=202338.715,KAX=444811.641,KAZ=080.899,SVS=07 LQ= 0 KQC= 3
 ,KAY=202338.738,KAX=444811.641,KAZ=080.858,SVS=07 LQ= 0 KQC= 3
 ,KAY=202338.723,KAX=444811.660,KAZ=080.870,SVS=07 LQ= 0 KQC= 3
 ,KAY=202338.724,KAX=444811.657,KAZ=080.863,SVS=07 LQ= 0 KQC= 3
 ,KAY=202338.695,KAX=444811.698,KAZ=080.915,SVS=07 LQ= 0 KQC= 3
 ,KAY=202338.711,KAX=444811.666,KAZ=080.837,SVS=07 LQ= 0 KQC= 3
 ,KAY=202338.692,KAX=444811.704,KAZ=080.867,SVS=07 LQ= 0 KQC= 3
 ,KAY=202338.692,KAX=444811.716,KAZ=080.869,SVS=07 LQ= 0 KQC= 3

그림 12와 같이 항타선의 현 위치는 실선으로 나타나고, 항타선이 셋팅되어야 할 위치는 점선으로 나타난다. 화면 오른쪽에 나타나는 수치들을 보면서 항타선을 정위치로 유도하여 파일 항타 작업을 실시하면 된다.

이와 같이 실시간으로 항타 작업을 수행하면 GPS 관측값들은 1초 간격으로 표 2와 같은 형식으로 데이터가 저장된다.

4. 비교고찰

위와 같은 실험 결과를 바탕으로 기존에 사용하던 Total

station을 이용한 재래식 공법과의 장·단점 및 특징을 비교하면 표 3과 같다.

4.1 정확도 분석

해상 파일 공사를 위한 GPS 자동 위치제어 기술을 활용하여 현장에서 해상 파일을 총 400본을 시공하여 완료한 다음, 시방기준과 비교하여 오차를 분석하였다. 전체 파일에 대하여 적용하기에는 어려움이 있어 Breasting Dolphin과 Mooring Dolphin 9기에 대하여 적용하였다. 각 파일에 대한 설계좌표와 T/S좌표를 분석한 결과 X좌표는 5.6cm, Y좌표는 6cm의 평균오차가 발생하였으며,

표 3. GPS 항타와 Total Station의 비교

구분	GPS 항타	Total Station
측정방식	위성의 전파를 수신하여 현 위치 좌표 자동 측정	적외선 광선을 이용, 상대편의 반사경을 시준하여 각, 거리를 관측한 다음, 좌표 측정
측정인원	1명	2명
측정거리	기상조건에 관계없음 40Km	최고의 조건 하 4Km
기상조건	24시간	안개, 우천, 야간 측정 불가능
정확도	± 1~2cm	기종에 따라 2mm+2ppm~5mm+3ppm
측정시간	매 1초 자동 측정	직접 시준에 의한 수동 (통상 10초 이상)
항타선 측정방법	두개의 측점을 매 1초 간격으로 측정하여 파일 항타 위치를 자동 측정	각각의 측점을 별개 시준하여 측정
항타선 위치유도	선상에 설치된 컴퓨터 화면에 항타선의 위치 및 이동거리 등이 수치상으로 자동표시되므로 직접 육안 확인하면서 자동유도	육상부에서 항타선을 측정한 후 이동량을 계산하여 무선기로 전달하는 수동유도 방식
작업일수 (인천기준)	월평균장에일수 : 3일 실 작업일수 25-3(약천후)=22일	월평균장에일수 : 11.7일 실 작업일수 25-11.7=13.3일

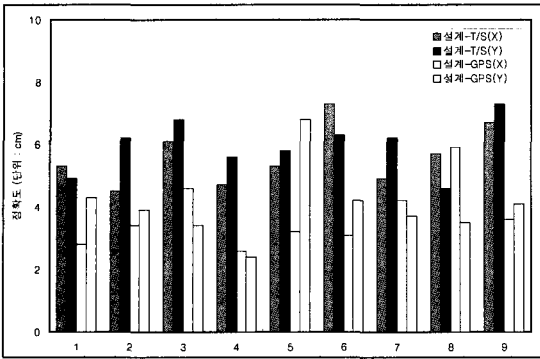


그림 13. 시공방법에 따른 정확도 비교

표 4. 해상파일 종류별 항타 정확도

구분	해상파일 항타 분류				계
	Breasting Dolphin	Working Platform	Mooring Dolphin	Trestle Pier	
파일 수	78	64	78	180	400
평균오차 (cm)	3.8	3.4	3.7	4.7	3.90

설계좌표와 GPS 좌표를 분석한 결과 X좌표는 3.7cm, Y좌표는 4cm의 평균오차가 발생하였다(그림 13). 최종 시공 결과에 대하여 설계좌표와 GPS좌표에 대한 평균오차를 분석한 결과는 표 4와 같다.

