

# NTRIP 서비스를 이용한 도로절토사면 현황조사방법 Current Survey Method of The Road Cutting Slope Area Using Ntrip Service

장수익\* · 강인준\*\* · 강호윤\*\*\*

Jang, Soo Ik · Kang, In Joon · Kang, Ho Yun

### 要 旨

최근 집중호우로 인한 절토사면의 붕괴사고가 매년 반복적으로 일어나고 있는 실정이다. 절토사면의 붕괴로 인하여 인명피해와 도로유실 등 많은 재해를 일으키고 있어 절토사면의 유지관리가 필요하다. 절토사면의 유지관리를 위한 현황조사 양식중에서 일반현황을 살펴보면 피해지역의 위치를 도로상의 거리표와 경위도로 나타내고 있기 때문에 피해지역의 위치와 사면의 형상 파악이 어렵다. 따라서 본 논문에서는 피해지역의 정확한 위치와 사면의 형상을 표시하기 위해 NTRIP서비스를 이용한 해양 DGPS기준국에서 수신하는 GPS 보정신호를 통한 NDGPS방법과 VRS 서비스를 이용한 방법에 대해 분석하였다. 분석한 결과, 두 방법 모두 실제 절토사면과 비슷한 형상의 사면이 나타나 차후 다른 연구지역의 절토사면조사에도 적용이 가능할 것으로 판단된다.

핵심용어 : NTRIP, NDGPS, VRS, SBAS, 절토사면

### Abstract

With recent localized heavy rain, the collapsing accident of the cut slopes occur repeatedly every year. The maintenance of the cut slopes is very crucial as the collapsing of cut slopes causes various calamities such as human casualties and sweeping away of the roads. By looking at the study of current situation of the cut slopes, designed for maintenance of cut slopes, the locations of the damaged districts are hard to figure out as they are represented through distance mark and longitude and latitude. In this paper has used NDGPS methods and VRS service through GPS signal corrections that are received by DGPS standard department to correctly analyze the exact location and the shape of the slope. The result of this analysis shows that both methods produce similar shape of the slope. Therefore, these two methods, NDGPS methods and VRS service, can be applied to other analysis of cut slopes in different areas.

Keywords : NTRIP, NDGPS, VRS, SBAS, Cutting Slope

## 1. 서 론

최근 위치결정방법으로 GPS(Global Positioning System)의 활용도가 높아지고 있다. 특히 2000년 5월 1일 이후 SA(Selective Availability)신호가 해제됨에 따라 위치정확도가 향상되었으며 이것을 계기로 GPS가 대중적으로 보급되는 계기가 되었다. 현재는 네비게이션, 핸드폰, 선박, 자동차, 기차 등등 위치정보의 확산 및 획득을 위해 가장 많이 활용되고 있다. 더 나아가 GPS는 기존의 항법이나 측정목적 이외에도 긴급구조,

위치추적, 노인복지, 레저 등에서 응용분야가 확대돼 21세기 핵심산업의 하나로 성장할 전망이다. NTRIP(Networked Transport of RTCM Via Internet Protocol)서비스를 이용한 DGPS는 GPS보다 더 정확도가 높은 수mm~수cm까지 위치 결정이 가능하여 고정밀 측량으로 주로 이용되고 있다.

최근의 연구 동향으로는 네트워크 기반의 RTK(Real-Time Kinematic) GPS 측위에 관한 연구(정광호, 2008), VRS(Virtual Reference Station) GPS를 이용한 필계점의 정확도 평가(장상규 등, 2008), 국토지리정보

2010년 10월 24일 접수, 2010년 11월 26일 채택

\* 정희원 · 부산대학교 사회환경시스템공학부 석사과정(suik1004@pusan.ac.kr)

\*\* 교신저자 · 부산대학교 사회환경시스템공학부 교수(ijkang@pusan.ac.kr)

\*\*\* 정희원 · 도립거창대학 겸임교수(happy76@pusan.ac.kr)

원 VRS RTK 기준망 내부 측점 측량 정확도 평가(김혜인 등, 2008)로 정확도가 높은 위치정보를 얻기위해 VRS를 활용하는 연구가 진행되고 있다. DGPS를 활용한 절토사면의 위치과악 및 조사에서는 절토사면 현황 자료를 이용한 충청도 관내 위험지구 결정(김진환 등, 2008)으로 국도에 위치한 절토사면 위험지역 현황조사 방법에 대해 제안을 하였고, 개인용 휴대 단말기를 이용한 절토사면 관리시스템 개발(김재철 등, 2007), 모바일 환경의 경사지 공간정보획득 프로그램 구축(강인준 등, 2009)으로 위험지역 사면의 위치정보수집방안에 대한 연구가 진행되었다.

