

매리 땅밀림형 山沙汰의 發生特性에 관한 分析 (I)

— 地形 및 地質特性을 中心으로 —

朴在鉉^{1*} · 崔 敬² · 裴鍾淳³ · 麻鎭燮⁴ · 李宗學⁵

¹진주산업대학교, ²한국산지환경조사연구회

³경상대학교 공과대학 건설공학부 토목공학과 교수, 경상대학교 공학연구원 연구원

⁴경상대학교 농업생명과학대학 산림과학부, ⁵유비시스템

Analysis on the Characteristics of the Landslide in Maeri (I)

— With a Special Reference on Geo-Topographical Characteristics —

Jae-Hyeon Park^{1*}, Kyung Choi², Jong Soon Bae³, Ho-Seop Ma⁴ and Jong-Hak Lee⁵

¹Department of Forest Resources, Jinju National University, Jinju, Gyeongsangnamdo 660-758, Korea

²Korean Society of Forest Environmental Research, Janghyeonri 472-866, Korea

³Prof., Dept. of Civil Eng., Division of Construction Eng., College of Eng., and Researcher, Engineering Research Institute, Gyeongsang National University, Jinju, Gyeongsangnamdo 660-701, Korea

⁴Division of Forest Science, Gyeongsang National University, Jinju, Gyeongsangnamdo 660-701, Korea

⁵Ubi System, Seongnam 461-200, Korea

요 약: 이 연구는 김해시 상동면 매리 산사태지 1.5 ha에서의 발생특성 및 원인을 밝히기 위하여 수행한 것으로써 지형 및 지질적인 요인을 조사·분석하였다. 조사대상지의 모암은 섬록암이며, 상부사면 및 주변은 마산암으로 이루어져 있고, 너덜(Talus)이 산재하고 있는 것으로 나타났다. 이 산사태는 2004년 4월 19일에 발생되었으며, 산사태 발생 전 3일 동안의 연속강우량은 74 mm이었으나, 강우가 직접적인 영향이라기보다는 간접적인 영향을 미친 것으로 판단된다. 또한, 이 지역 땅밀림 산사태의 직접적인 원인은 깊게 형성된 붕적토층과 풍화토층 등 지질 지형적인 특성과 사면하단부 절취라 판단된다. 이 지역의 산사태 유형은 지하수에 의한 띠지형 붕적토 땅밀림형 산사태에 해당한다.

Abstract: This study was carried out to understand the geo-topographical characteristics of the landslide area (1.5 ha) in Maeri, Sangdong-myeon, Gimhaesi, Gyeongsangnam-do. The bedrock of the landslide area was diolites and the area in and around the upper slope with the scattered talus was composed of Masanam originated from Igneous rocks. The landslide occurred in 19th of April, 2004 and the amount of rainfall for 3 days before the landslide was 74mm. The landslide by land creeping in this area was mainly attributed to geo-topographical characteristics such as well developed colluvial and/or weathered soils, and land cutting in lower slope, although the landslide could be affected by the rainfall. The type of the landslide can be classified into the land creeping by concave colluvial soils.

Key words : Land creeping, landslide, geo-topographical, talus

서 론

땅밀림형 산사태는 활동면 위의 토괴가 일체로 미끄러지는 산사태의 한 형태로 이동토괴의 규모가 크고, 이동속도는 매우 느린(0.01~10 mm/day) 특징을 가지고 있다(土木施設防災工法研究會, 1984; Varnes, 1984). 땅밀림형 산사태는 사면경사가 25~35° 정도인 집수사면에서 발생률

이 높고, 지하수가 규칙적인 배열을 하는 경우 발생위험도가 증가되며(中村, 1981), 산사태 발생시에는 상부 지표면에 滑落崖 및 引張龜裂이 형성된다는 특징이 있다(廣住 등, 1990; 이영남, 1991). 矢野(1983)는 땅밀림 산사태 발생시 토괴의 신축 및 매몰, 용기현상에 의한 계단상 지형이 발달한다고 하였으며, 久保田(1985)은 도로의 변형, 구조물의 파괴, 수목의 이상성장 등의 뚜렷한 징후를 수반한다고 하였다. 또한, 池谷浩(2004)는 땅밀림형 산사태로 인한 침식 토사 및 암석 등이 계곡으로 유입되면 토석류

