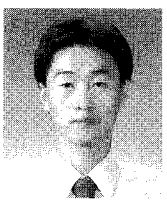
Mobile PC를 이용한 절토사면 현황조사 기법 개발

구 호 본 >>
한국건설기술연구원 지반방재 · 환경연구실 책임연구원



이 종 현 >>
한국건설기술연구원 지반방재 · 환경연구실 연구원

김 승 현 >>
한국건설기술연구원 지반방재 · 환경연구실 연구원

임 광 수 >>
건설교통부 도로관리팀 사무관

임 채 희 >>
한국도로공사, 건설교통부 도로관리팀 파견근무

1. 서론

국도변 절토사면의 안정화를 도모함으로써 인적·물적 피해를 최소화하기 위한 과업의 일환으로 절토사면 유지관리시스템(Cut Slope Management System, CSMS)이 운용되고 있다. CSMS는 국도변 위험절토사면에 대한 조사와 안정해석을 통해 대책안을 마련하여 매년 정부의 관련 예산을 배정하고 있으며, 국도변 절토사면에 대한 제반 상황을 데이터베이스화하여 유지관리에 필요한 서비스를 제공하고 있다.

CSMS의 원활한 운용을 위해서는 최우선적으로 국도변에 분포하는 수많은 절토사면의 현황(inventory)을 정확히 파악하고, 이중 위험성을 고려하여 위험절토사면에 대한 조사우선순위를 결정하여 연차적 현장조사를 수행함으로써 위험절토사면의 유지관리를 효율적으로 수행할 수 있다(그림 1 참조). 즉, 위험절토사면에 대한 유지관리를 효율적으로 수행하기 위해서는 현황조사를 통해 얻은 자료가 가장 기본이 된다.

2002년도에 각 지역의 국도유지건설사무소 주관으로 절토사면 현황을 파악하여 12,650개소의 절토사면이 분포하고 있음을 파악한 바 있으나, 이후 신설 및 승격국도 발생, 2차선 도로의 확·포장공사, 위험도로 선형개량사업 등으로 인해 절토사면 수가 증가되어 왔으며, 조사자의 비전문성으로 인한 자료의 부정확 등의 문제점을 보완하기 위해 2006년부터 전국 국도변 절토사면의 현황을 재조사하고 있다.

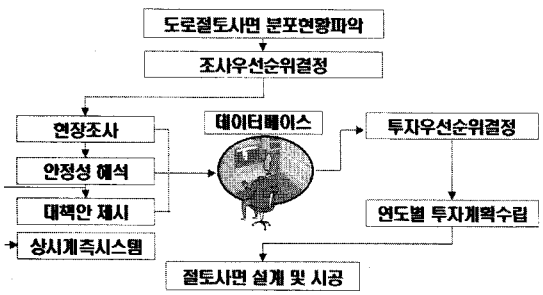


그림 1. CSMS 흐름도

기존 현장에서 수기(手記)로 조사한 후 실내 작업을 거치던 번거로움을 해소하고, 전국에 분포한 수많은 절토사면에 대한 조사의 효율성, 신속성을 도모하여 절토사면 현황조사 자료의 체계적이고 과학적인 관리를 위해 Mobile PC를 이용하고자 한다. 이때 현황조사 자료를 현장에서 조사와 동시에 입력함으로써 자동으로 데이터베이스에 관리되며, 입력된 자료는 한글 문서 및 엑셀 문서화되어 자료의 원활한 활용이 가능한 형태로 변환되는 Mobile PC 프로그램을 개발하였다.

홍콩의 경우 65,000개소의 절토사면을 관리하고 있으며, 현황조사의 경우 1인이 하루 3개소를 조사하는 것을 원칙으로 하고 있다. 그러나, 당 연구원에서 개발된 Mobile PC를 사용할 경우 2인이 하루 15개소를 조사할 수 있으므로 홍콩에 비해 약 2.5배의 효율성을 가지고 있고, 홍콩의 경우에 비해 실내 작업에 대한 부담감도 해소할 수 있다.

