네비게이션을 이용한 절토사면 데이터 관리 시스템 (Slope-Navi) 구현
Application of Navigation System on the Cut Slope Management

배상우[1], Sang-Woo Bae, Ferdinand E. Bautista[2], 구호본[3], Ho-Bon Koo, 이윤래[4], Yun-Rae Lee

[1] 한국건설기술연구원 전임연구원, Research Specialist, Korea Institute of Construction Technology
[2] 한국건설기술연구원 수석연구원, Senior Researcher, Korea Institute of Construction Technology
[3] 한국건설기술연구원 선임연구위원, Senior Research Fellow, Korea Institute of Construction Technology
[4] 경복대학 컴퓨터정보과 겸임교수, Professor, Dept. of Computer Science & Information, Kyungbok College

SYNOPSIS : Cut Slope Management System(CSMS) is a systematic maintenance and management system designed to prevent the collapse of cut slopes located along national roads and to minimize damages caused by slope collapse related accidents. In order to implement a maintenance and management system that will ensure safe road operation, the Korean government has started the inventory of cut slopes and developed a cut slope database since 2006. The study on the application of cut slope database is on-going and part of this study is the development of cut slope database management system (Slope-navi) using GIS technology and navigation system for the effective and efficient cut slope management using Information Technology. Using the Navigation Cut Slope Data Management System the previously developed database was checked and verified. The converted cut slope inventory data and field investigation reports of about 20,000 cut slopes were loaded in the navigation map. Through the development of the navigation's cut slope data search system, a systematic and efficient cut slope database management and operation in the prevention of slope collapse and remedial measure selection was established.

Key words : Cut Slope Management System(CSMS), Cut slope, Navigation,

1. 서 론

"도로절토사면 유지관리시스템(Cut Slope Management System, CSMS)"은 국도에 존재하는 절토사면에 대하여 체계적인 유지·관리를 통한 사면의 안전사고 예방 및 국도유지보수 예산을 효율적으로 집행하여 안정적인 도로 운영이 이루어질 수 있는 정부 차원의 유지관리시스템을 운용하는 것을 목적으로 하고 있다.

절토사면의 과학적이고 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 어렵다. 이러한 측면에서 IT기법을 이용한 효율적이며 효과적인 절토사면 관리를 위해 GIS 기술과 네비게이션 시스템을 접목한 "네비게이션을 이용한 절토사면 데이터 관리 시스템(Slope-Navi)"을 개발하게 되었다.

"네비게이션을 이용한 절토사면 데이터 관리 시스템(Slope-Navi)"은 전국 국도 내 절토사면의 현황조사 DB를 휴대단말기, PDA, 네비게이션 등에 탑재하여 도로관리자가 실제 절토사면의 현황을 현장에서

직접적으로 파악할 수 있으며, 절토사면의 데이터를 통해 위험절토사면 관리 및 붕괴 전 사전관리가 용이하도록 하는 시스템을 말한다.

절토사면은 시간 및 환경적인 요인(강우, 강설)에 의해 많은 변화가 일어나며, 그 변화의 현상으로 낙석 및 산사태가 발생하여 많은 피해를 주기도 한다. 이렇듯 절토사면의 이력관리는 무엇보다 중요하다 할 수 있다. 이러한 측면에서 본 시스템의 가장 큰 장점은 전문가에 의해 조사, 수집된 자료를 국도 관리자가 직접 현장에서 확인 가능하며, 현장에서 절토사면의 현 상태를 직접 확인하고 절토사면 내 이상 징후 발견 시 즉시 코드화된 사면자료를 이용하여 국도관리자와 전문가간의 원활한 소통이 가능하며 또한 긴급한 상황 발생 시 기 조사된 자료를 바탕으로 효율적인 대처 및 관리가 가능하다는 것이다. 따라서 본 시스템의 개발로 인해 DB화를 통한 절토사면의 체계적·과학적 관리가 가능할 것이며, 현장에서 국도관리자가 손쉽게 정보를 이용하여 절토사면을 관리함으로서 안정적이고, 효율적인 절토사면 관리가 가능할 것이다.