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

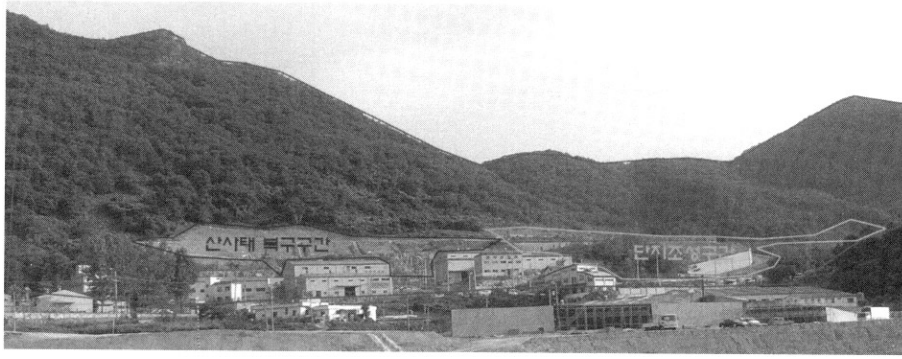


Figure 1. Survey areas for measuring surface displacement and indications on geo-topographical changes of landslide in the study area.

로 발전할 수 있다고 하였다. 이러한 땅밀림 산사태에 대하여, 일본의 경우 발생빈도가 높고 이로 인한 피해가 심하므로 이에 대한 대책공법기술의 역사가 깊고 발전되어 있으나, 우리나라에서는 발생사례가 적어 이에 대한 연구 및 기술 축적이 부족한 실정이다(우보명 등, 1996a, 1996b; 朴在鉉 등, 2003).

경상남도 김해시 상동면 매리 산 131-29 일원은 급경사지로 땅밀림 형태의 산사태 징후가 장기간에 걸쳐 진행되어 오다가 2003년 태풍 “매미”로 인하여 동년 9월 12일 오후 3시부터 24시까지 내린 강수량 91 mm가 원인이 되어 1차적인 산사태가 발생하였다. 즉, 집중호우 및 강한 바람에 입목이 흔들리면서 지반이 연약한 부분에 균열 및 지반침하가 발생되었으며, 이로 인해 하부 공장밀집지역으로 토사가 유출되어 피해가 발생되었다. 이 지역은 김해시 상동면사무소에서 군도 8호선 매리 방향 대감리와 매리 경계지 600여 미터 지점(포산마을) 우측에 연접한 개별공장 5개가 준공되어 가동 중에 있으며, 밀집공장지역 상부 임야는 지반이 약하고 집수유역면적이 80 ha 되는 계곡 위로 집중호우시 많은 물이 지하로 유출되는 특성을 지니고 있다. 이와 같이 산사태 발생이 취약한 이 지역은 수해복구지 옹벽공사 중 2004년 4월 17일부터 연속강우량 74 mm의 집중호우로 4월 19일 산사태가 발생하였으며, 이로 인한 피해액은 공장 1동 반파, 가공설비 파손 등 약 7억원으로 추정되고 있다.

이 연구는 김해시 상동면 매리 산사태지의 발생특성 및 원인을 밝히기 위한 일련의 연구로 본보에서는 지형 및 지질적인 요인에 관한 조사·분석 결과를 보고하고자 한다.

연구방법

1. 조사대상지의 위치 및 범위

조사대상지는 경상남도 김해시 상동면 매리 산 131-29 번지 일원(Figure 1)의 붕괴지 및 퇴적지(면적 약 1.5 ha)와 피해지역에 영향을 미치는 주변지역으로, 산사태는 표

고 40 m에서 60 m 까지 약 20 m의 높이를 가지며, 산사태지의 평면적은 약 15,000 m²이다.

