

일반국도 절토사면 유지관리 데이터베이스 시스템 개발연구 A Study on Database System of Road Cut Slope Management

구호본¹⁾, Hobon Koo, 백 용²⁾, Yong Baek, 김진환³⁾, Jinhwan Kim, 배규진⁴⁾, GyuJin Bae

1) 한국건설기술연구원 지반연구부 수석연구원,

Resercher Fellow, Geotechnical Engineering Department Korea Institute of Construction Technology

2) 한국건설기술연구원 지반연구부 선임연구원,

Senior Researcher, Geotechnical Engineering Department Korea Institute of Construction Technology

3) 한국건설기술연구원 지반연구부 연구원,

Researcher, Geotechnical Engineering Department Korea Institute of Construction Technology

4) 한국건설기술연구원 지반연구부 연구위원,

Senior Researcher Fellow, Geotechnical Engineering Department Korea Institute of Construction Technology

SYNOPSIS : In order to reduce the damage of property and the loss of lives caused by slope failure, the development of an efficient cut slope management system and the proposal of an appropriate countermeasure are required. However, recognizing the cause of slope failure and proposing the adequate countermeasure for failure are difficult tasks because slope failure is occurred by many complicated failure reasons. Therefore, the cut slope database system is developed in this study for the effective tool which is able to analyze the characteristics and relationship for reasons of slope failure. In addition, this system contributes to the curtailment of governmental budget spending for countermeasures of slope. Moreover, GIS system will be adopted to the database system and the investigation of characteristics relationship between one and another area is in progress.

Key words : Cut slope management system, Database system, countermeasure, GIS

1. 서론

도로 절토사면의 안정성을 평가할 수 있는 각종 자료를 체계적으로 수집하고 효율적으로 데이터베이스화 한다면 국내 여건에 적합한 재해 예방 시스템의 개발과 함께 도로 절토사면의 설계기준, 시공시 유의사항, 유지관리의 방법 등, 도로 절토사면 전반에 대해 국내 여건에 적합한 기준이 작성될 수 있을

것이다. 아울러 구축된 데이터베이스에 지리정보시스템을 적용하여 각각의 도로 절토사면 현장의 특성을 수치지도상에 구현한다면 도로 절토사면의 지역적인 특성과 기타 다른 수치지도에서 나타나는 현장의 특성과 상관 관계를 얻을 수 있을 것이다. 본 논문은 도로절토사면의 효과적인 유지관리 도구로 활용될 데이터베이스 시스템(data base system, D/B system)을 개발하고 추후 개선방향에 대하여 논의하고자 한다.

D/B 시스템은 총 5단계로 구성되었다. 먼저, 1차 년도에서는 개발 단계로 기 수집된 절토사면 관련 자료들을 이용하여 데이터 구축에 목표를 두었고, 2차 년도에서는 기 구축된 자료와 2차 년도 현장자료를 이용하여 1차 년도에서 제시한 2차 년도 개발목표에 맞춰 시스템을 구축하였다. 3차 년도에서는 시스템 개선 및 GIS시스템과의 통합에 목표를 두어 구축하였다. 4차 년도인 데이터베이스 시스템 구축에서는 기존 3차 년도 시스템의 개선 및 효율적인 GIS시스템 활용과 사용자 인터페이스 개선 및 멀티유저 기반의 시스템 구축에 목표를 두어 구축하였다. 5차 년도는 향후 도로관리통합시스템과의 연계성에 중점을 두고 클라이언트/서버 환경에서의 데이터베이스 구조에 적합하도록 데이터베이스의 구조 개선과 GPS좌표의 거리표 이정체계로의 변환에 중점을 두어 개발하였다(한국건설기술연구원, 2002).

상기 기술한 유지관리 시스템을 요약 정리하면 다음과 같다. 그 결과 데이터 구축내용과 시스템 개발 진행과정은 표 1.과 같다.

