

## GPS측량을 이용한 연륙교 가설공사에 관한 연구 On the Bridge Construction in Marine by GPS

오창수<sup>1)</sup> · 최광희<sup>2)</sup> · 임학량<sup>3)</sup> · 조형식<sup>4)</sup>

Chang-Soo Oh · Kwang-Hee Choi · Yang-Young Bo · Hak-Ryang Lim

<sup>1)</sup> 광주대학교 공대 토목환경공학부 교수(E-mail: csoh@gwangju.ac.kr)

<sup>2)</sup> 금호건설(주) 토목부 부장 공학석사(E-mail: khchoi2@kumhoenc.co.kr)

<sup>3)</sup> 금호건설(주) 토목부 과장/ 광주대학교 산업대학원 토목공학과 석사과정(E-mail: hrlim@kumhoenc.co.kr)

<sup>3)</sup> 조선대학교 대학원 토목공학과 석사과정(E-mail: fl5daum@hanmail.net)

### ABSTRACT

This study is given that on the bridge construction in marine by GPS, specially, choice of station for footing construction of marine bridge. You can get positive datum in the checking of marine excavation, if you use together Total Station and GPS. In the result of comparison of upper surveying methods, Surveying datum is gotten error of less than 30mm(The depth of water 10~15mm, station 7~10mm). This study show that hereafter if you use GPS in bridge construction in marine you can get accurately datum.

## 1. 서론

데오도라이트(theodolite) 및 전자파측량(EDM : Electromagnetic Distance Measuring) 장비를 활용하여 기준점측량을 실시하고 평판(平板)과 알리데이드(alidade)를 이용하여 세부측량을 실시하였던 종래 측량에서 최근에는 범세계위치측정시스템(GPS : Global Positioning System)을 이용한 측량방식은 기존의 측량과는 획기적으로 다른 것으로 점간 거리 및 시통상 제한을 받지 않고 관측시간과 기상조건에 관계없이 24시간 관측이 가능하며 기존의 2차원 좌표체계에서 3차원 좌표체계를 구현할 수 있는 최첨단 측량시스템이라 할 수 있다. 토목건설현장에서 기존의 데오도라이트, 지오디미터, 토탈스테이션 등을 활용한 일반적인 측량을 시행하고 있으나 해상공사에서는 기준점의 선정이 난해하므로 보다 우수한 품질과 정밀시공을 추구하기 위하여 GPS의 활용을 시도하게 되었다.

본 연구는 전라남도 신안군 지도읍에 위치한 지도~사옥간 연륙교 가설공사의 시공사례를 토대로 기존의 측량기기로 측량되었던 육상 및 해상공사에서의 토공량 및 좌표 산정에 대한 방법 등을 GPS의 적용으로 육안식별이 곤란한 해상공사에서의 수중 토공량산정 방법과 연륙교공사에서 우물통거치 및 현장타설을 위한 위치선정의 우수함과 GPS측량의 실용화 방안을 제시하는데 그 목적을 두고 있다.

## 2. GPS 적용대상 및 적용범위

### 2.1 연구대상 선정

본 연구에는 전라남도 신안군 지도읍 지도~사옥간 연륙교 공사를 그 대상으로 선정하였다.

