

## 건축물 안전관리를 위한 Mobile GIS의 적용

# Application of Mobile GIS for Structure Safety and Management

유환희\*·강성봉\*\*·이성민\*\*\*·강택순\*\*\*\*

Yoo, Hwan-Hee · Kang, Sung-Bong · Lee, Sung-Min · Kang, Teack-Sun

### 要 旨

현재의 건설산업은 고급화, 첨단화 및 친환경화 되면서 질적으로 많은 변화를 이루고 있고 구조형식에 있어서도 장대하고 보다 복잡해짐에 따라 안전대책이 절실히 요구된다. 그러나 지금까지 양적 팽창위주로 건설되어온 관계로 안전관리는 소홀히 하였으며, 이에 따른 대형사고가 발생되게 되었고, 최근에는 안전관리에 대한 인식이 높아지게 되었으며 효과적인 안전관리체계구축에 관심이 모아지게 되었다. 따라서, 본 연구에서는 건축물의 효율적인 안전관리를 위해 Mobile GIS를 적용하여 안전관리 시스템을 구축함으로써 기존의 건축물 안전관리업무의 한계성을 벗어나 현장에서 직접 데이터를 검색, 저장, 관리하여 신속하고 효율적으로 건축물을 관리 할 수 있는 방법을 제시하였다.

### Abstract

Recent construction industry is going through much change as getting high-quality, high-technology and environment-friendly, and a safety countermeasure is required urgently as construction structures become larger and more complex. But, Safety management was ignored under quantity-oriented construction policy and that has led to large-scale accidents. Recently, interest for safety management and effective construction of safety management system has been enhanced. Therefore, in this study, we constructed safety management system using Mobile GIS for effective building safety management. As the result, we proposed a method which can manage buildings quickly and effectively as performing data accessibility, storage, and analysis directly in the field.

## 1. 서 론

### 1.1 연구배경 및 목적

최근 산업의 급속한 발전과 함께 건설되었던 각종 시설물은 여러 가지 복합적인 원인으로 인한 노후화로 기능을 다하지 못하고, 보수 및 보강사례가 날로 증가하고 있다. 그러므로 시설물에 대한 과학적이고 효과적인 안전관리를 위해서는 구조물의 불안요소를 사전에 파악하여 이를 제거함으로써 그 시설물이 요구하는 기능의 극대화 및 수명을 연장시킬 수 있다. 이를 위해서는 관련 정보의 DB화, 주요 시설물의 보수·점검에 관한 이력관리, 정보의 공유체계 구축, 첨단장비 및 정보기술의 도입·운용방안 등의 기능을 갖는 첨단 유지관리시스템의 필요성이 부각되었다. 이러한 점에서 GIS는 위치자료와 속성자료를 결합하여 지리, 환경, 도시 및 지역에 관한

각종 정보 등을 종합적으로 처리할 수 있으며, 대상지역의 특성에 따라 공간적 정보분석을 계속적으로 입력, 저장, 처리, 검색 할 수 있다. 이런 GIS를 통하여 그 동안 고려하여야 할 요소가 너무 다양하여 주관적이고 경험적이며 비과학적으로 수행되었던 시설물의 안전관리분야가 객관적이고 과학적이며 합리적으로 수립될 수 있는 전기가 마련되었다.

본 연구에서는 건축물의 안전진단 평가를 위한 전문적인 정보처리체계를 최근 활용이 증대되고 있는 PDA(Personal Digital Assistant)를 이용한 Mobile GIS를 적용하여 구축함으로써 기존의 건축물 유지관리업무의 한계성을 벗어나 현장에서 직접 데이터를 검색, 저장, 관리하여 신속하고 경제적으로 건축물을 모니터링 할 수 있는 방법을 제시하였다.