현재까지의 연구현황을 살펴보면 매년 자연재해로 인한 많은 도로사면의 유실이 일어나고 있다. 이러한 피해를 줄이기 위해서는 신속하고 정확한 현장정보의 파악이 절실히 필요하다. 현장자료를 수집하는 경우 종이양식이 대부분이어서 현장에서 단순한 자료 조사일 뿐 자료의 공유가 어렵고, 유실되는 문제가 발생하였고, 효율적인 절토사면 유지관리를 하는데 있어 사면의 형상을 나타내는데 미흡한 점이 발견되었다.

본 연구의 목적은 NTRIP서비스를 이용한 DGPS기법을 활용하여 절토사면 유지관리기법에 대해 제시하고, NDGPS(Nationwide DGPS)와 VRS방법으로 기존의 포인트를 폴리곤으로 수정하여 사면의 정확한 위치 및 형상을 조사하는데 적용이 가능할 것인지에 대하여 중점적으로 논하고자 한다.

## 2. NDGPS 및 NTRIP

### 2.1 NDGPS(Nationwide DGPS)

NDGPS는 전국망 위성항법보정시스템으로 선박의 안전한 입·출항을 위해 우리나라 전역을 이중 커버리지로 구성하기 위하여 구축한 시스템이다.

국내 NDGPS 현황은 구 해양수산부에서 국제해사기구(IMO) 및 국제항로표지협회(IALA) 권고에 따라 우리나라 연안해역과 항만 입·출항 선박의 안전운항을 위하여 1999년 8월부터 서해안 팔미도, 어청도 기준국을 시작으로 해양 DGPS 서비스를 제공하고 있다(송글재, 2007 ; 송글재 등, 2008). 현재 해양 DGPS는 11개 기준국, 8개 감시국, 1개소의 중앙사무소로 구성되어 있다. DGPS의 VRS방식은 GPS 상시관측망으로부터 생성한 위치보정신호를 단말기나 인터넷을 통해 전송받아 전국 어디서나 높은 정확도의 위치정보를 얻을 수 있는 가상기준국서비스 시스템을 말한다. SBAS (Space-Based Augmentation System)는 광역보정항법시스템(WADGPS, Wide Area DGPS)으로써 지역보정항법시

스템(LADGPS, Local Area DGPS)의 단점을 보완한 위성항법 보정시스템이다. 미국의 WAAS(Wide Area Augmentation System), 일본의 MSAS(Multi functional Space Augmentation System), 유럽의 EGNOS (European Geostionary Navigation Overlay Service) 세 가지 시스템이 있다. 이 시스템들은 모두 GPS기반의 GPS Augmentation System이며, 각각의 시스템은 INMARSAT(ARTEMIS), MTSAT 위성을 이용한다.

NDGPS를 이용한 연구에서는 전국망 위성항법보정시스템의 측위 정확도 분석 및 이용활성화 방안(송글재, 2007)에 대해 제시하거나 송글재 등 (2008)은 NDGPS의 정적 및 동적 측위 정확도 분석을 실시한 결과 정적 측위가 동적 측위보다 오차가 작은 것을 알 수 있었다. 해양 분야에서 DGPS 측위 정보가 많이 이용되고 있으나 단순한 경위도를 계산하는 수평(2D) 측위 분야에 한정되어 있는 실정이며 GPS와 마찬가지로 공간(3D)을 포함하는 고도의 정확도는 약 2~3배정도 떨어지고 있다. 구 해양수산부에서 구축한 NDGPS의 이용활성화를 위해서는 DGPS 서비스의 기능향상과 신뢰성 확보가 필요한 실정이다.

