

현황자료를 이용한 충청도 관내 위험절토사면 분포도 작성 연구

김진환^{1*} · 구호본¹ · 이종현¹ · 윤천주²

¹한국건설기술연구원 지반방재환경연구실

²한국건설기술연구원 도로연구실

Study on Danger Cut Slopes Distribution Area based on Inventory Data in Chungcheongdo

Jinhwan Kim^{1*}, Ho-Bon Koo¹, Jong-Hyun Rhee¹, and Chunjoo Yoon²

¹Geotechnical Disaster and Environment Research Div., Korea Institute of Construction and Technology

²Highway Research Div., Korea Institute of Construction and Technology

한국건설기술연구원은 전국 국도변 절토사면에 대한 현황조사를 수행 중에 있다. 현황조사는 절토사면 정밀 안전진단과는 달리, 현장에서 기본적인 육안 조사를 통해 얻을 수 있는 여러가지 절토사면 특성에 대한 조사로 절토사면유지관리의 가장 기본이 되는 자료들이다. 현황조사 내용은 크게 조사 대상 절토사면의 일반현황, 절토사면 특성, 조사자 소견으로 구분된다. 조사된 자료는 전국에 분포하고 있는 위험절토사면을 파악하고, 정밀 안전진단의 조사순위를 결정하는데 가장 기초적인 자료로 활용될 수 있다. 본 논문에서는 2006년 충청도 일대에서 수집된 국도변 절토사면 현황조사 자료를 바탕으로 충청도 관내 위험절토사면 분포도를 작성하고 실제 붕괴절토사면 발생 위치와 비교하여 효율성을 검증하고 활용성 여부에 대해서도 논의해 보고자 한다.

주요어 : 절토사면 유지관리시스템, 절토사면 현황조사, 위험절토사면 분포도

KICT has been carrying out inventory research on the cut slopes of national roads. Inventory research results are basic data to cut slope management system. Inventory data are classified by general status, cut slope characteristics and inspector opinion. Inventory data are utilized to figure out dangerous slopes and decide survey ranking of detailed safety diagnostication. This paper drew the distribution area of dangerous cut slopes using inventory data in Chungcheongdo, and verified efficiency on distribution area of dangerous cut slopes by comparing occurrence frequency of real collapsed cut slopes.

Key words : cut slope management system, inventory data, danger cut slopes distribution area

서 론

과거 체계적이지 못한 도로절토사면 관리에서 탈피하고자 건설교통부는 전국 국도를 대상으로 국가 차원의 사면 관리의 과학화, 체계화를 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. 위험절토사면 파악 및 전반적

인 국도변 절토사면의 효율적인 관리를 위해서는 절토사면 현황 파악이 매우 중요하다고 볼 수 있다.

절토사면 유지관리시스템의 기본 자료가 되는 절토사면 현황조사 자료는 2002년도에 전국 18개 국도유지건설사무소에서 처음 수행하여, 전국에 약 12,650여개의 절토사면 현황조사 자료를 수집하였다(한국건설기술연구원, 2003). 그러나 신설노선 공사, 국도의 지방도 이전, 지방도의 국도 승격 등 도로 여건 변화로 인해 2002년 당시 조사되었던 절토사면의 현황 자료, 특히 절토사면

*Corresponding author: goethite@kict.re.kr

의 개수 등에서 큰 변동이 발생하여 국도변 절토사면 유지관리를 하는데 미흡한 점이 발견되었다.

도로절토사면 유지관리시스템을 운용하는데 기본 자료로 활용되고 있는 절토사면 현황자료의 보완 및 갱신을 위해 2006년부터 2009년까지 3년에 걸쳐 전국 국도변에 분포하고 있는 절토사면의 현황조사 수행을 계획하였고, 2006년도에 충청도, 강원도, 경상도 일부 지역의 절토사면 현황조사를 수행, 완료하였다(Table 1). 2007년도 현

재에는 강원도 지역 현황조사를 수행 중에 있다.

본 논문에서는 현황조사 자료 활용의 다양한 방향을 모색해보기 위해 2006년 수집한 절토사면 현황조사 자료 중, 충청도 지역(충청북도와 충청남도 일부)의 절토사면 특성을 파악하고 이를 통해 지역별 위험 절토사면 분포도를 작성하였다. 그리고 작성된 위험절토사면 분포도의 타당성 여부를 검토하기 위해 충청도 관내 붕괴절토사면 보고 사례를 수집하여 작성된 분포도와 비교해 봄으로써 추후 위험도 작성에 필요한 절토사면 현황조사 자료의 내용에 대하여도 개선 방향을 모색해 보고자 한다.

Table 1. Cut slopes inventory investigation in 2006.

국도유지건설사무소 (충청도 도로 관리 기관)	절토사면 개소수	
	2006년	비고
보은	790	조사 완료
예산	595	조사 완료
충주	1,066	80% 조사
논산	56	10% 조사
총 합계	2,507	

위험 절토사면 분포도 작성

절토사면 현황조사 항목

절토사면 현황조사를 통해 획득되는 자료는 데이터 자료와 이미지 자료로 구분된다. 데이터자료는 절토사면의 위치정보, 제원, 위험요인, 붕괴이력, 시공현황 등으

Table 2. Cut slopes inventory data check list.