표 1. 도로절토사면 유지관리시스템 개발 및 운용 연구진행 과정

개발 년도	시스템 개발
1차 년도	시스템 개발 방향 설정 시스템 개발
2차 년도	검색엔진 강화 및 다양화 통계처리기능 개발 우선순위 점수 산출 부여 전문가 시스템 환경 개발 사용자 인터페이스 보강
3차 년도	GIS시스템 구축 데이터 분석 기능 보완 도로망 주제도 활용가능성 개발
4차 년도	다중사용자를 위한 시스템 개발 도로망 주제도의 효율적인 이용
5차 년도	클라이언트/서버 시스템 데이터베이스 구조 개편 HMS 통합을 위한 거리표 이정체계 전환

2. 데이터베이스 시스템의 특징과 구성

개발된 데이터베이스 시스템은 자료의 구축과 입출력 방법에 있어서 입력과 수정, 열람의 편의를 위하여 그래픽 사용자 인터페이스(Graphic User Interface)를 사용하였으며, 그와 아울러 지리정보시스템(Geographic Information System)을 이용하여 이미 구축된 다양한 속성을 가진 수치지도와의 중첩을 통하여 분석이 용이하도록 시스템을 구축하였다. 또한 효율적인 데이터베이스의 관리와 향후 자료의 증가 시 발생할 수 있는 관리 시스템(응용 프로그램)의 효율 저하를 방지하기 위해서 관계형 데이터베이스 관리 시스템(Relational Database Management System, RDBMS)으로 이식할 수 있도록 데이터베이스 스키마를 설계하였다. 또한, GIS시스템을 이용하여 속성데이터베이스와 공간데이터베이스를 통합 관리하도록 하였다.

본 데이터베이스 시스템은 기본적으로 데이터베이스의 확장이 가능하고 관리가 편리할 뿐만 아니라 ADO(Active Data Object)를 사용하여 데이터베이스의 수행능력을 향상시켜 데이터베이스 수정이 용이하며, 이에 따라 응용프로그램의 수정이 또한 편리하다. 또한 분류 가능한 절토사면 정보 테이블을 별도로 설계하여 기본키와 외래키로 구분함으로써 전체적인 데이터베이스의 확장이 용이하도록 되어있고 MS Access로 제작되어 있어 일반인도 직접적인 자료의 입력 및 수정, 관리가 가능하게 하였다. 자료의 보안을 유지하기 위하여 데이터베이스 파일 자체에 암호를 부여하였고 동일한 네트워크그룹내의 사용자에게 한하여 자료에 대한 멀티액세스를 부여하였다.

본 도로절토사면 데이터베이스 시스템은 각종 공간정보와 속성정보로 이루어진 데이터베이스 부분과 이를 사용자와 연결시켜주는 인터페이스 프로그램(Interface Program) 부분으로 나눌 수 있다. 데이터베이스 부분은 절토사면 데이터베이스에서 기본도로 사용되는 GIS 수치지도에 관련된 지도 데이터베이스군과 현황조사 단계 및 현장조사 단계에서 얻어진 다양한 절토사면의 특성자료와 관련된 절토사면 데이터베이스군으로 세분된다. 또한 이러한 시스템의 구축이 일회성에 그치지 않기 위해서 입출력이 보다 용이하고 자료의 호환성과 분석이 수반되도록 구축하였으며, 축적된 자료들을 통계 처리하여 분석할 수 있고 절토사면의 위험도 분석을 통한 조사 및 투자우선순위 결정과 함께 보다 나은 대책방안을 수립할 수 있게 하였다. 그림 1은 이러한 도면정보 및 속성자료와 데이터베이스 부분이 연동되는 것을 모식적으로 나타낸 것이고 그림 2는 데이터베이스 시스템의 개발 및 운용 환경을 나타낸 것이다.