2. 시스템 환경 요소

"네비게이션을 이용한 절토사면 데이터 관리 시스템(Slope-Navi)"은 다음과 같이 절토사면 정보를 사용자가 편리하게 관리 및 조회하기 위한 PC용 절토사면 데이터베이스 관리 시스템과 양질의 데이터를 제공하여 활용하기 위해 네비게이션용 데이터 조회시스템, 구축된 데이터의 정확성을 판단하기 위한 데이터 체크 및 검증 시스템으로 구성되어 있다. 데이터베이스는 Windows 기반의 MS-SQL 2005 이며, 개발언어는 벡터지도의 제어를 위한 시스템 제어 기능이 우수한 Visual C++, 데이터를 관리(입력, 수정, 삭제, 검색, 통계 등)할 수 있는 시스템으로 Database 관리가 뛰어나고 User Interface 기능 구현이 우수한 DELPHI 7 및 WinCE 기반의 네비게이션 과의 연동을 위하여 Microsoft eMbedded Visual C++ 4.0 으로 개발되어 사용자의 편이성을 극대화하고 누구나 손쉽게 절토사면 데이터를 관리 및 활용할 수 있는 시스템으로 구현되어. 사용상의 편리성, 데이터의 안정성, 시스템의 확장성이 최대한 반영될 수 있도록 시스템을 구축하였다(표 1).

표 1. 데이터베이스 관리 시스템 환경요소

	PC용 절토사면 관리 시스템	네비게이션용 조회 시스템	데이터 체크 및 검증 시스템
구동환경	(서버) : Windows 2000 (클라이언트) : Windows XP	WinCE 4.0 이상	(서버) : Windows 2000 (클라이언트) : Windows XP
개발언어	Microsoft Visual C++ 6.0 Delphi 7.0	Microsoft eMbedded Visual C++ 4.0	Delphi 7.0
데이터베이스	MS-SQL 2005	SQL Light	Excel data Import MS-SQL 2005
네비게이션 연동	-	자체 개발 GIS 엔진	-
벡터지도 제어	자체 개발 GIS 엔진	-	-

3. 시스템 구현

3.1 PC용 절토사면 데이터베이스 구축

절토사면 데이터베이스 구축 FLOW는 업무분석을 통한 데이터모델링(Data Modeling)을 이용하여 최

적화된 데이터베이스를 설계하고 데이터베이스 관리 시스템 개발을 위한 시스템 디자인 과정을 거쳐서 시스템을 이용한 데이터베이스 튜닝 작업을 실시하여 데이터베이스 응답 속도 및 데이터 구조에 대한 검증 과정을 거침으로써 End User(PC 및 네비게이션 시스템 사용자)는 절토사면 데이터베이스를 관리 및 조회할 수 있다.

절토사면 데이터베이스 관련 명명 규칙(Naming Rule)을 정의하면 데이터베이스명은 프로젝트명을 기본으로 지정하며 테이블은 필드와 인덱스와의 구분을 위하여 [TB_] 로 시작하고 관계형 테이블의 구분을 위하여 Master 테이블은 경우 [TB_M_], Detail 테이블은 [TB_D_], 그 이외에 데이터 테이블은 [TB_데이터 약어_] 의 구조로 정한다. 필드명은 필드 타입에 따른 구분을 위해 Integer(정수형) => n, Char(문자형) => c , Varchar(가변문자형) => v, Date(날자형) => d , Text(메모형) => t를 접두사로 사용하고 해당 필드의 내용에 맞는 영문자로 정하는 것을 원칙으로 하고 Master Table 인 경우 코드에 해당하는 필드는 ID 라는 접미사를 사용하며 필드의 유형(TYPE) 과 길이(LENGTH) 는 데이터의 유형에 따라 결정하고 최소한의 메모리를 사용할 수 있게 설계하고 유일성 여부(Uniqueness Option), 널 여부(NULL Option) 기본 값 (Default Value) 또한 충분히 고려하여 설계하였다(그림 1).

