

절토사면 현황조사 자료와 위험도간의 상관분석에 관한 연구: 강원도, 충청도 일대 절토사면

A Study on Correlation Analysis between Inventory Data and Danger Grade of Cut Slopes: Cut Slopes in Kangwondo and Chungcheongdo.

김진환¹ Kim, Jinhwan

이정엽² Lee, Jeong-Yeob

김승현² Kim, Seung-Hyun

구호본³ Koo, Ho-Bon

Abstract

KICT (Korea Institute of Construction and Technology) and KISTEC (Korea Infrastructure Safety and Technology Corporation) have been carrying out inventory survey on cut slopes along national roads since 2006. Unlike precision safety check, cut slope inventory survey is a simple check about cut slope's characteristics with the naked eye to collect the data base of slope maintenance. Inventory survey is classified into general status, cut slope characteristics and inspector opinions. The inventory data are analyzed to identify dangerous slopes and decide a safety ranking. In this paper, we performed a correlation analysis using SPSS (ver.15) about the 10,461 cut slope inventory data which are collected in Kangwondo and Chungcheongdo from 2006 to 2008. We calculated the correlation coefficient between cut slope inventory data and the danger score derived from the data. And we evaluated cut slope inventory data which have the more influence on the danger degree of cut slope. According to results of correlation analysis, we found that inventory data influencing cut slope danger degree are stuck and fallen rock, orientation of discontinuity and angle of upper slope. And these data are slightly different by regionally. Later on, if inventory research is finished, we will understand regional characteristics of cut slopes.

요 지

한국건설기술연구원(KICT)과 한국시설안전공단(KISTEC)에서는 전국 국도변에 분포하고 있는 절토사면에 대한 현황조사를 2006년부터 수행하고 있다. 절토사면 현황조사는 절토사면 정밀안전진단과는 달리, 현장에서 기본적인 육안 조사를 통해 얻을 수 있는 여러가지 절토사면 특성에 대한 간단한 조사로 절토사면 유지관리의 기본이 되는 자료를 수집하는 것이다. 현황조사는 조사 대상 절토사면의 일반현황, 절토사면 특성, 조사자 소견으로 구성된다. 조사된 자료는 전국에 분포하고 있는 위험절토사면을 파악하고 정밀 안전진단의 조사순위를 결정하는데 활용된다. 본 논문에서는 SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) 통계처리 프로그램을 이용하여 2006년부터 2008년까지 강원도와 충청도 지역에서 수집된 10,461개의 국도변 절토사면 현황조사 자료에 대하여 상관분석을 하였다. 현황조사 항목으로부터 산출한 절토사면의 위험도 점수와 현황조사 항목간의 상관성을 분석하여 상관계수를 산출하였고 이를 통해 절토사면 위험도 점수에 보다 많은 영향을 미치는 현황조사 항목을 평가해보았다. 상관분석결과, 뜬돌 및 낙석 분포, 불연속면의 방향성 및 상부자연사면의 경사가 절토사면 위험도 점수에 영향을 크게 미치는 항목임을 알 수 있었다. 또한, 위험도 점수에 영향을 미치는 항목은 지역별로 약간의 차이가 나타남을 알 수 있었다. 추후, 절토사면 현황조사가 완료되면 우리나라에 분포하고 있는 절토사면의 지역별 특성을 파악할 수 있을 것으로 생각된다.

Keywords : Correlation analysis, Cut slope, Cut slope management system, Inventory data

1 정희원, 한국건설기술연구원 지반연구실 연구원 (Researcher, Geotechnical Engineering & Tunnelling Research Div., KICT, goehite@kict.re.kr, 교신저자)

2 정희원, 한국건설기술연구원 지반연구실 연구원 (Researcher, Geotechnical Engineering & Tunnelling Research Div., KICT)

3 정희원, 한국건설기술연구원 지반연구실 책임연구원 (Researcher Fellow, Geotechnical Engineering & Tunnelling Research Div., KICT)

* 본 논문에 대한 토의를 원하는 회원은 2010년 6월 30일까지 그 내용을 학회로 보내주시기 바랍니다. 저자의 검토 내용과 함께 논문집에 게재하여 드립니다.

1. 서론

국토해양부는 전국 국도를 대상으로 국가 차원의 절토사면 관리의 체계화 및 효율화를 위해 도로절토사면 유지관리시스템(Cut Slope Management System, CSMS)을 개발, 도입하여 위험절토사면 파악 및 조사, 대책공법 적용, 절토사면에 대한 유지 관리 등 도로이용자의 안전 확보에 중점을 두고 있다(한국건설기술연구원, 1998). 전국에 분포하고 있는 절토사면들 중에서 위험절토사면을 파악하고 효율적인 관리를 위해서는 전체 절토사면의 현황 파악이 매우 중요하다고 볼 수 있다. 절토사면 현황조사는 정밀조사와는 다르게 간단한 조사를 통해 절토사면의 각종 제원, 위치정보 및 사진정보를 취득하는 것이다.

도로절토사면 유지관리시스템의 기본 자료가 되는 절토사면 현황조사 자료는 2002년도에 처음 수행되었으며, 전국 18개 국토관리사무소 내에 분포하고 있는 약 12,650여개의 절토사면에 대한 현황조사가 수행되었다(한국건설기술연구원, 2003). 그러나 2002년 수집된 절토사면 현황조사 자료는 각 국토관리사무소에서 자체 발주를 통해 조사를 수행하여, 수집된 자료의 일관성이 부족하였다. 또한, 신설 국도 공사, 기존 국도의 지방도 이관, 지방도의 국도 승격 등 다양한 도로 여건 변화로 인해 2002년 당시 조사되었던 절토사면의 개수 등에서 많은 변동이 발생하여 절토사면 유지관리를 하는데 미흡한 점이 발생하였다.