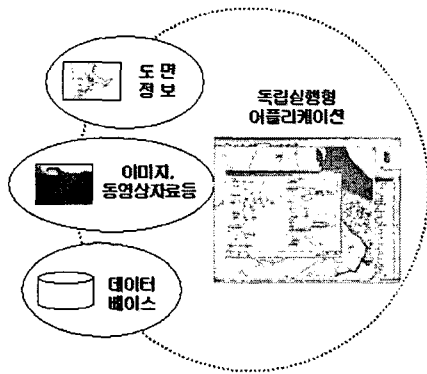


그림 1 도면정보와 데이터베이스의 연동

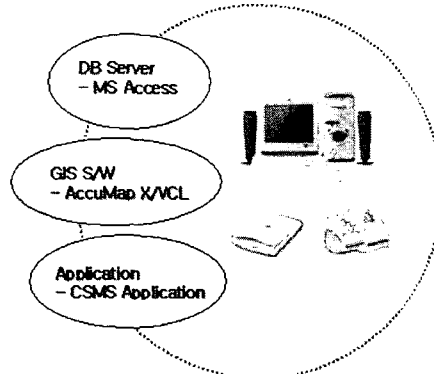


그림 2 개발 및 운용 환경

2.1 공간정보 (지도 데이터베이스군)

공간자료는 지도상에서 점, 선, 면을 이용하여 종이 위에 객체의 위치와 형태를 표현된다. 이에 반해 컴퓨터에서는 객체의 위치가 좌표 값의 형태를 가지고 있으면서 시각적으로 지도와 똑같이 점, 선, 면으로 객체의 위치나 형태로 표현된다. 속성자료는 지도에서나 컴퓨터에서 객체의 이름, 크기, 길이 등과 같은 속성이나 의미를 문자나 숫자로 나타내는 것이다.

지리정보시스템에서의 모든 자료는 그래픽으로 도시될 수 있도록 공간좌표를 기반으로 저장되며, 각각의 공간적 자료와 관련되어 속성자료들을 저장함으로써 사용자의 요구에 맞추어 저장, 검색, 수정, 삭제, 추가될 수 있다. 또한 자료를 처리, 변환, 조합, 분석, 질의, 모형화(modeling)함으로써 사용자가 원하는 결과를 산출하며 이를 시각화한다. 이러한 공간좌표처리의 편의성으로 인하여 지리정보시스템은 자원탐사, 토지이용 계획수립, 교통량 분석, 녹지개발, 마케팅 등의 다양한 분야에 응용되고 있다.

본 시스템에서는 도로관리통합시스템의 지도자료인 도로망 주제도를 사용하였다. 도로망 주제도는 교통개발 연구원의 '99년도 정보화근로사업'의 일환으로 수행되었던 전국교통 DB구축사업의 지도 데이터로써 "NGIS 수치지도" 편집, 교통DB화 작업 및 실사로 작성되었다.

2.2 속성정보 (절토사면 데이터베이스군)

절토사면 데이터베이스군과 관련하여 구축될 수 있는 속성자료는 절토사면 현장조사 체크리스트상의 안정성에 영향을 주는 항목과 실험 및 안정해석 결과 등을 토대로 입력항목을 선정하였다(한국건설기술연구원, 1998). 효율적인 절토사면 유지관리시스템을 구축하기 위해서는 두 가지 관점에서 구축항목을 선정하여야 한다. 첫째는 절토사면 안정성에 영향을 주는 제 인자들에 관한 항목선정이며, 둘째는 유지관리 절차에 따른 항목선정이다. 첫째 항목의 인자들은 주로 절토사면 현장조사 체크리스트상의 안정성에 영향을 주는 항목과 실험 및 안정해석 결과가 주로 포함되며 둘째 항목은 보수이력, 붕괴이력 및 절토사면의 현황에 관한 항목들이 포함된다.

본 시스템의 절토사면 데이터베이스는 현황조사 자료군, 해빙기 체크리스트 자료군, 현장조사 자료군으로 구성되어 있다. 현황조사 및 해빙기 체크리스트 자료는 각 국도유지건설 사무소의 보고서를 기반으로 구축되었으며, 현장조사 자료는 현황조사 및 해빙기 자료를 바탕으로 도로절토사면에 대한 정밀안전진단 후 작성한 보고서를 기반으로 구축되었다. 데이터베이스에 입력되는 항목은 절토사면에 대한 일반 현황 및 현장조사 항목, 안정해석 및 안정성 평가 항목, 붕괴이력 및 정비현황 등으로 구성되어 있다. 표 2, 3, 4는 데이터베이스의 입력항목을 나타낸 것이다.