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

충주국도	5 호선	060C05U07500	단양군 단양읍 심곡리		
일반현황	거리표	(영주 → 단양)방향 (2)km (800)m (상)향			
	위경도	N(35)° E(57)° E(16.1)° E(128)° E(20)° (16.4)°			
	차선	완벽 (2) 차선 + ()			
	조사일자	2006년 11월 7일			
	조사자	김진환	조사기관	KICT	
절토사면 특 성	길이	150 m	최대높이	20 m	
	경사	60° (1:0.6)	상부경사	34°	
	이격거리	평균 1.5 m	소단	0 개소	
	종류	<input type="checkbox"/> 단면 <input type="checkbox"/> 사면	주변지형	<input type="checkbox"/> 산지 <input type="checkbox"/> 평지	
		<input type="checkbox"/> DC, dry <input type="checkbox"/> damp <input type="checkbox"/> wet <input type="checkbox"/> dripping <input type="checkbox"/> flowing	누수위치	<input type="checkbox"/> 상 <input type="checkbox"/> 중 <input type="checkbox"/> 하	
		<input type="checkbox"/> OF <input type="checkbox"/> OS <input type="checkbox"/> OM <input type="checkbox"/> DC <input type="checkbox"/> OR	붕괴이력	<input type="checkbox"/> 발생 <input type="checkbox"/> 발생 <input type="checkbox"/> 발생	
	사면형상	<input type="checkbox"/> 평지형 <input type="checkbox"/> 사면형	측면형상	<input type="checkbox"/> 평지형 <input type="checkbox"/> 사면형	
	계곡부	0 개소	붕괴이력	<input type="checkbox"/> 발생 <input type="checkbox"/> 발생 <input type="checkbox"/> 발생	
	뜯돌	<input type="checkbox"/> 발생 <input type="checkbox"/> 발생	낙석	<input type="checkbox"/> 발생 <input type="checkbox"/> 발생	
	암종	석회암	토층심도	0.5 m	
암반형태	<input type="checkbox"/> massive <input type="checkbox"/> tabular <input type="checkbox"/> columnar <input type="checkbox"/> irregular <input type="checkbox"/> blocky <input type="checkbox"/> crushed	불연속면	<input type="checkbox"/> 평지형 <input type="checkbox"/> 사면형		
시공현황 (상태)	<input type="checkbox"/> 단면방지망(양호) <input type="checkbox"/> 단면방지망타락(양호) <input type="checkbox"/> 개비(양호) <input type="checkbox"/> 개비(양호) <input type="checkbox"/> 개비(양호) <input type="checkbox"/> 개비(양호) <input type="checkbox"/> 개비(양호) <input type="checkbox"/> 개비(양호)				
조사자 소 견	위험도	<input type="checkbox"/> 상 <input type="checkbox"/> 중 <input type="checkbox"/> 하	위험등급	<input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C	
	붕괴 유형	<input type="checkbox"/> 침출 <input type="checkbox"/> 표출 <input type="checkbox"/> 무	위험등급	<input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C	
	위험구간 (붕괴유형)	<input type="checkbox"/> 상 <input type="checkbox"/> 중 <input type="checkbox"/> 하 / <input type="checkbox"/> 상 <input type="checkbox"/> 중 <input type="checkbox"/> 하			
	필요 주공법		조치	<input type="checkbox"/> 상공 <input type="checkbox"/> 지공	
	기타				