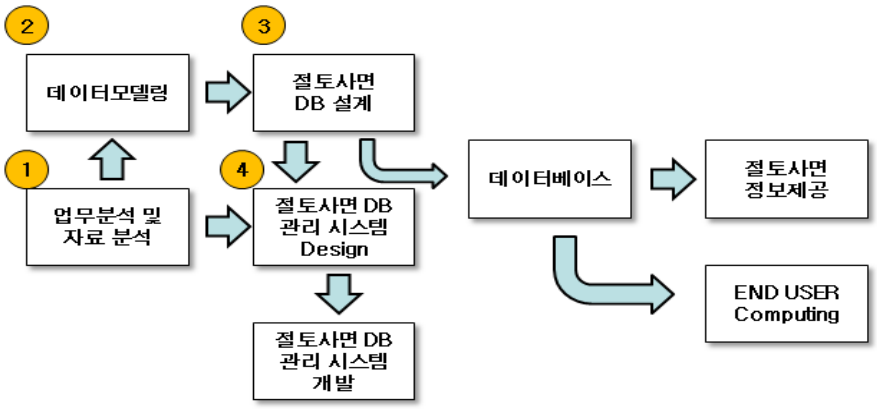

그림 1 절토사면 데이터베이스 구축 FLOW

또한 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 구조로 설계하였으며 이러한 기초코드 관리를 통하여 기초 코드로 구축된 정보를 사용할 때는 코드값만 저장이 되므로 실제 데이터명이 수정되거나 하여도 기초 코드만 수정하면 모든 테이블에 적용이 가능하다. 아래 그림 2 와 같이 관리청 테이블의 관리청 ID 필드와 절토사면 테이블의 관리청 ID는 1:N 의 관계을 유지하면서 최종 절토사면 테이블까지 코드화된 정보를 이용한 구조로 구축되어 있으며 이와 마찬가지로 조사기관 테이블, 풍화도, 불연속면 방향성 테이블 등의 Master 테이블로 설계/구축되었다.

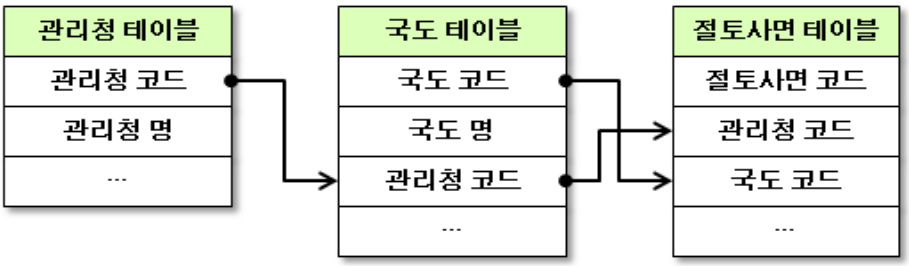

그림 2 절토사면 데이터베이스 구축 FLOW

기초조사 및 정밀조사 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) 되어 있는 20,000 개 이상의 절토사면 정보 구축하였으며 년도별 (차수별) 보고서 파일의 관리, 1개의 절토사면에 N 개의 정밀조사 정보(현장 보고서) 관리 등 절토사면 코드에 기초조사 정보와의 연계 및 N개의 정밀조사(현장보고서) 정보를 가진 구조로 이루어져 있다(그림 3).

