

강우에 의한 붕괴 절개면 특성 고찰 및 위험도 작성을 위한 기초연구 Basis Research for hazard map and Characteristic inquiry of Slope Failure by Rainfall

유기정¹⁾, Ki-jeong Yoo, 구호본²⁾, Ho-Bon Koo, 백용³⁾, Yong Baek, 이종현¹⁾, Jong-Hyun Rhee

¹⁾ 한국건설기술연구원 토목연구부 연구원,

Researcher, Civil Engineering Department Korea Institute of Construction Technology

²⁾ 한국건설기술연구원 토목연구부 수석연구원,

Researcher Fellow, Civil Engineering Department Korea Institute of Construction Technology

³⁾ 한국건설기술연구원 토목연구부 선임연구원,

Senior Researcher, Civil Engineering Department Korea Institute of Construction Technology

SYNOPSIS : Our country is serious difference of precipitation seasonally and about 66% of yearly mean rainfall is happening in concentration rainfall form between September on June. It requires consideration because of a lot of natural disasters by this downpour are produced. Slope failure is happened by artificial factor of creation of slope according to the land development, fill slope etc. and natural factor of rainfall, topography, nature of soil, soil quality, rock floor. Usually, Direct factor of failure slope is downpour. In this study, the Slope about among 55 places happened failure by downpour investigated occurrence position, geological etc and executed and inquire into character of rainfall connected with failure slope. Among character of rainfall, executed analysis about Max. hourly rainfall and cumulative rainfall of place that failure slope is situated and grasped the geological character of failure slope. Through this, inquire to character of failure slope by rainfall and take advantage of basis study for Hazard map creation.

Key words : slope failure, natural disaster, Max. hourly rainfall, cumulative rainfall, Hazard map

1. 서론

우리나라는 계절적으로 강우량의 차이가 심하며 연평균 강우량의 약 66%가 6월에서 9월 사이에 집중강우 형태로 발생하고 있다. 집중강우는 그 형태나 규모에 따라 집중호우 형태인 이동성 저기압에 의한 영향(혹은 장마성 호우를 포함하는 기압골에 의한 전선성)이고, 다른 하나는 강우강도에 영향을 받는 태풍에 의한 집중호우의 형태로 구별할 수 있다. 이러한 집중강우로 인하여 많은 자연재해 특히, 절개면 붕괴가 발생되고 있어 이에 대한 심층적이고 체계적인 연구가 필요한 실정이다.

절개면 붕괴는 강우, 지형, 지질, 토질, 암상 등의 자연적인 요인과 국토 개발에 따른 절개지 생성, 성토 절개면 등 인위적인 요인에 의해 발생된다. 일반적으로 도로 절개면 붕괴의 직접적인 요인은 집중강우에 의한 것으로 생각할 수 있다.

2002년 8월 30일부터 9월 1일까지 3일간의 태풍 루사에 의한 집중강우로 전국에서 도로 유실, 침수, 절개면 붕괴 등이 발생하여 많은 인명 및 재산 피해가 발생하였다. 특히 태풍이 지나간 주경로 주변 지역에서는 다수의 절개면 붕괴가 발생하였는데, 국토관할사무소에서 보고한 자료에 의한 피해 현황을 살펴보면 기간도로의 수해 발생 건수는 100여건 이상에 해당된다.

본 연구에서는 붕괴된 절개면 중 55개소를 대상으로 하여 연구를 수행하였다. 연구방법으로는 발생위

치, 지방 및 지질 특징 등을 정밀조사·분석하였으며 절개면의 붕괴와 관련된 강우의 특성을 고찰하였다.

2. 절개면 붕괴 원인 및 특성분석

절개면 붕괴를 발생시키는 요인은 다양하며 복합적으로 나타나기 때문에 붕괴요인을 하나로 단정하기는 어렵다. 일반적으로 절개면 붕괴는 강우, 지형, 지질, 토질, 임상 등의 자연적 요인과 국토개발에 따른 절개지 생성, 성토절개면 형성 등 인위적 요인에 의하여 연관되어 발생된다고 할 수 있으며, 특히, 절개면 붕괴와 가장 밀접한 관련이 있는 요인은 강우이다.

강우에 의해 붕괴가 발생하는 것은 표면류에 의한 침식, 함수량과 간극수의 증가 등에 의한 지반의 강도저하로 인한 것이다.