표 2. 현황조사 데이터베이스 항목별 세부사항

항 목	세 부 사 항
일반현황 및 절토사면 특성	- 현장코드, 관리관청, 도로호선, 도로구간, 행정구역 위치, - 거리표 방향/위치, 위경도, 차선, 교통량, 조사일자, 조사자, 조사기관
절토사면 규모 / 형상	- 절토사면 길이, 절토사면 높이, 절토사면 경사/경사방향, 이격거리 - 절토사면 종류, 누수위치, 절토사면 횡단형상, 절토사면 종단형상, 주변지형특성 - 상부자연사면 경사, 계곡부, 풍화정도, 붕괴유형, 불연속면 방향, 조사우선순위
시공현황 및 필요공법	- 시공현황, 필요공법, 기초사 현장유무

표 3. 해빙기 체크리스트 데이터베이스 항목별 세부사항

항 목	세 부 사 항
일반현황	- 지구명, 관리청/사무소, 행정구역 위치, 조사일자, 조사자, 도로호선 - 절토사면 높이, 절토사면 경사/방향, 도로와의 이격거리, 교통량 - 붕괴이력, 보호시설
절토사면 현황	- 절토사면 구성재료, 누수정도, 침수지형, 절토사면 종단형상 - 뜬돌, 풍화도, 불연속면 방향, 조사자 소견, 비고

표 4. 현장조사 데이터베이스 항목별 세부사항

항 목	세 부 사 항
일반현황	- 현장명, 위경도, 행정구역 위치, 관리관청, 도로-호선, 도로-구간, 차선, 도로폭 - 도로와의 이격거리, 교통량, 절토사면 종류, 절토사면 길이, 절토사면 최대높이 - 절토사면 경사/경사방향, 조사일자, 조사자
절토사면 / 주변지형 특성	- 절토사면 특성, 주변지형 특성, 횡단형상, 종단형상, 뜬돌, 소단, - 상부자연사면 경사, 포행흔적, 인장균열, 인공구조물, 지하수 - 지하수/지표수 배수능력, 계곡부, 지표수에 의한 표층침식, 식생 양상 - 식생 근계특성, 식생 밀집도
지질 및 암상 이력	- 암종, 풍화정도, 불연속면, 암반형태, 토질, 도폭명, 절리군 특성 - 절토사면 보호공, 붕괴이력
안정해석	- 조사영역 위치, 조사영역 높이, 조사영역 경사/경사방향 - 풍화도, 누수정도, 이격거리, 안정해석 결과, 조사자 의견
전문가 시스템	- 기타 파라미터 정보, 전문가 시스템 연산, 전문가 시스템 결과(대책공법)
대책 및 정비현황	- 대책안, 예상 공사비, 총평, 정비현황, 전국 투자우선순위 - 국도별 투자우선순위, 점수 계산, 순위 계산
사진 및 동영상 자료	- 전경사진, 세부사진, 현황도(Face Map), 지질계통도, 안정해석 그림 - 동영상 정보, 정비 후 전경사진, 정비 후 세부사진

2.3 사용자 인터페이스(User Interface)

사용자 인터페이스 프로그램은 지도 데이터베이스군과 절토사면 데이터베이스군을 통합하여 내부에서 관리하며, 사용자에게는 직관적이며 손쉬운 입력, 수정, 삭제, 검색의 도구를 제공할 수 있다. 본 프로그램은 Windows 95, 98 및 NT, 2000, XP에서 작동하도록 프로그래밍 되어 있으며 'Delphi'를 사용하여 개발하였다. 그림 3은 프로그램의 구성창의 예이다.

