

지반정보시스템 정밀도 향상을 위한 GPS 기술의 국내 적용 사례 연구 The Application of GPS (Global Positioning System) Technology into Geotechnical Information System with better Accuracy

김정한¹⁾, Jeong-Han Kim, 황덕호¹⁾, Duck-Ho Hwang, 전해영¹⁾, Hae-Young Jun,
박성민¹⁾, Sung-Min Park, 기창돈¹⁾, Chang-Don Kee, 장윤섭²⁾, Yoon-Seop Chang,
윤서연²⁾, Seo-Youn Yoon, 박형동^{2)*}, Hyeong-Dong Park

¹⁾ 서울대학교 공과대학 기계항공공학부, Sch. of Mechanical and Aerospace Eng., Seoul Nat'l Univ.

²⁾ 서울대학교 공과대학 지구환경시스템공학부, Sch. of Civil, Urban and Geosystem Eng., Seoul Nat'l Univ.

SYNOPSIS : This paper reports the application of GPS (Global Positioning System) technique into the geotechnical information system. Typical example of such application can be the database of logging data. Other examples can be found from the surveying for road work, excavation work, landslide mapping and image processing of slope face. This paper also reports the enhancement method of the accuracy. The results from this study confirms that GPS could be a powerful tool for the future geotechnical investigation works in Korea.

Key words : GPS, Geotechnical Information System, DGPS, Image Processing

1. 서론

지반정보시스템에서는 기초자료로 쓰이는 시추위치의 정밀성이 요구되고 있다. 또한 지형을 정량적으로 파악하거나 산사태, 지반침하 등의 지반거동에 대해서도 보다 정밀한 정량적 자료가 필요하므로 GPS기술을 이용하는 외국의 연구가 점점 증가하고 있다. 본 연구는 국내 지반공학 분야에 적용하기 위한 기초연구로 제주도 도깨비 도로의 정밀측위, 사면활동 경계면의 정밀측위, 지반거동 분야에의 응용 사례를 서술하고 있다.

2. 국가차원의 지반정보시스템 운용과 시추위치 정확도 문제

시추정보는 그 특성상 두 번 다시 같은 위치에서 동일한 시료를 얻을 수 없다는 점에서 보존의 중요성이 대두되고 있다. 특히 선진 각국에서는 이미 시추정보의 중요성을 인식하여 국가차원에서 지반의 지질학적 및 공학적 특성을 종합화한 지반정보시스템 (외국에서는 주로 Geotechnical Information system으로 표기)을 운용하고 있다. 영국의 경우 국가차원의 정보센터를 구성하여 현재까지 60만개 이상의 시추정보, 3만개 이상의 지질전문가 개인 야외기록노트 (세부지질도 포함), 19000개의 외부기관 보

고서 외 엄청난 양의 유용한 정보를 갖추고 있다(The Geological Society, 1995). 실제 지반공사시 예비 지반조사에 이러한 정보가 유용하게 쓰이고 있다. 프랑스, 체코 등에서도 체계적인 훌륭한 정보시스템을 이미 구축하여 유용하게 활용하고 있다.

국내의 경우 몇 개 기관에서 기초연구와 데이터베이스 구축 작업을 이미 시작하고 있다(김정엽 외 2인, 1995; 김정엽 외 2인, 1996; Kim, J. Y. et al, 1996; Chon, H.T. et al, 1997a; Chon, H.T. et al, 1997b; Park, H.D. et al, 1998; Yu, M.W. et al, 1999; 한국도로공사, 1997). 국내의 경우 선진국 못지 않은 시추 자료들이 있으나 가장 큰 문제점으로 대두되고 있는 것은 시추지점에 대한 정확성 문제이다. 해안가에서 진행된 시추의 경우 주상도에 표기된 좌표가 바다에 위치하는 경우가 있을 정도로 오차가 심각한 편이다. 지반의 범위에 비교해 볼 때 약간의 위치상 오차는 허용될 수도 있으나 지반정보시스템을 이용하여 제3의 위치에서 암반물성 추정에 활용코자 한다면 가급적 시추위치를 정확히 기재할 필요가 있다.

