

도로비탈면 낙석산사태 위기대응체계 수립 연구*

A Study on the Crisis Management System for Rockfall & Landslides of Road-slopes

Jong Gun Lee**, Jae Wook Suk***, Jai Wook An, Hong Kyoon Kim, Yong Soo Kim

Institute of Infrastructure Safety, Korea Infrastructure Safety Corporation, 315 Goyang-daero,

Ilсанseo-gu, Goyang-si, Gyeonggi-do, Korea

Abstract

Slope disasters are increasing rapidly due to climate changes by global warming. On expressways and general national roads where are heavy traffic, the damage caused by slope disasters is relatively even greater. In the Ministry of Land, Infrastructure and Transport, the crisis management system for each type of accident was established in accordance with "Basic Act on Disaster and Safety Management" and also the crisis management system for storm and flood damage to roads was structured depending on "Countermeasures against Natural Disasters Act". The crisis management system associated with slope disasters on general national roads is provided by 'Storm and Flood Damage Disaster Management Practical Manual'. However, applying this manual to thawing or dry season is very difficult because it limits the cause of the disaster to a typhoon(heavy rain). This study aims to present a crisis management system which is applicable to slope disasters occur frequently. So, various types of crisis management system and the collapse status of general national roads are compared and analyzed. In order to establish a crisis management system, a type of crisis and alert levels are created. Then, contents and procedures of hourly initial management are set and also the institutional mission is presented.

Key words: road-slope, rockfall, landslide, crisis management system

* 이 논문은 국토교통부에서 운영 중인 도로비탈면 유지관리시스템 업무의 지원에 의해 연구되었음

** First author. Tel. +82-31-910-4292. Fax. +82-31-910-4181. E-mail. gun5f@kistec.or.kr

*** Corresponding author. Tel. +82-31-910-3648. Fax. +82-31-910-4181. E-mail. stonely@kistec.or.kr

Submission & Publication Process

Received: Aug. 12, 2014 / Revised: Sep. 11, 2014 / Accepted: Sep. 15, 2014

국문초록

최근에는 지구온난화에 따른 기상이변으로 비탈면 재해가 급증하고 있으며 교통량이 많은 고속도로와 일반국도에서는 상대적으로 더 큰 피해를 야기하고 있다. 국토교통부에서는 「재난 및 안전관리 기본법」에 따라 사고 유형 별로 위기대응체계를 수립하였으며 「자연재해대책법」에 따라 도로 풍수해에 대한 대응체계를 구축하고 있다. 일반국도 상의 비탈면 재해와 관련된 대응체계는 '풍수해(태풍·호우) 재난 위기대응 실무매뉴얼'에서 규정하고 있으나, 재난의 원인이 태풍, 호우 등인 경우로 적용범위를 제한하고 있어 해빙기 또는 수시로 발생하는 비탈면의 낙석산사태 재해에 적용하기 어려운 실정이다. 본 연구에서는 다양한 사고유형별 위기대응체계를 비교분석하고 일반국도 비탈면의 붕괴현황을 고려하여 수시로 발생할 수 있는 비탈면의 낙석산사태 재해에 적용가능한 위기대응체계를 수립하여 제시하고자 한다. 위기대응체계를 수립하기 위해 비탈면 낙석산사태 재해에 대한 위기형태와 경보수준을 설정하고, 위기대응의 가장 핵심요소인 시간별 초동조치 내용과 절차, 관리기관별 임무를 수립하여 제시하였다.

주제어: 도로비탈면, 낙석, 산사태, 위기대응체계

1. 서론

인류는 역사시대부터 현재까지 모든 분야에서 눈부신 발전을 이루어 왔으며, 발전의 단계마다 다양한 형태의 위기를 항상 극복하여 왔다. 눈부신 발전의 토대가 되어온 과학기술과 정보통신 등의 발전은 핵무기, 장거리 미사일과 같은 첨단무기의 개발을 가능하게 하여 지리적 한계를 넘어서 안보를 위협하는 잠재적 이면을 가지게 하였다.

최근에는 전 세계적 지구 온난화로 인해 기상이변의 증상이 빈발하고 있으며, 국가안보의 위기 외에도 기상이변에 따른 지진, 쓰나미, 슈퍼태풍 등으로 자연재난으로 인한 위기가 급증하고 있는 실정이다. 이채연(2012)은 전통적인 안보위협과 자연재난 및 인적재난을 망라하여 포괄적으로 대비해야 한다고 하였으며, 김열수(2005)는 그의 연구를 통해 전통적 안보분야의 위기 이외에 자연재난과 인위재난 그리고 국가기반체계의 마비로 인해 발생하는 재난도 위기의 개념에 포함하였다. 정지범 외(2009)는 탈냉전 이후 전통적 안보위협 보다 자연재해로 인한 위협이 증가하고 있으므로 새로운 위협의 증가, 사회적 취약성의 증가, 불확실성의 증가를 감안하여 어떤 한 분야에만 적용되는 경직성을 탈피한 새로운 위기관리체계를 설계해야 한다고 주장하였다.

기상이변에 따른 자연재난은 우리나라의 경우도 예외가 아니며 최근에는 비탈면 붕괴와 산사태의 형태로 재난이 빈번히 발생하고 있다. 산사태로 수십명의 인명피해를 야기한 2011년 우면산 산사태, 강원도 펜션 매몰 사고가 대표적이라 할 수 있다. 뿐만 아니라, 2013년 경부고속도로 영천IC 인근에서 발생한 깎기비탈면 붕괴사고는 인명피해를 야기하지는 않았지만, 국가안전의 기반인 SOC시설물의 안전관리에 경각심을 불러온 사고였다.

