

재해위험성 검토의견서 실무매뉴얼

2021. 12. 16.



제 1 장	총 칙	 01
	1 배경 및 목적	3
	1.1 배경	
	1.2 목적	
	2 법적근거	5
	2.1 재해위험성 검토의견서 작성 법적근거	
	2.2 재해위험성 검토의견서 추진경위	
	2.3 수행절차	
	3 적용범위	13
	4 용어의 정의	14
제 2 장	재해위험성 검토의견서 개요	 17
	1 검토주체	19
	2 검토항목	20
	3 재해위험성 검토의견서의 서식 및 구성	21
	3.1 재해위험성 검토의견서의 구성	
	3.2 재해위험성 검토의견서 관련 검토서식	
제 3 장	재해위험조사표준지 설계	 23
	1. 기초자료 준비	25
	1.1 신청자료 검토	
	1.2 기초데이터 준비	
	2. 유역분석	33
	2.1 기초공간분석	
	2.2 산지유역분석	
	3. 산사태위험판정조사 대상지역 선정	39
	3.1 산사태위험지도를 활용하는 경우	
	3.2 산사태위험지도를 활용하지 못하는 경우	
	4. 산사태위험지판정기준표 항목 분석	43
	4.1 경사길이 및 경사위치	
	4.2 모암	
	4.3 임상	
	4.4 사면형	
	4.5 토심	
	4.6 경사도	

2. 재해위험성검토 대상지역의 설정	194
2.1 산사태위험판정조사 대상지역 선정	
2.2 산사태위험도순위 분석	
2.3 재해위험조사표준지 선정	
2.4 재해위험조사표준지 조사방법	
3. 기초현황조사	197
3.1 유역현황	
3.2 모암분포	
3.3 산림현황	
3.4 사방시설	
3.5 재해이력	
4. 유역별 현장조사 결과 및 평가(저감대책)	199
4.1 유역별 조사결과	
4.2 조사대상지 인근 기타 특이사항	
5. 부록	209
5.1 산사태 발생 우려지역 기초조사 평가표	
5.2 산사태 발생 우려지역 실태조사 판정표	
5.3 재해위험성 검토의견서	
5.4 기타 첨부서류 등	

제 6 장 부 록 | 211

1. 산사태위험지판정기준표	213
2. 산사태 발생 우려지역 기초조사 평가표	215
3. 산사태 발생 우려지역 실태조사 판정표	217
4. 재해위험성 검토의견서	225
5. 참고문헌 및 사이트	228

제 1 장 총 칙

1. 배경 및 목적
2. 법적 근거
3. 적용 범위
4. 용어의 정의

제1장 총 칙

1 배경 및 목적

1.1 배 경

1) 산지전용 허가시 재해위험성 평가제도 필요성 높아지며, 「재해위험성 검토의견서」 제출 법제화

- 「자연재해대책법」의 “재해영향평가”에서는 개발계획이 수립되는 과정에서 해당 개발행위가 재해에 미치는 영향을 사전에 평가하고, 피해요인을 분석하여 피해를 최소화하기 위한 것이나, “재해영향평가” 검토대상에 산사태에 대한 영향평가와 피해 요인분석 및 대책마련이 포함되지 않아 「재해위험성 검토의견서」의 필요성 대두
- 「재해 및 경사안정성을 고려한 산지전용허가기준의 고도화 방안」 연구(‘14년)를 바탕으로 산지전용 허가시 재해위험성 평가방안 도출
- 「산지관리법 시행규칙」 제10조제2항제10호를 신설(‘15.11.25)하여 산지전용 허가에 따른 재해위험성을 산지전용허가 시 고려할 수 있도록 산지전용허가를 받으려는 산지의 면적이 2만제곱미터 이상인 경우에는 산림공학기술자가 조사·작성한 「재해위험성 검토의견서」를 산지전용허가 신청시 제출하도록 함.

2) 태양광에너지발전시설의 설치를 위한 산지일시사용허가를 받으려는 자는 사면에 대한 안정성 검토 결과를 포함한 ‘재해위험성 검토의견서’를 제출 법제화

- 신재생에너지에 대한 사회적 요구가 증가함에 따라 태양광에너지발전시설의 설치가 증가하고 있으며, 산지재해발생 우려가 커지고 있어, 「산지관리법」 개정(‘21.06.15)에 따라 태양광에너지발전시설의 설치를 위한 산지일시사용 허가를 받으려는 자는 사면(斜面)에 대한 안정성 검토 결과를 포함한 「재해위험성 검토의견서」를 제출

3) 산지전용허가에 따른 산림재해 예방을 위해 재해위험성 검토의견서 제출 대상 확대를 위한 시행규칙 개정(안)

- 산림재해를 예방하고 태양에너지발전시설의 안전관리를 강화하기 위해 현재 2만 제곱미터 이상의 산지에 대해 산지전용허가를 받으려는 경우에만 제출하도록 하던 재해위험성 검토의견서를 660제곱미터 이상 산지로 확대하고, 태양에너지발전시설의 설치를 위한 경우에는 산지일시사용허가를 받으려는 산지의 면적에 관계없이 「재해위험성 검토의견서」를 제출

4) 법률상의 구체적 명시적 한계 및 재해위험성 검토의견서 제출 대상확대에 따른 혼란 우려

- 산지관리법상 재해위험성 검토의견서 작성방법 및 절차 등을 명시하기에는 내용이 복잡하고 방대하여 법률상의 구체적 명시적 한계가 있으며, 일부 산림기술자의 부실한 의견서로 인한 허가권자의 업무수행의 애로사항 발생
- 산지전용허가 및 산지일시사용허가에 대한 「재해위험성 검토의견서」 제출 대상면적의 확대로 인하여, 늘어난 수요에 대한 혼란이 우려되는 상황으로 일부 산림기술자 및 허가권자분들의 혼란을 최소화하고 당장 실무에 적용할 수 있는 실무매뉴얼이 필요

1.2 목 적

- 최근 소규모 개발지, 태양광에너지발전시설 설치를 위한 산지전용 및 산지일시사용허가에서 토사유출, 낙석 등의 산지재해피해가 지속적으로 발생함에 따라 산지의 특성을 고려한 재해위험성검토의 필요성이 높아졌으며, 산림기술자의 산지사방기술 등에 대한 전문적 지식이 재해위험성검토에 반영될 필요성이 높아짐.
- 산지의 전용을 수반하는 산지의 개발 사업에 대하여 사업대상지와 주변 지역의 산사태(토석류)에 대한 재해 위험성을 사전에 검토하고 대책을 수립함으로써 국민의 생명과 재산을 보호하는 것이 「재해위험성 검토의견서」 작성의 목적
- 재해위험성 검토의견서 작성자(산림기술자)에게는 작성 절차 및 조사·분석 방법을 제공하고, 허가권자(담당공무원)에게는 조사·분석결과에 따른 검토 기준을 제시함으로써 원활한 업무 처리 및 수행을 기대

2 법적근거

2.1 재해위험성검토의견서 작성 법적근거

1) 「산지관리법」 상의 관련 조항

【근거법령】산지관리법 제14조

제14조(산지전용허가) ① 산지전용을 하려는 자는 그 용도를 정하여 대통령령으로 정하는 산지의 종류 및 면적 등의 구분에 따라 산림청장등의 허가를 받아야 하며, 허가받은 사항을 변경하려는 경우에도 같다. 다만, 농림축산식품부령으로 정하는 사항으로서 경미한 사항을 변경하려는 경우에는 산림청장등에게 신고로 갈음할 수 있다.

② ~ ③ <생략>

④ 관계 행정기관의 장이 다른 법률에 따라 산지전용허가가 의제되는 행정처분을 하기 위하여 산림청장등에게 협의를 요청하는 경우에는 대통령령으로 정하는 바에 따라 제18조에 따른 산지전용허가기준에 맞는지 검토하는 데에 필요한 서류를 산림청장등에게 제출하여야 한다.

⑤ <생략>

【근거법령】산지관리법 제15조2

제15조의2(산지일시사용허가·신고) ① 「광업법」에 따른 광물의 채굴, 「광산피해의 방지 및 복구에 관한 법률」에 따른 광해방지사업, 「신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법」 제2조제2호가목에 따른 태양에너지발전설비(이하 “산지태양광발전설비”라 한다)의 설치, 그 밖에 대통령령으로 정하는 용도로 산지일시사용을 하려는 자는 대통령령으로 정하는 산지의 종류 및 면적 등의 구분에 따라 산림청장등의 허가를 받아야 하며, 허가받은 사항을 변경하려는 경우에도 또한 같다. 다만, 농림축산식품부령으로 정하는 경미한 사항을 변경하려는 경우에는 산림청장등에게 신고로 갈음할 수 있다.

② ~ ⑧ <생략>

⑨ 산지태양광발전설비를 설치하기 위하여 제1항에 따른 산지일시사용허가를 받으려는 자는 산림청장등에게 사면(斜面)에 대한 안정성 검토 결과를 포함한 재해위험성 검토의견서를 제출하여야 한다. 이 경우 재해위험성 검토의견서의 작성 및 제출 등에 필요한 사항은 농림축산식품부령으로 정한다.

2) 「산지관리법 시행령」 상의 관련 조항

【근거법령】산지관리법 시행령 제15조

제15조(산지전용허가의 절차 및 심사) ① 법 제14조제1항에 따라 산지전용허가 또는 변경허가를 받거나 변경신고를 하려는 자는 농림축산식품부령으로 정하는 바에 따라 산지전용허가 또는 변경허가를 받거나 변경신고를 하려는 구역의 경계를 표시한 후 신청서에 **농림축산식품부령으로 정하는 서류를 첨부하여 다음 각 호의 구분에 따른 자에게 제출하여야 한다.**

1. ~ 3. <생략>

② ~ ③ <생략>

【근거법령】산지관리법 시행령 제16조

제16조(산지전용에 관한 협의 등) ① 관계 행정기관의 장은 법 제14조제4항에 따라 산지전용에 관하여 산림청장등에게 협의를 요청하는 경우에는 산지전용 협의요청서에 **농림축산식품부령으로 정하는 서류를 첨부하여 제출(전자문서에 의한 제출을 포함한다)해야 한다.**

② <생략>

【근거법령】산지관리법 시행령 제18조의2

제18조의2(산지일시사용허가) ① 법 제15조의2제1항에 따른 산지일시사용허가·변경허가 또는 변경신고의 절차 및 심사에 관하여는 **제15조제1항부터 제3항까지의 규정을 준용한다.**

② ~ ③ <생략>

【근거법령】산지관리법 시행령 별표4 제1호 다목

- 허가기준 : 토사의 유출·붕괴 등 재해발생이 우려되지 아니할 것
- 세부기준 : 1) 산지의 경사도, 모암(母巖), 산림상태 등 농림수산식품부령으로 정하는 산사태위험지판정기준표상의 위험요인에 따라 산사태가 발생할 가능성이 높은 것으로 판정된 지역 또는 산사태가 발생한 지역이 아닐 것. 다만, 재해방지시설의 설치를 조건으로 허가하는 경우에는 그렇지 않다.

- 2) 하천·소하천·구거의 선형은 자연 그대로 유지되도록 계획을 수립할 것. 다만, 재해방지시설의 설치를 조건으로 허가하는 경우에는 그렇지 않다.
- 3) 배수시설은 배수를 하천 또는 다른 배수시설까지 안전하게 분산 유도할 수 있도록 계획을 수립할 것. 다만, 배수량이 토사유출 또는 붕괴를 발생시킬 우려가 없는 경우에는 그렇지 않다.
- 4) 성토비탈면은 토양의 붕괴·침식·유출 및 비탈면의 고정과 안정을 유도하기 위한 공법을 적용할 것
- 5) 돌쌓기, 옹벽 등 재해방지시설을 그 절토·성토면에 설치하는 경우에는 해당 재해방지시설의 높이를 고려하여 그 재해방지시설과 건축물을 수평으로 적절히 이격할 것

【근거법령】 산지관리법 시행령 별표4 제2호 나목

- 허가기준 : 토사의 유출·붕괴 등 재해발생이 우려되지 아니할 것(2만제곱미터 이상의 산지전용에 적용)
- 세부기준 : 1) 산지전용을 하려는 산지 및 그 주변 지역에 산사태가 발생할 가능성이 높지 않을 것. 다만, 산림청장은 산지전용을 하려는 자에게 재해방지시설을 설치할 것을 조건으로 산지전용허가를 할 수 있다.
2) 산지전용으로 인하여 홍수 시 하류지역의 유량상승에 현저한 영향을 미치거나 토사유출이 우려되지 아니할 것. 다만, 홍수조절지, 침사지 또는 사방시설을 설치하는 경우에는 그러하지 아니하다.

3) 「산지관리법 시행규칙」 상의 관련 조항

【근거법령】 산지관리법 시행규칙 제10조

제10조(산지전용허가의 신청) ① <생략>

② 영 제15조제1항 각 호 외의 부분에서 “농림축산식품부령으로 정하는 서류”란 다음 각 호의 구분에 따른 서류를 말한다.

1. 산지전용허가를 신청하는 경우: 다음 각 목의 서류

가.~ 자. <생략>

차. 산림기술용역업자 소속 산림기술자로서 「산림기술 진흥 및 관리에 관한 법률 시행령」 별표 5의 재해위험성 검토사업의 배치기준에 해당하는 사람이

조사·작성한 별지 제4호의2서식에 따른 재해위험성 검토의견서 1부[산지전용허가를 받으려는 산지의 면적이 660제곱미터(산지전용허가를 신청한자가 다수의 산지전용허가를 신청한 경우에는 허가를 신청한 산지 중 연접한 산지의 면적을 합산하여 산정한다) 이상인 경우에 한정한다]

카. <생략>

2. ~ 3. <생략>

③ ~ ⑦ <생략>

【근거법령】 산지관리법 시행규칙 제12조

제12조(산지전용 협의서류) ① <생략>

② 영 제16조제1항에서 “농림축산식품부령이 정하는 서류”라 함은 제10조 제2항 각호의 규정에 의한 서류를 말한다. 다만, 「공익사업을 위한 토지 등의 취득 및 보상에 관한 법률」 제19조의 규정에 따라 토지 등을 수용 또는 사용하는 경우에는 제10조제2항제1호다목에 따른 서류를 제외한다.

【근거법령】 산지관리법 시행규칙 제15조의2

제15조의2(산지일시사용허가) ① ~ ③<생략>

④ 법 제15조의2제9항에 따른 재해위험성 검토의견서는 별지 제4호의3 서식에 따른다.

【근거법령】 산지관리법 시행규칙 제51조의4

제51조의4(규제의 존속기한) 재해위험성 검토의견서의 제출에 관한 제10조제2항제1호차목은 산지전용허가를 신청한 산지의 면적이 5천제곱미터 이상인 경우 2023년 6월 15일까지 그 효력을 가진다.

【근거법령】 산지관리법 시행규칙 별표1의3 제5호

- 관련조문 : 영 별표4 제2호 나목 1
- 세부사항 : 가. 전용하려는 산지에 대하여 별표 1의2의 산사태위험지판정기준표에 따라 산사태위험도를 조사한 결과 산사태위험도가 높은 지역

【근거법령】 산지관리법 시행규칙 별표1의3 제5호

및 그 주변의 사면 및 계곡에 대하여 산사태 위험성 평가를 추가로 실시한 결과 산사태 또는 토석류 발생 가능성이 높지 않아야 한다.

나. 전용사업의 목적이 저수지 수몰지 또는 댐 수몰지 조성 등과 같이 재해위험성 고려 필요성이 낮은 경우에는 산사태 위험성 평가를 실시하지 않는다.

【근거법령】 산지관리법 시행규칙 별표1의3 비고 제4호

1. ~ 3. <생략>

4. 위 표에 따른 산사태 위험성 평가는 다음 각 목의 순서에 따라 실시한다.

가. 다음의 구분에 따라 산사태위험판정조사 대상지역(수평투영면적을 기준으로 100제곱미터 이상이어야 한다)을 선정하여 별표 1의2의 산사태위험판정기준표에 따른 조사를 실시할 것.

1) 전용하려는 산지의 면적이 2만제곱미터 이하인 경우 : 4개소

다만, 산사태위험판정조사 대상지역이 전용하려는 산지의 면적과 동일하게 선정되는 등 불가피한 경우에는 4개소 이하로 선정할 수 있다.

2) 전용하려는 산지의 면적이 2만제곱미터를 초과하는 경우: 4곳에 그 초과 면적 5만제곱미터마다 2개소를 추가

나. 다음의 구분에 따라 산사태위험판정조사 대상지역과 그 주변 사면 및 계곡을 포함하는 지역을 재해위험조사표준지로 선정하여 「산림보호법」 제45조의7 및 같은 법 시행규칙 제37조의2에 따른 산사태 발생 우려지역에 대한 조사 방법에 따라 조사를 실시할 것. 이 경우 가목에 따른 산사태위험판정조사 결과 산사태위험도가 높은 지역 순서대로 재해위험조사표준지를 선정하여야 한다.

1) 전용하려는 산지의 면적이 2만제곱미터 이하인 경우 : 4개소

2) 전용하려는 산지의 면적이 2만제곱미터를 초과하는 경우: 2곳에 그 초과 면적 5만제곱미터마다 1개소를 추가

다. 나목에 따른 조사재해위험조사표준지 중 사면에 대해서는 산사태 취약여부를 계곡에 대해서는 토석류 취약여부를 추가로 조사하여야 한다.

4) 「산림보호법」 상의 관련 조항

【근거법령】 산림보호법 제45조의7

제45조의7(산사태의 발생 우려지역에 대한 조사) ① ~ ② <생략>

③ 제1항 및 제2항에 따른 조사의 내용·방법이나 그 밖에 필요한 사항은
농림축산식품부령으로 정한다.

【근거법령】 산림보호법 시행규칙 제37조의2

제37조의2(산사태의 발생 우려지역에 대한 조사의 내용 등) ① 법 제45조의7에
따른 조사에는 다음 각 호의 사항이 포함되어야 한다.

1. 기초조사

- 가. 산사태 발생 우려지역의 위치·규모
- 나. 산사태 발생 우려지역의 유형별 분류

2. 실태조사

- 가. 산사태 발생 우려지역의 토석유출·붕괴·침식의 정도
- 나. 산사태 발생 우려지역의 토지·산림 현황 등 산사태 발생 원인요소별 특성
다. 그 밖에 지방자치단체, 지방산림청 및 국유림관리소(이하 "지역산사태
예방기관"이라 한다)의 장이 필요하다고 인정하는 사항

② 제1항제1호에 따른 기초조사는 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는
방법으로 한다.

1. 현지 직접조사

2. 항공기·인공위성 등을 통한 원격탐사 또는 의견조사·자료·문헌 등을
통한 간접조사

③ 제1항제2호에 따른 실태조사는 제2항제1호에 따른 방법을 원칙으로
하되, 같은 항 제2호에 따른 방법을 병행할 수 있다.

④ 제1항부터 제3항까지에서 규정한 사항 외에 산사태의 발생 우려지역에
대한 조사의 내용·방법 등에 관하여 필요한 사항은 산림청장이 정한다.

2.2 재해위험성 검토의견서 추진경위

- 2014. 12. 10 : “재해 및 경사안정성을 고려한 산지전용허가기준의 고도화 방안” 연구용역 완료
- 2015. 05. 29 : 「산지관리법 시행규칙」에서 재해위험성검토의견서 제출 입법예고
- 2015. 11. 25 : 재해위험성검토의견서 제출규정 시행
- 2016. 01. 29 : 산지전용타당성조사의 수수료 산정기준 고지·납부·환급 및 운영 등에 관한 규정 개정 고시 (산지전용타당성조사 내의 재해위험성 검토의견서 관련)
- 2020. 03. 19 : 「산림보호법」의 “산사태 발생 우려지역 조사 및 취약지역 지정·관리 지침 개정으로 사면안정해석 및 토석류 시뮬레이션 해석 도입
- 2021. 06. 15 : 「산지관리법」에서 태양광에너지발전시설(산지일시사용허가)에 대한 사면 안정성 검토 결과를 포함한 재해위험성검토의견서 제출 법제화
- 2021. 12. 16 : 「산지관리법」에서 태양광에너지발전시설(산지일시사용허가)에 대한 사면 안정성 검토 결과를 포함한 재해위험성검토의견서 제출규정 시행
 「산지관리법」 개정안의 시행에 따른 「산지관리법 시행규칙」 개정 및 산지전용허가시의 재해위험성 검토의견서 제출 대상면적 확대

2.3 수행절차

구분	내 용	세부 사항	관련규정
재 해 위 험 성 검 토 의 견 서 작 성	관계법령 검토	사업계획서 및 관계법령 검토	
	재해위험조사 표준지 설계	기초자료 준비 유역분석 산사태위험판정조사 대상지역 선정 「산사태위험지판정기준표」 항목 분석	산지관리법 시행규칙 별표1의3 비고4호 '가'
		대상유역 선정 유역내 대상지 선정 시계열 분석 재해위험조사표준지 선정 보호대상 범위 설정	산지관리법 시행규칙 별표1의3 비고4호 '나'
	산사태 위험성평가 현장조사	산사태(토석류) 발생 우려지역 기초조사 평가표 산사태(토석류) 발생 우려지역 실태조사 판정표 ※기초조사 결과 60점 이상 대상지 실태조사 실시하며, 태양에너지 발전시설의 설치를 위한 산지일시사용허가는 실태조사만 실시	산림보호법 제45조의7 및 '산사태 발생 우려지역 조사 및 취약지역 지정·관리 지침'
	재해위험성 분석	사면 안정해석 및 토석류 시뮬레이션해석 공간정보 분석	
	재해위험성검토 의견서 작성	검토의견서 작성 재해저감대책 수립	산지관리법 시행규칙 [별지 제4호의2 서식
↓			
검토 및 적정성 판단			

3 적용범위

- **산지전용허가**(산지관리법 시행규칙 별지 제4호의2서식)
 - 「산지관리법 시행규칙」 제10조제2항차목에 의거 산지전용허가를 받으려는 면적이 660제곱미터(산지전용허가를 신청한 자가 다수의 산지전용허가를 신청한 경우에는 허가를 신청한 산지 중 연접한 산지의 면적을 합산하여 산정한다) 이상인 경우에 한정함.
 - 「산지관리법 시행규칙」 별표1의3제5항에 의거 전용사업의 목적이 저수지 수몰지 또는 댐 수몰지 조성 등과 같이 재해위험성 고려 필요성이 낮은 경우에는 실시하지 아니함.
- **태양에너지발전시설 목적의 산지일시사용허가**(시행규칙 별지 제4호의3서식)
 - 「산지관리법」 제15조의2제9항에 의거 태양광에너지발전시설을 설치하기 위하여 산지 일시사용허가를 받으려는 자는 면적에 상관없이 사면에 대한 안정성 검토결과를 포함한 재해위험성 검토의견서를 제출하여야함.
- **태양에너지발전시설 목적 외 산지일시사용허가**(시행규칙 별지 제4호의2서식)
 - 「산지관리법 시행령」 제18조의2 및 시행규칙 별지 제7호의3서식 차목에 의거 산지일시사용허가를 받으려는 면적이 2만제곱미터(동일인이 다수의 산지일시사용허가를 신청한 경우에는 허가를 신청한 산지 중 연접한 산지의 면적을 합산하여 산정한다) 이상인 경우로 한정함.
- **경과조치**
 - 개정규정은 2021.12.16.부터 시행, 이 규칙 시행 전에 산지전용허가·산지일시사용허가를 신청한 경우로서 이 규칙 시행 당시 허가 절차가 진행중인 경우에는 종전의 규정을 따름

【참고】 「산지관리법 시행규칙」 개정안의 규제개혁위원회 규제심사결과 산지전용허가를 받으려는 면적이 5천㎡ 이상인 재해위험성 검토의견서는 「자연재해대책법」상 재해영향평가와 중복성으로 이중규제 우려가 있어 제도 시행이후 2023. 6. 15.까지 존속기한 설정 및 실효성 재검토

4 용어의 정의

□ 산지 (산지관리법 제2조)

- “산지”란 다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 토지를 말한다. 다만, 주택지 [주택지조성사업이 완료되어 지목이 대(垸)로 변경된 토지를 말한다] 및 대통령령으로 정하는 농지, 초지(草地), 도로, 그 밖의 토지는 제외한다.
 - 가. 「공간정보의 구축 및 관리 등에 관한 법률」 제67조제1항에 따른 지목이 임야인 토지
 - 나. 임목(立木)·대나무가 집단적으로 생육(生育)하고 있는 토지
 - 다. 집단적으로 생육한 임목·대나무가 일시 상실된 토지
 - 라. 임목·대나무의 집단적 생육에 사용하게 된 토지
 - 마. 임도(林道), 작업로 등 산길
 - 바. 나목부터 라목까지의 토지에 있는 암석지(巖石地) 및 소택지(沼澤地)

□ 산지전용 (산지관리법 제2조)

- “산지전용”(山地轉用)이란 산지를 다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 용도 외로 사용하거나 이를 위하여 산지의 형질을 변경하는 것을 말한다.
 - 가. 조림(造林), 숲 가꾸기, 임목의 벌채·굴취
 - 나. 토석 등 임산물의 채취
 - 다. 대통령령으로 정하는 임산물의 재배[성토(흙쌓기) 또는 절토(땅깎기) 등을 통하여 지표면으로부터 높이 또는 깊이 50센티미터 이상 형질변경을 수반하는 경우와 시설물의 설치를 수반하는 경우는 제외한다]
 - 라. 산지일시사용

□ 산지일시사용 (산지관리법 제2조)

- “산지일시사용”이란 다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 것을 말한다.
 - 가. 산지로 복구할 것을 조건으로 산지를 제2호가목부터 다목까지의 어느 하나에 해당하는 용도 외의 용도로 일정 기간 동안 사용하거나 이를 위하여 산지의 형질을 변경하는 것
 - 나. 산지를 임도, 작업로, 임산물 운반로, 등산로·탐방로 등 숲길, 그 밖에 이와 유사한 산길로 사용하기 위하여 산지의 형질을 변경하는 것

□ **재해위험성 검토의견서 작성자 (산지관리법 시행규칙 제10조제2항 차목)**

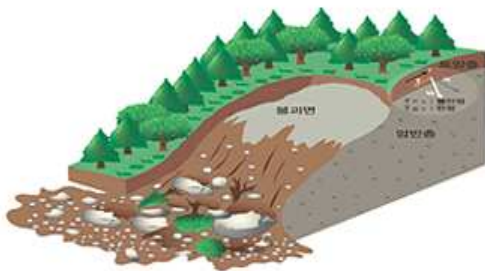
- 산림기술용역업자 소속 산림기술자로서 「산림기술 진흥 및 관리에 관한 법률 시행령」 별표 5의 재해위험성 검토사업의 배치기준에 해당하는 사람
- 산림기술 진흥 및 관리에 관한 법률 시행령 [별표 5] <개정 2021. 6. 8.>

산림기술자등의 배치기준(제15조제1항 관련)

구분	사업종류	규모	배치기준
조사	재해위험성 검토	10만제곱미터 이하	기술고급 이상 산림공학기술자 1명 이상
		10만제곱미터 초과	기술특급 산림공학기술자 1명 이상

□ **산사태와 토석류 (사방사업법 제2조)**

- “산사태”란 자연적 또는 인위적인 원인으로 산지가 일시에 붕괴되는 것을 말한다.
- “토석류”(土石流)란 산지 또는 계곡에서 토석·나무 등이 물과 섞여 빠른 속도로 유출되는 것을 말한다.



<산사태>



<토석류>

그림 1 산사태 및 토석류 모식도

□ **산사태 위험성 평가 (산지관리법 시행규칙 별표1의3제5호가목)**

- 「산지관리법 시행령」 별표4제2호나목1에 대한 세부사항으로 “산사태위험지 판정기준표”에 따라 조사한 결과 산사태위험도가 높은 지역 및 그 주변의 사면 및 계곡에 대하여 「산지관리법 시행규칙 별표1의3 비고 제4호에 따라 실시하는 평가

□ 산사태위험성판정조사 대상지역 (산지관리법 시행규칙 별표1의3 비고 제4호)

- 「산지관리법 시행규칙」 별표1의3 비고 제4호가목에서 전용하려는 산지의 면적 기준에 따라 선정된 지역으로 「산지관리법 시행규칙」 별표1의2 “산사태 위험지판정기준표”에 따라 조사를 실시하는 지역
 - 전용하려는 산지의 면적이 2만제곱미터 이하인 경우 : 4개소
 - 전용하려는 산지의 면적이 2만제곱미터를 초과하는 경우 : 4곳에 그 초과 면적 5만제곱미터마다 2개소를 추가

【참고】 산사태위험판정조사 대상지역이 산지전용허가 및 산지일시사용허가 산지의 면적과 동일하게 선정되는 등 불가피한 경우에는 4개소 미만으로 선정할 수 있으며, 태양에너지발전시설 설치를 위한 산지일시사용허가 대상의 산사태위험판정조사 대상지역의 수평투영면적이 100제곱미터 미만인 경우에는 산지의 면적 전체에 대해 재해위험조사 표준지를 선정할 수 있음.

