

## 하동군 옥종면 땅밀림 산사태지의 인장균열 형태와 토양 물리성 변화

김기대<sup>1</sup> · 박재현<sup>1\*</sup> · 이창우<sup>2</sup> · 강민정<sup>2</sup>

<sup>1</sup>경남과학기술대학교 산림자원학과, <sup>2</sup>국립산림과학원 산림방재연구과

### Crack Form and Soil Physical Properties in Land Creeping area on Okjong, Hadong

Ki-Dae Kim<sup>1</sup>, Jen-Hyeon Park<sup>1\*</sup>, Chang-Woo Lee<sup>2</sup> and Min-Jeng Kang<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Forest Resources, Gyeongnam National University of Science and Technology, Jinju 52725, Korea

<sup>2</sup>Division of Forest Disaster Management, National Institute of Forest Science, Seoul 02455, Korea

**요약:** 경상남도 하동군 옥종면 청룡리 땅밀림 산사태지의 인장균열 형성과 그에 따른 토양 물리성 변화를 조사한 결과, 주 인장균열과 국부적 인장균열의 단차와 절취경사는 차이가 없는 것으로 나타났다. 토양 물리성 변화의 경우에는 토양깊이 31-40 cm의 액상이 유의적 차이를 나타내었다. 한편, 액상은 미교란지와 교란지에서 유의적 차이가 나타났는데, 이는 입지요인에 의한 것으로 판단된다. 따라서 하동군 옥종면의 땅밀림 산사태지에서는 붕괴과정 중 토괴가 일체로 미끄러지며, 단적으로는 토양 물리성 변화도 크게 나타나지 않는 것으로 나타났다. 이에 따라 땅밀림 산사태에 대한 보다 연계성 있는 연구가 진행되어야 할 것이다.

**Abstract:** This study was carried out to examine of soil physical property and crack shape by collapse process on landslide area (by land creeping) in Hadong, Gyeongnam. We investigated morphological characteristics (length, depth, cut slope) between main crack and local crack, soil physical properties change between undisturbed section and disturbed section. As a result, morphological characteristics of crack showed no significant difference main crack between local crack. In case of soil physical property variation, soil liquid phase was significantly higher at 31-40 cm of soil depth in disturbed section. And this result is likely to be due to site factors.

**Key words:** landslide, land creeping, Soil creeping, crack, soil physical property

### 서론

최근 우리나라에서는 땅밀림 산사태가 지속적으로 발생하고 있고, 이러한 재해는 인명 및 재산을 훼손하는 재해요인으로 작용하고 있다(Park et al., 2003). 땅밀림 산사태는 표층붕괴와 토석류와는 다르게 토층의 일부가 어느 정도 원형을 유지한 상태로 중력방향으로 서서히 미끄러져 이동하는 현상으로 그 이동속도가 0.01 ~ 10 mm/day로 매우 느린 것이 특징이다(Woo et al., 1996a). 땅밀림 산사태의 발생원인으로는 지질·지형적 발달에 있어 일련의 과정(Davis, 1899), 점토입자의 변형(Culling, 1963; Jau et al., 2000), 불연속면 및 단층과쇄대의 붕괴(Tomio et al., 1990; Park et al., 2003; 2005; Kim, 2004), 동결융해침식

이나 용설, 토양온도의 영향(Shuji, 1978; Auzet and Ambroise, 1996), 지하수위의 증가 및 간극수압의 급격한 상승으로 인한 토양의 전단력 감소(Matukura et al., 1983; Anderson and Richards, 1987; Montgomery et al., 1998) 및 건축 및 개발 등 인위적 원인 등이 제시되고 있다.