도로교통량 통계연보(2013)에 따르면 고속도로와 일반국도의 일평균 교통량은 각각 45,236대, 11,471

대로 도로와 인접한 비탈면의 낙석산사태는 대규모 인명피해와 재산피해로 직결될 수 있다. 특히, 소규모의 낙석이라 하더라도 이용자가 많고 순식간에 발생하는 낙석의 특성으로 인해 피해는 증가될 수 있다. 고속도로와 일반국도의 안전관리 책임기관인 국토교통부는 도로의 안전확보를 위해 각각의 시설물에 대해 위기대응체계를 수립하여 운영 중이다. 하지만, 비탈면의 경우 태풍과 호우에 따른 사고(풍수해) 외에 해빙기나 건기에 발생하는 낙석산사태에 대해서는 적절한 위기관리체계가 수립되어 있지 않은 실정이다.

본 연구에서는 사고유형에 따른 기존의 위기대응체제를 비교·분석하고 일반국도 상에 분포하는 비탈면의 현황과 낙석산사태 발생현황을 고려하여, 일반국도 비탈면의 낙석산사태 사고 시 적용할 수 있는 위기대응체제를 수립하여 제안하고자 한다.

II. 비탈면 재난 및 관리 법령

1. 재난관련 법령

「국가위기관리 기본지침」에서는 국가위기를 “국가의 주권 또는 국가를 구성하는 정치·경제·사회·문화체계 등 국가의 핵심요소나 가치에 중대한 위해가 가해질 가능성이 있거나 가해지고 있는 상태”로 정의하고 있다. 국가위기는 유형에 따라 전통적 안보분야, 재난분야, 국가핵심기반분야의 3개 영역으로 구분하고 있다. 또한, 국가위기관리란 국가가 국가위기를 주도적으로 관리하는 것으로 “국가위기를 효과적으로 예방·대비하고, 대응·복구하기 위해 국가자원을 기획·조직·집행·조정·통제하는 제반 활동과정”으로 정의하고 있다.

「재난 및 안전관리 기본법」에서는 각종 재난으로부터 국토를 보존하고 국민의 생명·신체 및 재산을 보호하기 위하여 재난 및 안전관리체제를 확립하고, 재난의 예방·대비·대응·복구와 안전문화활동, 그 밖에 재난 및 안전관리에 필요한 사항을 규정하고 있다. 재난의 개념을 “국민의 생명·신체·재산과 국가에 피해를 주거나 줄 수 있는 것”으로 정의하고 있으며, 태풍, 홍수, 호우 등의 자연현상으로 인하여 발생하는 재해인 자연재난과 화재·붕괴·폭발 등으로 인한 피해, 에너지·통신·금융 등 국가기반체계의 마비, 감염병 또는 가축전염병의 확산 등으로 인한 피해를 포함하는 사회재난으로 구분하고 있다. 또한, 재난관리책임기관의 장이 재난을 효율적으로 관리하기 위하여 재난유형에 따라 위기관리 매뉴얼을 작성·운영하도록 하고 있다.

「자연재해대책법」은 태풍, 홍수 등 자연현상으로 인한 재난으로부터 국토를 보존하고 국민의 생명·신체 및 재산과 주요 기간시설을 보호하기 위하여 자연재해의 예방·복구 및 그 밖의 대책에 관하여 필요한 사항을 규정하고 있다. 산사태위험지역 등 재해가 발생할 우려가 있는 지역을 자연재해 위험개선지구로 지정하고 정비계획을 세워 관리하도록 하고 있으며 풍수해저감종합계획을 수립하여

풍수해에 대비하도록 규정되어 있다.

2. 관리관련 법령

「시설물의 안전관리에 관한 특별법」은 시설물의 안전점검과 적절한 유지관리를 통하여 재해와 재난을 예방하고 시설물의 효율을 증진시키는 것을 목적으로 하고 있다. 시설물이란 건설공사를 통하여 만들어진 구조물과 그 부대시설로서 시설물별로 일정규모 이상을 1종 시설물과 2종 시설물로 정의하고 있다. 또한, 「재난 및 안전관리 기본법」에 따른 특정관리대상시설이 구조적 안전성 및 결함의 정도에 따라 공중에 위해를 끼칠 우려가 있다고 인정되는 경우 1종 시설물 또는 2종 시설물로 지정할 수 있도록 하고 있다. 시설물의 점검은 정기점검, 정밀점검, 긴급점검 등의 안전점검과 정밀안전진단으로 구분되며, 국토교통부장관은 시설물의 안전한 유지관리를 위해 5년마다 시설물의 안전과 유지관리에 관한 기본계획을 수립하여야 한다. 깎기비탈면은 “지면으로부터 연직높이(옹벽이 있는 경우 옹벽상단으로부터의 높이) 30미터 이상을 포함한 절토부로서 단일 수평연장 100미터 이상인 경우¹⁾, 2종 시설물로 분류하여 관리하도록 하고 있다.

「도로법」은 도로관리와 도로에 관한 계획수립에 필요한 사항과 도로의 관리·시설기준·보전 및 비용에 관한 사항을 규정하고 있다. 도로의 부속물은 토사유출·낙석 방지 시설 등, 도로의 기능 유지 등을 위한 시설로서 도로의 관리를 위하여 설치하는 시설 또는 공작물이 있으며, 도로에 토사 등이 쌓이거나 쌓일 우려가 있으며 그 토사 등을 제거하거나 쌓이는 것을 방지할 수 있는 시설을 설치하도록 하고 있다. 「도로법」에 따라 제정된 「도로의 유지·보수 등에 관한 규칙」에서는 낙석, 산사태 등으로 인하여 통행에 위협이 있다고 인정되는 경우에는 신속히 통행을 제한하고 응급복구 등의 조치를 하도록 하고 있다.

「급경사지 재해예방에 관한 법률」은 급경사지 붕괴위험지역의 지정·관리, 정비계획의 수립·시행, 응급대책 등에 관한 사항을 규정하고 있다. 급경사지는 인공비탈면²⁾과 자연비탈면³⁾으로 분류하고 있으며 관리기관은 소관 급경사지에 대하여 연 1회 이상의 안전점검을 실시하여야 한다. 급경사지 중, 붕괴·낙석 등으로 국민의 생명과 재산의 피해가 우려되는 지역은 재해위험도 평가 및 주민의견 수렴을 통해 붕괴위험지역으로 지정하도록 하고 있으며, 관리기관은 붕괴위험지역에 대하여 매 5년 단위의 정비 중기계획을 수립하도록 규정하고 있다.

