The Journal of GIS Association of Korea, Vol. 3, No. 1, pp. 81-90, April 1995

산사태 데이타 베이스 시스템의 GIS 이용

구 호 본* · 구 재 동*

Landslide data base system using GIS technology

Ho-Bon Koo · Jai-Dong Koo

요 약

산사태 데이타 베이스 시스템은 과거 산사태 발생자료축적과 통계분석에 의해 향후 산사태 재해대책 수립에 있어서 필요하다. 상기 데이타 시스템은 매년 발생하는 많은 양의 산사태자료를 효율적으로 관리하기 위하여 GIS의 이용이 강조되고 있다.

본 고에서는 과거 산사태 발생지 조사를 기초로 하여 산사태 발생 원인에 따른 산사태 데이타 베이스 시스템의 중요성에 대해 설명하고, 산사태 예방을 위한 데이타 베이스 구축을 위해 GIS 기술의 도입과 적극 활용에 대하여 기술하였다.

ABSTRACT: Landslide data base system is necessitated to make a mid-long term master plan to prevent landslide from past landslide data and their statistical analysis. This paper emphasis on application of the efficient management system of GIS to reduce landslide disasters basis on the result of survey analysis of landslide problems.

In this paper explains landslide data base system by the cause of landslide from past landslide data & application of GIS to it.

서 론

최근 산업의 발달과 도로, 택지 개발공사 등이 활발하게 진행됨에 따라 산사태에 의한 피해가 우려되고 있다. 山沙汰에 대한 災害豫防과 對策을 수립하여 산사태 피해를 최소로 줄이기 위해서 산사태를 유발시키는 諸因子(그림 1 참조)를 이해하고 산사태 발생 및 피해 감소를 위하여 산사태 조사방법, 원인분석, 산

* 한국건설기술연구원(Korea Institute of Construction Technology, 142, umyon-dong, socho-gu, Seoul, Korea, 137 - 140, Tel (02) 5708 - 751, 817)

사태 안전진단방법, 산사태 보호공법, 산사태 위험도 작성법 등의 산사태에 관련된 기술축적과 이들 관련자료들을 국가적 차원의 산사태 데이타 베이스 관리 시스템으로 構築하여 中長期 山沙汰 防止對策 마련이 필요하다.

산사태 기술 분야의 선진국인 일본, 홍콩 등은 오래전 부터 장기 계획하에 많은 예산을 투입하여, 산사태 예방, 산사태 방지대책 관련 연구 등에 지속적으로 투자하여 상당한 산사태 경감 효과를 거두고 있다. 우리나라는 주로 산사태 발생후의 복구 사업에만 치중하고 예방 및 방지를 위한 대책사업에는 소홀한 편이다.

산사태 데이타 베이스 관리는 과거 산사태 발생자료를 근거로 향후 산사태 발생지역을 미리 예측하고 관리하는 것으로 산사태 관리를 위해서 과거 산사태 자료의 축적과 산사태 발생지역에 대한 현장조사 및 조사내용, 보수공법 등을 데이타베이스에 입력하여 관리하는 것으로 최근 航空寫眞이나 遠隔探査(Remote sensing)를 이용하여 데이타 베이스 尖端技法인 GIS(Geographic Information System)가 이용 가능하게 되었다.

본 고에서는 과거 韓國建設技術研究院이 수행한 산사태 발생지 조사를 기초로 산사태 발생원인에 따른(그림 1 참조) 데이타 베이스 관리 시스템에 대해 간략히 설명하고 산사태 예방을 위한 데이타 베이스 구축을 위해 산사태 데이타 베이스 시스템의 GIS 技法의 필요성과 이용에 대해서 기술하였다.

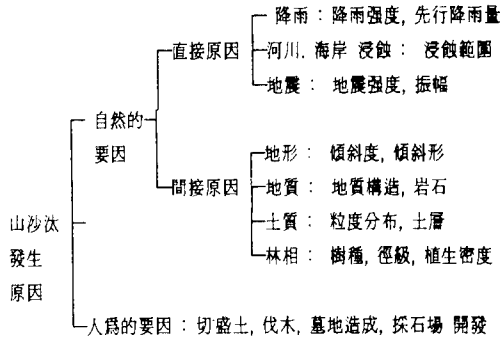

Fig. 1. Main Causes of landslide

산사태 데이타베이스 시스템

산사태 발생 諸因子에 대한 자료는 畵像, 統計,文字 및 數値의 4가지 형태로 구분할 수 있으며 畵像, 統計 및 文字정보는 컴퓨터 數値情報로 變換될 수 있고 반대방향의 변환도 가능하다. 산사태를 구성하는 화상정보는 地形圖와 이를 토대로 작성한 地質圖, 水理地質圖, 應用地質圖, 土壤圖, 林相圖 등의 主題圖 등이 있다 (표 1 참조). 그 밖에 과거 지진발생 진원지와 지진영향 반경을 표시한 지진발생 분포도, 년.월 평균강우량을 표시한 강우량 분포도 등을 이용할 수 있다.