□ 재해위험조사표준지 (산지관리법 시행규칙 별표1의3 비고 제4호)

- 「산지관리법 시행규칙」 별표1의3 비고 제4호나목에서 산사태위험판정조사 대상지역과 그 주변 사면 및 계곡을 포함하는 지역으로 산사태위험판정조사 결과 산사태위험도가 높은 지역 순서대로 선정하며, 「산림보호법」 제45조의 및 같은 법 시행규칙 제37조의2에 따른 산사태 발생 우려지역에 대한 조사방법에 따라 조사를 실시하는 지역
 - 전용하려는 산지의 면적이 2만제곱미터 이하인 경우 : 2개소
 - 전용하려는 산지의 면적이 2만제곱미터를 초과하는 경우 : 2곳에 그 초과 면적 5만제곱미터마다 1개소를 추가

제 2 장

재해위험성 검토의견서 개요

1. 검토 주체
2. 검토 항목
3. 검토의견서의 서식 및 구성

제2장

재해위험성 검토의견서 개요

1 검토 주체

□ 재해위험성 검토의견서 검토 주체

- 산림기술용역업자 소속 산림기술자로서 「산림기술 진흥 및 관리에 관한 법률 시행령」 별표 5의 재해위험성 검토사업의 배치기준에 해당하는 사람이 조사·작성 : 「산지관리법 시행규칙」 제10조제2항제1호차목

- 산림기술 진흥 및 관리에 관한 법률 시행령 [별표 5] <개정 2021. 6. 8.>

산림기술자등의 배치기준(제15조제1항 관련)

구분	사업종류	규모	배치기준
조사	재해위험성 검토	10만제곱미터 이하	기술고급 이상 산림공학기술자 1명 이상
		10만제곱미터 초과	기술특급 산림공학기술자 1명 이상

표 1 산림기술자 등의 배치기준

2 검토 항목

□ 재해위험성 검토의견서 검토항목

서 식	검토항목	
산사태위험지 판정기준표	경사길이, 모암, 경사위치, 임상, 사면형, 토심, 경사도, 조사자의 점수보정	
산사태 발생우려지역 기초조사 평가표	산사태	보호대상, 경사길이, 경사도, 사면형, 임상, 모암
	토석류	보호대상, 황폐 발생원, 계류평균경사, 집수면적, 총 계류길이, 계류내 전석 분포비율
산사태 발생우려지역 실태조사 판정표	산사태	- 피해가능성 : 피해이력, 직접영향권내 보호시설 - 지형 · 토사사면 : 경사도, 사면높이, 토심, 종단형상 · 암반사면 : 경사도, 사면높이, 암석종류, 균열상황 - 주요위험인자 · 공통 : 산사태위험등급 현황, 용수상황 · 토사사면 : 붕괴지, 뿌리특성, 산림현황 · 암반사면 : 붕괴, 불연속면 방향, 풍화상태 ※토사사면 및 암반사면에 따른 해당 항목만 검토하며, 사면유형이 복합사면일 경우 토사사면 및 암반사면 중 점수가 높거나 위험 가능성이 큰 사면의 배점만 적용
	토석류	- 피해가능성 : 피해이력, 직접영향권내 보호시설 - 지형 : 유역면적, 계류 평균경사도, 토심 - 위험인자 · 주 위험요소 : 붕괴, 침식, 전석, 토석류 흔적 ※주 위험요소 항목중 높은점수 택 1 · 잠재적 위험요소 : 산사태위험등급현황, 산림현황, 뿌리특성, 기타위험요소(선택형) ※기타위험요소(유송잡물, 퇴적지, 용출수, 유실, 배수상태, 단층대, 지진대, 복합적 지질구조, 기타)항목 중 택 1
재해위험성 검토의견서	- 보호대상 : 보호시설여부 및 개소수, 인가여부 및 인가수, 계류상·하부의 주요보호시설 및 인가 상세설명 - 기초조사 평가표 : 산사태(토석류) 발생 우려지역 기초조사 점수 합계 및 실태조사 필요여부 ※단, 태양광에너지발전시설을 설치하기위한 산지일시사용허가의 경우 사면 안정해석을 포함한 실태조사만 실시 - 실태조사 판정표 : 산사태(토석류) 발생 우려지역 실태조사 점수 합계 및 판정등급 - 검토의견 : 위험지역 선정사유, 특이사항, 종합의견 - 재해방지시설 설치의견 : 재해방지시설 설치 필요성, 재해방지 시설 설치사업 종류 및 선정사유	

3 재해위험성 검토의견서 구성 및 서식

3.1 재해위험성 검토의견서의 구성

구 분	내 용 구 성
[본문]	1. 사업대상의 개요 1.1 사업의 배경 및 목적 1.2 재해위험성검토의 실시근거 1.3 사업의 내용 1.4 사업의 협의대상 및 검토사항 2. 재해위험성검토 대상지역의 설정 2.1 산사태위험판정조사 대상지역 선정 2.2 산사태위험도순위 분석 2.3 재해위험조사표준지 선정 2.4 재해위험조사표준지 조사방법 3. 기초현황조사 3.1 유역현황 3.2 모암분포 3.3 산림현황 3.4 사방시설 3.5 재해이력 4. 유역별 현장조사 결과 및 평가(저감대책) 4.1 유역별 조사결과 1) 현장조사 결과 1) 종합의견 및 대책방안 4.2 조사대상지 인근 기타 특이사항
[부록]	1. 산사태(토석류) 발생 우려지역 기초조사 평가표 2. 산사태(토석류) 발생 우려지역 실태조사 판정표 3. 재해위험성 검토의견서 4. 기타 첨부서류 등 5. 참고자료 및 관련 설계도면

표 2 재해위험성 검토의견서의 구성

3.2 재해위험성 검토의견서 관련 검토서식

□ 재해위험성 검토의견서 검토 서식(제출서류)

○ 산사태위험지판정기준표

- 「산지관리법 시행규칙」 제5조, 제28조의3의 규정에 의한 「산지관리법 시행규칙」 [별표 제1의2]의 서식

○ 산사태 발생 우려지역 기초조사 평가표(산사태, 토석류)

- 「산사태 발생 우려지역 조사 및 취약지역 지정·관리 지침」(산림청, 2020)에 따른 [별표 1] 및 [별표 2]의 서식

○ 산사태 발생 우려지역 실태조사 판정표(산사태, 토석류)

- 「산사태 발생 우려지역 조사 및 취약지역 지정·관리 지침」(산림청, 2020)에 따른 [별표 5] 및 [별표 6]의 서식

○ 재해위험성 검토의견서

- 산지전용허가 및 산지일시사용허가의 신청서 : 「산지관리법 시행규칙」 제10조제2항제1호차목의 규정에 의한 「산지관리법 시행규칙」 [별지 제4호의2서식]
- 산지일시사용허가(태양광에너지발전시설설치)의 신청서 : 「산지관리법 시행규칙」 제15조의6제3항의 규정에 의한 「산지관리법 시행규칙」 [별지 제4호의3서식]

제 3 장

재해위험 조사표준지 설계

1. 기초자료 준비
2. 유역분석
3. 산사태위험판정조사 대상지역 선정
4. 산사태위험지판정기준표 항목 분석
5. 대상유역 선정
6. 유역내 대상지 선정
7. 시계열 분석
8. 재해위험조사표준지 선정
9. 보호대상 범위 설정
10. 현장조사 도면 작성

제3장

재해위험조사표준지 설계

1 기초자료 준비

1.1 신청자료 검토

- 신청자료는 재해위험성 검토를 위해 필요한 자료로 개발사업 신청자의 토지 이용계획, 공사계획평면도, 복구계획도·서, 재해영향평가서 등을 중점적으로 검토
- 또한, 재해위험성 검토의견서 작성자는 사업대상지, 조사대상지, 지적선 등의 공간정보 기초자료를 확인

구분	주요 항목	검토사항
사업자	공사계획평면도	절성토, 옹벽설치 등의 전반적인 토지 이용계획 검토
	복구계획도·서	복구 대상지에 대한 공법 공종 등을 검토
	재해영향평가서	공사 전·중·후 임시 침사지 및 영구 침사지, 유역분석, 전용지 하단부 방재대책 계획 등을 검토
재해위험성 검토의견서 작성자	사업대상지, 조사대상지 등의 shp 파일	산지내역, 사업부지 등이 일치하는지 확인

표 3 기초자료 검토 항목

1.2 기초데이터 준비

기초데이터	용도 구분	자료 출처
수치지형도	전 과정	국토정보플랫폼 (http://map.ngii.go.kr)
연속수치지형도	전 과정	국토정보플랫폼 (http://map.ngii.go.kr)
연속지적도	신청자료검토	국가공간정보포털 (http://openapi.nsd.gov.kr)
정사영상	재해위험조사표준지 선정	국토정보플랫폼 (http://map.ngii.go.kr)
산사태위험지도	재해위험조사표준지 선정	국가공간정보포털 (http://www.nsd.gov.kr)
임상도	산사태위험지판정 기준표 항목분석	산림공간정보서비스 (https://map.forest.go.kr)
산림입지토양도	산사태위험지판정 기준표 항목분석	산림공간정보서비스 (https://map.forest.go.kr)
수치지질도	산사태위험지판정 기준표 항목분석	지오빅데이터 오픈플랫폼 (https://data.kigam.re.kr)
산림지반특성지도	산사태 위험지 실태조사판정	산림청 산사태방지과 협조로 취득 비갱신자료
지반정보	산사태 위험지 실태조사판정	국토지반정보 포털시스템 (https://www.geoinfo.or.kr)
강우강도	산사태 위험지 실태조사판정	국가수자원관리종합정보시스템 (http://www.wamis.go.kr)
사업계획 관련자료	전 과정	사업대상지, 조사대상지, 토지이용계획도, 공사계획 평면도, 복구계획도·서, 재해영향평가서 등 (사업자 제출자료)
사방시설 현황 재해발생 이력	기초현황조사	각 해당 지자체의 공문을 통한 자료요청·회신

표 4 주요 기초데이터 및 자료출처

1) 수치지형도 및 연속수치지도(수계)

- 개발사업의 성격에 따라 대상지를 중심으로 1km 반경의 1:5000 수치지형도 (*.dxf)를 다운받아 지도를 작성 (국토정보플랫폼 : <http://map.ngii.go.kr>)

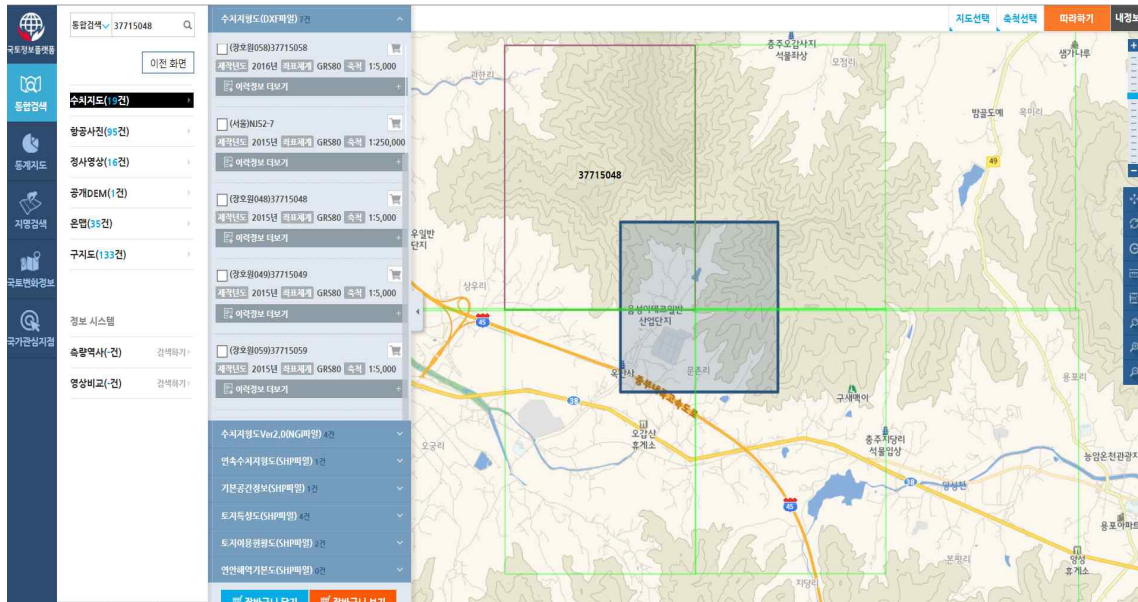


그림 2 수치지형도 기초자료 준비

- 대상지역 선정, 재해위험조사표준지 선정을 위한 산사태위험지판정기준표 및 산사태위험성평가의 경사도, 경사길이, 경사위치, 사면형 등의 분석에 활용

구분	주요 표준 코드	도식
하천경계	E0010001	
하천중심선(미분류)	E0020000	
(하천)미분류	E0022110	
세류	E0022112	
건천	E0022113	
하천 중심선	E0022115	
실폭하천	E0032111	
호수, 저수지	E0052114	
등고선	F00171%	
표고점	F0027217	
삼각점	H0027311	
수준점	H0027312	
통합기준점	H0027313	

표 5 수치지형도 주요 레이어코드

- 대상지를 중심으로 1km 반경의 연속수치지도(*.shp) 수계를 선택하여 다운로드

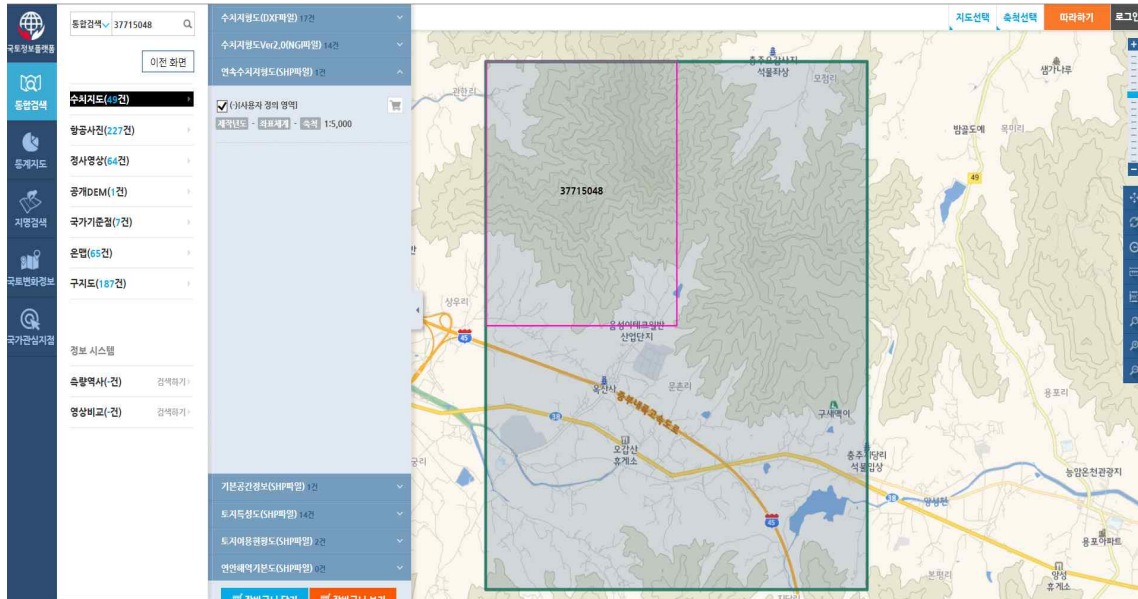


그림 3 연속수치지도 기초자료 준비

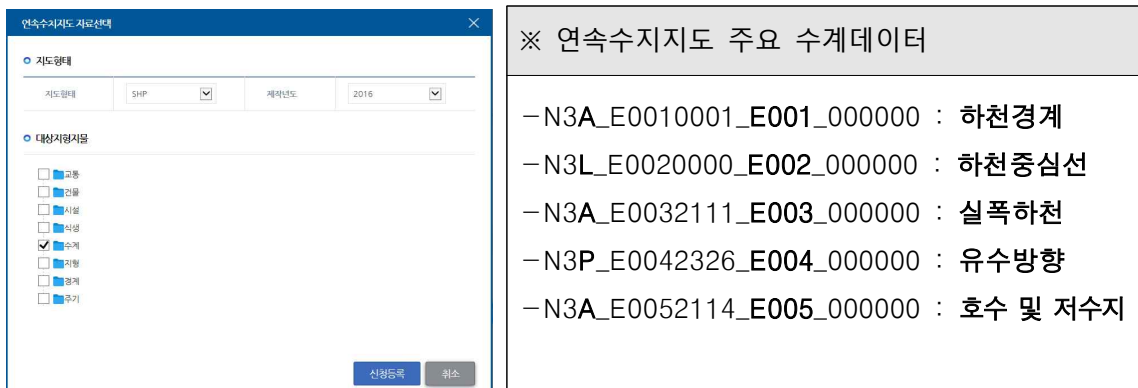


그림 4 대상지형지물 중 수계 선택

- 다운로드 한 수계의 shp파일은 U-TMK 좌표계를 사용하므로 「공간정보의 구축 및 관리 등에 관한 법률」에 따라 대상지가 위치하고 있는 좌표계로 변환
- 하천중심선, 하천경계, 호수 및 저수지 등의 수계를 이용한 대상지역 선정, 대상유역 분석, 재해위험조사표준지(토석류 위험지) 선정 등의 분석에 활용

2) 정사영상

- 사업대상지 1km 반경의 면적기준으로 정사영상을 세가지 년도의 시기로 다운로드하여 편집하여 지도를 작성 (국토정보플랫폼 : <http://map.ngii.go.kr>)

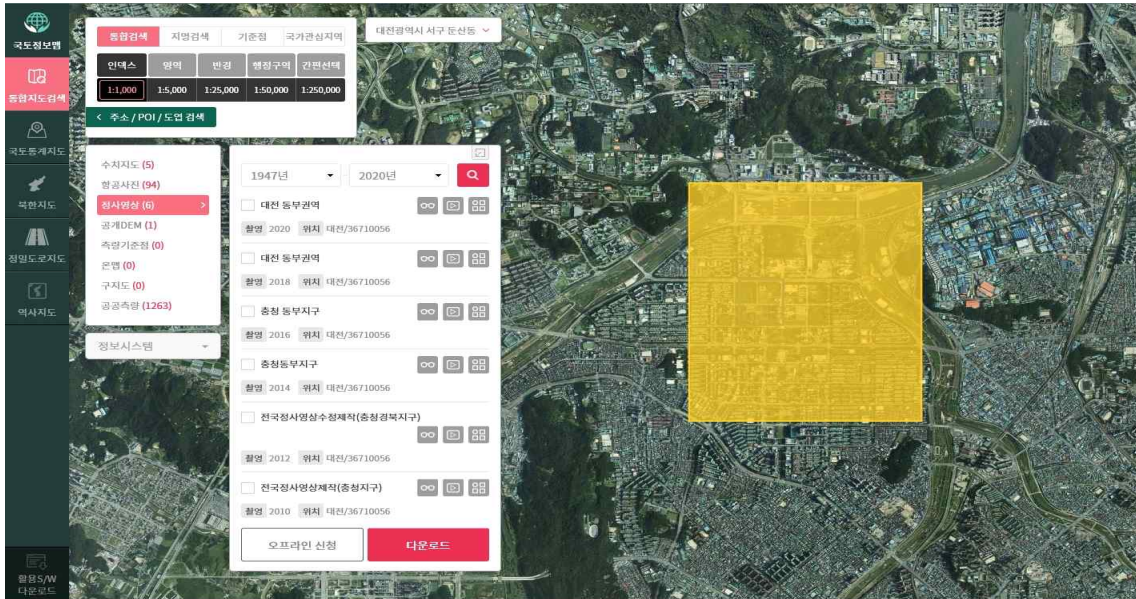


그림 5 정사영상 기초자료 준비

- 재해위험표준지조사표준지 최종 선정시 세 시기의 정사영상을 비교하여, 파악되지 못한 재해이력이나 훼손여부, 사방댐, 임도 등의 현황 확인시 활용

3) 산사태위험지도

- 산사태위험지도(*.img)를 다운받아 사업대상지 1km 반경의 면적기준으로 편집하며, 래스터형태의 파일을 벡터형태의 파일로 변환하여 지도를 작성 (국가공간정보포털 : <http://www.nsd.go.kr>)

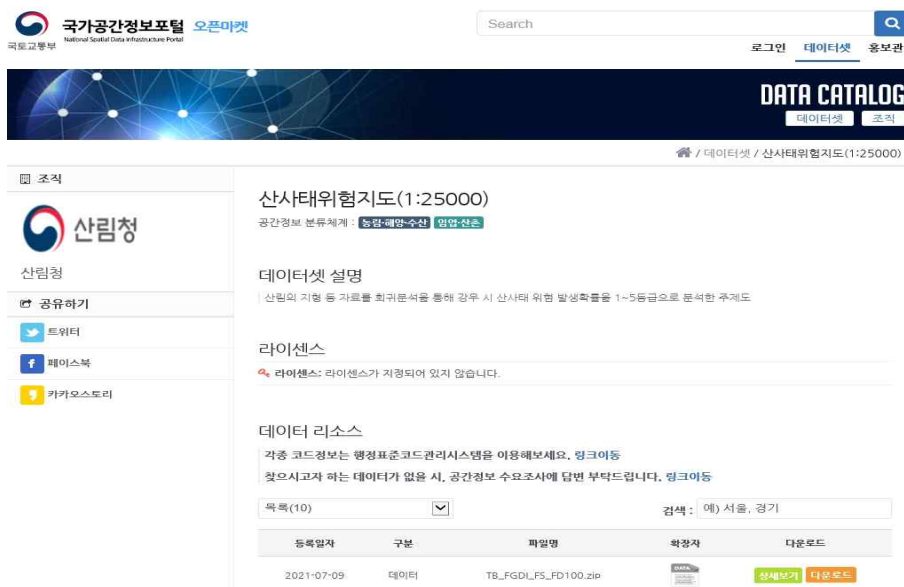


그림 6 산사태위험지도 기초자료 준비

- 산사태위험지도는 ITRF_2000 Datum에 가산수치 False_Easting : 200000, False_Northing : 500000의 중부원점을 사용하므로 「공간정보의 구축 및 관리등에 관한 법률」에 따라 대상지가 위치하고 있는 좌표계로 변환
- 대상지역 선정, 대상유역 분석 등 재해위험조사표준지(산사태 위험지) 선정에 활용

4) 임상도

- 사업대상지가 포함된 임상도(*shp)를 다운받아 사업대상지 1km 반경의 면적기준으로 편집 (산림공간정보서비스 : <https://map.forest.go.kr>)

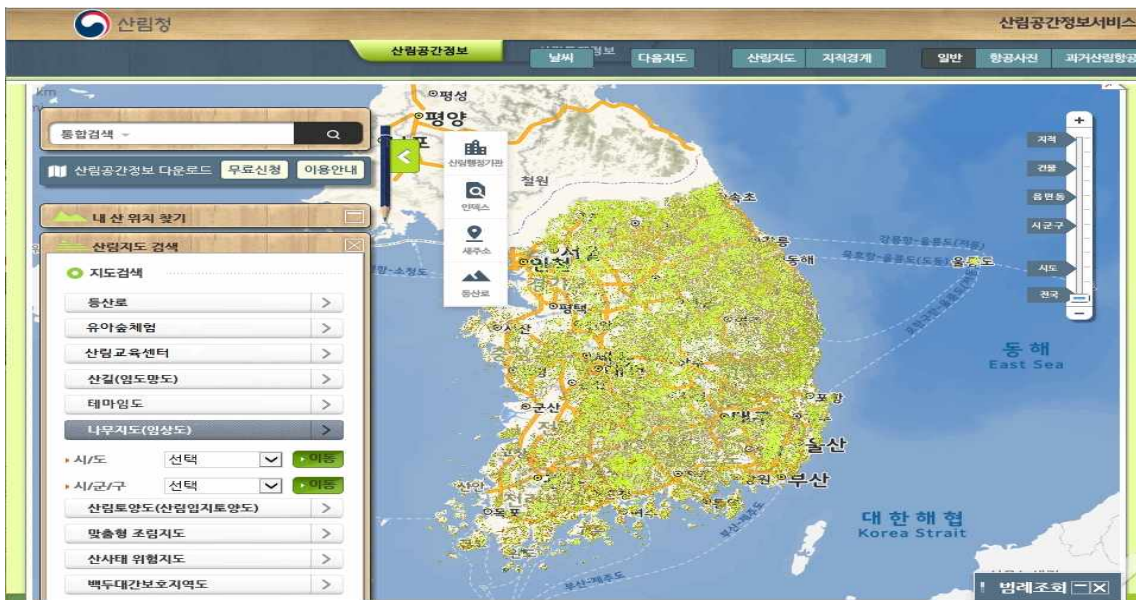


그림 7 임상도 기초자료 준비

- 임상도(*shp)에서 비산림 부분을 추출하여 별도로 관리
 - 임상도 지형지물 코드 : 주거지(91), 초지(92), 경작지(93), 수체(94), 과수원(95), 기타(99)
 - 재해위험조사표준지 선정시 비산림부분(형질변경지)은 제외하기 위하여 비산림 부분만 별도로 추출
- 대상지역 선정, 재해위험조사표준지 선정을 위한 산사태위험지판정기준표 및 산사태위험성평가의 임상 분석 등에 활용

5) 수치지질도

- 사업대상지가 포함된 수치지질도(*shp)를 다운받아 사업대상지 1km 반경의 면적기준으로 편집하여 지도를 작성
(지오빅데이터 오픈플랫폼 : <https://data.kigam.re.kr>)

※ 수치지질도 주요 데이터

- 0000_Geology_50K_Litho : 암상
- 0000_Geology_50K_Boundary : 지질경계
- 0000_Geology_50K_frame : 도곽인덱스
- 0000_Geology_50K_Cleavage : 벽개

그림 8 수치지질도 기초자료 준비 및 주요 데이터

- 대상지역 선정, 재해위험조사표준지 선정을 위한 산사태위험지판정기준표 및 산사태위험성평가의 모암 분석 등에 활용

6) 연속지적도

- 사업대상지가 포함된 연속지적도(*shp)를 다운받아 사업대상지 1km 반경의 면적기준으로 편집하여 지도를 작성 (국가공간정보포털 : <http://www.nsd.go.kr>)

그림 9 연속지적도 기초자료 준비

- 사업대상지 및 전용예정지의 최신의 지목, 면적 등의 지적현황 확인 등에 활용

7) 강우강도

- “국가수자원관리종합정보시스템”홈페이지 중 강우분석 항목에서 확률강우량(지역 빈도해석)을 다운받아 사업대상지와 가장 인접한 관측소의 재현기간 100년의 확률강우량을 활용 (국가수자원관리종합정보시스템 : <http://www.wamis.go.kr>)

관측소코드	재현기간(년)	확률강우량(mm)														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
10011100	2	30.2	42.6	53.6	63.2	72.3	81.4	90.1	98.7	106.3	113.4	120.3	127.1	133.3	138.6	143.9
10011100	3	35.2	49.8	62.8	74.1	84.8	96.0	106.3	116.5	126.6	134.0	142.1	150.3	157.7	164.3	171.0
10011100	5	41.3	59.0	74.6	88.4	101.4	115.0	127.2	139.3	150.1	160.1	169.6	179.4	188.1	196.0	204.3
10011100	10	49.7	72.9	92.3	110.2	128.9	148.8	168.8	178.3	186.9	196.2	205.6	215.1	221.6	231.6	241.6
10011100	20	58.6	87.9	112.7	136.0	157.1	177.7	198.7	212.4	227.6	241.4	254.6	268.6	279.9	290.9	303.3
10011100	30	64.2	98.0	126.2	153.4	177.7	200.4	220.3	238.9	254.7	269.6	283.9	299.1	310.8	322.7	336.2
10011100	50	71.7	112.0	145.3	178.3	207.3	232.7	255.3	274.7	292.6	308.7	324.5	341.0	353.2	366.0	380.8
10011100	70	76.9	122.2	159.2	196.7	229.2	256.6	280.9	301.2	320.1	337.0	353.7	371.1	389.4	396.8	412.5
10011100	80	79.0	126.4	165.1	204.5	238.6	266.6	291.6	312.4	331.6	348.8	365.9	383.6	396.0	409.5	425.6
10011100	100	82.7	133.8	175.3	218.2	255.0	284.3	310.7	331.8	351.6	369.4	387.0	405.3	417.6	431.5	448.0
10011100	200	94.8	159.8	211.3	266.7	319.6	346.6	377.4	399.6	421.0	440.1	459.6	479.4	491.1	506.7	523.8
10011100	300	102.5	176.4	235.0	299.9	353.8	388.9	422.4	445.0	467.1	486.8	507.3	527.9	539.9	553.7	572.7
10011100	500	112.8	200.2	269.0	347.4	411.8	449.3	486.6	509.0	531.8	552.1	573.8	595.1	604.7	619.5	639.4
10014010	2	31.8	45.4	55.7	63.2	71.8	79.8	87.7	95.2	102.4	109.3	116.1	122.9	129.6	136.2	142.8
10014010	3	36.4	52.2	64.3	73.1	83.3	92.8	99.7	104.0	110.1	117.4	125.2	132.1	138.2	144.2	149.3
10014010	5	41.3	59.8	73.9	84.2	96.1	107.2	114.1	120.3	127.4	136.0	144.9	152.8	159.8	167.0	172.1
10014010	10	47.2	69.1	86.1	99.2	112.1	125.1	133.4	140.5	148.8	157.7	166.9	177.7	186.8	194.3	200.6
10014010	20	52.6	78.0	97.8	111.7	127.9	142.1	151.6	159.7	169.1	180.1	191.2	200.7	209.4	219.2	228.8
10014010	30	55.6	83.1	104.5	119.5	136.0	151.7	162.1	170.7	180.5	192.2	203.7	213.4	222.5	233.0	241.8
10014010	50	59.3	89.4	113.0	129.2	146.9	163.8	175.0	184.3	194.7	207.1	219.0	228.9	238.4	249.6	259.8

그림 10 강우강도 기초자료 준비

- “토석류 발생 우려지역 실태조사 판정표”상의 “토석류 시뮬레이션 평가”를 위한 토석류 시뮬레이션 해석시 필요한 확률강우량을 활용

8) 지반정보

- “국토지반정보 포털시스템”홈페이지 중 검색유통 항목에서 시추정보를 확인

그림 11 연속지적도 기초자료 준비

- “산사태 발생 우려지역 실태조사 판정표”상의 “산사태 안정해석 평가”를 위한 사면안정해석시 필요한 지반 물성값 및 지층의 구조를 활용

2 유역분석

2.1 기초 공간 분석

- 유역 단위를 선발·추출하기 위해서는 지리정보체계(geographic information system, GIS)프로그램을 활용하는 방식과 수치지형도를 분석하여 계류를 중심으로 능선간의 연결로 유역을 구분하는 방식 등으로 다양함.
- 지리정보체계(GIS)프로그램을 활용한 유역분석은 주로 ArcGis, Qgis, Global mapper 등 다양한 유·무료 프로그램을 사용하고 있음.
- 기초 공간 분석을 위한 면적범위는 사업계획부지 반경 1km이상을 대상으로 분석을 실시

1) 불규칙삼각망(Triangulated Irregular Network, TIN) 생성

- 불규칙 삼각망 자료는 수치 지면 자료를 이용하여 불규칙삼각망을 구성 및 제작한 3차원 자료를 말하며, TIN을 활용하여 특정 지점에서 고도, 경사도 (slope), 향(aspect)분석을 할 수 있어, 유역의 선정, 경사분석 등에 활용
- 수치지형도(*.dxf)에서 등고선 및 표고점을 추출

구 분	주요내용
표고점	표고점(F0027217), 삼각점(H0027311), 수준점(H0027312)
등고선	(불록지)주곡선(F0017111), (불록지)계곡선(F0017114), (오목지)주곡선(F0017121), (오목지)간곡선(F0017122) 등

표 6 불규칙삼각망 생성 관련 주요 레이어 코드

- 추출된 등고선 및 표고점을 활용하여 불규칙삼각망(TIN)을 생성



그림 12 TIN생성 결과 예시

2) 수치표고모델(Digital Elevation Model, DEM) 생성

- 수치표고모델은 불규칙삼각망자료를 이용하여 격자형태로 제작한 지표모형으로서 지형의 위치에 대한 표고를 일정한 간격으로 배열한 수치정보를 말하며, DEM은 경사방향, 경사도, 3차원 투시도 등의 지형특성을 표현하는 모델로서 유역의 선정, 경사분석, 보호대상 범위설정 등에 활용
- 불규칙삼각망(TIN)을 이용하여 수치표고모델(DEM)을 생성

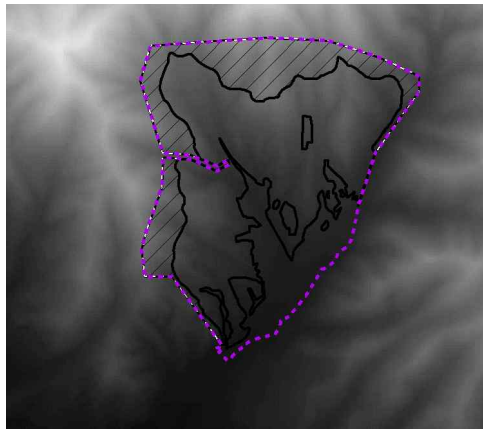


그림 13 DEM생성 결과 예시

2.2 산지유역분석

- 유역 단위 추출을 위해 사용되는 주요 프로그램으로는 기초 공간 분석 프로그램으로 언급된 ArcGis, Qgis, Global mapper 등의 다양한 유·무료의 범용 프로그램을 사용하고 있으며, 구동방식은 대부분 DEM을 이용한 방식이나, 분석과정은 프로그램별로 차이가 있음.
- 본 실무매뉴얼에서는 공간정보를 활용한 다양한 유역 단위 추출방식들 중에서 ArcGis의 Arc Hydro Tools을 이용한 분석방식을 예시로 제시하였으며, 분석 프로그램별 이해도를 높인 후 분석 프로그램을 선택하여 운용해야함.

1) Fill Sinks

- Sink는 흐름방향도(Flow Direction) 계산시 8개의 유효한 값들 중 하나로 할당되지 못하여 흐름방향을 알 수 없는 셀 또는 연결된 셀들의 집합을 말함.
- Sinks가 있는 DEM은 흐름방향도(Flow Direction) 생성시 오류를 발생시키므로 흐름방향도(Flow Direction)분석에 사용되는 DEM은 sinks가 제거된 DEM이 필요함.

