

사면안정 대책공법 안내시스템 개발

지영환*, 허대성^{0*}, 황영철*, 차영환^{***}, 이승호*

* 상지대학교 건설시스템공학부, ** 인하공업전문대학 컴퓨터정보과, *** 상지대학교 IT공학부

Development of the Guiding System for the Counter-Construction Method Stabilizing Slopes

Younghwan Ji*, Taesung Hur^{0*}, Yeongcheol Hwang*, Yeonghwan Tscha^{***}, Seungho Lee*

* Civil Eng., Sangji Univ., ** Dep't of CS, Inha Tech. College, *** IT Eng., Sangji Univ.

요약

상지대학교 '낙석 및 산사태 방재연구단'에서는 '건설교통부 지역기술혁신사업'의 일환으로 사계절 낙석과 산사태 위험에 노출되어 있는 강원지역의 주요 도로 사면에 대한 재해를 저감하기 위하여 통합 사면관리기술, 광역산사태 저감기술 및 사면 안정성중대기술을 개발하고 있다. 본 논문은 강원지역의 최근 5년간 시공된 주요 사면별 178종의 애트리뷰트들의 정보를 Database화하고 이를 활용하여 시공 예정인 특정 사면과 환경조건이 유사한 사면에 적용하였던 공법들과 이에 따른 유지보수 내역과 안정성 등의 정보를 제공하는 사면정보 검색시스템의 설계와 구현에 관한 것이다. 검색의 효율성을 위해 18종의 중요 애트리뷰트들을 선정하고, 이들을 선택형과 기재형으로 분류한 후, 공법들간의 유사도(일치도)를 측정하는 방안을 도입하였다.

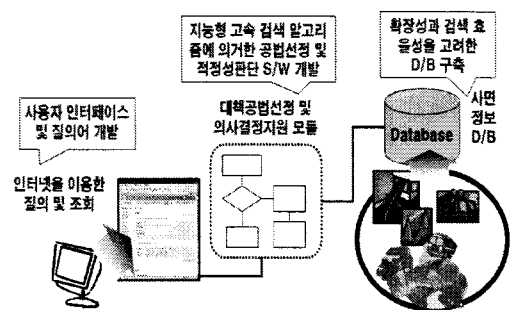
1. 서론

최근 기후변화에 따른 하절기 집중호우로 인한 인명손실과 재해가 그 어느 때보다도 국가적 차원의 난제로 대두되고 있다. 특히, 강원지역과 같이 대부분이 산악과 구릉인 경우 동일 강우량에 대해서도 유속과 유압의 강도가 훨씬 더 크다. 삼림의 간벌 상태, 하천 상류의 암반의 크기와 모양, 그리고 토질 점도 등도 평야지대나 대도시 지역과는 다른 차이점이 있다[4,5]. 아울러, 고랭지채소 재배지, 목장, 펜션, 스키장 및 골프장 등의 확장 등은 삼림의 황폐화와 강우 시, 유속의 가속화를 낳고 있다. 한편, 소득증대와 여가활용에 대한 욕구 증가에 따라 산악지역의 경사골곡이 빈번한 강원지역을 찾는 차량도 지속적 증가하게 되었고 도로 사면의 낙석과 산사태로부터 귀중한 인명보호와 재해를 방지하기 위한 신기술의 필요성이 그 어느 때보다도 절실하게 되었다[3,4].

상지대학교 '낙석 및 산사태 방재연구단'에서는 '건설교통부 지역기술혁신사업'의 일환으로 사계절 낙석과 산사태 위험에 노출되어 있는 강원지역의 주요 도로 사면에 대한 재해를 저감하기 위하여 Ubiquitous Sensor Network 환경을 기반으로 하는 1) 통합 사면관리기술, 2) 광역산사태 저감기술 및 3) 사면 안정성중대기술을 개발하고 있다[1]. 특히, 시공된 사면의 자연환경, 시공내역, 유지보수 내역, 안정성 해석 결과, 대책공법 적용결과 등을 Database화하는 작업은 전체 사업의 가장 근간이 되는 선결 과업이다.

