

내비게이션 기반 절토사면 데이터 관리시스템

Slope Navigation based on the Cut Slope Data Management System

배상우* · 김승현** · 이종현*** · 구호본**** · 이윤래*****

Bae, Sang Woo · Kim, Seung Hyun · Lee Jong Hyun · Koo, Ho Bon · Lee, Yun Rae

要 旨

도로절토사면유지관리시스템은 국도를 따라 위치한 절토사면의 붕괴를 예방하고자 고안된 체계적인 유지관리시스템을 말한다. 안전한 도로 관리를 추구하기 위한 시스템을 수행할 목적으로 한국건설기술연구원은 2006년부터 전국 모든 절토사면에 대한 현황 파악 및 데이터베이스를 구축해 오고 있다. IT 기술 응용의 일환으로 GIS기술과 내비게이션 기술을 이용하여 절토사면관리시스템(SLOPE-Navi.)을 개발하였다. 내비게이션 절토사면 데이터관리시스템을 통하여 이전에 구축된 자료에 대한 점검 및 검증을 수행하여, 28,707개의 절토사면 기초조사 자료 및 정밀조사 자료를 내비게이션 지도 내에 수록하였다. 내비게이션 절토사면 데이터 관리시스템은 체계적이고 효율적인 절토사면 DB 관리 및 운용으로 붕괴 사고 예방 및 대책 수립을 위한 현장관리시스템으로 활용성이 클 것으로 판단된다.

핵심용어 : 도로절토사면유지관리시스템, 절토사면, 절토사면내비게이션관리시스템

Abstract

Cut Slope Management System(CSMS) is a systematic maintenance and management system designed to prevent the collapse of cut slopes located along national roads. In order to implement safe road operation system, KICT has started the inventory of cut slopes and developed a cut slope database since 2006. Cut slope database management system using GIS technology and navigation system was developed as a Information Technology application. Through the Cut Slope Navigation System(SLOPE-Navi.), the previously developed database was checked and verified. The converted cut slope inventory data and field investigation data of 28,707 cut slopes were loaded on the navigation map. We consider that the Cut Slope Navigation Management System can be useful as in-situ system, which can be systematic and effective DB management and operation to prevent cut slope collapses and establish a remedial countermeasure as mitigation concerning disasters.

Keywords : CSMS, Cut Slope, Cut Slope Navigation Management System

1. 서 론

우리나라는 지형특성상 70% 이상이 산지로 구성되어 있고 여름철 집중강우 등의 영향으로 발생하는 산사태 및 사면 붕괴로 인하여 국가의 인적·물적 피해가 끊임 없이 이어지고 있다(권오성 외, 2009). 최근 재해에 대한 국가적 관심이 고조되는 가운데 절토사면의 안정성 확보가 무엇보다 중요시됨에 따라 ‘시설물의 안전관리에 관한 특별법’에 절토사면의 안전점검 및 정밀안전진

단의 의무화를 명기하게 되었다. 절토사면의 안정성 확보가 사회적 문제로 대두됨에 따라 관련 기술의 개발이 시급해 졌고 이에 발맞추어 지반공학 기술자들의 기술 개발에 매진하는 실정이다.

한국건설기술연구원은 기존의 절토사면의 유지관리를 보다 체계적으로 수행하기 위하여 효율적인 절토사면 관리를 위해 선진국형 재해관리시스템인 “도로절토사면유지관리시스템(Cut Slope Management System, 이하 CSMS)”개발하여 운용 중에 있다(한국건설기술연

2010년 10월 24일 접수, 2010년 11월 23일 채택

* 교신저자 · 정희원 · 한국건설기술연구원 전임연구원(sjynny@kict.re.kr)

** 한국건설기술연구원 전임연구원(sshkim@kict.re.kr)

*** 한국건설기술연구원 수석연구원(jhrhee@kict.re.kr)

**** 정희원 · 한국건설기술연구원 선임연구위원(hbkoo@kict.re.kr)

***** 정희원 · 경북대학 컴퓨터정보과 겸임교수(candy143@paran.com)

구원, 2010).