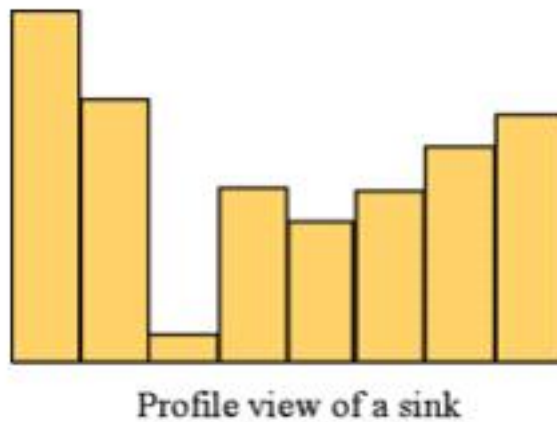


그림 14 Sinks 개념

2) 흐름방향도(Flow Direction)

- 흐름방향도는 격자의 방향값을 갖는 유수의 방향을 8방위로 정하고, 하나의 격자를 중심으로 인접 격자의 고도값을 비교하여 가장 낮은 고도값을 가진 격자의 방향으로 흐름의 방향이 정해지며, 각 격자로부터 최고경사가 발생하는 방향의 방향값을 지니게 된 후, 각 격자의 흐름을 표시

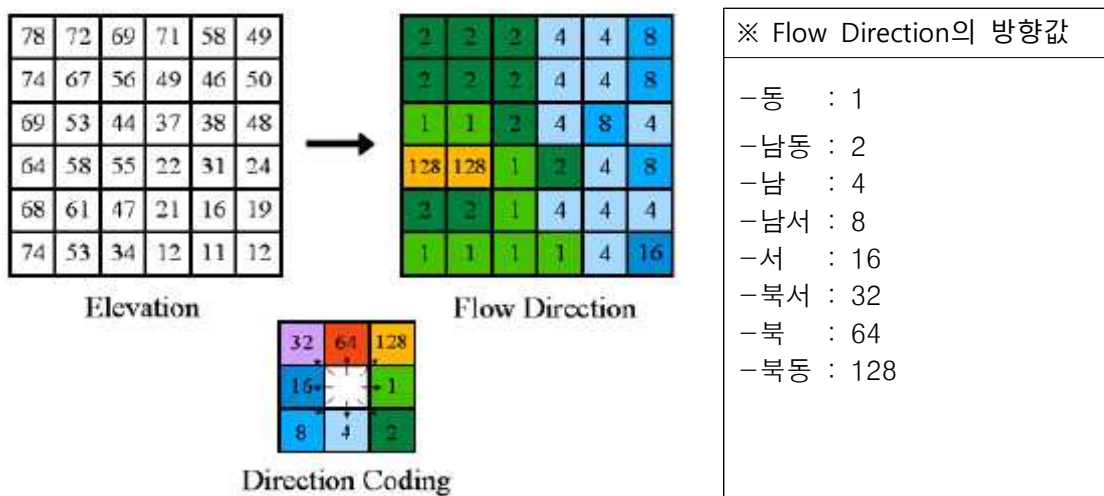


그림 15 Flow Direction 개념

3) 흐름 누적량(Flow Accumulation)

- 흐름 누적량기능은 각 셀의 누적가중치를 이용하여 누적 흐름을 계산하며, 만약 가중치 래스터가 없을 경우, 각 셀은 1의 가중치가 적용
- 높은 흐름누적값을 가진 셀 등은 흐름이 집중된 지역이고, 하도(Stream Channel)를 추출할 때, 흐름누적값이 0인 셀들은 주변보다 높은 지형으로 산등성 추출에 사용

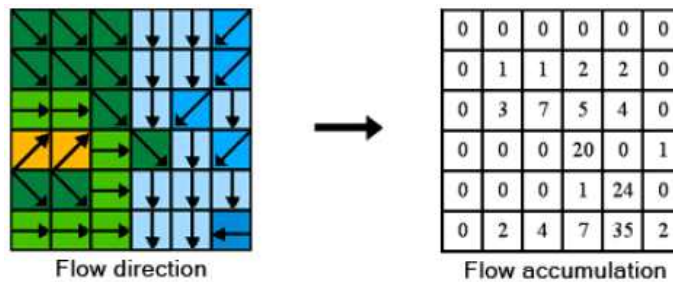


그림 16 Flow Accumulation 개념

4) 하천 정의(Stream Definition)

- 흐름 누적(Flow Accumulation)의 값을 이용, 하천을 정의하는 과정으로 임계값의 범위는 사업규모 및 산지 지형에 따라 달라지며, 임계값이 커질수록 유역의 규모는 커지고, 큰 하천만 드러남.
- 소규모 개발사업 및 소유역 분석시 5ha기준으로 분석하나, 현지를 반영하지 못하거나 현저하게 상이할시 1ha기준으로 추가 분석

5) 하천차수 지정(Stream Segmentation)

- 하천 정의(Stream Definition)에서 정의된 하천을 구간별, 유역별로 분리하는 과정

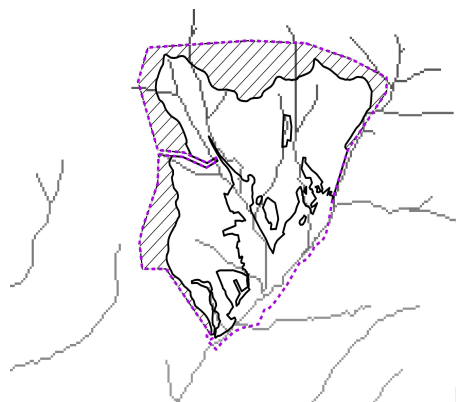


그림 17 하천 정의 결과 예시

6) 하천 유역 생성(Catchment Grid Delineation)

- 흐름방향도(Flow Direction)와 하천차수 지정(Stream Segmentation)결과를 이용하여 유역을 구분·생성하는 과정

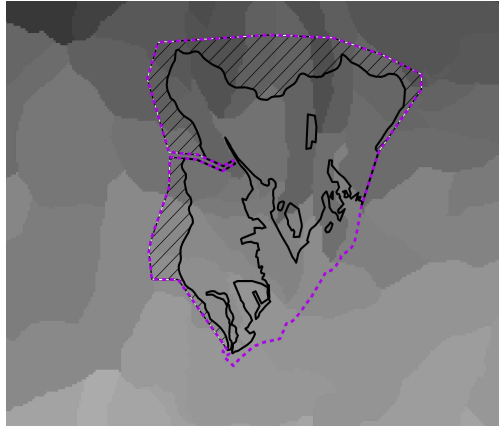


그림 18 하천 유역 생성 예시

7) 유역 라인 생성

- 하천 유역 생성(Catchment Grid Delineation)을 통해 생성된 유역 결과물은 래스터자료이므로 백터자료(Polygon)로 변환하여 선형자료(Polyline)로 변환

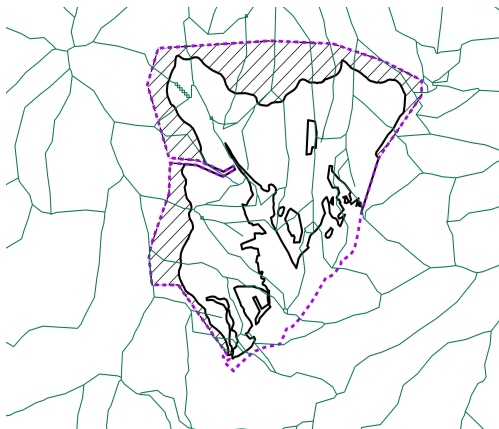


그림 19 유역 라인 생성 예시

8) 산지유역추출

- 생성된 선형이 현지에 맞춰 제대로 생성되었는지 능선 구분을 검토
 - 전용하려는 산지에 영향을 미치는 범위 및 전용하려는 산지가 영향을 미치는 범위를 검토
 - 가급적 한 개의 유출구에 한 개의 유역이 분포하도록 선정하며, 한 개의 하천이 전용지를 통과하여 상부에서 어골 형태로 변하는 경우에는 별도의 유역으로 분류

- 하천중심선, 비산림, 선형자료를 함께 검토하여 산지유역을 추출
 - 유역 하단부의 지형은 비산림을 포함하거나, 능선이 하천을 교차하는 등의 일치하지 않는 부분이 생길 수 있으므로 편집이 필요

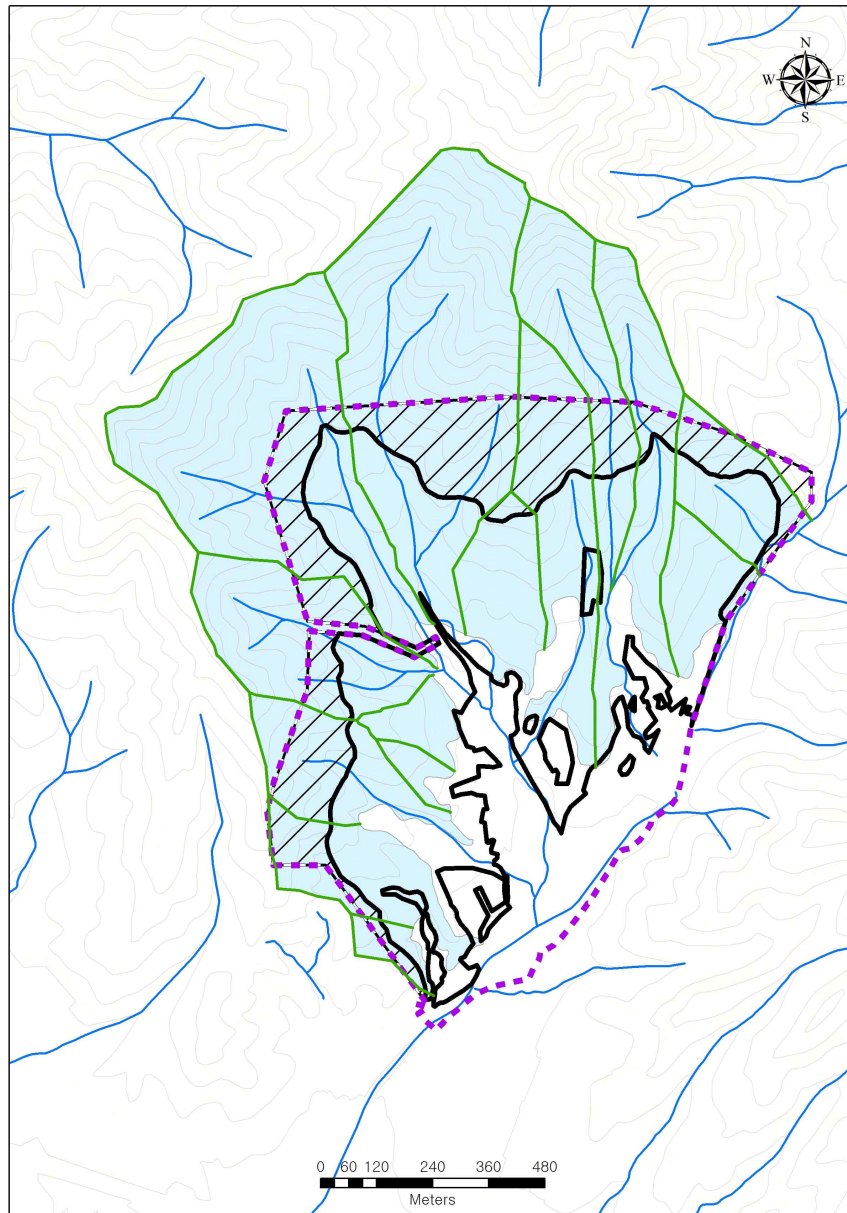


그림 20 산지유역분석 결과 예시

【참고】 산사태위험판정조사 대상지역은 산지전용예정지 내부에서 「산지관리법 시행규칙」 별표1의3 비고 제4호 규정에 따라 선정해야 하므로 산지유역 선정시 산지유역이 산지전용예정지역에 포함된 것만 추출

3 산사태위험판정조사 대상지역 선정

3.1 산사태위험지도를 활용하는 경우

1) 산사태위험지도 구역 구분 및 편집

- 선발된 산지구역 내부 범위 만큼의 산사태위험지도의 산사태위험등급 1등급지를 추출하며, 산지전용예정지 내부에서 「산지관리법 시행규칙」 별표1의3 비고 제4호 규정에 따른 개소수의 충족여부를 확인 후 불충족시 산사태위험등급 1등급지 및 2등급지를 추출
- 산사태위험지도는 구역단위로 구성되어 있지 않고, 각 개체별로 구성되어 있기 때문에 구역별로 군집화가 필요
- 같은 구역단위로 군집화가 되었어도, 산사태위험지도의 각 객체별로 맞닿아 있는 부분은 병합, 능선 및 하천중심선으로 갈라지는 다른 사면은 분할

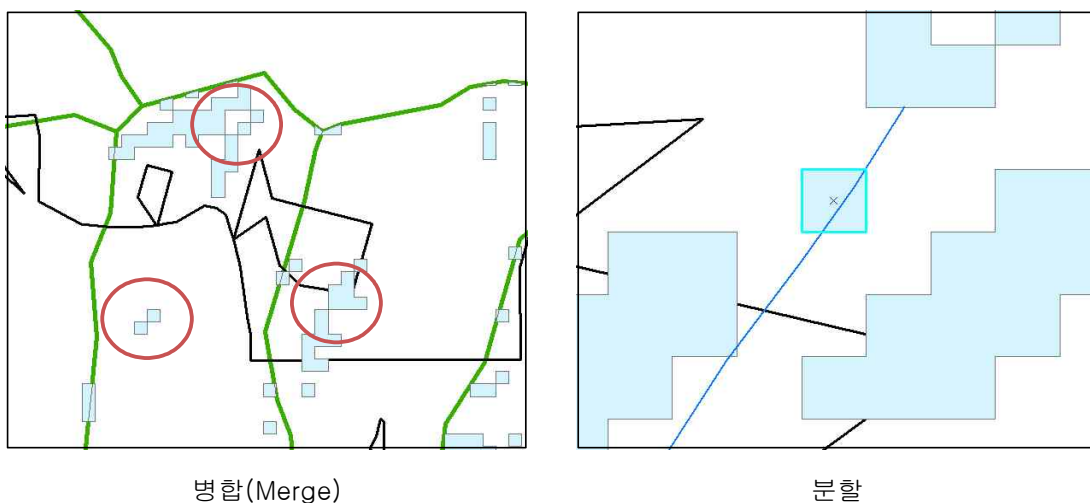


그림 21 산사태위험지도 편집 예시

2) 산사태위험지판정조사 대상지역 선정

- 구역별로 군집화 되어있는 산사태위험지도 중 1등급 또는 1·2등급지 등을 산지전용예정지 내부에 위치한 대상만 추출
- 「산지관리법 시행규칙」 별표1의3 비고 제4호가목에 따라 산사태위험판정조사 대상지역은 수평투영면적을 기준으로 100제곱미터 이상만 표시

- 면적 구적 후 면적이 큰 순서대로 항공사진, 수치지형도를 참고하여 산사태 위험판정조사 대상지역(재해위험조사표준지의 2배수)만큼 번호를 부여하며, 대규모 집단묘지, 농경지, 건물 등이 있는 곳은 가급적 제외하여 선정

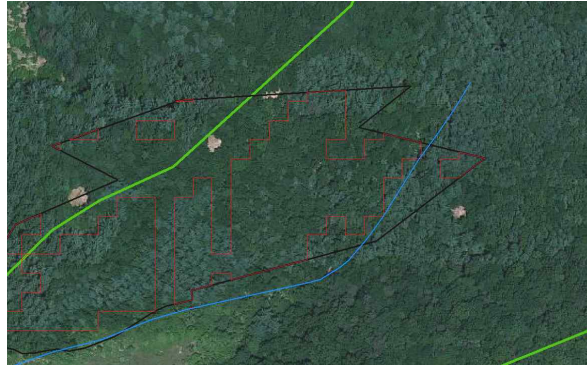


그림 22 항공사진 검토 예시

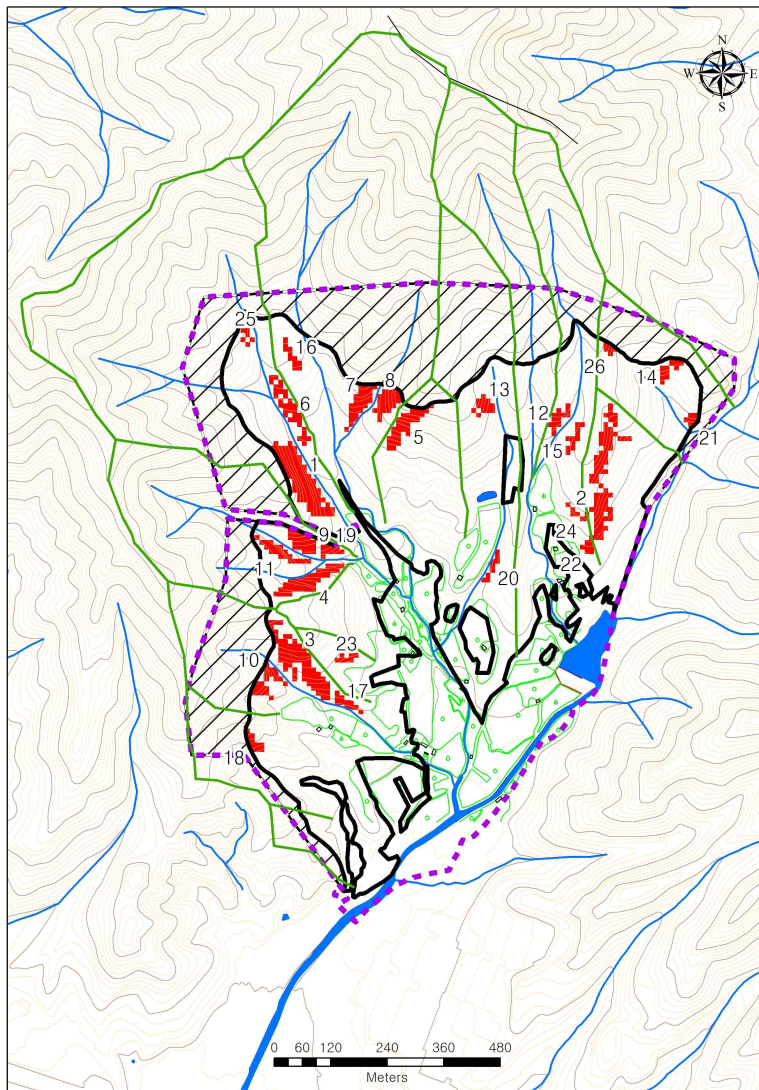


그림 23 산사태위험지판정조사 대상지역 선정 예시

3.2 산사태위험지도를 활용하지 못하는 경우

- 산사태위험지도는 전국단위로 제작되어 있으나, 민간인 통제선 이북지역, 군사시설 및 보안시설, 도서지역 및 해안지역 등의 구축 불가지역이 일부 있어 활용이 어려운 지역을 대상으로 방안을 고려하였음.

1) 격자(10 X 10)단위의 판정기준표

- 전용하려는 산지를 대상으로 10 X 10 크기의 격자를 생성
- 각 격자별로 「산지관리법」 시행규칙 별표1의2 산사태위험지판정기준표 항목 중 경사길이, 경사위치를 제외한 모암, 임상, 사면형, 토심, 경사도를 분석하여 점수를 집계
- 점수가 부여된 격자들을 합계점수에 따른 상위그룹을 군집화하여 산사태 위험판정조사 대상지역으로 선정

2) 분석 항목

- 모암 : 한국지질자원연구원에서 다운받아 준비한 1:50,000 수치지질도를 격자와 중첩하여 분석
- 임상 : 산림공간정보서비스에서 다운받아 준비한 1:5,000 임상도를 격자와 중첩하여 임상, 경급을 분석
- 사면형 : 수치지형도, TIN, 항공사진 등을 활용하여 사면형을 결정
- 토심 : 산림공간정보서비스에서 다운받아 준비한 1:25,000 산림입지도를 격자와 중첩하여 B층까지의 깊이를 분석
- 경사도 : 전용예정지의 서쪽 경계 접선과 북쪽 경계 접선의 교점을 시점으로 하여 유역을 포함하는 격자를 만들어 격자별 평균경사도를 분석

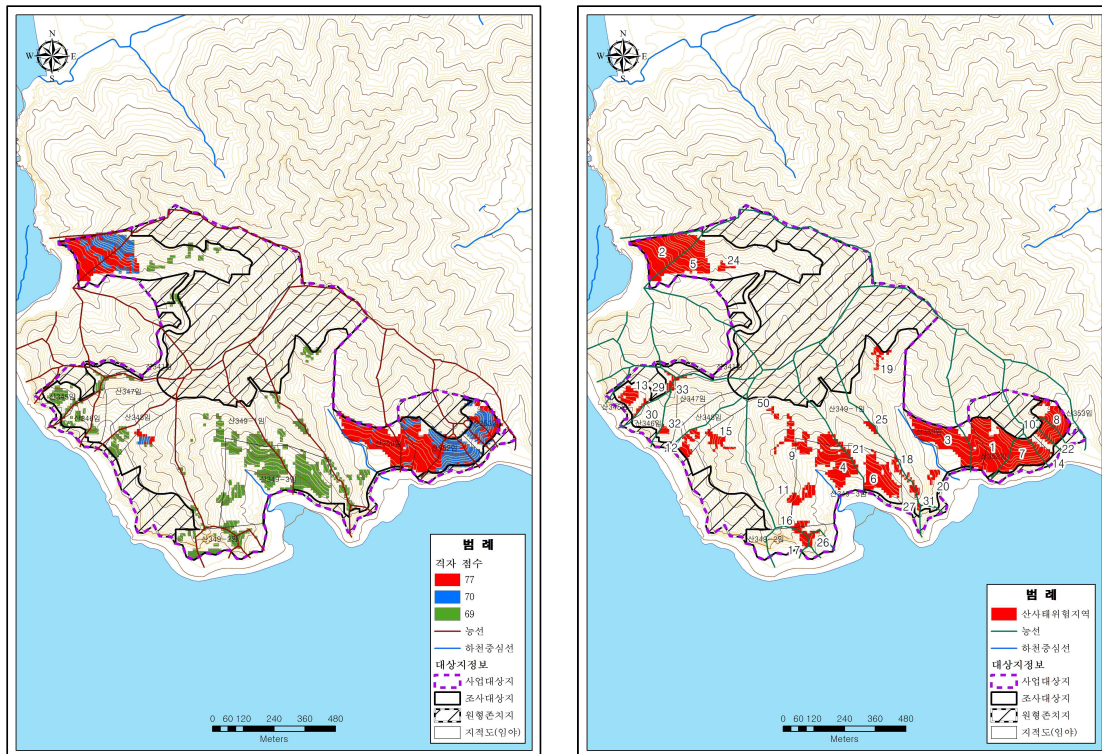
【참고】 자세한 분석 방법은 다음 장인 산사태위험지판정기준표 항목 분석에서 자세히 서술하며, 이후 과정은 산사태위험지도를 활용하는 경우와 동일함

3) 산사태위험지판정조사 대상지역 선정

- 「산지관리법 시행규칙」 별표1의3 비고 제4호가목에 따라 산사태위험판정조사 대상지역은 수평투영면적을 기준으로 100제곱미터 이상만 표시
- 선별된 그룹 중 면적 구적 후 면적이 큰 순서대로 항공사진, 수치지형도를 참고하여 산사태위험판정조사 대상지역(재해위험조사표준지 2배수)만큼 번호를 부여하며, 대규모 집단묘지, 농경지, 건물 등이 있는 곳은 가급적 제외하여 선정

구분 번호	점수합계	모암		암상		사면형		토심		경사도	
		유형	점수	유형	점수	유형	점수	토심(cm)	점수	경사도(°)	점수
1	62	확성암(화)	5	무입육지(무입육지)	18	복합사면	23	0	0	6	16
2	62	확성암(화)	5	무입육지(무입육지)	18	복합사면	23	0	0	6	16
3	44	확성암(화)	5	활엽수림(중경목)	0	복합사면	23	0	0	15	16
4	44	확성암(화)	5	활엽수림(중경목)	0	복합사면	23	0	0	17	16
5	62	확성암(화)	5	무입육지(무입육지)	18	복합사면	23	0	0	7	16
6	62	확성암(화)	5	무입육지(무입육지)	18	복합사면	23	0	0	7	16
7	69	확성암(화)	5	무입육지(무입육지)	18	복합사면	23	55	7	6	16
8	69	확성암(화)	5	무입육지(무입육지)	18	복합사면	23	55	7	6	16
9	69	확성암(화)	5	무입육지(무입육지)	18	복합사면	23	55	7	6	16
10	62	확성암(화)	5	무입육지(무입육지)	18	복합사면	23	0	0	6	16
11	37	확성암(화)	5	활엽수림(중경목)	0	복합사면	23	0	0	28	9
12	44	확성암(화)	5	활엽수림(중경목)	0	복합사면	23	55	7	29	9
13	44	확성암(화)	5	활엽수림(중경목)	0	복합사면	23	55	7	30	9
14	44	확성암(화)	5	활엽수림(중경목)	0	복합사면	23	55	7	33	9
15	37	확성암(화)	5	혼효림(소경목)	0	복합사면	23	0	0	32	9
16	62	확성암(화)	5	무입육지(무입육지)	18	복합사면	23	0	0	8	16
17	62	확성암(화)	5	무입육지(무입육지)	18	복합사면	23	0	0	8	16

그림 24 격자별 점수집계 예시



격자별 점수 예시

산사태위험지평가조사 대상지역

그림 25 산사태위험지평가조사 대상지역 선별예시

4 산사태위험지판정기준표 항목 분석

- 「산지관리법 시행규칙」 별표1의3 비고 제4호가목에 따라 선정대상은 100m² 이상이어야 하며, 다음 구분에 따라 산사태위험판정조사 대상개소수를 선정
 - 전용하려는 산지의 면적이 2만제곱미터 이하인 경우 : 4개소
 - 전용하려는 산지의 면적이 2만제곱미터를 초과하는 경우 : 4곳에 그 초과면적 5만제곱미터마다 2개소를 추가
 - 다만, 산사태위험판정조사 대상지역이 산지전용허가 및 산지일시사용허가 산지의 면적과 동일하게 선정되는 등 불가피한 경우에는 4개소 미만으로 선정할 수 있으며, 태양에너지발전설비 설치를 위한 산지일시사용허가 대상의 산사태위험판정조사 대상지역의 수평투영면적이 100제곱미터 미만인 경우에는 일시사용하려는 산지의 면적 전체에 대해 재해위험조사표준지를 선정 할 수 있음.

■ 산지관리법 시행규칙 [별표 1의2]

산사태위험지판정기준표(제5조 및 제28조의3 관련)

구분	위험요인별 점수				
	1	2	3	4	5
경사길이(m)	50 이하	51 ~ 100	101 ~ 200	201 이상	
점수	0	19	36	74	
모암	퇴적암 (이암, 혈암, 석회암, 사암 등)	화성암 (화강암류 기타)	변성암 (천매암, 점판암 기타)	변성암 (편마암류 및 편암류)	화성암 (반암류와 안산암류)
점수	0	5	12	19	56
경사위치	0-1/10	2-6/10	7-10/10		
점수	0	9	26		
임상	·침엽수림 (치수림, 소경목) ·무입목지	·침엽수림 (중경목, 대경목) ·활엽수림, 혼효림(치수림)	·활엽수림, 혼효림 (소, 중, 대경목)		
점수	18	26	0		
사면형	상승사면	평형사면	하강사면	복합사면	
점수	0	5	12	23	

토심(cm)	20 이하	21 ~ 100	101 이상		
점수	0	7	21		
경사도(°)	25 이하	26 ~ 40	41이상		
점수	16	9	0		
조사자의 점수보정	※ 보정인자 1. 조사자 또는 마을사람들이 산사태발생 위험지역이라고 생각함(+10) 2. 조사자 또는 마을사람들이 산사태발생 위험성이 전혀 없다고 생각함(-10) 3. 인위적 산림훼손지로 방치하거나 불안전한 방재 시설지(+20) 4. 과수원 및 초지단지, 유실수조림지 등 지피식생이 불안전한 산지(+20) 5. 산지가 도심지에 위치하여 산사태 발생시 피해 확산 위험이 있는 지역(+10)				

※비고

1. 위 표에서 사용되는 용어의 정의 및 적용기준은 다음과 같다.

- 가. "경사길이"란 산사태위험판정 대상 사면과 연결되는 수계로부터 각 능선부의 가장 높은 지점까지의 거리를 말한다.
- 나. "모암(母巖)"이란 「과학기술분야 정부출연연구기관 등의 설립·운영 및 육성에 관한 법률」 별표 제14호에 따른 한국지질자원연구원에서 작성한 축척 5만분의 1 이상의 지질도에 의한 암석성인(巖石成因)별 모암을 말한다.
- 다. "경사위치"란 산사태위험판정 대상 사면의 계곡과 능선 간의 수직적인 백분율을 말한다.
- 라. "침엽수림"이란 해당 산지에 침엽수가 75% 이상 생육하고 있는 산림을 말한다.
- 마. "활엽수림"이란 해당 산지에 활엽수가 75% 이상 생육하고 있는 산림을 말한다.
- 바. "혼효림"이란 해당 산지에 침엽수 또는 활엽수가 각각 25% 초과 75% 미만으로 생육하고 있는 산림을 말한다.
- 사. "치수림(稚樹林)"이란 가슴높이지름 6cm 미만의 입목이 50% 이상 생육하고 있는 산림을 말한다.
- 아. "사면형"이란 사면의 종단면형을 말한다.
- 자. "상승사면"이란 사면으로 올라갈수록 경사가 완만해지는 완경사면을 말한다.
- 차. "평형사면"이란 사면에서의 경사가 일정한 사면을 말한다.
- 카. "하강사면"이란 사면으로 올라갈수록 경사가 급해지는 급경사면을 말한다.
- 타. "복합사면"이란 2개 이상의 사면형이 존재하는 사면을 말한다.
- 파. "토심(土深)"이란 모암으로부터 지표면까지의 토사의 깊이 또는 수목의 뿌리가 비교적 용이하게 침투할 수 있는 토양의 깊이를 말한다.
- 하. "경사도"란 사면의 각도로서 평균경사도를 말한다.

2. 산사태위험도는 위 표 각 호의 위험요인에 해당하는 점수의 합계로 하며, 다음 각 목의 구분에 따른다.