「사방사업법」은 국토의 황폐화를 방지하고 산사태 등으로부터 국민의 생명과 재산을 보호하고 국토를 보전하기 위하여 사방사업을 효율적으로 시행함으로써 공공이익의 증진과 산업발전에 이바지함을 목적으로 하고 있다. 「사방사업법」에서는 산사태를 “자연적 또는 인위적인 원인으로 산지가 일시에 붕괴되는 것”으로, 토석류를 “산지 또는 계곡에서 토석·나무 등이 물과 섞여 빠른 속도로 유출

1) 「시설물의 안전관리에 관한 특별법 시행령」 일부 개정으로 2종 비탈면 범위 변경(시행일: '16.1)

2) 지면으로부터 높이가 5미터 이상이고, 경사도가 34도 이상이며, 길이가 20미터 이상(옹벽·축대 등을 포함)

3) 지면으로부터 높이가 50미터 이상이고 경사도가 34도 이상

되는 것"이라고 정의하고 있으며, 사방사업을 “황폐지를 복구하거나 산지의 붕괴, 토석·나무 등의 유출 또는 모래의 날림 등을 방지 또는 예방하기 위하여 공작물을 설치하거나 식물을 파종·식재하는 사업 또는 이에 부수되는 경관의 조성이나 수원의 함양을 위한 사업”이라고 정의하고 있다. 사방사업을 산지사방사업, 해안사방사업, 야계사방사업의 3가지 유형으로 분류하고 있으며, 산림청장은 사방사업을 계획적·체계적으로 추진하기 위하여 5년마다 사방사업 기본계획을 수립·시행하여야 한다.

III. 국토교통부 위기대응체계

1. 터널 사고

‘도로터널 사고 주요상황 대응매뉴얼(2014)’에서는 도로터널의 위기형태를 터널 내 화재사고, 터널 내 차량추돌사고, 터널 붕괴사고로 분류하고 있다. 위기형태에 따른 경보수준은 상기 3가지 형태에 대해 인명피해, 교통차단 여부, 결함정도 등을 고려하여 관심-주의-경계-심각의 4단계로 구분하고 있다. 또한, 특징적으로 위기발생 시 자체위기평가회의를 통해 위기형태를 결정하도록 하고 있다.

2. 항공기 사고

‘항공기 사고 위기대응 실무매뉴얼(2014)’에서는 인명피해를 위기형태의 판단기준으로 적용하고 있다. 사망자가 9인 이하인 경우 소형사고, 사망자가 10인 이상 200인 미만인 경우 중형사고, 사망자가 200인 이상인 경우, 국가원수 또는 국빈 등이 사망한 경우, 공항 등의 중요시설이 파괴된 경우는 대형사고로 분류하고 있다. 또한, 위기형태에 따라 지방항공청의 사고수습본부(중형사고)와 국토교통부의 중앙사고수습본부(대형사고)가 구성되며 지방항공청장 및 국토교통부 장관(또는 2차관)이 본부장의 임무를 수행하게 되어있다. 본 매뉴얼에는 특징적으로 위기대응을 위한 통합연습체계를 제시하고 있다. 연습의 형태는 시나리오 기반의 도상형(Command Post Exercise), 토론과 해결방안 위주의 토의형(Role-Playing Game), 실제 상황을 가정하여 수행되는 현장훈련형(Field Training Exercise)으로 구분되며 연습주기는 매년 2회 이상으로 명시하고 있다. 항공기 사고는 평면적인 도로에서 발생하는 사고와 달리 입체적인 공간에서 발생하는 사고의 형태이므로 위기대응체계를 도로와 연계하는 것은 다소 무리가 있다. 단, 위기대응체계 중 위기형태의 분류기준, 지휘체계 등이 참고가 될 수 있을 것이다.

3. 도로 풍수해

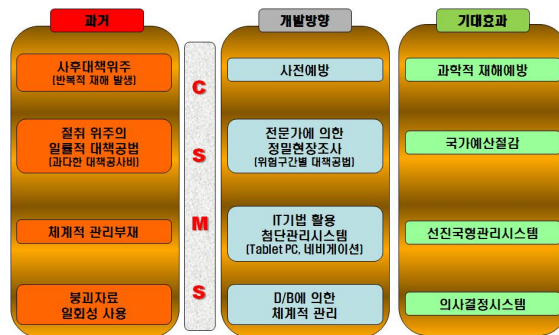
‘풍수해(태풍, 호우) 재난 위기대응 실무매뉴얼(2014)’에 따라 태풍, 호우 등에 따른 풍수해 대비 위

기대응체계는 도로, 교통, 수자원, 항공 등 다양한 분야를 포함하며, 기상조건에 따라 준비체제, 경계체제, 비상체제로 구분하여 근무기준이 수립되어 있다. 위기형태는 시설물의 피해도와 인명피해를 기준으로 소형, 중형, 대형으로 구분하고 있다. 풍수해의 경우 재난책임기관이 소방방재청이므로 다른 시설물과는 달리 시·도 재난안전본부 및 중앙재난안전대책본부에서 현장대응 및 복구지원을 총괄하고 있다.