2. 도로절토사면 현황조사 조사항목

2.1 현황조사 조사항목의 수정

이전 국도변 절토사면에 대한 현황조사는 빠른 시간내 많은 절토사면의 현황을 파악하기 위하여 국도관리자 등 비전문가에 의해 조사가 가능한 항목을 중심으로 이루어졌다. 조사항목에 사용된 용어 역시 비전문가(국도 절토사면 관리자 포함)가 이해하기 쉬운 용어를 선택함으로서 기재가 용이하도록 작성된 바 있다.

서론에서 언급한 바와 같이 기존 현황조사 자료의 경우 국도변 절토사면 현황의 변화로 인해 데이터 수정이 불가피하였고, 사면을 관리하는 데 있어 미흡한 점이 다수 존재하는 것으로 판단되었으므로 이를 보완할 필요성이 대두되었다.

기존에 사용되었던 도로절토사면 현황조사 항목은

크게 "일반현황", "절토사면특성", "시공현황 및 필요공법" 등 세 부분으로 구성되어 비전문가가 쉽게 현황조사를 실시할 수 있도록 조사항목을 결정하였다(그림 2 참조). 그러나 현황조사의 중요성을 고려하여 수집 자료의 신뢰도를 높이고 전문적 요소의 필요에 의해 다수의 조사항목이 추가되었으며, 필요에 따라 몇몇 항목의 경우, 보다 과학적이고 체계적인 데이터의 수집을 위하여 항목이 수정 · 보완되었다.

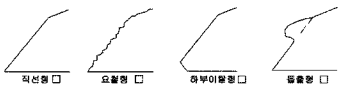
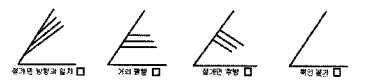
최근 개발된 절토사면 현황조사 조사항목은 크게 "사면 관리 및 위치정보", "일반현황", "절토사면 특

도로절토삽면 현황조사

■ 일반현황

관리청/국도	청/ 국도	도로호선/구간	호선 (→)
행정구역	( )시/군 ( )읍/면 ( )리		
거리표	( )호선 ( )방향 ( )km ( )m ( )행		미설치 ( )
위경도	N : ( )° ( )′ ( )″ E : ( )° ( )′ ( )″		
차 선	왕복 · 편도 (차선)	교 통 량	( ) 대/일
조사일자	년 월 일	조 사 자	
		조사기관	

■ 일반현황

연 장	( )m	최대높이	( )m
경 사	( )°	이격거리	( )m
종 류	□암 □토사 □혼합 □자연	누수위치	□상 □중 □하 □무
횡단형상	직선형□ 철형(볼록)□ 요철(오목)□ 파형□	종단형상	 직선형□ 요철형□ 하부이탈형□ 돌출형□
주변지형 특성	□구릉 □준산악 □산악	상부자연 사면경사	( )°
계 곡 부	( )개소	풍화정도	□상 □중 □하
암석의 결		붕괴유형 (중복가능)	□쐐기 □평면 □전도 □원호 □표층유실 □낙석 □무

■ 시공현황 및 필요공법

시공현황 (중복가능)	□낙석방지망	□낙성방지울타리	□L형측구	□격자블록	□옹벽
	□식생공	□개비온	□사방공	□수평배수공	
	□록앵커	□록볼트	□어스앵커	□억지말뚝	
	□버트리스	□법면정비	□측구배수로	□수직배수로	
	□피암터널	□링네트	□암부착특수망	□기타 ( )	
필요공법	□현상태유지,	□기존시설 교체 · 보수,	□보호공 필요,	□보강공 필요	
조사자 소견					

그림 2. 기존 현황조사 활용 시트

성", "조사자 소견" 등의 큰 분류를 실시하고, 각각에 대해 세부조사항목을 선정하였다.

2.1.1 "일반현황" 조사항목 수정

일반현황 항목의 경우, 기존 시트 중 삭제 항목은 교통량 부분이며, 추가 부분은 CSMS 조사여부에 대한 체크 항목이다. 교통량의 경우, 야외에서 현황조사를 수행할 시 바로 기재할 수 있는 항목이 아니고 건설교통부에서 매년 발간하는 "도로교통량통계연보"를 참고하여 실내에서 작성할 수 있는 항목이므로 이를 삭제하였다. CSMS 조사여부는 정밀조사가 이루어진 기조사 현장을 파악함으로써 향후 절토사면 유지관리에 도움을 주기위해 새로이 추가된 항목에 해당된다.