- 가. 180점 이상인 경우 : 산사태 발생 가능성이 대단히 높은 지역
- 나. 120점 이상 180점 미만인 경우 : 산사태 발생 가능성이 높은 지역
- 다. 61점 이상 120점 미만인 경우 : 산사태 발생 가능성이 낮은 지역
- 라. 60점 미만인 경우 : 산사태 발생 가능성이 없는 지역

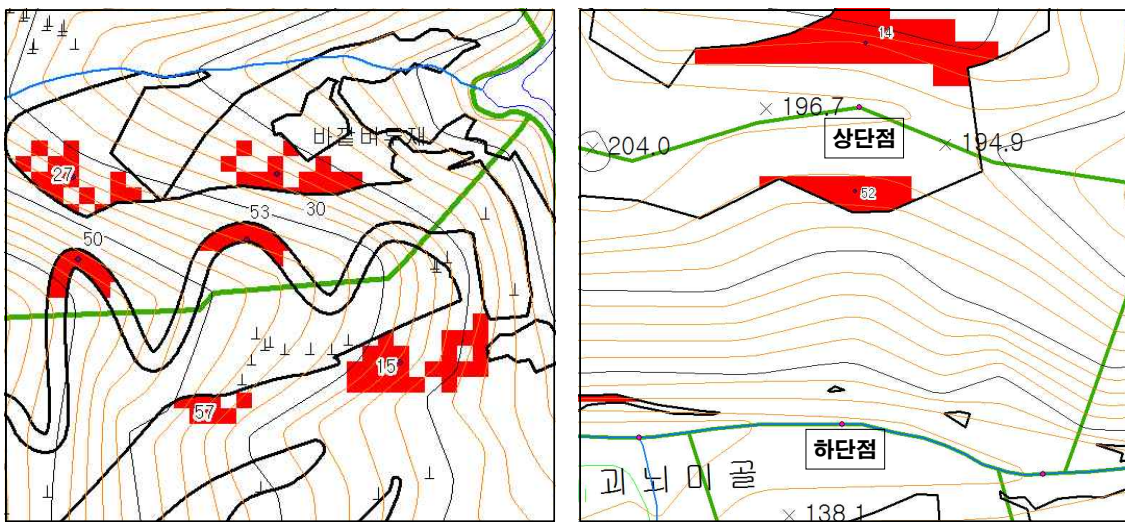
4.1 경사길이 및 경사위치

1) 용어의 정의

- “경사길이”란 「산지관리법 시행규칙」 별표1의2 비고 제1호가목에서 정의하는 산사태위험판정 대상 사면과 연결되는 수계로부터 각 능선부의 가장 높은 지점까지의 거리
- “경사위치”란 「산지관리법 시행규칙」 별표1의2 비고 제1호다목에서 정의하는 산사태위험판정 대상 사면의 계곡과 능선간의 수직적인 백분율

2) 분석 방법

- “경사길이”와 “경사위치” 분석에 필요한 산사태위험판정조사 대상지역의 중심점을 추출
- 산사태위험판정 대상 사면과 연결되는 수계지점(하단점)과 각 능선부의 가장 높은 지점(상단점)을 선정



산사태위험판정조사 대상지역 중심점 예시

상단점 · 하단점 예시

그림 26 산사태위험판정조사 대상지역의 상단 · 중심 · 하단 기준점 예시

- 앞서 유역분석을 위해 생성해 두었던 수치표고모델(DEM)을 활용하여 산사태 위험판정조사 대상지역의 각 기준점에 높이값을 부여
 - 수치표고모델(DEM)은 래스터자료이므로 10 X 10 격자형태의 백터자료로 변환하여 산사태위험판정조사 대상지역의 각 기준점에 높이값을 부여

3) 분석 결과

경사길이(m)	50 이하	51 ~ 100	101 ~ 200	201 이상
점수	0	19	36	74
경사위치	0-1/10	2-6/10	7-10/10	
점수	0	9	26	

표 8 경사길이, 경사위치 분석결과 판정기준

- “경사길이”는 각 기준점에 부여된 x, y, z값을 피타고라스의 정리를 이용하여 하단점에서 상단점까지의 길이를 산출

- 계산식 : $\sqrt{(x-x')^2 + (y-y')^2 + (z-z')^2}$

번호	하단점			상단점			경사길이	
	x	y	z	x	y	z	길이(m)	점수
1	149132	530308	81	149058	530646	181	360	74
2	148897	530353	78	149028	530646	180	338	74
3	149381	530353	53	149205	530407	127	198	36
4	147877	530958	46	148038	531026	118	189	36
5	148551	530131	45	148529	530259	87	137	36
6	147978	530909	53	148074	531044	130	183	36
7	148726	530067	30	148786	530159	73	118	36
8	148387	531017	142	148403	531038	150	27	0
9	148730	530601	140	148649	530811	205	235	74
10	148381	530214	64	148268	530486	189	320	74
11	148428	529995	45	148244	530037	124	204	74
12	147967	530198	36	148046	530271	73	114	36
13	147742	530381	39	147766	530504	92	135	36
14	148091	530209	91	148203	530232	136	124	36

그림 27 경사길이 산출결과 예시

- “경사위치”는 각 기준점에 부여된 z값을 이용하여 중심점이 하단점과 상단점의 몇 부 능선에 위치하고 있는지를 산출

- 계산식 : $\left(\frac{b-a}{c-a}\right) \times 10$

하단점(a)	중심점(b)	상단점(c)		위치	점수
5	81	181		4/10	9
1	78	180		4/10	9
7	53	127		4/10	9
13	46	118		3/10	9
5	45	87		5/10	9
7	53	130		4/10	9
8	30	73		3/10	9
7	142	150		9/10	26
1	140	205		7/10	26
5	64	189		3/10	9
7	45	124		3/10	9
7	36	73		4/10	9
9	39	92		4/10	9
7	91	136		6/10	9

그림 28 경사위치 산출결과 예시

【참고】 경사길이가 길면 집수되는 우수량도 증가하고 토사유출량이 증가하여 산지재해 위험도가 높아지며, 경사위치가 높을수록 단일 사면에서의 산지재해 발생율이 높게 나타나고, 중력에 의한 파괴면적도 커져 붕괴 토사량도 증가하므로 산지재해 위험도가 높아짐

4.2 모암

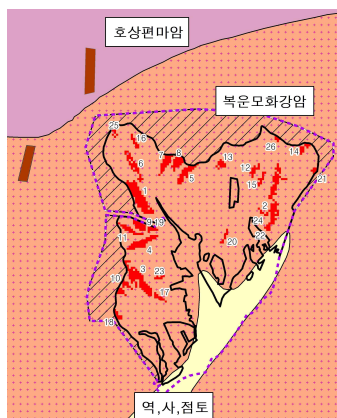
1) 용어의 정의

- “모암”이란 「산지관리법 시행규칙」 별표1의2 비고 제1호나목에서 정의하는 「과학기술분야 정부출연연구기관 등의 설립·운영 및 육성에 관한 법률」 별표 제14호에 따른 한국지질자원연구원에서 작성한 축척 5만분의 1 이상의 지질도에 의한 암석성인별 모암

2) 분석 방법

- 한국지질자원연구원(지오빅데이터 오픈플랫폼)에서 다운받은 1:50000 수치지질도 중에서 “0000_Geology_50K_Litho(암상)”데이터를 사용
- 수치지질도는 ITRF_2000 Datum에 가산수치 False_Easting : 200000, False_Northing : 500000의 중부원점을 사용하므로 「공간정보의 구축 및 관리 등에 관한 법률」에 따라 대상지가 위치하고 있는 좌표계로 변환
- 산사태위험판정조사 대상지역에 수치지질도의 속성값을 중첩시켜 산사태 위험판정조사 대상지역의 모암을 분석

3) 분석 결과



번호	유형	적용	점수
1	복운모화강암	화성암(화)	5
2	흑색세일	퇴적암	0
3	반암	화성암(반)	56
4	흑운모편마암	변성암(편)	19
5	화강암질편마암	변성암(편)	19
6	흑운모화강암	화성암(화)	5
7	천매암	변성암(천)	12
8	복운모화강암	화성암(화)	5
9	반암	화성암(반)	56
10	복운모화강암	화성암(화)	5
11	천매암	변성암(천)	12

산사태위험판정조사 대상지역 모암분포 예시

모암 산출결과 예시

그림 29 산사태위험판정조사 대상지역의 모암분석 결과 예시

모양	퇴적암 (이암, 혈암, 석회암, 사암 등)	화성암 (화강암류 기타)	변성암 (천매암, 점판암 기타)	변성암 (편마암류 및 편암류)	화성암 (반암류와 안산암류)
	점수	0	5	12	19
주요 모양	- 이암 - 혈암 - 사암 - 역암 - 각력암 - 석회암 - 응회암 - 인산암 - 세일 - 실트암 - 패각암 - 규조암 - 이회암 - 팍암 - 와케암 - 처트 - 인회암 - 규조암 - 플린트 - 암염 - 규조암 - 석고 - 트레이버틴 :	- 화강암 - 섬록암 - 반력암 - 감람암 - 회장암 - 섬장암 - 휘석암 :	- 천매암 - 점판암 - 규암 - 혼펠스 - 대리암 - 슬레이트 :	- 편마암 - 편암 - 각섬암 - 압쇄암 - 백립암 - 혼성암 - 에클로자이트 :	- 반암 - 안산암 - 유문암 - 현무암 - 조면암 - 라타이트 - 휘록암 - 흑요암 :

표 9 모양 분석결과 판정기준 및 주요 모양 분류

【참고】

- 화강암지대는 편마암지대에 비하여 산지재해 발생규모는 작으며, 발생 면적율은 혹은도 편마암지대에서 가장 높게 나타남
- 화성암 중 화산암류(반암류 및 안산암류)의 경우 변성암과 퇴적암에 비해 비탈면붕괴의 발생가능성이 높음
- 퇴적암의 경우 상대적으로 산지재해 위험은 낮으나, 투수성이 큰 사암, 석회암 등이 혈암 혹은 토사층과 함께 존재하면 비탈면붕괴의 가능성이 커지며, 활동면은 토사층과 암반층 사이에서 발생

4.3 임상

1) 용어의 정의

- “침엽수림”이란 「산지관리법 시행규칙」 별표1의2 비고 제1호라목에서 정의하는 해당 산지에 침엽수가 75%이상 생육하고 있는 산림
- “활엽수림”이란 「산지관리법 시행규칙」 별표1의2 비고 제1호마목에서 정의하는 해당 산지에 활엽수가 75% 이상 생육하고 있는 산림

- “혼효림”이란 「산지관리법 시행규칙」 별표1의2 비고 제1호바목에서 정의하는 해당 산지에 침엽수 또는 활엽수가 각각 25% 초과 75% 미만으로 생육하고 있는 산림
- “치수림”이란 「산지관리법 시행규칙」 별표1의2 비고 제1호사목에서 정의하는 가슴높이지름 6cm 미만의 임목이 50% 이상 생육하고 있는 산림
- “무입목지”란 입목지 이외의 모든 임지로 율폐도 또는 입목본수비율이 30% 이하인 산림
- “소경목”이란 가슴높이지름 6 ~ 16cm의 임목이 50% 이상 생육하는 산림
- “중경목”이란 가슴높이지름 18 ~ 28cm의 임목이 50% 이상 생육하는 산림
- “대경목”이란 가슴높이지름 30cm 이상 임목이 생육하는 산림

2) 분석 방법

- 산림공간정보서비스에서 다운받은 임상도의 속성값을 산사태위험판정조사 대상지역과 중첩시켜 산사태위험판정조사 대상지역의 임상을 분석
- 산사태위험판정조사 대상지역의 각 지역별 임상 속성정보에 대한 면적을 구적하며, 각 대상지역별 구적된 면적을 기준으로 속성값의 비율을 산정하여 임상과 경급을 분석

임상 (FRTP_CD)	
코드값	코드명
1	침엽수림
2	활엽수림
3	혼효림
4	죽림
0	무림목지 / 비산림

임상 코드 정의

경급 (DMCLS_CD)	
코드값	코드명
0	치수
1	소경목
2	중경목
3	대경목

경급 코드 정의

표 10 임상·경급 테이블 및 코드 정의

3) 분석 결과

임상	· 침엽수림(치수림, 소경목) · 무림목지		
	점수	18	26
			0

표 11 임상 분석결과 판정기준

번호	대상지역	FRIP_CD	DMCLS_CD	입상번호	입상	경급	면적비율
1	6572.98061787000	1	1	4270.15750256000	침엽수림	소경목	65.0
1	6572.98061787000	1	2	1062.68778846000	침엽수림	중경목	16.2
1	6572.98061787000	2	1	195245623117	활엽수림	소경목	0.0
1	6572.98061787000	2	2	1238.18287060000	활엽수림	중경목	18.8
2	5301.37974159000	2	2	5301.37974160000	침엽수림	소경목	100.0
3	5271.41340946000	1	1	73.76901794890	침엽수림	소경목	1.4
3	5271.41340946000	2	1	3738.85753863000	활엽수림	소경목	70.9
3	5271.41340946000	2	2	1412.09242739000	활엽수림	중경목	26.8
3	5271.41340946000	3	1	46.69442550040	혼효림	소경목	0.9
4	5160.68359924000	2	1	1785.28477705000	활엽수림	소경목	34.6
4	5160.68359924000	2	1	2777.28344210000	활엽수림	소경목	53.8
4	5160.68359924000	2	2	598.11538007500	활엽수림	중경목	11.6
5	4935.77431449000	1	2	187.79493381200	침엽수림	중경목	3.8
5	4935.77431449000	2	1	13.90735978390	활엽수림	소경목	0.3
5	4935.77431449000	2	1	4734.07202087000	활엽수림	소경목	95.9
6	4824.22791711000	1	1	1155.77647302000	침엽수림	소경목	24.0
6	4824.22791711000	2	1	2328.71829893000	활엽수림	소경목	48.3
6	4824.22791711000	2	2	74.73365946660	활엽수림	중경목	1.5
6	4824.22791711000	2	2	1059.14750779000	활엽수림	중경목	22.0
6	4824.22791711000	3	1	205.85197791900	혼효림	소경목	4.3
7	4750.34575077000	0		3620.48310157000	무입목지	치수림	76.2
7	4750.34575077000	2	1	917.62444282300	활엽수림	소경목	19.3
7	4750.34575077000	2	2	212.23820636000	활엽수림	중경목	4.5
8	3591.62076314000	1	2	3392.19221280000	침엽수림	중경목	94.4
8	3591.62076314000	2	1	194.00667214000	활엽수림	소경목	5.4
8	3591.62076314000	0		540086973799	무입목지	치수림	0.2
9	3300.64328888000	1	1	560.78753926400	침엽수림	소경목	17.0
9	3300.64328888000	1	2	50.50460962850	침엽수림	중경목	1.5
9	3300.64328888000	2	1	15.40547916100	활엽수림	소경목	0.5
9	3300.64328888000	2	2	1950.23326236000	활엽수림	중경목	59.1
9	3300.64328888000	2	2	723.71239846500	활엽수림	중경목	21.9
10	3277.86173005000	2	1	279.04875582100	활엽수림	소경목	8.5

산사태위험판정조사 대상지역 입상분포 예시

유형	적용	점수
침엽수림(중경목)	침엽수림(중)	26
침엽수림(대경목)	침엽수림(중)	26
침엽수림(치수림)	침엽수림(치)	18
침엽수림(소경목)	침엽수림(치)	18
무입목지(0)	침엽수림(치)	18
침엽수림(중경목)	침엽수림(중)	26
침엽수림(대경목)	침엽수림(중)	26
활엽수림(치수림)	침엽수림(중)	26
혼효림(치수림)	침엽수림(중)	26
활엽수림(소경목)	활엽수림	0
활엽수림(중경목)	활엽수림	0
활엽수림(대경목)	활엽수림	0
혼효림(소경목)	활엽수림	0
혼효림(중경목)	활엽수림	0
혼효림(대경목)	활엽수림	0

입상 산출결과 예시

그림 30 산사태위험판정조사 대상지역의 입상분석 결과 예시

【참고】 활엽수림과 혼효림은 측근 및 세근 등의 뿌리분포가 다양하여 표토 유실 및 토사유출 등의 산지재해 방지효과가 뛰어난 반면, 침엽수 단순림 및 활엽수·혼효림 치수림의 경우 뿌리분포가 단순하여 상대적으로 산지재해에 취약

4.4 사면형

1) 용어의 정의

- “사면형”이란 「산지관리법 시행규칙」 별표1의2 비고 제1호아목에서 정의하는 사면의 종단면형
- “상승사면”이란 「산지관리법 시행규칙」 별표1의2 비고 제1호자목에서 정의하는 사면으로 올라갈수록 경사가 완만해지는 완경사면
- “평형사면”이란 「산지관리법 시행규칙」 별표1의2 비고 제1호차목에서 정의하는 사면에서의 경사가 일정한 사면
- “하강사면”이란 「산지관리법 시행규칙」 별표1의2 비고 제1호카목에서 정의하는 사면으로 올라갈수록 경사가 급해지는 급경사면
- “복합사면”이란 「산지관리법 시행규칙」 별표1의2 비고 제1호타목에서 정의하는 2개 이상의 사면형이 존재하는 사면

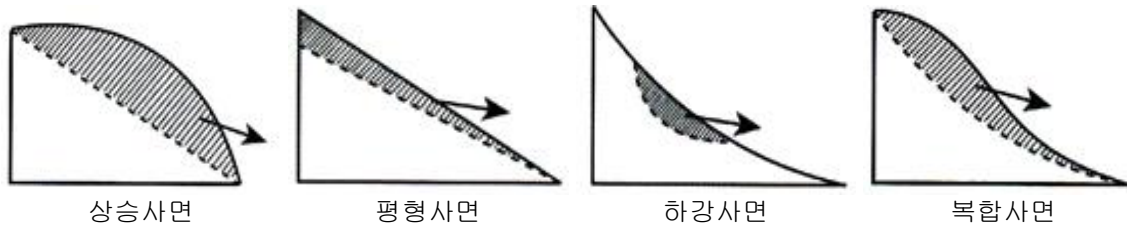


그림 31 사면형상의 분류

2) 분석 방법

- 수치지형도, 항공사진 등을 활용하여 산사태위험판정조사 대상지역의 대상 사면의 사면형상을 파악하여 사면형태를 결정

3) 분석 결과

사면형	상승사면	평형사면	하강사면	복합사면
점수	0	5	12	23

표 12 사면형 분석결과 판정기준

유형	점수
복합사면	23
상승사면	0
하강사면	12
평형사면	5
평형사면	5
상승사면	0
상승사면	0
하강사면	12
하강사면	12
복합사면	23
복합사면	23

그림 32 산사태위험판정조사 대상지역의 사면형분석 결과 예시

【참고】

- 복합사면은 강우가 침수되고 용출될수 있는 변각점이 단일 사면형보다 많으며, 사면길이도 길어지기 때문에 토사유출량이 많아 산지재해 위험성이 가장 높음
- 하강사면은 강우의 침수가 용이한 사면형으로 붕괴위험 등 산지재해 위험성이 상대적으로 높음
- 평형사면은 경사가 가장 급한 지역에 대부분 분포하며 산지재해 발생율이 비교적 낮음
- 상승사면은 경사도가 상부로 올라갈수록 낮아지며, 대부분 능선부에 분포 하므로 산지재해 발생율은 낮음

4.5 토심

1) 용어의 정의

- “토심”이란 「산지관리법 시행규칙」 별표1의2 비고 제1호파목에서 정의하는 모암으로부터 지표면까지의 토사의 깊이 또는 수목의 뿌리가 비교적 용이하게 침투할 수 있는 토양의 깊이를 말하며, 토양단면분류를 기준으로 모재층(C층) 전까지, 즉 집적층(B층)까지의 깊이

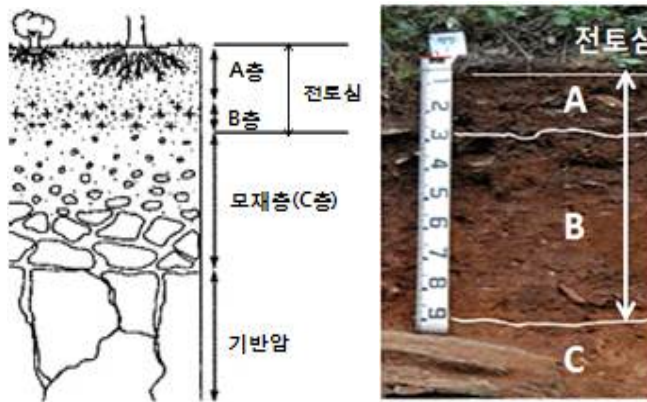


그림 33 토양단면 층위분류에 따른 토심의 정의

2) 분석 방법

- 산림공간정보서비스에서 다운받은 산림입지토양도(1:25,000)의 속성값을 산사태위험판정조사 대상지역과 중첩시켜 산사태위험판정조사 대상지역의 토심을 분석 [토양A층(용탈층)토심 + 토양B층(집적층)토심]
- 산사태위험판정조사 대상지역의 각 지역별 산림입지토양도 속성정보에 대한 면적을 구적하며, 각 대상지역별 구적된 면적 중 가장 큰 면적의 속성값을 분석하여 토심값을 산정

구분	주요 데이터 코드
토심 깊이	토양A층 토심깊이 (SIAFLR_SLD), 토양B층 토심깊이 (SIBFLR_SLD)

표 13 산림입지토양도 중 토심관련 레이어 코드

3) 분석 결과

토심(cm)	20 이하	21 ~ 100	101 이상
점수	0	7	21

표 14 토심 분석결과 판정기준

번호	대상지역 면적	SIAFIR SLD	SIBELR SLD	area
1	5109.1	14	56	1237.1
1	5109.1	10	52	3872.0
2	3886.2	14	56	2969.4
2	3886.2	10	52	916.8
3	2691.7	10	52	2691.7
4	1844.4	14	56	1801.3
4	1844.4	10	52	43.1
5	1771.5	10	52	1771.5
6	1613.1	14	56	450.7
6	1613.1	10	52	1162.4
7	995.5	14	56	995.5
8	825.9	14	56	825.9
9	803.5	14	56	631.7
9	803.5	10	52	171.8
10	670.5	14	56	110.8
10	670.5	10	52	559.7

산사태위험판정조사 대상지역 토심분포 예시

토심(cm)	점수
62	7
70	7
62	7
70	7
62	7
62	7
70	7
70	7
70	7
62	7

토심 산출결과 예시

그림 34 산사태위험판정조사 대상지역의 토심분석 결과 예시

【참고】 토심이 깊은 지역은 토사유출량이 많아 산지재해 발생 위험성이 크며, 수목 뿌리의 긴박력에 의한 산지재해 방지 기능이 떨어지기 때문에 깊을수록 산지재해 위험성이 상대적으로 높음

4.6 경사도

1) 용어의 정의

- “경사도”란 「산지관리법 시행규칙」 별표1의2 비고 제1호하목에서 정의하는 사면의 각도로서 평균경사도

2) 분석 방법

- 유역분석을 위한 기초 공간 분석작업(p33 참조)으로 생성해두었던, 불규칙삼각망(TIN)을 활용하며, 래스터형태의 TIN을 벡터형태의 파일로 변환
- 유역분석을 통해 추출된 산지유역 전체가 포함되는 10 X 10 크기의 격자를 생성하여, 생성된 격자에 벡터형태의 불규칙삼각망(TIN)을 중첩시켜 속성값을 부여한 후 격자별 면적을 구적
- 격자별로 TIN속성값과 면적이 구적된 파일 중 데이터(*.dbf)파일을 엑셀(excel)프로그램 등 DBF확장자를 연결가능한 프로그램으로 구동하여 편집

- 경사도(slope_Deg)와 면적(area)를 곱하여 각각의 가중치(weight) 값을 산출

※가중치(weight) = 경사도(slope_Deg) X 면적(area)

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	FID_기준표	Id	FID_trd_38	Slope_Deg	Aspect	Tri_Index	area	weight
2	0 459603	5371715		20.48353000700	339.13318313700	6323116	22.88880817230	468.8436
3	0 459603	5371716		19.28678605860	327.02558822600	6315434	62.76889457270	1210.61
4	0 459603	5371717		17.97957521080	327.02558822600	6322578	9.91846084796	178.3297
5	0 459603	7853477		20.34775965410	333.52879122900	6322352	0.35367760189	7.196547
6	0 459603	7908493		19.23630278520	322.43386642000	6323117	3.31586984223	63.78508
7	0 459603	7908494		22.54086163870	333.52879122900	6323118	0.47341515140	10.67119
8	0 459603	7958403		18.32560430830	333.63256295800	6322358	0.28087383272	5.147183
9	1 459604	5371715		20.48353000700	339.13318313700	6323116	4.56590762850	93.52591
10	1 459604	7853476		20.98052016320	328.67225113500	6323119	6.44837823080	135.2903
11	1 459604	7853477		20.34775965410	333.52879122900	6322352	52.20315814180	1062.217
12	1 459604	7853478		22.14232988500	338.59988842800	6322582	1.42457855098	31.54349
13	1 459604	7853479		22.04793295270	338.59988842800	6323121	2.14776309550	47.35374
14	1 459604	7908493		19.23630278520	322.43386642000	6323117	5.67269733234	109.1217
15	1 459604	7908494		22.54086163870	333.52879122900	6323118	27.53751704130	620.7194
16	2 459605	7853470		22.80352138420	335.31138536800	6323122	11.95113059420	272.5279
17	2 459605	7853476		20.98052016320	328.67225113500	6323119	24.24999888320	508.7776
18	2 459605	7853478		22.14232988500	338.59988842800	6322582	62.32011508660	1379.913

그림 36 가중치값 산출 예시

- 가중치를 부여한 데이터(weight)를 피벗테이블을 활용하여 격자별(ID) 가중치(weight)값의 합계를 정리

- 피벗테이블로 정리된 값을 새로운 엑셀(exel)프로그램 창을 띄워 복사하여 격자별 면적(area)값, 가중치(weight)합계값을 이용하여 격자별 평균 경사도(slope)값을 산출

※격자별 경사도(Slope) = 가중치(weight) / 면적(area)

피벗테이블을 이용한 가중치(weight)값 합계 산출 격자별 평균경사도 산출 예시

그림 37 산사태위험판정조사 대상지역의 경사도 분석 결과 예시

【참고】 격자면적 100m²내에 다수의 경사 속성값이 부여되기 때문에 격자내의 경사 속성값들의 평균경사도를 산출해주기위한 과정임

ex) 100m² 격자내 경사 30°의 속성값이 30m², 경사 25°의 속성값이 30m², 경사 27°의 속성값이 40m²인 격자의 경우

- 경사도 X 경사도별 면적 = 가중치
 $(30^\circ \times 30\text{m}^2) + (25^\circ \times 30\text{m}^2) + (27^\circ \times 40\text{m}^2) = \text{가중치}(\text{weight})\text{합계}$
- 가중치 합계 ÷ 격자면적 = 격자별 평균경사도
 $2,730 \div 100\text{m}^2 = 27.3^\circ$

- 산사태위험판정조사 대상지역과 격자별 평균경사도 속성값이 있는 격자파일 을 중첩하여 대상지역별 평균경사도를 산출

3) 분석 결과

경사도(°)	25 이하	26 ~ 40	41 이상
점수	16	9	0

표 15 경사도 분석결과 판정기준

경사도(°)	점수
22	16
20	16
2	16
7	16
11	16
22	16
19	16
15	16
28	9
42	0
27	9

그림 38 산사태위험판정조사 대상지역의 경사도분석 결과 예시

【참고】

- 국내 산지사면의 대부분은 15도 이상으로 산지의 사면경사 41도 이상은 대부분 암석지로 토사량이 적어 붕괴 위험도가 상대적으로 낮음
- 임연부의 경사가 완만한 지역에는 비교적 토심이 깊으며, 산지재해 발생시 토사유출량이 많아져 산지재해 위험도가 상대적으로 높음

5 대상유역 선정

1) 산사태위험지판정기준표 점수 및 면적 기준으로 산사태위험도 높은 대상지역 선정

- 산사태위험지판정기준표의 7가지 항목에 대한 점수를 집계하고, 점수가 높은 지역을 1차 우선순위로 선정하며, 점수가 동일일 경우 면적이 큰 산사태 위험판정조사 대상지역을 우선순위로 선정
- 「산지관리법 시행규칙」 별표1의3 비고 제4호나목에 따르면 「산지관리법 시행규칙」 별표1의3 비고 제4호가목에 따른 산사태위험판정조사 결과 산사태위험도가 높은 지역 순서대로 재해위험조사표준지를 선정하게 되어 있으며, 다음 구분에 따라 재해위험조사표준지를 선정하게끔 명시
 - 전용하려는 산지의 면적이 2만제곱미터 이하인 경우 : 2개소
 - 전용하려는 산지의 면적이 2만제곱미터를 초과하는 경우 : 2곳에 그 초과면적 5만제곱미터마다 1개소를 추가
- 산사태위험판정조사 대상지역 내에서만 산사태위험도가 높은 지역 순서대로 재해위험조사표준지를 선정하게될 경우 “전용하려는 산지” 내부에서만 선정하게 되므로 「산지관리법 시행규칙」 별표1의3 비고 제4호나목에 따른 산사태위험판정조사 대상지역과 그 주변 사면 및 계곡을 포함하기 위해서는 산사태위험도가 높은 대상지역을 바탕으로 대상유역을 선발한 후 대상유역 내부에서 재해위험조사표준지를 선발

산사태위험판정기준표 집계표																		
구분 번호	점수합계	경사길이		모양		경사위치			임상		사면형		토심		경사도		대상면적 (㎡)	조사순위
		길이(m)	점수	유형	점수	위치	위치	점수	유형	점수	유형	점수	토심(cm)	점수	경사도(°)	점수		
1	140	407	74	퇴적암	0	5/10	0.5	9	활습수림(소경목)	18	복합사면	23	32	7	27	9	6,573	15
2	84	165	36	퇴적암	0	5/10	0.5	9	활습수림(중경목)	0	복합사면	23	52	7	38	9	5,301	48
3	77	94	19	퇴적암	0	7/10	0.7	26	활습수림(소경목)	0	복합사면	23	0	0	38	9	5,271	52
4	77	121	36	퇴적암	0	5/10	0.5	9	활습수림(소경목)	0	복합사면	23	0	0	37	9	5,161	53
5	129	544	74	퇴적암	0	6/10	0.6	9	활습수림(소경목)	0	복합사면	23	39	7	25	16	4,936	23
6	84	148	36	퇴적암	0	5/10	0.5	9	활습수림(소경목)	0	복합사면	23	48	7	30	9	4,824	49
7	164	443	74	퇴적암	0	9/10	0.9	26	무임목지	18	복합사면	23	43	7	15	16	4,750	2
8	148	407	74	퇴적암	0	2/10	0.2	9	활습수림(중경목)	26	복합사면	23	69	7	29	9	3,592	6
9	122	507	74	퇴적암	0	3/10	0.3	9	활습수림(중경목)	0	복합사면	23	0	0	25	16	3,301	30
10	146	516	74	퇴적암	0	8/10	0.8	26	활습수림(소경목)	0	복합사면	23	52	7	21	16	3,278	14
11	147	347	74	퇴적암	0	4/10	0.4	9	무임목지	18	복합사면	23	39	7	15	16	3,200	7
12	122	201	74	퇴적암	0	6/10	0.6	9	활습수림(중경목)	0	복합사면	23	52	7	26	9	2,712	31
13	129	404	74	퇴적암	0	5/10	0.5	9	활습수림(소경목)	0	복합사면	23	32	7	19	16	2,600	24
14	84	93	19	퇴적암	0	7/10	0.7	26	활습수림(소경목)	0	복합사면	23	32	7	31	9	2,495	50
15	122	451	74	퇴적암	0	3/10	0.3	9	활습수림(중경목)	0	복합사면	23	52	7	26	9	2,374	32

그림 39 산사태위험지판정기준표 집계표 예시

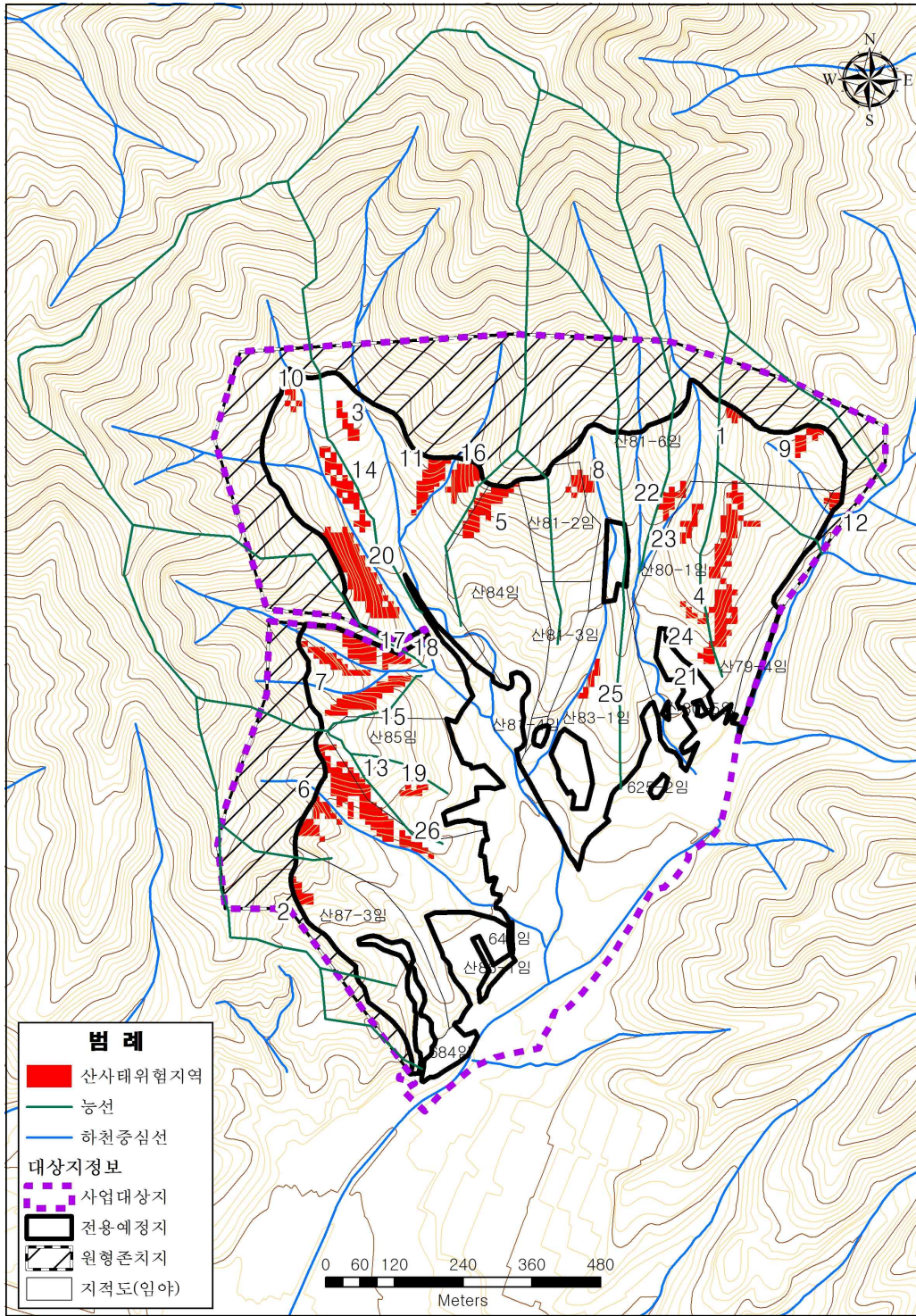


그림 40 산사태위험지판정조사 대상지역 산사태위험도 순위 분석

2) 대상구역 선발

- 「산지관리법 시행규칙」 별표1의3 비고 제4호가목 및 나목에 따른 산사태 위험도가 높은 대상지역이 포함된 유역을 선발

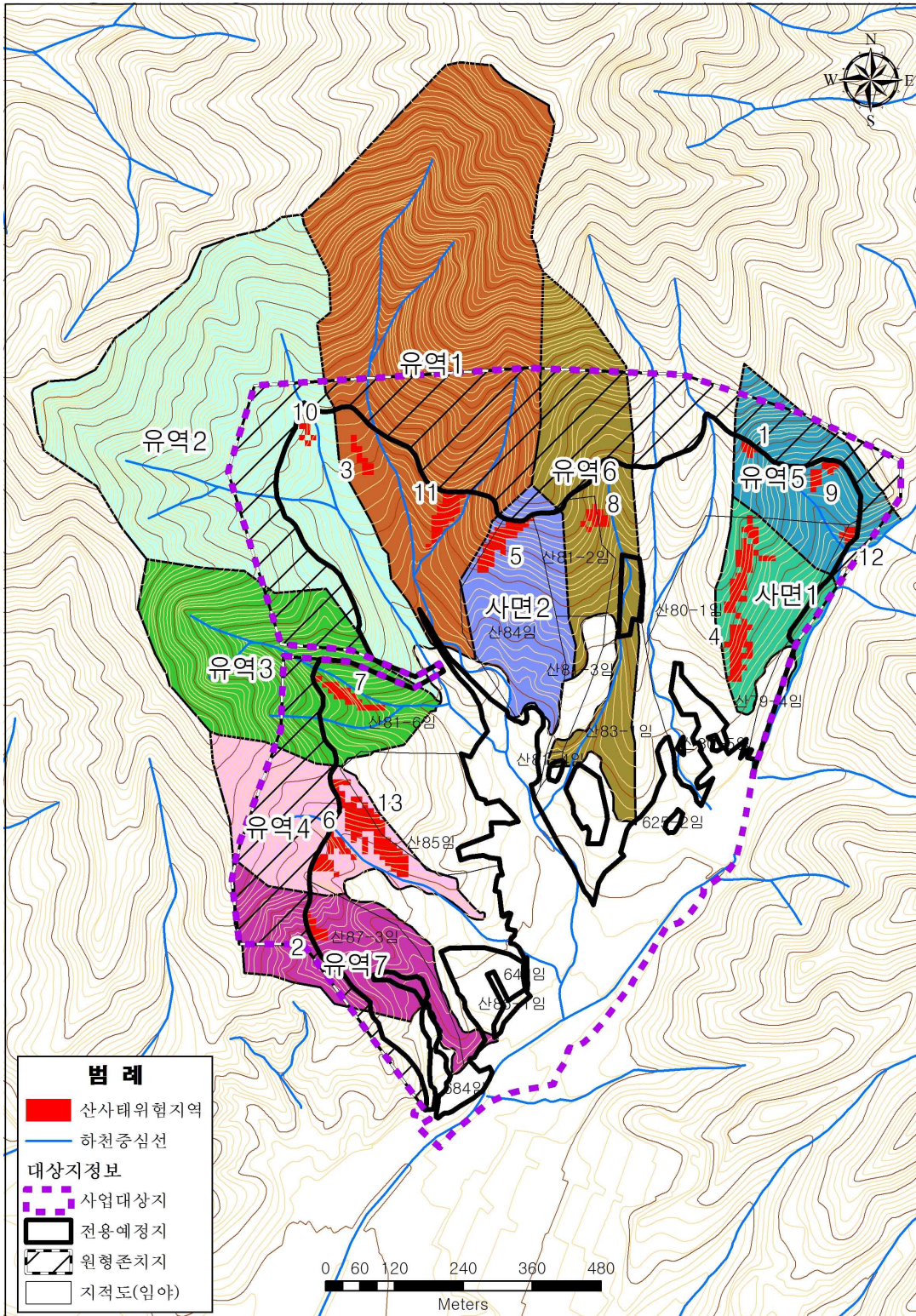


그림 41 산사태위험도가 높은 대상지역이 포함된 대상구역 선발 예시

6 유역내 대상지 선정

- 「산지관리법 시행규칙」 별표1의3 비고 제4호나목에 따른 산사태위험판정 조사 대상지역과 그 주변 사면 및 계곡을 포함하는 지역을 재해위험조사 표준지로 선정하기 위하여 산사태위험판정조사 대상지역 선정(p39 참조) 에서 산사태위험지도 유역 구분 및 편집해둔 파일을 이용하여 대상유역 내부에 포함된 대상지만 선택하여 추출