### 2.2 NTRIP서비스

NTRIP서비스는 인터넷 망을 통해 GPS보정신호를 전송하는 방법으로서 인터넷을 통해 실시간 GPS 데이터를 지원하는 응용 프로토콜이며 HTTP 기반으로 모바일 IP 네트워크를 통해 무선 인터넷 접속도 가능하다. NTRIP 서비스는 NTRIP 서버, NTRIP 캐스터, NTRIP 클라이언트로 구성(그림 1 참조)되어 있으며(Dammalage, 2008) NTRIP 서버는 NTRIP 소스 데이터를 NTRIP 캐스터로 전송한다. NTRIP 캐스터에서는 여러 사용자에게 데이터를 제공하고 마지막으로 클라이언트에서는 인터넷 접속이 가능한 휴대폰 단말기로 DGPS 데이터를 받는다.

NTRIP의 주요 특징은 대중적인 HTTP를 기반으로 한 스트리밍 기준은 비교적 제한된 클라이언트와 사용 가능한 서버 플랫폼 재원이 있을 때 쉽게 구현할 수 있고, 특정한 지역과 암호화된 콘텐츠 지원이 국한되어 있지 않다. TCP/IP를 사용하기 때문에 이동하는 모든 IP 네트워크는 스트리밍을 가능하게 한다(Yan, 2005).



그림 1. NTRIP서비스 구성도

### 3. 절토사면 유지관리

#### 3.1 연구지역

본 논문의 연구지역은 부산시 금정구 구서동일대로 선정하였으며 이 지역의 경우 도심지로 인구가 밀집해 있으며 대단위 아파트 단지 건설로 인한 절토사면이 인접하고 있어 연구지역으로 선정하였다(그림 2 참조). 연구 대상 절개지 선정을 위해 1:5000 수치지도를 활용하여 경사도 분석을 실시하였다. 분석결과 대단위 주거단지에 인접해 있는 연구대상 사면을 선정하였다(그림 3 참조). 실제 연구대상사면과 아파트까지 거리는 약 15m로 사면붕괴시 인명피해가 우려되는 지역이었다.



그림 2. 연구지역

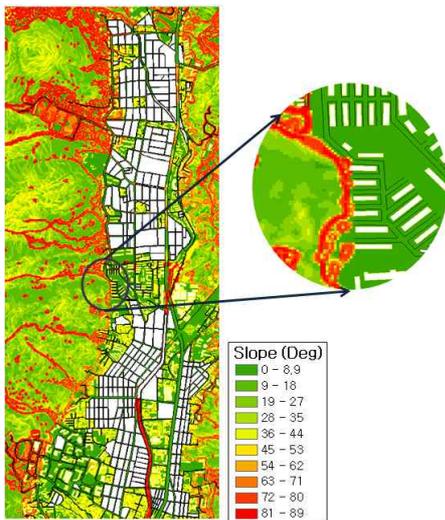


그림 3. 구서동 일대의 경사도 분석

#### 3.2 절토사면 현황도 작성방법

우리나라에 존재하는 도로절토사면의 위치는 진행 방향의 거리표를 기준으로 해당 사면의 종점의 위치를 표시함으로써 정확한 위치를 표시할 수가 없다. 그림 4는 절토사면 관리를 위한 현황조사양식이다. 절토사면의 현황도를 작성하려면 해당 과업을 수행할 수 있는 자격을 가진 기술자를 보유하고 있는 연구기관 또는 시공사에서 수행할 수 있다(건설교통부, 2005). 일반현황에서 거리표는 도로관리를 위해 국도면에 설치되어 있는 거리표를 기준으로하여 기재하고 있고 위경도는 해당 현장조사 절토사면의 시점부에서 GPS기기를 사용하여 좌표를 기입하고 있다. 그림 5는 절토사면 현황도(Face Map)이다.