이를 위해 본 연구에서는 먼저, 최근 5년 내에 강원지

역에 시공된 주요 사면들에 대해 각기 178종의 항목들의 정보를 기반으로 사면정보 Database 시스템을 구축하였다. Database의 활용을 위해 우선적으로 시공 예정인 특정사면에 대해 유사한 환경조건에서 기 시공된 사면들에 대해 적용된 공법들과 이에 따른 안정성 확보 정도 등을 제공하는 사면정보 검색 시스템을 개발하였다.



[그림 1] 사면안정대책공법 안내 시스템 개요

[그림 1]은 개발 시스템의 전체적 구성을 나타낸다. 구축된 Database는 인터넷을 통해 액세스가 가능하며, 유사 환경조건인 사면에 대해 기 시공된 사면의 공법안내와 유지보수 내역, 안정성 해석결과 그리고 보강 대책 및 정비현황 등도 조회 할 수 있도록 하였다. 검색속도 증진과 사용편의성을 고려하여 사면을 대변하는 주요 변

수(편의상, 항목 또는 애트리뷰트란 용어를 혼용함)들을 선택하고 이들을 고려하여 유사도(일치성)를 계산한 후, 유사조건에 대한 적용된 공법 중 유사도 값이 가장 근접한 사면을 선정하도록 하였다. 시스템 개발은 Active-X, Java, HTML, XML, MySQL 4.1.18을 이용하였고, 약 12만 라인의 소스 코드로 구성되어 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 사면정보를 구성하는 애트리뷰트들을 소개하고, 공법조회 알고리즘을 설계하기 위해 고려된 사항들을 언급한다. 3장에서는 검색 시스템의 설계와 구현 내용을 다룬다. 일반 이용자를 위한 사용자 인터페이스, 검색모듈, 시스템 구동과정을 설명하고 관리자 모드로서의 구형 기능들에 대해 설명한다. 4장에서 본 논문의 결론과 향후 과제에 대해 논한다.

[표 1] 사면정보 구성 테이블 및 주요 애트리뷰트

테이블 명	대표적 애트리뷰트(항목) 예
지역정보	조사지역, 일자, 위치(경도), 날씨, 도로정보
절토사면 및 지형	주변지형특성, 절토사면특성, 구성물질, 중형단면, 종단면특성
식생	초본밀도, 수목밀도, 근계특성
낙석	위치, 규모, 낙석량
뜬돌	위치, 규모, 분포량
소단	높이, 폭, 경사
상부자연사면	경사, 인장균열, 포행혼적, 인공구조물, 토층심도, 수목전도
지질	암종, 풍화정도, 절리외의 불연속면, 암반형태, 암색
수리조건	수리상태, 정도, 계곡부 개수
시공현황	보호/보강시설의 위치 및 상태, 배수시설의 위치 및 상태
붕괴이력	붕괴 위치, 유형 및 규모
안정성 해석 결과	원호파괴, 평면파괴, 전도파괴, RMR 값, RMR 등급, SMR 값, 안전율, 보강공법, 보강후 안전율
대책 및 정비현황	대책공법명, 규모, 구간, 공비
총 개수	187

2. 사면정보 구축

도로 주변의 절토 사면(cutting-slope)은 강우, 강설, 지진, 지질의 변화, 상재하중의 증가, 지하수위의 변화 등 사면의 내외적 원인에 의거하여 전단응력 증가 또는

전단강도 감소로 붕괴될 수 있다[6,7]. 강원지역은 산악 지형으로 경사굴곡이 심하여 시공된 사면들은 타 지역에 비해 낙석과 산사태의 위험성이 매우 높다. Database를 구현하면서 구축된 사면을 구성하는 테이블과 테이블내의 주요 항목 즉, 주요 애트리뷰트들의 일부를 예시하면 [표 1]과 같다. 전체적으로 187개의 항목을 사면별로 유지하였다.