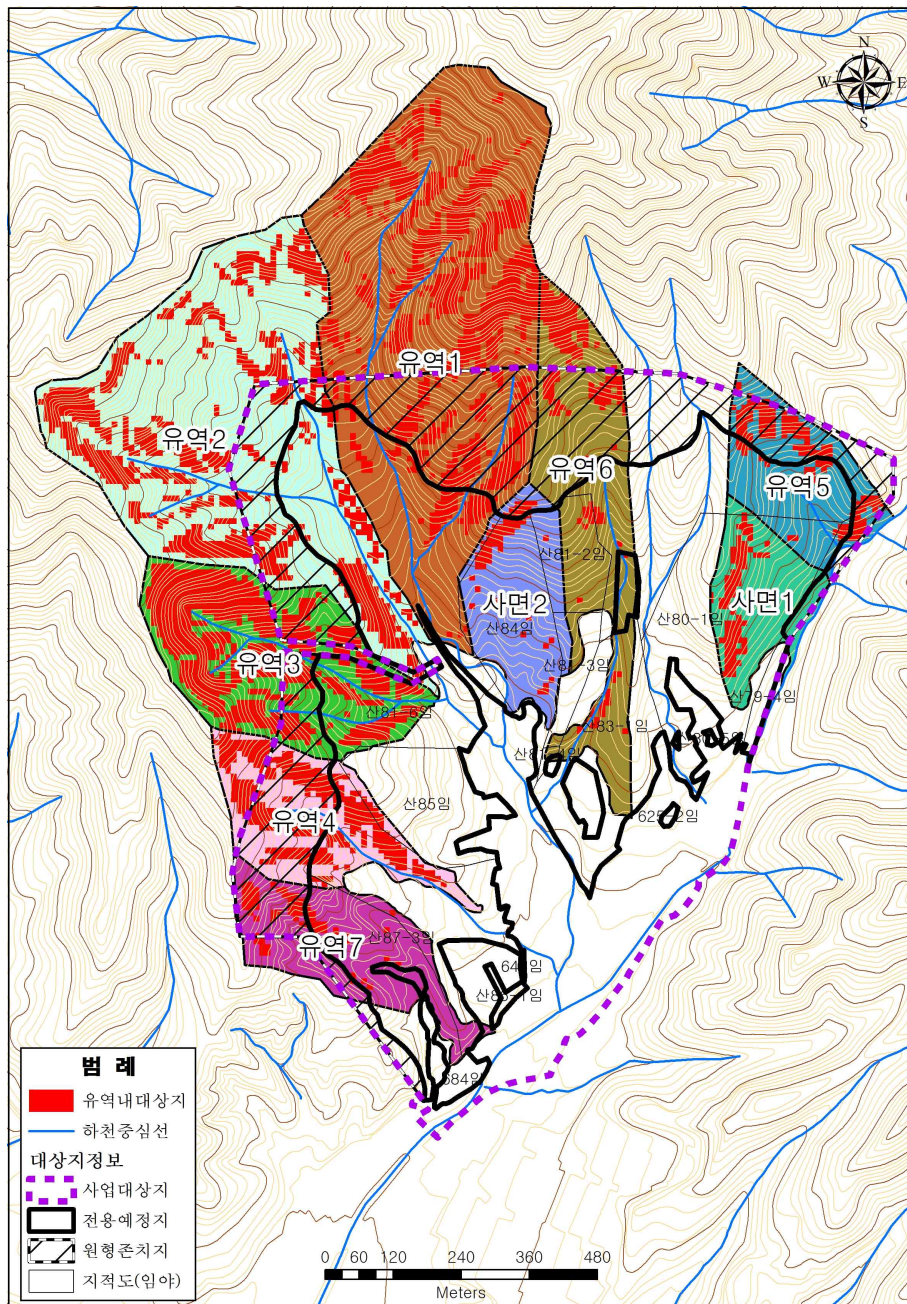


그림 42 유역내 대상지 선정 예시

7 시계열 분석

1) 정사영상 판독

- 사전에 준비해둔 기초데이터(p32)인 정사영상을 활용하여 최소 세 시기의 정사영상을 판독
- 정사영상을 비교하여 대상지가 속하는 유역에 대한 파악되지 못한 재해이력, 훼손여부, 사방댐, 임도 등의 현황 확인
- 과거 재해발생이력이 있는 것으로 판독된 경우 그 사면 및 유역을 대상지역으로 우선 선정하며, 건축물이나 구조물이 설치된 곳은 제외

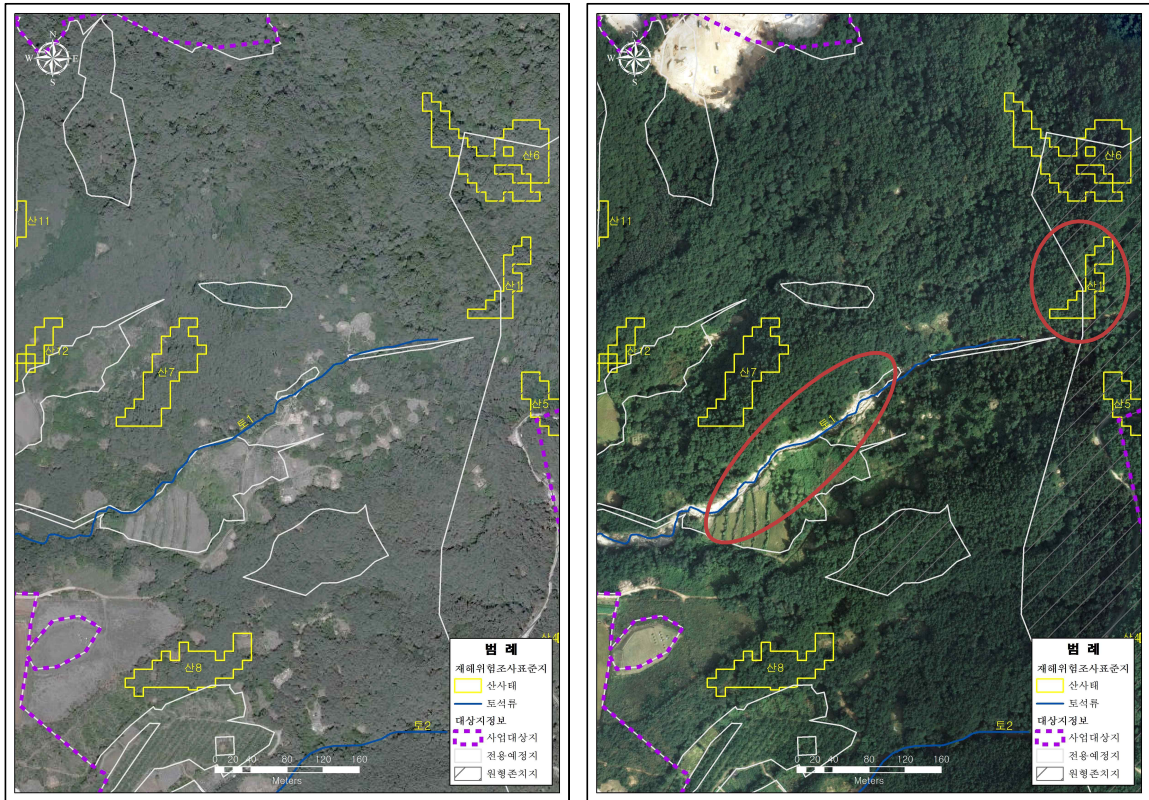


그림 43 시계열분석 예시(과거 재해발생 예시, 산1, 토1)

8 재해위험조사표준지 선정

8.1 산사태 위험지 선정

- 「산지관리법 시행규칙」 별표1의3 비고 제4호가목에 따라 대상지역은 수평 투영면적 100m² 이상을 대상
- 추출된 유역내 대상지의 면적을 구적하여, 면적기준으로 큰 순서대로 정렬 하여, 「산지관리법 시행규칙」 별표1의3 비고 제4호나목에 따라 산사태 위험도가 높은 지역 순서대로 재해위험조사표준지를 선정
 - 전용하려는 산지의 면적이 2만제곱미터 이하인 경우 : 2개소
 - 전용하려는 산지의 면적이 2만제곱미터를 초과하는 경우 : 2곳에 그 초과면적 5만제곱미터마다 1개소를 추가
 - 다만, 태양에너지발전설비 설치를 위한 산지일시사용허가 대상의 산사태위험 판정조사 대상지역의 수평투영면적이 100제곱미터 미만인 경우에는 일시 사용하려는 산지의 면적 전체에 대해 재해위험조사표준지를 선정

8.2 토석류 위험지 선정

- 선정된 산사태 위험지가 속한 유역내에 계류(하천중심선)가 위치하는 경우 토석류 위험지로 선정
 - 유역내에 산사태 위험지가 다수가 위치하고 있을수록 토석류 위험이 높기 때문에 우선순위로 선정
- 유역내 「산림보호법」 상의 “산사태(토석류) 취약지역”으로 지정된 계류를 확인 후 지정된 계류를 우선 선발

8.3 재해위험조사표준지 개소수 산정

- 재해위험조사표준지 개소수는 「산지관리법 시행규칙」 별표1의3 비고 제 4호나목의 개소수를 기준으로 하며, 토석류 위험지를 선정한 만큼의 개소수를 산사태 위험지 중 면적이 작은 순서로 예비 재해위험조사표준지로 전환하여 총 재해위험조사표준지 개소수를 선정

【참고】 전용하려는 산지면적 : 500,000m²의 경우 재해위험조사표준지 개소수는 11개로 산사태 위험지 선정의 기준에 따라 산사태 위험지 11개를 선정한 후 토석류 위험지 선정의 기준에 따라 토석류 위험지가 4개소가 선정되었다면, 산사태 위험지 11개소 중 면적이 작은 산사태 위험지 4개소를 예비 재해위험조사표준지로 전환하고, 나머지 산사태 위험지 7개와 토석류 위험지 4개소를 기준으로 최종 재해위험조사표준지 11개를 선정

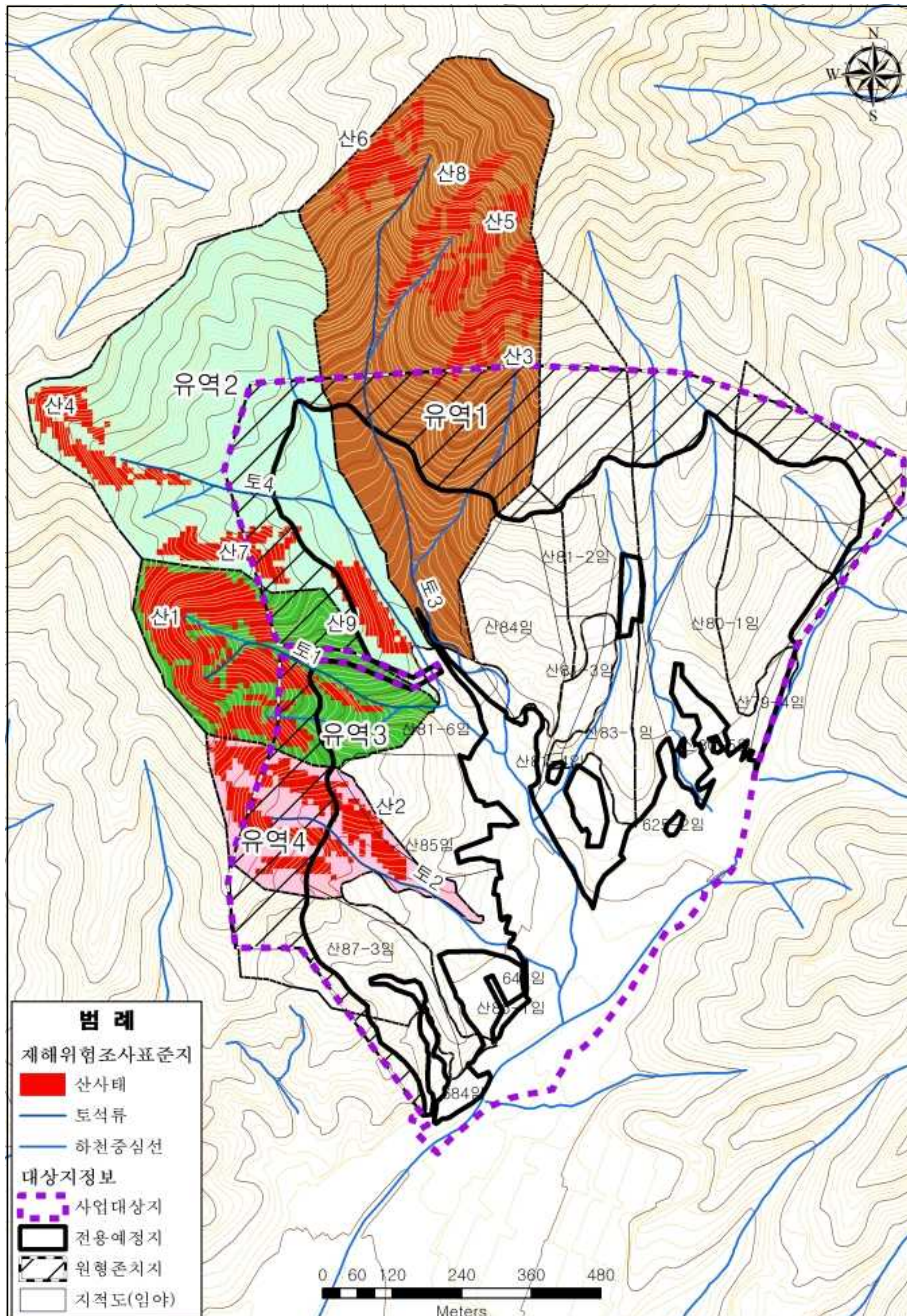


그림 44 최종 재해위험조사표준지 선정 예시

9 보호대상 범위 설정

9.1 산사태 위험지의 보호대상 범위

1) 용어의 정의

- “산사태 위험지 보호대상”이란 “산사태 발생 우려지역 조사 및 취약지역 지정관리 지침(2015)”의 현지조사 요령에 따르면 산사태 위험지의 사면 높이가 5배 정도의 경사길이 범위내에 위치한 주요시설로 정의

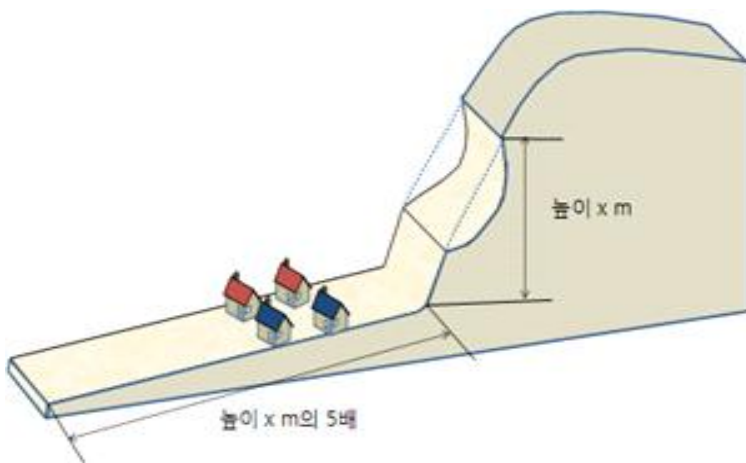


그림 45 산사태 위험지의 보호대상 예시

	A	B	C	D	E
1	번호	GRID_CODE	번호	최고점	최저점
2	1	287.30004883	1	510.3275	286.5681
3	1	286.56808472			1118.797
4	1	290.21560669	번호	최고점	최저점
5	1	290.30075073	2	486.4762	222.8159
6	1	290.42095947			1318.301
7	1	294.22601318	번호	최고점	최저점
8	1	294.32235718	3	280	135.2673
9	1	294.08062744			723.6638
10	1	293.72985840	번호	최고점	최저점
11	1	293.37911987	4	341.9773	215.7528
12	1	293.36956787			631.1224
13	1	296.9423540	번호	최고점	최저점
14	1	297.35287476	5	374.507	232.1417
15	1	297.77984619			711.8264
16	1	297.55044556	번호	최고점	최저점
17	1	297.21957397	6	338.3183	227.5505
18	1	296.94747925			553.8392
19	1	296.78024292	번호	최고점	최저점
20	1	299.55709839	7	364.0975	235.8307
21	1	300.76034546			641.3338
22	1	301.55545044	번호	최고점	최저점
23	1	301.38546753	8	256.9005	173.4841
24	1	301.03759766			417.0818
25	1	300.68972778	번호	최고점	최저점
26	1	300.31359863	9	258.8259	174.6464
27	1	300.26876831			420.8973
28	1	300.00000000	번호	최고점	최저점
29	1	299.49591064	10	227.0504	151.1149
30	1	300.53460693			379.6773
31	1	301.78234863	번호	최고점	최저점
32	1	303.03997803	11	250.5919	196.9213
33	1	304.63677979			268.353

그림 46 사면높이 5배 예시

2) 분석 방법

- 재해위험조사표준지 중 산사태 위험지의 높이차를 구하기 위해 경사길이 및 경사위치를 산정하기 위해 수치표고모델(DEM)을 10 X 10 격자형태의 벡터자료로 변환한 자료(p45 참조)를 활용하여 산사태 위험지와 중첩시켜 높이 속성값을 부여
- 속성값이 부여된 산사태 위험지의 데이터(*.dbf)파일을 엑셀(excel)프로그램 등 DBF확장자를 연결가능한 프로그램으로 구동하여 각 산사태 위험지의 최저 높이값과 최고 높이값을 확인한 후 5배 범위값을 산출
- 각 산사태 위험지의 최저점을 기준으로 산출된 5배 범위값으로 원을 그려 준 후 정사영상과 수치지형도를 활용하여 산사태 위험지가 포함된 구역 범위(능선)내에 주요 보호시설이 있는지 검토

3) 분석 결과

- 정사영상 촬영시점에 따라 시차가 발생할 수 있으므로 반드시 현장조사시 새로운 시설 또는 제거된 시설 여부를 추가로 확인 필요

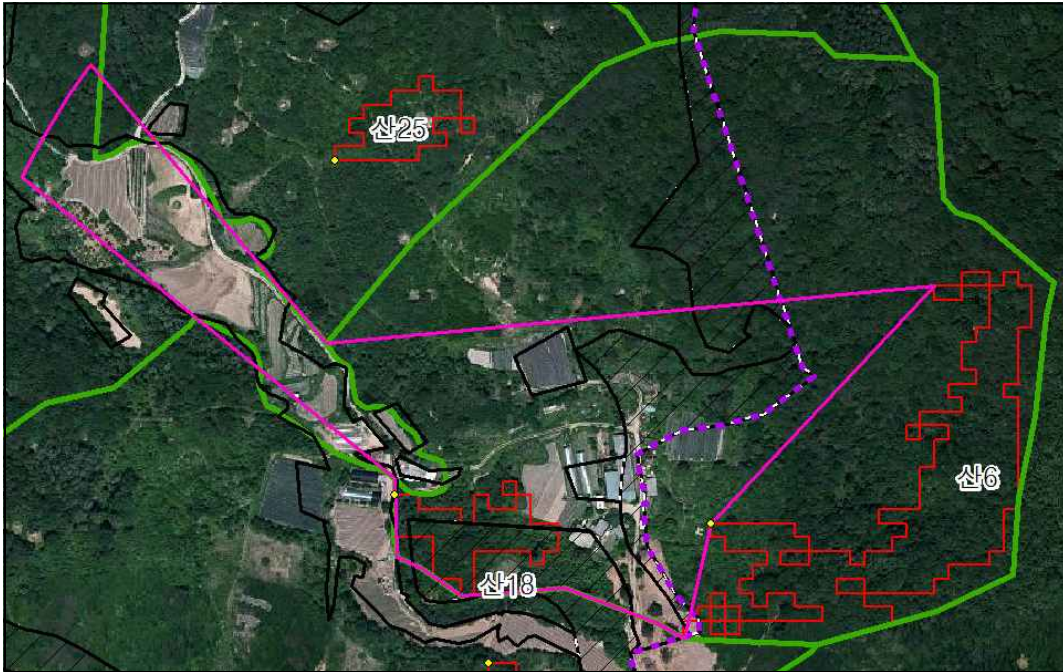


그림 47 산사태 위험지의 보호대상 선정 예시

9.2 토석류 위험지의 보호대상 범위

1) 용어의 정의

- “토석류 위험지 보호대상”이란 “산사태 발생 우려지역 조사 및 취약지역 지정관리 지침(2015)”의 현지조사 요령에 따르면 토석류 위험지의 최하류 지점부터 1km 범위내에 위치한 주요시설로 정의



그림 48 토석류 위험지의 보호대상 예시

2) 분석 방법

- 재해위험조사표준지 중 토석류 위험지의 최하류 지점으로부터 1km를 범위로 하며, 정사영상과 수치지형도를 활용하여 수계의 최하류 지점을 기준으로 양안의 능선과 능선까지의 거리의 폭으로 너비로 선정

3) 분석 결과

- 정사영상 촬영시점에 따라 시차가 발생할 수 있으므로 반드시 현장조사시 새로운 시설 또는 제거된 시설 여부를 추가로 확인 필요

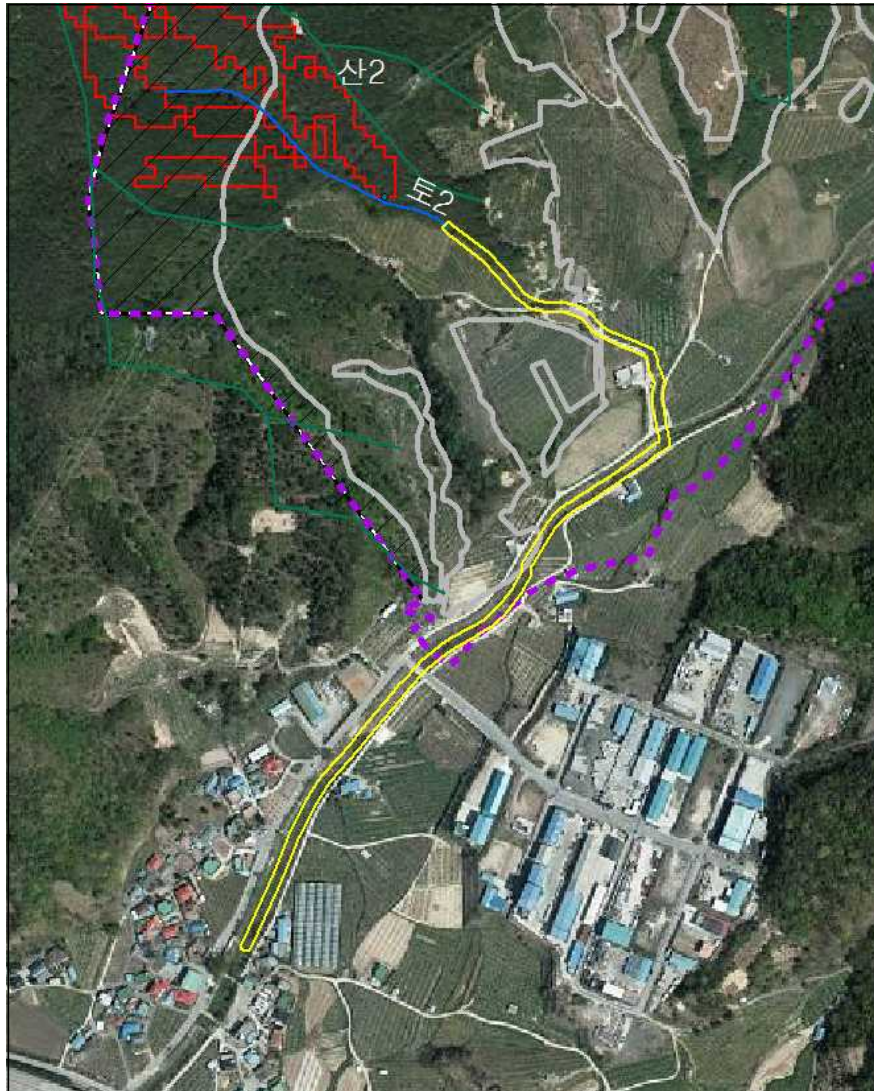


그림 49 토석류 위험지의 보호대상 선정 예시

10 현장조사 도면 작성

10.1 재해위험조사표준지

- 제목, 신청구분, 위치, 신청면적, 재해위험조사표준지 개소수 등을 작성하고, 범례를 작성

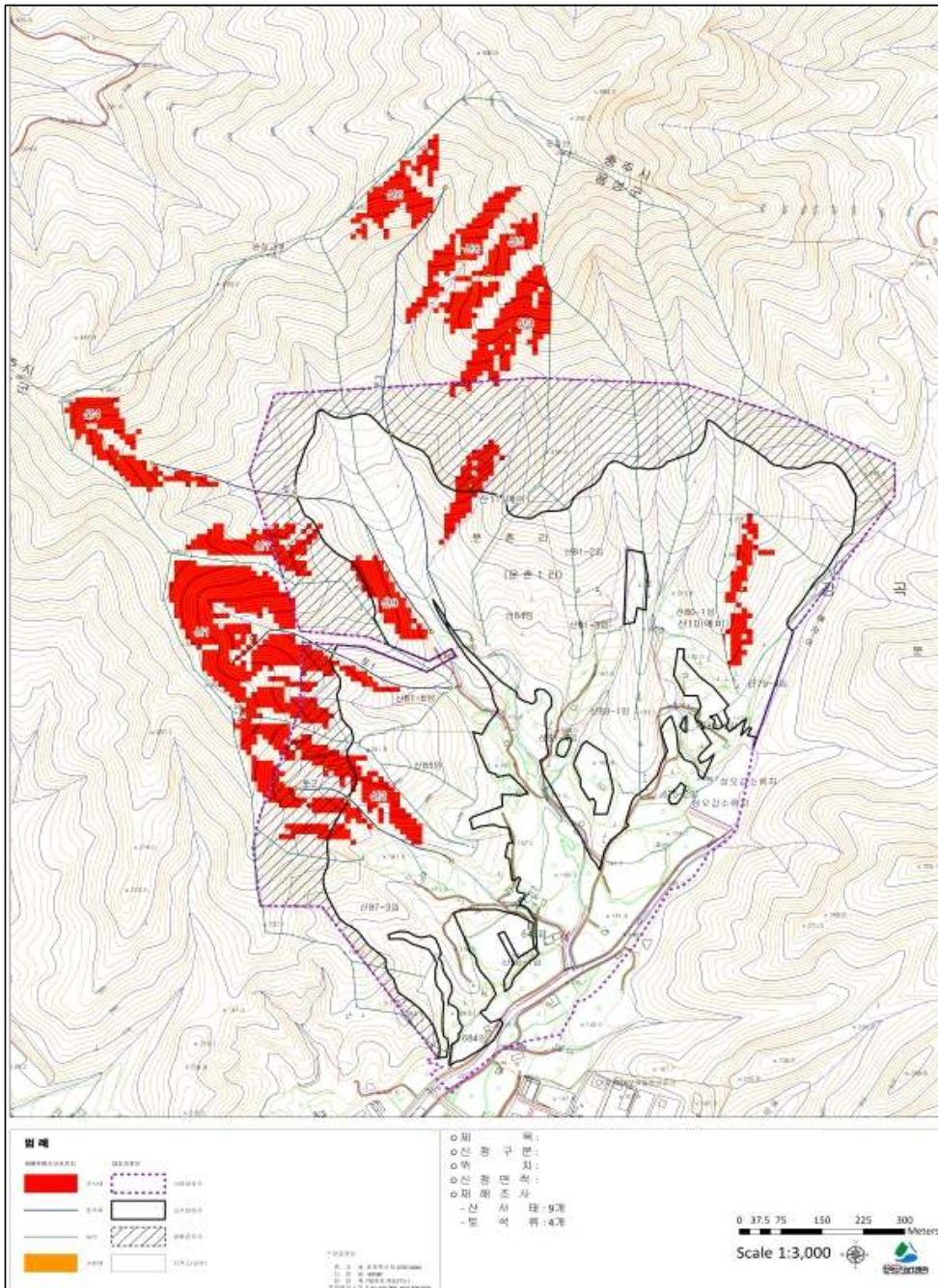


그림 50 재해위험조사표준지 현장도면 작성 예시

10.2 보호대상

- 항공사진을 배경으로 하고 앞서 만들었던 보호대상 범위를 중첩시켜 보호 대상 현장조사 도면을 작성

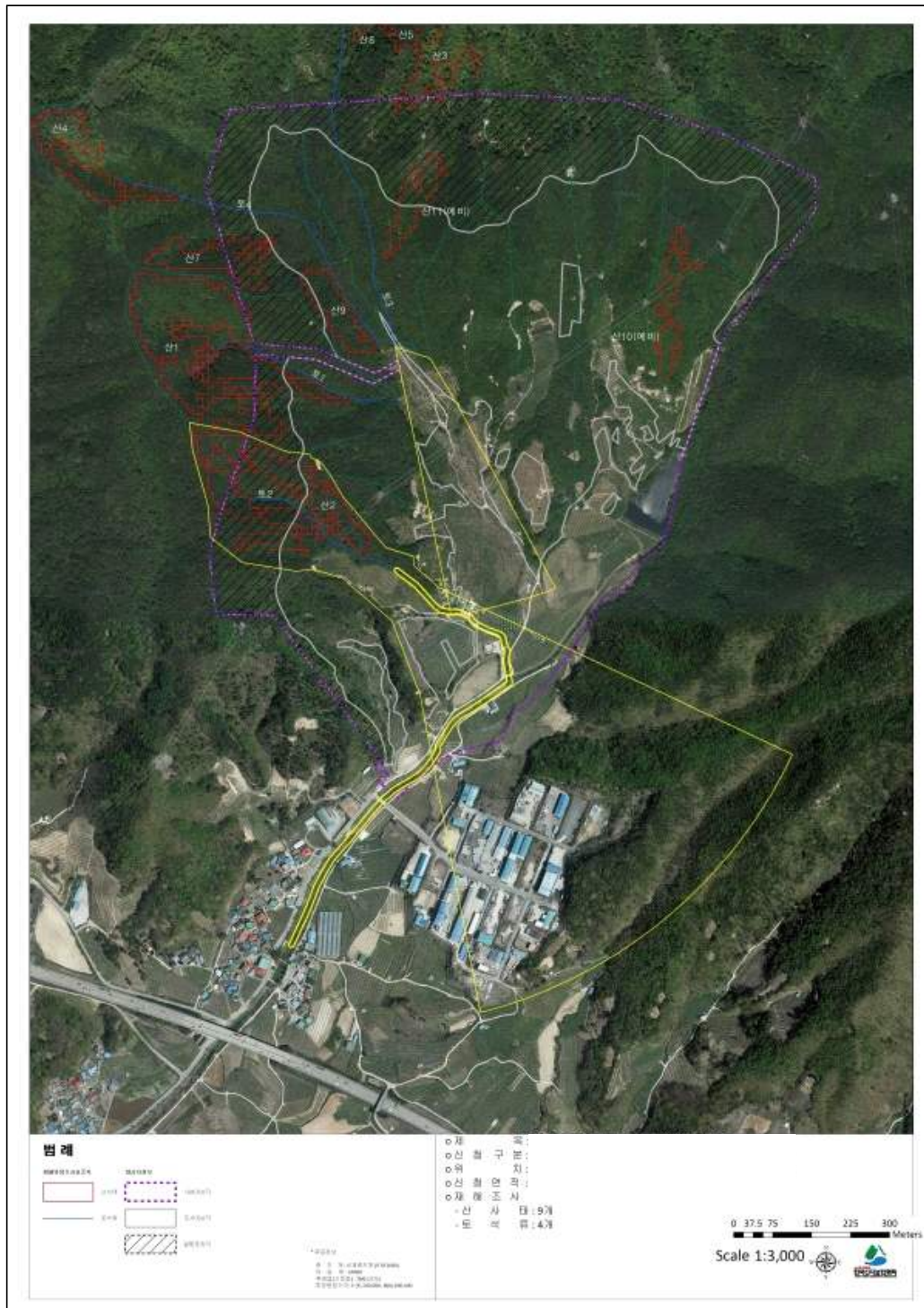


그림 51 재해위험조사표준지 보호대상 현장도면 작성 예시

제 4 장

현장조사 및 재해 공간분석

1. 산사태 및 토석류 위험지 기초조사 평가표
2. 산사태 및 토석류 위험지 실태조사 판정표
3. 재해위험성 검토의견서 도면 작성

제4장

현장조사 및 재해 공간분석

1 산사태 및 토석류 위험지 기초조사 평가표

【근거법령】 산사태 발생 우려지역 조사 및 취약지역 지정·관리 지침

제5조(기초조사) 산사태 발생 우려지역 기초조사에 대한 조사요령은 다음 각 호와 같다.