국도	호선	코드명	행정구역	
일반현황	거리표	( → ) 방향 0km 0m 0m		
	위경도	N : 0° 0' 0" E : 0° 0' 0"		
	차선	황복 ( ) 차선 + ( )		
	조사일자			
	조사자		조사기관	
절토사면 특 성	결구		취해종류	
	경사		상부경사	
	이격거리		소단	
	종류	<input type="checkbox"/> 양면 <input type="checkbox"/> 온통 <input type="checkbox"/> 단면 <input type="checkbox"/> 산악 <input type="checkbox"/> 준산악	주변지형	<input type="checkbox"/> 구릉 <input type="checkbox"/> 평지
	지하수	<input type="checkbox"/> Dry <input type="checkbox"/> damp <input type="checkbox"/> Wet <input type="checkbox"/> Dripping <input type="checkbox"/> Flowing	누수위치	<input type="checkbox"/> 상 <input type="checkbox"/> 중 <input type="checkbox"/> 하
	풍화도	<input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> S <input type="checkbox"/> M	풍면속면	<input type="checkbox"/> 일직 <input type="checkbox"/> 평행
	사면형상	<input type="checkbox"/> 직선형 <input type="checkbox"/> 굴곡형 <input type="checkbox"/> 요철	주변형상	<input type="checkbox"/> 직선형 <input type="checkbox"/> 요철형 <input type="checkbox"/> 단면형 <input type="checkbox"/> 불규칙형
	계곡부	0 개소	풍파이력	<input type="checkbox"/> 유선형 <input type="checkbox"/> 단면형 <input type="checkbox"/> 유선(평행) <input type="checkbox"/> 단면(평행)
	분류	<input type="checkbox"/> 대 <input type="checkbox"/> 중 <input type="checkbox"/> 소	낙석	<input type="checkbox"/> 대 <input type="checkbox"/> 중 <input type="checkbox"/> 소
	암종		토중심도	
암반형태	<input type="checkbox"/> Massive <input type="checkbox"/> Tabular <input type="checkbox"/> Columnar <input type="checkbox"/> Irregular	풍면속면	<input type="checkbox"/> 평지 <input type="checkbox"/> 중회 <input type="checkbox"/> 평지 <input type="checkbox"/> 단면 <input type="checkbox"/> 단층 <input type="checkbox"/> 단면대 <input type="checkbox"/> 양면	
	<input type="checkbox"/> blocky <input type="checkbox"/> crushed			
시공현황 (상태)	<input type="checkbox"/> 낙하방지막( ) <input type="checkbox"/> 낙차방지용다리( )			
	<input type="checkbox"/> 측구( ) <input type="checkbox"/> 음벽( ) <input type="checkbox"/> 격벽( )			
	<input type="checkbox"/> 개터온 ( ) <input type="checkbox"/> 드레싱로 ( )			
	<input type="checkbox"/> 기타( )			
조사자 소 견	위험도	<input type="checkbox"/> 상 <input type="checkbox"/> 중 <input type="checkbox"/> 하	피해도	<input type="checkbox"/> 상 <input type="checkbox"/> 중 <input type="checkbox"/> 하
	분류 유형	<input type="checkbox"/> 상층 <input type="checkbox"/> 표층 <input type="checkbox"/> 부	위험등급	<input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> D
	재발기간 (분류유형)	<input type="checkbox"/> 상 <input type="checkbox"/> 중 <input type="checkbox"/> 하 / <input type="checkbox"/> 초 <input type="checkbox"/> 중 <input type="checkbox"/> 우 ( )		
	필요 주공법	<input type="checkbox"/> 상 <input type="checkbox"/> 중 <input type="checkbox"/> 하 / <input type="checkbox"/> 초 <input type="checkbox"/> 중 <input type="checkbox"/> 우 ( )		
	기타		조치	<input type="checkbox"/> 총괄 <input type="checkbox"/> 미응답

그림 4. 조사대장(한국건설기술연구원)

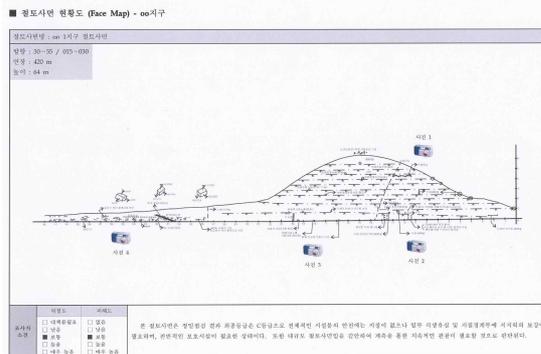


그림 5. 절토사면 현황도(한국시설안전공단)