구축된 Database 시스템의 우선적 용도는 시공 예정인 어떤 사면이 갖는 자연적 특성을 입력하면 유사한 조건에서 과거 시공되었던 사면의 시공현황, 붕괴이력, 안정성 해석결과, 대책 및 정비현황 등을 제공하여 기술적으로 최적의 공법을 선정하는데 도움을 주는 일종의 의사결정지원시스템을 구축하는 것이었다. 하지만, 사면정보로 고려된 애트리뷰트들의 수가 187개이고, 또한 이들은 이치(binary-value)값이 상의 다치 값을 갖는 것들이 많이 있다(예를 들어, 절토사면의 중형단면은 8가지로 구분됨).

이론적으로 N 개 사면에 대해 각 사면이 K 개의 애트리뷰트들로 구성되는 경우 특정 애트리뷰트 값들에 가장 근접한 사면을 찾기 위해서는 “다차원 공간 내 영역 검색(multidimensional range search) 문제”로 변환된다[9]. 이러한 경우 $O((\log_2 M)^{2K-1} + R)$ 의 검색시간과 $O(N(\log_2 M)^{K-1})$ 의 기억공간이 소요된다. 단, 여기서 R 은 검색이 일치되는 사면의 수이다. 따라서 수천, 수만개의 사면과 200여개에 달하는 애트리뷰트들(현재 구현된 시스템에서는 187개이나 사면정보의 구성목적과 내용구성에 따라 항목의 수는 더욱 더 증가되어 200 종에 이르게 될 것으로 예상됨)을 고려하면 검색 속도와 저장 기억공간에 있어 효율성을 제공하는 휴리스틱이 개발되어야 한다. 이에 대책공법을 안내하는 경우 최소한의 필요한 애트리뷰트들로 즉, 유사 환경조건에서 구축된 공법을 조회하기 위해 사용자가 고려해야할 애트리뷰트들로 사면분야의 전문가의 자문을 통해 17항목을 선정하였다(뒷 페이지의 [그림 4] 참조).

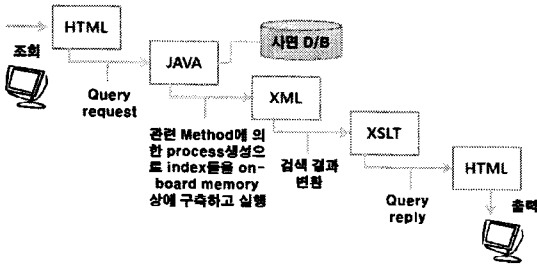
선정된 항목은 지형선택이나 종단면특성과 같이 그 해당 값이 콤보형(combo-type)으로 제공되어 이용자가 단순히 선택하도록 하는 “선택형”과 풍화정도와 같이 해당 값을 직접 써넣는 “기재형”으로 구분하였다. 그리고 검색의 효율성과 이용자의 편의성을 고려하여 가능한 선택형으로 제공되도록 하였다. 기재형의 경우도 가능한 최소값과 최대값 즉, 값의 범위와 범위 내에 발생하는 값들을 고려한 계급값을 고려하여 선택형으로 모두 전환 중에 있다(경사각, 토층심도, 풍화정도가 이러한 예이다).

3. 대책공법선정 시스템

사면안전대책공법 선정(안내)시스템은 크게 1) 사면정

보입력, 2) 사면공법 검색(조회), 3) 사면안정성 조회(검색), 4) 관리자용 자료 dump 및 운용관리 등의 4가지 기능으로 구성하였다.

시스템의 전체적인 구동은 [그림 2]와 같이 인터넷 상의 이용자들이 HTML을 이용한 검색질의를 실행하는 과정에서부터 JAVA 프로세스에 의한 사면 Database의 검색과 검색결과의 XSLT(eXtensible Stylesheet Language Transformation)으로 표현 과정을 거쳐 HTML을 이용한 출력의 과정으로 이어진다.



[그림 2] 대책공법선정 시스템의 내부 동작

검색결과는 Database에 직접적인 연산을 수행하기보다는(한건의 Join 질의(query) 조차 시행하지 않고), 단지 검색 항목에 대하여 그 검색 필드가 Database 내에 존재하는지 그 유무만 검색을 하며 검색된 항목에 대해서는 단지 사면의 인덱스 항목들만을 서버 메모리상에 리스트구조로 저장한다. 이러한 각 필드의 일치유무를 검색하고 일치된 인덱스 값에 대하여 JAVA Method 내부에서 정의된 유사도에 의거하여 정렬 작업을 거치고 표현될 XML 데이터를 구하게 된다.