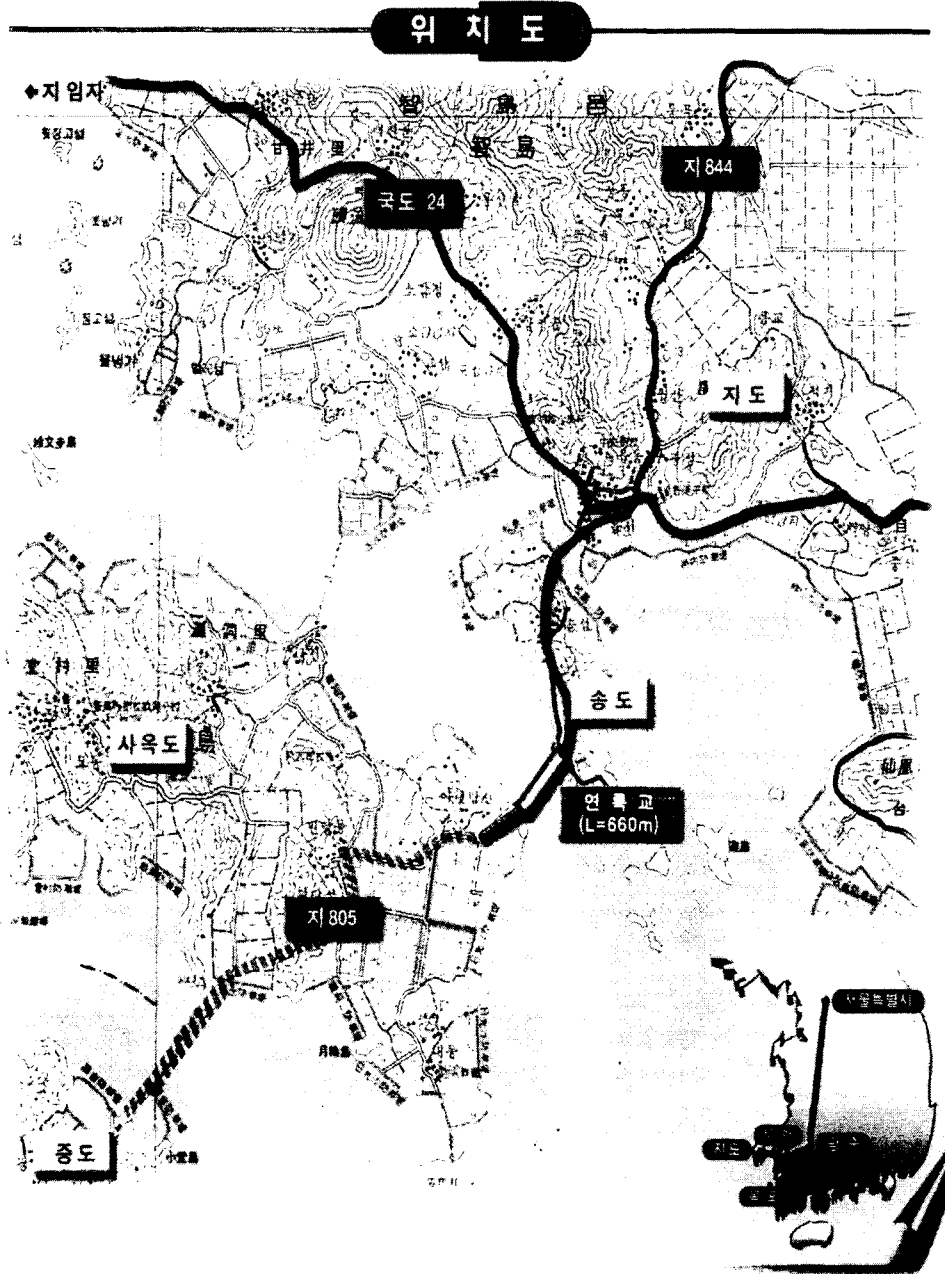
GPS의 기본을 토대로 total station과 GPS 위성을 이용한 측량법을 혼용하여 실제 건설현장에 적용함으로써 기존 측량기기만을 사용했을 때와 data를 분석하고, 비교 검토하여 GPS측량 시의 정밀도를 재확인하는 형식을 취하였다.

본 연구에서는 해상공사에서 흔히 이루어지는 수심측정에 있어 GPS의 활용을 시도하였으며 특히 육안식별이 안되는 수중터파기 공정에 있어서의 GPS의 활용은 향후 해상공사 등 정밀한 측량을 요구하는 건설현장에서 많이 활

용될 수 있을 것으로 사료된다. 이는 일반적인 측량에서 기대할 수 없는 효과 및 공사원가의 절감에도 영향을 미칠 것으로 판단되어 검토하였다.

## 2.2 대상지역 관찰

기존 측량법과 GPS 측량법에 대한 측량의 방법론과 장단점 분석을 위해 기초자료의 취합은 기존의 측량법 및 관측값에 의한 수집으로 이루어 졌다.



< 그림 1 > 연구대상지역

### 2.2.1 대상지의 조석 관측

조사해역은 전남 신안군 지도읍 지도리에서 지도읍 사옥리 까지의 송도부근 해역으로 교량 가설 예정의 해상구간이다. 조사해역의 조위면 결정을 위해 검조표척을 설치하고 기준측정을 실시하였으며 자기기록의 0점을 일정하게 유지하였다. 또한 검조표척의 영점은 수준측량에 의해 검조위 부근에 설치한 기본 수준점표(T.B.M)와의 높이차를

얻을 수 있었다.

## 2.2.2 대상지의 조류관측

### 1) 조류의 특성

(1) 지도-사육간 해역(SC-1) ; 창조류는 간조 전 1.1시경에 북북서류하기 시작하여 간조 후 1.5시경에 평균대조기 최강유속이 58cm/sec(저층)~80cm/sec(표층)에 달하였으며, 낙조류는 만조 전 2.1시경에 남남동류하기 시작하여 만조 후 0.6시경에 평균대조기 최강유속이 57cm/sec(저층)~69cm/sec(표층)에 달한다.