4.2 공기단축 및 원가절감

해상 파일 항타 공사를 위한 위치 자동제어 기술을 활용

표 5. 공사기간 비교

구분	내용	GPS 항타	기존방법	비고
항타공	Anchor 설치	40분/본	60분/본	
	항타선유도	30분/본	60분/본	
	파일설치	30분/본	30분/본	
	파일항타	60분/본	60분/본	
	소계	160분/본	210분/본	
소요공기	파일항타	2.7시/본	3.5시/본	소요공기 = 순공기×30/25
	일일 작업량	3.0본/일	2.3본/일	
	순공기	133일	174일	
	소요공기	160일	209일	
지연일수	농무일수	48일		실험지역 기준
	지연일수		28일	GPS는 영향 없음
총공기		160일	237일	공기단축 77일

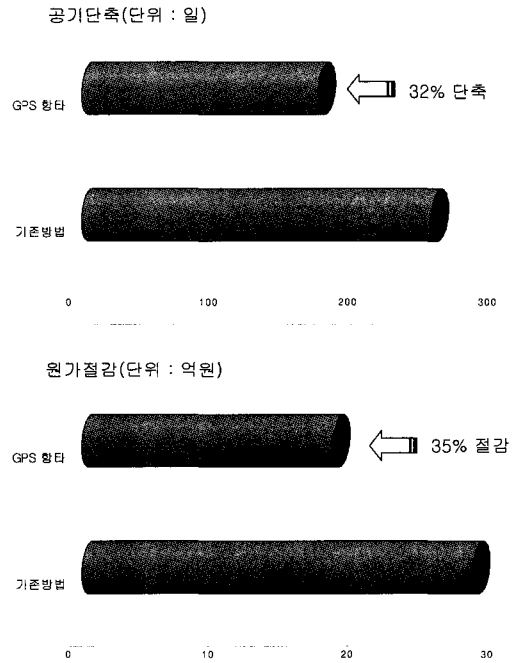


그림 14. 공기단축 및 원가절감 효과

하여 현장의 해상 파일 총 400본을 시공한 결과 표 5와 같은 결과를 얻었다. 그 결과 그림 14와 같이 해상공사 기간을 기존공법 대비 32%를 단축하고, 해상공사 비용을 35% 절감하여 뛰어난 공기단축 및 획기적인 원가절감 효과를 달성하였다.

5. 결론

해상파일 항타 공사를 위한 GPS 위치제어 기술을 적용하여 시공 파일의 정확한 3차원 위치 데이터를 수집하고, 항타 프로그램을 이용하여 경사계 자료를 통합하여 항타선을 고정밀도로 유도하여 항타한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

GPS에 의한 3차원 위치제어는 기존의 방법보다 측량인원을 최소화 할 수 있었으며, 항타선을 자동으로 목표지점까지 신속, 정확하게 유도할 수 있었으며, 설계좌표에 대하여 실시간 위치측정 정확도를 4cm 이내로 결정할 수 있어 시공오차를 최소화 할 수 있었다. 또한, RTK-GPS에 의한 해상파일 위치제어는 해상공사 기간을 기존 공법 대비 30%를 단축하고, 해상공사 비용을 35% 절감할 수 있었다.

참고문헌

- 박운용, 신상철, 이홍규 (2000), GPS에 의한 동적 자세결정에 관한 연구, 대한토목학회 논문집, 제 20권, 제 2-D호, pp. 191-199.
- 심정민, 윤희식 (1998), 실시간 GPS를 이용한 현장 성토다짐 관리 시스템 개발, 한국측지학회지, 제 16권, 제 2호, pp. 271-280.
- 이창경, 김창우 (2000), GPS 측량에 의한 해안구조물의 정적변위 측정에 관한 연구, 한국측량학회지, 제 18권, 제 4호, pp. 387-394.
- 최병길, 김영곤, 정진우 (2000), GPS의 OTF 측위기법에 의한 교량의 거동 측정에 관한 연구, 한국측량학회지, 제 18권, 제 3호, pp. 271-278.
- Beser, J. and B. W. Parkinson. (1982), *The Application of NAVSTAR Differential GPS in the Civilian Community*, NAVIGATION : Journal of the Institute of Navigation, Vol. 29, No. 2, pp. 107-136.
- Hatch, R. (v), *Instantaneous Ambiguity Resolution*, Proceedings of International Association of Geodesy Symposia No. 107, Kinematic Systems in Geodesy, Surveying, and Remote Sensing, Banff, Canada, Sep. 10-13, pp. 299-308.
- Kalafus, R. M., J. Vilcans N. Knable. (1983), *Differential Operation of NAVSTAR GPS*, NAVIGATION : Journal of the Institute of Navigation, Vol. 30, No. 3, pp. 187-204.
- Lachapelle, G. (1995), *GPS Theory and Applications, Lecture Notes for ENGO 625*, Department of Geomatics Engineering, The University of Calgary.
- Loomis, P., G. Kremer and J. Ryenolds. (1989), *Correction Algorithms for Differential GPS Reference Stations*, NAVIGATION : Journal of The Institute of Navigation, Vol. 36, No. 2, pp. 179-194.
- Remondi, B, W (1985), *Performing Centimeter Accuracy Relative Surveys in Seconds Using GPS Carrier Phase*, Proceeding of the First International Symposium on Precise Positioning with Global Positioning System, Vol. II, pp. 789-798.
- RTCM (1994), *Recommended Standards for Differential NAVSTAR GPS Service (Version 2.1)*, RTCM SC-104, Washington, D. C.
- Seeber, G., and Wubbena, G. (1989), *Kinematic Positioning with Carrier Phase and "On the Way" Ambiguity Solution*, Proceeding of the Fifth International Symposium on Precise Positioning with Global Positioning System, Vol. II, pp. 600-609.
- Young, L. E., S. C. Wu, and T. H. Dixon (1987), *Decimeter GPS Positioning for Surface Element of Sea Floor Geodesy System*, Proceedings of International Symposium on Marine Positioning INSMAP '86, pp. 223-232, .

(접수일 2003. 12. 5, 심사일 2003. 12. 11, 심사완료일 2003. 12. 26)