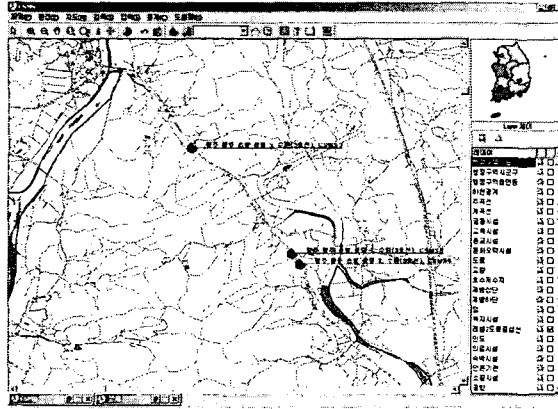


그림 3. 사용자 인터페이스 프로그램의 예

본 프로그램은 크게 검색/열람, 자료입력, 통계/분석으로 나누어지며, 도면창은 기본화면의 바탕으로 넣어 효율적인 지도와의 연계를 꾀하였다. 검색기능의 경우 관리청 및 사무소별로 자료를 정리하여 간편하게 자료를 검색할 수 있을 뿐 아니라 특정한 데이터나 조건을 통한 상세 검색도 가능하다(그림 4, 5). 또한 GIS 도면상에서 대상 절토사면의 위치를 확인한 후 절토사면 심별 선택을 통한 자료 검색도 가능하다. 열람은 대화식 인터페이스창 형태이며 절토사면에 대한 각종 정보가 관련 항목별 탭(tab)으로 구분되어있다. 열람창은 기본적으로 절토사면 정보의 상세보기 형태이고 추가적으로 개요보기 기능도 있다(그림 6, 7). 개요보기에서는 현장에 대한 개략적인 정보를 빠르게 확인할 수 있으며, 자료에 대한 문서 형식의 인쇄가 가능하다. 자료입력 부분은 신규 현장에 대한 자료를 입력할 수 있도록 열람창과 동일한 형태의 대화식 인터페이스창을 제공한다(그림 8, 9). 통계/분석 부분은 입력 자료들에 대한 위험도 분석을 통하여 조사우선순위 및 투자우선순위를 산출해내며, 전문가 시스템에 의한 대책공법들을 검색할 수 있다. 또한 공법별, 암종별, 절토사면 종류별, 국도 호선별, 관리사무소별 등의 각종 조건에 따른 현장 분포를 그래프 형태로 출력할 수 있다(그림 10, 11).