본 연구에서는 강우의 특성 중 붕괴 절개면이 위치한 곳의 최대 시우량과 누적강우량에 대한 분석을 실시하였으며 붕괴 절개면의 지질학적 특성을 분석하였다. 이를 통해 강우에 의한 붕괴 절개면의 특성을 고찰하고 위험도 작성을 위한 기초 연구 자료로 활용하고자 한다.

총 55개소의 붕괴 절개면을 구성 재료별로 분류하면 암 절개면 22%, 혼합 절개면 63%와 토사 절개면이 78%에 달한다. 파괴유형별로는 낙석 및 썰기, 평면, 전도파괴가 36%, 원호파괴 및 표층붕괴가 57%로 붕괴가 암반의 활동(sliding)보다는 토사 유출 및 표층붕괴가 많았다는 것을 알 수 있다.

또한 붕괴 절개면 내의 불연속면 여부를 조사한 결과 파쇄대, 층리, 엽리, 암맥, 단층 등의 불연속면을 포함하는 절개면이 40 개소로 65 %를 차지하고 있다. 이는 불연속면들이 지하수 및 지표수의 이동통로가 되기 쉽고 이러한 불연속면을 따라 붕괴되는 경우도 있어 붕괴와 관련한 하나의 지질적인 요인으로 작용한 것으로 판단된다.

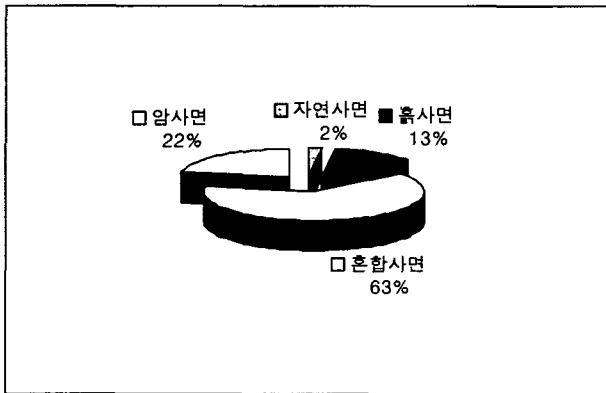


그림 1. 붕괴 절개면의 암종 분포

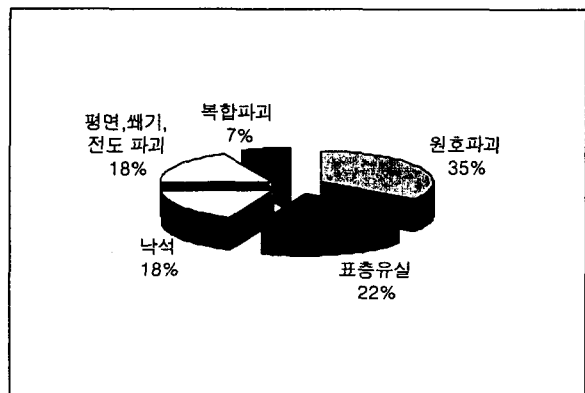


그림 2. 붕괴 절개면의 붕괴 유형

3. 강우 특성 분석

국외의 기존 연구자료(일본토목연구소, 2002)에 의하면 절개면 재해주의보는 최대 시우량 15 mm, 누적강우량 100 mm, 절개면 재해 경보의 경우 최대 시우량 30 mm, 누적 강우량 200 mm 일 경우에 발생하는 것으로 보고 되고있다. 또한 표 1은 우리나라의 산사태 경보 기준을 나타내는 표이다. 현재까지 절개면에 대한 경보기준이 확립되지 않은 실정이어서 일본의 경우와 산사태 경보 기준을 참조하였다.

표 2는 붕괴 발생 당일의 각 지역 강우량과 최대 시우량을 나타내고 있다. 누적강우량은 붕괴발생 당일과 전일의 2일간의 누적강우량을 나타내고 있으며, 최대 시우량은 1시간당 최대 강우량을 나타낸다. 그림 3에서 보는바와 같이 전체 붕괴 발생지역의 누적강우량 및 최대 시우량의 경우 일본 및 우리나라의 재해주의보의 수치를 상회하는 것으로 나타났다. 또한 34개소의 붕괴 절개면 즉, 전체 붕괴 절개면의 62% 정도에 해당되는 절개면 붕괴가 발생한 4개 지역의 경우 절개면 재해경보의 수치를 상회하는 값을

나타내었다. 이는 붕괴 절개면의 붕괴 원인이 지질학적인 특성과 함께 강우에 의한 영향인 것으로 분석되고 있다.