1. 조사 대상지 및 목적

가. 기초조사 대상지는 산사태위험지도 1등급 분포지역, 산지 연접 인가 존재로 인명 피해가 우려되는 지역, 지역산사태예방기관에서 필요하다 판단하여 신청하는 지역 등의 기준에 따라 선정한다.

나. 기초조사의 목적은 실태조사가 필요한 대상지를 판정하는 것으로 한다.

2. 조사 요령

가. 현지 직접조사로 시행하며 기초조사 평가표에 근거하여 평가점수를 산정한다.

나. 기초조사 평가표 상 평가점수가 60점 이상인 경우 실태조사 필요지역으로 판정한다.

다. 기초조사 평가표는 별표 1, 별표 2와 같다.

라. 기초조사의 표준 비용 산정표는 별표 3과 같다.

3. 주요 조사 내용

가. 산사태 발생 우려지역의 위치·규모

나. 산사태 발생 우려지역의 유형별 분류

다. 기존 공간정보(항공사진, 토지이용계획) 등을 활용한 주요 보호시설 파악

라. 지자체, 지역주민 요청지역 현황파악

□ 업무수행 범위

- 재해위험성 검토의견서의 산사태 위험성 평가는 “산사태 발생 우려지역 조사 및 취약지역 지정·관리 지침”에 따라 작성되며, 산사태 발생 우려지역 기초조사와 산사태 발생 우려지역 실태조사로 구분

- 기초조사 목적은 실태조사가 필요한 대상지를 판정하기 위함
- 산사태 발생 우려지역 기초조사 평가표 작성은 조사유형에 따라 산사태와 토석류로 구분되고, 현지직접조사, 기존 공간정보를 활용하여 대상지에 대한 현장조사 및 공간분석을 실시
- 다만, 「산지관리법」 제15조의2에 의거 태양광에너지발전시설을 설치하기 위하여 산지일시사용허가를 받으려는 경우에는 산사태 발생 우려지역 기초 조사를 미실시하고, 사면안정해석 내용을 포함한 산사태 발생 우려지역 실태 조사를 실시

1.1 산사태 발생 우려지역 기초조사 평가표

1) 일반정보

일반정보	조사자	소속		직		연락처	
				성명			
	조사일자		201년 월 일				
	위치	행정구역	시·도 시·군·구 읍·면·동 리·동 번지(속칭:)				
GPS좌표		위도(° ' "), 경도(° ' ")					

지표해설

지표명	설명
소속	현장조사를 수행한 기관명을 작성 기입
직	조사자의 직책명을 기입
성명	조사자의 이름을 작성 기입
연락처	조사자의 수행기관 또는 부서의 연락처를 기입
조사일자	조사수행 날짜를 기입
행정구역	재해위험조사표준지의 대표주소를 기입
GPS좌표(유출구)	재해위험조사표준지를 대표하는 조사위치의 GPS좌표를 입력

작성방법

- 일반정보는 조사자의 소속, 연락처, 조사일자, 재해위험조사표준지 위치 등의 정보를 말하며, 해당항목을 아래에 내용에 맞게 기입

2) 인자

인 자	Category 별 점수					점수
	1	2	3	4	5	
보호대상	일반산지	재산피해	인가1~5미만	인가5~9	인가10이상 또는 공공시설	
점 수	0	5	10	15	20	
경사길이 (m)	5~30	31~60	61~100	101~150	151이상	
점 수	3	8	15	17	20	
경사도(°)	10~15이하	16~20	21~30	31~40	41이상	
점 수	5	8	15	17	20	
사면형	상승사면	평형사면	하강사면	복합사면		
점 수	3	5	8	10		
임 상	· 활엽수림, 혼효림 (소,중, 대경목)	· 활엽수림, 혼효림 (치수림)	· 침엽수림 (치수림, 소경목)	· 무입목지 · 나대지	· 침엽수림 (중경목, 대경목)	
점 수	3	8	15	17	20	
모 암	퇴적암 (이암, 혈암, 석회암, 사암 등)	화성암 (화강암류 기타)	변성암 (천매암, 점판암 기타)	변성암 (편마암류 및 편암류)	화성암 (반암류와 안산암류)	
점 수	2	4	6	8	10	
점수계	점		실태조사 필요여부		필요 / 불필요	
주요 위험성						
조사자 의견						

(1) 보호대상

□ 용어의 정의

- “산사태 위험지 보호대상”이란 “산사태 발생 우려지역 조사 및 취약지역 지정관리 지침(2015)”의 현지조사 요령에 따르면 산사태 위험지의 직접 영향권내에 위치한 인가 또는 공공시설로 정의

□ 조사 방법

- 직접영향권 내 주요보호시설, 인가, SOC시설 등의 개소수를 파악하여 해당 평가항목에 작성 기입
- 직접영향권 내의 범위는 산사태로 인하여 인명 및 재산피해가 우려되는 지역(위험사면 높이의 5배 범위 이내에 주요보호시설, 주택지가 위치한 지역)의 범위
- 전용예정지의 토지이용계획도를 고려하여 재해위험조사표준지 상·하부의 주요보호시설의 유무를 조사
- 주택수의 조사는 단독주택과 연립주택을 구분하여 조사하고, 아파트의 경우 주요시설로 분류하며, 가구수 파악이 불가능한 주택경계가 불분명거나, 인가 여부 판단이 어려운 건축물이 다수인 경우에는 5가구 이상으로 분류

□ 조사결과 및 지표해설

보호대상	일반산지	재산피해	인가1~5미만	인가5~9	인가10이상 또는 공공시설
점수	0	5	10	15	20

지표명	설명
일반산지	직접영향권 내 주택 또는 공공시설, SOC시설 등의 시설이 조사되지 않으며, 인명과 재산피해가 우려되지 않은 경우
재산피해	직접영향권 내 경작지, 농막, 창고, 축사 등의 재산피해가 우려되는 경우
인가 1~5미만	직접영향권 내 단독주택 수가 1가구 이상 5가구 미만인 경우
인가 5~9미만	직접영향권 내 단독주택 수가 5가구 이상 9가구 미만인 경우
인가 10이상 또는 공공시설	직접영향권 내 단독주택 수가 10가구 이상 또는 아파트, 공공시설, SOC 시설 등이 조사된 경우

표 16 보호대상 조사결과 판정기준 및 지표해설

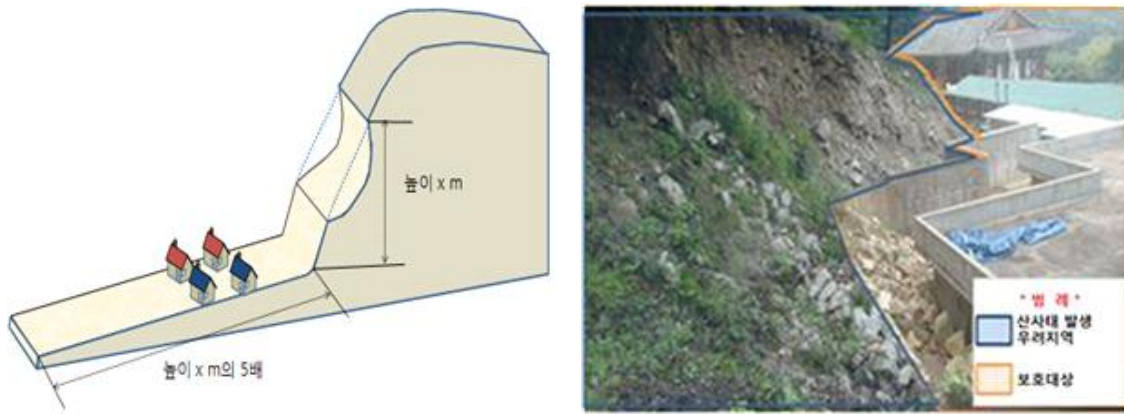


그림 54 산사태 발생 우려지역 보호대상 조사 예시

【참고】 주요보호시설 및 주택지가 있는 곳에 산사태가 발생하면 인명피해 등 대형피해 발생우려가 높음

(2) 경사길이

□ 용어의 정의

- “경사길이”란 사면의 길이를 말하며, 사면의 길이는 조사대상 비탈면에 집수될 수 있는 최상지점의 거리를 의미

□ 조사 방법

- 경사길이는 측정장비(GPS 등)를 통해 실측 가능하며, 지형, 차폐물 등의 의해 조사가 어려울 경우 조사지점으로 부터 능선까지의 거리를 수치지형도를 활용하여 공간분석이 가능
- 경사길이는 m단위(반올림)로 측정하여 기입

□ 조사결과 및 지표해설

경사길이(m)	5~30	31~60	61~100	101~150	151이상
점수	3	8	15	17	20

* 경사길이 5m 이내인 사면은 0점으로 배점하여 평가함

지표명	설명
5~30	사면의 경사길이가 5m이상 30m 이하인 경우
31~60	사면의 경사길이가 31m이상 60m 이하인 경우
61~100	사면의 경사길이가 61m이상 100m 이하인 경우
101~150	사면의 경사길이가 101m이상 150m 이하인 경우
151이상	사면의 경사길이가 151m이상인 경우

표 17 경사길이 조사결과 판정기준 및 지표해설



【참고】 사면의 길이가 길수록 집수되는 유수량도 증가하게 되어 토사유출량이 증가함에 따라 산지재해 위험도가 높아짐

(3) 경사도

□ 용어의 정의

- “경사도”란 「산지관리법 시행규칙」 별표1의2 비고 제1호하목에서 정의하는 사면의 각도로서 평균경사도를 의미

□ 조사 방법

- 경사도는 조사지점의 평균경사를 측정 장비를(클리노미터, 레이저측정기 등) 사용하여 측정하는 것을 원칙으로 하며, 지형, 차폐물 등의 문제로 현장조사가 불가능한 경우 수치지형도를 활용하여 공간분석 프로그램으로 조사지역의 평균경사도 산출이 가능

□ 조사결과 및 지표해설

경사도(°)	10~15이하	16~20	21~30	31~40	41이상
점수	5	8	15	17	20

※ 경사도 10° 이내인 사면은 0점으로 배점하여 평가함

지표명	설 명
5~15이하	사면의 평균경사도가 10° 이상 15° 이하인 경우
16~20	사면의 평균경사도가 16° 이상 20° 이하인 경우
21~30	사면의 평균경사도가 21° 이상 30° 이하인 경우
31~40	사면의 평균경사도가 31° 이상 40° 이하인 경우
41이상	사면의 평균경사도가 41° 이상인 경우

표 18 경사도 조사결과 판정기준 및 지표해설



그림 56 경사도 측정방법 예시

【참고】 동일 조건의 강우 및 지반 물성값 등을 적용한 경우 경사도가 급할수록 안전율이 낮아짐

(4) 사면형

□ 용어의 정의

- “사면형”이란 「산지관리법 시행규칙」 별표1의2 비고 제1호아목에서 정의하는 사면의 종단면형

□ 조사 방법

- 종단형상은 아래 그림과 같이 상승사면, 평형사면, 하강사면, 복합사면으로 구분하고, 조사방법은 전반적인 사면형상을 파악하여 목측에 따라 분류하는 것을 원칙으로 하며, 불가능한 경우에는 수치지형도를 이용하여 사면형태를 조사

□ 조사결과 및 지표해설

사면형	상승사면	평형사면	하강사면	복합사면
점수	3	5	8	10

지표명	설 명
상승사면	사면으로 올라갈수록 경사가 점점 완만해지는 사면
평형사면	사면에서의 경사가 일정하게 고른 사면
하강사면	사면으로 올라갈수록 경사가 점점 급해지는 사면
복합사면	상승, 하강, 평형비탈면 중 2개 이상이 존재하는 사면

표 19 경사도 조사결과 판정기준 및 지표해설

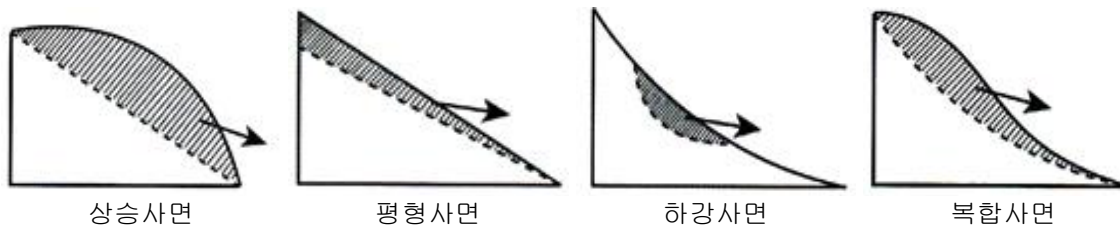


그림 57 사면형상의 분류

【참고】

- 복합사면은 강우가 집수되고 용출될수 있는 변각점이 단일 사면형보다 많고, 사면길이도 길어지기 때문에 토사유출량이 많아 산지재해 위험성이 가장 높음
- 하강사면은 강우의 집수가 용이한 사면형으로 붕괴위험 등 산지재해 위험성이 상대적으로 높음
- 평형사면은 경사가 가장 급한 지역에 대부분 분포하며 산지재해 발생율이 비교적 낮음
- 상승사면은 경사도가 상부로 올라갈수록 낮아지며, 대부분 능선부에 분포 하므로 산지재해 발생율은 낮음




(5) 임상

□ 용어의 정의

- “임상”이란 산지를 구성하는 수종, 임관의 조성, 연령, 생육상태 등으로써 나타나는 산지의 상태

□ 조사 방법

- 임상은 조사대상지 내에 생육하고 있는 주요 우점종의 임상 및 경급을 실측하여 반영한다. 필요에 따라서는 입목축적조사 표준지 실측 데이터를 활용 가능

조사항목	설명	현장사진 예시
경급	<p>경급은 치수림, 소경목, 중경목, 대경목으로 구분하며, 흉고높이(120cm)에 임목의 직경을 측정장비(윤척, 직경테이프)를 이용하여 2cm괄약하여 조사</p> <ul style="list-style-type: none"> - 치수림 : 평균 흉고직경 6cm미만 임목이 50%이상 - 소경목 : 평균 흉고직경 6cm이상 16cm미만 임목이 50%이상 - 중경목 : 평균 흉고직경 18cm이상 28cm미만 임목이 50%이상 - 대경목 : 평균 흉고직경 30cm이상 임목이 50%이상 	
무입목지	<ul style="list-style-type: none"> - 보통 수목이 성립되지 않은 임지로서 울폐도 또는 입목본수비율이 30% 이하인 산림을 무입목지로 규정하고 있으며, 통상 수목이 생립하고 있지 않은 임지를 의미 	
산림훼손지	<ul style="list-style-type: none"> - 집터, 농경지, 개간, 산지전용 등의 이유로 산림을 인위적으로 훼손시켜 놓은 임지 	
황폐지	<ul style="list-style-type: none"> - 산지의 지피식생이 오랫동안에 걸쳐서 소멸되거나 파괴되고, 산지 위에 각종 형태의 토양침식이 발생되어 강우시 토사유실이 심하게 발생하여 사방공사가 필요한 산지, 가치 또는 물질을 생산할 수 없는 토지 	

□ 조사결과 및 지표해설

임상	· 활엽수림, 혼효림 (소,중,대경목)	· 활엽수림, 혼효림 (치수림)	· 침엽수림 (치수림, 소경목)	· 무입목지 · 나대지	· 침엽수림 (중경목, 대경목)
점수	3	8	15	17	20

지표명	설 명
활엽수림, 혼효림 (소,중,대경목)	활엽수림 또는 혼효림이고, 경급이 소경목, 중경목, 대경목인 경우
활엽수림, 혼효림 (치수림)	활엽수림 또는 혼효림이고, 경급이 치수림인 경우
침엽수림 (치수림, 소경목)	침엽수림이고, 경급이 치수림 또는 소경목인 경우
무입목지, 나대지	무입목지, 또는 나대지인 경우
침엽수림 (중경목, 대경목)	침엽수림 지역이고, 경급이 중경목 또는 대경목인 경우

표 21 임상 조사결과 판정기준 및 지표해설

【참고】 활엽수림과 혼효림은 측근 및 세근 등의 뿌리분포가 다양하여 표토 유실 및 토사유출 등의 산지재해 방지효과가 뛰어난 반면, 침엽수 단순림 및 활엽수·혼효림 치수림의 경우 뿌리분포가 단순하여 상대적으로 산지재해에 취약

(6) 모암

□ 용어의 정의

- “모암”이란 「산지관리법 시행규칙」 별표1의2 비고 제1호나목에서 정의하는 「과학기술분야 정부출연연구기관 등의 설립·운영 및 육성에 관한 법률」 별표 제14호에 따른 한국지질자원연구원에서 작성한 축척 5만분의 1 이상의 지질도에 의한 암석성인별 모암

□ 조사 방법

- 모암은 한국지질자원연구원 지질정보시스템에서 제공하는 수치지질도(축척 1:50,000)를 사용하여 모암을 분석(p47 참조)하며, 분석 결과를 참고하여, 현장의 암석과 비교하여 모암을 결정

□ 조사결과 및 지표해설

모암	퇴적암 (이암, 혈암, 석회암, 사암 등)	화성암 (화강암류 기타)	변성암 (천매암, 점판암 기타)	변성암 (편마암류 및 편암류)	화성암 (반암류와 안산암류)
점수	2	4	6	8	10
주요 모암	- 이암 - 혈암 - 사암 - 역암 - 각력암 - 석회암 - 응회암 - 인산암 - 셰일 - 실트암 - 패각암 - 규조암 - 이회암 - 팍암 - 와케암 - 처트 - 인회암 - 규조암 - 플린트 - 암염 - 규조암 - 석고 - 트래버틴 :	- 화강암 - 섬록암 - 반려암 - 감람암 - 회장암 - 섬장암 - 휘석암 : :	- 천매암 - 점판암 - 규암 - 혼펠스 - 대리암 - 슬레이트 : :	- 편마암 - 편암 - 각섬암 - 압쇄암 - 백립암 - 혼성암 - 에클로자이트 : :	- 반암 - 안산암 - 유문암 - 현무암 - 조면암 - 라타이트 - 휘록암 - 흑요암 : :

표 22 모암 조사결과 판정기준 및 모암 분류

퇴 적 암			
			
이암	셰일	석회암	사암
변 성 암			
			
천매암	접판암	편마암	편암
화 성 암			
			
반암	안산암	흑운모화강암	화강암

그림 62 모암 분류 예시

【참고】

- 화강암지대는 편마암지대에 비하여 산지재해 발생규모는 작으며, 발생 면적율은 흑운모 편마암지대에서 가장 높게 나타남
- 화성암 중 화산암류(반암류 및 안산암류)의 경우 변성암과 퇴적암에 비해 비탈면붕괴의 발생가능성이 높음
- 퇴적암의 경우 상대적으로 산지재해 위험은 낮으나, 투수성이 큰 사암, 석회암 등이 혈암 혹은 토사층과 함께 존재하면 비탈면붕괴의 가능성이 커지며, 활동면은 토사층과 암반층 사이에서 발생

3) 작성 예시

산사태 발생 우려지역 기초조사 평가표(산사태)							
일 반 정 보	조 사 자	소 속	000000	직	00	연락처	000-000-0000
				성명	000		
		조사일자		2021년 00월 00일			
	위 치	행정구역	00도 00시 0동 산00-0 임 외 6필지				
GPS좌표		위도(00 ° 00 ' 00 "), 경도(00 ° 00 ' 00 ")					
인 자	Category 별 점수						
	1	2	3	4	5	점수	
보호대상	일반산지	재산피해	인가1~5미만	인가5~9	인가10이상 또는 공공시설	20	
점 수	0	5	10	15	20		
경사길이 (m)	5~30	31~60	61~100	101~150	151이상	8	
점 수	3	8	15	17	20		
경사도(°)	10~15이하	16~20	21~30	31~40	41이상	17	
점 수	5	8	15	17	20		
사면형	상승사면	평형사면	하강사면	복합사면		10	
점 수	3	5	8	10			
임 상	· 활엽수림, 혼효림 (소, 중, 대경목)	· 활엽수림, 혼효림(치수림)	· 침엽수림 (치수림, 소경목)	· 무입목지 · 나대지	· 침엽수림 (중경목, 대경목)	17	
점 수	3	8	15	17	20		
모 암	퇴적암 (이암, 혈암, 석회암 사암등)	화성암 (화강암류 기타)	변성암 (천매암, 점판암 기타)	변성암 (편마암류 및 편암류)	화성암 (반암류와 안산암류)	8	
점 수	2	4	6	8	10		
점수계	80점		실태조사 필요여부		필요		
주요 위험성	· 임상이 무입목지로 토사유출 붕괴 우려가 있음. · 경사도 31° 이상인 지역으로 산사태 발생에 취약한 지역으로 조사됨.						
조사자 의견	· 해당지역의 비탈면은 경사도가 31° 인 급경사 이며, 사면하부에 보호대상이 다수가 분포하고 있는 것으로 조사되었음. 또한 임상은 무입목지 지역으로 토사붕괴에 취약한 형태이며, 기초조사 평가결과 80점 이상인 지역으로 실태조사가 필요함.						

1.2 토석류 발생 우려지역 기초조사 평가표

1) 일반정보

일반정보	조사자	소속		직		연락처	
				성명			
	조사일자		201년 월 일				
	위치	행정구역	시·도	시·군·구	읍·면·동	리·동	번지(속칭:)
	GPS좌표	위도(° ' '), 경도(° ' ')					

지표해설

지표명	설명
소속	현장조사를 수행한 기관명을 작성 기입
직	조사자의 직책명을 기입
성명	조사자의 이름을 작성 기입
연락처	조사자의 수행기관 또는 부서의 연락처를 기입
조사일자	조사수행 날짜를 기입
행정구역	재해위험조사표준지의 대표주소를 기입
GPS좌표(유출구)	재해위험조사표준지를 대표하는 조사위치의 GPS좌표를 입력

작성방법

- 일반정보는 조사자의 소속, 연락처, 조사일자, 재해위험조사표준지 위치 등의 정보를 말하며, 해당항목을 아래에 내용에 맞게 기입

2) 인자

인 자	Category 별 점수					점 수
	1	2	3	4	5	
보호대상	일반산지	재산피해	인가1~5미만	인가5~9	인가10이상 또는 공공시설	
점 수	0	5	10	15	20	
황폐 발생원	산사태 위험 4등급만 있는 유역	산사태 위험 3등급만 있는 유역	산사태 위험 2등급50%이 하인 유역	산사태 위험 2등급50%이상 인 유역	산사태 위험 1등급이 있는 유역	
점 수	0	3	5	7	10	
계류평균 경사(°)	5 미만	5~7	8~10	11~16	17 이상	
점 수	3	9	12	17	20	
집수면적 (ha)	5 미만	6~10	11~20	21~30	31 이상	
점 수	3	5	10	15	20	
총 계류 길이(m)	100 미만	101~200	201~300	301~500	500 이상	
점 수	3	5	10	15	20	
계류내 전석 분포 비율(%)	5% 미만	5~10%	10~20%	21~30%	31% 이상	
점 수	2	4	6	8	10	
점수계	점		실태조사 필요여부		필요 / 불필요	
주요 위험성						
조사자 의견						

(1) 보호대상

□ 용어의 정의

- “토석류 위험지 보호대상”이란 “산사태 발생 우려지역 조사 및 취약지역 지정관리 지침(2015)”의 현지조사 요령에 따르면 토석류 위험지의 직접 영향권내에 위치한 인가 또는 공공시설로 정의

□ 조사 방법

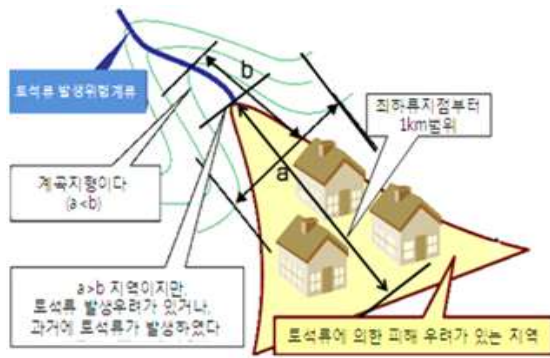
- 직접영향권 내 주요보호시설, 인가, SOC시설 등의 개소수를 파악하여 해당 평가항목에 작성 기입
- 보호대상의 범위는 토석류로 인하여 인명 및 재산피해가 우려되는 지역(계류 최하지점에서 1km이내에 인가 등 보호대상 시설물이 위치한 지역)의 범위.
- 전용예정지의 토지이용계획도를 고려하여 재해위험조사표준지 상·하부의 주요보호시설의 유무를 조사
- 주택수의 조사는 단독주택과 연립주택을 구분하여 조사하고, 아파트의 경우 주요시설로 분류하며, 가구수 파악이 불가능한 경우에는 5가구 이상으로 분류

□ 조사결과 및 지표해설

보호대상	일반산지	재산피해	인가1~5미만	인가5~9	인가10이상 또는 공공시설
점수	0	5	10	15	20

지표명	설명
일반산지	직접영향권 내 주택 또는 공공시설, SOC시설 등의 시설이 조사되지 않으며, 인명과 재산피해가 우려되지 않은 경우
재산피해	직접영향권 내 경작지, 농막, 창고, 축사 등의 재산피해가 우려되는 경우
인가 1~5미만	직접영향권 내 단독주택 수가 1가구 이상 5가구 미만인 경우
인가 5~9미만	직접영향권 내 단독주택 수가 5가구 이상 9가구 미만인 경우
인가 10이상 또는 공공시설	직접영향권 내 단독주택 수가 10가구 이상 또는 아파트, 공공시설, SOC 시설 등이 조사된 경우

표 26 보호대상 조사결과 판정기준 및 지표해설



a : 능선과 능선까지의 거리
 b : 계곡에서 능선까지의 거리

그림 75 토석류 발생 우려지역 보호대상 조사 예시

【참고】 주요보호시설 및 주택지가 있는 곳에 산사태가 발생하면 인명피해 등 대형피해 발생우려가 높음

(2) 황폐발생원

□ 용어의 정의

- “황폐발생원”이란 황폐산지의 발생 원인을 말하며, 황폐산지 또는 황폐계류를 유발하는 산지재해 위험지

□ 조사방법

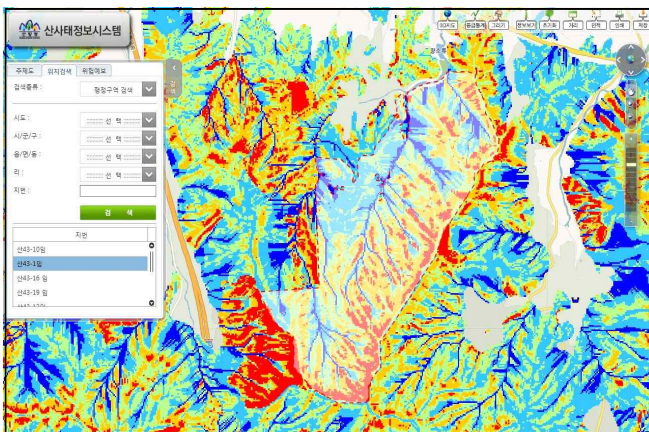
- 산사태위험지도는 현재 산림청의 산사태정보시스템에서 확인 가능하며, 국가공간정보포털에서 취득(p29 참조)한 공간정보를 활용하여 유역내 산사태 위험등급의 분포비율을 파악하고, 평가항목에 작성 기입

□ 조사결과 및 지표해설

황폐발생원	산사태 위험 4등급만 있는 유역	산사태 위험 3등급만 있는 유역	산사태 위험 2등급 50%이하인 유역	산사태 위험 2등급 50%이상인 유역	산사태 위험 1등급이 있는 유역
점수	0	3	5	7	10

지표명	설명
산사태 위험 4등급만 있는 유역	유역 내 4등급지만 포함된 지역
산사태 위험 3등급만 있는 유역	유역 내 3등급지만 포함된 지역
산사태 위험 2등급 50%이하인 유역	유역 내 1등급지가 없고, 2등급지가 50%이하인 지역
산사태 위험 2등급 50%이상인 유역	유역 내 1등급지가 없고, 2등급지가 50%이상인 지역
산사태 위험 1등급이 있는 유역	유역 내 1등급지가 포함된 지역