아울러 국내에서는 포항, 밀양, 김해 등의 영남지역, 경기, 충청 등을 비롯하여 전국에서 땅밀림 산사태가 발생하는 추세이며, Park(2015)에 따르면 국내에서 발생한 땅밀림 산사태지는 총 29개소로 집계되었으나 최근 하동군 옥종면 청룡리에서 발생이력이 관측되면서 우리나라 땅밀림 산사태지가 증가하는 추세이다. 그러나 땅밀림 산사태지가 노출되는 데는 이동속도가 느려 육안으로 인식하기가 어려운 경우가 많고(Varnes, 1978), 사람의 왕래가 적은 산지 절, 성토면, 너털지대 등에 위치하여 발견이 어려울 뿐만 아니라 관련지식이 없을 경우에는 발생유무 판별

\*Corresponding author  
E-mail: pjh@gntech.ac.kr

이 모호하여 보고되지 않는 경우도 다수일 것이다.  
 현재까지 우리나라에서 진행된 땅밀림 산사태관련 연구는 충북 단양군 휴석동(Woo et al., 1996a), 경남 김해시 내삼리(Park et al., 2003), 매리(Park et al., 2005) 등의 단일 발생사례를 대상으로 한 단편적 연구가 대부분이고, 이 또한 대부분 발생원인에 국한되어 땅밀림 산사태로 인한 입지환경 변화에 대한 연구는 전무한 실정이다(Kim et al., 2015).

따라서 이 연구는 기왕의 복구된 땅밀림 산사태와는 다른 현재 땅밀림 산사태가 진행되고 있는 특이적이고도 노출된 유일한 지역인 경상남도 하동군 옥종면 청룡리의 땅밀림 산사태지에 형성된 인장균열의 형태학적 특성 및 토양 물리성 변화를 비교하여 땅밀림 산사태에 대한 기초자료를 제공하기 위하여 실시하였다.

**재료 및 방법**

**1. 조사지 개황**

본 연구의 조사지로 선정된 경상남도 하동군 옥종면 청룡리 산217 일원은 땅밀림 산사태가 발생한 지역으로 현재도 땅밀림이 진행되고 있는 지역이다(Figure 1). 땅밀림 산사태가 진행되고 있는 지역은 청용저수지 상단부로서 그 피해면적은 약 2.4 ha에 달하며, 땅밀림 산사태지에서는 선행연구(Yano, 1983; Kubota, 1985)와 같이 함몰, 융기, 지하수 용출, 수목의 이상성장이 발견되었고(Figure 2), 길이 121 m의 주 인장균열지가 중력방향으로 밀려 내려와 사면이 불룩한 형태를 나타내고 있다.

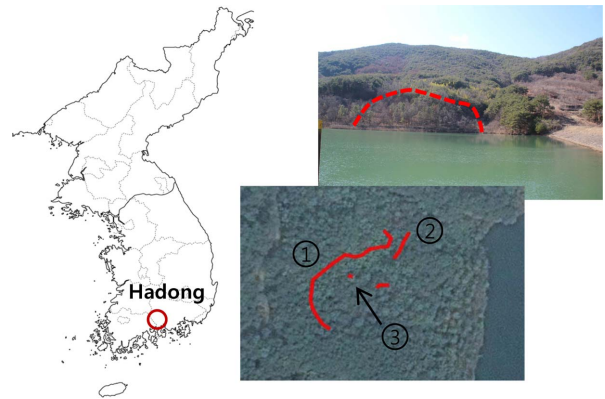


Figure 1. Location map of the study site. ①, ②, ③ is crack.

본 조사지는 화성암을 기반으로 한 지역이며, 대부분 왕대(*Phyllostachys bambusoides* Siebold & Zucc.)가 점유하고 있으나 사면의 양안으로는 상수리나무(*Quercus acutissima* Carruth.)와 떡갈나무(*Quercus dentata* Thunb.) 군락 등이 분포하였고, 상층임관 아래로 비목나무(*Lindera erythrocarpa* Makino.), 생강나무(*Lindera obtusiloba* Blume.), 산초나무(*Zanthoxylum schinifolium* Siebold & Zucc.), 청미래덩굴(*Smilax china* L.) 등이 산재하였다. 아울러 본 조사지를 위시로 기상관측소가 설치되어있지 않아 종전의 기상인자에 대한 파악은 다소 어려운 실정이나 하동군 재난안전대책본부에서 제공하는 옥종면 기상자료에 따르면 관측이 시작된 2015년 이후의 월평균강우량은 123 mm로 나타났으며, 일최대강우량은 2015년 7월 12일에 관측된 156 mm이었다(Hadong county disaster prevention & coun-