\* 정희원, 경상대학교 건설공학부 도시공학과 교수(ERDI연구원) (hhyoo@nongae.gsnu.ac.kr)

\*\* 준희원, 경상대학교 건설공학부 도시공학과 박사과정 (yonsei\_kang@hanmail.net)

\*\*\* 주) 환경과학기술 GIS 사업팀 (Tommy77@kesti.co.kr)

\*\*\*\* 준희원, 경상대학교 건설공학부 도시공학과 석사과정 (kts0477@hanmail.net)

## 1.2 연구범위와 방법

본 연구는 1992년부터 2001년까지 경남 진주시의 건축물 중 안전진단이 실시된 건축물의 조사 자료를 기초로 수행되었으며, 대상지역내의 건축물에 대한 안전진단 정보, 시간의 경과에 따른 건축물 균열의 진행성 정보, 안전성 조사 후에 그에 따른 보수·보강 정보를 Mobile을 통하여 현장에 실시간으로 제공하여 건축물에 대한 관리가 가능하도록 하였다. 데이터베이스 구축은 ArcInfo를 이용하여 도로 및 건축물 레이어를 구축하고 구축된 데이터는 효과적인 속성자료와 공간자료와의 검색과 수정을 위해 Microsoft SQL Server와 SDE를 이용하여 데이터베이스화하였다. ArcIMS를 이용하여 맵서버를 구축하고, Windows CE 기반의 PocketPC PDA에 eVC++ (eMbedded Visual C++)을 이용하여 구현한 사용자 인터페이스와 연결하였다.

Mobile GIS를 이용하여 건축물의 안전관리 체계를 구축하는 방법은 다음과 같다. 첫째, 건축물 안전관리 체계를 분석하여 Mobile상에서 건축물의 효율적인 안전관리를 위한 Mobile GIS 기법 개발을 연구방향으로 설정하였다. 둘째, 전문가 시스템의 구성 및 기술적인 동향 등에 대한 연구를 통하여 건축물의 안전관리를 보다 체계화하였다. 셋째, Mobile GIS의 구성 및 기법 그리고 사용되어진 소프트웨어에 대한 연구를 통하여 이론적 고찰을 하였다. 넷째, 기법개발을 위해 선정된 진주시 지역의 건축물 데이터를 이용하여 데이터베이스를 구축하고, 건축물 안전관리를 위한 Mobile GIS 어플리케이션을 개발하고 제공하기 위한 Map Server와 Client를 설계하였다. 마지막으로 설계된 어플리케이션을 이용하여 효율적인 건축물 안전관리 체계를 Mobile GIS를 통하여 구현하였다.

## 2. Mobile GIS와 안전관리 전문가시스템

### 2.1 Mobile GIS 구성

유선인터넷 서비스는 고정된 장소에서 컴퓨터를 이용해야 가능하므로 단말기의 이동성을 제공할 수 없었다. 그러나 무선이동 통신 수요자의 급속한 성장세와 기술의 발달로 단순한 무선 데이터 서비스에서 보다 편리하고 다양한 무선인터넷 서비스를 고려하기 시작했다. 무선인터넷 서비스의 가장 큰 특징은 이동전화나 휴대용 단말기로 언제 어디서나 인터넷에 접속하여 다양한 서비스를 제공받는 것이다.

Mobile GIS는 이런 무선 인터넷의 기술을 지형공간정보와 접목하여, 지리정보의 입력, 수정, 조작, 분석, 출력 등 지형정보 데이터와 서비스의 제공이 무선 인터넷 환

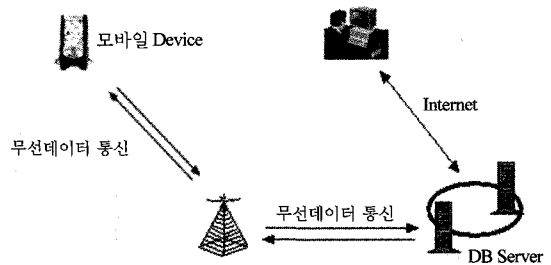


그림 1. Mobile GIS 구성

경에서 가능하도록 구축된 지형공간정보 체계를 말한다. 다양한 Mobile Device에 지도를 포함한 GIS 응용 어플리케이션을 장착하여, 시간과 장소의 제약 없이 Mobile 환경하에서 지리정보의 획득이 가능하다<sup>1,2)</sup>. 초기에 Mobile용 Computer에 국한되어 개발되어 온 것이 현재는 휴대폰이나 PCS, PDA에 이르기까지 개발되어, 특정 전문가만 사용하던 GIS시스템을 일반인들이 일상생활에 활용할 수 있게 되었다. 현재 개인 휴대용 무선단말기를 이용하여 각종 교통정보, 지가 및 부동산 정보를 획득할 수 있을 뿐 아니라 최근 많이 개발되고 있는 GPS를 활용한 위치정보, 위치추적 서비스와 같은 Mobile GIS 서비스가 제공되고 있다.