도로절토사면 유지관리시스템을 운용하는데 기본 자료로 활용되고 있는 기존의 12,650개의 절토사면 현황 자료의 자료 내용 보완 및 갱신을 위해 2006년부터 2010년까지 단계적으로 전국 국도변에 분포하고 있는 절토사면의 현황조사 수행을 계획하였으며, 현재 도로절토사면 유지관리시스템을 위탁 운영하고 있는 한국건설기술연구원과 한국시설안전공단에서 직접 절토사면 현황조사를 수행하고 있다(한국건설기술연구원, 2009).

본 논문에서는 그동안 수집한 절토사면 현황조사 자료 활용의 다양한 방안을 모색해보기 위해 2006년부터

2008년까지 수집된 절토사면 현황조사 자료 중, 강원도 지역과 충청도 지역의 절토사면 자료를 대상으로 통계 프로그램을 이용하여 각 절토사면의 위험도와 현황조사 자료간의 상관성을 분석하여 상관계수를 산출하고, 상대적으로 절토사면 위험도에 영향을 미치는 현황조사 항목을 도출해 보고자 한다.

2. 절토사면 현황조사

2.1 현황조사 개요

절토사면 현황조사를 통해 획득되는 자료는 데이터 자료와 이미지 자료로 구분된다. 데이터자료는 절토사면의 일반현황, 절토사면 특성, 조사자 소견으로 구성되며, 이미지 자료는 절토사면 전경 사진과 세부 사진 등으로 구성된다. 데이터 자료는 현장에서 조사자가 직접 육안 조사하여 기재하며 이미지 자료는 디지털 카메라를 이용하여 획득한다. 절토사면의 일반현황에는 절토사면 조사자, 조사일자, 위치정보(GPS 좌표) 등으로 구성된다. 절토사면 특성은 절토사면의 제원, 위험요인 특성, 붕괴이력, 시공현황 등으로 구성되며 조사자 소견은 절토사면의 주관적인 위험도 및 피해도, 필요한 공법 등으로 구성된다. 현황조사를 수행할 때, 획득된 조사 자료 내용의 일관성 및 객관성을 확보하기 위해 각 조사항목에 대하여 조사방법을 매뉴얼로 작성하여 현황조사를 수행하였다(한국건설기술연구원, 2007).

2007년부터는 데이터 자료를 수집할 때, 수기로 기재 하던 방식에서 벗어나 Tablet PC와 PC 환경에 맞는 프로그램을 개발하여 현장에서 직접 컴퓨터에 입력하는 방식으로 조사를 수행하고 있다(김승현 외, 2007). Tablet PC에 입력된 자료는 한글파일 및 엑셀(Microsoft Excel) 자료로 직접 변환이 가능하여 조사자의 자료 관리가 보다 용이하게 이루어지고 있다.

수집된 자료는 데이터베이스를 구축하기 위하여 엑셀자료를 오라클 DB 구조의 데이터로 변환하여 서버에 구축하고 있다. 또한 한글 보고서 양식으로도 편집

표 1. 절토사면 현황조사 조사 항목

구분	조사항목
일반현황	거리표, 위경도, 차선, 조사일자, 조사자
절토사면 특성	길이, 높이, 경사, 상부경사, 이격거리, 소단분포, 종류, 주변지형, 지하수, 누수위치, 풍화도, 불연속면방향성, 사면형상, 측면형상, 계곡부, 붕괴이력, 뜬돌 및 낙석 분포, 암종, 토층심도, 암반형태, 불연속면 종류, 시공상태
조사자 소견	위험도, 피해도, 붕괴유형, 위험등급, 위험구간, 필요주공법, 기타사항

하여 현황조사가 완료된 국토관리사무소에 배포하여 현장 실무 담당자가 절토사면을 용이하게 관리하는데 도움을 주고 있다. 현장에서 수집되는 절토사면 데이터조사 항목 목록은 표 1과 같으며, 각 국토관리사무소

에 배포되는 보고서 양식의 예는 그림 1과 같다. 그림 2는 현황조사 자료가 입력된 엑셀 프로그램 창을 보여 준다.