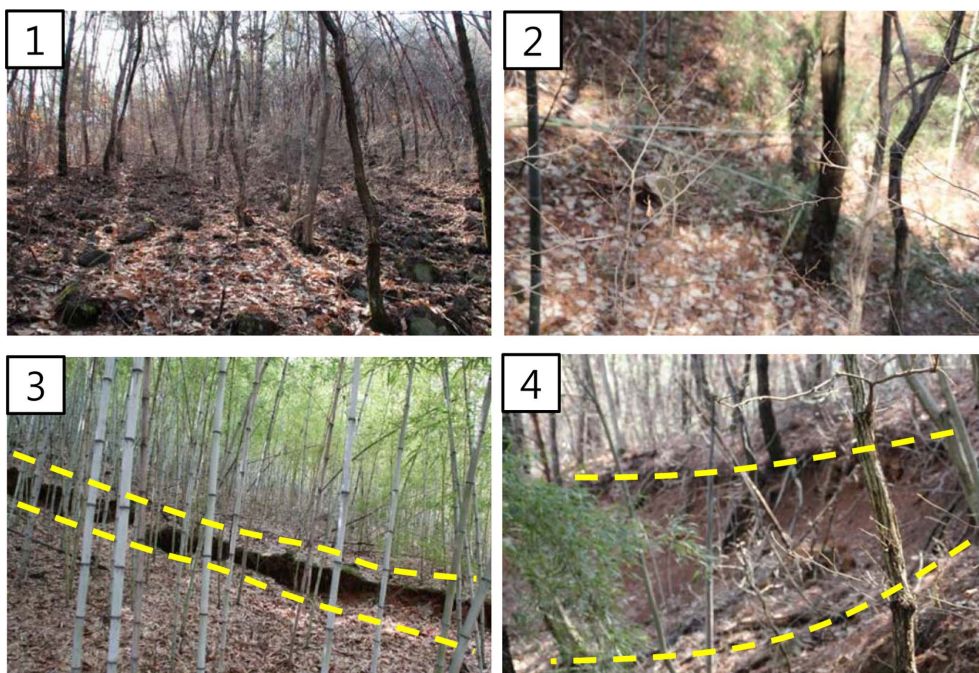


Figure 2. Land creeping sign in the study site. 1) Talus, 2) Growth abnormality of tree, 3-4) Developed crack.

termeasures headquarters, 2016).

2. 연구방법

땅밀림 산사태로 인해 형성된 인장균열에 따른 토양 물리적 환경 변화를 조사하기 위해 주 인장균열지 1개소와 국부적으로 발생한 인장균열 2개소, 총 3개소를 대상으로 하였다.

조사지의 주 인장균열과 국부적 인장균열지의 형성과정 차이를 구명하기 위해 인장균열의 길이를 측정하였고, 대상법(Belt transect method)을 이용하여 10 m 간격으로 단차와 절취경사를 측정 비교하였다.

한편, 땅밀림 산사태 발생이 관측된 1년이 지난 시점에서 토양 물리성 변화 분석을 위해 총 인장균열지 5개소 중 대표적인 인장균열지 3개소의 상단부(미교란지)와 하단부(교란지)를 대상으로 각 3개소씩 총 18개소의 조사지를 선정하였다. 선정된 조사지에서 토양깊이 0~10 m, 10~20 cm, 20~30 cm, 30~40 cm의 깊이로 100 cm<sup>3</sup> 스테인레스 캔으로 토양을 채취하여 105°C 건조기에서 24시간 건조하여 토양 용적밀도 및 토양 삼상, 공극률을 산정하였다. 또한 동일지역에서의 토양경도를 측정하기 위해 디지털관입시험기(FieldScout SC900; Spectrum Technologies, USA)를 이용하여 동일깊이를 대상으로 3반복 측정하였다.