### 2.2 안전관리 전문가시스템의 장점과 적용

전문가 시스템은 특정 분야의 전문가가 사용하는 지식 및 그러한 지식을 사용하여 문제를 해결해 나가는 과정에서 전문가의 논리체계를 컴퓨터로 하여금 모사할 수 있도록 한 것이다. 전문가 시스템의 일반적인 구조는 사용자와 시스템과의 의사소통을 위한 사용자 인터페이스, 전문가들이 특정 문제에 대해 이를 해결하는 과정 그리고 전략과 경험을 구조화하고 정형화한 지식기반, 그리고 주어진 문제 해결의 일반적인 방법을 추론하는 추론 엔진으로 구성된다<sup>3,4)</sup>. 그러므로 전문가 시스템은 기존의 알고리즘적인 방법에 비해 효율적으로 탐색을 제한하여 불규칙하고 복잡한 대상속에서 양질의 해를 빠른 시간내에 찾도록 해주며, 해답을 얻기 위한 완전한 정보가 불충분한 상황에서도 우수한 성능을 제공할 수 있는 장점을 갖는다. 이러한 전문가 시스템은 각 분야에서 이용되고 있으며, 계획, 자원, 공업, 농업업, 국방, 건축, 토목, 환경에 이르기까지 다양하며, 안전관리 전문가시스템은 공공시설물이나 대규모 시설 등에 대한 지도 및 도면 등 제반 정보를 수치 입력하여 시설물에 대한 효율적인 유지관리를 하는 전문가시스템이다.

**2.3 정보 분류와 처리과정**

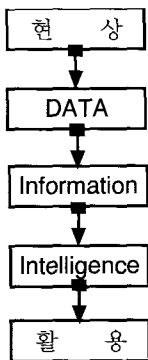
건설정보란 건설공사의 계획, 설계, 시공, 유지관리 뿐만 아니라 건설자재, 건설시장에 관련된 정보를 의미하며, 그 정보를 포함하여 건설산업 전반에 걸쳐 소요되거나 발생하는 모든 정보를 의미하며, 그 정보는 특성에 따라 기존정보 내지 결과정보의 역할을 한다. 전통적인 정보의 개념은 정보를 지식과 동일한 개념으로 정의하고 있는데, 정보는 지식과 학문으로 형성되는 요인으로서 사고활동을 유발시키는 동시에 기술이나 학문의 요인이라고 할 수 있다.

표 1에서와 보는바와 같이 정보처리 단계에서 정보의 정의는 발생된 자체로의 사실 또는 기호로서 일반적으로 자료 혹은 데이터라 불리어지고 있는 것과, 이러한 단순 데이터를 어떠한 목적을 위해 의도적으로 수집한 정보(Information)가 있으며, 특정한 목적에 필요한 체계화된 정보(Intelligence)가 있다.

건설 공사 단계별 정보구분에서 건설공사 정보는 건설공사의 조사 및 계획, 설계, 시공, 유지관리라는 일련의

표 1. 정보 분류

구분	특성	용어	의미	정보상태	주체성	정확성
정보	Data	데이터 (자료)	단순사실/신호	입력	임의성	무의미
	Information	1차정보 (생정보)	목적의식에 따른 수집자료	수집	의도성	불확실성
	Intelligence	2차정보 (가정보)	처리가공된 유용자료	평가·분석·가공	의도성	확실성



현상파악작업  
기록 및 정리작업  
가공 작업  
평가, 판단

그림 2. 정보 처리 과정

과정을 거치는 가운데 발생되고 이용되는 정보를 총칭하며, 건축물의 효과적인 안전 및 유지관리를 위해서는 설계, 시공, 사용 등 각 단계의 상세한 모든 정보 관련 기록과 자료의 체계적인 관리가 필요하다.