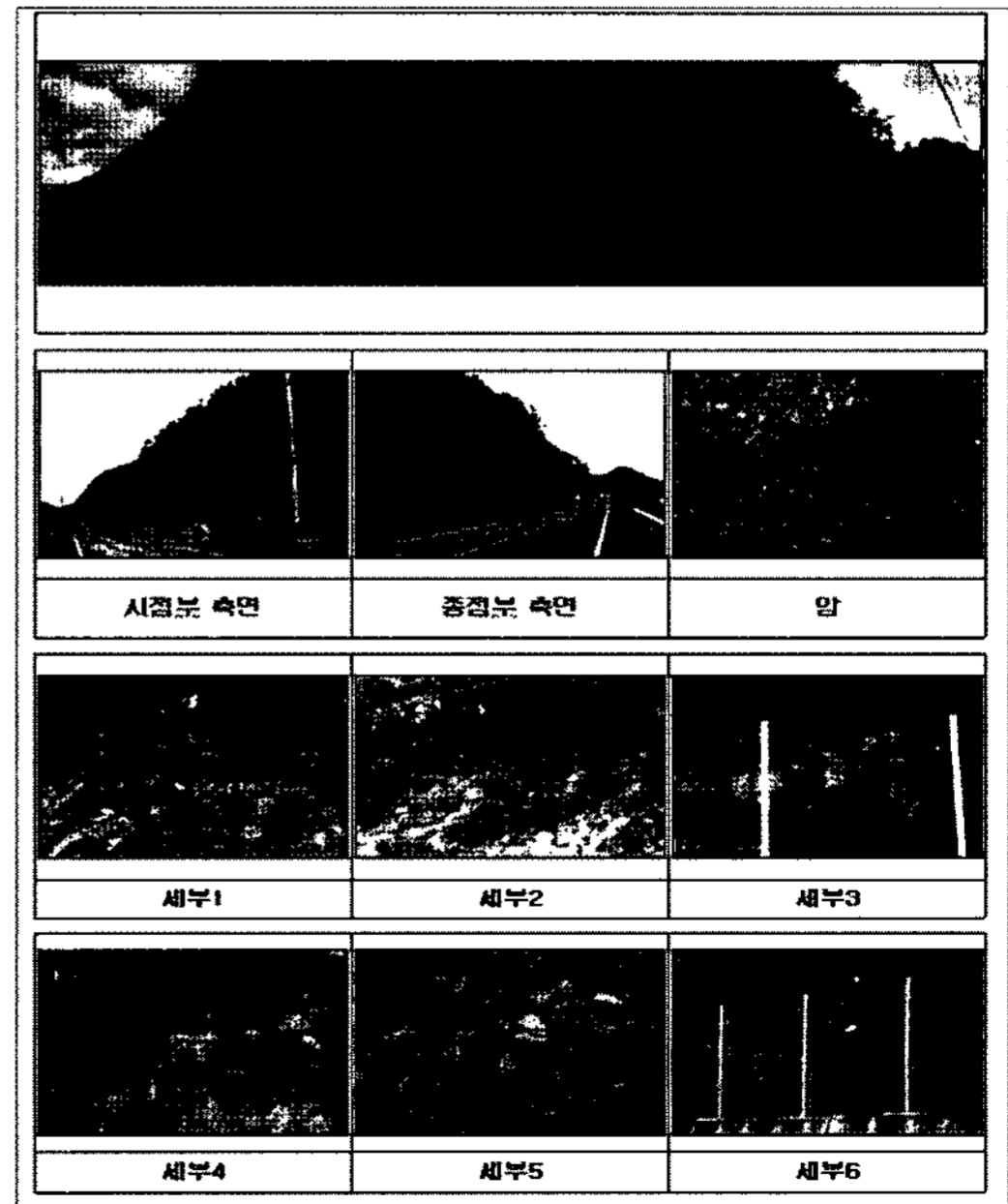


Fig. 1. Cut slopes inventory data sheet and picture.

로 구성되며, 이미지자료는 현장 전경, 절토사면 특징 등으로 구성된다. 절토사면 데이터조사 항목 목록은 Table 2와 같으며, 현황자료 체크리스트와 현황 조사에 수집된 관련 사진들의 예는 Fig. 1과 같다.

절토사면 현황조사를 통해 수집한 충청도 지역 일반 국도변 절토사면의 갯수는 2,507개소로 파악되었다(자연사면 제외). 절토사면 현황조사를 수행한 충주, 보은, 예산국도유지건설사무소 관내 국도의 연장은 약 1,400 km로 보고되고 있어 1 km당 약 1.8개의 절토사면이 분포하고 있다.

충청도 관내 절토사면 위험성 평가

충청도 관내 절토사면 위험분포도를 작성하기 위해 조사된 절토사면의 위험성 여부를 판단하였다. 절토사면 위험성 평가는 두 가지 방법으로 수행하였다. 첫 번째 방법은 절토사면 현황조사 항목 각각에 대하여 배점을 부여한 뒤, 각 점수를 모두 합하여 총점을 구하여 위험성을 평가하였으며, 두 번째 방법은 절토사면 현황조사 항목 중 절토사면 안정성에 영향을 크게 미치는 세가지 항목을 추출, 이를 통해 위험등급을 산정하여 평가하였다. 첫 번째 방법인 현황조사 항목에 배점을 부여하여 위험성을 평가하는 방식은 우리나라의 여러 사면관리 기관 및 홍콩, 영국, 일본 등 세계 여러나라에서 각각의 특성에 맞게 작성하여 수행되고 있는 방식이다(국립방재연구소, 2000; 한국도로공사, 2004; 한국지질자원연구원, 2006; 철도청, 2004; GEO, 1997; Lawrence, Pierson

& Robert, 1993; McMillan. & Matheson, 1997).

먼저 조사된 절토사면의 위험성을 평가하기 위해 절토사면 현황 조사 항목의 측정 값에 대하여 구간별로 배점을 선정하고 각 항목에 해당하는 배점을 합하여 점수를 계산, 충청도 관내 조사 절토사면 각각에 대하여 점수를 부여하였다(Table 3). 각 점수는 절토사면의 절대적인 위험성을 나타내지는 않으며 다만, 고득점 절토사면이 저득점 절토사면에 비하여 상대적으로 위험한 상태에 있을 수 있음을 나타낸다.

점수 구간은 최소 합계 점수인 80점 이상에서 110점 미만, 110점 이상에서 140점 미만, 140점 이상에서 170점 미만, 170점 이상에서 200점 미만, 200점 이상에서 240점 이하까지 총 5 단계로 구분하였다.