표 27 황폐발생원 조사결과 판정기준 및 지표해설



【참고】 산사태 위험등급 1,2등급지 분포비율이 높을수록 재해 발생 우려가 높은 지역이며, 재해위험성검토 대상지설정시 산사태위험등급 1,2등급지를 우선으로 선별

그림 76 산사태정보시스템 활용 예시

(3) 계류평균경사(°)

□ 용어의 정의

- “계류평균경사”란 총 계류를 이루는 지면의 경사 평균값

□ 조사방법

- 계류 평균경사는 현지조사시 GPS를 사용하여 변곡점마다 좌표를 취득하고 수평거리와 고도차를 분석하여 산출하며, 현장에서 조사가 어려운 경우에는 수치지형도를 활용하여 평균경사를 측정

- 계산식 : $\text{경사도} = \tan^{-1}(\text{고도차}/\text{계류길이})$

- 경사도는 경사를 1도 단위로 조사

□ 조사결과 및 지표해설

계류평균경사 (°)	5 미만	5~7	8~10	11~16	17 이상
점수	3	9	12	17	20

지표명	설 명
5 미만	계류의 평균경사도가 5° 미만인 경우
5~7	계류의 평균경사도가 5° 이상 7° 이하인 경우
8~10	계류의 평균경사도가 8° 이상 10° 이하인 경우
11~16	계류의 평균경사도가 11° 이상 16° 이하인 경우
17 이상	계류의 평균경사도가 17° 이상인 경우

표 28 계류평균경사 조사결과 판정기준 및 지표해설

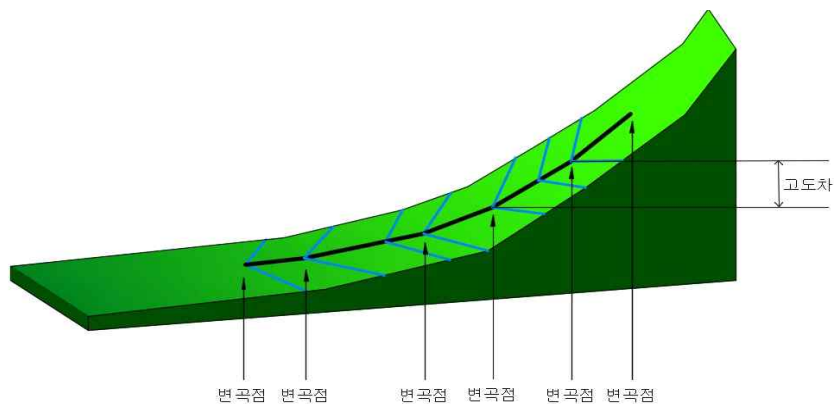


그림 77 계류 평균경사 조사 예시

【참고】

- 대상 계류의 경사가 급할수록 토석류이동속도가 빠르며, 하상 및 계안침식이 증가됨에 따라 하류지역에 토석유출량이 증가하여 산지재해 위험도가 증가 (토석류 최대이동속도는 8~11m/sec)
- 계류 평균경사 10°이상인 계류가 포함된 유역은 집수구역 면적이 클수록 세굴발생 길이는 길어지며, 하류지역으로 토사유출량이 증가
- 계류평균경사에 따라 토사생산구역, 토사유과구역, 퇴사퇴적구역으로 구분
 - 토사생산구역 : 붕괴작용, 침식작용이 가장 활발하게 진행되고 있는 유역으로 유역의 최상류에 해당하며 사력생산구역, 침식구역, 집수구역 또는 채집구역이라고도 함
 - 퇴사유과구역 : 침식과 퇴적이 거의 발생하지 않고, 상류에서 생산된 토사가 통과하는 구역으로 토사유하구역, 중립지대 또는 무작용지대라고도 함
 - 토사퇴적구역 : 계상경사가 완만하고, 계곡이 넓어 유수의 유송력이 저하됨에 따라 계상재료가 퇴적하는 구역으로 사력퇴적지역 또는 침적지대라고 함
- 변곡점 : 계류부 경사도가 급격히 증가하거나, 완만해지는 지점

(4) 집수면적(ha)

□ 용어의 정의

- “집수면적”이란 유역면적을 말하며 능선의 분수령에서 계류로 유입되어 집수되는 지역의 면적

□ 조사방법

- 유역면적은 공간정보 프로그램에서 수치지형도의 등고선을 이용하여 구획이 가능하고, 분석을 통해 면적산출이 가능하며, 산출된 결과 값을 해당평가 항목에 기입

□ 조사결과 및 지표해설

집수면적(ha)	5 미만	6~10	11~20	21~30	31 이상
점수	3	5	10	15	20

※ 지표 중 6ha~10ha 표기된 부분은 5ha~10ha로 해석 적용

지표명	설 명
5 미만	해당 유역면적이 5ha 미만인 경우
6~10	해당 유역면적이 5ha 이상 10ha 이하인 경우
11~20	해당 유역면적이 11ha 이상 20ha 이하인 경우
21~30	해당 유역면적이 21ha 이상 30ha 이하인 경우
31 이상	해당 유역면적이 31ha 이상인 경우

표 29 집수면적 조사결과 판정기준 및 지표해설

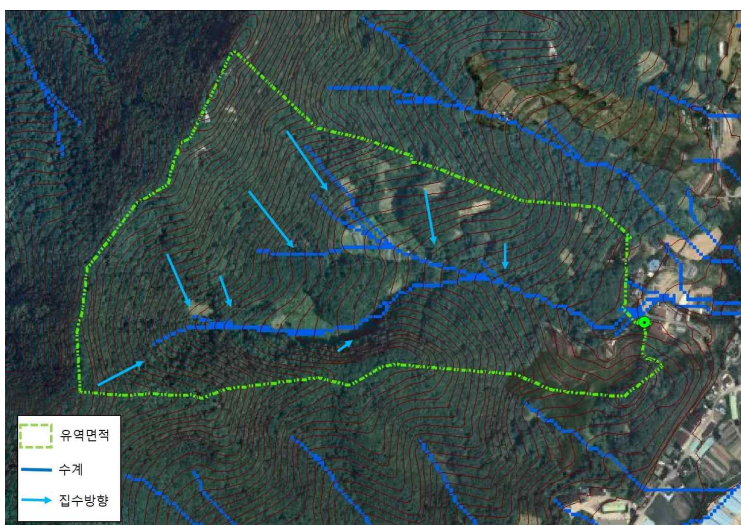


그림 78 집수면적 예시

【참고】 유역면적에 클수록 유량이 증가됨에 따라 토사유출 및 토석류 유동범위가 확대

(5) 총 계류길이(m)

□ 용어의 정의

- “총 계류길이”란 조사 시작점에서 최상단의 계류가 소멸되는 지점까지의 연장거리

□ 조사방법

- 총 계류길이는 GPS 등의 조사장비를 이용하여 실측하는 것을 원칙으로 하고, 지류가 발달하여 주계류의 파악이 어려운 경우에는 수치지형도를 이용하여 주계류를 중심으로 조사

- 최상단의 정의는 최상부 사면과 계곡이 만나는 지점 또는 최상부의 누구(淚溝)침식이 진행된 곳

- 계류의 경사길이는 GPS를 이용하여 변곡점마다 측정하고, 실거리를 m단위로 조사

□ 조사결과 및 지표해설

총 계류길이(m)	100 미만	101~200	201~300	301~500	500 이상
점수	3	5	10	15	20

※ 지표 중 500m이상 표기된 부분은 501m이상으로 해석 적용하며, 100 미만은 100이하로 해석 적용

지표명	설 명
100 미만	총 계류길이가 100m 이하인 경우
101~200	총 계류길이가 101m 이상 200m 이하인 경우
201~300	총 계류길이가 201m 이상 300m 이하인 경우
301~500	총 계류길이가 301m 이상 500m 이하인 경우
500 이상	총 계류길이가 501m 이상인 경우

표 30 총 계류길이 조사결과 판정기준 및 지표해설

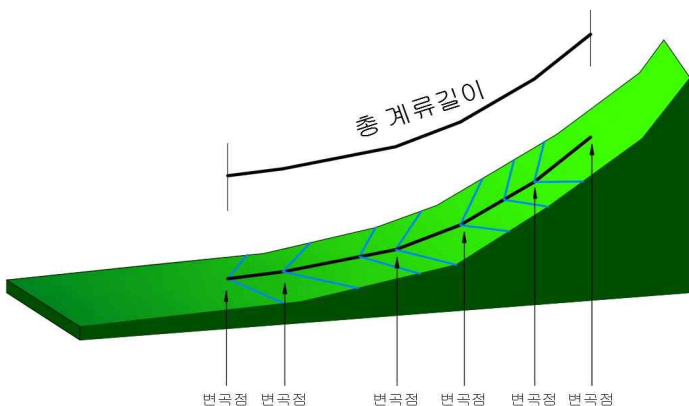


그림 79 총 계류길이 예시

【참고】 대상 계류의 길이가 길수록 토석량과 유동력 증가로 인해 하상 및 계안침식이 증가됨에 따라 하류지역에 토석유출량이 증가하여 산지 재해 위험도 증가

(6) 계류 내 전석분포 비율(%)

□ 용어의 정의

- “전석”이란 기반암에서 분리되어 계류로 유입된 큰 돌을 의미
- “전석분포 비율”이란 조사대상 계류의 최하단부, 중간부, 최상단부 상류지점의 횡단에 폭 5m 내에 존재하는 전석 비율

□ 조사방법

- 계류내 전석은 조사대상 계류의 최하단부, 중간부, 최상단부 상류지점의 종단구간 폭 5m 내에 존재하는 전석이 차지하는 면적비율을 조사하는 것으로 현장여건상 조사위치는 조정하여 측정할 수 있음.
- 조사방법은 조사범위내 계상표면에 돌출되어 있는 전석 0.5m³이상의 단면적을 파악하여 비율을 조사하며, 조사대상 전석은 1/3이상 돌출된 것을 대상

□ 조사결과 및 지표해설

계류내 전석 분포 비율(%)	5% 미만	5~10%	10~20%	21~30%	31% 이상
점수	2	4	6	8	10

※ 계류내 전석 분포비율(%) 지표 중에 10~20% 표기된 부분은 11~20%로 해석 적용

지표명	설 명
5% 미만	계류 내 평균 전석분포비율이 5%미만인 경우
5~10%	계류 내 평균 전석분포비율이 5%이상 10%이하인 경우
10~20%	계류 내 평균 전석분포비율이 11%이상 20%이하인 경우
21~30%	계류 내 평균 전석분포비율이 21%이상 30%이하인 경우
31% 이상	계류 내 평균 전석분포비율이 31%이상인 경우

표 31 계류내 전석 분포 비율 조사결과 판정기준 및 지표해설

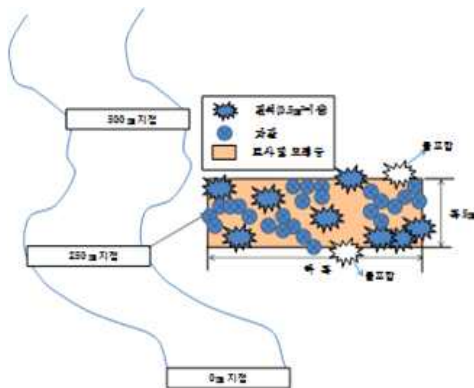


그림 80 계류내 전석분포 비율 조사 예시

【참고】

- 전석 분포비율에 따른 토석의 이동속도의 차이가 있으며 재해위험도가 증가
- 계류내에서 발생한 토석이동 속도는 전석 등의 거석을 포함한 거석(巨石)형 토석류와 흙탕물 등인 이류(泥流)형 토석류로 구분할 수 있으며, 거석형 토석류는 유속이 느리고 상대수심이 낮으나, 이류형 토석류는 유속이 빠르고 상대수심이 높음
- 전석비율이 높으면 초기에 토석이동이 어려워 재해위험성이 낮으나, 일정 이상의 토석이 이동할 때 전석이 이동하게 되면 그 피해규모 및 피해범위가 커지는 경향이 있음

3) 작성 예시

산사태 발생 우려지역 기초조사 평가표(토석류)							
일반정보	조사자	소속	0000 00	직 성명	사원 000	연락처	042-000- 0000
	조사일자		2021년 00월 00일				
	위치	행정구역	00도 00시 0동 산00-0 임 외 6필지				
		GPS좌표	위도(00 ° 00 ' 00 "), 경도(00 ° 00 ' 00 ")				
인자	Category 별 점수						
	1	2	3	4	5	점수	
보호대상	일반산지	재산피해	인가1~5미만	인가5~9	인가100이상 또는 공공시설	20	
점수	0	5	10	15	20		
황폐발생원	산사태 위험 4등급만 있는 유역	산사태 위험 3등급만 있는 유역	산사태 위험 2등급50%이하인 유역	산사태 위험 2등급50%이상인 유역	산사태 위험 1등급이 있는 유역	10	
점수	0	3	5	7	10		
계류평균경사(°)	5 미만	5~7	8~10	11~16	17 이상	17	
점수	3	9	12	17	20		
집수면적(ha)	5미만	6~10	11~20	21~30	31이상	15	
점수	3	5	10	15	20		
총계류길이(m)	100 미만	101~200	201~300	301~500	500이상	15	
점수	3	5	10	15	20		
계류내 전석 분포 비율(%)	5% 미만	5~10%	10~20%	21~30%	31% 이상	4	
점수	2	4	6	8	10		
점수계	94 점		실태조사 필요여부		필요		
주요 위험성	<ul style="list-style-type: none"> - 유역 내 황폐발생원 1등급 지역으로 산사태 발생 가능성이 높은 지역임. - 계류 평균경사도가 11° 이상이고, 총 계류길이 300m 이상인 계류로 토석류 발생 시 빠른 유속과 퇴적물 이동이 우려되는 지역임. 						
조사자의견	<ul style="list-style-type: none"> - 직접영향권 내 인가가 10가구 이상, 인명피해 우려시설이 다수가 조사되었으며, 계류 평균경사가 13° 내외로 계상물매가 급한편임. 또한 계류부의 전석이 다수 조사됨에 따라 토석류 발생 시 하류부에 위치한 보호대상에 인명과 재산피해가 우려되는 지역임. 또한 기초조사 평가점수가 60점 이상으로 실태조사가 필요함. 						

2 산사태 및 토석류 위험지 실태조사 판정표

【근거법령】 산사태 발생 우려지역 조사 및 취약지역 지정·관리 지침

제6조(실태조사) 산사태 발생 우려지역 실태조사에 대한 조사요령은 다음 각 호에 의한다.

1. 조사 대상지 및 목적

- 가. 실태조사 대상지는 기초조사 판정결과에 따라 선정한다.
- 나. 실태조사의 목적은 산사태취약지역 지정을 위한 기초자료 수집으로 한다.

2. 조사 요령

- 가. 현지 직접조사, 사면 안정해석, 토석류 시뮬레이션 해석 등을 통해 시행하며 실태조사 판정표에 근거하여 판정점수를 산정한다.
- 나. 조사자는 제11조에 따른 산사태취약지역의 원활한 지정·심의를 위하여 현황도 작도(作圖) 및 지정·심의 컨설팅을 수행할 수 있다.
- 다. 실태조사의 결과내용은 산사태정보시스템 상 취약지역 관리대장에 등재하여야 한다.
- 라. 실태조사 대상지의 위치, 범위 등 공간정보 표기 방법은 별표 4와 같다.
- 마. 실태조사 판정표는 현장조사 점수 70점, 안정해석 또는 시뮬레이션 해석 점수 30점으로 구성되어 있으며, 판정점수 계가 67점 이상일 경우 A등급, 34점 이상 66점 이하일 경우 B등급, 33점 이하일 경우 C등급으로 판정한다.
- 바. 실태조사 판정표는 별표 5, 별표 6과 같다.
- 사. 실태조사의 표준 비용 산정표는 별표 7과 같다.
- 아. 판정등급에 따른 관리방안 및 조치사항은 별표 8과 같다.

3. 주요 조사 내용

- 가. 산사태 발생 우려지역의 토석유출·붕괴·침식의 정도
- 나. 산사태 발생 우려지역의 토지·산림 현황 등 산사태 발생 원인요소별 특성
- 다. 산사태 위험도 및 피해도 현장 조사
- 라. 사면 안정해석 또는 토석류 시뮬레이션 해석
- 마. 현황도 작도(作圖)
- 바. 주민의견 수렴, 사방시설 현황 파악

□ 업무수행 범위

- 재해위험성 검토의견서의 산사태 위험성 평가는 “산사태 발생 우려지역 조사 및 취약지역 지정·관리 지침”에 따라 작성되며, 산사태 발생 우려지역 기초 조사와 산사태 발생 우려지역 실태조사로 구분
- 산사태 발생 우려지역 실태조사 판정표 작성은 조사유형에 따라 산사태와 토석류로 구분되고, 현지직접조사, 기존공간정보 활용하여 대상지에 대한 현장조사 및 내업분석을 실시
- 실태조사 대상지는 기초조사 평가표상 평가점수가 60점 이상인 지역을 말하며, 실태조사 필요지역으로 선정된 대상지에 대해 현장조사 및 안정해석을 수행하고, 결과에 따라 평가표에 작성, 분석하여 등급별로 관리방안을 제시
- 실태조사 판정표는 현장조사 점수 70점, 안정해석 또는 시뮬레이션 해석 점수 30점으로 구성되어 있으며, 판정점수 계가 67점 이상일 경우 A등급, 34점 이상 66점 이하일 경우 B등급, 33점 이하일 경우 C등급으로 판정

2.1 산사태 발생 우려지역 실태조사 판정표

1) 일반사항

조사자	소속		성명		연락처	
조사일자						
위치	행정구역					
	관리주체					
	GPS좌표 (유출구)	위도	° ' "	경도	° ' "	
최종 판정등급						
현장조사 점수		점수 계		판정등급		
안정해석 점수						
등급보정		등급보정 사유				
상향 ()	하향 ()					
관리 필요성	현 상태 유지		비구조적 (대피체계구축필요)		구조적+비구조적 (적극적인관리필요)	
대책방안						
조사자의견						

작성방법

- 일반사항은 조사자, 조사일자, 위치정보, 최종 판정등급으로 구분하며, 현장 조사 및 안정해석 항목에 대해 조사, 분석을 실시한 후 조사 점수 결과에 따라 판정한 후 현장조사 결과 및 판정결과에 대한 해당항목을 기입

지표해설

지표명	설 명
소속	현장조사를 수행한 기관명을 작성 기입
성명	조사자의 이름을 작성 기입
연락처	조사자의 수행기관 또는 부서의 연락처를 기입
조사일자	조사수행 날짜를 기입
행정구역	재해위험조사표준지의 대표주소를 기입
관리주체	조사지역의 관리주체를 기입
GPS좌표(유출구)	재해위험조사표준지를 대표하는 조사위치의 GPS좌표를 입력

지표명	설 명
현장조사 점수	현장조사 평가표에 따라 수행한 결과 평가점수를 기입
안정해석 점수	안정해석 수행결과 평가점수를 기입
점수 계	현장조사 평가점수와 안정해석 평가점수 합산을 기입
판정등급	점수 계의 판정점수에 따라 등급기준(표32)으로 판정하여 기입
등급보정	조사자 판단에 따라 등급보정이 필요한 경우 상향, 하향을 구분하고, 등급보정 사유를 기입
관리필요성	“실태조사 판정점수에 따른 등급 및 관리방안”을 참조하여 산사태 발생 우려지역 실태조사 판정점수에 따른 판정등급을 구분하고 판정 등급에 대한 관리방안 및 조치사항에 대한 구분을 확인하여 관리 필요성의 해당항목을 ○표시
대책방안	관리필요성에 적합한 대책방안을 제시
조사자의견	산사태 발생 우려지역 실태조사 평가표의 결과를 종합적으로 분석 · 검토하여 조사자의 의견을 간략히 제시

■ 산사태 발생 우려지역 조사 및 취약지역 지정 · 관리 지침 [별표 8]

실태조사 판정점수에 따른 등급 및 관리방안

점수	등급	관리방안	조치사항
67~100	A등급 (위험)	- 집중관리대상 (지정심의 상정)	- 구조적 대책 우선(사방사업 등) - 비구조적 대책 (대피체계, 모니터링, 점검 등)
34~66	B등급 (잠재적 위험)	- 집중관리대상 (지정심의 상정)	- 비구조적 대책 우선 (대피체계 구축, 점검 등) - 필요시 구조적 대책 (사방시설, 기존시설 보완·점검 등)
0~33	C등급 (위험성 낮음)	- 관심대상 (지정심의 비상정)	- 일반 산지로 관리

표 32 실태조사 판정점수 및 등급에 따른 관리방안 기준

2) 현장조사 평가표

- 현장조사 평가표는 조사항목은 피해가능성, 지형, 주요위험인자로 구분하고, 사면구분에 따라 토사사면과 암반사면으로 구분하여 조사·평가하며, 산사태 발생 우리지역 실태조사 판정표의 총점기준 70%의 비중을 차지
- 지형조사는 사면구분에 따라 토사사면일 경우 토사사면에 해당하는 지표에만, 암반사면의 경우 암반사면에 해당하는 지표를 선택하여 조사·평가하여 작성
- 단, 사면유형이 혼재된 복합사면의 경우 모든 항목에 대해 작성 기입하고, 토사사면과 암반사면 중 점수가 더 높거나 위험 가능성이 큰 사면의 배점을 적용

인자		항목 및 점수						
		1	2	3	4	5	점수	
피해 가능성 (15)	피해이력	무	간접피해	직접피해				
	점 수	0	3	5				
	직접영향권 내 보호시설	없음	경작지등 재산피해	인가 1~5 미만	인가50이상, SOC시설			
	점 수	0	5	7	10			
지형 (25)	토사사면	경사도(°)	25 미만	25~35 미만	35~41 미만	41 이상		
		점수	1	3	5	7		
		사면높이 (m)	5 미만	5~20 미만	20~30 미만	30~40 미만	40 이상	
		점수	1	2	3	5	7	
		토심(cm)	30 미만	30~50 미만	50~80 미만	80~100 미만	100 이상	
		점수	1	2	3	5	7	
		종단형상	상승사면	평형사면	하강사면	복합사면		
		점수	1	2	3	4		
	암반사면	경사도(°)	30 미만	30~40 미만	40~50 미만	50 이상		
		점수	1	3	5	7		
		사면높이(m)	10 미만	10~20 미만	20~30 미만	30 이상		
		점수	1	3	5	7		
		암석종류	퇴적암 (이암, 혈암, 석회암, 사암 등)	화성암 (화강암류 기타)	변성암 (천매암, 정판암 기타)	변성암 (편마암류 및 편암류)	화성암 (반암류와 안산암류)	
		점수	1	2	3	5	7	
		균열상황	적음	조금 적음	조금 많음	많음		
		점수	1	2	3	4		

주요위험인자 (30)	연안	산사태위험 등급 현황	산사태위험등급 5등급	산사태위험등급 3,4등급	산사태위험등급 2등급 50%미만	산사태위험등급 2등급50%이상	산사태위험등급 1등급		
		점수	1	2	3	4	5		
		용수상황	건조	습윤	표면수	용수			
		점수	1	3	4	5			
		붕괴지	없음	표층유실, 세굴	낙석, 포행	붕괴(붕락,포락)			
		점수	0	5	7	10			
	토사사면	뿌리특성	천근성+심근성	심근성	천근성 또는 무입목지				
		점수	1	3	5				
		산림현황	울폐도(밀)	울폐도 (소, 중)	황폐지, 무입목지, 치수림	산림훼손지			
		점수	1	3	4	5			
		붕괴	없음	균열 및 절리	낙석 또는 붕괴				
		점수	0	7	10				
	암반사면	불연속면 방향	유리	양호	불리	매우불리			
		점수	1	3	4	5			
		풍화상대	약간풍화	보통풍화	심한풍화, 완전풍화				
		점수	1	3	5				

(1) 피해가능성

- ”피해가능성“은 세부항목으로 피해이력과 직접영향권내 보호시설 인자에 대한 조사항목으로 구분

인자		항목 및 점수					점수
		1	2	3	4	5	
피해가능성 (15)	피해이력	무	간접피해	직접피해			
	점수	0	3	5			
	직접영향권내 보호시설	없음	경작지등 재산피해	인가 1~5 미만	인가5이상, SOC시설		
	점수	0	5	7	10		

가) 피해이력

용어의 정의

- “피해이력”은 과거 산지재해로 인해 인명 또는 재산 피해발생 현황

조사 방법

- 조사지역 주변으로 직접피해, 또는 간접피해 이력을 조사하여 기입
- 피해이력 조사는 사전에 업무협의를 통해 관련 사실을 파악하는 방법과 현장에서 주민의견을 청취, 또는 현장에서 토석류 또는 산사태 이력을 판단
- 피해이력이 조사된 지역에 대해 추가적으로 예방사업 설치 유무를 검토하여 적절한 대책방안이 적용되고 있는지의 검토도 필요

조사결과 및 지표해설

피해이력	무	간접피해	직접피해
점수	0	3	5

지표명	설 명
무	붕괴발생 또는 재해발생 가능성 등 산사태 전조현상이 전혀 관찰되지 않은 경우
간접피해	산사태 또는 토석류 발생 사실이 조사되었으며, 인명과 재산피해가 우려되는 경우
직접피해	산사태 또는 토석류 발생 사실이 조사되었으며, 인명과 재산피해가 발생한 경우

표 34 피해이력 조사결과 판정기준 및 지표해설

나) 직접영향권내 보호시설

용어의 정의

- “직접영향권내 보호시설”은 직접영향권 내 위치한 인가 또는 공공시설 등

조사 방법

- 직접영향권내 주요보호시설, 인가, SOC시설 등의 개소수를 파악하여 해당 평가항목에 작성 기입
- 직접영향권내의 범위는 산지재해로 인하여 인명 및 재산피해가 우려되는 지역(위험사면 높이의 5배 범위내에 주요보호시설, 주택지가 위치한 경우).

- 전용예정지의 토지이용계획도를 고려하여 조사대상 지역 내 주요보호시설의 유무를 조사
- 주택수의 조사는 단독주택과 연립주택을 구분하여 조사하고, 아파트의 경우 주요시설로 분류하며, 가구수 파악이 불가능한 경우에는 5가구 이상으로 분류

□ 조사결과 및 지표해설

피해이력	없음	경작지등 재산피해	인가 1~5 미만	인가5이상, SOC시설
점수	0	5	7	10

지표명	설 명
없음	직접영향권 내 주택 또는 공공시설, SOC시설 등의 시설이 조사되지 않으며, 인명과 재산피해가 우려되지 않은 경우
경작지 등 재산피해	직접영향권 내 경작지, 농막, 창고, 축사 등의 재산피해가 우려되는 경우
인가 1~5 미만	직접영향권 내 단독주택 수가 1가구 이상 5가구 미만인 경우
인가5이상, SOC시설	직접영향권 내 단독주택 수가 5가구 이상 또는 아파트, 공공시설, SOC 시설 등이 조사된 경우

표 35 직접영향권내 보호시설 조사결과 판정기준 및 지표해설

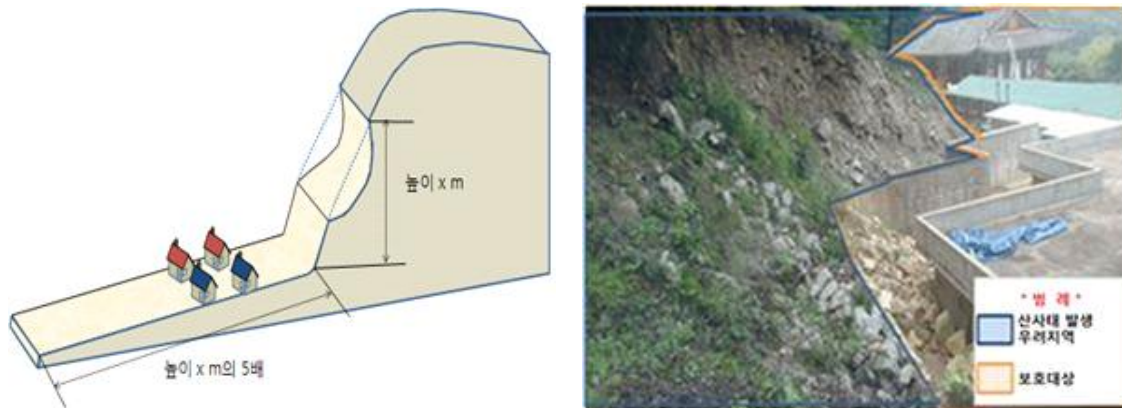


그림 81 산사태 발생 우려지역 보호대상 조사 예시

【참고】 주요보호시설 및 주택지가 있는 곳에 산사태가 발생하면 인명피해 등 대형피해 발생우려가 높음

(2) 지형

- “지형”은 사면구분에 따라 토사사면일 경우 토사사면에 해당하는 지표에만, 암반사면의 경우 암반사면에 해당하는 지표를 선택하여 조사·평가하여 작성하며, 사면유형이 혼재된 복합사면의 경우 모든 항목에 대해 작성 기입하고, 토사사면과 암반사면 중 점수가 더 높거나 위험 가능성이 큰 사면의 배점을 적용

인자		항목 및 점수							
		1	2	3	4	5	점수		
지형 (25)	토사사면	경사도(°)	25 미만	25~35 미만	35~41 미만	41 이상			
		점수	1	3	5	7			
		사면높이(m)	5 미만	5~20 미만	20~30 미만	30~40 미만	40 이상		
		점수	1	2	3	5	7		
		토심(cm)	30 미만	30~50 미만	50~80 미만	80~100 미만	100 이상		
		점수	1	2	3	5	7		
		종단형상	상승사면	평형사면	하강사면	복합사면			
	점수	1	2	3	4				
	암반사면	경사도(°)	30 미만	30~40 미만	40~50 미만	50 이상			
		점수	1	3	5	7			
		사면높이(m)	10 미만	10~20 미만	20~30 미만	30 이상			
		점수	1	3	5	7			
		암석종류	퇴적암 (이암, 혈암, 석회암, 사암 등)	화성암 (화강암류 기타)	변성암 (천매암, 정판암 기타)	변성암 (편마암류 및 편암류)	화성암 (반암류와 안산암류)		
		점수	1	2	3	5	7		
균열상황		적음	조금 적음	조금 많음	많음				
점수	1	2	3	4					

가) 토사사면

(가) 경사도

□ 용어의 정의

- “경사도”란 「산지관리법 시행규칙」 별표1의2 비고 제1호하목에서 정의하는 사면의 각도로서 평균경사도

□ 조사 방법

- 경사도는 측정 장비를(클리노미터, 레이저측정기 등)사용하여 조사지점의 평균경사를 측정하는 것이 원칙으로 하며, 지형, 차폐물 등의 문제로 현장 조사가 불가능한 경우 수치지형도를 활용하여 공간분석 프로그램으로 조사 지역의 평균경사도 산출이 가능

□ 조사결과 및 지표해설

경사도(°)	25 미만	25~35 미만	35~41 미만	41 이상
점수	1	3	5	7

지표명	설 명
25 미만	위험사면의 평균경사도가 25° 미만인 경우
25~35 미만	위험사면의 평균경사도가 25° 이상 35° 미만인 경우
35~41 미만	위험사면의 평균경사도가 35° 이상 41° 미만인 경우
41 이상	위험사면의 평균경사도가 41° 이상인 경우

표 37 경사도 조사결과 판정기준 및 지표해설

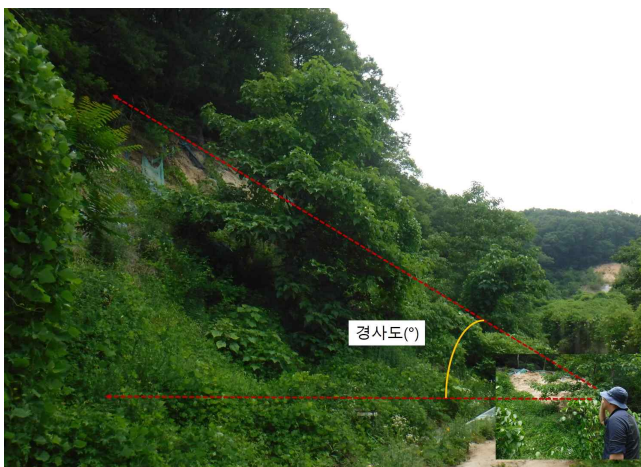


그림 82 경사도 측정방법 예시

【참고】 동일 조건의 강우 및 지반 물성값 등을 적용한 경우 경사도가 급할수록 안전율이 낮아짐

(나) 사면높이

□ 용어의 정의

- “사면높이”란 위험사면의 최고지점과 최저지점의 고도차

□ 조사 방법

- 사면높이는 측정 장비(GPS, 거리측정기 등)를 이용하여 실측 가능하며, 지형, 차폐물 등의 문제로 현장조사가 불가능한 경우 수치지형도를 활용하여 최고점과 최저점의 고도차를 계산