절토사면의 체계적인 관리를 위해서는 절토사면의 위치, 절토사면에 대한 기록, 붕괴이력, 조치사항 등을 현장에서 바로 파악하는 것이 무엇보다 중요하다. 그러나 절토사면 정보가 대부분 실내의 컴퓨터에 저장되어 있기 때문에 사면관리자가 이러한 정보를 현장에서 확인하기는 매우 어려운 상황이다.

한국건설기술연구원에서는 절토사면의 데이터베이스의 체계적 관리 및 현장 활용성을 확보할 수 있는 벡터지도를 이용한 내비게이션 기반의 절토사면 데이터베이스 시스템(SLOPE-Navi.)을 구현하였다.

SLOPE-Navi.는 사용자의 편의성을 극대화하고 누구나 손쉽게 절토사면 데이터를 관리 및 활용할 수 있는 시스템으로 구현되어 사용상의 편리성, 데이터의 안정성, 시스템의 확장성이 최대한 반영된 시스템이라 할 수 있다.

본 연구에서는 SLOPE-Navi.와 관련된 환경요소, 시스템 구현 과정을 제시하고, SLOPE-Navi.의 절토사면의 각종 자료 표현 방법 및 운영사항에 대하여 설명하고자 한다.

2. 시스템 구성 및 환경 요소

SLOPE-Navi.는 절토사면정보를 사용자가 편리하게 입출력하기 위한 PC용 데이터베이스 관리시스템과 제공된 양질의 데이터를 활용하기 위한 휴대 단말기(내비게이션)용 DB 조회시스템 및 기존 자료 및 신규발생자료를 검증, 업데이트하기 위한 업데이터 시스템으로 구성된다(그림 1). 표 1은 시스템의 구성 및 환경요소, 기능에 대해 정리하였다.

표 1. 시스템 구성 및 환경요소

시스템구성 환경요소	내비게이션용 절토사면 데이터 시스템	PC용 절토사면 데이터베이스 관리 시스템	기초조사 및 정밀조사 데이터 체크 및 검증 시스템
구동환경	WinCE 4.0 이상	Windows 2000 이상	Windows 2000 이상
클라이언트		Windows XP 이상	Windows XP 이상
개발언어	Microsoft eMbedded Visual C++ 4.0	Microsoft Visual C++ 6.0, Delphi 7.0	Delphi 7.0
데이터베이스	SQL Light	MS-SQL 2005	Excel data Import, MS-SQL 2005
내비게이션 연동 벡터지도 제어	자체 개발한 GIS 엔진	-	-
기능	<ul style="list-style-type: none"> GPS 오차 최소화, 위치 자동 표시 (위치 산출) 절토사면 심볼 처리 기초조사 정보 조회 사진정보관리 내비게이션 기능 	<ul style="list-style-type: none"> 절토사면 기초정보 관리 정보 입력, 수정 조회 및 삭제 (목록검색) 사진정보관리 현장보고서 관리 내비게이션 맵 기능 	<ul style="list-style-type: none"> 위치 정보 검증 위경도 정확성 검증 행정구역 및 위경도 이용한 거리표 정보 검증

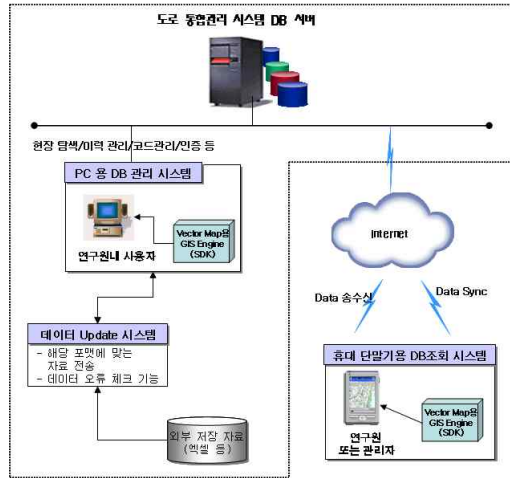


그림 1. 구축시스템 구성도

3. 시스템 구현

3.1 절토사면 데이터베이스 구축

절토사면 데이터베이스 구축 흐름은 업무분석을 통한 데이터모델링(Data Modeling)을 이용하였다. 데이터모델링이란 복잡한 실제 상황을 단순화하여 실제 상황에 존재하는 객체들을 식별하고 이들 객체와 객체 사이의 관계를 정의함으로써 컴퓨터상의 데이터베이스를 추상화된 개념으로 이해하기 쉽게 할 뿐만 아니라 사용자들 사이의 의사소통을 원활히 할 수 있도록 도와주는 도구로서 본 시스템에 독립적인 의미를 좀 더 기본적인 속성들로 분해할 수 있는 복합 속성(Composite Attribute)인 절토사면 기본코드를 부여하고 이를 통한