일반현황	거리표	(→) 방향 (0)km (0m) 0행
	위경도	Sp. N : (129)° (5)' (3.01)″ E : (35)° (15)' (4.45)″
		No1. N : (129)° (5)' (2.10)″ E : (35)° (15)' (5.58)″
		No2. N : (129)° (5)' (2.44)″ E : (35)° (15)' (6.32)″
		No3. N : (129)° (5)' (2.86)″ E : (35)° (15)' (6.22)″
No4. N : (129)° (5)' (3.13)″ E : (35)° (15)' (5.10)″		
현황도		
작성	항복 ( ) 차선 + ( )	
조사일자		
조사자	조사기관	

그림 6. 새로운 현황양식

3.3 새로운 현황조사방법론

기존의 현황도 작성에서는 사면의 위치와 형상을 하나의 포인트로 나타내고 있어 정확한 위치정보를 얻지 못하였다. 따라서 본 연구에서는 하나의 포인트를 폴리곤으로 나타내기 위해 시점 및 종점을 포함한 최소 5점 이상의 포인트를 획득하고 일반현황에 현황도부분을 추가하여 폴리곤의 형태로 연속적인 사면의 형상으로 표현하였다(그림 6참조). 기존의 방법과 비교 결과 사면의 위치와 형상이 잘 나타나는 것을 확인할 수 있었다.

4. NDGPS 및 VRS 결과

4.1 NDGPS를 이용한 절토사면 현황조사

본 논문에서는 NTRIP 서비스를 이용한 NDGPS방법을 이용하여 GPS자료를 수집하여 분석하였다. 본 연구에서 사용한 장비의 제원은 표 1과 같다.

측량방법은 장비의 설정모드에서 NTRIP모드를 선택한 다음 NTRIP Caster IP주소에 접속하여 DGPS측량

표 1. DGPS측량장비 제원

장비명	용도	제원
핸드폰	NDGPS자료 수신용	CDMA
DGPS 장비	GPS측량	위성채널수 : L1, 14Channels 실시간 DGPS (SBAS : 0.5~1m) OS : Win CE.net 4.2 외부통신 : RS232, USB, 블루투스
PocketGIS	수신자료저장	좌표저장 및 변환

을 실시하였다. 그림 7은 NTRIP모드에서 측량을 실시하는 현위치에서 제일 가까운 해안기준국을 설정하는 장면이다. 본 논문에서는 DGPS측량하는 현위치에서 가장 가까운 약 24.8km 떨어진 영도기준국으로 설정하였고 10초단위로 신호를 수신하였다.

YNDO\_RTCM20 데이터를 수신한 다음 PocketGIS 소프트웨어를 이용하여 좌표를 추출하였다. 그림 8은 DGPS측량을 하는 장면이다. 표 2는 DGPS측량결과를 나타낸 것이다. 그림 9는 추출된 좌표를 MakeDXF 프로그램을 사용하여 캐드파일로 변환하는 것을 나타낸 것이다.

그림 10은 캐드프로그램에서 사면의 위치를 표현한 것이다. 기존 절토사면의 일반현황에서의 사면의 위치는 그림 10의 (a)와 같이 하나의 포인트로 나타내고 있어 정확한 위치와 형상 파악에는 어려움이 있었다. 그림 10의 (b)와 같이 하나의 포인트를 폴리곤의 형태로 연속적인 사면의 형상으로 표현한다면 위험지역을 표시할 수 있다.