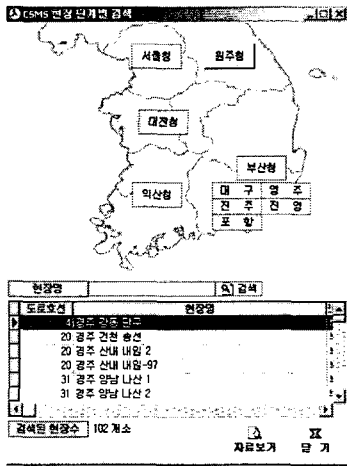


그림 4. 단계별 검색 창

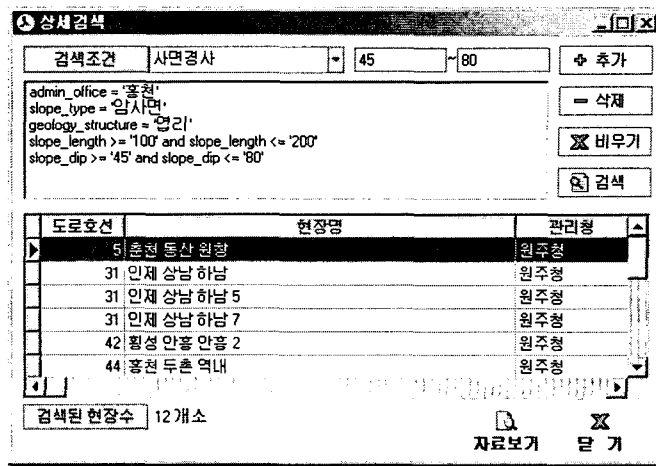


그림 5. 정밀 조사 현장 상세 검색 창

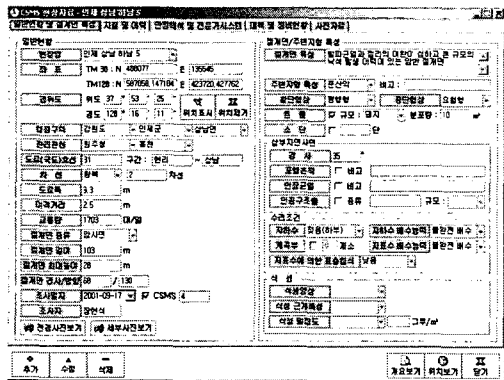


그림 6. 현장 조사 D/B의 상세보기 창

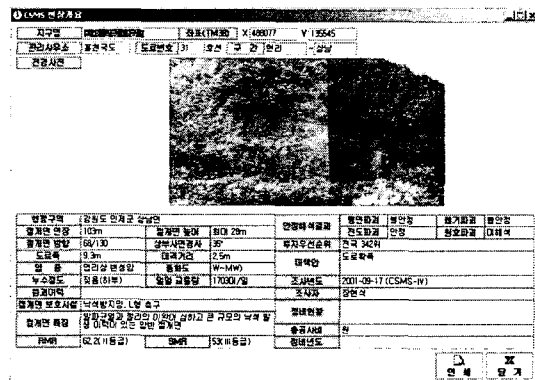


그림 7. 개요보기

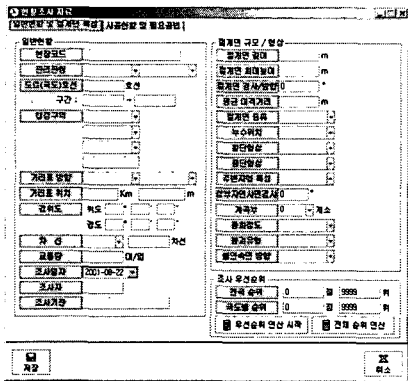


그림 8. 현황조사 자료 D/B의 입력창

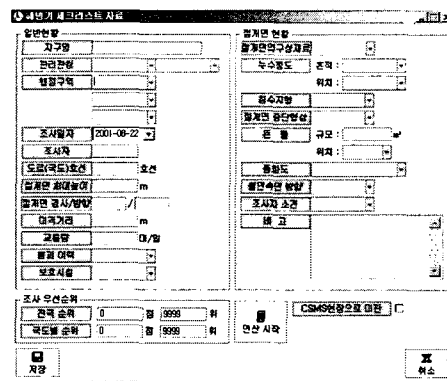


그림 9. 해빙기 체크리스트 D/B의 입력창

(열람창과 동일)

(열람창과 동일)

이 될 것으로 사료된다.

각 국도유지건설사무소는 매년 실시하는 해빙기 위험절토사면 현황과약을 본 데이터베이스 시스템을 통하여 전산 자료화 할 수 있다. 이렇게 구축된 절토사면 현황자료들은 데이터베이스 시스템에서 제공하는 분석 기능을 통하여 조사우선순위별로 나열되며, 이에 따라 국도유지건설사무소는 체계적이고 합리적인 위험 절토사면 안정화 사업을 할 수 있게 될 것이다. 또한 정비사업에 대한 정보(공법, 정비규모, 사업비, 사업 시행 년도) 역시 데이터베이스 시스템을 통해 전산화 할 수 있으므로 행정적인 절차와 수고가 크게 절감될 수 있고 차후로 개발될 위험 절토사면 계측/모니터링 시스템의 도로절토사면 데이터베이스 시스템과의 통합 운용이 실현된다면 최적의 도로절토사면 유지관리 시스템이 구축될 것으로 판단된다.

도로절토사면유지관리시스템의 데이터베이스의 자료축적 상황은 다음과 같다. 2033개의 도로절토사면에 관한 상세 자료가 입력되어 있다. 또한 전국 국도에 분포한 약 12,000여 개의 도로절토사면 현황조사 자료가 입력되어 이들 자료를 바탕으로 도로절토사면 관리 및 추후 조사의 기초 자료로 사용될 것이다. 그림 12는 데이터베이스 시스템을 이용한 위험 도로절토사면의 유지관리 흐름도를 모식적으로 나타낸 것이다.

3.2 도로절토사면 데이터베이스의 발전 방향

지금까지 개발된 도로절토사면 데이터베이스 구성 및 내용은 도로절토사면에 관한 전문적인 내용이 큰 비중을 차지하고 있어 데이터베이스 시스템을 주로 사용하게 될 각 국도유지건설사무소의 실무자들이 쉽게 접근하기에 곤란한 점이 있다. 따라서 앞으로 도로절토사면 데이터베이스 시스템은 현지 실무자들이 사용하기 편한 내용과 인터페이스로 보완하는 방향이 필요하다. 기시공이 완료된 절토사면에 대해서는 시공후 절토사면에 대한 여러 가지 정보(시공후 현황, 설계 도면, 시공후 사진 등)를 데이터베이스화 하여 관리해야 한다.