이들 수집된 데이터에 대하여 땅밀림 산사태에 영향하는 인자에 대하여는 t-test 분석을 실시하였으며(SAS 9.2), 5% 유의수준에서 통계적 차이를 비교하였다.

결 과

1. 인장균열의 형태적 특성

인장균열의 형태 즉, 길이와 단차, 절취경사 등을 선행 연구에서 조사된 결과와 비교하였다(Table 1). 선행연구(Woo et al., 1996a; Park et al., 2003; Park et al., 2005)에서의 주 인장균열 길이는 100.0~200.0 m로 나타났으며, Table 2에서 제시한 바와 같이 본 조사지도 주 인장균열 길이가 121.0 m로 유사한 것으로 나타났다. 또한 선행연구(Woo et al., 1996a; Park et al., 2003)에서 국부적으로 나타난 인장균열지 길이의 경우 5.0~50.0 m로 주 인장균열지에 비해 5~25%의 비율로 비교적 짧은 형태를 나타내

Table 2. Morphological characteristics between main and local crack.

Location	Length(m)	Depth(cm)	Slope(°)
Site 1	121.0	82.3 / 22.0-250.0	35.8 / 17.0-60.0
Site 2	23.0	48.5 / 34.0-63.0	42.5 / 39.0-46.0
Site 3	3.0	121.0 / 121.0-121.0	34.0 / 34.0-34.0
M.T.C <sup>z</sup>	121.0 (n=1)	82.3 / 22.0-250.0 <sup>a</sup> (n=12)	35.8 / 17.0-60.0 <sup>a</sup> (n=12)
L.T.C <sup>y</sup>	13.0 / 3.0-23.0 (n=2)	74.3 / 33.0-121.0 <sup>a</sup> (n=4)	26.5 / 17.0-34.0 <sup>a</sup> (n=4)

<sup>a</sup>Main crack(site 1), <sup>y</sup>Local crack(site 2 and 3). The A, B and C in the expression 'A/B-C' denote mean, minimum and maximum values, respectively.

었으며, 본 조사지의 국부적 인장균열지 또한 유사한 길이를 나타내었다. 한편, 선행연구(Woo et al., 1996a; b; Park et al., 2003)의 단차는 주 인장균열지가 20.0~150.0 cm로 본 조사지에서 발생한 주 인장균열의 단차가 22.0~250.0 cm로 보다 다소 광범위하게 형성되었으나 국부적 인장균열지의 경우에는 선행연구의 결과와 유사한 것으로 나타났으며, 단차의 폭은 사면의 경사 및 곡률에 의해 땅밀림 산사태지마다 차이가 나타날 것으로 판단된다.

아울러 주 인장균열지와 국부적 인장균열지의 평균 길이와 단차, 절취경사를 비교 분석한 결과는 Table 2와 같다. 주 인장균열지는 해당 사면의 횡방향으로 길이 약 121.0m로 형성되었으며, 국부적 인장균열지는 평균 13.0 m (3.0~23.0 m)로 주 인장균열지의 길이에 비해 2~19%로 비교적 짧은 형태를 나타내었으나 두 그룹간의 통계적 차이에 대한 분석은 불가하였다. 한편, 단차는 주 인장균열지가 82.3 cm로 나타났으며, 국부적 인장균열지가 평균 74.3 cm(33.0~121.0 cm)로 주 인장균열지의 단차에 비해 그 범위는 다소 협소하였으나 유의적 차이가 없었다. 아울러 주 인장균열지 절취경사의 경우 35.8°(17.0~60.0°)로 나타났으며, 국부적 인장균열지가 평균 26.5°(17.0~34.0°)로 유의적인 차이는 없었다.