배점을 부여 받는 현황조사 항목은 현장 경험을 바탕으로 절토사면 안정성에 영향을 미칠만한 것을 선정하였기 때문에 다분히 주관적인 요소가 포함되어 있는 상태이다. 또한 조사항목에 따라서 절토사면 안정성에 영향을 미치는 정도도 각각 다를 수 있다. 따라서 보다 정확한 점수 배점표 작성을 위해서는 각각의 절토사면 현황조사 항목이 절토사면 안정성에 영향을 미치는 정도를 파악하는 연구가 선행되어야 할 것이다. 최근 절토사면에 대한 각각의 조사 항목이 절토사면의 안정성에 얼마나 영향을 미치는가에 대한 평가 연구가 진행되고 있으나 아직 만족할 만한 결과가 도출되지는 않았다(권오일 외, 2007; 김진환 외, 2004). 따라서 본 논문에서는 각 조사항목이 절토사면 안정성에 동일한 영향을 미

Table 3. Cut slopes inventory grade distribution table.

No.	항목	범위		
1	길이	0~100 m미만	100 m이상~200 m미만	200 m이상
2	높이	15 m미만	15 m이상~30 m미만	30 m이상
3	경사	45°미만	45°이상~60°미만	60°이상
4	상부경사	10°미만	10°~30°	30°이상
5	이격거리	5 m이상	2 m이상~5 m미만	2 m미만
6	사면종류	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	후방	평행	일치
11	사면형상	직선	철형, 요형	파형
12	측면형상	직선형	요철형	탈락형, 돌출형
13	계곡부	0	1~2개	3 개 이상
14	붕괴유형	무	표층	심층
15	튼돌 및 낙석분포	무, 소	중	대
16	토층심도	0.5 m미만	0.5 m이상~1 m미만	1 m이상
	배점	5점	10점	15점

친다는 가정 하에 배점표를 작성, 적용하였다.

절토사면 위험성 평가의 두 번째 방법으로는 절토사면 현황조사 항목 중 절토사면 안정성에 가장 큰 영향을 미칠 것으로 판단되는 세 가지 항목을 추출하여 각각의 절토사면에 위험등급을 부여하여 평가하는 방식이다.

2003년도에 한국건설기술연구원에서는 과거 수집된 절토사면 현황조사 자료를 이용하여 국토변에 분포하고 있는 많은 양의 절토사면의 체계적인 관리를 위해 마스터플랜을 작성한 바 있다(한국건설기술연구원 2004). 마스터플랜 작성 과정에서 절토사면 현황자료 항목 중 절토사면 안정성에 영향을 줄 수 있는 세 가지 항목을 추출하였다.

1998년부터 2002 년간 발생한 붕괴절토사면의 원인 분석 후 확률론적인 기법을 이용하여 붕괴 확률을 산정하였다. 붕괴가 발생한 약 300여 개소 절토사면의 현장조사 자료를 근거로 절토사면의 붕괴요인을 분석한 결과, 붕괴의 주된 발생 원인은 암석의 결(방향성 포함), 풍화도, 지하수, 파쇄대, 지표수 집중유출, 나무의 기울어짐, 절토사면 하부 손상(과거 시공발파 등에 의한 원인), 절토사면 상부 측구배수로의 손상 등으로 나타났다. 붕괴 발생 원인을 압축하면 국내 절토사면 붕괴 요인을 3 개 요인으로 도출할 수 있다. 즉, 파쇄대, 나무의 기울어짐, 절토사면 상부 측구배수로의 손상 등은 풍화도로, 지표수 집중유출 등은 지하수로, 절토사면 하부손상 등은 암석의 결로 대표될 수 있다.

이를 통해 절토사면 안정성에 영향을 끼칠 수 있는 위험요소 항목으로 절토사면 구성암반의 풍화상태, 절토사면 지하수 상태, 절토사면에 관찰되는 불연속면 상태를 선정하였고 이들에 대하여 각각 Table 4 및 Fig. 2와 같이 분류하여 체크하였다. 절토사면 불연속면의 경우 절