국내의 향후 GPS 운용 계획에 따르면 선진국과 같은 FM방송을 통한 DGPS (Differential Global Positioning System)가 도입되므로(GPS 기술협의회, 1999), 국내 건설현장에서의 측량 작업시 정확도가 향상될 것으로 보인다. 따라서 GPS를 이용한 지반공학 분야에의 응용시 정밀도, 정확도 등을 향상시키기 위한 사례 연구가 필요하게 된다.

3. GPS를 이용한 암반사면 영상자료 처리

3.1 영상처리시스템과 위치좌표

본 사례는 채석장 절리조사에 GPS 측량을 적용한 경우이다. 주된 목적은 석회석 채석장을 대상으로 하여 광범위한 지역의 절리 분포 상태를 조사, 파악하는 것에 있다. 조사는 각 벤치마다 샘플링 지역들을 선정하고 각각에 대해서 사진촬영과 함께 직접 절리를 측정하였다. 사진촬영에 의하여 얻어진 영상은 그림 1과 같이 영상처리과정을 거쳐 절리 추출에 이용된다.

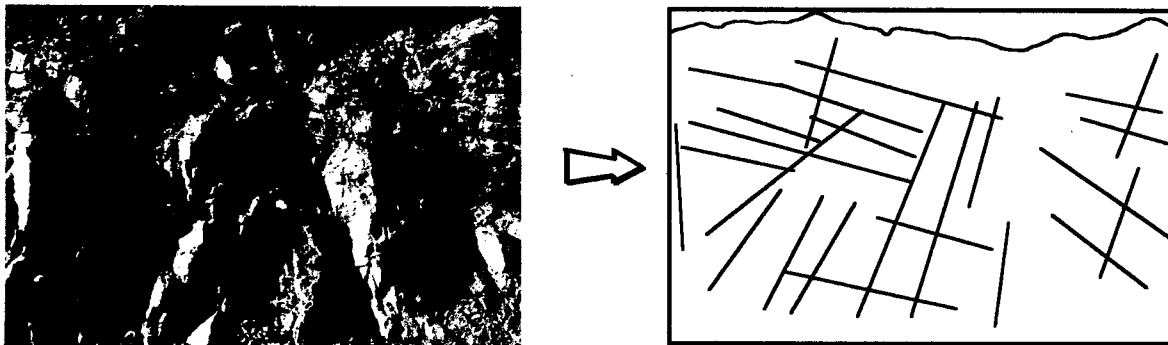


그림 1. 영상처리에 의한 절리추출

이때 중요한 것이 샘플링 지역의 정확한 좌표이며, 이로 인해 GPS 측량의 도입이 요구되었다. 무엇보다 대상지역이었던 석회석 채석장이 매우 넓은 지역에 걸쳐 있었으며 동시에 산악지형으로 이루어져 있었다는 점에서 GPS 측량이 자료 입력 및 처리에 편리한 장점이 있다.

3.2 오차

사용된 장비는 Trimble사의 Trimble 4800이며, 정확한 위치 측정을 위해 두 대의 GPS를 사용한

DGPS 측량을 수행하였다. DGPS에서 보통의 경우 측점의 정확한 절대좌표를 알기 위하여 두 대의 GPS 중 기준이 되는 것에 대해서 이미 알고 있는 정확한 절대좌표를 직접 입력하게 되어 있다. 본 사례의 경우는 채석장 내에서의 측점들간의 정확한 상대적 위치관계만을 필요로 하였으므로 기준점에 대하여 좌표를 직접 입력하지 않고 장비 자체에서 계산한 위치좌표를 사용하였다.

사용된 장비 Trimble 4800의 경우 오차는 다음과 같다. GPS 한 대만을 이용하는 경우 예상되는 오차는 $\pm 30\text{m}$ 가량이며 이는 본 사례에 적합하지 않았다. 대신 두 대의 장비를 이용 그들 사이에 기선(baseline)을 형성하여 DGPS를 수행하는 경우 오차는 수 cm에서 5 m 가량이며, 실제 현장에서는 자료 수신에 여러 방법 중 FastStatic 방법을 사용하여 수 cm 이하까지 오차를 줄일 수 있었다.