2. 토양 물리성 변화

땅밀림 산사태지의 인장균열에 따라 미교란지와 교란지의 토양물리성은 토양이 밀리면서 압축됨에 따라 변화

Table 1. Review of morphological characteristics of main and local cracks.

Indicator	Length(m)		Depth(cm)		Slope(°)
	Main	Local	Main	Local	
Woo et al.(1996a)	200.0	10.0-50.0	150.0	9.0-140.0	45.0-63.0
Park et al.(2003)	100.0	5.0-10.0	20.0-30.0	10.0-100.0	45.0-63.0
Park et al.(2005) (in main crack)	10.0		10.0		

**Table 3. Soil physical properties change at each soil depth between undisturbed section and disturbed section**

Property	Soil depth(cm)	Undisturbed section	Disturbed section	P-value
Bulk density (g/cm <sup>3</sup> )	0-10	0.69±0.07	0.84±0.11	0.17
	11-20	0.98±0.14	0.91±0.10	0.34
	21-30	0.98±0.14	0.91±0.10	0.34
	31-40	1.05±0.14	1.02±0.10	0.39
Solid phase (%)	0-10	26.00±2.60	31.63±4.32	0.17
	11-20	37.05±5.07	34.52±3.60	0.35
	21-30	37.05±5.07	34.52±3.60	0.35
	31-40	39.40±5.35	38.64±3.65	0.38
Liquid phase (%)	0-10	35.26±4.60	40.41±6.17	0.42
	11-20	33.36±3.03	32.71±4.64	0.25
	21-30	33.35±3.02	31.49±5.59	0.10
	31-40	33.14±2.08	34.72±9.51	<0.05
Air phase (%)	0-10	38.74±6.29	29.96±9.45	0.27
	11-20	29.59±7.27	33.50±7.40	0.97
	21-30	29.60±7.25	33.99±7.72	0.86
	31-40	27.46±6.65	26.64±10.36	0.35
Porosity (%)	0-10	74.00±2.59	68.37±4.33	0.75
	11-20	62.96±5.07	65.48±3.61	0.36
	21-30	62.96±5.07	65.48±3.61	0.36
	31-40	60.60±5.36	61.36±3.65	0.38

All values in the section of 'undisturbed section' and 'disturbed section' were expressed as the mean ± standard deviation, and No. of sample were 9ea at each soil depth in 'undisturbed section' and 'disturbed section'

$P < 0.05$  was considered to indicate statistical significance for all tests used in this table.

**Table 4. Soil hardness at each soil depth between undisturbed section and disturbed section.**

Soil depth (cm)	Undisturbed section	Disturbed section	P-value
0	249.8±288.2	143.5±175.8	0.16
10	413.8±182.0	492.7±337.0	0.05
20	679.7±302.8	627.1±317.8	0.88
30	841.7±300.9	783.4±529.9	0.16
40	1090.8±332.9	922.8±633.3	0.15

는 것으로 판단되어 이를 구분하여 토양 물리성 변화를 분석한 결과는 Table 3과 같다.

토양의 용적밀도는 미교란지와 교란지 모두 깊이가 깊어질수록 높아지는 것으로 나타났으나 유의적 차이는 없었다( $P > 0.05$ ). 아울러 고상과 기상 또한 깊이에 따라 유의적 차이가 없는 것으로 나타났으나( $P > 0.05$ ) 토양깊이 31~40 cm의 액상이 미교란지 33.1%, 교란지 34.7%로 유의적 차이가 있었다( $P < 0.05$ ). 토양 공극률의 경우에도 토양 깊이에 따라 유의적 차이가 없는 것으로 나타났다( $P > 0.05$ ).

미교란지와 교란지의 토양경도를 분석한 결과(Table 4), 지표에서부터 토양깊이 40 cm까지는 미교란지와 교란지

의 토양경도가 지속적으로 높아지는 형태였으나 유의적 차이는 없는 것으로 분석되었다( $P > 0.05$ ). 즉, 주인장균열지 및 국부 인장균열지 모두 미교란지와 교란지에서의 토양경도는 큰 차이가 나타나지 않은 것으로 나타났다. 이와 같이 지표로부터 토양깊이 40 cm 정도의 얇은 토양에서는 토양의 미끄러짐에 따라 토괴의 파괴나 교란이 크게 나타나지 않은데 따른 결과라 사료된다.