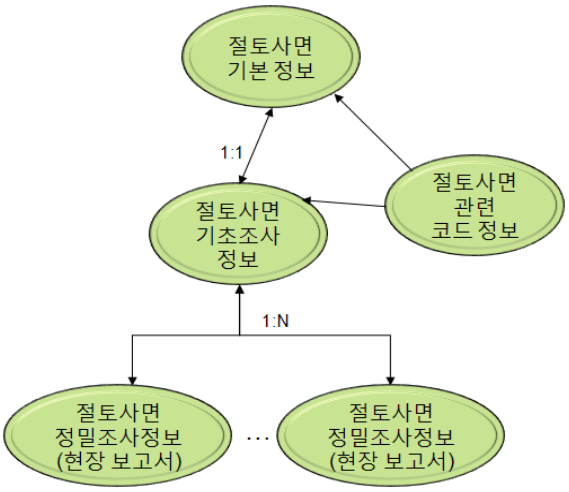

그림 3 현장조사 및 현황조사 데이터
연계를 위한 데이터 구조

3.2 네비게이션용 절토사면 데이터 시스템

그림 4 네비게이션와 연동된 절토사면 DB 시스템 화면

네비게이션 지도와 연계되어 구축된 절토사면 정보의 심볼(Symbol)화는 절토사면 데이터 정보(절토사면 높이 : ☞ 노랑 : 20m 미만 , ☞ 파랑 : 20m 이상 ~ 40m 미만, ☞ 초록 : 40m 이상)에 따라 그림 4 와 같이 심볼의 색상이 다르게 표시되며 해당 절토사면 심볼(Symbol)을 클릭하면 아래 그림 5 와 같이 해당 절토사면의 일반 현황, 절토사면의 특성, 조사자 의견 및 전경, 시점부 정면, 종점부 정면 등 해당 지점의 다양한 멀티미디어 정보를 네비게이션을 이용하여 절토사면을 조회할 수 있으며 특히 해당 사면의 특이 사항을 기록하고 기록된 정보는 데이터 조합 기능을 이용하여 절토사면 데이터베이스에 통합

관리할 수 있도록 되어 있어 여러 절토사면 지점의 특이사항을 통합 관리 시스템을 통하여 관리 조회 할 수 있으며 위험 구간 설정시 해당 절토사면 심볼(Symbol)은 빨간색으로 구현 되며 특이사항과 마찬가지로 절토사면 데이터베이스에 정보를 전달하여 관리할 수 있게 구현하였다.

그림 5 네비게이션와 연동된 절토사면 정보 조회 화면

또한 그림 6 과 같이 네비게이션내의 벡터 지도에 Display 된 절토사면 심볼은 사용자로 하여금 원하는 정보에 따라 절토사면 코드, 호선 및 번호, 현장보고서 개수, 심볼만 표시와 같이 사용상의 편리성에 따라 원하는 형태로 벡터지도의 제어가 가능하며 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 주행중에도 네비게이션내의 모든 기능을 동일하게 사용하면서 절토사면 DB를 조회할 수 있다.

그림 6 네비게이션와 연동된 절토사면 정보
옵션 및 검색 화면

이러한 시스템을 구축을 위한 네비게이션 벡터지도 기반 GIS 자료 처리 과정은 입력 Process, 분석 Process, 출력 Process 부분으로 나누어 처리가 가능하다. 첫 번째 입력 Process 는 다양한 디지털 자료 변환(digital data conversion)방법을 포함하고 있으며, 컴퓨터 시스템 상에서 사용할 수 있는 공간자료를 획득하는 것이 목적으로 수치 지도가 스크린 상에 나타나도록 디지타이징 테이블 위에 지도를 등록하는 지도 디지타이징 루틴, 절토사면 데이터베이스 정보(위치 및 속성정보)와 사진 등 멀티미디어 데이터를 Load 하는 루틴이며, 두 번째 분석 Process 는 비위상적 분석과 위상적 분석으로 나누어지지며 비위상적 분석은 연동 데이터의 질의(SQL:Structured Query Languege)를 통한 데이터 분석, 위치정보(위경도, 주소)를 좌표로 변환, 도로상의 거리 계산, 상하행선/일련번호에 따른 절토사면의 정확한 위치 분석이며 위상적 분석은 동일한 위치의 중첩 분석, 시/종점에 따른 거리 분석, 도로 레이터 및 사면 레이어의 재분류, 네트워크 분석으로 처리하는 루틴이다. 마지막으로 출력 Process 는 벡터지도 조합 및 레스터 변환을 통하여 벡터지도의 입출력 처리와 입력된 데이터에서 분석을 통하여 얻어진 결과(절토사면 정보)를 별도의 레이터를 구성하여 구현 되는 루틴으로 처리하였다(그림 7).