2. 조사방법

산사태지의 지형적 특성 및 발생징후를 파악하기 위하여 지형도(1:25,000, 1:50,000)를 바탕으로 현지조사를 통해 부동산, 활락애, 균열, 요지, 용기지대, 단애 등의 위치, 방향, 경사, 규모 및 구조물의 파괴사례, 수목의 이상성장 현상 등을 조사하였다. 또한, 산사태지에 발생된 인장균열을 테이프자와 컴퍼스 조사하였다. 아울러 암반의 절리 방향, 간격, 굴곡, 틈새, 충전물질, 종류 수, 압괴 크기 등을 추가로 조사하였다(농림부, 2003). 또한, 절리의 주향과 경사는 현장에서 클리노미터를 이용하여 절리방향을 조사하였는데, 주향은 절리면 상에서 존재하는 수평선의 방향, 경사/경사방향은 수평에서 기울어진 절리면 상에 있는 가장 급한 선의 경사와 정북으로부터 시계방향으로 측정된 경사방향으로 표시 조사하였다. 또한, 이들 자료를 가지고 실내에서 평사투영법(전성기, 2001)을 이용하여 절리의 분포 즉, 절리의 집중 및 분산경향을 입체적으로 분석하였다.

결과 및 고찰

1. 인장균열

인장균열(Figure 2)의 상태는 사면 붕괴 시작 후에 발생한 것으로 붕괴지 상부 약 5~10 m 정도 떨어진 지역에서 부분적으로 발견되는 인장균열로 朴在鉉 등(2003)이 보고한 김해시 주촌면 내삼리 산사태지에서의 인장균열과 유사한 형태를 나타내었다. 이 지역은 사면 붕괴 지역의 상단부에서 5~10 m 정도 떨어져 수평적으로 발달하는 길이 약 10 m 정도의 인장균열이 존재한다. 인장균열의 깊이는 토층 일부까지 발생한 것으로 판단되고, 균열깊이는 50~100 cm이었다. 이 인장균열은 사면 붕괴의 영향에 의해 발생한 것으로 판단되고 추후 집중 강우 등의 영향으



Figure 2. Tension crack of survey area.

로 우수가 침투되었을 경우에는 매우 취약한 붕괴면을 형성할 것으로 판단된다.

2. 입지특성

조사대상지는 북쪽으로 양산시 원동면의 土谷山(840 m)과 동쪽의 양산시 五峰山(533 m), 서쪽의 김해시 石龍山(493 m), 서북쪽의 琴洞山(450 m), 남쪽의 김해시 상동면 模峰山(350 m), 神魚山(630 m) 등 비교적 험준한 구릉지와 산악지역으로 둘러싸여 있으며 토곡산, 오봉산과 금동산 사이로 낙동강이 가르고 있다. 조사지역의 주변 산들은 대체로 주 능선방향이 남북으로 뻗어있으나 조사지역 사면의 능선만은 동서방향으로 발달하고 있어 주 수계(水系)는 남북방향으로 발달되어 있다. 조사지역은 남쪽과 서쪽, 북쪽이 모두 고지대를 형성하고 있는 집수유역(石溪里, 大甘里, 墨方里, 梅里 등 4개 里)의 최하류에 위치하고 있어서 낙동강과 합류하는 인접지역이기도 하다. 이 지역의 집수유역 형태는 원형에 가까우며, 그 중심부에 상동면이 위치하고 있다. 최저해발고는 10 m 이하이며, 기복량은 620여 m에 이른다.

조사대상지는 해발 220~250 m 구릉지의 북쪽사면 지역이다. 조사대상지가 포함되는 지역의 지형(Figure 3) 중 종단면형(縱斷面形)은 하강사면형에 속하여 사면의 산록부위는 경사가 비교적 완만하나 산복부 이상의 사면은 급경사면을 이루는데, 이는 분포모암의 영향으로 추정된다. 공장부지 조성 이전의 경사도를 보면 산록부위는 12°~19°로 완만한 경사를 나타내고, 산복부 이상은 부위에 따라 23°~32°의 비교적 급경사를 나타내고 있다. 이는 산록부위는 풍화가 깊게 형성되고 있는 섬록암이 자리잡고 있으며, 산

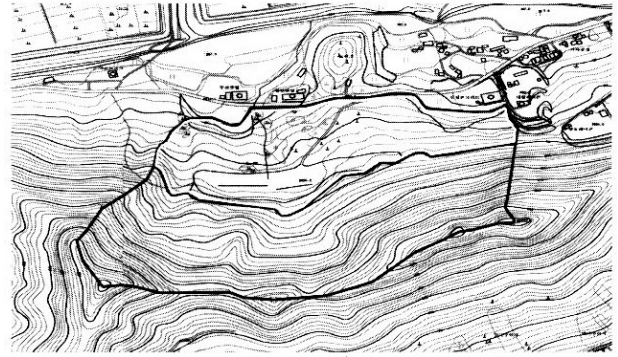


Figure 3. Topographical map of survey area (1:5,000).