## 고 찰

### 1. 인장균열의 형태적 특성

국내에서 조사된 땅밀림 산사태지 인장균열의 길이와 단차 등의 분포가 유사한 것은 땅밀림 산사태가 일부 지형적 분포에서 발생빈도가 높은 것에 의한 것으로, 선행 연구(Park et al., 2015) 결과와 같이 땅밀림 산사태 발생지의 표고 및 사면의 경사와 길이, 곡률 등의 입지환경이 인장균열 형성의 한계에 영향을 준 것으로 사료된다.

아울러 Figure 1의 ②, ③번의 국부적 인장균열지가 ①번 주 인장균열지 하단부에 위치한 본 조사지를 비롯한 선행연구(Woo et al., 1996a; Park et al., 2003) 중 대다수의 국부적 인장균열지가 주 인장균열지 아래에 위치하였고, 이는 상단부 토괴가 중력방향으로 미끄러짐과 동시에 토양 전단강도 변화 등에 의해 하단부 토층의 형태적 변화를 유발하는 것으로 그 형태도 주 인장균열과 유사하게 형성되는 것으로 판단된다. 즉, 인장균열이 서로 연장선상에 위치하여 사면이 붕괴할 시 그 경계를 나타내는 것이기도 하다. 반면 주 인장균열지를 위시로 형성된 국부적 인장균열이 길이를 제외한 형태학적 특성에 차이가 없는 것으로 국부적 인장균열이 주 인장균열 못지않게 붕괴정도가 심화되고 있음을 암시하는 지표로 판단된다. 또한 일부지역에서 장기간의 토사유출로 너덜 등이 유실되었고, 이러한 너덜지대는 더욱 큰 투수성을 유발하고 우수의 지중침투를 조장하여 산사태의 발생을 촉진시키는 원인으로 작용하였을 것으로 판단된다(Park et al., 2005; Park, 2015).

### 2. 토양 물리성 변화

본 연구에서는 땅밀림 산사태지의 인장균열 형성에 따라 인장균열의 상단부를 미교란지, 인장균열이 발생한 인장균열지 하단부를 교란지로 구분하여 조사 분석하였는데, 토양깊이 30~40 cm의 액상을 제외한 기타 항목은 유의적 차이가 없었으며, 유의적 차이가 나타난 액상 또한 그 차이가 1% 내외로 땅밀림 산사태의 영향보다는 입지적 특성에 의한 차이라고 사료된다. 한편, 본 연구에서는 40 cm 이후의 토양층위나 모암에 대해서는 측정을 실시하지 못하였으나 시추 등을 통해 모암층에 인접한 토양경

도 변화의 충분한 검토가 필요할 것으로 사료된다.

특히, 일반적인 산사태나 토석류와 달리 토괴가 어느 정도 원형을 갖추어 서서히 미끄러져 내리며, 일부 토층의 압축현상에 의한 토양 용적밀도 증가와 간극수압 상승 등에 따라 붕괴가 심화될 것으로 사료되었으나 본 연구에서는 해당 땅밀림 산사태가 관측된지 약 1년 이상의 경과가 진행되었음에도 불구하고 토양 물리성 변화가 미흡하였다. 이러한 결과는 땅밀림 산사태가 붕괴과정 중 토괴의 토양 및 형태학적 교란 없이 일체로 붕괴한다는 것을 나타내는 결과(Woo, 1997; Chu, 2011)와 부합하였다. 즉, 토양 물리적 변화에 의한 붕괴보다는 암반층의 절리를 통해 침투한 우수와 사면하단부의 저수지 수위 변동에 의한 지하수위 및 간극수압의 변화(Anderson and Richards, 1987; Montgomery et al., 1998) 즉, 산사태의 주요 원인으로 설명되는 수문환경 변화가 사면의 전단강도 저하(Matukura et al., 1983), 활면에서의 손상된 단층파쇄대 활동을 유발(Ohno et al., 2010)한다는 연구결과에 따른 발생이라 판단된다. 따라서 조사지에서 토양수분, 지하수위, 간극수압의 변화 및 시추를 통한 불연속면 및 불특정 충전 물질, 활면의 존재유무를 파악해야할 필요가 있을 것이며, 앞으로 이에 대한 연계성 있는 연구를 통해 땅밀림 산사태의 전반적인 메커니즘을 밝힐 필요가 있을 것으로 사료된다.