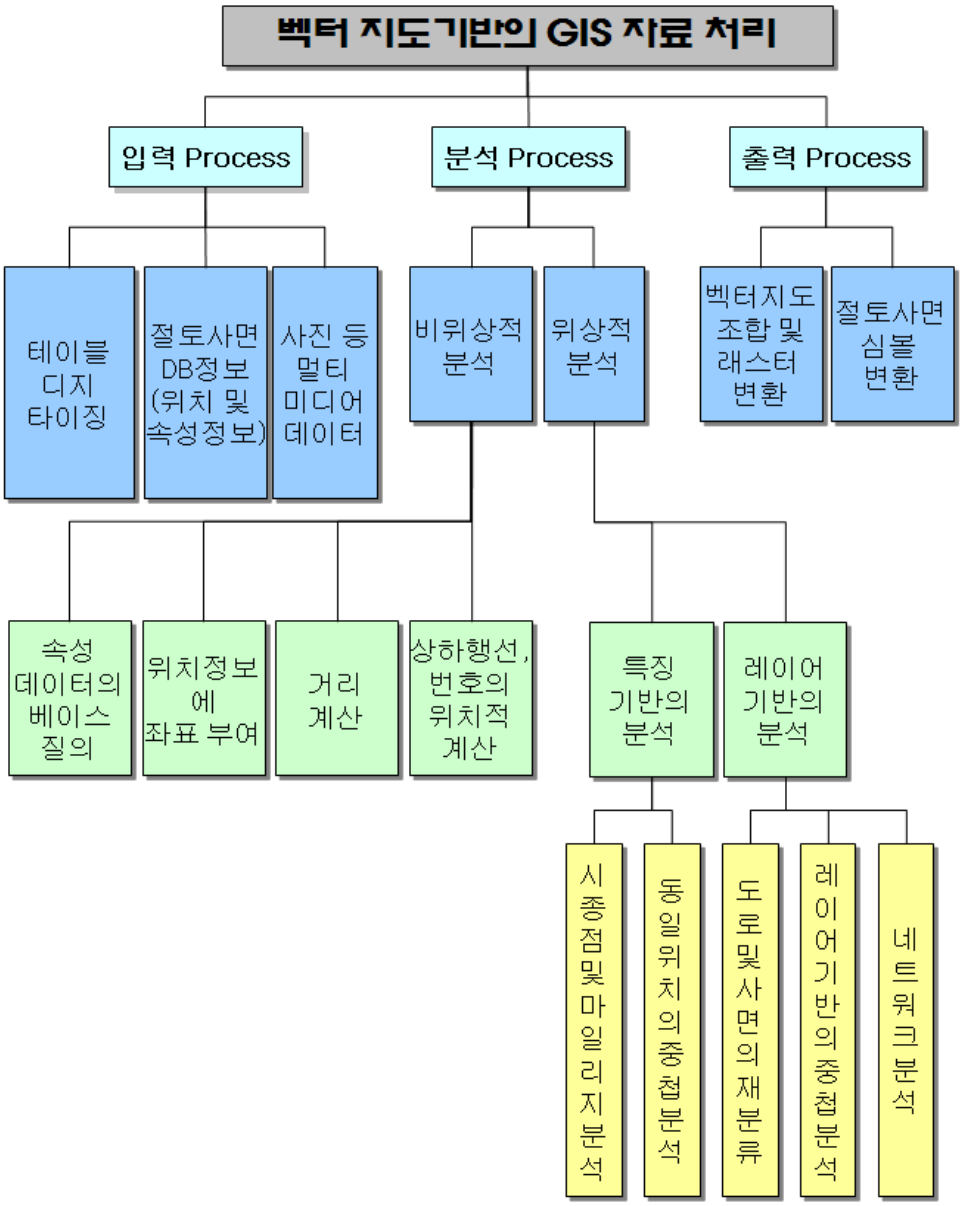

그림 7 네비게이션와 연동된 절토사면 정보 조회 화면

3.3 기초 및 정밀점검 데이터 체크 및 검증 시스템

벡터지도를 이용한 절토사면 데이터 체크 및 검증 시스템은 기 구축된 절토사면 데이터를 벡터지도의 좌표를 이용하여 해당 위치, 상하행선 , 위경도의 정확성, 거리표 위치와 노선별 거리 등에 대한 데이터의 정확성을 오차범위 한계내에서 자동 추출하여 절토사면의 위치를 도로에 인접하도록 수정하고 실제 도로 네트워크에는 상/하행에 대한 구분이 가능하도록 변환하여 관리자로 하여금 본 시스템을 이용하여 실제적인 검증을 통한 데이터의 수정 보완이 가능하게 한다.

이러한 기능을 구현하기 위해서는 벡터지도를 제어하는 API (Application Programming Interface)를 개발해야 하며 따라서 다음과 같은 API 함수를 개발하였다(그림 8).