IV. 비탈면 유지관리체계

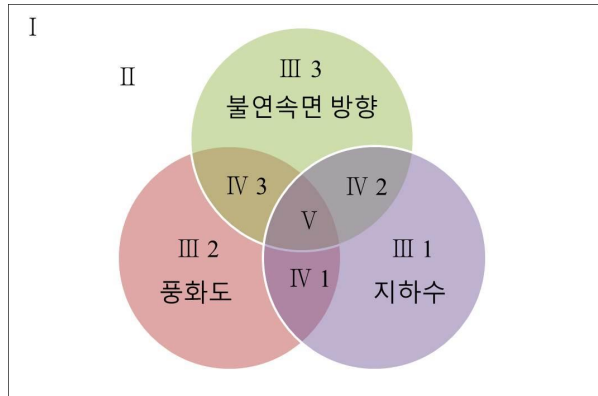
1. 도로비탈면 유지관리시스템(CSMS)

국토교통부에서는 일반국도 비탈면의 효율적인 유지관리를 위해 1997년부터 ‘도로비탈면 유지관리시스템(Cut Slope Management System, 이하 CSMS)’을 개발하여 운영하고 있다. CSMS는 선진국형 사전예방 관리시스템이며, 사후관리에서 사전관리로의 유지관리 패러다임 전환을 가져온 계기라고 할 수 있다. CSMS에서는 일반국도 총 연장 13,843km에 분포하고 있는 29,757개소(‘13년 12월 기준)에 대한 유지관리를 수행하고 있으며, 매년 신설노선 및 정비현황 등을 반영하여 체계적인 이력관리 및 정비를 실시하고 있다(도로비탈면 유지관리시스템 운영 업무, 2013).



<그림 1> 도로비탈면 유지관리시스템(CSMS) 개요도

관리대상 비탈면 29,757개소에 대해 전수조사가 실시되었으며 잠재 위험요소인 풍화도, 불연속면 방향, 수리상태의 평가인자를 기준으로 I ~ V 그룹까지 5개의 그룹(조사우선순위)으로 분류되어 있다. 또한, 각 그룹의 위험요인 유형에 따라 III1, III2 등과 같이 세부적으로 분류되어 있어 대상비탈면이 가지는 위험요인을 손쉽게 인지할 수 있다. 이러한 조사우선순위에 따라 순차적으로 정밀조사를 실시하며, 정밀조사 후 위험도 및 피해도를 고려하여 정비를 위한 최종 투자우선순위가 산출된다.



<그림 2> 그룹분류 기준(위험요소)

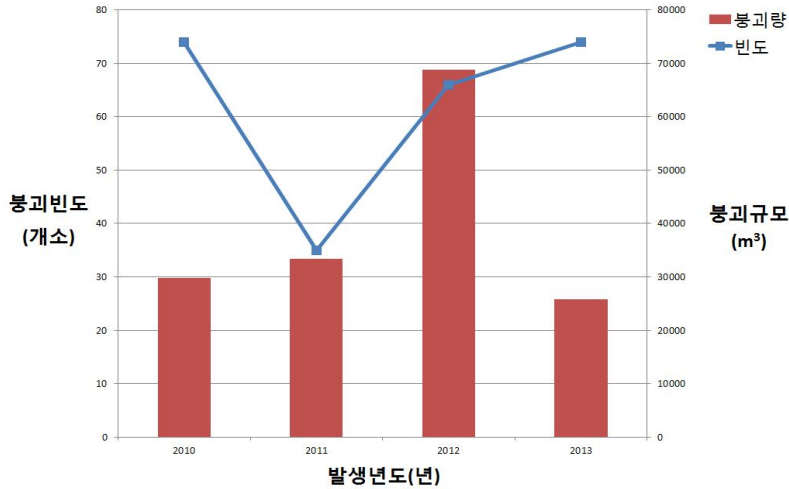
<표 1> 위험요소에 따른 그룹별 관리현황('13.12 기준, 개소)

곽기비탈면	V그룹	IV그룹	III 그룹	II 그룹	I 그룹
29,757	5	1,558	10,065	14,525	3,604

2. 낙석산사태 발생현황 분석

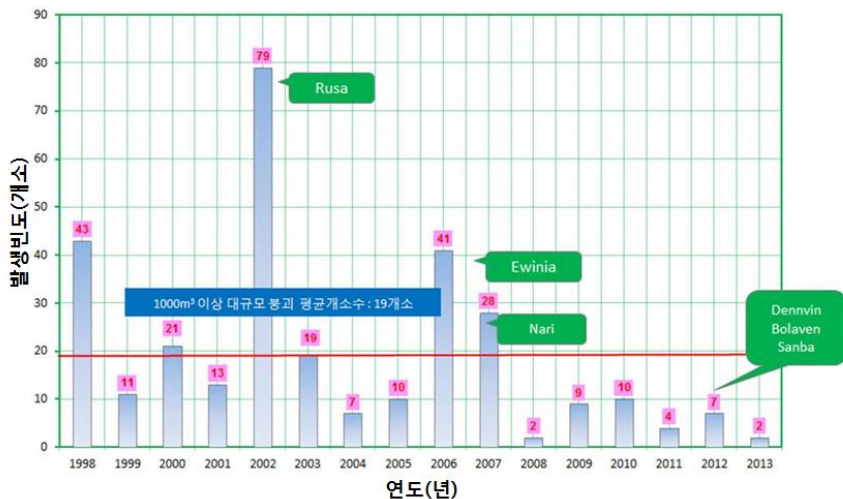
CSMS에서 관리중인 일반국도의 비탈면은 암반비탈면과 토사비탈면이 7:3의 비율로 분포하고 있다. 암반비탈면에서는 단층, 절리, 엽리 등과 같은 불연속면의 방향과 풍화도가 가장 큰 잠재 위험요소로 작용하며, 토사비탈면에서는 지표수에 의한 토층의 포화심도가 비탈면의 불안정성에 가장 큰 영향을 미친다고 할 수 있다.

최근 4년간 일반국도 비탈면의 낙석산사태 발생현황을 분석한 결과, 연평균 발생빈도는 62건이며 연평균 붕괴량은 38,081m³로 나타났다. 이는 소규모 낙석과 비탈면 사이의 계곡부에서 발생한 토석류의 발생현황도 고려된 것이다. 이 중, 2012년은 붕괴량이 68,734m³으로 상대적으로 높은 값을 나타내고 있는데, 이는 이례적으로 5개의 대형태풍(볼라벤, 덴빈, 산바 등)이 내습한 기상특성에 기인하는 것으로 판단된다. 또한, 2013년의 경우, 발생빈도는 많으나 붕괴량이 가장 적은 것은 한반도에 내습한 태풍이 없었던 것이 가장 큰 원인이라 할 수 있을 것이다. 즉, 대부분의 붕괴유형이 낙석, 표층유실로 빈도에 비해 붕괴규모는 크지 않았다고 판단된다.