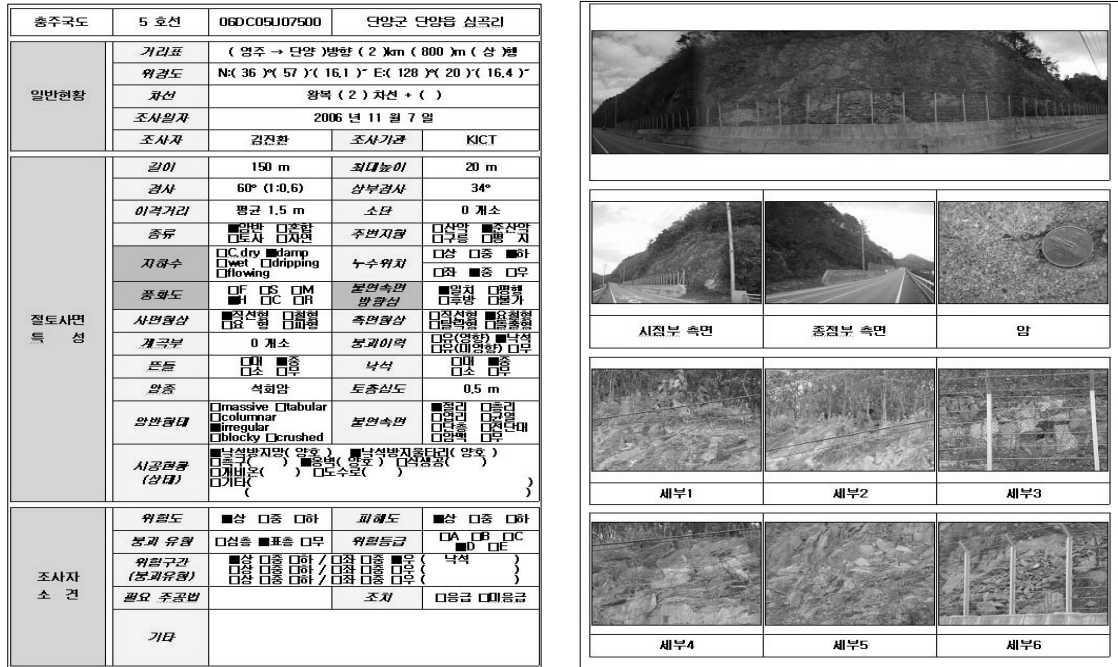


그림 1. 절토사면 현황조사 자료 보고서 및 사진

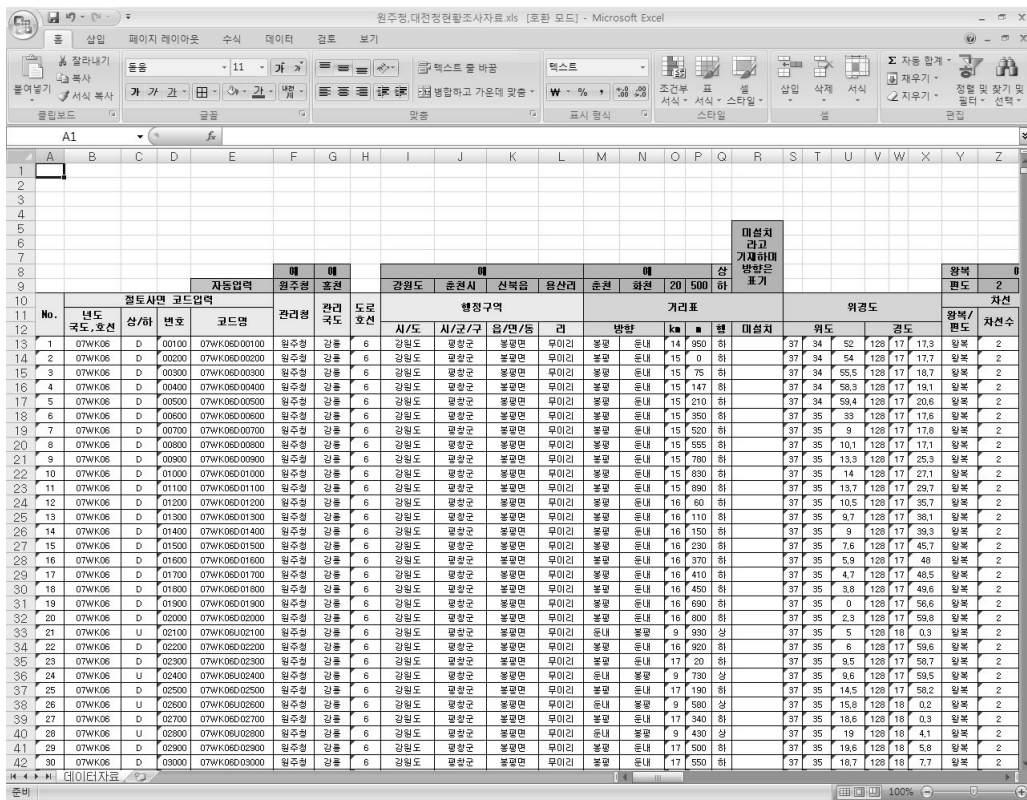


그림 2. 엑셀 프로그램에 입력된 현황조사 자료

2.2 강원도, 충청도 관내 절토사면 현황조사

2006년부터 수행하고 있는 절토사면 현황조사는 조사대상 절토사면의 개수가 매우 많고 전국에 산재하고 있어 우리나라 전체 절토사면 현황조사를 완료하는데 상당한 기간이 소요된다. 다수의 기관에서 동시에 현황조사를 수행하면 보다가 빠르게 완료할 수 있으나, 이는 2002년도에 수행되었던 현황조사 자료와 같이 데이터의 일관성이 부족할 수 있는 문제점이 발생할 수 있다.

현재 전국에 걸쳐 현황조사가 진행 중에 있으며 이번 논문은 현황조사가 완료된 강원도와 충청도 일대에 분포하고 있는 절토사면을 대상으로 하였다. 2006년~2008년도 도로절토사면 유지관리시스템 위탁 운영 업무를 수행하면서 수집한 강원도 및 충청도 관내에 분포하고 있는 절토사면 현황을 2002년에 수행된 현황조사과 비교하여 표 2에 나타냈다.

표 2에서 볼 수 있듯이 과거 2002년도 자료에 비하여 각 국도관리사무소에 분포하고 있는 절토사면의 개수가 큰 폭으로 증가하였음을 알 수 있다. 이는 2002년 현황조사 당시 상당부분 누락된 상태로 현황조사가 이루어진 원인도 있으나, 조사 이후 지방도의 국도 이관 및 신설 노선이 많이 생겼기 때문으로 판단된다.