호선, 상/하행 구분 등의 속성들로 분석이 가능하게 구현하였다. 즉 절토사면 기본코드 "07WK31U07800"는 07은 조사년도 31은 국도 호선, W는 원주지방국토관리청, K는 강원국도관리사무소, U는 상행선, 07800은 절토사면 번호 등의 식별자로 분해가 가능하게 구현하였다. 또한 검색 등 조회를 위한 테이블과 입력/수정/삭제와 같이 데이터의 변경이 발생하는 테이블을 가능한 별도로 구성하고 조회 속도를 고려해 검색 조건이 필요한 필드(FK, Foreign Key 포함)에 인덱스(Index)를 부여하게 시스템 디자인을 하였다.

시스템 디자인 과정을 거쳐서 시스템을 이용한 데이터베이스 튜닝 작업을 실시하여 데이터베이스 응답 속도 및 데이터 구조에 대한 검증 과정을 거침으로써 최종 사용자(PC 및 SLOPE -Navi. 사용자)는 절토사면 데이터베이스를 관리 및 조회할 수 있도록 구현하였다(그림 2). 데이터베이스 튜닝은 일반적인 SQL 문장 튜닝 작업을 하였고 이를 위해 SQL 문 작성 시 같은 타입(Type, 형식)으로 비교하고, WHERE 절 안에 비교 조건 시 인덱스(Index) 필드를 이용하고, 불필요하게 DBMS에서 제공하는 함수(SUM, SIGN, DECODE, NVL 등)를 사용하지 않게 구현 하였다.

절토사면 데이터베이스 구축에서 가장 기본이 되는 것은 각각의 자료에 대한 연계성의 구현이다. 본 시스템에 저장되어 있는 자료의 명칭은 수백 가지이며, 이러한 자료를 통합적으로 입력, 수정, 조회, 검증 하기 위해서는 독립적인 각 정보의 연계성 구현이 반드시 필요하다. 예를 들어 기초조사를 실시한 동일한 절토사면에서 붕괴가 발생되어 몇 년 뒤 정밀조사를 다시 실시하였다면 이 절토사면은 기초조사 자료와 정밀조사 자료의 두 가지 정보를 가지게 된다. 시스템에서 기초조사 자료와 정밀조사 자료를 통해 조사대상 절토사면이 동일한 현장임을 검증하기 위해 관리청, 관리국도, 위경도, 거리표, 사면코드 등의 질의를 통해 검증할 수 있는데 기초조사 정보 테이블에서 '위경도'란 명칭과 정밀조사 자료의 '위경도' 명칭이 다르다면 검증이 불가능하게 된

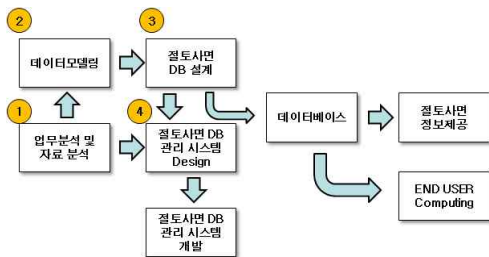


그림 2. 절토사면 데이터베이스 구축 FLOW

다. 또한 여러 가지 정보를 검색·수정하기 위해서도 각 자료의 연계성의 구현이 필요하게 된다. 이러한 각각의 테이블의 연계를 위해 절토사면 데이터베이스 관련 명명 규칙(Naming Rule), 인덱스(Index)정의, 코드 관리를 위한 Master 테이블 정의, 절토사면 코드 부여 방식을 정의하여 시스템화하였다.