<그림 3> 최근 4년간 낙석산사태 발생빈도 및 붕괴량

연도에 따른 낙석산사태의 발생빈도는 큰 변화가 없다. 하지만, CSMS가 운영된 시점부터 현재까지 붕괴량 1,000m²의 대규모 붕괴현황을 비교해 보면 뚜렷한 차이를 보이고 있다는 것을 알 수 있다. 1998년부터 2013년까지 대규모 붕괴의 연평균 발생빈도는 19회이다. 하지만, 2008년부터 2013년까지의 연평균 발생빈도는 5.7회로 전체 운영기간에 비해 급감하고 있다는 것을 알 수 있다. 또한, 2012년의 경우, 이례적으로 한반도에 대형태풍 5개가 내습했음에도 불구하고 대규모 붕괴가 7회에 머물렀다는 것은 CSMS 운영에 따른 지속적인 정비의 효과라고 볼 수 있을 것이다.



<그림 4> 대규모 붕괴 발생현황

3. 사고대응체계

상기에서 서술한 바와 같이, 비탈면 낙석산사태의 원인은 크게 내적요인과 외적요인으로 구분할 수 있다. 내적요인은 비탈면을 구성하는 암석과 관련된 특성으로 불연속면 특성, 풍화도, 경사, 구성물질의 공학적 특성 등이 있으며, 외적요인은 강우, 지진, 인위적 공사행위 등이 있다.

이 중, 태풍과 집중호우 등에 의한 위기발생 시에는 ‘풍수해(태풍, 호우) 재난 위기대응 실무매뉴얼(2014)’에 따라 신속하고 체계적으로 사고에 대응하고 있다. 풍수해 재난에 따른 위기경보는 관심(Blue)-주의(Yellow)-경계(Orange)-심각(Red)으로 분류되며, 기상조건 및 재난 가능성에 따라 적절한 대비체계가 구축·운영되고 있다. 재난대응을 컨트롤하는 총괄반은 국토교통부 하천운영과에서 담당하며 수자원반(하천운영과), 교통반(교통정책조정과), 도로반(첨단도로환경과), 철도반(철도은행관제팀), 항공반(공항안전환경과) 주택·도시반(주거복지기획과, 녹색도시과)이 구성되어 분야별로 위기대응 업무를 수행하고 있다.

하지만, 비탈면의 낙석산사태는 태풍, 집중호우와 같은 외적요인 뿐만 아니라, 비탈면의 내적요인으로도 빈번히 발생한다. 해빙기 또는 건기에도 비탈면 일부구간의 낙석 및 유실 등으로 인명 및 재산 피해가 지속적으로 발생하고 있는 실정이다. 그러나, 이러한 비탈면의 내적원인에 의해 발생한 낙석산사태 사고 발생 시에는 아직까지 체계적이고 명확한 대응체계가 수립되어 있지 않은 실정이다. 평상시의 낙석산사태 관리 및 정비는 각 국토관리사무소의 보수과에서 담당하고 있으며, 국토교통부에서는 도로운영과가 담당하고 있다. 따라서, 평상시의 낙석산사태 위기대응을 위해 업무담당 부서의 역할 수립 및 최적의 대응체계 구축이 필요한 시점이다.

V. 도로비탈면 낙석산사태 재해 위기대응체계

1. 위기형태 및 경보수준

도로비탈면은 비탈면 자체의 붕괴(피해)가 위기로 연결되는 경우는 많지 않다. 이는 비탈면이 주구조물인 도로의 부대시설로 존재하기 때문이다. 따라서, 비탈면에서 발생하는 낙석산사태로 인해 도로의 피해 발생여부가 위기발생의 판단기준이 되어야 한다.

본 연구에서는 위기형태를 피해규모에 따라 소형사고, 중형사고, 대형사고로 분류하였으며, 도로기능의 유지여부와 인명피해를 기준으로 위기형태를 정의하였다. 소형사고는 낙석산사태가 발생하더라도 도로의 기능은 유지되며 2~3시간 이내에 복구가 가능한 사고 또는 중·경상의 인명피해가 발생한 사고로 정의하였다. 중형사고는 도로기능을 일부 상실하여 부분통제가 되었으며 사고발생 1일 이내에 복구가 가능한 사고 또는 3명 미만의 사망자가 발생한 사고로 정의하였다. 마지막으로 대형사고는 도로의 기능을 완전 상실하여 전면통제가 되었으며 사고발생 이후 1일 이상의 복구기간이 소요되는 사고 또는 3명 이상의 사망자가 발생한 사고로 정의하였다. ‘풍수해(태풍, 호우) 재난 위기관리 실무매뉴얼

얼(2014)’에서는 소형 및 중형사고에 대한 인명피해 기준이 경상이상, 대형사고는 중상이상으로 설정하고 있다. 이는 태풍, 집중호우 등이 우기(6~9월)에 집중되어 있는 한반도의 기후특성에 기인한 것으로 판단된다. 즉, 우기에 발생하는 태풍, 집중호우는 수일에 걸쳐 발생하는 지속성을 가지기 때문에 최초에 발생한 위기가 2차, 3차 위기로 발생할 가능성이 높으므로 피해저감을 위한 위기대응 기준을 강하게 적용하고 있는 것으로 생각할 수 있다. 태풍, 집중호우가 빈번하지 않은 평상시의 낙석산사태는 위기대응의 신속성, 효율성 등을 위해 판단기준을 상대적으로 하향하여 적용할 필요가 있으므로 본 연구에서는 다음과 같이 기준을 적용하였다.