**2.4 건축물 안전관리를 위한 안전진단 데이터 항목**

건축물의 피해를 방지하고 안전대책을 세우기 위해 조사한 주요 안전진단 검사 데이터 항목은 조사 대상건물의 설계도면, 균열 및 파손의 사전 조사, 건물의 변형 조사, 균열의 진행성 조사, 구조 및 재료의 조사, 공정 및 공법에 대한 조사, 진동에 대한 조사, 보수보강 대책 수립 등과 같다.

이들 중에서 균열 및 구조물 변경의 진행성 조사 결과는 조사를 위해 일정한 위치에 균열변형 측정용 TIP센서를 부착하고 1/1000mm까지의 변형을 측정할 수 있는 균열측정기를 이용하여 측정된 값을 입력하였다.

**2.5 Mobile GIS를 이용한 안전관리 전문가시스템 구성**

건축물 유지관리를 전문가시스템에 적용하기 위해서는 모니터링 인자와 그에 따른 보수 및 보강 공법 선정이 체계적으로 정립되어야 한다. 건축물의 성능 저하는 균열, 박리 및 표면 탈락과 같은 열화 현상으로 나타나며, 관계 인자로는 부식, 온도 변화, 동결 융해 등의 물리적 인자와 염해, 중성화 등의 화학적 인자가 있다. 이들은 육안 조사, 재료의 비파괴 조사 및 정밀 구조 진단을 통해 조사할 수 있으며, 보수 및 보강기법은 이 분야의 전문가의 판단에 전적으로 의존했다<sup>5,6)</sup>.

건축물 유지관리를 위한 안전도 평가는 전문가시스템을 통한 의사결정을 기본으로 하여 Web과 Mobile상에서의 공간정보 서비스로 구현하였다. PDA기반의 전문가 체계로 짧은 시간 안에 도면정보와 제반 속성정보를 검색, 처리할 수 있어 건축물이 갖고 있는 안전성의 결함을 발견하고, 보수, 보강 등의 조치를 취할 수 있다. 그림

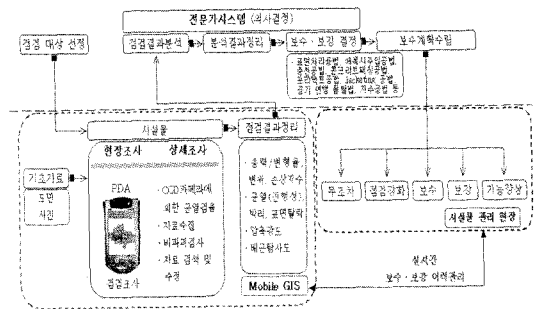


그림 3. Mobile GIS를 이용한 건축물 안전관리 흐름도

3은 건축물 안전관리를 위한 전문가적 처리 절차속에서 현장조사 및 점검 과정에서 Mobile GIS를 이용함으로써 현장에서도 안전진단 자료를 검색하고, 필요한 자료를 입력할 수 있는 정보처리 체계를 구축한 개념도를 보여 주고 있다.