3.1 사용자 인터페이스

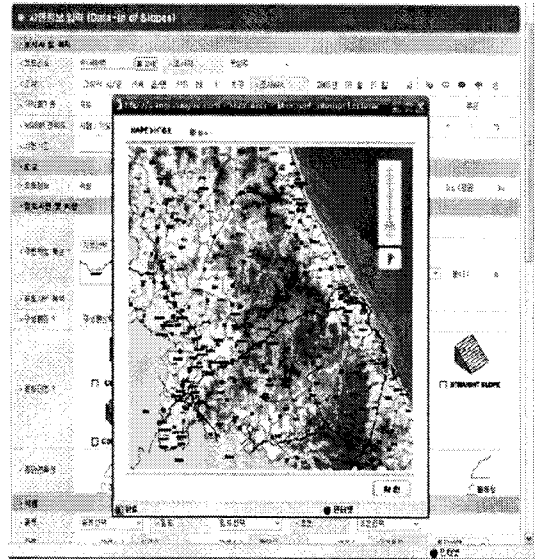
사면안정대책공법 선정을 위한 공법안내 시스템의 사용자 인터페이스는 GUI 기반으로 간단, 명료하게 입력할 수 있도록 하였다([그림 3] 참조). 아울러, 사면의 위치를 지도상에 입력하도록 하여 추후, 조회 결과를 출력시 유관된 사면들이 지역적으로 어떻게 분포되는지를 쉽게 파악하도록 하였다.

3.2 검색모듈

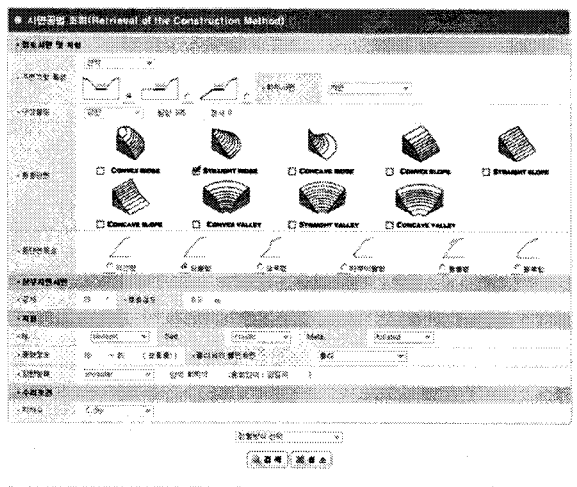
검색모듈에서는 속도개선을 위해 선정된 17개의 항목에 대해 상대적 중요도를 고려하여 가중치를 부여하도록 하였다. 알파 테스트에서는 모두 가중치를 1로 하였으나 베타 테스트를 위해 사용자가 원하는 대로 가중치를 부여하도록 구성하였다. 입력 항목 중 사용자가 값을 제공한 항목에 대해 선택형의 항목의 경우 값이 완전 일치하는 경우에만 배정된 가중치를 획득하는 것으로 하였고,

기재형의 경우에는 사용자가 기입한 값에 가중치를 대응시키고 이를 기준으로 좌우 계급값을 고려하여 종모양의 분포로 부분적인(fractional) 가중치가 대응되게 하였다.

최종적으로는 전체적으로 배정된 가중치의 총합에 획득한 가중치를 백분율로 산정하여 이를 “유사도(일치도)”로 정의하고, 유사도 값에 따른 공법선정이 이루어지도록 하였다.



[그림 3] 사면 정보 입력창



[그림 4] 대책공법선정을 위한 입력창

3.3 조회 및 출력

특정 사면을 위한 대책공법을 선정하기 위해 해당 시스템을 이용하는 경우 [그림 4]와 같은 화면을 통해 제공되는 17개의 항목에 값을 입력해야 한다. 만일 이용자가 값을 제공하지 않는 경우 해당 항목은 유사도 측정시 가중치가 0으로 할당되어 무시되도록 하였다. 유사도 측정에 의거한 출력은 [그림 5]와 같이 유사도의 내림차순으로 검색된 사면들을 지도상에 표시해주는 한편, 해당 사면의 행정소재 정보를 제공하며 사면을 클릭시 전체 내역과 사면의 (동)영상정보를 출력하도록 웹 태깅을 하였다.