<표 2> 위기형태 및 판단기준

위기형태	판단기준		비고
	도로기능	인명피해	
소형사고	유지	경상 또는 중상	대규모 재난으로 확대가능성이 있는 경우 상위 단계로 판단가능
중형사고	부분상실	사망자 3명 미만	
대형사고	완전상실	사망자 3명 이상	

낙석산사태에 따른 위기가 발생하기 전, 위기대응 및 즉각대응을 위해 경보수준을 설정하였다. 경보수준은 ‘풍수해(태풍, 호우) 재난 위기대응 실무매뉴얼(2014)’에 명시된 기후조건을 준용하여 관심(Blue)-주의(Yellow)-경계(Orange)-심각(Red)으로 구분하였으며, 각 경보수준에 따라 국토교통부의 비상체제가 가동되도록 설정하였다.

<표 3> 경보수준 및 판단기준

경보단계	판단기준	비고
관심 (Blue)	○ 태풍(호우) 빈발 시기 ○ 우리나라에 영향을 끼칠 가능성이 있는 태풍의 발생	○ 징후 감시활동
주의 (Yellow)	○ 태풍(호우) 예비특보 또는 주의보가 발령되고 태풍(호우)에 의한 대규모 재난이 발생할 가능성이 나타날 때	○ 기상관측 및 예보 모니터링 ○ 협조체제 가동
경계 (Orange)	○ 태풍(호우)경보가 발령되고 태풍(호우)에 의한 대규모 재난이 발생할 가능성이 농후할 때	○ 대비계획 점검
심각 (Red)	○ 태풍(호우)경보가 발령되고 태풍(호우)에 의한 대규모 재난이 발생할 가능성이 확실 할 때	○ 즉각 대응태세 돌입

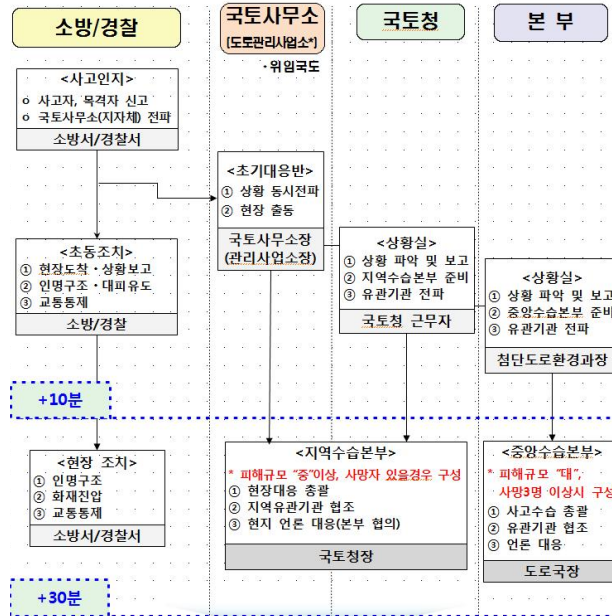
2. 초동조치

재난상황 발생 시 성공적인 위기대응의 핵심은 초기대응이다. 재난의 유형에 따른 신속하고 체계적인 초기대응의 실시여부가 인명과 재산피해를 최소화하는 가장 중요한 요소라고 할 수 있다. 이러한 목적으로 다양한 재난유형에서는 골든타임(Golden Time)을 설정하여 재난에 신속하게 대처하고 있다. 화재의 경우, 화재발생 5분이 경과하면 연소가 급격히 확산되어 피해면적이 급격히 증가될 수 있으며 5분 이내 응급조치가 실시되지 않으면 응급환자의 소생률이 25% 미만으로 급감하므로 화재발생 후 5

분을 골든타임(Golden Time)으로 설정하고 있다. 소방방재청에서는 화재발생 시 5분 이내 현장 도착률이 2013년 58%에 불과한 것을 2017년 74%까지 끌어올리는 것을 목표로 계획을 수립하여 추진 중이다. 항공기 사고의 경우, 사고발생 90초가 지나면 대형화재로 번질 수 있기 때문에 사고 후 90초가 승객의 생사를 가르는 골든타임으로 설정되어 있다.

비탈면의 낙석산사태는 최초 발생 후 지반특성 및 기후조건에 따라 2차 붕괴가 발생할 수 있으나, 2차 붕괴까지는 일반적으로 수 시간~수 일이 소요되는 것으로 알려져 있다. 따라서, 도로비탈면에서 발생하는 낙석산사태 사고는 최초 발생에 따른 인명구조, 추가피해 예방을 위한 신속한 교통통제가 중요한 요소이다. 본 연구에서는 이러한 특성을 감안하여 골든타임(Golden Time)을 30분으로 설정하였으며, 사고발생 후 10분 이내에 현장에 도착하여 인명구조 및 교통통제를 실시하도록 수립하였다. 또한, 위기형태에 따라 중형사고일 경우에는 지역수습본부(지방청), 대형사고일 경우에는 중앙사고수습본부(국토교통부)를 30분 이내에 구성하도록 하여 현장대응 및 사고수습을 체계적으로 할 수 있는 체계를 구축하였다. 단, 30분의 골든타임(Golden Time)은 평균적인 비탈면의 반복붕괴 시간을 적용한 것이므로, 단층과쇄대나 토층심도가 깊어 지반이 취약한 경우에는 현장특성을 반영하여 적용해야 할 것으로 판단된다.

도로비탈면은 터널, 특수교 등과 달리 현장의 상시근무자가 존재하지 않는다. 국토관리사무소의 담당자에 의해 정기적인 순찰 및 점검을 통해 관리되므로, 사고발생의 최초 보고자(인지자)는 신고를 받은 소방직원이나 경찰직원일 경우가 많다. 사고발생 후 신속한 보고 및 대응을 위해 보고체계는 소방/경찰-국토관리사무소-국토교통부(지방청)의 3단계로 간소화하였다. 사고가 인지된 국토관리사무소에서는 해당 지방청 및 국토교통부(상황실)로 동시에 보고를 하도록 하여 보고체계를 간소화하였으며 신속한 대응이 가능하도록 체계를 수립하였다.