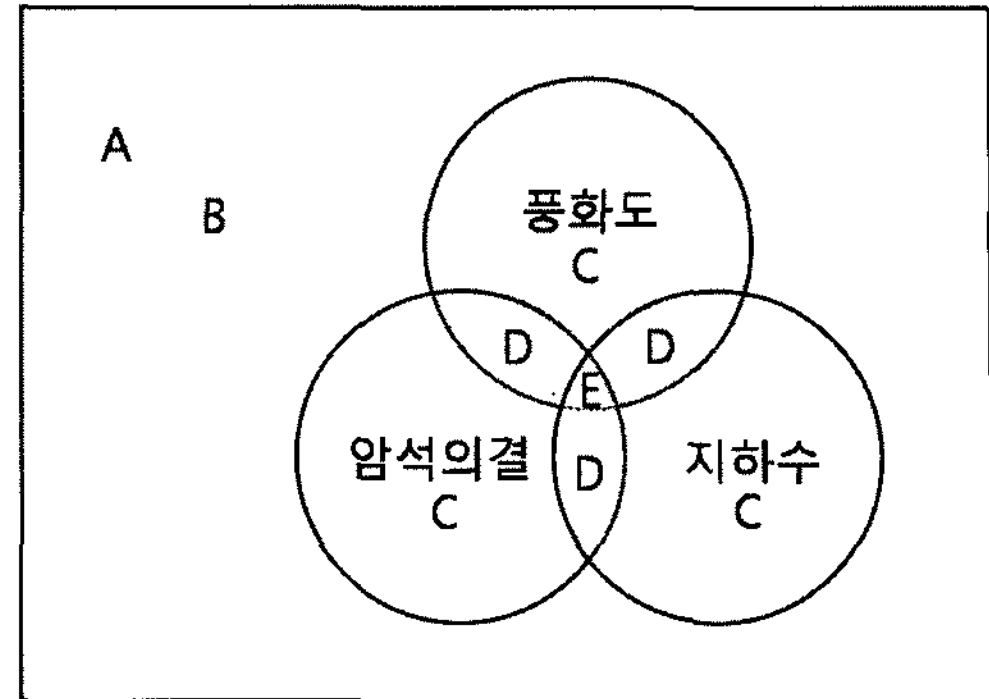


Fig. 2. Methods of danger grade classification.

토사면 법면에 식생공 등의 보호공을 시공하여 법면 관찰이 어려운 경우에는 불연속면 방향성을 파악하기 곤란하여 확인불가 항목으로 체크하였다. 위험요소에 한 가지 이상 해당되는 사면은 C 등급, 두 가지에 해당되는 사면은 D 등급, 세 가지에 해당되는 사면은 E 등급으로 분류하였다. 위험요소에 해당하지 않는 절토사면에는 조사자의 주관적 판단 하에 A, B 등급을 부여하였다.

충청도 관내 절토사면 위험성 평가 결과

충청도 관내 절토사면 분포 현황

조사항목 배점표 및 위험등급에 따라 절토사면을 분류하여 Table 5에 정리하였다. 배점표 분류에 따라 절토사면을 분류하였을 경우, 중간 등급인 140~170점 구간대가 1,607개소로 가장 많이 분포하고 있으며 위험등급에 따라 절토사면을 분류하였을 경우에도 역시, 중간 등급인 C 등급이 1,618개로 가장 많이 분포하고 있다.

Table 4. Cut slopes danger grade classification.

위험 요소 항목	위험도	
	위험도감소 <----->	위험도증가 ----->
풍화도	신선 - 약간풍화 - 보통풍화 - 심한풍화 - 완전풍화	풍화잔류토
지하수상태	건조 - 습함 - 젖음 - 떨어짐 - 흐름	
불연속면 방향성	(확인불가) 후방 - 평행 - 일치	
절토사면 위험등급 분류	A(상태 양호), B(상태 양호), C(위험요소 1개), D(위험요소 2개), E(위험요소 3개)	

Table 5. The quantity of cut slopes through the inventory grade distribution and the section danger grade.

조사항목 배점표	80~110	110~140	140~170	170~200	200~240
절토사면 개수	1	667	1,607	226	6
위험등급	A	B	C	D	E
절토사면 개수	56	600	1,618	223	10

충청도 관내 위험절토사면 분포도 작성

조사 항목 배점표와 위험등급 평가 자료를 이용하여 산출한 절토사면의 위험도 점수 및 등급을 이용하여 위험절토사면 분포도를 작성하였다. 조사 항목 점수를 이용할 경우, 점수 구간을 다섯 구간으로 나누었으며 위험등급을 이용할 경우에도 A, B, C, D, E 등급의 다섯 구간으로 나누어 구분한 뒤, 절토사면 조사 당시 획득한 위치정보(위경도 좌표)를 이용하여 지도에 표시하였다(Fig. 3).

Fig. 3의 경우 충청도 관내 2,500여개의 절토사면 자료가 모두 표기되어 절토사면의 전반적인 분포 현황을 파악에는 용이하나 지역별 절토사면 위험성 여부를 명확히 판단하기에는 비교적 난해하게 구성되어 있는 상태이다. 따라서 위험절토사면 분포도의 효과적인 활용을 위해 보다 위험하다고 고려할 수 있는 170 점 이상인 절토사면과 D, E 등급 절토사면만을 표기하여 새로이 위

험절토사면 분포도를 작성하여 비교하여 보았다(Fig. 4).

두가지 방법으로 작성된 위험절토사면 분포도의 경우 모두 비슷한 지역을 위험지역으로 표기하고 있음을 알 수 있다. 이런 사실은 비교적 간단한 3가지의 항목(풍화도, 암석의 결, 지하수상태)의 절토사면 현황 조사만으로도 위험절토사면 분포도 작성이 가능할 수 있음을 의미하고 있어 비전문가가 절토사면 현황조사를 수행할 경우에도 비교적 신뢰할만한 자료를 도출할 수 있다고 볼 수 있다.

위험등급으로 작성된 분포도에 표기된 위험절토사면 분포 현황을 살펴보면, 주로 단양군 일대와 영동군, 보은군 주변으로 위험절토사면이 분포하고 있음을 알 수 있다. 위험절토사면 분포도는 다양하게 이용될 수 있겠으나 넓은 지역에 분포하고 있는 절토사면을 보다 효율적으로 관리, 점검하는 기초 자료로 활용하는데 가장 큰 의미가 있을 수 있다.