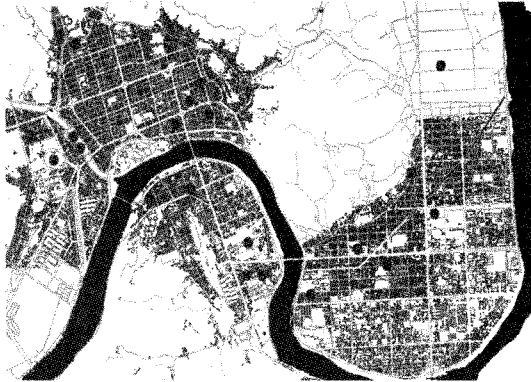


그림 4. 연구대상지역 건축물 위치

표 2. 조사지역 건축물

Number	안전진단 대상 시설	안전진단일자
1	세광고 옹벽	1999. 3.
2	상봉동 근린생활 시설	1992. 12. 30.
3	나불천 배수펌퍼장 주변건물	2000. 11. 30
4	진주 공설운동장	1997. 5.
5	나불천 복개공사장 4개동 인접 건물	1995. 9. 5.
6	나불천 복개공사장 주변건물	1998. 7. 10.
7	수정동 근린생활 시설건물	2001. 9. 4.
8	진주극장 신축공사장	1996. 2. 5.
9	진주 윤양병원	1997. 7. 14.
10	중안동 윤한옥씨 건물	1996. 3. 4.
11	강남동 근린생활 시설건물	1997. 4. 21.
12	강남빌딩	1997. 9. 8.
13	진주 산업대학교 도서관	1995. 9. 18.
14	경상대 의대 실험동	1996. 2. 24.
15	칠암동 한주아파트 지하주차장	1996. 8.
16	진주 학생수영장	1995. 9. 5.
17	신청사 신축공사장 주변건물	2000. 5. 4.
18	삼현여중 건물	1999. 1. 23.
19	상대동 윤한무씨 건물	1995. 2. 21.
20	제일 여자 고등학교 건물	1996. 1.
21	동명고등학교 증축건물	2001. 11. 5.

### 3. 건축물 안전관리 전문가시스템의 적용

#### 3.1 데이터베이스 구축

경남 진주시 내에서 신축 및 증축으로 인한 안전성에 위협을 가지고 있는 건축물을 대상으로 안전진단 결과를 바탕으로 하여 데이터베이스를 구축하였다.

#### 3.2 데이터베이스 구축과정

안전관리를 위한 시설물 및 진단자료 DB구축은 지도 입력과 속성입력, 그리고 대상지역 재조사로 나누어 구축하였다. 지도입력을 위해 대상지역의 수치지도는 1/1,000 축척의 도면을 사용하였으며, 변화된 시가지 지역은 대상지의 재조사를 거쳐 수정하였다. 수치지도에서 필요한 레이어를 추출하여 ArcInfo에서 위상관계를 정립하여 Shape파일로 변환하여 사용하였다. 도면과 관련된 건축물의 속성정보로는 1992년부터 2001년까지 진주지역에서 행해진 건축물 안전진단 자료를 토대로 입력하고, 신설되거나 보수된 건축물의 상황을 재조사하여 정보의 신뢰도를 높이도록 하였다.

#### 3.3 시스템 구축환경

건축물의 안전성 조사연구 데이터와 시공 또는 보수에 따른 결과 및 관련정보를 FTP 서비스나 무선인터넷을 이용하여 실시간으로 전송할 수 있는 PDA기반의 Mobile GIS를 구축하였다. 이를 위해 각각의 데이터를 수치지 도로부터 AutoCAD와 Arc/Info를 이용하여 구축하였다. 웹서비스를 위하여 ArcIMS를 이용하여 맵서버(Map Server)를 구축하고 맵서버를 효율적으로 이용하기 위하여 HTML과 JavaScript를 사용하여 클라이언트를 설계하였다<sup>7,8)</sup>. PDA로의 데이터 전송을 위하여 eVC++ (eMbedded Visual C++)을 이용하였으며<sup>9)</sup>, FTP서비스 기능을 추가하고 메시지 전송을 가능하게 하였다.

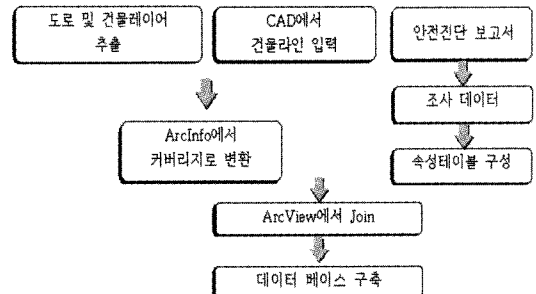


그림 5. Database 구축과정 흐름도

### 3.4 맵서버(Map Server) 구축

웹상으로 지도서비스를 하기위해 ESRI사에서 개발된 지도 서비스 기술인 ArcIMS를 사용하여 맵서버를 구축하였다. ArcIMS는 다양한 기술수준에서 사용할 수 있고, 높은 커스터마이징 환경을 제공하여 필요에 따라서 다양한 기능을 추가, 삭제할 수 있다. 또한 개방적이고 신축적인 아키텍처를 구성할 수 있는 장점이 있다. 또한 PDA상에서 ArcPAD를 통해서 ArcIMS로 구축된 지도 데이터를 볼 수 있어 현장에서 시설물의 위치를 쉽게 검색할 수 있다.