복부 이상 되는 사면은 풍화가 어려운 마산암이 자리잡고 있기 때문에 생각된다. 조사대상지가 포함되는 사면의 길이는 400~500 m로 사면길이가 짧기 때문에 계류의 발달이 빈약하여 직선형으로 주 계류가 형성되어 있지 못하다.

1) 지질 및 모암

조사대상지 주변(상동면 석계리, 대감리, 묵방리, 매리 등 4개리의 집수유역)에 분포하고 있는 암석은 마산암, 규장반암, 각섬석화강암, 주산안산암질암, 도대산 안산반암, 산성암류와 섬록암 등이다. 이들 암석은 모두가 화성암류로 중생대 백악기에 해당하는 경상계 암석들이다. 이들 암석 중 조사대상지에 직접적으로 관계가 있는 모암은 마산암과 섬록암이다. 이들 암석은 심성암류로 백악기 말에 있었던 화성활동에 의하여 형성된 것으로 신라통의 퇴적암류와 이를 관입한 안산암류 및 규장반암류를 모두 관입하고 있으나 이들 심성암류의 상호관계는 밝혀지지 않았다. 조사대상지는 섬록암이며, 조사대상지 상부사면 및 주변은 마산암으로 이루어져 있다. 섬록암은 소규모의 암맥 또는 흑과 같은 암류상(岩瘤狀)의 산출 형태를 가지면서 주로 화강암류와 안산암류의 접촉부 부근과 안산암 내부에 발달한다. 암회색의 조립질이며, 풍화면은 알 모양(Ovoid)형을 갖는 것이 특징적이다(우영균, 1988). 그러나 이 지역은 불연속면이 쉽게 노출되지 않고, 廣住 등(1990)이 보고한 것처럼 산사태 발생시 상부 지표면에 활락에 및 인장균열을 발생시키는 요인으로 작용하는 것에 대해서는 판단이 곤란하였다. 구성광물은 사장석, 각섬석, 흑운모, 휘석, 자철석 등으로 등립질이며, 반자형(半自形) 구조를 갖는다. 석영과 알카리 장석은 없고 사장석의 성분은 조회장석(曹灰長石)으로 자형(自形)과 반자형을 이루고 있다. 유색광물로는 휘석이 우세하다.

마산암은 주로 회색, 담회색 또는 육홍색(肉紅色)의 반상구조를 보이며, 반정은 담회색의 사장석과 각섬석으로 사장석은 대개가 자형 또는 반자형을 이루며, 각섬석은 미세한 입자의 불규칙한 집합체로 되어 있다. 장석반정의 크



Figure 4. Talus of survey area.

기는 보통 직경이 3 mm 내외이지만 1 cm에 달하는 것도 있어 석기는 미세한 석영, 장석이 주로 되어 반화강암질 조석을 보인다. 반정을 이루는 장석은 석기에 비하여 풍화작용의 저항에 약하여 그의 표면에서는 이들이 대개 제거되므로凸凹 상을 이루어 타 심성암류와 쉽게 구별된다(우영균, 1988). 구성광물은 석영, 알카리장석, 사장석, 각섬석, 흑운모, 자철석, 저콘, 인회석, 녹염석 등이며, 장석 반정은 혼탁한 부분이 많고, 부분적으로 견운모화 하였으며 대개 반자형을 이루고, 사장석의 성분은 주로 희소오다장석(Oligo class)이다. 마산암 분포지 내에는 여러 지역에서 너덜(Talus)이 발견(Figure 4)되고 있다.