코드 관리를 위한 Master 코드 정보 테이블은 관계형 데이터베이스(RDBMS)의 특성을 고려하여 데이터의 경량화(코드화 또는 Master/Detail 테이블 구조), 중복 데이터의 제거를 할 수 있는 구조 설계를 위해 절토사면의 입력 정보를 가능한 코드화 하여 실제 데이터 저장 시 코드만 저장하도록 하여 테이블의 저장 용량을 줄이고 동일한 명칭의 데이터를 구별하게 설계하였다. 이러한 기초코드 관리를 통하여 기초코드로 구축된 정보를 사용할 때는 코드값만 저장이 되므로 실제 데이터 명이 수정되거나 하여도 기초 코드만 수정하면 모든 테이블에 적용이 가능하도록 하였다(그림 3).

정밀조사 및 기초조사 데이터 연계를 위한 데이터 구조로는 정보 관리를 위한 코드화 정보 (절토사면 관련 기초 정보)와 관리청 → 국도 → 호선 → 상/하행선 으로 구분(예시: 대전청/충주/5호선/상행 ⇒ DC05U) 되



그림 3. 관리주체 및 절토사면 테이블간의 관계형 예시

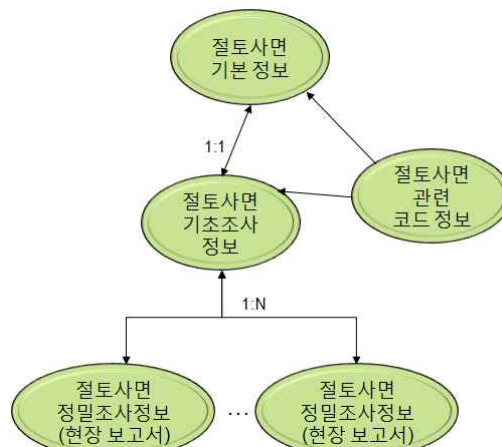


그림 4. 기초조사 및 정밀조사 데이터 연계를 위한 데이터 구조

어 있는 28,707개의 절토사면 정보를 구축하였으며, 1개소의 절토사면에 여러 개의 정밀조사보고서가 발생할 수 있으므로, N개의 정밀조사 정보(현장 보고서) 관리 등 절토사면 코드에 기초조사 정보와의 연계 및 N개의 정밀조사(현장보고서) 정보를 가진 구조로 구현되었다(그림 4).

3.2 내비게이션 절토사면 관리시스템

내비게이션 지도와 연계되어 구축된 절토사면 정보의 심볼(Symbol)은 그림 5와 같이 절토사면 데이터 높이 정보(절토사면 높이 - 노랑 : 20m 미만, - 파랑 : 20m 이상 ~ 40m 미만, - 초록 : 40m 이상)에 따라 심볼의 색상을 다르게 표현하여 사용자가 사면높이 정보만 가지고도 쉽게 검색할 수 있도록 구현하였다.

심볼을 클릭하면 그림 6, 7과 같이 해당 절토사면의 일반 현황, 절토사면의 특성, 조사자 의견 및 사진(전경, 시점부 측면, 종점부 측면, 세부사진) 등 해당 지점의 다양한 멀티미디어 정보를 내비게이션을 이용하여 조회할 수 있으며, 해당 사면의 특이사항을 기록하고 기록된 정보는 데이터 싱크 기능을 이용하여 절토사면 데이터베이스에 통합 관리할 수 있도록 되어 있다. 따



그림 5. 심볼의 절토사면 높이별 분류

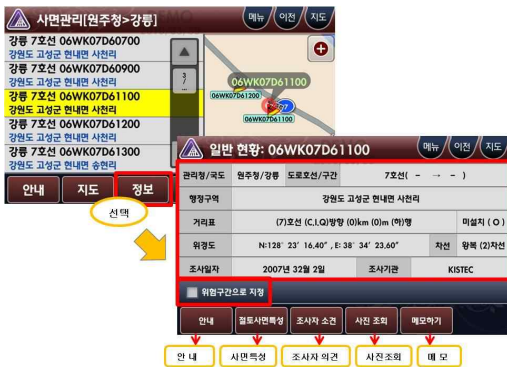


그림 6. 절토사면 현황 정보 조회 화면



그림 7. 절토사면 현황정보 세부내용 조회 화면



그림 8. 위험구간 설정 화면

라서 여러 절토사면 지점의 특이사항을 통합관리시스템을 통하여 관리 조회할 수 있으며, 위험징후 발견시 그림 8과 같이 위험 구간 설정 기능을 통해 해당 절토사면 심볼은 빨간색으로 표현되도록 구현하였으며, 특이사항과 마찬가지로 절토사면 데이터베이스에 정보를 전달하여 관리할 수 있게 하였다.