2006년~2008년까지 절토사면 현황조사를 통해 파악한 강원도 지역 일반 국도변 절토사면의 개수는 6,709개로 파악되었다. 강원도 내 국도의 총 연장은 약 1,739km로 보고되고 있어(국토해양부, 2007) 평균적으로 국도 1km 당 약 3.9개의 절토사면이 분포하고 있다. 충청도 지역의 경우, 일반국도 절토사면 개수는 3,752개로 파악되었으며, 충청도 내 국도 총 연장 2,046km 내에 평균적으로 1km 당 1.8개의 절토사면이 분포하고 있음

을 알 수 있다.

산악지형으로 이루어진 강원도 지역의 경우 비교적 평지가 많은 충청도 지역에 비하여 절토사면의 개수가 2배 가까이 많음을 알 수 있다. 또한 같은 충청도 내에서도 국립공원, 도립공원 등 산악지형이 비교적 많이 분포하고 있는 충주, 논산국도관리사무소 관내에 보다 많은 절토사면이 분포하고 있음을 알 수 있다.

2.3 강원도, 충청도 관내 절토사면 위험도 평가

한정된 인력과 예산을 이용하여 2 만여개 이상으로 추정되는 전국 국도변 절토사면을 효율적으로 관리하기 위해서는 각각의 절토사면에 대하여 상대적인 위험도를 평가한 뒤, 가장 위험도가 높은 절토사면부터 순차적으로 관리하는 것이 절토사면을 관리하는데 효과적이라고 할 수 있으며, 이를 위해서는 먼저 절토사면의 위험도를 평가가 선행되어야 한다.

강원도와 충청도 관내 절토사면 위험도를 평가하기 위하여 다음과 같은 방법을 이용하였다. 절토사면 현황조사 항목 각각에 대하여 구간별로 배점을 부여한 뒤, 각 항목의 해당 점수를 모두 합하여 총점을 구하였다. 이 점수를 위험도 점수라고 정의하며, 위험도 점수가 높은 절토사면은 그보다 낮은 점수를 갖는 절토사면에 비하여 상대적으로 위험할 수 있다고 판단할 수 있다.

이런 방식으로 현황조사 항목에 배점을 부여하여 위험도를 평가하는 방식은 우리나라의 여러 사면관리 기관 및 홍콩, 영국, 일본 등 세계 여러나라에서 각각의 특성에 맞게 작성하여 사용되고 있는 방식이다(국립방재연구소, 2000, 한국도로공사, 2004, 한국지질자원연구원, 2006, 철도청, 2004, GEO, 1997, Lawrence A. pierson

표 2. 2006~2008 절토사면 현황조사 수행 현황(강원도, 충청도 지역 내)

지방국토 관리청	국도관리 사무소	2002년 조사 (개수)	2006~2008 신규 조사 (개수)	증감(%)	비고
원주청	강릉	867	2,457	283% (↑)	강원도
	홍천	2,055	2,606	127% (↑)	
	정선	941	1,646	175% (↑)	
소계		3,863	6,709	174% (↑)	
대전청	보은	461	780	169% (↑)	충청도
	예산	300	626	209% (↑)	
	충주	701	1,334	190% (↑)	
	논산	415	1,012	244% (↑)	
소계		1,877	3,752	200% (↑)	
총 합계		5,740	10,461	182% (↑)	

& Robert Van Vickle, 1993, McMillan, P. & Matheson, G. D, 1997).

각 현황조사 항목에 대한 배점은 표 3에 나타내었다. 절토사면 위험도 평가를 위한 배점표는 해빙기에 국도변에 분포하는 붕괴가능성이 내재된 위험 절토사면의 위험도 평가를 위해 1998년도에 개발되어 사용되었으며 과제를 수행하는 동안 조사항목 및 배점은 조금씩 수정되어 사용되었다(김진환 외, 2008, 한국건설기술연구원, 1999). 또한 2006년부터 현재까지 수행되고 있는 전국 국도변 절토사면 현황조사의 객관성 및 일관성 유지를 위해 각 조사항목에 대한 조사 방법에 대한 내용을 제시하였다(한국건설기술연구원, 2007).

각 위험도 점수는 절토사면의 절대적인 위험성을 나타내지는 않지만, 고득점 절토사면이 저득점 절토사면에 비하여 상대적으로 위험한 상태에 있을 수 있음을 나타낸다.

점수 구간은 최소 합계 점수인 85점 이상에서 135점 미만, 135점 이상에서 185점 미만, 185점 이상에서 235점 미만, 235점 이상에서 285점 미만, 285점 이상에서 335점 이하까지 총 5 단계로 구분하였다. 각 점수 분포별 절토사면 분포 현황은 표 4와 같다.

표 4에서 알 수 있듯이 위험도 점수가 높은 절토사면은 비교적 강원도 지역에 많이 분포하고 있으며 상대적으로 점수가 낮은 절토사면이 충청도 지역에 분포하고 있음을 알 수 있다. 이는 우리나라 절토사면 붕괴 발생 사례가 주로 강원도 지역에 집중적으로 나타나고 있음을 반영한다고 볼 수 있다.