2.1.2 "절토사면 특성" 조사항목 수정

절토사면 특성 기재 중 사면 자체의 제원에 관한 부분 즉 길이, 높이, 경사, 상부자연사면경사, 이격거리 등에 관한 부분은 과거 자료와 동일하다. 단, 소단 개소수를 기재할 수 있는 항목이 추가로 만들어졌다.

지하수 누수위치의 경우, 과거에는 단순하게 누수위치의 상, 중, 하만을 기재하는 양식이었으나, 최근 현황조사 항목에서는 지하수의 누수정도를 표현할 수 있는 완전건조(Completely dry), 습함(damp), 젖음(wet), 물이 방울져 떨어짐(dripping), 흐름(flowing)의 구분을 사용하였고, 누수시 위치를 사면의 상, 중, 하뿐만 아니라, 좌, 중, 우로도 표현할 수 있도록 수정하였다.

풍화도는 상, 중, 하로 기재하는 단순한 기재 방식에서 ISRM(International Society for Rock Mechanics)에 제안한 풍화분류법에 따라 체크하는 방식으로 수정하였다.

사면에 발달하는 주요 불연속면의 발달 방향은 과거에는 단순히 "암석의 결"이라는 용어를 사용한 바 있는데 수정된 시트에서는 "불연속면 방향성"이라고 보다 공학적인 용어를 채택하였다.

붕괴유형의 경우, 과거에는 붕괴 형태를 기재하는 단순한 방식을 사용했으나, 새로운 시트에서는 붕괴 이력의 유무를 체크할 수 있고 "조사자 소견"항목에서 보다 상세한 기재가 이루어질 수 있도록 확대 · 보완하였다.

뜬돌, 낙석, 암종, 토층심도 항목은 과거 시트에는 없던 항목으로 뜬돌 및 낙석 항목의 경우 사면에 발생할 수 있는 낙석의 양을 직 · 간접적으로 파악할 수 있는 간단한 조사 항목으로 국도관리자의 이해를 돕기 위해 도입되었다.

암종의 경우, 사면 관리시 매우 중요한 항목임에도 불구하고 경험이 많은 전문가의 판단에 의해 기재할 수 있는 항목이므로 기존 시트에서는 누락된 항목이었지만 금번 현황조사 항목에서는 추가하였다. 토층심도의 경우, 주로 암반과 토사의 경계면을 중심으로 붕괴가 발생되는 국내 절토사면의 여건을 고려하여 항목을 추가하였다.

기존 시트 중 "시공현황" 부분은 "절토사면 특성" 내 속성자료로 분류될 수 있다고 판단하여 새로운 시트에서는 절토사면 특성 부분으로 이동시켜 기재할 수 있도록 하였으며, 시공상태를 "양호", "불량"으로 기재할 수 있도록 수정이 이루어졌다.

2.1.3 "조사자 소견" 조사항목 수정

조사자 소견 항목은 최근 현황조사에서 새롭게 작성된 대분류 항목이다. 기존 조사항목에서도 조사자의 판단에 따라 필요공법을 체크하는 항목과 조사자 소견을 간략히 기재할 수 있는 항목이 있었으나, 기존 현황조사의 주 작성자가 비전문가임을 감안하여 기재의 정도를 최소화시켰던 부분이다.

최근 현황조사에서는 새롭게 "계측 추천", "2종 시설물"에 대한 항목을 추가함으로써 보다 명확하고 분명한 계측기 추천사면과 2종 시설물 해당사면에 대한 올바른 파악이 이루어질 수 있도록 조치하였다.

또한, 사면 자체의 위험요소만을 고려한 위험도 요인과 교통량, 이격거리, 평균 차량위험도 등과 관련하여 피해도 요인을 정성적으로 점검할 수 있는 항목도 추가시켰다.

"절토사면 특성" 대분류와 연계시켜 붕괴 유형을 기재하고 위험 구간을 기재할 수 있는 세목을 추가시켰다. 또한, 현장에서 지하수, 풍화도, 절토사면 방향성 등의 기재 항목을 대상으로 직접 위험등급을 기재할 수 있는 항목을 추가시켰다.