### 3.5 Mobile GIS 기능 구현

그림 7(a)는 브라우저 상의 사용자가 서버에 접속할

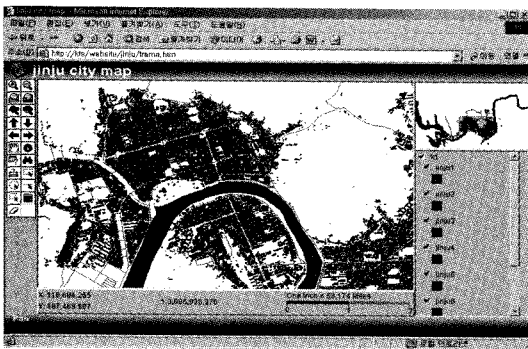
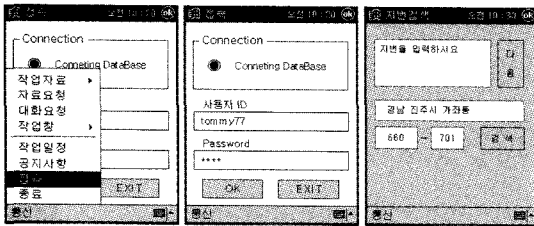
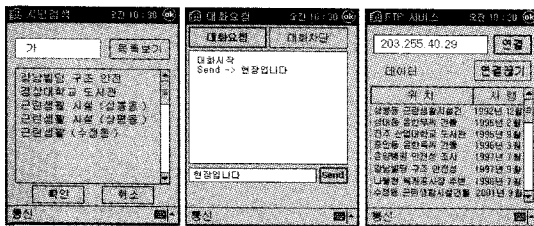


그림 6. 맵서버 구축(진주시 지역)



(a) 초기화면 (b) 초기접속 (c) 지번검색

그림 7. 서버 접속



(a) 지명으로검색 (b) FTP서비스 (c) 메시지기능

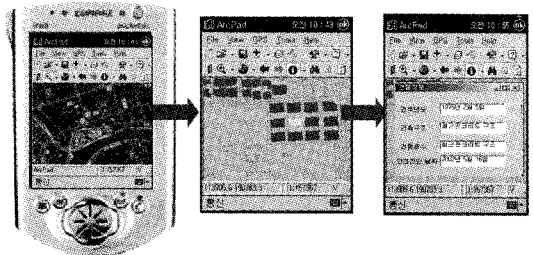
그림 8. 지명으로 검색 및 FTP기능 메시지기능

때 제공받는 초기화면이다. 화면의 좌하단에는 서버에 접속하는 사용자가 데이터처리를 위한 기능을 요청할 수 있도록 메뉴바를 위치시켰다. 통신의 '접속'기능은 본 시스템의 기본 데이터인 건축물데이터 및 안전진단데이터를 불러오기 위한 데이터베이스에 접근을 위한 기능이다. 접속을 하기 위해서는 그림 7(b)에서와 같이 사용자의 ID와 Password를 입력함으로써 접속이 가능하다. 그림 7(c)는 알고 있는 건축물의 지번을 입력하여 검색을 하는 그림이다.