표 1. 산사태 경보 기준

구 분		일강우량 (mm)	최대 시우량 (mm/hr)	누적강우량 (mm)
김상규(1994)	주의	80 이상	15 이상	100 이상
	경보	140 이상	30 이상	200 이상
산립청(1993)	주의	180 이상	20 이상	100 이상
	경보	150 이상	30 이상	200 이상
이인모(1991)		200 이상	10 이상	-
홍원표(1990)		-	10 이상	40 이상

표 2. 붕괴 절개면의 분포 지역의 누적강우량

지역	강우량	전일우량 (mm)	일강우량 (mm)	누적강우량 (mm)	최대시우량 (mm/hr)
강원, 강릉	14.0	870.5	884.5	100.5	
경남, 진주	19.5	210.0	229.5	44.0	
충북, 충주	0.0	168.5	168.5	26.0	
경북, 대구	14.0	134.5	148.5	25.0	
경북, 영주	15.0	126.0	141.0	17.0	
경남, 울산	8.0	127.0	135.0	23.0	
경남, 밀양	13.0	116.0	129.0	20.0	
경남, 부산	15.6	111.0	126.6	20.5	
경북, 울진	0.5	113.0	113.5	15.0	
충북, 제천	0.0	105.0	105.0	16.0	
전남, 순천	9.5	254.5	264.0	34.5	
전남, 고흥	8.5	404.0	412.5	85.5	

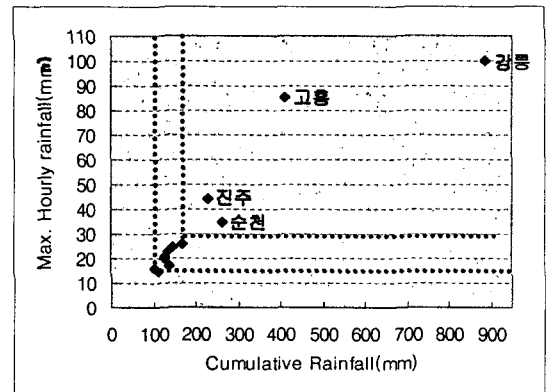


그림 3. 붕괴 절개면과 강우강도 (최대 시우량과 누적강우량)와의 관계

* 2002. 8.31 기상청자료

절개면의 붕괴와 밀접한 관련이 있는 강우와의 관계를 규명하기 위해 8월 한달간의 우리나라의 강우량과 붕괴 절개면의 위치를 강우량도에 나타내었다. 그림 4에서 보는바와 같이 강우량이 큰 지역에서 붕괴 절개면이 밀집되어 있는 것을 있다. 붕괴가 발생한 절개면이 위치한 지역은 강릉 12개소, 진주 9개소, 충주 9개소, 대구 4개소, 영주 3개소, 울산 3개소, 밀양 3개소, 부산 3개소, 울진 1개소, 제천 4개소, 순천 1개소, 고흥 3개소이다. 이처럼 최대 시우량과 누적강우량은 절개면 붕괴와 밀접한 관련을 보인다.

이러한 일련의 과정을 통하여 다량의 강우량이 분포하는 지역을 붕괴 절개면이 발생 가능한 위험지역으로 분류할 수 있다. 특히 강원도 및 충주 지역은 산악지형으로 절개면이 다른 지역에 비하여 밀집되어 있으며 연평균 강우량이 높은 지역으로 붕괴 절개면이 빈번히 발생하는 위험지역으로 분류할 수 있다. 본 연구에서는 태풍 루사에 국한한 강우량과 붕괴 절개면의 특성을 분석하였으나 향후 연평균 전국의 강우량 분포와 붕괴 절개면과의 관계 규명을 통한 위험도 작성에 대한 연구가 보완되어야 하겠다.

또한 절개면 붕괴 특성과 관련하여 절개면과 강우에 대한 관계를 규명할 필요가 있다. 특히 절개면은 강우에 따라 지하수위 증가 및 간극수압의 증가 등으로 절개면의 불안정이 증가되므로 향후 강우에 따른 지하수위의 모델링을 통한 구현으로 붕괴와 관련한 강우의 특성을 규명에 필요하며 이의 수반하여 절개면의 위험도 작성을 위한 보안 연구가 수행되어야 할 것이다.