사면에 대한 안정화 조치에 대한 긴급성을 표현하기 위한 세부항목으로 "조치"라는 항목을 추가하여 시간적인 응급성을 기재할 수 있는 항목 역시 추가시켰다.

2.2 현황조사 조사 항목 결정

절토사면 현황조사 자료는 크게 절토사면 속성자료와 절토사면 사진자료로 구성된다. 속성자료는 사면 관리 및 위치정보, 일반현황, 절토사면 특성, 조사자 소견 등의 네 부분으로 구성되어 있으며, 사진자료에는 전경사진, 측면사진, 구성암사진, 세부사진 등의 자료를 기록하게 된다.

절토사면 현황조사를 통해 얻어지는 속성자료는 다음의 표 1과 같이 각 부분별로 세세 항목을 기록하게 된다.

이상과 같이, 절토사면 현황조사 속성자료에는 총 4개 부분, 44개의 세부항목을 기록하며, 일반현황 부분의 CSMS 기조사 여부 항목, 조사자 소견 부분의 계측 추천 여부 항목 및 2종 시설물 가능 여부 항목 등은 개별 현장의 현황조사 보고서에서 확인되지 않고 데이터베이스 상에서만 검색되도록 하였다.

절토사면 현황조사를 통해 얻어지는 사진자료는 다음의 표 2와 같이 총 10 장의 데이터를 기록 · 관리하고자 한다.

표 1. CSMS 절토사면 현황조사 속성자료

부 분	세부 조사 항목	
사면 관리 및 위치정보	○ 관리국도사무소 ○ 코드	○ 국도호선 ○ 주소(행정구역)
일반현황	○ 거리표 ○ 차선 ○ CSMS 기조사 여부 ○ 조사기관	○ 위경도 ○ 조사일자 ○ 조사자
절토사면 특성	○ 길이 ○ 경사 ○ 평균 이격거리 ○ 사면종류 ○ 지핫수 누수양상 ○ 풍화도 ○ 사면형상 ○ 계곡부 유무 및 개소수 ○ 뜬돌 유무 및 규모 ○ 암종 ○ 암반형태 ○ 시공현황 및 상태	○ 최대높이 ○ 상부경사 ○ 소단 유무 및 개소수 ○ 주변지형 ○ 지하수 누수위치 ○ 불연속면 방향성 ○ 측면형상 ○ 붕괴이력 ○ 낙석 유무 및 규모 ○ 토층심도 ○ 불연속면 유뮤 및 종류
조사자 소견	○ 계측 추천 여부 ○ 조사자 위험도 ○ 붕괴유형 ○ 위험구간 및 붕괴유형 ○ 조치	○ 2종 시설물 가능 여부 ○ 조사자 피해도 ○ 위험등급 ○ 필요 주공법 ○ 기타

표 2. 절토사면 현황조사 사진자료

종 류	설 명
전경사진	○ 대상 절토사면의 특징을 가장 잘 확인할 수 있는 지점을 중심으로 촬영된 사진
측면사진	○ 대상 절토사면의 시점부 및 종점부 부근에서 절토사면의 경사와 상부자연사면 경사, 측면 형상 등을 확인할 수 있는 지점에서 촬영된 사진 ○ 시점부 측면과 종점부 측면 등 2 종류
구성암사진	○ 대상 절토사면을 구성하는 암반을 확인할 수 있는 근접 촬영 사진
세부사진	○ 대상 절토사면의 특징을 확인할 수 있도록 구간별, 지점별로 세분하여 세부적으로 촬영된 사진 ○ 총 6종류

3. Mobile PC용 현황조사 프로그램 개발

3.1 현황조사 프로그램 개발

현황조사 자료의 체계적이고 과학적인 관리를 위하여 2006년도까지는 현장에서 현황조사 시트를 수기(手記)로 작성하여 이를 실내에서 문서 파일화 및 데이터베이스화하였으나, 방대한 작업량으로 시간적 손실이 매우 심하고, 실내 작업중 획득 자료의 오류가 종종 발생하는 문제점이 발생하였다. 이에 최근에는 현장에서 획득한 자료를 바로 데이터베이스화함으로써 실내 작업량을 최소화하고, 자료의 정확성을 높이기 위해 첨단 IT 기술과의 접목을 시도하였다.