3. 절토사면 위험도와 현황조사 항목간의 상관성 분석

다양한 지구 활동과 관련된 과정(geological process)

표 3. 절토사면 현황조사 항목 및 위험도 점수 배점표

No.	현황조사 항목	범 위			
		0~100m 미만	100~200m 미만	200~300m 미만	300m 이상
1	길이	0~100m 미만	100~200m 미만	200~300m 미만	300m 이상
2	높이	10m 미만	10~20m 미만	20~30m 미만	30m 이상
3	경사	45° 미만	45°~55° 미만	55°~65° 미만	65° 이상
4	상부경사	10° 미만	10°~20° 미만	20°~30° 미만	30° 이상
5	이격거리	5m 이상	3~5m 미만	1~3m 미만	1m 미만
6	사면종류	자연	암반	토사	혼합
7	주변지형	평지	구릉	준산악	산악
8	지하수	건조	습함	떨어짐, 젖음	흐름
9	풍화도	신선	약간, 보통	심한, 완전	잔류
10	불연속면 방향성	확인불가	후방	평행	일치
11	사면형상	직선	요형	철형	파형
12	측면형상	직선형	요철형	돌출형	탈락형
13	계곡부	0 개	1~2 개	3~4 개	4 개 초과
14	붕괴유형	무	표층	심층	-
15	튼튼분포	무	소 (1m ³ 이하)	중 (1~5m ³)	대 (5m ³ 이상)
16	낙석분포	무	소 (1m ³ 이하)	중 (1~5m ³)	대 (5m ³ 이상)
17	토층심도	0.5m 미만	0.5~1m 미만	1~2m 미만	2m 이상
	배점	5	10	15	20

표 4. 위험점수 구간별 절토사면 분포 현황

구분	점수 구간	85~135	135~185	185~235	235~285	285~335	합계
강원도 내 절토사면	개수	67	3,838	2,749	55	0	6,709
	분포비율(%)	1.0	57.2	41.0	0.8	0.0	100
충청도 내 절토사면	개수	136	2,731	876	9	0	3,752
	분포비율(%)	3.6	72.8	23.3	0.2	0.0	100
강원도+충청도 절토사면	개수	203	6,569	3,625	64	0	10,461
	분포비율(%)	1.9	62.8	34.7	0.6	0.0	100

을 통해 발생된 결과와 그 결과를 도출한 내부 요인들 간의 상관성을 파악하기 위하여 통계학적인 방법을 이용하는 연구는 그동안 다양한 분야에서 많은 연구가 수행되어 왔다(권병두 외, 1997, 김남진 외, 2001, 유재영 외, 1994). 그러나 절토사면의 경우, 개별 절토사면의 위험도를 평가하고 안정해석을 수행한 방법은 많은 연구자들에 의해 진행되어 다양한 연구 결과가 제시되었으나, 절토사면의 위험도와 절토사면을 구성하고 있는 항목간의 상관성을 파악하는 연구는 많이 수행되지 않았다. 그 이유는 통계학적 방법을 이용하여 결과와 자료간의 연관성을 파악하기 위해서는 비교적 많은 양의 자료가 수집된 뒤, 이를 바탕으로 이루어져야 하나 절토사면의 경우 연구 여건상 다량의 절토사면 자료를 취득하지 못했기 때문이다.

최근 『도로절토사면 유지관리시스템(CSMS) 운영』, 『낙석 및 산사태 방지를 위한 차세대 신기술 개발』 등과 같이 전국 단위의 절토사면 자료를 취득하여 관리하는 연구가 진행되면서 절토사면 위험도와 조사 항목간의 상관성을 규명하려는 연구가 수행되고 있다(권오일 외, 2007, 김진환 외, 2004).

상관분석(correlation analysis)은 변수간의 관계를 규명하고자 할 때, 회귀분석(regression analysis)과 함께 가장 자주 이용되는 통계적 방법이다. 변수간의 관련성을 설명하기 위해서는 상관분석을 사용하며, 한 변수로부터 다른 변수의 변화를 예측하기 위해서는 회귀분석을 사용한다. 상관분석은 관심을 갖고 있는 변수에 영향을 주지 않은 상태에서 변수들간의 관계를 분석한다. 또한 변수들간의 관계의 유무만을 확인하며 관계의 원인을 규명하지는 않는다. 상관분석은 하나의 종속변수와 하나의 예측변수 간의 관련성을 분석하는 단순상관분석과 하나의 종속변수와 두 개의 이상의 예측변수간의 관련성을 분석하는 중상관분석으로 나눌 수 있다. 두 분석의 기본개념은 같으며 관련된 예측변수의 개수만 다르다(박정식 외, 2008).

두 변수 사이의 상관성을 나타내는 지표는 기본적으로 두 변수간의 공분산(covariance)이다. 두 변수 X, Y를 상정할 때, 공분산이란 X의 증감에 따른 Y의 증감에 대한 척도로서 $(X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})$ 의 기댓값을 의미하며 기호로는 $COV(X, Y)$ 로 나타낸다. 그러나 공분산은 X와 Y의 측정단위가 달라지면 공분산의 값이 달라지게 되므로 단순히 공분산의 값으로만 두 변수 사이의 관계성을 알기 어렵다. 따라서 측정단위나 대상에 관계없이 두 변수

사이의 일관된 선형관계를 나타내 줄 수 있는 지표를 구하기 위해 두 변수 사이의 공분산을 표준화 하는 것이 필요하며 상관분석을 통해 산출한 상관계수는 공분산을 표준화시켜 준 값이다. 우리가 흔히 사용하는 상관계수는 영국의 통계학자인 피어슨(K. Pearson, 1857~1936)이 제시한 상관계수로 아래의 식 (1)과 같이 계산된다(김은정 외, 2003, 박정식 외, 2008).

$$r = \frac{S_{xy}}{S_x S_y} = \frac{\Sigma(X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\Sigma(X_i - \bar{X})^2 \Sigma(Y_i - \bar{Y})^2}} \quad (1)$$

X_i = X의 관찰 값(조사항목)

S_y = Y의 표준편차

Y_i = Y의 관찰 값(위험도 점수)

S_{xy} = X와 Y의 공분산

S_x = X의 표준편차

개별 절토사면의 현황조사 항목들이 절토사면 위험도 점수에 영향을 미치는 정도는 모두 동일하지 않을 것이며 각각의 현황조사 항목마다 상대적인 차이가 있을 것이다. 본 논문에서는 강원도와 충청도 국도변에 분포하고 있는 절토사면의 위험도 점수에 가장 상관성이 높은 항목이 무엇인지 파악해 보기 위해 통계학적인 방법을 이용하여 절토사면의 위험도 점수와 절토사면 현황자료 항목들 간의 상관분석을 수행하여 상관계수를 산출하였다.