내비게이션 내의 벡터 지도에 표현된 절토사면 심볼은 사용자로 하여금 원하는 정보에 따라 절토사면 코드, 호선 및 번호, 정밀조사 보고서 개수 표시와 같이 사용상의 편리성에 따라 원하는 형태로 벡터지도의 제어가 가능하도록 하였으며, 자체 개발한 데이터베이스 검색 엔진을 이용하여 필터링을 통한 검색, 절토사면 코드를 이용한 검색, 지도상에서 해당위치 검색 등 다양한 방식의 절토사면 검색 기능을 제공함으로써 위치 검색이나 주행 중에도 내비게이션의 모든 기능을 동일하게 사용하면서 절토사면 DB를 조회할 수 있도록 하였다(그림 9).



그림 9. 내비게이션과 연동된 절토사면 정보 옵션 및 검색 화면

내비게이션 벡터지도 기반의 GIS 자료 처리 과정은 그림 10과 같이 입력, 분석, 출력 부분으로 나누어 처리가 가능하며, 첫 번째 입력 프로세스는 다양한 디지털 자료 변환방법을 포함하고 있다. 컴퓨터 시스템 상에서 사용할 수 있는 공간자료를 획득하는 것을 목적으로 수치 지도가 스크린 상에 나타나도록 디지털라이징 테이블 위에 지도를 등록하는 지도 디지털라이징 루틴, 절토사면 DB 정보(위치 및 속성정보)와 사진 등 멀티미디어 데이터를 로드하는 루틴이 이에 해당된다.

두 번째 분석 프로세스는 비위상적 분석과 위상적 분석으로 나누어진다. 비위상적 분석은 연동 데이터의 질의(SQL: Structured Query Language)를 통한 데이터 분석, 위치정보(위경도, 주소)의 좌표 변환, 도로상의 지점 대 지점의 거리 계산, 상하행선/일련번호에 따른 절토사면의 정확한 위치 분석을 말하며, 위상적 분석은 동일한 위치의 중첩 분석, 시/종점에 따른 거리 분석, 도로 레이어 및 사면 레이어의 재분류, 네트워크 분석

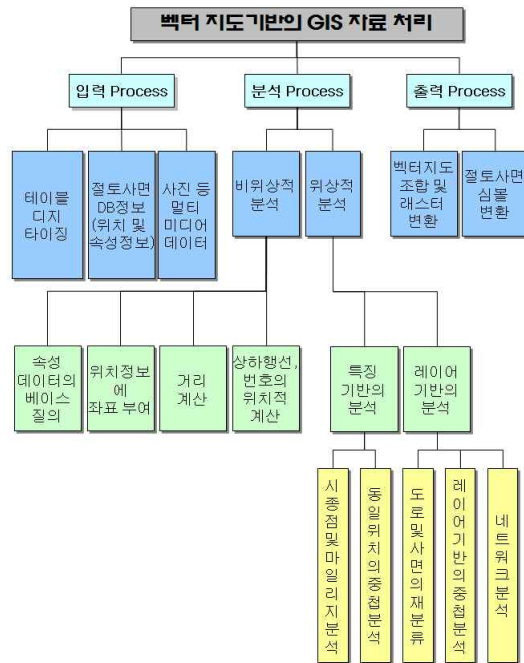


그림 10. 내비게이션 벡터지도 기반의 GIS 자료 처리 Flow

으로 처리하는 루틴에 해당된다.

마지막으로 출력프로세서는 벡터지도 조합 및 래스터 변환을 통하여 벡터지도의 출력 처리와 입력된 데이터에서 분석을 통하여 얻어진 결과(절토사면 정보)를 별도의 레이어로 구성하여 표현되는 루틴으로 처리하였다.