3.3 DGPS의 활용

DGPS시 두 대의 GPS 사이에 기선(baseline) 형성 방법에는 여러 가지가 있는데, 본 사례에서는 방사형 조사법(radial survey)을 사용하였다. 방사형 조사법은 한 대의 기준 GPS 장비를 특정 위치에 고정시켜 두고 나머지 한 대의 장비만을 원하는 측점들로 이동시키며 위치 측정을 수행하는 방법이다. 실제 현장에서는 그림 2와 같이 채석장 한 지구 가장 아래의 넓게 트인 지역에 기준 GPS를 두고, 나머지 한 대의 GPS로 각 벤치를 돌아다니며 측정을 하였다. 그리고 자료 수신 방법으로는 FastStatic을 택하였는데 위성 상태(위성 수)에 따라 한 측점마다 8~20 분, 평균 10분 가량 소요되었다. 이 시간 동안에 디지털이미지 촬영과 질리측정이 이루어졌다.

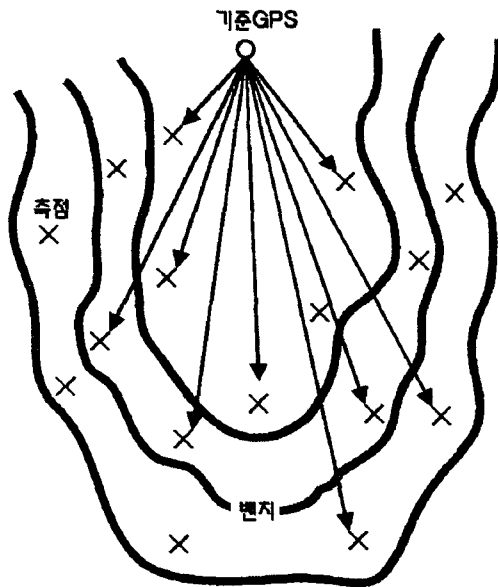


그림 2. 현장에서의 방사형 조사법

3.4 자료처리 및 입력

현장에서 GPS에 수신된 자료는 실내에서 소프트웨어를 이용하여 처리되었고 원하는 위치좌표가 계산되었다. 사용된 소프트웨어는 Trimble사의 상용 소프트웨어 GPSurvey였다. GPSurvey의 WAVE 모듈을 이용하면 WGS84 기준타원체를 바탕으로 위도, 경도, 고도로 표시되는 지리좌표(Geographic coordinates)와 지구 중심을 원점으로 하여 x, y, z로 표시되는 직교좌표(Cartesian coordinates)를 얻을 수 있었다. 본 사례의 경우에는 지표면을 xy평면으로 하여 x, y 그리고 고도로 표시되는 좌표계가 필요

하였다. 이를 위해 그림 3과 같이 WAVE를 통해 얻어진 지리좌표(위도, 경도, 고도)를 GPSurvey의 좌표변환 모듈 GPTrans를 이용하여 UTM 좌표계로 변환하였으며, 이는 영상처리와 질리게 모델링에 이용되었다.

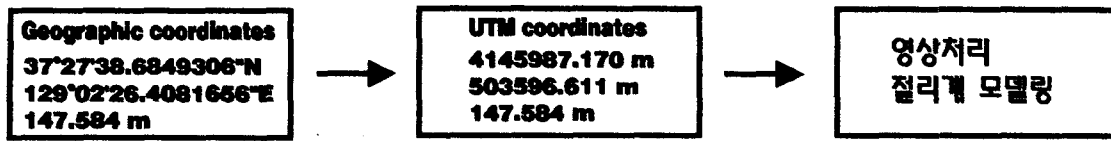


그림 3. 좌표변환 및 이용

4. GPS를 이용한 제주도 도깨비 도로면 측정

4.1 반송파 보정 위성항법 시스템

위성항법 시스템을 사용한 위치계산에서 코드에 의한 의사거리 측정을 이용할 경우 지반공학분야에 필요한 오차범위를 넘어서는 단점이 있다. 따라서 본 연구에서는 반송파 보정 위성항법 시스템을 도입하여(김정한 외 1인, 1998; 김정한, 1999), 수 cm 정도의 오차 범위를 유지하며 제주도 도깨비 도로의 측위를 실시하였다.