SPSS(ver. 15) 프로그램을 이용하여 강원도, 충청도 내에 분포하고 있는 10,461개 절토사면에 대해 상관분석을 하였다(김은정 외, 2003). 상관분석에 사용한 항목은 표 1에서 제시한 절토사면 현황조사 항목과 각각의 항목에 배점을 부여하여 산출한 절토사면의 위험도 점수이며, 각 자료는 표준화 한 뒤, 상관분석을 수행 하였다.

먼저 강원도와 충청도 전체에 분포하고 있는 절토사면에 대한 위험도 점수와 현황조사 항목간의 상관계수를 표 5에 나타내었다.

상관분석을 통해 산출한 상관계수는 두 변수(위험도 점수와 현황조사 항목)사이의 선형관계를 나타내는 지표로 -1에서 1사이의 값을 가지게 된다. 상관계수가 (-)의 값을 가지면 부(negative)의 상관관계가, (+)값을 가지면 정(positive)의 상관관계가 있음을 의미하며, r값이 0에 가까울수록 상관관계가 약한 것을 의미하고, (±)1에 가까울수록 강한 상관관계가 있음을 의미한다. 각 변수들 간의 상관계수를 해석하는 기준은 일반적으로 0.4 이

상이면 상관관계가 있다고 말할 수 있으며 0.7 이상이면 상관관계가 높다고 할 수 있다(김은정 외, 2003).

표 5의 결과를 보면, 강원도와 충청도 내에 분포하고 있는 절토사면의 위험도 점수와 비교적 상관관계가 높은 절토사면 현황조사 항목으로 뜬돌(상관계수 : 0.664) 및 낙석(0.624) 분포, 불연속면의 방향성(0.592) 및 상부자연사면의 경사(0.511) 순으로 산출되었다. 이는 이번 2006년부터 2008년까지 현황조사를 통해 얻은 조사 자료들 중에서 뜬돌 및 낙석 분포, 불연속면의 방향성 및 상부자연사면의 경사 항목이 연구지역 절토사면의 위험도 점수와 상관관계가 높다는 것을 의미한다고 볼 수 있다.

본 연구 결과는 2004년에 발표된 결과(김진환 외, 2004)와 약간의 차이를 보이는데, 이는 통계분석에 사용한 자료와 조사항목, 조사방법의 차이에서 발생한 것으로 생각된다. 2004년 발표 내용에 사용한 국도 절토사면 현황조사 자료는 2002년도에 수집된 자료로 조사항목, 항목

의 구분 내용에서 이번 연구 결과에 사용한 자료와 약간씩 차이가 있음을 알 수 있다(한국건설기술연구원, 2003, 한국건설기술연구원, 2007).

산악지형이 많은 강원도 지역과 비교적 평지가 많이 분포하고 있는 충청도 지역에서의 각각의 절토사면의 위험도 점수에 영향을 미치는 항목간의 특성 차이가 나타나는지 알아보기 위해 강원도(6,709개소)와 충청도(3,752개소)를 구분하여 상관분석을 수행하였다. 강원도 지역 분석 결과는 표 6에, 충청도 지역 분석 결과는 표 7에 나타내었다.

강원도 지역의 절토사면 위험도 점수와 상관성이 높은 현황조사 항목은 강원도와 충청도 통합 상관분석과 마찬가지로 뜬돌 및 낙석 분포, 불연속면의 방향성, 상부자연사면의 경사 항목 순으로 산출되었으나 충청도 지역의 경우에는 조금 다른 양상을 보이고 있다. 강원도 지역과는 다르게 상부자연사면의 경사보다는 기 발생된 붕괴유형이 보다 위험도 점수와 상관성이 높게 나타

표 5. 절토사면 위험도와 현황조사 항목 간의 상관계수(강원도, 충청도 지역 통합)

	길이	높이	경사	상부경사	이격거리	사면종류	주변지형	지하수	풍화도	불연속면방향성	사면형상	측면형상	계곡부	뜬돌	낙석	토층심도	붕괴유형	위험도점수
길이	1																	
높이	.255	1																
경사	-.045	.134	1															
상부경사	-.061	.117	.265	1														
이격거리	0.002	-.028	.036	0.006	1													
사면종류	.032	-.180	-.215	-.295	0.008	1												
주변지형	-.075	.114	.061	.189	.028	-.142	1											
지하수	0.008	.073	-0.004	.154	.097	-.167	.204	1										
풍화도	-.022	-.222	-.344	-.183	0.001	.262	-.060	.043	1									
불연속면방향성	0.017	.199	.410	.296	0.008	-.404	.147	.103	-.396	1								
사면형상	.191	.109	.035	0.016	.029	-.062	.124	0.006	-.065	.103	1							
측면형상	-.066	.079	.310	.318	-.021	-.295	.083	.082	-.187	.424	.063	1						
지하수	.210	.068	.056	.133	-.029	-0.011	0.014	.031	-.019	.052	.060	.066	1					
뜬돌	.072	.188	.362	.303	-0.018	-.259	.139	.081	-.240	.530	.119	.466	.124	1				
낙석	.081	.145	.338	.257	-.021	-.220	.134	.066	-.231	.506	.104	.406	.117	.800	1			
토층심도	0.015	-0.010	-.331	-.079	.084	.149	.031	.312	.384	-.295	-0.019	-.190	-.039	-.267	-.282	1		
붕괴유형	.031	.093	.267	.177	-.022	-.108	.097	.033	-.148	.347	.084	.290	.069	.502	.557	-.193	1	
위험도점수	.248	.409	.432	.511	.155	-.169	.370	.350	-.134	.592	.351	.474	.233	.664	.624	.081	.486	1