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.

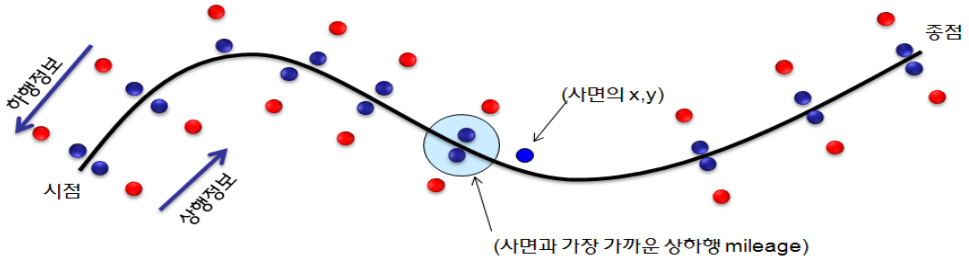

그림 8 벡터지도를 이용한 데이터 검증 API 구조도

이와 같이 구현된 API를 사용하여 실제 처리는 자체 개발한 벡터지도 제어용 Mapper.exe 이용주제도를 생성하여 각 노선의 형상을 확인한 후 시/종점을 입력한다(그림 9). 이어서 그림 10 과 같이 Rousen_Tool.exe 를 실행하여 데이터 체크 및 검증 작업을 실행한다. 그림 11 은 국도 3호선에 대한 예이며, 파란점은 하행, 빨간점은 상행 위치로 표시되며, 도로 정보에 들어있는 호선 정보와 거리표값를 생성한 정보와 오차가 발생될 수 있으나 이는 거리 정보를 기준으로 구현되게 처리한다.