### 결론 및 제언

본 연구는 경상남도 하동군 옥중면 청룡리의 땅밀림 산사태지에 형성된 인장균열지를 대상으로 인장균열의 형태학적 특성 및 토양 물리성 변화를 구명하기 위해 수행하였다. 그 결과, 선행연구의 땅밀림 산사태지 인장균열의 형태학적 특성(단차, 절취경사)은 유사하였으며, 조사지 내에 형성된 주 인장균열지와 국부적 인장균열의 형태학적 특성은 차이가 없는 것으로 나타났다. 아울러 인장균열지를 기준으로 상단부와 하단부를 각각 미교란지와 교란지로 구분하였고, 그 중에서도 토양깊이별 토양 물리성은 교란되지 않는 것으로 나타났다. 따라서 땅밀림 산사태의 붕괴과정 중 토양층의 교란은 발생하지 않은 것으로 판단되며, 추후 사면의 위치나 사면이동 현황, 우기를 거친 시점에서 토양 물리성 변화를 지속적으로 조사 연구하는 것이 필요할 것으로 사료된다.

아울러 본 조사지는 우기 전의 응급조치가 필요한 지역으로 현재 인장균열을 통한 강우의 유입을 차단하기 위한 비닐피복, 하단부 저수지의 수위저감을 통한 지하수위 저하 등이 필요할 것이다. 그러나 비닐피복을 위한 주변의 입목벌채 및 인위적 훼손 등의 가중과 지하수위의 반복적 증감이 붕괴속도를 효과적으로 저감시킬 수 있을 것인가에 대한 충분한 검토가 필요할 것이다. 또한 현재까지는

국내 땅밀림 산사태에 대한 개소수와 분포현황을 제외한 구체적인 자료의 축적이 부족하고 효과적인 방재·복구방안이 제시되지 못하고 있는 실정이다. 따라서 땅밀림 산사태지에 대한 총체적이고도 학술적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

### References

Anderson, M.G. and Richards, K.S. 1987. Slope Stability. Wildy and Sons.

Auzet, A.V and Ambroise, B. 1996. Soil creep dynamics, soil moisture and temperature conditions on a forested slope in the granitic Vosges Mountains, France. *Earth Surface Processes and Landforms* 21(6): 531-542.

Chun, K.W. 2011. Erosion Control Engineering. Hyangmunsa. Seoul, Korea. pp. 426.

Culling, W.E.H 1963. Soil Creep and the Development of Hillside Slopes. *The Journal of Geology* 71(2): 127-161.

Davis, W.M. 1899. The Geographical Cycle. *The Journal of Geology* 14(5): 481-504.

Hadong county disaster prevention & countermeasures headquarters. 2016. [http://safe.hadong.go.kr/\(2016. 11. 11\)](http://safe.hadong.go.kr/(2016. 11. 11)).

Jau, J.G, Park, S.J., Son, D.S., and Joo, S.H. 2000. The Effects of Geological and Topographical Features on Landslide and Land-creep. *Journal of Korean Forest Society* 89(3): 323-334.

Kim, C.S., Park, J.H., Cho, H.S., Ma, H.S., and Lee, G.S. 2015. Physiochemical Properties of Organic and Soil Horizon in Restoration Area following Forest Landslide by Creeping Soils. *Journal of Agriculture & Life Science* 49(6): 27-35.