2) 토양

조사대상지 중 섬록암지역은 대부분이 공장지대 부지로 기반이 조성되어 있어 토양이 교란상태이기 때문에 마산암과 경계부인 소규모 산사태 발생지부근(산 131임)지역과 지방도로를 경계로 북쪽凸형 사면에서 토양조사를 실시하였다. 마산암지역의 토양은 소규모산사태 발생지 상부사면(섬록암토양 조사지역 상단부)과 산 131-23임 지역의 상단부 등 4개소에서 실시하였다. 조사결과 섬록암 지역에서는 주 구성 광물이 사장석, 각섬석, 흑운모, 휘석, 자철석 등이므로 풍화토양은 점토질 토양으로 붉은색을

띄게 된다. 또한, 토양은 층위에 따라 양토(L), 식양토(CL)로 나타나고 있다. 따라서 토양배수가 불량한 조건이며, 수분보유량은 비교적 높다. 풍화는 기암 → 잔자갈 또는 기암 → 점토 과정을 밟는 것으로 조사되었으며, 토양단면상에는 알 모양의 등근(Ovoid) 잔자갈이 많이 나타나고 있다.

마산암지대에서는 주 구성광물이 석영, 알카리장석, 사장석, 각섬석, 흑운모, 자철석 등이어서 풍화토양은 사질 토양으로 갈색을 띄게 된다. 따라서 토성은 층위에 따라 미사질양토, 양토를 나타내고 있다. 모래함량이 많기 때문에 토양보수는 보통 내지 양호한 편이나 상대적으로 보수력은 약하다. 풍화과정은 화강암류에서와 같이 기암 → 암괴 → 모래 또는 기암 → 모래로 풍화된다. 따라서 토양단면상에 석력함량이 많으며(30~40%), 지표면에도 암석과 자갈이 30~50% 분포하고 있다. Table 1은 조사지에서 토양시료를 채취하여 분석한 결과이다. 섬록암과 마산암에서 토성 차이가 현저하여 토양 양료 함량에서도 섬록암지대에 비하여 마산암지대가 척박함을 나타내고 있다.

3) 임상

조사대상지의 섬록암지역은 대부분 공장부지조성으로 산림이 훼손되어 있으며, 일부 마산암과의 접경지역과 지방도(1017)북쪽의凸형 지형에 일부 보전되고 있다. 섬록암지역과 마산암지역의 전체적인 임상은 활잡목지로서 주수종은 참나무류(갈참나무, 졸참나무)가 대부분이고, 이들 사이에 소나무와 굴피나무, 물푸레나무 등이 산생하고 있다. 참나무류의 수고와 수령은 일정치 않으나 수고는 10~15 m, 수령은 20~30년생이며, 밀도는 전체적으로 70% 이상인 밀한 상태이다. 하층식생으로는 참나무류, 진달래, 물푸레나무, 청미래덩굴, 옷나무, 산초나무, 노린재나무, 산딸기, 다래, 국수나무, 담쟁이덩굴, 병꽃나무, 취 등이 분포하고, 초본류로는 조개풀, 참취, 개풀 등이 출현하고 있으며, 70~80%의 사면피복도를 나타내고 있다. 공장부지 조성 후 절개사면은 사방공사를 실시하여 사방오리나무, 싸리나무, 개암나무가 식재되어 있으며, 초본류는 새류와

Table 1. Soil characteristics of landslide area.

Sample No.	Soil Texture(%)				pH	O.M. (%)	Total -N(%)	Avail. P ₂ O ₅ (mg/kg)	C.E.C (cmol /kg)	Exchangeable (coml+/kg)			
	Sand	Silt	Clay	S.T.						K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	M ²⁺
S-1A	30.8	46.4	22.8	L	5.1	1.5	0.10	1	14.74	0.61	0.11	1.14	1.30
S-1B	37.9	30.0	32.1	CL	5.1	0.2	0.02	2	15.62	0.66	0.10	0.82	1.13
S-2A	18.3	72.7	9.0	SiL	5.2	1.1	0.06	1	10.12	0.51	0.09	0.25	0.44
S-2B	37.7	51.1	11.2	L	5.3	0.1	0.02	1	9.68	0.33	0.09	0.38	0.87
S-3A	36.9	41.6	21.5	L	4.7	2.7	0.15	9	17.16	0.67	0.09	1.51	1.31
S-3B	35.8	33.4	30.8	CL	4.5	0.8	0.06	1	13.64	0.31	0.09	0.41	1.16

*Note : S-1 and S-3 means Diollite, S-2 means Masanam(involved in Igneous)

역새, 산거울, 참취, 양지꽃, 고사리, 마타리 등이 침입, 자생하고 있으나 땅밀림 산사태에 의하여 수목의 영향이나 징후는 발견할 수 없었다.