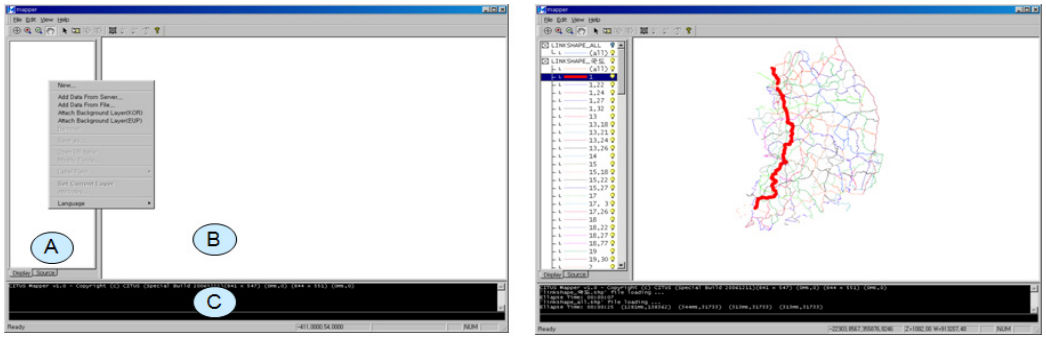

그림 9 Mapper.exe 실행화면

그림 10 Rousen_Tool.exe 실행 화면

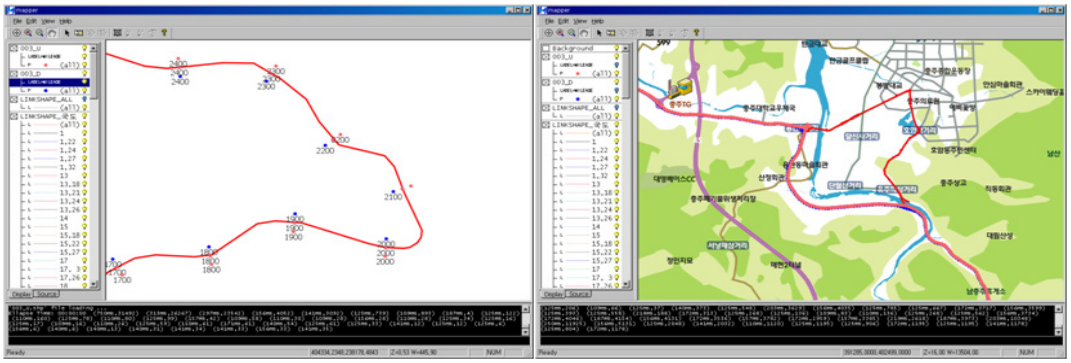

그림 11 데이터 체크 및 검증 결과 화면

이러한 체크 및 검증 과정을 통하여 현재 네비게이션 용 절토사면 데이터베이스 시스템에는 약 20,000여 개 지점의 절토사면 데이터가 수록되어 있으며 기초조사 정보 및 정밀점검 조사 정보 일치화(Maching)을 통하여 네비게이션용 절토사면 데이터베이스 시스템 뿐 아니라 절토사면 데이터베이스 통합관리 시스템에서도 통합된 데이터를 관리 운용할 수 있게 구축되었다.

4. 결 론

본연구을 통해 구축되어 있던 절토사면 데이터베이스 자료의 위치 정보를 GIS 엔진을 이용하여 좀 더 시각적이고 이용 편리한 사용자 중심적 운영방법을 통해 제공함으로서 빠르고 손쉽게 원하는 정보를 검색 및 조회할 수 있으며, 벡터지도를 이용한 다양한 조건의 절토사면 자료 현황 정보를 조회함으로서 효율적이고 편리하게 자료를 관리하여 전문가에 의해 조사 되어진 절토사면의 현황을 현장에서 국도 관리자가 쉽게 이용함으로서 효과적이고, 효율적인 절토사면 관리가 가능하게 되었다.

기존의 데이터베이스 관리 시스템으로써 기능 뿐 아니라 자료 입력부터 통계/분석 조회까지 가능한 시스템으로의 발전을 위해 지속적인 추가 개발에 있다. 또한 눈부시게 발전하는 IT기술과 접목하여 사후관리가 아닌 사전 관리를 위해 양방향 통신을 이용한 위험 발생 등 실시간 절토사면 정보를 송수신하여 대처할 수 있는 절토사면 데이터베이스 활용 시스템으로서의 최적화 된 시스템으로 발전할 것이다.

참고문헌

1. 국토해양부(2009), “2009년도 도로절토사면 유지관리시스템 운영”, pp15~21, pp179~208.