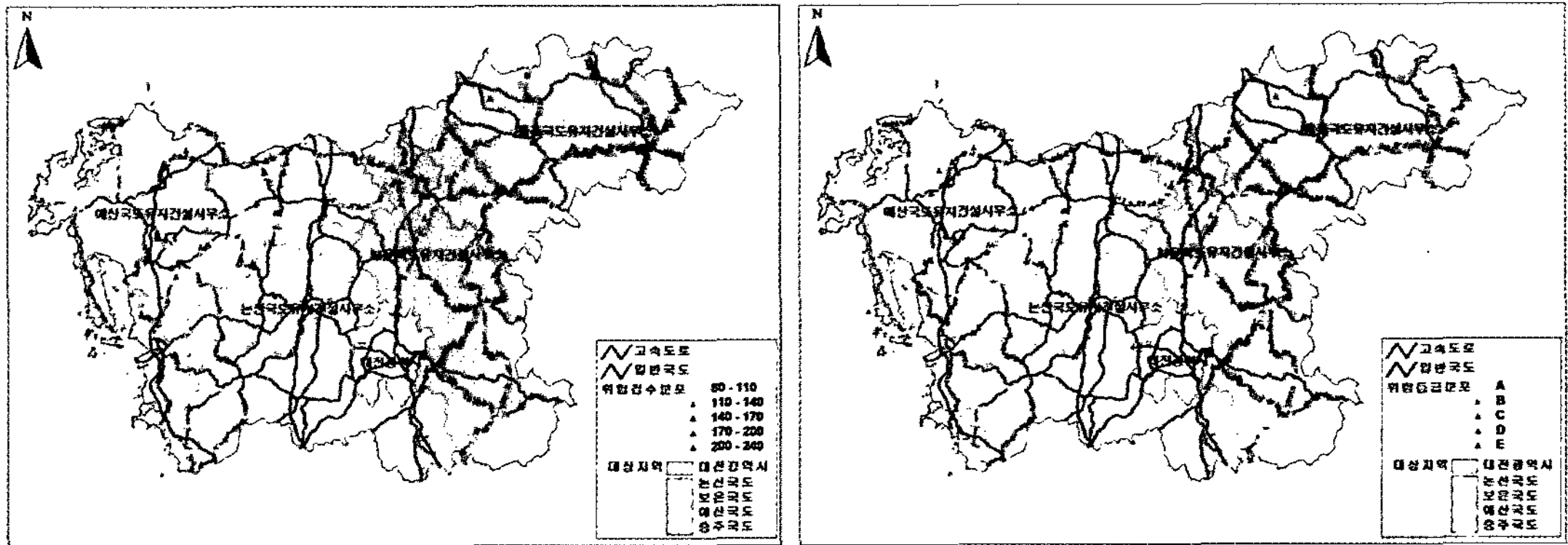


Fig. 3. Danger cut slopes distribution area in Chungcheongdo. Left : using grade distribution table, Right : using danger grade.

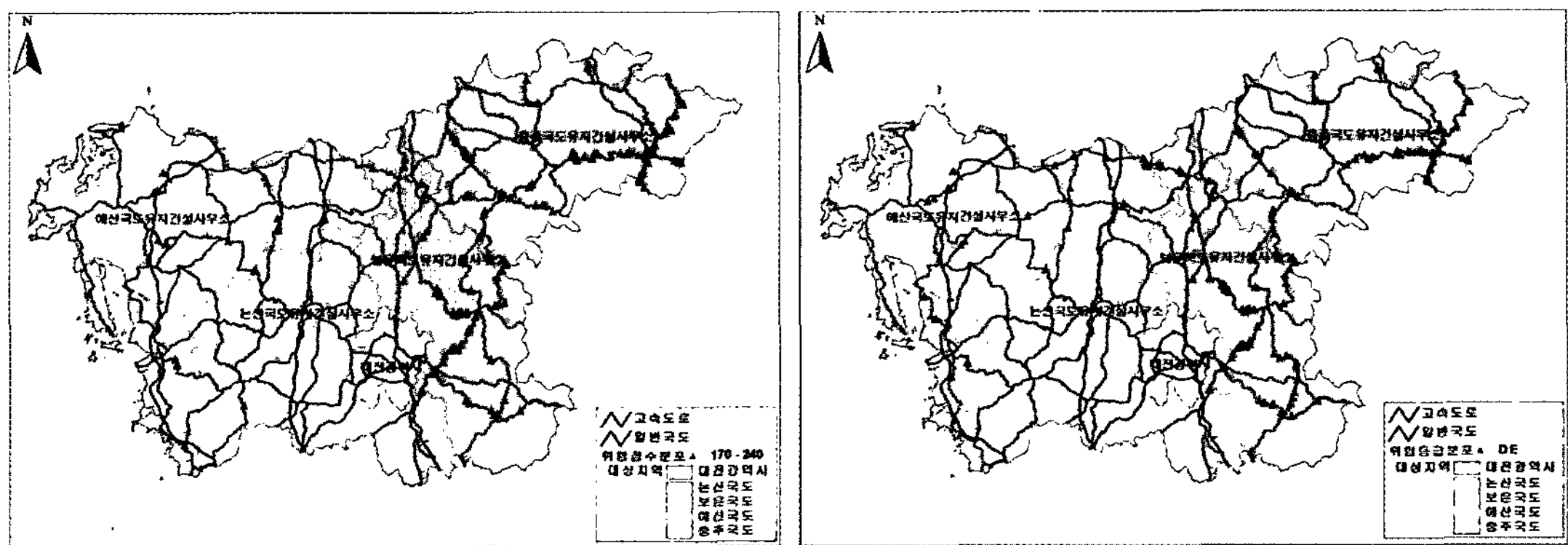


Fig. 4. Reformed danger cut slopes distribution area in Chungcheongdo. Left : using grade distribution table over 170, Right : using D, E danger grade.