3. 땅밀림 산사태 발생원인

1) 강우량

2004년 4월 17일부터 4월 19일까지 3일 동안의 연속강우량은 74 mm이었다. 즉, 산사태 발생 2일 전인 4월 17일부터 김해시 상동면에 강우가 내렸는데, 일강우량은 4월 17일에 13 mm, 4월 18일에 43 mm, 산사태 당일인 4월 19일에는 18 mm의 강우가 내렸다. 특히 김해시 상동면의 토양은 점질 토양이 많이 함유되어 있어 강우가 내렸을 때 빗물이 땅 속으로 스며들어가 토양공극에 저류하는 특성이 강하고, 상부 지역에 돌너덜이 광범위하게 분포하고 있어 강우시 지하수로의 침수가 많고, 산지 하부에는 물을 잘 머금은 점질토 성분이 많아 집중호우시 토양에 저류하는 빗물이 쉽게 배수되지 못하고 수압을 증대시켜 산사태 발생을 유도하였다고 생각된다. 이는 김해시 내삼농공단지 산사태와 유사한 경우라 할 수 있다(朴在鉉 등, 2003).

최경(2001)은 연속강우량 200 mm 이상, 1시간 강우량 30 mm 이상, 하루 강우량 150 mm 이상일 때 산사태가 많이 발생한다고 하였다. 그러나 김해시 상동면 매리에서 발생된 산사태는 연속강우량이 74 mm, 산사태 발생 전날과 당일에 있었던 강우량이 각각 43 mm, 18 mm에 불과하므로 강우량이 직접적인 산사태 영향이기보다는 이 지역의 지형 및 지질적 특성에 더하여 강우가 간접적인 영향을 미친 것으로 판단된다.

2) 지질적 요인

땅밀림 산사태는 마산암 경계부에 가까운 섬록암 지대에서 발생하였다. 지형상으로 보면 하강사면의 변각점 바로 하단부에 해당된다. 때문에 이 지역은 풍화대가 깊은



Figure 5. Landslide of Diollite area.

지역이면서 사면 상부로부터 흘러내린 붕적성 토양으로 토심이 매우 깊은 지역으로 추정된다. 더욱이 공장부지 조성을 위하여 일부 사면을 절취하고 복토를 하였기 때문에 풍화토층이 매우 깊게 형성되어 있다.

섬록암보다 상부사면에 분포하는 마산암은 전체적으로 토심이 얇고 주 구성광물이 석영으로 되어 있어 풍화가 느려 암석이 많으며, 너덜지역도 많이 분포하고 있다. 이러한 지형적인 특성 때문에 강우 발생시 많은 양의 지표수가 풍화층이 깊게 형성된 하부의 섬록암 층으로 침투, 지하수가 되어 원형파괴에 의하여 상부지역이 50~100 cm 깊이로 함몰·낙차를 보이며, 땅밀림 현상을 나타낸 것으로 추정된다. 따라서 이 지역 땅밀림의 직접적인 원인은 깊게 형성된 붕적토층과 풍화토층 등 지질 및 지형적인 요인과 사면하단부 절취라 할 수 있다.

3) 지형적 요인

본 조사지역은 행정구역상 경상남도 김해시 상동면 매리 산131-29번지 일원으로 남서부에는 신어산(630.4 m)이 위치하고 북서부로 오봉산, 남서부로는 돛대산(380 m)으로 연계하여 발달하고 있다. 수계로는 조사지역 일대에 감천이 서쪽에서 동부로 수지상 수계망을 형성하며 흐르고 낙동강에 합류하여 남해로 유입되고 있다. 본 산사태 피해지역의 산 정상부는 암반이 노출되어 절벽을 형성하고 절벽하부로는 너덜(Talus)이 붕괴면 상부 40~60 m까지 분포하고 있다. 산록부는 오랜 시간동안 풍화 및 침식되면서 붕적토로 이루어져 있다. 산사태 피해 발생 이전의 사면형(횡·중단면형)은 완만하게 붕적토로 형성된 Ⅲ형의 사면형이며, 산각부의 하단부는 농공단지 조성을 위하여 절취되었다. 이러한 지형은 너덜면 상부의 지표수는 모두 지하로 침투하여 지하수가 되며, 특히 사면의 절취가 있게 되면 어느 지점에서 갑작스런 용출수가 발생하면서 땅밀림 산사태 발생가능성이 높은 지역이 될 수 있다. 금번 김해시 상동면의 경우도 지하수에 의한 전형적인 땅밀림형 산사태 지역으로서 산사태 유형은 Ⅲ지형 붕적토 땅밀림형 산사태에 해당한다.