산사태 데이타베이스 시스템은 데이타베이스군과 그 데이타 베이스群으로부터 정보를 취할 수 있는 檢索시스템으로 되어 있으며, 檢索시스템은 다시 화상정보 및 문자정보 檢索과 각종 實驗値, 物性値에 대한 통계정보 檢索으로 나누어 진다.

데이타 베이스 화상 정보

지형도, 지질도, 토양도, 임상도 등의 산사태 관련 화상자료는 컴퓨터로 일원화하여 관리함으로써 자료관리 측면에서 能率의 극대화를 이룰수 있고 이들을 개별적으로 관리할 필요

Table. 1. Aerial photograph & Map under using

	발행처	축 척	매 수	내 용	비 고
지형도	서울시	1:1,200	1,494	서울시 일원의 지리 및 지형	완 료
	국 립 지리원	1:5,000	12,000	국토전역의 지리 및 지형	완료단계
		1:25,000	734	〃	완 료
		1:250,000	13	〃	〃
		1:500,000	1	〃	〃
		1:1,000,000	1	〃	〃
航空寫眞	국 립 지리원	1:20,000	-	남한지역을 5개군으로 나눠 1년에 1개군씩 매년 촬영	〃
		1:5,000	-	1:20,000 항공사진을 확대하여 제작	〃
지질도	한 국 자 원 연구소	1:50,000	206	도시해안지역을 제외한 내륙지역을 대상으로 암석, 암층구성, 지질구조 등을 표시. 해설서 부분적으로 없음.	작성중
		1:250,000	13	해설서 없이 지질도만 작성. 전국사면불안정 분포도 포함.	완 료
		1:1,000,000	1	국토전역의 개략 지질상황, 해설서 있음.	완 료
수 리 지질도	한 국 자 원 연구소	1:25,000 1:40,000 1:125,000	4	안성천, 지미천, 대번북부, 보성, 여수지역의 수리지질 상황	〃
응 용 지질도	한 국 자 원 연구소	1:25,000	5	방림, 봉계, 대전북부 석남, 울진지역의 지질자료, 경사분포, 사면불안정분포, 건설재료원, 수계분포	〃
토양도	농 촌 진흥원	1:25,000	137권	郡別로 土壤의 種類, 色度, 排水性	완 료
임상도	산림청	1:25,000	-	對象地域의 林相, 徑級, 疎密度, 齡級	영림서 관할지역만 작성

성이 없어져 보관장소의 절약과 보관업무의 간소화 및 각종자료가 영구히 보존될 수 있다.

화상정보에 대한 데이타베이스를 구축하기 위해서 시스템의 入·出力의 基本圖를 행정단위로 작성하고, 출력표시 범위를 세분화하기 위해 해안선, 하천의 유로, 유역에 따라 데이타군을 만들어 관리한다. 또한 기본도인 지형도 좌표에 맞추어 각종 主題圖(地質圖, 土壤圖, 林相圖 등)를 입력하며 성격상 정밀도가 높은 정보가 요구될 경우 數値情報시스템을 사용하기도 한다.

화상정보는 검색목적, 검색범위 및 위치에 따라 기본도와 각종 주제도를 설정하는데 용이하여야 하며 이들 자료들을 겹쳐 출력될 수 있도록 하여야 한다. 이 데이타베이스를 검색하는 경우 범위설정과 정보 출력은 정보입력시 入力座標시스템의 위치가 정확한가를 판단하기 위해서도 이용된다.

종래 지형도 등의 아나로그 정보의 가공처리는 기본적으로 사람의 손에 의해 처리되어 많은 인력이 요구되었으나 최근 컴퓨터 소프트웨어 기술의 진보로 이들을 디지탈화하는데 성공함으로써 수집된 각종정보를 일단 數値情報로 변환하여 蓄積하고, 出力하는 시스템이 개발되었다.