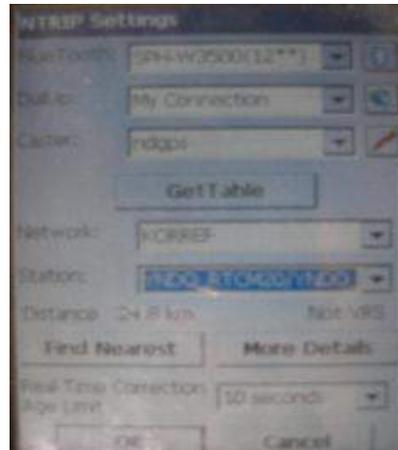


그림 7. NTRIP모드 설정 화면



그림 8. 절토사면 DGPS 측량

표 2. NDGPS 경위도 좌표

넘버	경도	위도	표고(m)
1	129° 5' 4.84"	35° 15' 0.85"	127.26
2	129° 5' 4.66"	35° 15' 1.18"	123.19
3	129° 5' 4.42"	35° 15' 1.94"	126.28
4	129° 5' 4.34"	35° 15' 2.54"	127.08
5	129° 5' 4.05"	35° 15' 3.07"	131.14
6	129° 5' 3.74"	35° 15' 3.61"	133.35
7	129° 5' 3.11"	35° 15' 4.46"	134.53
8	129° 5' 2.13"	35° 15' 5.56"	137.56
9	129° 5' 2.06"	35° 15' 6.22"	125.94
10	129° 5' 2.09"	35° 15' 6.16"	124.24
11	129° 5' 3.14"	35° 15' 5.75"	123.50
12	129° 5' 3.86"	35° 15' 4.09"	120.24
13	129° 5' 4.88"	35° 15' 3.67"	120.00
14	129° 5' 5.24"	35° 15' 2.19"	114.31
15	129° 5' 5.11"	35° 15' 1.34"	110.99



그림 9. DXF파일 변환 화면

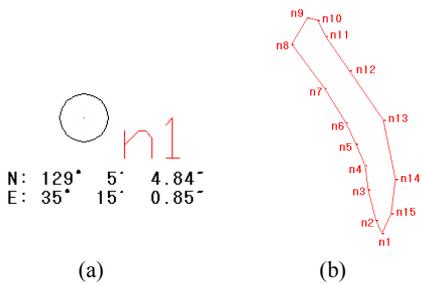


그림 10. NDGPS 캐드화면

4.2 VRS를 이용한 절토사면 현황조사  
 VRS방법도 NDGPS방법과 같은 NTRIP서비스를 이용하여 자료를 수집·분석하였다.  
 국토지리정보원에서 관리하고 있는 실시간 정밀

GPS측량 서비스에 접속하여 관측지에서 가장 가까운 1곳~3곳의 GPS 상시관측소의 자료를 이용하여 DGPS 측량을 실시하였다. 그림 11은 VRS방법을 위해 NTRIP

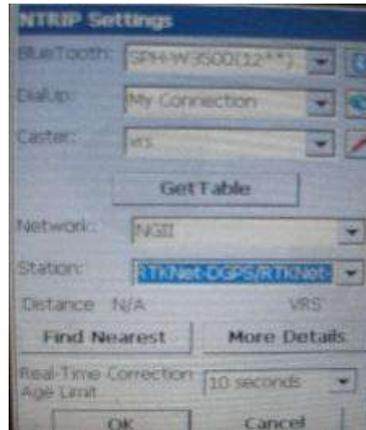


그림 11. NTRIP 설정 화면

표 3. VRS 경위도 좌표

넘버	경도	위도	표고(m)
1	129° 5' 5.05"	35° 15' 0.06"	107.30
2	129° 5' 4.79"	35° 15' 1.02"	110.98
3	129° 5' 4.46"	35° 15' 1.09"	120.95
4	129° 5' 4.32"	35° 15' 2.52"	123.74
5	129° 5' 4.06"	35° 15' 3.04"	128.70
6	129° 5' 3.74"	35° 15' 3.61"	132.74
7	129° 5' 3.01"	35° 15' 4.45"	133.07
8	129° 5' 2.11"	35° 15' 5.56"	136.74
9	129° 5' 2.47"	35° 15' 6.34"	139.22
10	129° 5' 2.83"	35° 15' 6.24"	131.92
11	129° 5' 3.11"	35° 15' 5.08"	127.83
12	129° 5' 3.84"	35° 15' 4.94"	123.71
13	129° 5' 4.95"	35° 15' 3.61"	112.53
14	129° 5' 5.14"	35° 15' 2.35"	128.85
15	129° 5' 5.05"	35° 15' 1.44"	122.49

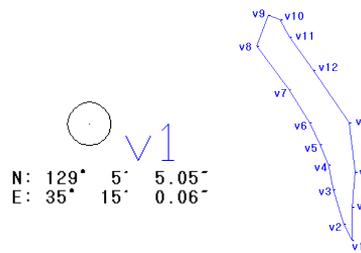


그림 12. VRS 캐드화면

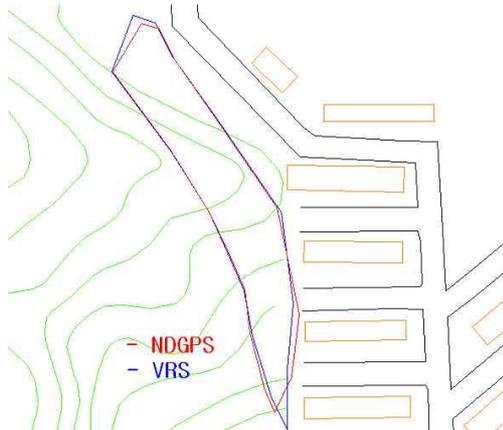


그림 13. 금정구 구서동 일대의 수치지형도

설정화면이다. VRS방법도 NDGPS방법과 같이 10초 단위로 위치보정신호를 수신하여 RTKNET-DGPS측량을 실시한 결과 표 3과 같이 나타내었다.