그림 8(a)은 건축물의 지명을 입력하면 관련 지명이 검색창에 나타남으로서 데이터에 접근할 수 있는 것을 보여주고 있으며, 그림 8(b)는 FTP 서비스(FTP Service) 기능으로서 현장에서 연도별로 구축되어있는 건축물에 대한 상태평가자료, 안전성 평가자료, 예측결과와 평가자료를 받아볼 수 있다. 현재 이동데이터통신 서비스로 가장 보편화되어 있는 무선 인터넷을 활용하는 TCP/IP 모듈을 사용하여 PDA기반의 Mobile 장치에서 데이터를 수신 받을 수 있도록 하였으며, 그림 8(c)는 메세지기능으로 전문가가 현장에 나가지 않고도 건축물의 상태를 파악할 수 있다. 메세지 기술을 이용하여 작업자간, 또는 작업자와 관리자와의 통신을 지원하여 신속한 지원체계를 구축할 수 있도록 하였다. 실시간으로 전체 구조물의 상황을 파악하여 현장에서 추가적으로 조사해야할 취약요소를 파악할 수 있으며, 구조물의 위험상태에 따른 이론적인 검토를 조기에 파악·착수가 가능하도록 할 수 있다.

그림 9는 ArcPAD를 이용한 현장조사 기능으로 현장조사 시 건축물에 대해 구축된 안전진단 평가 자료를 이용, 현재 상태를 비교·평가 할 수 있다. 브라우저 상에 제공되는 도면을 사용자가 손쉽게 컨트롤하여 건축물의 위치에 대한 속성정보를 볼 수 있어 위치 검색 또한 용이하게 되었다.

그림 10은 현장에 나가서 직접 건물의 균열상태를 파



(a)대상지역 (b)대상건축물 (c)건물속성

그림 9. 현장조사 기능

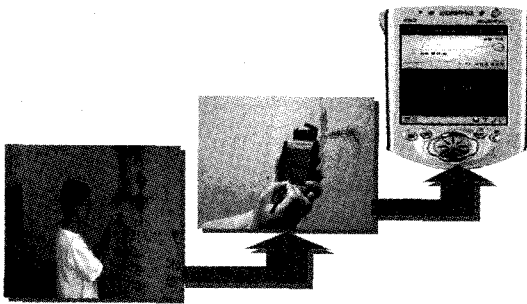
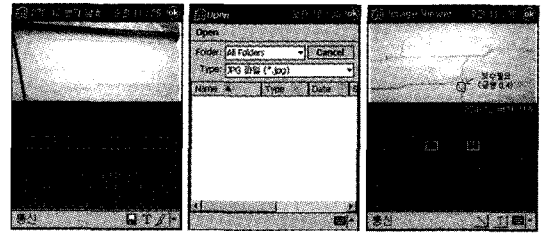


그림 10. 현장에서 건물의 상태 비교 및 평가



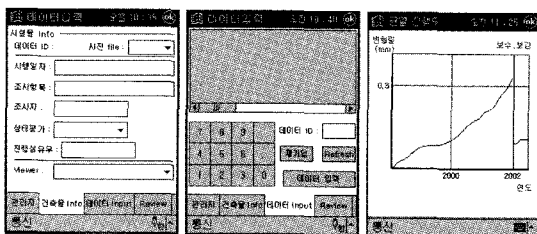
(a) 현장사진 (b) 이미지열기 (c) 균열체크

그림 12. 이미지 Viewer

표 3. 균열상태 조사자료 예

건물주소	균열진행위치	초기값(mm)	최종값(mm)	변형량(mm)	비고
278-12 번지	계단실벽체	2.579	2.345	-0.234	
	계단실벽체	2.650	2.548	-0.102	
	계단실벽체	2.562	2.537	-0.025	
	옥상난간벽체	2.670	2.828	0.158	
	옥상난간벽체	2.793	2.813	0.02	
278-14 번지	계단벽체	0.249	0.299	0.05	

악하고 과거의 구축자료를 PDA로 검색하여 비교분석하는 과정을 보여주고 있다. 표 3은 대상 건물의 균열 진행성 상태를 나타낸 표이다. 전문성 있는 평가 결과를 얻기 위해 시설물의 모니터링 인자와 보수·보강 공법과의 관계를 관리자와 실시간 의견 교환하여, 중요 데이터의 입력을 가능하게 하여야 한다. 모니터링 인자로는 구조물의 변형을 위한 응력과 변형률, 변위 및 변위 진행률이 있고, 구조적 요인으로는 강성저하 및 설계하중의 증가량이 있다.