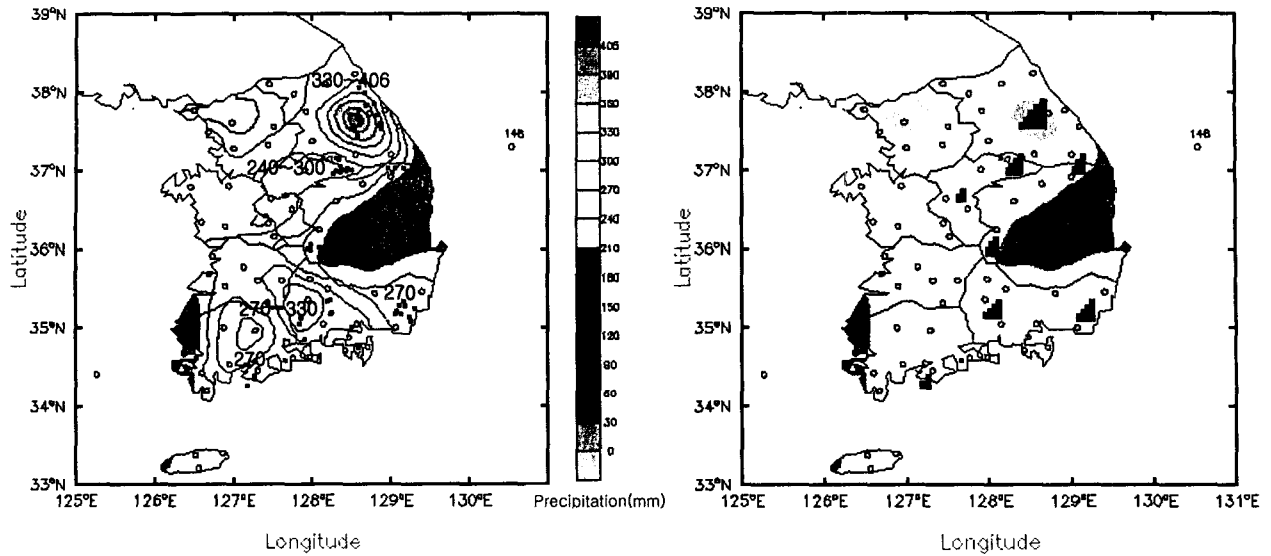


그림 4. 누적강우량에 따른 붕괴 절개면 분포 및 위험도

4. 결 론

본 연구는 지난 2002년 8월 30일 국내를 강타한 태풍 루사의 영향으로 붕괴된 절개면의 자료를 활용하여 강우에 의한 절개면 붕괴 특성에 대하여 분석하였다. 본 연구를 수행한 결과, 얻은 결론은 다음과 같다.

1. 절개면 붕괴는 대부분 강우에 의해 직간접적인 영향을 받는다. 국내의 절개면 붕괴에 영향을 미치는 강우는 최대 시우량 및 누적강우량에 영향을 받는 것을 알 수 있다.
2. 붕괴 절개면의 파괴유형은 낙석 및 썰기, 평면, 전도파괴 보다 원호파괴 및 표층붕괴가 더 큰 비중을 차지하고 있어 암반의 활동보다는 토사의 유출, 표층붕괴가 많다는 것을 알 수 있다. 또한 절개면 붕괴와 관련하여 붕괴 절개면 내의 불연속면들이 지하수 및 지표수의 이동 통로로 작용하여 붕괴와 관련된 지질적인 요인으로 작용하는 것으로 알 수 있다.
3. 붕괴 절개면의 발생 위치 분포를 살펴본 결과 강우량이 높은 지역에서 붕괴 절개면의 수가 다수 발생한 것으로 이는 위험도 작성을 위한 기초자료로 활용할 수 있을 것이다.
4. 절개면은 강우에 따라 지하수위 증가 및 간극수압의 증가로 인해 불안정이 증가되므로 향후 강우에 따른 지하수위의 모델링을 통한 구현으로 붕괴와 관련한 강우의 유입량 및 유출량 등의 특성을 고려한 연구의 보완 및 위험도 작성이 이루어져야 할 것이다.

참고 문헌

1. 배규진, 구호본, 백용, 최영태, 태풍 루사 영향에 의한 사면 붕괴 유형 및 특징, 한국지반공학회가 학술발표회 사면안정분야, p,3-14
2. 한국건설기술연구원(2000), 산사태 발생사례 및 대책방안, 한일건설기술워크샵 논문집, p. 42-68.
3. Hoek, E. & Bray, J(1981). "Rock Slope Engineering", Revised Third Edition, Institute of Mining and Metallurgy, London.
4. Bieniawski(1989), "Engineering rock mass classification, John Wiley & Sons, Inc., N.Y.
5. 日本 土木研究所(2002), 光纖維センサ를 活用した道路斜面 모니터링에?하는 研究, p. 27.