데이타베이스 文字情報

문자정보에 관한 데이타베이스는 산사태 관련 보고서로부터 얻을 수 있다. 산사태보고서는 산사태를 발생시키는 諸因子 및 피해상황이 주로 되어 있으며, 이 보고서의 주목적은 내용을 쉽게 파악할 수 있도록 하는 것이다. 報告書, 文獻資料 등의 문자정보는 보고서의 내용을 그대로 전문 光디스크 등의 媒體에 기억시키는 방법이 있지만, 문헌정보가 많은 경우 각 항목별 보고서 내용을 要約하고 體系化하여 데이타군을 만들고 다른 데이타베이스와 연결하여 사용할 수 있도록 자료의 互換性을 추구하고 있다. 이들 자료들은 編輯技能을 가지고 자료의 修正, 更新, 追加 등이 이루어지도록 하여 항시 최신의 정보를 유지하고 화상정보와 일치하는 자료를 출력시킬 수 있어야 한다. 입력자료는 표 2와 같은 제인자들의 항목들이다.(표 2 참조)

Table. 2. Information shape & input shape of sliding data base character information

항 목	데이타베이스 입력자료	정보형태
재 원	1. 주소 2. 수계 3. 발생일시 및 조사일시	문자, 화상정보
피해 규모 (산사태발생)	인명피해, 재산피해, 기타피해상황, 발생면적 : (길이 x 폭 x 깊이)	문자, 화상, 통계정보
강 우 량	산사태발생시 강우량, 3시간강우량, 6시간강우량, 12시간강우량, 1일강우량, 3일강우량, 7일강우량 연강우량	화상, 통계정보
하천,해안의 침식	상황에 대해 기술	문자, 화상정보
지 진	진원지, 진앙지, 강도, 영향반경, 발생일	문자, 화상정보
지 질	암석명, 풍화도, 강도, 불연속면 발달상황	문자, 화상, 통계정보
지 형	사면형, 경사형, 경사도, 산사태 발생위치	문자, 통계, 화상정보
임 상	식생명, 식생밀도, 경급, 벌목유무. 임지이용	문자, 통계, 화상정보
토 질	분류, 강도, 토층깊이, 각종 물성치	문자, 통계, 화상정보
인위적 행위	절토지, 성토지, 주택지주변, 도로주변	문자, 화상정보

산사태 統計情報 데이타 베이스

산사태 통계정보 데이타베이스는 산사태의 發生頻度, 被害狀況, 降雨量, 發生地의 岩石과 土質의 現場 및 室內試驗 强度와 物性値 등을 數値데이타로 관리하는 것이다. 입력자료는 보고서번호, 피해상황, 강우량, 지질, 岩盤等級, 암석과 토질의 시험항목 및 시험결과 등이다. 암석과 토질의 시험항목은 물성치와 강도시험으로 구성되며 암석은 일축압축시험, 인장시험, 밀도 등으로, 토질은 일축압축시험, 밀도, 액성·소성한계지수, 각종 물성치 등이 포함되어야 한다.

각종 수치는 측정조건에 대해서 상세히 입력할 수는 없다. 실제 보고서로부터 데이타를 判讀하는 경우 測定條件 등의 기재가 어떤 것은 매우 세밀하고 반대로 생략된 것도 있으므로 통일성을 기할 수 없을 뿐 더러 잘못된 정보를 입력할 위험성도 있다. 이런 통계정보는 데이타를 컴퓨터에 입력하는 것이 주목적이 아니라 산사태 제인자들에 대해 강도와 물성치의 분포가 산사태 발생에 미치는 영향을 인지하는데 있다.

따라서 강도와 물성치의 통계자료는 사전에 평가를 거친 자료를 수록하고 이용자에게 불확실한 정보를 제공하지 않도록 해야 한다.

데이타 베이스 검색

이미 소개한 화상정보, 문자정보, 통계정보의 산사태 데이타 베이스는 單獨으로나 각각의 群을 結合하여 필요로 하는 정보를 檢索 할 필요가 있다. 이들의 검색과정은 컴퓨터의 전문지식이 없는 일반인에게도 이용할 수 있도록 컴퓨터의 專門用語와 使用方法을 사용하지 않고 한글 對話 形式으로 검색할 수 있도록 하는 것이 중요하다.