충청도 관내 붕괴 절토사면과 위험절토사면 분포도의 비교

지금까지 작성된 위험절토사면 분포도의 활용 여부를 비교해보기 위해 2000년부터 2006년까지 충청도 관내 붕괴절토사면 발생 지역을 조사하여 지도에 표기하였다 (Table 6). 지도에 표기한 붕괴절토사면은 각 국도 담당 기관에서 한국건설기술연구원에 조사 의뢰 요청을 한 지역으로 한정하였으며 현황조사 진행 상태가 미흡한 논산국도유지건설사무소 관내 붕괴 사면 지역은 제외하였다 (Fig. 5). 붕괴 발생 지역(좌측)과 위험등급으로 작성된 위험절토사면 분포도(우측)를 비교해 보면 붕괴발생 지역과 위험절토사면 분포도에서 지시하고 있는 위험 지

역과 거의 유사함을 알 수 있어 현황조사를 통한 위험 분포도 작성이 효과적임을 알 수 있다.

결 론

한국건설기술연구원에서는 도로절토사면유지관리시스템 운영업무를 수행하면서 충청도 관내 절토사면 현황조사자료 보완 및 갱신을 위해 2006년부터 현황조사를 수행하고 있다. 절토사면 현황조사를 통해 약 2,500여개의 절토사면에 대한 자료를 수집하였고 조사 자료의 효율적인 관리 및 활용을 위해 위험절토사면 분포도를 작성하였다.

Table 6. Collapsed cut slopes location list in Chungcheongdo between 2000 and 2006.

붕괴연도	도로 관리 기관	호선	지 역
2000	보은	25	보은 회북 오동
	예산	21	서천 종천 종천
2001	충주	40	보령 성주 성주
		5	단양 단양 중도
2002	충주	5	단양 단양 상진
		5	단양 대강 용부원
		3	충주 상모 온천
		37	괴산 청천 사담
		3	충주 살미 향산
		19	괴산 문광 양곡
		39	아산 인주 인주
2003	충주	36	제천 수산 수산
		59	단양 단양 고수
		5	단양 단양 현천
		3	충주 살미 향산
		19	보은 내북 봉황
		37	옥천 군서 월전
2004	충주	34	천안 입장 도립
		5	단양 단양 심곡
		5	단양 단양 현천
2005	충주	5	제천 봉양 옥전
		38	제천 송학 무도
		59	단양 단성 가산
		3	충주 수안보 안보
		4	옥천 군북 자모
2006	보은	37	옥천 군북 구건
		59	단양 영춘 사지원
		25	보은 회북 오동
		21	진천 진천 사석
	예산	17	진천 진천 원덕
		34	진천 진천 장관
		34	진천 진천 구수
		34	천안 입장 도립
		38	당진 송산 동곡