결 론

이 연구는 김해시 상동면 매리 산사태지의 발생특성 및 원인을 밝히기 위하여 수행한 것으로써 지형 및 지질적인 요인을 조사·분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 조사대상지는 섬록암, 상부사면 및 주변은 마산암으로 이루어져 있고, 마산암 분포지 내에는 여러 지역에서 너덜이 나타나는 것으로 조사되었다.

2. 김해시 상동면에서 발생된 산사태는 2004년 4월 19일에 발생되었으며, 산사태 발생 전 3일 동안의 연속강우

량은 74 mm이었으나, 강우는 이 지역의 지형 및 지질적 특성에 더하여 간접적인 영향을 미친 것으로 판단된다.

3. 조사대상지에서 땅밀림 산사태의 직접적인 원인은 깊게 형성된 붕적토층과 풍화토층 등 지질 및 지형적인 요인과 사면하단부 절취라 판단된다.

4. 조사대상지는 지하수에 의한 전형적인 땅밀림형 산사태 지역으로, 산사태 유형은 띠지형 붕적토 땅밀림형 산사태에 해당한다.

인용문헌

1. 농림부. 2003. 산지개발에 따른 산사태 발생 특성 및 산지토사재해 예지 시스템 개발. 306pp.
2. 박在鉉, 崔敬, 李壽坤, 麻鎬燮, 李宗學, 禹保命. 2003. 內三里 땅밀림형 山沙汰의 發生特性에 관한 分析 (I) -地形 및 地質特性을 中心으로-. 한국임학회지 92(3): 246-253.
3. 우보명, 박재현, 최형태, 전기성, 김경훈. 1996a. 휴석동 땅미끄러짐 산사태의 발생특성에 관한 연구(I) -땅미끄러짐 산사태지구의 지형 및 지표층위특성-. 한국임학회지 85(4): 565-570.
4. 우보명, 박재현, 최형태, 전기성, 김경훈. 1996b. 휴석동 땅미끄러짐 산사태의 발생특성에 관한 연구(II) -땅미끄러짐 산사태지구의 지질 및 수문특성-. 한국임학회지 85(4): 571-576.
5. 우영균. 1988. 경남 매리 철광상 부근 마산암의 산소동위원소 연구. 과학교육연구 20: 123-128.
6. 이영남. 1991. 산사태(지반공학과 자연재해 II). 대한토질공학회지 7(1): 105-113.
7. 전성기. 2001. 실무자를 위한 사면안정화 설계실무편람. 과학기술. 278pp.
8. 최경. 2001. 산사태 예보와 위험지 판정기술. 방재연구 3(4): 15-27.
9. 池谷浩. 2004. 土石流災害. 岩波新書. 222p.
10. 廣住富夫, 阿部宗平, 野田 猛, 瀬戸俊彦. 1990. トウマングン(インドネシア)の地すべり災害. 新砂防 42(6): 57-59.
11. 久保田 宏. 1985. 平谷地すべり地内における水路工の破壊の現況と補修. 治山林道研究發表論文集 20: 203-209.
12. 矢野 勝. 1983. 小豆島當賓地區北原地すべり. 治山林道研究發表論文集 18: 200-203.
13. 中村俊彦. 1981. 地すべり發生豫知についての研究(I). 治山林道研究發表論文集 16: 162-163.
14. 土木施設防災工法研究會. 1984. のり面及び斜面災害復舊工法. 山海堂.
15. Varnes, D. J. 1984. Landslide hazard zonation : A review of principle and practice. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. pp. 9-59.

(2005년 1월 11일 접수; 2005년 3월 22일 채택)