3.3 기초 및 정밀점검 데이터 체크 및 검증

절토사면 기초 및 정밀점검 데이터 체크 및 검증 시스템은 기 구축된 절토사면 데이터를 벡터 지도의 좌표를 이용하여 해당 위치, 상하행선, 위경도의 정확성, 거리표 위치와 노선별 거리 등에 대한 데이터의 벡터지도 상에 구현 과정 중 오류를 자동 추출하여 절토사면의 위치를 도로에 인접하도록 수정하고 실제 도로 네트워크에도 상/하행에 대한 구분이 가능하도록 변환함으로써 관리자로 하여금 본 시스템을 이용하여 실제적인 검증을 통한 데이터의 수정 보완이 가능하게 하였다. 이러한 기능을 구현하기 위해서는 벡터지도를 제어하는 API(Application Programming Interface)의 개발이 필요했으며 표 2와 같은 API 함수를 개발하였다(그림 11). 위와 같이 구현된 API를 사용하여 그림 12, 13, 14와 같이 절토사면 위치 정보 검증을 위해 자체 개발

표 2. API 함수 정의

API 명 : ROADSLOPE_Find
 Ret = ROADSLOPE_Find(국도번호, 방향, x, y, 거리, up, &up_dist, dn, &dn_dist);

방향은 0x01(상행), 0x02(하행), 0x03(양방향)으로 구분한다.
 거리는 시점부터 절토사면 위치까지의 도로상의 거리를 입력한다.
 &up_dist, &dn_dist 는 도로상에서 수직으로 떨어진 거리를 반환하며 실제 Display를 위하여 이동해야 하는 거리이다.
 Ret에는 찾아낸 방향 값이 들어가며 0x00인 경우, not found(해당없음)로 처리한다.
 찾은 정보(up, dn)와 해당 mileage까지의 거리가 up_dist, dn_dist에 저장되어 사용할 수 있다.

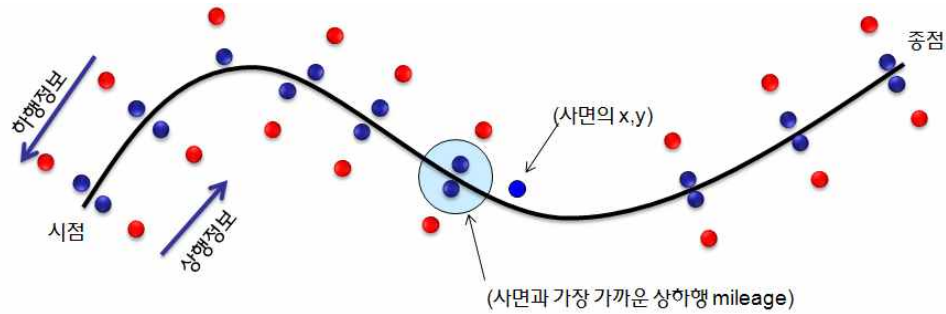


그림 11. 벡터지도를 이용한 데이터 검증 API 구조도

한 벡터지도 제어용 Mapper.exe와 내비게이션 프로그램 Rousen_Tool.exe를 이용하여 국도별 시/중점 및 상/하행 구분 작업을 하였으며, 절토사면 위·경도에 위치

한 포인트를 가장 가까운 도로부터 수직으로 이동하고 거리표와 일련번호를 체크하여 해당 위치에 적합한 결과 순으로 리턴하는 방식으로 구현하였다.

이러한 체크 및 검증 과정을 통하여 현재 28,707 개 지점의 절토사면 데이터가 수록되어 있으며 동일 절토사면의 기초조사 자료와 정밀조사 자료를 일치화 시키는 작업을 통하여 내비게이션용 절토사면 데이터베이스 시스템 뿐 아니라 절토사면 데이터베이스 통합관리 시스템에서도 통합된 데이터를 관리 운용할 수 있게 구축되었다.