현장에서의 휴대성, 자료 입력 및 수정의 편의성, 다양한 프로그램의 활용성, 자료 확인의 편의성, 향후 무선 통신 활용성 등을 고려하여 Mobile PC에 탑재가 가능한 현황조사 데이터베이스 프로그램을 개발하였다. Mobile PC에 탑재된 현황조사 데이터베이스 프로그램에 현장에서 바로 자료를 입력함으로써 입력 자료의 데이터베이스화를 현장에서 완성할 수 있으며, 입력된 자료는 한글 문서 및 엑셀 문서로도 바로 전환되어 자료 관리 및 자료의 원활한 활용에 도움이 되도록 하였다. 또한, 누락 자료가 발생되지 않도록 각 그룹의 우측 상단에는 경보 아이콘을 두어 자료의 누락이 발생되었을 시 빨간 아이콘이 항시 나타나며, 모든 자료가 입력되었을 시 파란 아이콘으로 변하도록 하였다.

3.2 현황조사 D/B 프로그램 특징

3.2.1 현황조사 D/B 프로그램 요구사항

개발된 현황조사 D/B 프로그램의 요구사항은 다음과 같다.

- 기존 절토사면 현황조사 업무 프로세스와 동일한 작업 프로세스 유지
- 모바일 PC를 활용하여 현장에서 사용할 수 있는 사용자 인터페이스
- One-Stop 방식의 데이터 저장
- 프로젝트 단위의 현황조사 데이터 저장
- 현황조사 포맷의 한글문서 자동생성
- 현황조사 포맷의 엑셀문서 자동생성
- 사진 데이터 저장 및 한글문서에 사진데이터 삽입

3.2.2 현황조사 D/B 프로그램 특징

- One-Stop 방식
  - 기존 절토사면 현황조사 업무 프로세스를 자동화
  - 현장에서의 한번 입력으로 모든 작업 종료하므로 사무실에서 별도의 작업이 필요하지 않음
  - 모든 데이터는 디지털화되어 저장되므로 활용도가 높음
  - 사진자료는 프로젝트 별로 인벤토리를 구성하여 저장되므로 별도의 사진대지 작업이 필요없음

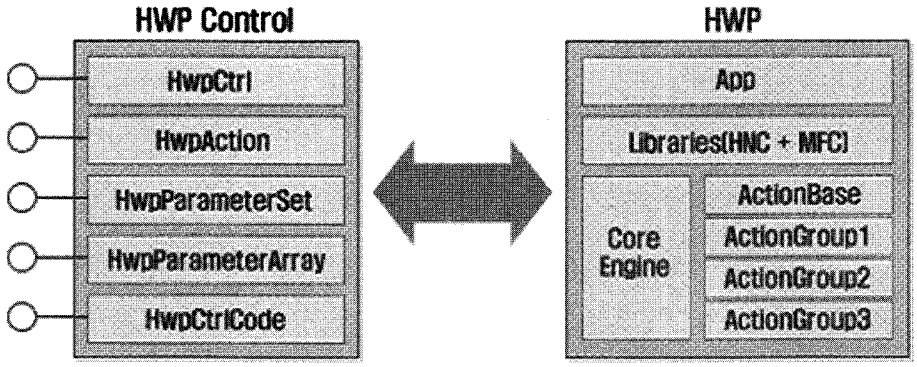


그림 3. HWP Control과 HWP와의 COM 통신

- 현장 작업에 적합한 UI 구현
- 전자펜과 쿼트 키보드를 이용하여 모든 작업 가능
- 모바일 PC의 화면 크기에 적합한 Graphic User Interface 디자인
- 불필요한 전자펜이나 쿼트 키보드 작업을 최소화하여 현장작업 편리성의 극대화
- HWP ActiveX Control을 통한 한글문서 자동생성
- 한글과 COM 통신을 통하여 한글의 내부기능을 외부 프로그램으로 Export 하는 Wrapper 역할을 하는 HWP ActiveX Control을 사용하여 한글과의 호환성 100% 보장
- 한글의 버전에 관계없이 사용가능
- 입력된 데이터를 통해 자동으로 한글 문서를 생성, 저장함으로 기존의 한글 문서 작성을 위한 인력 및 시간 절감
- 입력된 사진을 데이터와 같이 자동으로 한글 문서에 삽입함으로서 사진대지 작성이 필요하지 않으며 불필요한 중복작업을 최소화함