(2) 지도-사육간 해역(SC-2) ; 창조류는 간조전 1.0시경에 서북서류하기 시작하여 간조 후 2.5시경에 평균대조기 최강유속이 112cm/sec(저층)~121cm/sec(표층)에 달하며, 낙조류는 만조 전 1.3시경에 남서류 하기 시작하여 만조 후 0.9시경에 평균대조기 최강유속이 56cm /sec(저층)~70cm/sec(표층)에 달한다.

2) 조류의 주기성 - 당 해역의 조류는 형태 수 = 0.06~0.14를 갖는 반일주조형으로서 1일에 2회의 창조류와 2회의 낙조류가 일어난다.

3) 조류의 수직분포 - 유속의 세기는 표층에서 저층으로 갈수록 점차 감소하는데 본 해역의 표층에 대한 중층 및 저층의 유속비는 0.91 및 0.82를 나타내고 있다.

## 2.2.3 수심 관측

1) 측심방법 - 본 측량해역에서 수심측량은 천해용 정밀음향측심기에 의하여 실시하였으며, 주측심은 10m pitch 로 연장하여 약 10km를 측심예정선에 따라 항주하면서 실시하였다.

2) 음측기록경정 - 측심기록의 음속결정은 매 작업일 Bar-Check에 의해 수온과 염분에 대한 보정을 실시하였다. 본 조사기간 중 Bar-Check를 실시한 결과 수심이 1.0% 정도 깊게 기록되어 이에 대한 수심치에 -1.0%를 보정하였다.

3) 조위경정 - 측심치의 조위경정은 읍내리 해안선 부근에 육상 침이 표시한 가BM-2 (LMSL상 4.842m)에서 기준면을 유도한 조위관측기록에 의거하여 평균해면의 수심으로 결정하여 수심도를 작성하였다. 같은 지점에 LMSL 상 3.725m이므로 그 차이를 1.117m로 LMSL로 환산하여 사용할 때 1.117m를 가산하여 사용하여야 한다.

4) 측심위치측정 - 측심선의 위치(측점)결정은 전자위치측정기(trisponder system)에 의하여 실시하였다. 즉, 육상의 두 기준점에 부국(remote station)을 설치하고 탐사선에 주국을 설치하여 항주하면서 약 30초 간격으로 두 부국과 주국간의 거리를 측정하여 매 측점마다 평면직각좌표를 계산하여 축척 1:2,000의 항적원도상에 전개하였다.

< 표 1 > 측량 성과표

구분	X 좌표	Y좌표	측량성과 결과	비 고
CP3	171980.3220	127414.8650	기준점	기존성과
CP4	171643.8859	127396.1805	GPS 성과	트래버스측량성과
CP7	171386.8950	126907.4100	GPS 성과	기존성과
CP9	172405.0424	127299.8696	total station	트래버스측량성과
TP1	172573.9893	127218.5694	total station	신설
TP2	172911.2518	127110.5860	total station	신설
TP3	173078.0020	127158.4431	GPS 성과	신설
TP4	173300.8140	127294.3845	GPS 성과	신설

5) 수심도 작성 - 음향측심기록지에서 독취된 측심치는 Bar-check에 의한 음속경청과 가 B.M.으로부터 유도한 조위관측기록에 의거 평균해면(측지기준)하의 심도를 조석경청을 실시하여 경청측점치를 얻어 1/1,200 측심 원도를 작도하고 1m 간격의 등심선과 10m 방안의 수심치를 발취하여 최종 수심도를 1도엽 작성하였다.

6) 수심분포(해저지형) - 측심자료에 의한 수심분포를 요약하면 다음과 같다.

지도-사육간 수심분포는 지도해안선에서 약 70m 까지는 간사지로서 수심 0~ 0.4m이다 또 사육도 방향으로 가면 서 점차 수심이 깊어져 X = 171600, Y = 127050 지점부근의 수심은 16.5m로 매우 깊다. 또 수심 16.0m의 해저지형은 매우 평탄하고, 약 100m 정도로 넓게 분포하고 있으며, 사육도 해안선 부근과 지도 해안선 부근 수심 0~15m 까지는 경사가 매우 급하다.

## 2.3 사용장비 제원 및 오차비교

### 2.3.1 사용장비 제원

본 연구를 위하여 사용된 장비는 기준점측량을 위한 SERCEL SCORPIO 6002 1식, GEODIMETER 520 1식이 사용되었으며 해상측량을 위한 SERCEL SCORPIO 6002 1식, 해상거치를 위해 Total Station(Leica TC 1700, Constructor)이 사용되었다. 내업용 컴퓨터 3대가 활용되었으며, 우물통 구체의 해상운반을 위한 해상크레인(삼성호 : 3,000 ton)이 사용되었다.