4.2 도깨비 도로의 경사측정

도깨비 도로는 경사방향에 있어 착시현상을 일으키는 곳으로 본 연구에서 도로의 수평(그림 4) 및 수직 방향 궤적(그림 5)을 측정한 결과 육안으로 짐작되는 오르막길과는 달리 경사각 0.9° 의 내리막길로 관찰되었다.

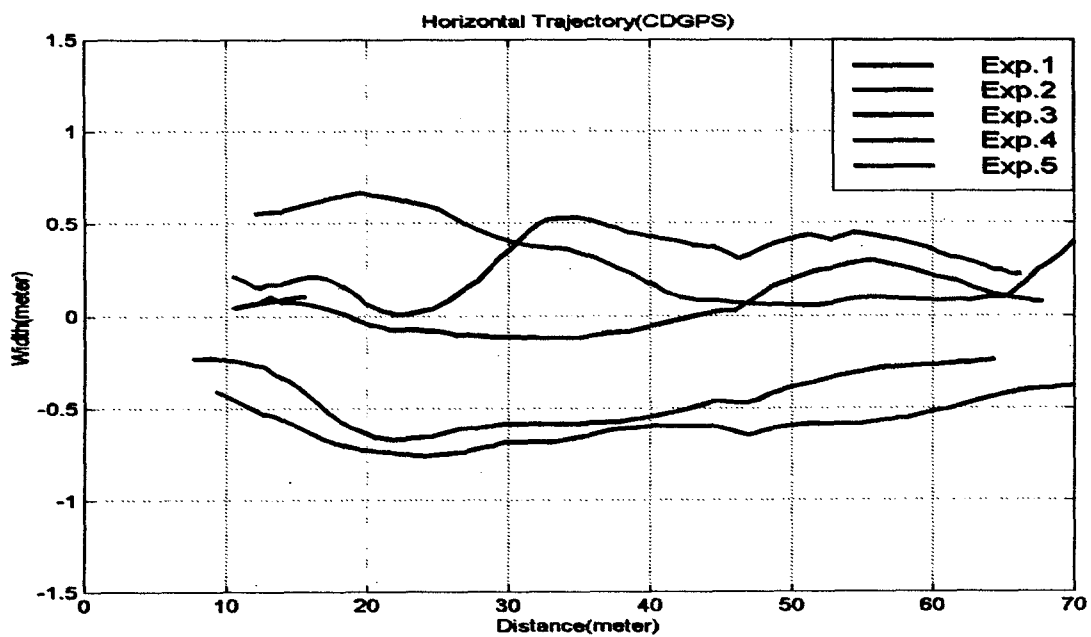


그림 4. 도깨비 도로 수평 궤적

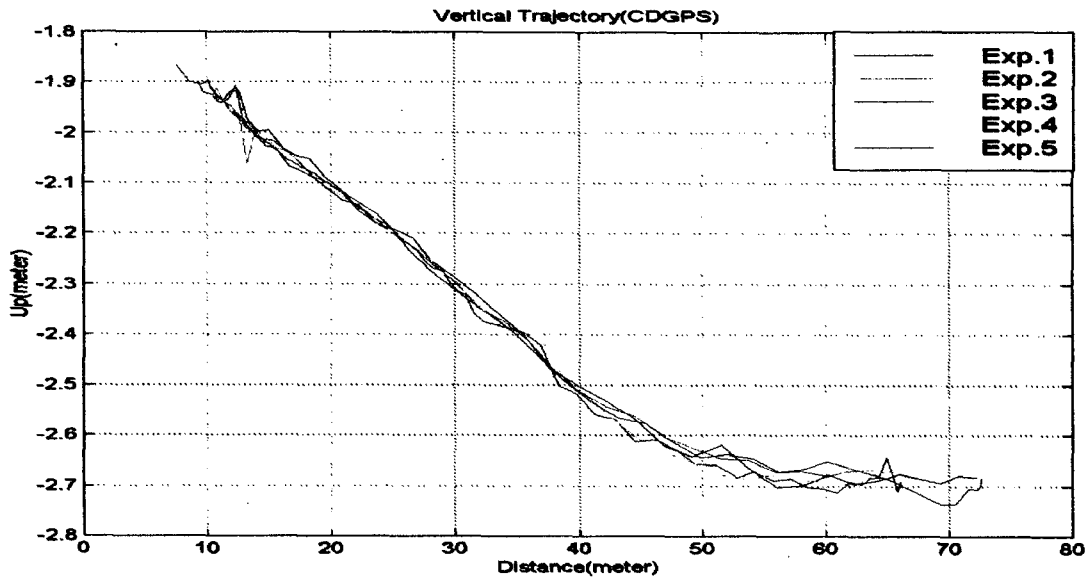


그림 5. 도깨비 도로 수직 궤적

5. 결론 및 제안

본 연구결과 정밀한 지형의 용이한 입력과정을 통해 지반정보의 정밀화, 자동화를 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다. 일본에서 활용되고 있는 바와 같이 사면 활동면에 대한 측위에도 활용될 수 있을 것으로 기대된다. 이를 통해 사면활동면에 대한 3차원적인 정량적 가시화(이상균 외 3인, 1998; 박형동 외 4인, 1999)가 용이하며, GIS를 이용한 사면불안정 위험지도 작성시 피해규모 산정에 효율적으로 사용될 수 있다.

이상의 사례 연구를 통해 볼 때 향후 국내 지반거동과 관련된 분야에서 GPS기술의 활용성이 더욱 높아질 것으로 기대된다. 또한, 보다 체계적인 사례 연구가 증가하면 국가차원의 정밀도가 높은 지반정보시스템이 구축될 것으로 기대되며 각 지반작업에 따른 정밀도, 정확도에 대한 연구가 필요하다.

참고문헌

1. 김정엽, 전효택, 박형동(1995), "서울일대 암반을 대상으로 한 Geotechnical Information System (GTIS)의 개발 및 활용 (1)", 터널과 지하공간 (한국암반공학회지), 제5권, 제4호, pp.336~346.
2. 김정엽, 전효택, 박형동(1996), "서울일대 암반을 대상으로 한 Geotechnical Information System (GTIS)의 개발 및 활용 (2)", 터널과 지하공간 (한국암반공학회지), 제6권, 제3호, pp.223~233.
3. 김정환, 기창돈(1998), "GPS 반송파 위상을 이용한 동적 정밀 측위", '98 GPS Workshop 논문집, pp.735~739.
4. 김정환(1999), GPS 반송파 위상을 이용한 정밀 측위, 서울대학교 공학석사학위논문.
5. 이상균, 유명환, 박형동, 송원경(1998), "국내 사면 안정성 평가 및 관리를 위한 지반정보시스템 개발 연구", '98 사면안정위원회 학술발표회 논문집, pp.51~62.
6. 박형동, 유명환, 김성환, 유병욱, 황영철(1999), "GIS를 이용한 중앙고속도로 1, 2 공구 사면 안정성

- 평가”, '99 사면안정위원회 학술발표회 논문집, pp.69~78.
7. 한국도로공사(1997), 지반조사자료 정보화 시스템 구축 연구(I), pp.5~77.