데이터베이스의 가장 중요한 점은 효율적인 데이터의 관리 시스템에 의해서 시간과 공간의 제약 없이 원하는 정보를 쉽고 빠르게 얻을 수 있어야 한다는 것이다. 이러한 측면에서 본 시스템은 향후 서버/클라이언트의 네트워크 구조를 갖고, 플랫폼과 무관하게 이용이 가능하도록 웹 인터페이스를 갖는 웹 어플리케이션의 개발로 나아가야 한다. 현재 구상중인 웹 어플리케이션 구축은 단독적인 서버 구축이 아닌 도로 통합유지관리 시스템의 일환으로 절토사면 관리, 포장관리, 교량관리, 교통량 관리, 도로대장 관리 등과의 통합 서버 및 웹 어플리케이션 구축이다. 이러한 구상은 자료의 양이 방대해지는 단점이 있으나 도로 전반에 대한 통합관리가 가능하고 개발비용이 절약되는 장점이 있다(그림 13). 또한 PDA(Personal Digital Assistant)와 GPS 등을 이용한 원격 Internet GIS기술의 발전에 따라 현장과 시스템의 일치성을 부여(김창제, 1997), 현장에서 관리자가 PDA 및 기타 휴대 PC를 통하여 절토사면의 정보를 입력하여 이를 인터넷을 이용하여 시스템에 제공하면 전문가 시스템(expert system)을 거쳐 다시 관리자에게 결과가 전송될 수 있게 하여 데이터베이스 시스템의 전문인력에 의한 관리를 벗어나 실제 업무와 동적인 접근을 연결하는 서비스로 자리매김해야 할 것이다.

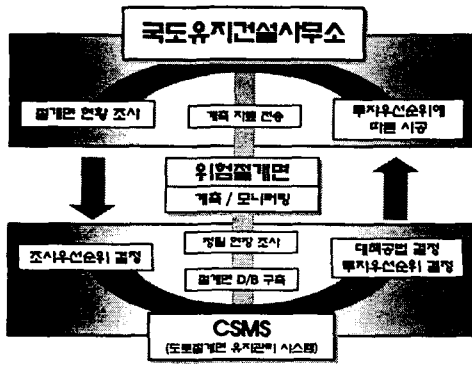


그림 12 데이터베이스 시스템의 개요

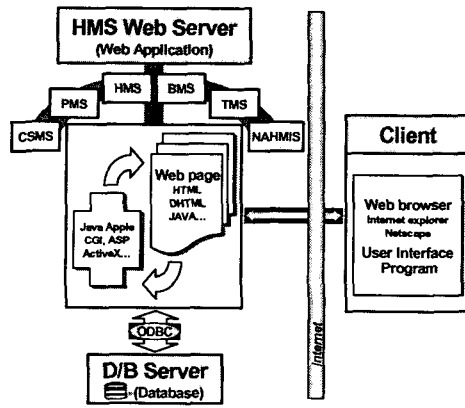


그림 13 Server/Client Interactive System의 모식도

참고문헌

1. 김창제(1997), "Web기반의 환경 GIS 자료구축과 검색", 한국GIS학회지, vol. 5, pp. 195-198.
2. 한국건설기술연구원(1998), "도로절토사면 유지관리시스템 개발 및 운용 I", 건설교통부.
3. 한국건설기술연구원(1999), "도로절토사면 유지관리시스템 개발 및 운용 II", 건설교통부.
4. 한국건설기술연구원(2000), "도로절토사면 유지관리시스템 개발 및 운용 III", 건설교통부.
5. 한국건설기술연구원(2001), "도로절토사면 유지관리시스템 개발 및 운용 IV", 건설교통부.
6. 한국건설기술연구원(2002), "2002년도 도로절토사면 유지관리시스템 개발 및 운용", 건설교통부.