산사태 데이타베이스 시스템은 각종 보고서 내용을 검색하고 이들 자료를 화상정보 등과 연결하여 사용하는데, 入力項目을 검색할 수 있는 방법과 기본지형도 상에 該當地點을 검색하는 두가지 검색방법이 있다. 항목검색은 보고서 데이타베이스에 입력한 산사태 관련 각항목에 대해 내용을 검색하기 위하여 키워드(Keyword)를 사용하는 방법으로 예를 들어 검색하는 키워드를 「特定地質과 傾斜度에 따른 山沙汰 發生地」라는 指示를 내리면 데이타군의 중심으로부터 해당되는 지점의 보고서가 문자정보로 送出되어 모든 관련 각 항목을 읽을 수 있고 필요로 하는 細部項目에 대해 출력하는 것도 가능하다. 또한 화상정보와 연결하여 기본지형도나 지질도에 좌표로써 표시해도 가능하다.

기본지형도 해당지점의 검색이란 검색지점의 좌표를 입력하고 지형도상의 임의 지점을 畵面上에 接近, 擴大시켜 領域을 구분하여 그 영역중에 해당하는 지점의 보고서를 검색하는 방법이다. 검색지점에 대한 보고서가 없는 경우에는 검색지역에서 가장 가까운 지역의 연구내용이 출력된다.

통계정보에 대한 검색방법은 모든 데이타를 대상으로 하는 방법과 조건을 설정하는 방법으로 나눌 수 있다. 모든 데이타를 대상으로 하는 방법에는 각 시험항목을 Y軸으로 설정하고 X軸에는 岩石强度, 土質强度 등을 設定하여 項目에 대해서 그래프화하는 방법이다. 조건을 설정하는 방법에는 특정자료를 제거하기

위하여 X축과 Y축의 설정시 조건을 넣어 데이타에 휠터를 걸어 출력하는 것이다.

地理情報시스템 (GIS,Geographic Information System)

GIS는 여러 獨立된 空間的 資料를 綜合하여 정보를 제공하는 형태로 변형시키는 기술이다. GIS의 흐름을 살펴보면 航空寫眞 投影, 人工衛星 스캐너에 의한 走査, 現場調査 등에 의해 수집된 산사태 관련 자료는 도화, 집계 등 정보처리를 통하여 화상정보나 통계정보로 되며 나아가 이들 정보를 컴퓨터로 읽을 수 있는 情報形態로 變換하기 위하여 數値化한다. 최근 위성화상이나 컴퓨터화된 일부 原 情報는 蒐集段階에서 수치화가 이루어지도록 하고 있다. 이렇게 하여 축적된 수치정보는 여러가지 요구에 맞추어 加工되어 磁氣, 光媒體, 地圖 등의 하드카피로써 출력되며 온라인, 오프라인 네트워크를 통하여 유통되고 이용된다. GIS의