 8. GPS 기술협의회(1999), '99 GPS Workshop 논문집, pp.483~568.
 9. Chon, H.T., Park, H.D. and Kim, J.Y.(1997), "The application of the geotechnical information system to the ground investigation around the tunnelling area in Seoul, Korea", World Tunnel Congress '97, Vienna, Austria, pp.163~167.
 10. Chon, H.T., Park, H.D. and Kim, J.Y.(1997), "The application of geotechnical information system to the engineering geological assessment of rock mass for the development of Seoul subway lines", Proc. of the International Symposium on Engineering Geology and the Environment, Athens, Greece, pp.2627~2631.
 11. Kim, J.Y., Chon, H.T. and Park, H.D.(1996), "A development and utilisation of geotechnical information system for the rock mass of Seoul metropolitan area", Proc. of the Korea-Japan Joint Symposium on Rock Engineering, pp.221~224.
 12. Park, H.D., Yu, M.H. and Song, W.K.(1998), "Management of borehole data and its application into the site investigation in Korea", Proc. 8th IAEG Congress, Vancouver, Canada, pp.599~602.
 13. The Geological Society(1995), Geological Data Management, The Geological Society, London, pp.81~127.
 14. Yu, M.W., Park, H.D. and Song, W.D.(1999), "Application of borehole data management technique into site investigation", Proc. of International Society for Rock Mechanics '99, Paris, France, pp.1315~1320.