□ Microsoft Office 라이브러리를 활용한 엑셀 문서 자동 생성
- Microsoft사의 Office 라이브러리를 사용하여 엑셀 문서 자동 생성
- 버전에 관계없이 사용 가능
- 엑셀 문서 작성을 위한 시간 및 인력 절감
- 쓰레드를 사용하여 대량의 현황조사 자료를 지연없이 엑셀 문서로 변환

3.2.3 현황조사 D/B 프로그램 개발 환경

□ 개발 Tool : Delphi7 Professional
□ Database : Microsoft Access (MDB)
□ 개발 OS : Microsoft Windows XP Professional
□ 사용 컨트롤 : HWP ActiveX Control
Microsoft Office Libaray
Berg Next Grid

3.3 현황조사 D/B 프로그램 운용

개발된 현황조사 D/B 프로그램은 최초 프로젝트 생성창을 통해 입력이 시작되며, 이때 프로젝트명 및

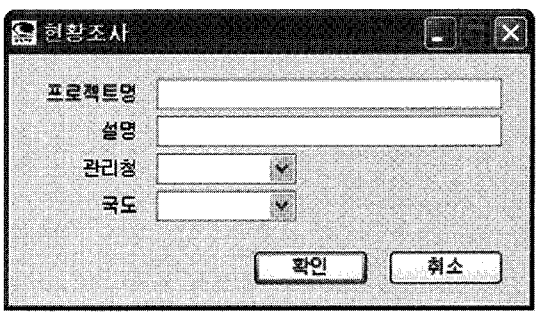


그림 4. 프로젝트 생성창

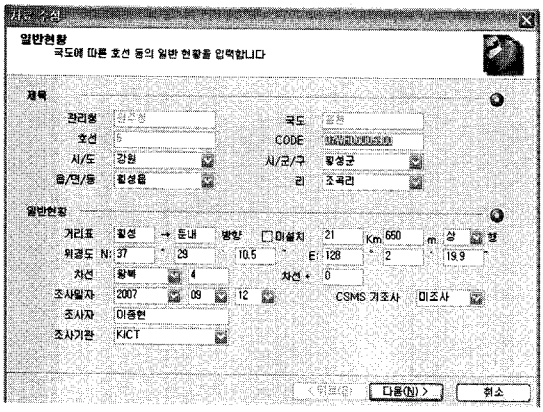


그림 5. 일반현황 입력창

그림 6. 사면 특성 입력창

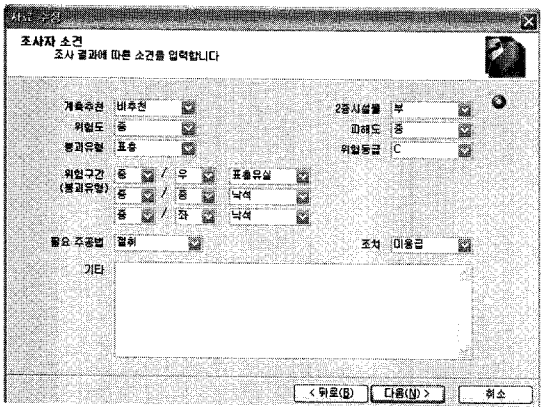


그림 7. 조사자 소견 입력창

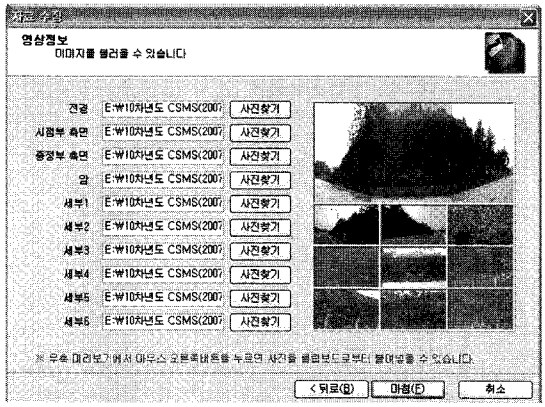


그림 8. 영상정보 입력창

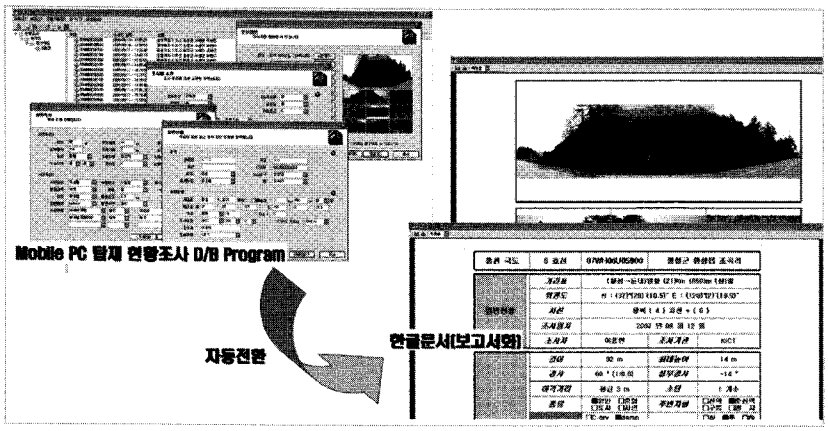


그림 9. Mobile PC를 이용한 절토사면 현황조사

설명, 현황조사 절토사면의 관리청과 국도유지사무소 명을 입력하게 된다(그림 4 참조).

프로젝트 생성 후, 일반현황, 사면특성, 조사자 소견 등과 같은 현황조사 자료를 순차적으로 입력한다(그림 5, 6, 7 참조). 또한, 현황조사 절토사면의 전경, 측면, 암상, 세부사진 등을 획득한 후, 이를