<그림 5> 초동조치 흐름도(Flow Chart)

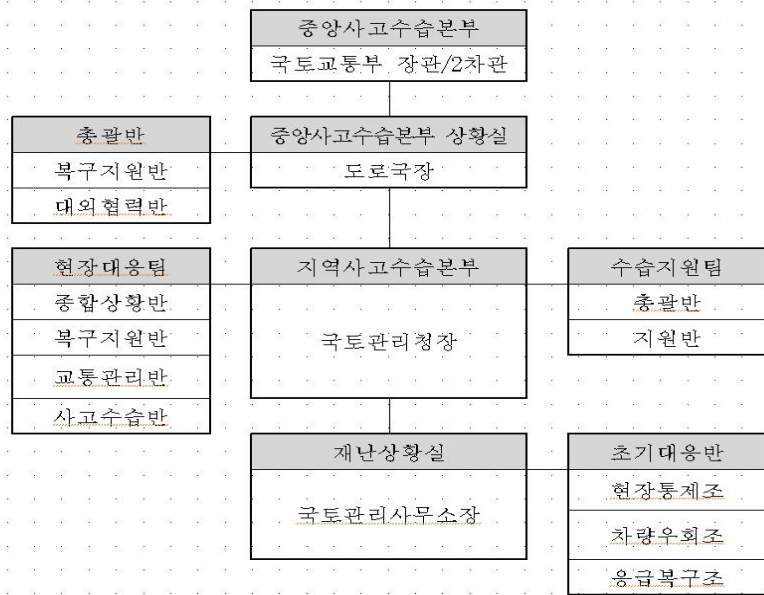
3. 기관별 임무

위기대응에 따른 시간별 임무와 역할은 보고체계에 명시된 바와 같이 국토관리사무소, 지방청, 국토교통부로 구분되어진다.

사고발생 후 10분 이내의 경우, 국토관리사무소에서는 사고상황을 접수하고 즉각 초기대응반을 구성하여 현장으로 출동한다. 초기대응반은 현장통제조, 차량우회조, 응급복구조로 구성되며 국토관리소장이 초기대응반장의 임무를 수행한다. 그 후, 보고체계에 따라 신속히 사고상황을 전파하며, 관할 소방서와 경찰서에 긴밀한 연락체계를 유지하도록 한다. 지방청은 ITS센터에서 사고접수 후 사고상황을 도로전광판에 표출한다. 위기형태가 중형사고일 경우에는 지역사고수습본부를 구성하여 현장대응 및 수습을 지원하도록 한다. 지역사고수습본부는 현장대응팀 4개반(종합상황반, 복구지원반, 교통관리반, 사고수습반)과 수습지원팀 2개반(총괄반, 지원반)으로 구성하며 국토관리청장이 본부장의 임무를 수행하도록 구성하였다. 국토교통부에서는 실시간 사고상황 및 복구상황을 파악하며, 위기형태가 대형사고일 경우 중앙사고수습본부를 구성하여 운영한다. 중앙사고수습본부는 총괄반, 복구지원반, 대외협력반으로 구성하며 국토교통부 장관 또는 2차관이 본부장의 역할을 수행하도록 구성하였다.

사고발생 후 30분 이내의 경우, 국토관리사무소는 현장에서 인명구조 및 교통통제를 완료하고 압과 쇄방호시설 등의 현장 응급복구를 실시한다. 이와 동시에 피해자와 유가족의 임시거처를 마련하고 구호물자 등을 마련한다. 지방청은 현장대응팀이 현장으로 출동하며, 지역사고수습본부가 구성될 경우 실시간으로 현장대응을 총괄한다. 국토교통부는 상황실에서 현장과 실시간 연락체계를 구축하여 사고

상황과 복구상황을 전파하고 중앙사고수습본부가 구성될 경우 현장대응 및 지원업무를 총괄한다.



<그림 6> 위기대응 체계도

VI. 결론

본 연구에서는 풍수해(태풍, 호우) 외에 수시로 발생하는 도로비탈면 낙석산사태 재해에 적용할 수 있는 위기대응체계를 수립하여 제시하였다.

도로비탈면 낙석산사태 재해의 위기형태는 도로기능 유지여부와 인명피해 정도에 따라 소형사고, 중형사고, 대형사고로 분류하였다. 소형사고는 낙석산사태가 발생하더라도 도로의 기능은 유지되며 2~3시간 이내에 복구가 가능한 사고 또는 중·경상의 인명피해가 발생한 사고, 중형사고는 도로기능을 일부 상실하여 부분통제가 되었으며 사고발생 1일 이내에 복구가 가능한 사고 또는 3명 미만의 사망자가 발생한 사고, 대형사고는 도로의 기능을 완전 상실하여 전면통제가 되었으며 사고발생 이후 1일 이상의 복구기간이 소요되는 사고 또는 3명 이상의 사망자가 발생한 사고로 정의하였다. 경보수준은 ‘풍수해(태풍, 호우) 재난 위기대응 실무매뉴얼(2014)’에 명시된 기후조건을 준용하여 관심(Blue)-주의(Yellow)-경계(Orange)-심각(Red)으로 구분하였으며, 각 경보수준에 따라 국토교통부의 비상체제가 가동되도록 수립하였다.

비탈면은 최초 붕괴후 2차, 3차 붕괴까지 통상적으로 수 시간~수 일이 소요되므로 최초 재난에 대한 인명구조, 2차 피해예방을 위한 교통통제가 초동조치의 핵심요소라 할 수 있다. 따라서, 이러한 특

성을 고려하여 골든타임(Golden Time)을 30분으로 설정하였으며, 사고발생 후 10분 이내에 현장 인명 구조 및 교통통제를 실시하도록 수립하였다. 또한, 중형사고 또는 대형사고일 경우에는 30분 이내에 지역수습본부(지방청), 중앙사고수습본부(국토교통부)를 구성하도록 하여 현장대응 및 사고수습을 신속히 할 수 있는 체제를 구축하였다.