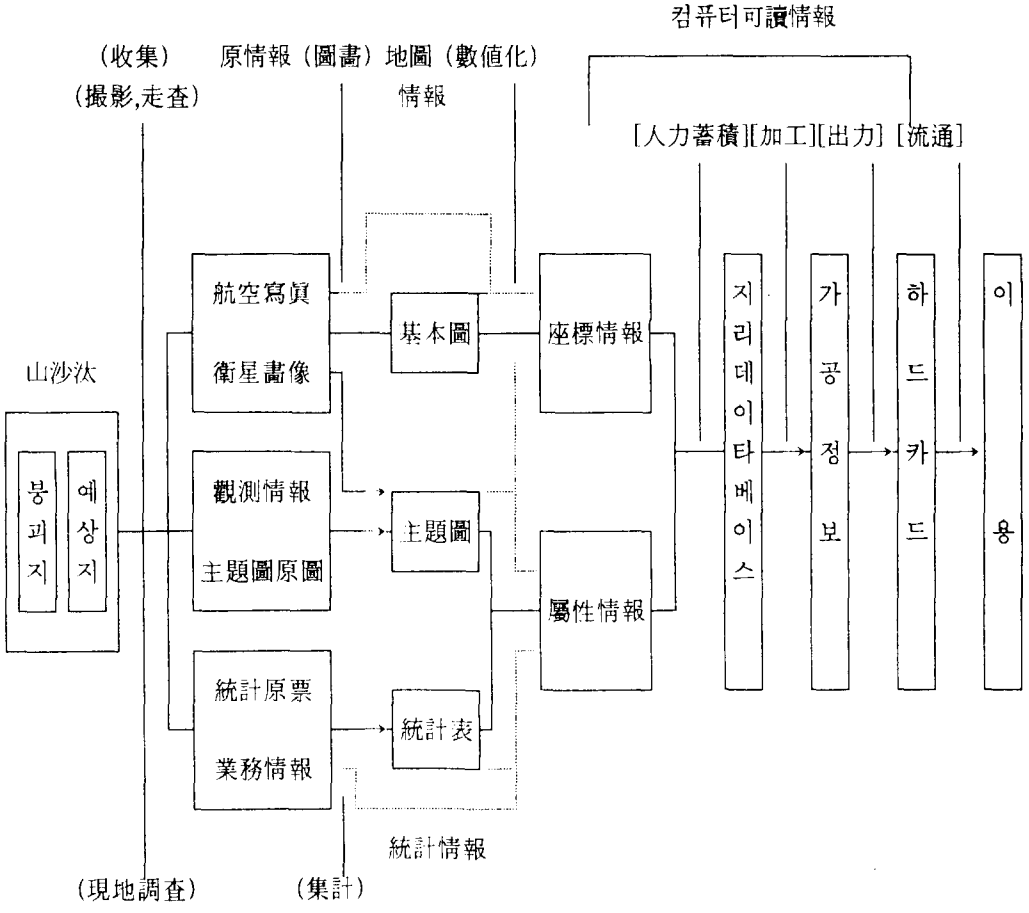

Fig. 2. The flow chart of GIS

주목적은 정보의 수집, 도화, 통계, 수치화, 입력 , 축적, 가공, 출력, 이용 등의 과정을 통해 사용자에게 종합된 정보시스템을 제공해 주는 것이다 (그림 2 참조).

資料蒐集 및 圖書

畵像情報蒐集은 최근 원격탐사 기술의 향상에 따라 畵像 情報原으로써 원격탐사의 의존도가 높아지고 있다. 원격탐사에 이용되는 스캐너는 해마다 그 정밀도가 높아지고 精密分析技能과 波長領域도 넓은 센서가 개발되고 있다. 따라서 산사태 관련 제인자들에 대해서 원격탐사를 이용하여 화상정보를 보다 정확하게 얻을 수 있다. 地圖의 圖畵에 있어서 종래 항공사진을 기초로 한 아나로그 도화가 중심이 되었으나 최근에는 컴퓨터와 직접 연결되어 있는 소프트웨어에 의해 항공사진에서 직접 수치화를 실시할 수 있는 해석도화기가 개발되기 시작했다.

GIS는 기본도와 여러 主題圖로 구성되어 있는데 산사태에 적용할 경우 다음과 같은 산사태 발생 諸因子에 대한 主題圖의 작성이 필요하다.

- o 空間 基準座標係 : 측정기준점으로 X,Y 좌표로 구성
- o 기준 지형도 : 지리정보를 연결 시켜 주는 기본지도
- o 강우정보 주제도 : 시간별 강우량 분포 작성
- o 지형정보 주제도 : 경사도와 경사형의 분포작성
- o 지질정보 주제도 : 암종, 강도, 풍화도별 분포작성
- o 임상정보 주제도 : 식생, 식생밀도, 경급별 분포작성
- o 토질정보 주제도 : 토층깊이, 토질 분류별 분포작성
- o 연결장치 : 지형도와 각 주제도를 연결시켜 주는 장치

資料의 數値化

원격탐사자료는 수집 즉시 수치정보화가 가능하나 그외의 정보는 대부분 아나로그 정보로써 수치화 과정을 거쳐야 한다. 항공사진과 같은 화상수치화에 대해서는 각 화소(pixel)단위로 濃淡을 디지탈화하여 입력하는 드럼스캐너와 TV 카메라방식이 있다. 드럼스캐너는 읽어내는 속도, 조작성, 사용비용 등에서 문제점이 있으며 TV카메라는 歪曲이나 해상도에서 문제점이 있다. 도형이나 그림에 대한 자료의 수치변환방식은 벡타(vector)방식과 레스터(raster)방식이 있다.

벡타방식은 網(network)이나 等高線 같이 선으로 된 자료를 수치변환 시키는데 사용되는 방법으로 작업이 중단되지 않고 연속적으로 진행하기 위하여 여러 변수가 복합된 지도를 사용하지 않고 각각의 변수로 분산된 지도를 사용한다. 즉, 지형도, 식생도와 같은 별도의 지도를 사용하여 수치변환하면 연속적인 작업이 진행되고 지형등고선과 강우량분포 등을 효과적으로 표시할 수 있다.