(a) 기본정보 (b) 입력창 (c) 균열진행 상태

그림 11. 데이터 입력 및 균열 진행상태

그림 11(a)와 그림 11(b)는 건축물의 안전관리를 위하여 건축물에 대한 기본적인 정보를 입력한 뒤, 안전진단에 따른 결과 데이터를 입력할 수 있도록 한 것이다. 그림 11(c)은 연도별 변형추이를 그래프로 표현함으로써, 과거의 상태와 현재상태를 비교할 수 있다. 그림 12(a)은 이미지 뷰어(Image Viewer)를 이용하여 저장되어 있던 건축물의 사진을 불러들일 수 있다. 사진과 함께 첨부하여 보수·보강이 필요한 부분을 세밀하게 알 수 있다. 그림 12(b)은 Image Viewer 기능으로 현장에서 디지털 카메라를 이용하여 파일형식으로 저장하고 Image Viewer를 사용하여 불러들일 수 있으며, 그림 12(c)에서처럼 균열에 관한 데이터를 사진과 함께 첨부함으로써 보수·보강이 필요한 부분을 더욱 세밀하게 조사할 수 있다.

### 4. 결론

본 연구에서는 진주시 건축물 중 1992년부터 2001년 사이에 안전진단이 이뤄진 건축물을 대상으로 안전진단 과정에서 조사된 자료를 데이터베이스화하고 Mobile GIS를 이용하여 현장에서 관련자료를 검색 및 조사하고 입력할 수 있는 건축물 안전관리시스템을 구축한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 건축물 안전관리와 관련된 경험적인 지식과 전문지식을 체계화한 전문가시스템의 의사결정 기능과 Mobile GIS 기능을 연계함으로써 기존의 안전관리업무의 한계성을 극복하여 현장에서도 실시간으로 안전진단자료를 이용할 수 있는 건축물 안전관리 시스템을 구축할 수 있었다.
2. 건축물의 안전관리에 대한 조사시 작업자간, 또는 작업자와 관리자와의 통신을 지원하여 실시간으로 전체 구조물의 상황을 파악하여 신속한 지원체계를 구축할 수 있으며, Mobile 디바이스 즉, PDA의 Image Viewer를 이용하여 균열진행과정을 표시할 수 있는 기능을 제

시하여 안전관리의 효율성을 향상시켰다.

3. 안전진단 자료를 데이터베이스화함으로써 건축물의 안전진단 이력을 체계화할 수 있고, 현장에서 안전진단자료를 직접 조회함으로써 과거 진단자료와 비교하며 현장조사를 할 수 있어서 현장 작업의 능률을 극대화 시킬 수 있었다.

### 참고문헌

1. 고재관, "Mobile PDA Programming", 삼각형프레스, 2001.
2. 이건호, "Shareware DBMS를 이용한 Mobile GIS 시스템의 설계 및 구현", 건국대학교 석사학위논문, 2001.
3. 김정호, 이종석, "ActiveX를 이용한 인터넷 상에서의 기초공법선정 전문가시스템 구현", 대한토목학회 학술발표회 논문집, pp. 619-622, 1999.
4. 배인환, 이승재, "전문가 시스템을 이용한 유지 관리 모니터링 기술", 콘크리트 학회지, 2001.
5. 정태호, "GIS기반의 건설공사 정보관리 시스템 구축에 관한 연구", 건국대학교 석사학위논문, 2000.
6. 박석균, "유지 관리 모니터링 기술의 현황과 발전 방향", 콘크리트 학회지, 2001.
7. 유환희, 이성민, 강택순, "Mobile GIS를 이용한 건축물 유지관리 시스템", 지형공간정보학회 학술대회 논문집, pp. 175-180, 2002.
8. 한승희, 이용욱, 이형석, "시설물관리를 위한 Mobile GIS 솔루션 활용", 한국측량학회지, 제20권 제1호, pp. 69-75, 2002.
9. 조재만, 곽선정, "임베디드 Windows CE 프로그래밍", PCBOOK, 2001.

(접수일 2003. 4. 21, 심사 완료일 2003. 5. 1)