표 6. 절토사면 위험도와 현황조사 항목 간의 상관계수(강원도 지역)

	길이	높이	경사	상부 경사	이격 거리	사면 종류	주변 지형	지하수	풍화도	불연속면 방향성	사면 형상	측면 형상	계곡부	튼돌	낙석	토심도	붕괴 유형	위험도 점수
길이	1																	
높이	.283	1																
경사	-.033	.127	1															
상부 경사	-0.019	.131	.258	1														
이격 거리	0.017	-.041	.029	0.004	1													
사면 종류	-.029	-.211	-.192	-.269	-0.007	1												
주변 지형	-.041	.103	-0.020	.130	0.005	-.081	1											
지하수	0.013	0.003	-.062	.133	.093	-.186	.115	1										
풍화도	-.038	-.225	-.388	-.205	0.007	.276	.031	.092	1									
불연속면 방향성	.041	.223	.424	.269	0.003	-.372	.073	.041	-.413	1								
사면 형상	.233	.128	0.015	-0.021	.044	-.033	.120	-0.005	-.041	.081	1							
측면 형상	-0.020	.108	.322	.298	-.024	-.276	.031	.050	-.206	.424	.038	1						
지하수	.185	.073	.074	.139	-.032	-0.007	-0.004	0.019	-0.020	.054	.056	.078	1					
튼돌	.089	.222	.365	.308	-.028	-.257	.111	0.021	-.230	.503	.110	.481	.134	1				
낙석	.096	.184	.354	.267	-.034	-.213	.115	0.018	-.217	.492	.093	.420	.126	.783	1			
토심도	.038	-.063	-.426	-.128	.099	.178	0.023	.327	.392	-.361	0.008	-.234	-.059	-.292	-.283	1		
붕괴 유형	.029	.129	.292	.182	-.036	-.060	.069	-.055	-.130	.329	.086	.301	.067	.484	.535	-.212	1	
위험도 점수	.285	.431	.406	.503	.155	-.151	.322	.264	-.132	.571	.358	.477	.232	.663	.638	.030	.486	1

표 7. 절토사면 위험도와 현황조사 항목 간의 상관계수(충청도 지역)

	길이	높이	경사	상부 경사	이격 거리	사면 종류	주변 지형	지하수	풍화도	불연속면 방향성	사면 형상	측면 형상	계곡부	튼돌	낙석	토심도	붕괴 유형	위험도 점수
길이	1																	
높이	.317	1																
경사	-.035	.105	1															
상부 경사	-.068	-0.028	.247	1														
이격 거리	-0.005	-0.030	.039	-0.021	1													
사면 종류	.039	-0.003	-.217	-.259	.079	1												
주변 지형	-.036	-0.030	.175	.194	.042	-.091	1											
지하수	.125	0.028	0.012	.038	.068	.053	.146	1										
풍화도	-.047	-.164	-.249	-.088	0.010	.183	-.134	.102	1									
불연속면 방향성	.039	.060	.356	.291	-0.006	-.405	.198	.079	-.333	1								
사면 형상	.153	.045	.063	.069	-0.011	-.087	.108	-0.019	-.090	.132	1							
측면 형상	-.099	-.048	.265	.323	-.034	-.283	.114	.045	-.124	.397	.096	1						
지하수	.249	.070	0.027	.134	-0.020	-0.026	.064	.068	-0.023	.055	.070	.048	1					
튼돌	.071	.082	.344	.274	-0.005	-.242	.163	.142	-.243	.578	.129	.428	.110	1				
낙석	.069	.064	.311	.243	0.004	-.236	.177	.141	-.254	.545	.122	.384	.103	.834	1			
토심도	.063	-0.010	-.189	-.095	0.009	.276	-.165	.128	.511	-.279	-.118	-.185	0.011	-.276	-.322	1		
붕괴 유형	.040	0.020	.226	.173	0.002	-.182	.156	.164	-.174	.389	.080	.273	.074	.538	.592	-.184	1	
위험도 점수	.312	.272	.462	.465	.130	-.063	.337	.349	-.060	.595	.337	.439	.264	.683	.645	.042	.518	1

나는 것을 알 수 있다. 상부자연사면의 경사는 우리나라 지형 특성을 반영하는 현황조사 항목으로 볼 수 있는데, 상부자연사면의 경사가 급하게 형성된 곳은 주로 강원도와 같이 험준한 산악지형이 많이 발달한 곳임을 알 수 있어 상관분석 결과와 비교적 잘 일치한다고 볼 수 있다.

4. 토의 및 결론

지금까지 통계처리를 이용하여 2006년부터 2008년까지 조사한 강원도와 충청도 일대에 분포하고 있는 절토사면의 위험도와 현황조사 항목간의 상관관계를 분석하여 상관계수를 산출하였다. 전체적(강원도, 충청도)으로 절토사면 위험도 점수와 상관계수가 큰 항목으로는 뜬돌 및 낙석, 불연속면의 방향성 및 상부자연사면의 경사로 나타났다. 상관계수는 현황조사 지역별로 약간의 차이를 보이는데, 강원도의 경우에는 뜬돌 및 낙석, 불연속면의 방향성, 상부자연사면의 경사 항목이, 충청도의 경우에는 뜬돌 및 낙석, 불연속면의 방향성, 붕괴유형 항목이 절토사면 위험도 점수와 상관성이 높은 것으로 나타났다. 이러한 차이는 우리나라 지형적 특성을 반영한 것으로 판단된다.