레스터방식은 원격탐사(remote sensing)의 탐사기(senser)와 같이 컴퓨터에 연결된 탐사기가 대상물에 대한 수치영상을 직접 만드는 방식으로 수치영상은 2차원 격자식 배열로 나타나는데 화소(pixel)라는 단위로 구성된 몇

개의 레스터라인(rasterline)으로 영상이 이루어지며 수문, 식생, 암석의 정보를 효과적으로 나타낼 수 있다. 최근에 벡타와 레스터방식을 결합한 공간정보구조는 높은 해상력, 복잡한 정보구조, 융통성있는 정보분석을 지원하기 때문에 점차 그 중요성이 증가하고 있다.

資料의 貯藏 및 出力

산사태 관련 지도와 화상정보는 극히 많은 蓄積容量을 필요로 하고 저장 매체의 성능에 대한 요구수준이 높고, 자료의 양이 방대하므로 이에 적합한 기록정보의 고밀도화, 처리의 고속화가 필요하다. 이러한 과제에 알맞게 용량, 성능, 가격에서 뛰어난 광디스크장치(CD-ROM)의 개발이 진행되고 있으며 이미 디스크를 이용한 지도검색시스템도 상품화되고 있다.

화상출력장치는 소프트 출력장치와 하드카피 출력장치로 대별된다. 하드카피의 출력장치는 XY 블럭(펜, 자동 헤드플롯트), 와이어돗트 프린더, 잉크젯트프린트, 레져프린트, 마이크로콤(마이크로필름 위에서 직접 圖畵하는 장치) 등이 개발되어 있으며 正確度, 速度 등의 性能이 圖畵, 畵像出力裝置로서 충분한 수준에 도달하고 있다.

소프트카피의 출력장치는 액정디스플레이, 프라즈마 디스플레이, 랜덤스캔, CRT 디스플레이 등이 있다. 지도화상출력의 경우는 화면에 1,000x1,000점 수준의 정확도가 요구되며 그 성능을 가지고 있는 것은 CRT 디스플레이인데 가격이 매우 고가이기 때문에 지리정보처리를 현장에 보급시키기 위해서 가격인하가 선행되어야 한다.

산사태 정보시스템을 작성시 이용자의 요구가 다양함을 고려하여 풍부한 응용 프로그램을 체계적으로 준비해 둘 필요가 있으며 산사태 정보를 전국토 어디서나 활용하기 위해 온라인 네트워크 기술이 도입되어야 한다. 네트워크 기술은 비교적 近距離 데이타 이용을 위한 지역연계망(Local Area Network)과 廣域지역에 사용할수 있는 고도정보통신시스템(INS)을 들 수 있으며, 산사태 정보시스템은 전국토에 걸쳐 정보 교환이 이루어져야 하므로 고도정보통신시스템의 도입이 필요하다.

山沙汰 豫防의 GIS 利用

山沙汰 예방에 GIS 기술을 이용하기 위해서 位置情報가 매우 중요한 부분을 차지한다. 산사태 관리에 필요한 정보는 산사태 발생에 영향을 미치는 강우량, 지형, 지질, 토질, 임상, 인위적행위 등으로 이들을 기본도인 지형도에 이들 제인자들의 주제도를 중첩표시하고, 각 인자별 통계자료를 분석하면 국내 산사태의 특성 도출과 향후 위험사면 관리의 기본방향을 제시할 수 있다. 최근 인공위성에 탑재된 스캐너의 정밀도 향상과 밴드의 파장영역 확장에 따른 지하 探査技術 向上 등으로 지표암석조사, 지하 지질구조 조사, 토층의 수분함량 분포 분석, 지하수 조사, 토양 및 식물특성분석 등을 보다 용이하게 수행할 수 있게 되었다.

우리나라의 경우 산사태는 태풍이나 폭우를 동반한 홍수시 발생하는 경우가 많아 산사태가 발생하면 교통 및 통신 두절에 의해 현지 접근이 불가능하므로 산사태 피해에 대한 통계자료에 문제점이 있으며 강우량 자료도 측점수가 비교적 적어 한 개의 강우측점이 넓은 범위를 담당하고 있으므로 강우량의 신뢰성에

도 문제가 있으므로 산사태 발생지 및 규모, 강우량 분포 등을 위성전송사진에 의해 쉽게 파악할 수 있는 GIS 시스템의 이용이 필요하다.