그림 12와 같이 추출된 좌표를 캐드로 나타낸 결과, 그림 12의 (b)와 같이 사면의 위치와 형상을 대략적으로 파악할 수 있었다.

그림 13은 1:5000수치지형도에 NDGPS와 VRS의 사면위치를 표현한 것이다. 사면위치를 비교한 결과 거의 비슷하게 나온 것을 확인할 수 있었다.

### 5. 결 론

본 연구에서는 절토사면의 유지관리를 위해 NTRIP 서비스를 이용하여 정확한 위치와 형상을 표시하고, NDGPS방법과 VRS방법의 결과를 비교 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, NDGPS와 VRS방법의 DGPS측량시 수 cm의 정확도로 절토사면조사에 적용이 가능하였다.

둘째, 도로절토사면 유지관리를 위해 사면의 위치 및 형상을 하나의 폴리곤으로 관리하는 것이 효율적인 방안이라고 판단되어 NDGPS와 VRS방법을 사용하여 실제 절토사면조사에 적용이 가능하였다.

셋째, NDGPS와 VRS의 장·단점을 비교하여 측량을 실시한다면 높은 정확도를 가지는 위치정보를 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

### 감사의 글

이 논문은 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(20090274000)과 2010년도 제 2단계 두뇌한국21사업에 의하여 지원되었음.

### 참고문헌

1. 강인준, 강호윤(2009), 모바일 환경의 경사지 공간정보 획득 프로그램 구축, 한국측량학회지, 한국측량학회, 제 27권, 제3호, pp.367-374.
2. 건설교통부(2005), 절토사면 현황도 작성 요령.
3. 김재철, 박재국, 양인태(2007), 개인용 휴대 단말기를 이용한 절토사면 관리시스템개발, 한국지형공간정보학회지, 한국지형공간정보학회, 제15권, 제4호, pp.59-69.
4. 김진환, 구호분, 이종현, 윤천주(2008), 절토사면 현황자료를 이용한 충청도 관내 위험지구 결정, 2008년도 정기총회 및 학술발표대회, 한국방재학회, pp.585-588.
5. 김혜인, 유기석, 박관동, 하지현(2008), 국토지리정보원 VRS RTK 기준망 내부 측점 측량 정확도 평가, 한국측량학회지, 한국측량학회, 제26권, 제2호, pp.139-147.
6. 송글재, 박권일, 공현동(2008), NDGPS의 정적 및 동적 측위 정확도 분석, 한국항해항만학회지, 한국항해항만학회, 제32권, 제8호, pp.611-619.
7. 송글재(2007), 전국망 위성항법보정시스템(NDGPS)의 측위 정확도 분석 및 이용활성화 방안, 석사학위논문, 충남대학교, pp.7-22.
8. 장상규, 김진수, 정공운(2008), VRS GPS를 이용한 필계점의 정확도 평가, 한국지형공간정보학회지, 한국지형공간정보학회, 제17권, 제1호, pp.37-42.
9. 정광호(2005), 네트워크 기반의 RTK GPS측위에 관한 연구, 석사학위논문, 경일대학교, pp.31-61.
10. 한국건설기술연구원, 2004, 2003년 도로절토사면 유지관리시스템 개발 및 운용, pp.26-37.
11. 한국시설안전공단(2009), 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(절토사면).
12. Dammalage T. L.(2008), TEST RESULTS OF RTK AND REAL-TIME DGPS CORRECTED OBSERVATIONS BASED ON NTRIP PROTOCOL, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Science, Vol. XXXVII, Part B2, pp.1119-1123.
13. Yan Thomas(2008), Benefits of Telecommunications Technology to GPS Users, Journal of Global Positioning System, Vol.4, No.1-2, pp.240-244.