Kim, J.M. 2011. A Basic Study on the Development of the Guidelines on Setting Debris Flow Hazards. Research Institute for Gangwon. pp. 170.

Kim, H.G. 2004. Slope stability and characteristics of shallow landslide occurred in granite hillslopes. Master. Thesis, KyungHee University, Seoul, Korea.

Kubota, H. 1985. Channel Works Destroyed Stats and Repair in Land Creeping area. *Forest Conservation and Forest Road Research Parper* 20: 203-209.

Lee, I.M., Sung, S.G., and Im, C.M. 1991. An Experimental Study on the Effect of Vegetation Roots on Slope Stability of Hillside Slopes. *Journal of Korean Society of Geotechnical Engineers* 7(2): 51-66.

Matsukura, Y. and Tanaka, Y. 1983. Stability Analysis for Soil Slips of Two Gruss Slope in Southern Abukuma Mountains, Japan. *Transactions, Japanese Geomorphological Union* 4: 229-239.

Montgomery, D. R., Sullivan, K., and Greenberg, H. M. 1998. Regional test of a model for shallow landslide. *Hydrological Processes* 12: 943-955.

Ohno, R., Yamashina, S.I., Yamasaki, T., Koyama, T., Esaka, F., and Kasai, S. 2010. Mechanisms of a large-scale land-

- slide triggered by the Earthquake in 2008 - A study of Arato-sawa landslide -. *Journal of Japan Landslide Society* 47(2): 8-14.
- Park, J.H. 2015. Analysis on the Characteristics of the Landslide - With a Special Reference on Geo-Topographical Characteristics -. *Journal of Korean Forest Society* 104(4): 588-597.
- Park, J.H., Choi, K., Lee, S.G., Ma, H.S., Lee, J.H., and Woo, B.M. 2003. Analysis on the Characteristics of the Landslide in Nasamri(I) - With a Special Reference on Geo-Topographical Characteristics -. *Journal of Korean Forest Society* 92(3): 246-253.
- Park, J.H., Choi, K., Bae, J.S., Ma, H.S., and Lee, J.H. 2005. Analysis on the Characteristics of the Landslide in Maeri (I) - With a Special Reference on Geo-Topographical Characteristics -. *Journal of Korean Forest Society* 94(3): 129-134.
- Park, J.H., Lee, C.W., Kang, M.J. and Kim, K.D. 2015. Analysis of Characteristic of Forest Environmental Factors on Land Creeping Occurrence. *Journal of Agriculture & Life Science* 49(5): 133-144.
- Shunji I. 1978. Soil Creep Measurements in Khumbu. *Journal of the Japanese Society of Snow and Ice* 40: 60-63.
- Tomio H.Z., Sohei, A., Takeshi, N., and Tosihiko, S.T. 1990. Landslide Disaster in Temanggung, Indonesia. *Journal of the Japan Society of Erosion Control Engineering* 42(6): 57-59.
- Varnes, D.J. 1978. Slope Movement Types and Processes. *Transportation Research Board Special Report*: 11-33.
- Woo, B.M. 1997. *Erosion Control Engineering*. Hyangmunsa. Seoul, Korea. pp. 310.
- Woo, B.M., Park, J.H., Choi, H.T., Jeon, G.S., and Kim, K.H. 1996a. A Study on the Characteristics of the Landslide in Hyuseok-dong(I) - Topographical Characteristics and Surface Displacement - *Journal of Korean Forest Society* 85(4): 565-570.
- Woo, B.M., Park, J.H., Choi, H.T., Jeon, G.S., and Kim, K.H. 1996b. A Study on the Characteristics of the Landslide in Hyuseok-dong(II) - Geological Hydrological Characteristics - *Journal of Korean Forest Society* 85(4): 571-576.
- Yano, M. 1983. Occurrence of Landslide in Shodoshima. *Forest Conservation and Forest Road Research Paper* 18: 200-203.

---

(Received: June 8, 2016; Accepted: November 30, 2016)