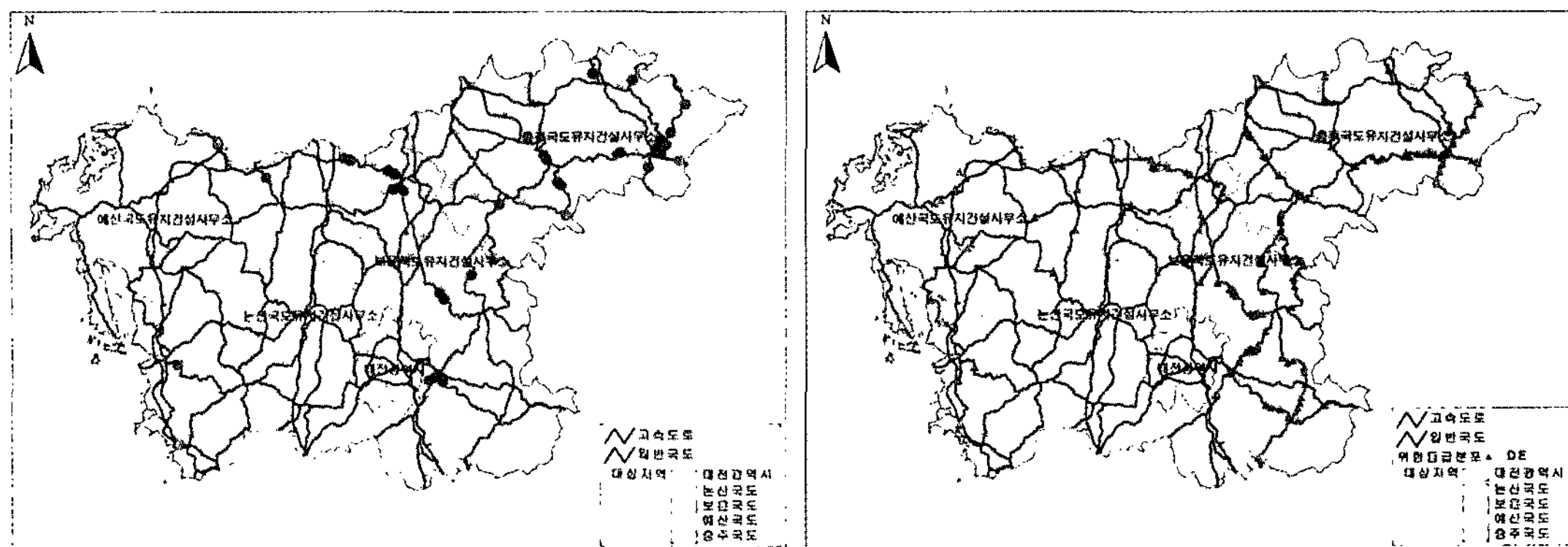


Fig. 5. Comparison collapsed area and reformed danger cut slopes distribution area. Left : collapsed area in Chungcheongdo between 2000 and 2006. Right : danger cut slopes distribution area using D, E danger grade.

위험절토사면 분포도는 조사항목 배점표와 절토사면 위험 등급을 이용하여 작성하였다. 두가지 방법으로 작성된 분포도의 경우 모두 비슷한 지역을 위험 절토사면 분포지역으로 지시하고 있어 비교적 타당성 있는 자료로 판단된다.

특히, 절토사면 비전문가에 의해 현황조사를 수행할 경우 절토사면에 대한 모든 정보를 취득하지 않고 위험 등급 항목(풍화도, 암석의 결, 지하수 상태)만의 파악을 통해 절토사면의 위험성을 평가할 수 있어 효율적인 조사 방법이라고 볼 수 있다.

작성된 위험절토사면 분포도와 기발생된 충청도 관내 붕괴절토사면 위치와의 비교에서도 거의 비슷한 지역을 위험절토사면 분포지역으로 지시하고 있어 작성된 분포도의 활용 가능성이 매우 높음을 지시한다고 볼 수 있다.

추후 전국적으로 절토사면 현황조사 자료가 보완·갱신되어 전국 국도변 절토사면 갯수 및 특성이 파악되면 전국적인 위험절토사면 분포도를 작성할 예정이며 절토사면 및 도로의 효율적인 관리의 기본 자료로 활용될 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

국립방재연구소, 2000, 사면붕괴방지대책 제도화를 위한 기본방안 연구.
권오일, 백 용, 나중화, 한상수 (2007), 정준상관분석을

이용한 절토사면 점검결과 항목.
수량화, 한국지구시스템공학회 2007 추계학술발표회, p540.
김진환, 구호본, 박미선, 2004, 절토사면 통계처리를 이용한 위험인자의 상관분석, 대한토목학 회정기학술대회 논문집, pp 2483~2486.
김진환, 구호본, 박미선, 이정엽, 2004, 절토사면 현황자료 통계처리를 이용한 위험인자 도출, 지질공학회 학술발표회 논문집, pp 160~171.
철도청, 2004, 철도절토사면 안정성 평가 및 대책방안 연구, p611.
한국건설기술연구원, 2003, 2002년도 도로절토절개면 유지관리시스템 개발 및 운용, 건설교통부, pp 11~38.
한국건설기술연구원, 2004, 2003년도 도로절토절토사면 유지관리시스템 개발 및 운용, 건설교통부, pp 26~37.
한국도로공사, 2004, 고속도로 절토사면 유지관리시스템 개발 연구, p221.
한국지질자원연구원, 2006, 대도시 사면 통합관리시스템 구축(부산지역).
Geotechnical Engineering Office, Geotechnical Manual for Slope, Civil Engineering Department, Hong Kong, 1997.
Lawrence A. pierson, Robert Van Vickle, "Rockfall Hazard Rating System-participants' Manual" FHWA SA-93-057, National Highway Institute, 1993.
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.

2008년 1월 30일 원고접수, 2008년 3월 15일 게재승인

김진환

한국건설기술연구원 지반방재 · 환경연구실
411-712, 경기 고양시 일산구 시민대로 1190
Tel: 031-910-0524
Fax: 031-910-0561
E-mail: goethite@kict.re.kr

구호본

한국건설기술연구원 지반방재 · 환경연구실
411-712, 경기 고양시 일산구 시민대로 1190
Tel: 031-910-0217
Fax: 031-910-0561
E-mail: hbkoo@kict.re.kr

이종현

한국건설기술연구원 지반방재 · 환경연구실
411-712, 경기 고양시 일산구 시민대로 1190
Tel: 031-910-0227
Fax: 031-910-0561
E-mail: jhrhee@kict.re.kr

윤천주

한국건설기술연구원 도로연구실
411-712, 경기 고양시 일산구 시민대로 1190
Tel: 031-910-0533
Fax: 031-910-0746
E-mail: cjyoon@kict.re.kr