절토사면 안정성에 큰 영향을 미칠 것으로 판단되는 풍화도의 경우, 상관계수가 -0.060 ~ -0.134로 산출되어 위험도 점수와 상관관계가 낮은 것으로 나타났다. 낮은 상관계수의 의미는 절토사면의 위험도 점수 증가와 무관하게 풍화도 상태를 나타내는 점수 분포대는 구간별로 고른 상태를 의미한다고 볼 수 있다. 즉, 광범위한 지역에 분포하고 있는 다수의 절토사면에 대하여 다양한 조사항목을 이용하여 절토사면의 위험성을 평가할 경우, 특정 조사항목 값이 구간 별로 고르게 분포하면 상관계수는 낮게 나타날 수 있다. 이런 결과는 특정 범위 내, 분포하고 있는 다수의 절토사면의 위험성을 평가함에 있어 새로운 접근 방법을 시사한다고 볼 수 있다.

전국 국도별 절토사면 현황조사가 완료되면 강원도와 충청도뿐만 아니라 전국에 분포하고 있는 절토사면의 특성을 파악할 수 있을 것이며, 각 지역별 절토사면의 위험도 점수와 절토사면 현황조사 항목 간의 상관성 분석 등 다양한 통계분석을 이용하여 절토사면 내 위험도 점수와 상관관계가 높은 현황조사 항목을 추정해 볼 수 있을 것이다.

절토사면 현황조사 항목 중, 위험도 점수에 영향을 많이 미치는 항목이 파악되면, 해당 지역에서의 절토사면

을 유지관리 하는데 있어 중점 관리 대상 항목으로 선정하여 절토사면을 관리하는데 보다 효율적으로 사용될 수 있을 것으로 판단된다. 다만, 이를 위해서는 실제 붕괴 발생 절토사면에 대한 사례 연구를 통해 붕괴 원인을 파악하고 본 연구를 통해 밝힌 결과와 비교하는 연구가 선행되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

1. 국립방재연구소 (2000), 사면붕괴방지대책 제도화를 위한 기본 방안 연구.
2. 국토해양부 (2007), 2007 도로교통량통계연보.
3. 권병두, 김차섭 (1997), 매립물 특성 조사를 위한 다변량 통계분석 기법의 응용, *Jour. Korea Earth Science Society*, pp.515-521.
4. 권오일, 백용, 나중화, 한상수 (2007), 정준상관분석을 이용한 절토사면 점검결과 항목 수량화, *한국지구시스템공학회 2007 추계 학술발표회*, p.540.
5. 김남진, 윤성택, 김형수, 정경문, 김규범 (2001), 지구통계 기법을 활용한 울진 지역 천부 지하수의 수질 및 수리지구화학 특성 해석, *자원환경지질*, 34(2), pp.175-192.
6. 김승현, 김승희, 이종현, 구호본 (2007), UMPC를 활용한 국도변 절토사면 현황조사, 2007 추계지질과학연합학술대회 초록집.
7. 김은정, 박양규, 박중재 (2003), SPSS 통계분석 10, 21세기사.
8. 김진환, 구호본, 박미선 (2004), 절토사면 통계처리를 이용한 위험인자의 상관분석, *대한토목학회정기학술대회 논문집*, pp.2483-2486.
9. 김진환, 구호본, 이종현, 윤천주 (2008), 현황자료를 이용한 충청도 관내 위험절토사면 분포도 작성 연구, *대한지질공학회지*, 18(1), p.39.
10. 박정식, 윤영선 (2008), 현대통계학, 다산출판사
11. 유재영, 최인규, 김형수 (1994), 춘천 지역의 기반암 종류에 따른 지표수의 지구화학적 특성, *지질학회지*, pp.307-324.
12. 철도청 (2004), 철도절토사면 안정성 평가 및 대책방안 연구, p.611.
13. 한국건설기술연구원 (1998), 도로절개면 유지관리시스템 개발 및 운용, 건설교통부, p.3.
14. 한국건설기술연구원 (1999), 도로절개면 유지관리시스템 가발 및 운용(III), 건설교통부, pp.5-29.
15. 한국건설기술연구원 (2003), 2002년도 도로절개면 유지관리시스템 개발 및 운용, 건설교통부, pp.11-38.
16. 한국건설기술연구원 (2007), 2006년도 도로절토사면 유지관리시스템 운영업무, 건설교통부, pp.253-268.
17. 한국건설기술연구원 (2009), 2008년도 도로절토사면 유지관리시스템 운영 위탁, 국토해양부, pp.15-18.
18. 한국도로공사 (2004), 고속도로 절토사면 유지관리시스템 개발 연구, p.221.
19. 한국지질자원연구원 (2006), 대도시 사면 통합관리시스템 구축 (부산지역).
20. Geotechnical Engineering Office (1997), Geotechnical Manual for Slope, Civil Engineering Department, Hong Kong.
21. Lawrence A. pierson, Robert Van Vickle (1993), "Rockfall Hazard Rating System-participants' Manual", FHWA SA-93-057, National Highway Institute.
22. McMillan, P. & Matheson, G. D. (1997), A two stage new system for road rock slope risk assessment, *International Journal of Rock Mechanics & Mineral Science*, 34:3-4, Paper No. 196.

(접수일자 2009. 5. 13, 심사완료일 2009. 11. 25)