### 2.3.2 오차 비교

본 연구는 기존의 측량법과 GPS를 활용하였을 때의 비교분석에 그 목적이 있으며, 과업의 수행은 지도~사육간 연륙교공사 중 우물통거치를 위한 해상 터파기 공중의 수행에 있어 수심 check 시의 오차와 우물통의 해상운반 거치에 있어서의 정위치(설계기준) 안착을 기준으로 한 오차를 비교분석 하였다

#### 1) 측량성과

횡원통투영법에 의하여 경위도좌표로 환산하여 GPS측량을 실시하였으며 중부원점으로 N38도, E127도를 기준으로 평면투영하여 성과를 작성하였다. 과업구간의 당초 매설된 CP3, CP4, CP7, CP9를 확인 측량하였으며 시공구간 내 시통이 원활하고 견고한 지반에 신설기준점 4개를 매설하였다. 기준점측량은 GPS를 이용하여 삼각점(426.425)을 기준으로 매회 1시간(기준 15분)이상 관측하였다.

GPS 측량결과 CP 4와 CP 7번을 기준으로 측량하였으며, total station으로 트래버스측량을 실시하여 CP 3번과 CP 7번을 기준으로 망을 조정하였다.

<표 2> 우물통 거치 측량 성과표(P2)

우물통 측량 성과표( P2 )					
측점	X	Y	ELE	반지름(R)	△D
0	171747.787	127202.604	.	7.700m	0.000m
1	171742.736	127208.442	.	7.720m	+0.020m
2	171740.237	127202.854	.	7.554m	-0.146m
3	171742.161	127197.519	.	7.583m	-0.117m
4	171747.390	127195.072	.	7.542m	-0.158m
5	171752.875	127196.900	.	7.644m	-0.056m
6	171755.557	127202.515	.	7.771m	+0.071m
7	171753.699	127207.799	.	7.871m	+0.171m
8	171747.265	127210.408	.	7.822m	+0.122m
성 과	사육도 방향 : 0.140m			후진 방향 : 0.038m	

2) 수심측량

지도~ 사육간 현장의 수심 check는 본 연구의 수행을 위해 Geodimeter를 활용한 기존의 방법과 GPS를 이용한 두 가지 방법으로 시행되었다. 각각의 방법은 우물통 형식의 철골형틀을 제작하여 거치 후 측량하는 방식과 전 구간 GPS를 활용한 항적도를 작성하여 각각의 좌표에 해당하는 수심도를 작성하는 형식으로 이루어 졌다. 상기 방법을 병행으로 시행함으로써 두 값의 차이를 비교 분석할 수 있었다. 장기간의 측정이 요구되며 수중터파기 굴착의 진행현황에 따른 수시 측량이 요구되는바 총 측정기간은 10개월간으로 하였으며 수중터파기 완료 시 현장조사를 완료하였다.

< 표 3 > 측량성과 오차비교표

(단위: mm)

구분	설 계 기 준		Total Station		TS와 GPS 병용	
	수심	정위치	수심	정위치	수심	정위치
W2	30	300	15	145	12	140
W3	30	300	18	115	15	100
W4	30	300	16	150	15	145
W5	30	300	18	178	17	175

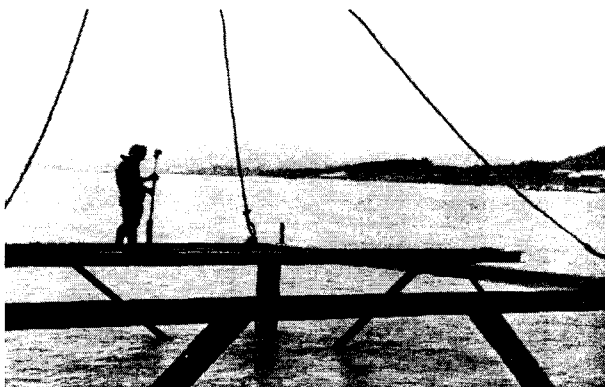
3) 우물통 거치 측량

현장 내 CP점 5개소에 정밀삼각측량을 실시한 결과 폐합오차  $\pm 0.017m$  이내로 허용오차 범위 내에 있음을 확인하였으며, 가거치 측량과 중심선 확인 및 정거치 확인측량으로 나누어 실시하였다. 신속한 data의 계산을 위해 현장에서 바로 우물통 방위각 및 거리를 계산하고 산출된 거리에 의해 도, 분, 초별 거리표를 작성하였다.