또한 산업의 발달과 도로, 택지개발공사 등에 따라 산사태에 의한 피해가 우려되고 있으며, 산사태를 효율적으로 관리하기 위해 신속한 자료의 갱신이 필요하고 산사태의 새로운 자료 분석이 필요하다. 이러한 상황의 빠른 해결은 GIS 기법을 이용하는 것이 관리면에서 효율적일 것이다.

결 론

산사태 예방을 위해 산사태 자료(발생일시, 위치, 강우량 등)의 정확한 기록 및 보존, 산사태 발생 지역 및 예상지역에 대한 정밀조사의 지속적 시행, 산사태 기초 연구의 수행 등이 필요하고, 특히 대도시 주변의 산사태 위험지역에 대한 조치가 필요하다.

산사태는 강우, 지질, 지형, 토질 등 제인자들의 복합적인 조합에 의해서 발생되는 것으로 알려져 있으며 어떤 특정인자만에 의해 발생된다고는 보기 어렵다. 따라서, 과거 산사태 발생지 현장조사를 통해 얻은 산사태 발생 제인자들에 대한 자료를 데이타베이스화하고, 이들 자료의 통계분석에 의해 좀 더 신뢰성 있는 산사태 발생 위험사면을 지정하며, 선정된 위험사면 자료를 입력 및 분석하여 산사태 발생위험 순위를 정립하고, 이에 따른 투자 우선순위 설정과 산사태 豫警報體制의 確立 등을 수행함으로써 방재대책차원의 산사태 피해의 감소와 국토의 효율적인 이용에 기여할 수 있을 것이다.

향후 산사태 피해를 경감시키기 위해 복구사업의 투자는 물론 예방 및 방지 대책사업에 투자를 지속하여야 하며 특히 연구분야에 집중 투자할 필요가 있다.

최근 미국, 일본 등 선진국에서 첨단기술을 이용한 원격탐사정보 및 수치정보의 활용이 두드러지고 있고 첨단기술의 실용화가 지리정보시스템인 것을 감안할 때 21세기를 향한 우리의 국토관리도 산사태 방재차원의 지리정보시스템을 도입하여 효율적인 관리로 경제성, 신뢰성을 추구해야 할 것이다.

다가오는 21세기는 정보화시대가 될 것이다. 정보화 시대에서 유용한 도구로 활용될 수 있는것 중의 하나가 GIS가 될 것으로 예상되며, 따라서 국가적인 차원이나 기업차원에서도 GIS에 대한 인식전환과 연구개발이 필요하다.

참 고 문 헌

1. 조천환, 구본효, 지반정보의 데이타 베이스, 건설기술정보 제 83호, 1990.10, p.10-25.
2. 유복모, 지리정보시스템의 현황, 대한토목학회지 제 36권 제 1호, 1988.2, p.70-73.
3. 건설부, 방재종합대책 중장기 계획조사 보고서 제3권, 1988.12, p.351-611.
4. 구호본, 산사태 데이타 베이스 시스템에 대하여, 건설기술정보, 제79호, 1992. 6. p.26-33.
5. 구호본 외 2인, 한국의 산사태 특징, 대한지질학회 학술발표회, 1992. 10. p36-40.
6. 이사로, GIS를 이용한 청주지역의 광역

적 산사태 분석연구, 연세대 석사논문, 1992, p35-36.
7. 구호본 외 4인, 방재종합대책 중장기 계획조사 - 산사태 부문, 한국건설기술연구원 건설기술년보, 1989.4. p.125-136.
8. 구재동, 지형정보시스템(GIS)의 응용 및 전망, 서울시립대 토목공학과 학회지 '주춧돌', 1994.11. p.61-72.
9. 김종윤 외 2인, 지반의 지질공학적 특성분석을 위한 GIS활용연구, 한국GIS 학회지 1994.4. p.39-46.
10. 國土廳計畵 調整局編, 地理情報システム, 1986.8., p.50-95.
11. 笠博義 외 3인, 衛星データを用いた斜面崩壞豫測システムの構築, 1991.7, p.35-36.
12. J.C. Antenucci외 4인, Geographic Information Systems - a guide to the technology, 1991, p.161-182.