사고발생 시, 국토관리사무소의 임무는 10분 이내에 초기대응반을 구성하고 현장으로 출동하여 인명구조 및 교통통제를 실시한다. 관할 경찰서/소방서와 긴밀한 협조체제를 유지하며 30분 이내에 인명구조 및 교통통제를 완료하도록 하였다. 지방청은 국토관리사무소 및 국토교통부와 긴밀한 정보체계를 유지하며, 위기형태에 따라 30분 이내에 지역사고수습본부를 구성하고 현장대응팀 및 수습지원팀을 운용하여 현장대응 및 복구를 지원한다. 국토교통부는 실시간으로 사고상황 및 복구상황을 파악하며 위기형태에 따라 30분 이내에 중앙사고수습본부를 구성하여 사고대응 및 지원업무를 총괄하도록 수립하였다.

상기의 위기대응체계가 재난상황에서 효과적으로 운영되기 위해서는 실제상황을 가정한 다양한 형태의 모의훈련이 선행되어야 할 것이다. 위기대응을 위한 모의훈련은 재난유형에 따라 최적화된 방안이 수립되어야 하므로, 재난유형 별 위험도 및 피해도를 고려한 가상훈련방안 수립에 대한 추가연구가 이루어져야 할 것이다.

참고문헌

- 국가위기관리기본지침. 2011. 제정 2004.7. 대통령훈령 제318호.
- 국토교통부. 2010. 도로비탈면 유지관리시스템 운영. 과천: 국토교통부.
- 국토교통부. 2011. 도로비탈면 유지관리시스템 운영. 과천: 국토교통부.
- 국토교통부. 2012. 도로비탈면 유지관리시스템 운영. 과천: 국토교통부.
- 국토교통부. 2013. 도로비탈면 유지관리시스템 운영. 세종: 국토교통부.
- 국토교통부. 2013. 도로교통량 통계연보. 국토교통통계누리(<https://stat.molit.go.kr>)
- 국토교통부. 2014. 도로터널 사고 주요상황 대응매뉴얼. 세종: 국토교통부.
- 국토교통부. 2014. 항공기 사고 위기대응 실무매뉴얼. 세종: 국토교통부.
- 국토교통부. 2014. 풍수해(태풍, 호우) 재난 위기대응 실무매뉴얼. 세종: 국토교통부.
- 김열수. 2005. 21세기 국가위기관리체제론. 서울: 오름.
- 급경사지 재해예방에 관한 법률. 2014. 제정 2007.7.27. 법률 제12248호.
- 도로법. 2014. 제정 1961.12.27. 법률 제12639호.
- 사방사업법. 2013. 제정 1962.1.15. 법률 제12052호.
- 시설물의 안전관리에 관한 특별법. 2014. 제정 1995.1.5. 법률 제12254호.

- 이채연. 2012. 한국의 국가위기관리체계 발전에 관한 연구. 한국위기관리논집. 8(4): 1-26.
- 자연재해대책법. 2014. 제정 1967.2.28. 법률 제12248호.
- 정지범, 김근세. 2009. 위기관리의 협력적 거버넌스 구축. 서울: 한국행정연구원.
- 재난 및 안전관리 기본법. 2013. 제정 2004.3.11. 법률 제11994호.

이종건: 경북대학교에서 지질학 석사학위를 받고(논문: 한반도 남동부 제3기 하서분지의 지질과 지구조운동. 2007년 2월), 현재 한국시설안전공단 시설안전연구소 선임연구원으로 재직 중이다. 비탈면 평가, 산사태 재해저감, 지반조사 장비개발 등이 주요 관심분야이며, 주요 논문으로는 “다중회귀분석을 이용한 대규모 비탈면의 위험도 평가(2013)”, “토사재해 대응기술 분야의 특허동향 분석 연구(2013)” 등이 있다(gun5f@kistec.or.kr).

석재욱: 부경대학교에서 암반공학 박사학위를 받고(논문: 절리면의 거칠기 및 법선응력의 크기가 전단거동에 미치는 영향. 2013년 2월), 현재 한국시설안전공단 시설안전연구소 선임연구원으로 재직 중이다. 토사재해, 설계기준, 성능평가 등이 주요 관심분야이며, 주요 논문으로는 “신뢰성 지수를 고려한 낙석방지울타리 설계기준 고찰(2014)”, “절리면의 거칠기 변화가 전단강도에 미치는 영향(2013)” 등이 있다(stonely@kistec.or.kr).

안재욱: 상지대학교에서 지반공학 석사학위를 받고(논문: 프리캐스트 개착식 터널 라이닝의 모델링 기법에 관한 연구. 2013년 2월), 현재 한국시설안전공단 시설안전연구소 연구원으로 재직 중이다. 토사재해, 산사태 재해저감, 성능평가 등이 주요 관심분야이며, 주요 논문으로는 “낙석방지울타리 형태별 특성 및 성능평가(2014)”, “국내 낙석방지울타리의 성능검증 평가항목에 관한 연구(2014)” 등이 있다(jwan@kistec.or.kr).

김홍균: 한양대학교에서 토질및기초공학 석사학위를 받고(논문: 경부고속철도 터널의 지진취약도 함수 개발. 2014년 8월), 현재 한국시설안전공단 시설안전연구소 선임연구원으로 재직 중이다. 터널 및 비탈면 평가, 산사태 재해저감, 지반조사 장비개발 등이 주요 관심분야이며, 주요 논문으로는 “지하구조물의 외관조사 결과를 활용한 콘크리트 내구성 평가 방법의 제안(2008)”, “현장시험 결과를 이용한 지하구조물의 탄산화 진행성 평가(2009)” 등이 있다(bossvirus@kistec.or.kr).

김용수: 중앙대학교에서 지반공학 박사학위를 받고(논문: 화강풍화토의 공학적 특성분석을 위한 풍화도 판정법의 제안) 현재 한국시설안전공단 시설안전연구소 유지관리기술그룹장으로 재직 중이다. 일반국도 비탈면 유지관리시스템 운영업무 및 국토교통부소관 연구개발사업에 다수 참여하고 있으며, ICT 기술을 활용한 안전/유지관리 기술, 산사태·비탈면붕괴 등 토사재해 예방·저감 기술 등이 주요 관심분야이다(yskim@kistec.or.kr).