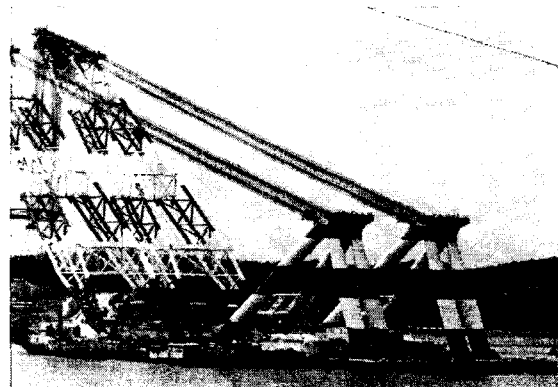
가거치 측량은 실시간 측량을 위해 측량팀을 3개 팀으로 분리하여 A팀과 B팀은 바지선 트레인 유도 및 우물통 가거치를 담당하고, C팀은 중심선 확인, A/B팀 지휘, 정밀좌표측정, data를 분석하여 최종 이동량 산출을 담당하였다. 우물통 운반용 트레인인 삼성호가 우물통을 인양하여 목표지점으로 다가오면 약 100m 지점부터 측량을 실시해 방향과 거리를 유도하였다.

거리 산출방법은 조정이 완료된 후 시점을 보고 정확히 기계를 setting 한 다음 내업으로 얻은 해당 우물통 방위각을 찾아 정확히 시준한 후 그 상태에서 HAZ=0°0'0"로 전환한 다음 다가오는 우물통 면까지 각을 읽어 거리표에 의해 거리를 산출하여 삼성호에게 방향을 제시하였다. 이 과정을 반복해 우물통 거치 오차가 20cm 이내로 들어오면 A/B팀은 중지하고 C팀이 일관측량을 실시하였다.

정거치 측량은 상기 20cm 이내로 가거치 완료 후 C팀 주관하에 실시되는 것으로 중심선 확인 및 정밀좌표측정을 실시하는 것을 의미한다. 먼저 기울기에 의한 오차를 막기 위해 ELE로부터 측정해 우물통의 평탄성을 확보하고, XY의 오차량을 측정해 삼성호는 GPS로, 측량팀은 컴퓨터에 의한 PRO로 오차량을 산출해 상호 일치 여부를 확인한 후 오차 범위 내 있으면 거치를 하였다. 삼성호가 모든 하중을 풀어 외부의 영향이 전혀 없으면 다시 우물통을 45°각도로 8등분하여 최종 정밀좌표측정으로 최종 오차량을 산출하였다.



<그림 2> 수심측량 전경



<그림 3> 장거치측량 및 GPS에 의한 정위치 안착

### 3. 결론

본 연구에서는 해상공사인 연륙교 시공에서 우물통거치와 현장타설을 위한 위치선정에 GPS측량의 적용에 관한 연구로 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 연륙교공사의 수중터파기 확인작업에서 total station과 GPS측량을 병용하면 오차의 감소 및 해상의 철골제작에 따른 불편함을 줄일 수 있었다.
2. 해상공사에서 total station과 GPS 측량을 병용한 결과 수심측량에서 10~15mm, 우물통 거치에서 7~10cm의 오차로 허용오차범위 이내였다.
3. 향후 장대교량 등의 연륙교 시공에 측량기기의 첨단화 및 컴퓨터시스템의 발달과 더불어 GPS측량을 병용함으로써 보다 정확한 정보(data)를 효율적으로 구할 수 있음을 시사해 주었다.

### 참고문헌

1. 유복모, 『지형공간 정보론』 (서울 : 동명사, 2002), pp.113-121
2. 조규진, 『측량정보공학』 (서울 : 양서각, 2003), pp.377-420
3. 오창수, 『일반측량 및 GPS측량』 (광주 : 광주대학교출판부, 2003), pp.469-510
4. 정영동 외 5인, 『측량 전산프로그램』 (서울 : 구미서관, 2000), pp.370-380
5. 한국측량협회, 『한국의 측량·지도』 (서울 : 한국측량협회, 1993), pp.181-200
6. 국토정보원, "수치지도 작성작업 규칙" (경기 : 국토정보원, 1995), pp.57-98
7. 국가지리정보체계구축 추진위원회, "국가지리정보체계구축기본계획" (서울 : 국토정보원, 1995), pp.23-36
8. 오창수, "실용측지점의 활용을 위한 GPS측량" (한국측량학회지, 2002), pp.33-38