Mobile PC로 불러들여 입력한다(그림 8 참조).

절토사면의 현황조사 자료 입력 후, 영상정보 입력창의 "마침" 버튼을 누르면 현황조사 데이터베이스가 완료되며, 한글 문서와 엑셀 문서가 자동 생성되게 된다.

4. 결론

절토사면의 체계적이고, 과학적인 관리를 위해서 전국에 분포하는 절토사면의 특성 현황을 정확히 파악할 필요가 있다. 2002년도에 국도유지건설사무소 주관으로 국도 절토사면 현황을 파악하여 12,650개소의 절토사면이 국도를 따라 분포하고 있음을 파악한 바 있으나, 이 후 국도 신설노선 공사, 승격국도, 2차선 도로의 확·포장공사, 위험도로 선형개량사업 등으로 절토사면 수가 증가되어 왔으며, CSMS 운용 중 발견되는 기존 현황조사 자료의 문제점 등을 보완하기 위하여 2006년부터 순차적으로 전국 국도변 절토사면의 현황을 재조사하는 업무를 실시하고 있다.

현황조사 자료의 과학적인 관리를 위하여 현장 작업 파일을 실내에서 데이터베이스화하고, 문서화하여 관리하였으나, 작업량이 방대하여 시간적 손실이 매우 심하였다. 이에 현장에서 작성한 자료를 바로 데이터베이스화시켜 업무량을 축소시키기 위한 첨단 IT 기술과의 접목을 시도하였다. 따라서, 현장 자료 입력 시 한글 문서 및 엑셀 문서로 바로 전환되는 프로그램을 개발하였으며, 현장 작업의 이동성을 극대화하면서 자료 관리를 원활히 수행하기 위하여 Mobile PC에 이를 탑재하여 현황조사에 활용하고 있다.

감사의 글

본 연구는 건설교통부 도로절토사면 연구회 운영에 따른 발췌된 내용으로 연구회 운영위원분들께 감사를 드립니다.

참고문헌

1. 김승현, 김승희, 이종현, 구호본(2007), "UMPC를 활용한 국도변 절토사면 조사", 대한지질학회 학술발표회.
2. 객원연구원 연구성과 보고서(2007), "UMPC를 이용한 현황조사 기법 개발", 한국건설기술연구원.
3. 한국건설기술연구원(2006), "2006년도 도로절토사면 유지관리시스템 업무대행", 건설교통부, pp.15~22.