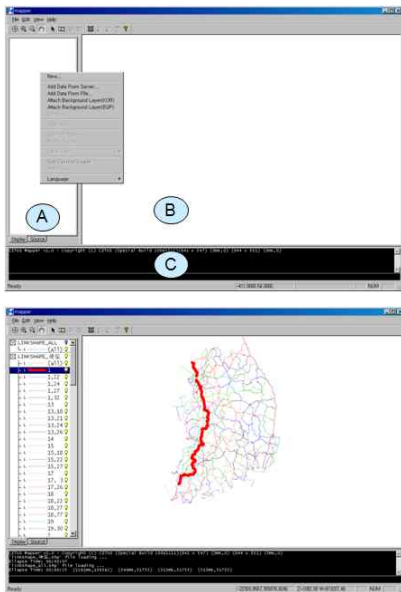


그림 12. Mapper.exe 실행화면



그림 13. Rousen_Tool.exe 실행 화면

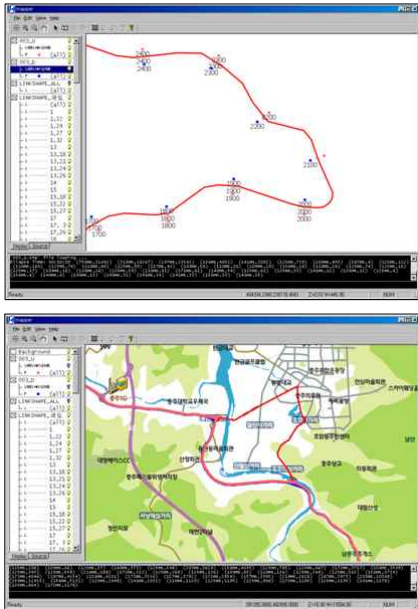


그림 14. 데이터 체크 및 검증 결과 화면

4. 결론 및 제언

내비게이션 절토사면 관리 시스템의 개발로 인해 절토사면의 붕괴 후 대책공법을 강구하는 기존의 소극적인 재해예방 방식을 탈피하고 체계적인 데이터베이스 구축 및 유지관리를 통해 위험절토사면을 파악하여 사전에 대책을 강구할 수 있는 기틀이 마련되었으며, 절토사면의 코드화로 인해 사면 관리자와 전문가와의 원활한 소통이 가능하게 되었다. 특히 현장성을 고려하여 개발한 시스템으로 휴대가 간편하고 쉬운 조작으로 인해 관리자가 직접 휴대하여 현장에서 절토사면의 정보를 파악함으로써 긴급 상황 발생 시 절토사면에 맞는 적절한 응급복구 및 대체가 가능하게 되었다. 또한 기존의 데이터베이스 관리 시스템으로써 기능 뿐 아니라 자료 입력부터 통계/분석 조회까지 가능한 시스템 업그

레이드를 통해 점검/진단 및 유지관리 단계에 필요한 절토사면에 대한 모든 정보를 체계적으로 획득·구축하고 상태평가 및 보수보강 우선순위 등의 진단/분석 시스템을 구축하고자 한다. 또한 스마트폰 등을 이용한 무선 통신 기술을 접목하여 양방향 통신을 이용한 위험 발생 등 실시간 절토사면 정보를 송수신하여 대처할 수 있는 절토사면 데이터베이스 활용 시스템으로서의 최적화 된 시스템으로 발전할 것으로 기대한다.

참고문헌

1. 권오성, 정상, 홍남경, 이종현, 최지용, 2009, 국가차원의 체계적 사면재해예방 및 유지관리시스템 운용, 한국지반공학회, 25, pp.22-29.
2. 김승현, 2006, 유비쿼터스 기술을 이용한 절토사면유지관리, 건설기술정보, pp.26-29.
3. 안대훈, 최우경, 서재용, 김성현, 전홍태, 2007, "A Study on Optimal Path Searching using Fuzzy, GAS and TSP" ISIS 2007.
4. Papadias, D., Zhang, J., Mamoulis, N., and Tao, Y., 2003, "Query Processing in Spatial Network Databases," In Proc. Int'l Conf. on Very Large Data Bases, VLDB, pp.802-813.
5. M. Abboud, L. Mariya, A. Jaoude, and Z. Kerbage, 2004, "Real Time GPS Navigation System," 3rd FEA Student Conference, Department of Electrical and Computer Engineering, American University of Beirut.
6. 김재훈, 정성원, 박성용, 2003, "모바일 컴퓨팅 환경에서의 디지털 로드맵 데이터베이스를 위한 근접 최단 경로 재계산 방법" 한국정보과학회, 30, 296-309.
7. 황선근, 이성혁, 김현기, 김정무, 2003 "Web GIS를 이용한 철도 지반정보 관리프로그램의 개발" 한국철도학회, 춘계학술대회 논문집 2003.
8. 한국건설기술연구원, 2009, "2009년도 도로절토사면 유지관리시스템 운영", 국토해양부 pp.179-208.