[그림 5] 유사도에 의거한 선정된 대책공법 출력창

3.4 기타 기능

대책공법의 선정기능을 보다 세분화하여 검색된 해당 사면에 대해 과거 판정되었던 안정성해석결과와 이에 따라 보강되었던 대책 및 정비현황을 별도로 조회할 수 있다. 또한 관리자를 위한 Database 내 사면 정보의 삭제, 갱신 기능을 제공하며, 전체 사면 정보의 dump 기능이 있다.

4. 결론

본 논문에서는 강원지역의 최근 5년간 시공된 주요 사면별 178종의 항목(애트리뷰트)들의 정보를 Database 화하고 이를 활용하여 시공 예정인 특정 사면과 환경조건이 유사한 사면에 적용하였던 공법들과 이에 따른 유지보수 내역과 안정성 등의 정보를 제공하도록 구현된 사면정보 검색시스템을 소개하였다. 검색의 효율성을 위

해 대책공법 선정 시 고려되어야할 18종의 중요 애트리뷰트들을 선정하고, 애트리뷰트들의 도메인 유형에 따라 선택형과 기재형으로 분류한 후 공법들간의 유사도(일치도)를 측정하여 안내하도록 구현하였다.

후속 사업으로 추가적인 사면정보의 확보와 사면정보 중 안정성해석 및 붕괴이력에 대한 자료 입력이 필요하며, 개발 시스템의 안정화와 보안체계 확립이 시급히 요구된다. 개발 시스템의 활용으로는 사면 공사현장의 시공자나 관리자용 단말기와 연동하여 현장지원과 유지보수 시 활용을 지원하게 할 수 있으며, 차량용 네비게이션 시스템과 구축 Database를 연계를 통해 주행 구간 도로변의 사면에 대한 낙석 및 산사태 정보를 제공함으로써 운전자의 안전을 도모할 수 있을 것이다.

감사의 글

본 연구는 건설교통부 2005년 강원권 지역특성화연구 개발사업(현, 지역기술혁신사업) 연구과제인 "낙석 및 산사태 방지를 위한 차세대 신기술 개발(05지역특성 B02-01)"과 관련하여 수행되었습니다.

참고문헌

- [1] 건설교통부 지역기술혁신사업[강원도권], 상지대학교 낙석 및 산사태방재 연구단(www.rlpc.re.kr).
- [2] 건설교통부, 국내사면 파괴 특성을 고려한 토사면의 안정해석 및 보강기법 시스템, '97건설교통 기술연구사업 최종보고서, 한국과학기술원.
- [3] 이 승호, "절개사면의 안정성 증가를 위한 배수시스템 개발에 관한 기초적 연구," 한국지반환경공학회 논문집 제6권 제2호, 2005년 6월, pp.15-20.
- [4] 이 승호 외 4인, "강원산간지방 도로확장 대절토부 사면안정 처리에 관한 연구," 2003년도 한국지반공학회 봄학술발표회.
- [5] 이 승호, "강원도 산악도로 절개사면의 파괴특성 분류에 관한 연구," 2002년도 한국지반공학회 사면안정 학술발표회.
- [6] 이 강일 외 3인, "강우특성을 고려한 불포화 풍화잔류토 사면의 안정성 해석," 한국지반 환경공학회 논문집 제7권 제2호, 2006년 4월, pp.5-14.
- [7] 장 현식 외 3인, "집중강우시 발생하는 절토사면 붕괴의 특성 연구," 2004년도 한국지반공학회 봄학술발표회 논문집, pp.635-642.
- [8] 차 영환 외 4, "사면안정대책공법 선정을 위한 자동화 시스템 개발," 2007년 낙석방지시설 및 사면보강공법 연구회 학술세미나.
- [9] H. Edelsbrunner, "A new approach to rectangle intersection," *Int. J. of Comp. Math.*, 1983, pp.209-229.