□ 조사결과 및 지표해설

사면높이(m)	5 미만	5~20 미만	20~30 미만	30~40 미만	40 이상
점수	1	2	3	5	7

지표명	설명
5 미만	사면높이가 5m 미만인 경우
5~20 미만	사면높이가 5m 이상 20m 미만인 경우
20~30 미만	사면높이가 20m 이상 30m 미만인 경우
30~40 미만	사면높이가 30m 이상 40m 미만인 경우
40 이상	사면높이가 40m 이상인 경우

표 38 사면높이 조사결과 판정기준 및 지표해설

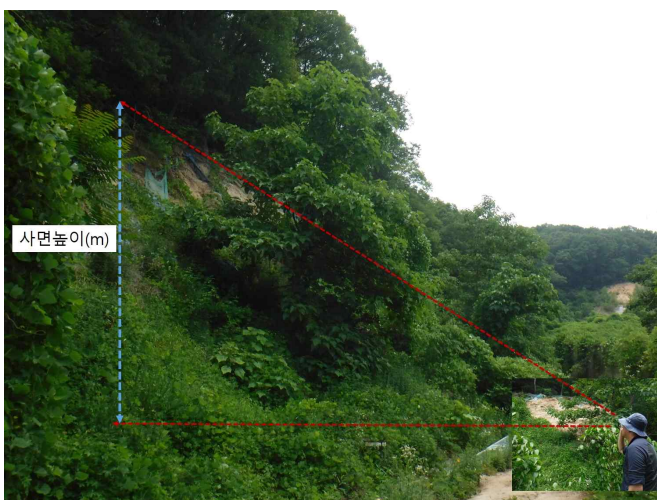


그림 83 사면높이 측정방법 예시

【참고】 토사비탈면에 대한 표준 경사 안정성 해석결과 사면의 높이가 높아질수록 표준 경사에 대한 안정성이 떨어지는 것으로 분석됨

(다) 토심

□ 용어의 정의

- “토심”이란 「산지관리법 시행규칙」 별표1의2 비고 제1호과목에서 정의하는 모암으로부터 지표면까지의 토사의 깊이 또는 수목의 뿌리가 비교적 용이하게 침투할 수 있는 토양의 깊이를 말하며, 토양단면분류를 기준으로 모재층(C층) 전까지, 즉 집적층(B층)까지의 깊이

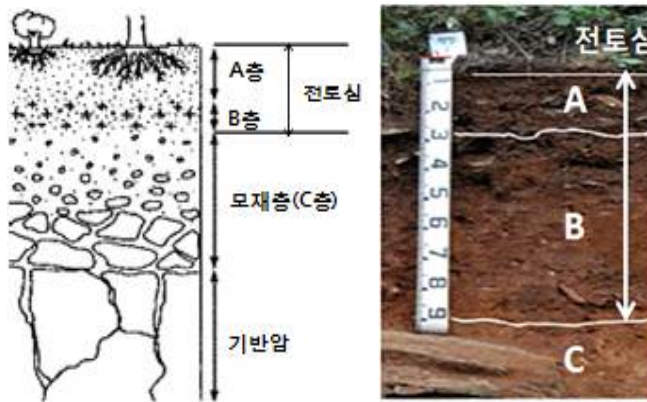


그림 84 토양단면 층위분류에 따른 토심의 정의

□ 조사 방법

- 재해위험조사표준지 사면의 토양단면 파악이 용이한 곳에서 굴토하여 조사하는 것을 원칙으로 하되, 토양단면 파악이 용이하지 않는 경우, 축척 1:25,000의 산림입지도에서 토심을 조사
- 토심측정은 전토심의 깊이를 측정하며, 여기서, 전토심은 토양단면도상에서 A층과 B층을 합한 깊이
- 토양단면의 깊이는 cm단위로 표시하며, 소수점 이하는 반올림
- 모재층(C층)이 나올 때까지 굴토를 실시하며 1m 깊이까지 모재층이 나오지 않을 경우 최대 1m까지 굴토하여 조사를 실시

□ 조사결과 및 지표해설

토심(cm)	30 미만	30~50 미만	50~80 미만	80~100 미만	100 이상
점수	1	2	3	5	7

지표명	설 명
30 미만	토심측정 값이 30cm 미만인 경우
30~50 미만	토심측정 값이 30cm 이상 50cm 미만인 경우
50~80 미만	토심측정 값이 50cm 이상 80cm 미만인 경우
80~100 미만	토심측정 값이 80cm 이상 100cm 미만인 경우
100 이상	토심측정 값이 100cm 이상인 경우

표 39 토심 조사결과 판정기준 및 지표해설

【참고】 토심이 깊은 지역은 토사유출량이 많아 산지재해 발생 위험성이 크며, 수목 뿌리의 긴박력에 의한 산지재해 방지 기능이 떨어지기 때문에 깊을수록 산지재해 위험성이 상대적으로 높음

(라) 종단형상

□ 용어의 정의

- “종단형상”이란 재해위험조사표준지의 수직적인 비탈면형태

□ 조사 방법

- 종단형상은 아래 그림과 같이 상승사면, 평형사면, 하강사면, 복합사면으로 구분하고, 조사방법은 전반적인 사면형상을 파악하여 목측에 따라 분류하는 것을 원칙으로 하며, 불가능한 경우에는 수치지형도를 이용하여 사면형태를 조사

□ 조사결과 및 지표해설

종단형상	상승사면	평형사면	하강사면	복합사면
점수	1	2	3	4

지표명	설 명
상승사면	사면으로 올라갈수록 경사가 점점 완만해지는 사면
평형사면	사면에서의 경사가 일정하게 고른 사면
하강사면	사면으로 올라갈수록 경사가 점점 급해지는 사면
복합사면	상승, 하강, 평형비탈면 중 2개 이상이 존재하는 사면

표 40 종단형상 조사결과 판정기준 및 지표해설

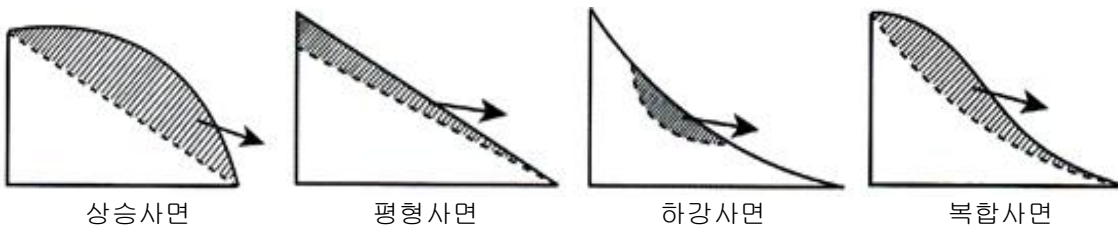


그림 85 사면형상의 분류

【참고】

- 복합사면은 강우가 집수되고 용출될수 있는 변각점이 단일 사면형보다 많고, 사면길이도 길어지기 때문에 토사유출량이 많아 산지재해 위험성이 가장 높음
- 하강사면은 강우의 집수가 용이한 사면형으로 붕괴위험 등 산지재해 위험성이 상대적으로 높음
- 평형사면은 경사가 가장 급한 지역에 대부분 분포하며 산지재해 발생율이 비교적 낮음
- 상승사면은 경사도가 상부로 올라갈수록 낮아지며, 대부분 능선부에 분포 하므로 산지재해 발생율은 낮음

나) 암반사면

(가) 경사도

□ 용어의 정의

- “경사도”란 「산지관리법 시행규칙」 별표1의2 비고 제1호하목에서 정의하는 사면의 각도로서 평균경사도

□ 조사 방법

- 경사도는 측정 장비를(클리노미터, 레이저측정기 등)사용하여 조사지점의 평균경사를 측정하는 것이 원칙으로 하며, 지형, 차폐물 등의 문제로 현장 조사가 불가능한 경우 수치지형도를 활용하여 공간분석 프로그램으로 조사 지역의 평균경사도 산출이 가능

□ 조사결과 및 지표해설

경사도(°)	30 미만	30~40 미만	40~50 미만	50 이상
점수	1	3	5	7

지표명	설 명
30 미만	위험사면의 평균경사도가 30° 미만인 경우
30~40 미만	위험사면의 평균경사도가 30° 이상 40° 미만인 경우
40~50 미만	위험사면의 평균경사도가 40° 이상 50° 미만인 경우
50 이상	위험사면의 평균경사도가 50° 이상인 경우

표 41 경사도 조사결과 판정기준 및 지표해설

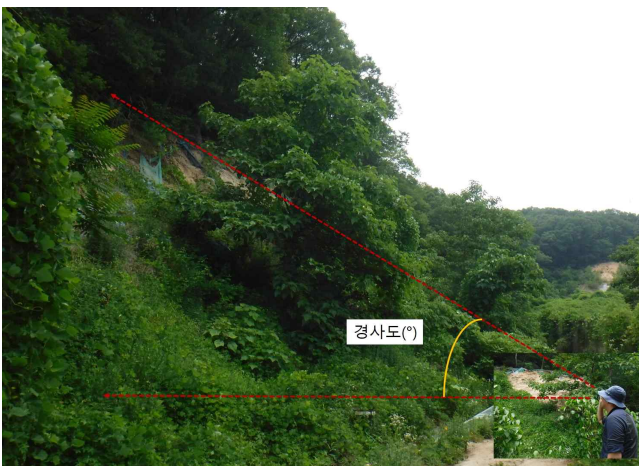


그림 86 경사도 측정방법 예시

【참고】

- 동일 조건의 강우 및 지반 물성 값 등을 적용한 경우 경사도가 급할수록 안전율이 낮아짐

(나) 사면높이

□ 용어의 정의

- “사면높이”란 위험사면의 최고지점과 최저지점의 고도차

□ 조사 방법

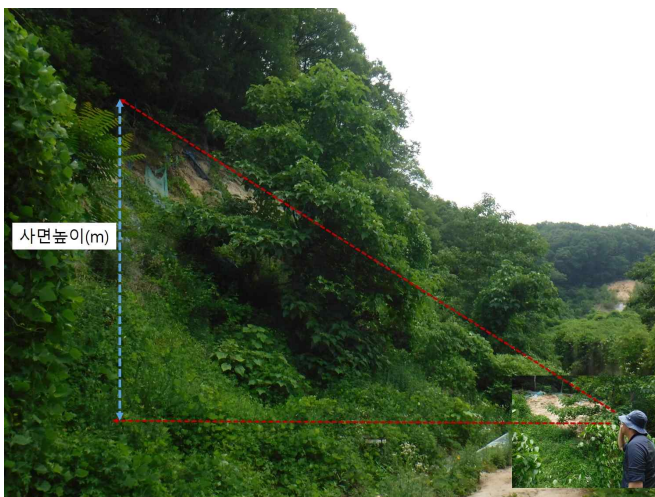
- 사면높이는 측정 장비(GPS, 거리측정기 등)를 이용하여 실측 가능하며, 지형, 차폐물 등의 문제로 현장조사가 불가능한 경우 수치지형도를 활용하여 최고점과 최저점의 고도차를 계산

□ 조사결과 및 지표해설

사면높이(m)	10 미만	10~20 미만	20~30 미만	30 이상
점수	1	3	5	7

지표명	설 명
10 미만	사면높이가 10m 미만인 경우
10~20 미만	사면높이가 10m 이상 20m 미만인 경우
20~30 미만	사면높이가 20m 이상 30m 미만인 경우
30 이상	사면높이가 30m 이상인 경우

표 42 사면높이 조사결과 판정기준 및 지표해설



【참고】 토사비탈면에 대한 표준경사 안정성 해석결과 비탈면의 높이가 높아질수록 표준경사에 대한 안정성이 떨어지는 것으로 분석됨

그림 87 사면높이 측정방법 예시

(다) 암석종류

□ 용어의 정의

- “암석”란 산사태 발생 우려지역 실태조사에서는 모암을 말하며, “모암”이란 「산지관리법 시행규칙」 별표1의2 비고 제1호나목에서 정의하는 한국지질자원연구원에서 작성한 축척 5만분의 1 이상의 지질도에 의한 암석성인별 모암

□ 조사 방법

- 암석구분도(암석사전)를 이용하여 모암을 조사하여 분류하는 것을 원칙으로 하되, 조사가 불가능한 경우에는 한국지질자원연구원 지질정보시스템에서 제공하는 수치지질도(축척 1:50,000)를 사용하여 모암을 분석(p47 참조)하며, 분석 결과를 참고하여, 현장의 암석과 비교하여 모암을 결정

□ 조사결과 및 지표해설

모암	퇴적암 (이암, 혈암, 석회암, 사암 등)	화성암 (화강암류 기타)	변성암 (천매암, 점판암 기타)	변성암 (편마암류 및 편암류)	화성암 (반암류와 안산암류)
점수	1	2	3	5	7
주요 모암	- 이암 - 혈암 - 사암 - 역암 - 각력암 - 석회암 - 응회암 - 인산암 - 셰일 - 실트암 - 패각암 - 규조암 - 이회암 - 팍암 - 와케암 - 처트 - 인회암 - 규조암 - 플린트 - 암염 - 규조암 - 석고 - 트래버틴 :	- 화강암 - 섬록암 - 반려암 - 감람암 - 회장암 - 섬장암 - 휘석암 :	- 천매암 - 점판암 - 규암 - 혼펠스 - 대리암 - 슬레이트 :	- 편마암 - 편암 - 각섬암 - 압쇄암 - 백립암 - 혼성암 - 에클로자이트 :	- 반암 - 안산암 - 유문암 - 현무암 - 조면암 - 라타이트 - 휘록암 - 흑요암 :

표 43 모암 조사결과 판정기준 및 모암 분류


퇴 적 암			
			
이암	셰일	석회암	사암
변 성 암			
			
천매암	접판암	편마암	편암
화 성 암			
			
반암	안산암	흑운모화강암	화강암

그림 88 모암 분류 예시

【참고】

- 화강암지대는 편마암지대에 비하여 산지재해 발생규모는 작으며, 발생 면적율은 흑운모 편마암지대에서 가장 높게 나타남
- 화성암 중 화산암류(반암류 및 안산암류)의 경우 변성암과 퇴적암에 비해 비탈면붕괴의 발생가능성이 높음
- 퇴적암의 경우 상대적으로 산지재해 위험은 낮으나, 투수성이 큰 사암, 석회암 등이 혈암 혹은 토사층과 함께 존재하면 비탈면붕괴의 가능성이 커지며, 활동면은 토사층과 암반층 사이에서 발생

(라) 균열상황

□ 용어의 정의

- “균열”이란 표면이 갈라져서 발생한 틈으로 재료의 강도 이상의 기계적 응력이 작용하여 발생하는 것

□ 조사 방법

- 재해위험조사표준지(산사태 위험지) 내의 암반사면의 균열상황의 정도를 조사

□ 조사결과 및 지표해설

균열상황	적음	조금 적음	조금 많음	많음
점수	1	2	3	4

지표명	설 명
적음	암반사면의 균열이 없거나 적은 경우
조금 적음	암반사면의 균열이 조금 적은 경우
조금 많음	암반사면의 균열이 조금 많은 경우
많음	암반사면의 균열이 많은 경우

표 44 균열상황 조사결과 판정기준 및 지표해설



그림 89 균열 예시

【참고】 암반사면의 균열(절리)이 많을수록 풍화의 단계가 가속화되며, 균열이 많을수록 낙석의 위험이 높아져 산지재해의 위험도가 높아짐

(3) 주요위험인자

- “주요위험인자”는 사면구분에 따라 토사사면과 암반사면으로 구분하며, 공통지표는 두 종류의 사면 모두 조사·평가하여 작성
- 토사사면일 경우 토사사면에 해당하는 지표에만, 암반사면의 경우 암반사면에 해당하는 지표를 선택하여 조사·평가하여 작성
- 사면유형이 혼재된 복합사면의 경우 모든 항목에 대해 작성 기입하고, 토사사면과 암반사면 중 점수가 더 높거나 위험 가능성이 큰 사면의 배점을 적용

인자			항목 및 점수					점수	
			1	2	3	4	5		
주요위험인자 (30)	붕괴	산사태위험 등급 현황	산사태위험등급 5등급	산사태위험등급 3,4등급	산사태위험등급 2등급 50%미만	산사태위험등급 2등급50%이상	산사태위험등급 1등급		
		점수	1	2	3	4	5		
		용수상황	건조	습윤	표면수	용수			
		점수	1	3	4	5			
	토사사면	붕괴지	없음	표층유실, 세굴	낙석, 포행	붕괴(붕락,포락)			
		점수	0	5	7	10			
		뿌리특성	천근성+심근성	심근성	천근성 또는 무입목지				
		점수	1	3	5				
		산림현황	울폐도(밀)	울폐도 (소, 중)	활폐지, 무입목지, 치수림	산림훼손지			
		점수	1	3	4	5			
	암반사면	붕괴	없음	균열 및 절리	낙석 또는 붕괴				
		점수	0	7	10				
		불연속면 방향	유리	양호	불리	매우불리			
		점수	1	3	4	5			
		풍화상태	약간풍화	보통풍화	심한풍화, 완전풍화				
		점수	1	3	5				

가) 공통

(가) 산사태위험등급 현황

□ 용어의 정의

- “산사태위험등급현황” 은 유역내 산사태 위험등급의 분포비율의 현황

□ 조사 방법

- 산사태위험등급현황 조사는 재해위험조사표준지가 포함된 유역내 산사태 위험등급비율을 확인하며, 산사태위험지도를 활용하여 확인 가능
- 산사태위험지도는 현재 산림청에서 사용하고 있는 산사태정보시스템의 자료 (p29 참조)를 활용하고, 대상유역의 산사태위험등급 1, 2등급의 비율을 조사하여 비율을 기록

□ 조사결과 및 지표해설

산사태위험 등급현황	산사태위험등급 5등급	산사태위험등급 3,4등급	산사태위험등급 2등급 50%미만	산사태위험등급 2등급 50%이상	산사태위험등급 1등급
점수	1	2	3	4	5

지표명	설 명
산사태위험등급 5등급	유역 내 5등급지만 포함된 지역
산사태위험등급 3,4등급	유역 내 1, 2등급지가 없고, 3,4 등급 지역이 포함된 지역
산사태위험등급 2등급 50%미만	유역 내 1등급지가 없고, 2등급가 50%미만 포함된 지역
산사태위험등급 2등급50%이상	유역 내 1등급지가 없고, 2등급가 50%이상 포함된 지역
산사태위험등급 1등급	유역 내 산사태위험등급 1등급지가 포함된 지역

표 45 산사태위험등급 현황 조사결과 판정기준 및 지표해설

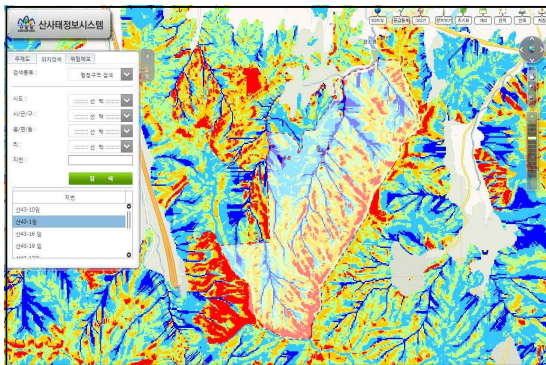


그림 90 산사태정보시스템 활용 예시

【참고】 산사태 위험등급 1,2등급지 분포비율이 높을수록 재해 발생 우려가 높은 지역이며, 재해위험성검토 대상지설정시 산사태위험등급 1,2등급지를 우선으로 선발

(나) 용수상황

□ 용어의 정의

- “용수”는 지하수위가 높은 지역에서 지하수가 지표면 밖으로 용출되는 상태를 말하며, 이러한 현상 또는 상태를 의미하는 것이 용수상황임.

□ 조사 방법

- 사면 내 용수의 발생유무를 조사하고, 용수상황에 따라 현장조사 평가표에 따라 배점하여 기입
- 비가 내린 직후는 지하수위가 평소보다 높으므로 비가 내린 후 2~3일 뒤 점검하는 것이 바람직

□ 조사결과 및 지표해설

용수상황	건조	습윤	표면수	용수
점수	1	3	4	5

지표명	설 명
건조	마른상태
습윤	물기 흔적(검은색 표면, 이끼류 등)이 관찰되는 경우
표면수	물기가 표면에 관찰되는 경우(젖은 현상), 물줄기는 보이지 않으나, 물이 맺혀 떨어지는 경우
용수	물줄기가 눈에 보이는 정도의 흐름

표 46 산사태위험등급 현황 조사결과 판정기준 및 지표해설

【참고】 물은 사면 안정성에 큰 영향을 미치므로 주의 깊은 관찰 및 확인이 필요하며, 용출수가 발생한 지역은 하부지반에 간극이 발생하여 지반침하가 동반되어 나타날 수 있음

나) 토사사면

(가) 붕괴지

□ 용어의 정의

- “붕괴지”는 비탈면이 호우, 지진, 지하수위 변동 등으로 인하여 빠른 속도로 무너져 내린 사면

□ 조사 방법

- 현장조사 평가표상의 지표는 토사사면에서의 지반변형을 위험인자로 제시한 것이며, 표층유실, 세굴, 낙석, 포행, 붕괴 등으로 구분하여 위험사면에서의 산사태 전조현상 등을 조사
- 위험사면에서의 붕괴유무, 표층유실, 세굴 등의 붕괴현황을 조사하여 현장 조사 평가표에 따라 배점하여 기입

□ 조사결과 및 지표해설

붕괴지	없음	표층유실, 세굴	낙석, 포행	붕괴(붕락, 포락)
점수	0	5	7	10

지표명	설명
없음	사면 내 붕괴, 지반변형 등의 붕괴에 대한 전조현상이 전혀 관찰되지 않은 경우
표층유실, 세굴	위험사면에 표층유실, 세굴이 조사된 경우
낙석, 포행	위험사면에 낙석 또는 포행이 조사된 경우
붕괴(붕락, 포락)	위험사면에 붕괴 또는 붕락이 조사된 경우

표 47 붕괴지 조사결과 판정기준 및 지표해설

조사항목	설명	현장사진 예시
표층유실, 세굴	<ul style="list-style-type: none"> - 표층유실 : 토양의 층위 중에서 표층(용탈층)부분이 강우나 우수에 의해 침식되는 현상. - 세굴 : 물에 의하여 바닥이나 독의 기초부분이 파이는 현상. 파랑, 수류 등에 의하여 해안, 제방, 하상이나 테라스, 전환수로의 바닥이 침식되어 없어지는 현상. 	
낙석, 포행	<ul style="list-style-type: none"> - 낙석 : 호우 또는 융설시에 산 위나 벼랑 따위에서 사면 기슭으로 떨어지는 돌. 암반 내 불연속면(절리, 편리, 층리 등의 갈라진 틈)이 이완되어 암편이 모암(母巖)으로부터 분리되어 낙하하는 현상 - 포행 : 토양이 지표면에 접촉하여 느리게 이동하는 양태. 	
붕괴(붕락, 포락)	<ul style="list-style-type: none"> - 붕락 : 사면의 토사, 자갈 등이 강우나 우수에 의해 토층이 포화되어 비탈면 지괴가 무너져 내리는 중력 침식. - 포락 : 유수와 관계되어 비탈면 끝을 흐르는 계곡부의 가로침식에 의해 무너져 내리는 침식 	

(나) 뿌리특성

□ 용어의 정의

- “뿌리특성”이란 재해위험조사표준지내에 생육하는 입목 뿌리의 발육특성

□ 조사 방법

- 재해위험조사표준지의 입목을 조사하여 뿌리특성을 파악하고, 조사 결과를 현장조사 평가표에 따라 배점 기입

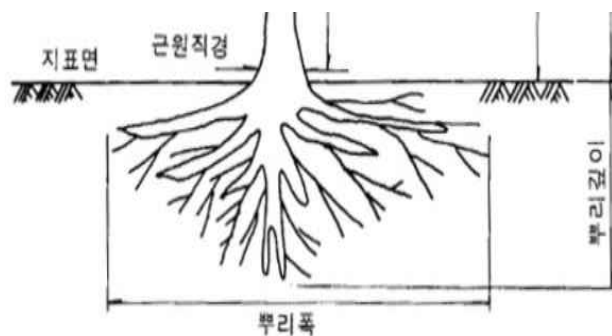


그림 91 뿌리의 범위 예시

□ 조사결과 및 지표해설

뿌리특성	천근성+심근성	심근성	천근성 또는 무입목지
점수	1	3	5

지표명	설 명
천근성+심근성	임목의 뿌리특성이 천근성과 심근성이 혼재된 사면
심근성	임목의 뿌리특성이 심근성인 사면
천근성 또는 무입목지	임목의 뿌리특성이 천근성이거나 무입목지인 사면

표 48 뿌리특성 조사결과 판정기준 및 지표해설

【참고】

- 근계의 형태는 심근성, 천근성으로 나눌 수 있는데 심근성은 근원 직경 20cm를 기준으로 주근의 깊이가 2m 이상까지 발달한 수종이며, 천근성은 지하 1m내에 주근과 측근에 분포하는 것을 기준
- 심근성 수종 : 참나무류, 소나무류, 밤나무, 후박나무, 가시나무, 곰솔, 메타세쿼이아, 삼나무, 참죽나무, 팽나무, 느릅나무, 붉가시나무, 호두나무, 낙우송, 가죽나무, 가래나무, 전나무, 음나무, 왕느릅나무, 물푸레나무 등
- 천근성 수종 : 버드나무, 서어나무, 오리나무류, 사철나무, 황철나무, 아까시나무, 느릅나무, 때죽나무, 분비나무, 가문비나무, 사시나무, 자작나무, 고로쇠나무, 당단풍, 종비나무, 편백, 낙엽송, 박달나무, 피나무, 단풍나무, 느티나무 등

(다) 산림현황

□ 용어의 정의

- “산림현황”이란 산사태 발생 우려지역 실태조사에서는 “울폐도”를 말하며, “울폐도”는 나무의 수관과 수관이 서로 접하여 이루고 있는 수림 위층의 전체적인 생김새의 폐쇄정도

□ 조사 방법

- 재해위험조사표준지 내에서 울폐도를 측정하여 현장조사 평가표에 기입
- 수목이 점유하는 평면적으로 밀도를 나타내고자 하는 것이다. 따라서 수관이 임지를 피복하는 정도 즉 수관투영면적 합계가 그 임지면적에 대하여 차지하는 비율로 나타내는 것

□ 조사결과 및 지표해설

산림현황	울폐도(밀)	울폐도(소, 중)	황폐지, 무입목지, 치수림	산림훼손지
점수	1	3	4	5

지표명	설 명
울폐도(밀)	위험사면에 수관밀도가 71%이상 임분인 경우
울폐도(소, 중)	위험사면에 수관밀도가 41%이하 또는 41~70% 임분인 경우
황폐지, 무입목지, 치수림	위험사면이 황폐지, 무입목지, 또는 치수림인 경우
산림훼손지	위험사면이 산림훼손지인 경우

표 49 산림현황 조사결과 판정기준 및 지표해설

【참고】 울폐도가 “밀” 할수록 수관밀도가 높아 강우에 대한 토사유출에 대한 저항이 높아 산지재해 위험도가 낮으며, 산림훼손지는 반대로 강우에 대한 노출이 높아지고 수목으로부터 유지되던 토사 유출 방지 기능이 사라지게 되어 더욱 산지재해 위험도가 높아짐

조사항목	설명	현장사진 예시
울폐도	임목의 수관과 수관이 서로 접하여 이루고 있는 임관의 폐쇄 정도를 파악하여 판단하며, 수관밀도에 따라 소, 중, 대로 구분 - 소 : 수관밀도가 40%이하인 임분 - 중 : 수관밀도가 41~70%인 임분 - 밀 : 수관밀도가 71% 이상인 임분	
무입목지	- 보통 수목이 성립되지 않은 임지로서 울폐도 또는 입목본수비율이 30% 이하인 산림을 무입목지로 규정하고 있으며, 통상 수목이 생립하고 있지 않은 임지를 의미	
산림훼손지	- 집터, 농경지, 개간, 산지전용 등의 이유로 산림을 인위적으로 훼손시켜 놓은 임지	
황폐지	- 산지의 지피식생이 오랫동안에 걸쳐서 소멸되거나 파괴되고, 산지 위에 각종 형태의 토양침식이 발생되어 강우시 토사유실이 심하게 발생하여 사방공사가 필요한 산지, 가치 또는 물질을 생산할 수 없는 토지	

다) 암반사면

(가) 붕괴

□ 용어의 정의

- “붕괴”는 암반사면이 호우, 풍화, 침식, 해빙 등으로 인하여 낙석 등 암괴의 이탈이 발생하는 현상

□ 조사 방법



- 암반사면에서의 지반변형을 위험인자로 제시한 것이며, 균열 및 절리, 낙석 또는 붕괴 등으로 구분하여 위험사면에서의 산사태 전조현상 등을 조사하는 것으로 현장조사 결과에 따라 배점 기입

□ 조사결과 및 지표해설

붕괴	없음	균열 및 절리	낙석 또는 붕괴
점수	0	7	10

지표명	설 명
없음	사면 내 붕괴, 지반변형 등의 사면형상이 전혀 관찰되지 않은 경우
균열 및 절리	암반사면에 균열 및 절리 등의 붕괴징후가 관찰된 경우
낙석 또는 붕괴	암반사면에서 낙석, 또는 파괴형태가 관찰된 경우

표 50 붕괴 조사결과 판정기준 및 지표해설

조사항목	설명	현장사진 예시
균열 및 절리	- 균열 및 절리 : 암석에 생긴 불연속면, 즉 갈라진 틈을 말하며, 절리의 틈 사이에 물이 침투하고, 동결융해현상이 반복되면서 틈이 벌어지게 되면, 추후 암반파괴에 원인이 됨.	
낙석 또는 붕괴	- 낙석 : 호우 또는 응설시 산위나 벼랑 따위에서 사면 기슭으로 떨어지는 돌로서 암반 내 불연속면(절리, 편리, 층리 등의 갈라진 틈)이 이완되어 암편이 모암(母巖)으로부터 분리되어 낙하하는 현상 - 암반붕괴 : 암반사면에서의 절리 및 균열이 확대되어 암반파괴가 발생하는 현상.	

(나) 불연속면 방향

□ 용어의 정의

- “불연속면 방향”은 절리방향을 말하며, 절리란 마그마의 수축, 지각 내 응력 작용 및 해소 등에 의해 생성된 암석 내 갈라진 틈

□ 조사 방법

- 절리 방향은 틈을 이루고 있는 절리면이 놓인 방향, 즉 암석의 결 방향을 말하는 것으로 바위 안쪽 부분에 생긴 수평이나 수직의 경사진 균열 상태를 파악하고, 불연속면의 방향을 조사하여, 조사결과에 따라 배점하여 기입
- 암석의 결은 측면 관찰을 통하여 확인해야 함으로 현장 확인이 어려운 경우가 많으므로 비탈면 내 기존 암탈락 구간이 존재할 시 이를 통해 측면 관찰을 시도
- 깎기(절취) 공정 후 식생공을 시공하지 않은 비탈면일 경우, 비탈면 내 2개 방향 이상 의 절리면이 노출될 가능성이 높으므로 이를 통해 암석의 결 확인이 가능

□ 조사결과 및 지표해설

불연속면 방향	유리	양호	불리	매우불리
점수	1	3	4	5

지표명	설 명
유리	절리가 거의 없거나 비탈면과 반대방향으로 기울어진 경우
양호	절리가 지표면과 거의 수평으로 발달된 경우
불리	절리가 지표면과 거의 수직으로 발달된 경우
매우불리	절리가 비탈면 방향과 거의 유사하게 발달된 경우

표 51 불연속면 방향 조사결과 판정기준 및 지표해설

조사항목	모식도	설명
매우 유리		절리가 거의 없는 경우
유리		절리가 역방향인 경우 절리면이 비탈면과 반대 방향으로 기울어진 경우
양호		절리가 지표면과 거의 수평으로 발달된 경우
불리		절리가 지표면과 거의 수직으로 발달된 경우 전도파괴에 의한 낙석 가능성

【참고】

- 비탈면의 붕괴 및 낙석은 암석의 조개진 틈을 따라 발생하므로 절리의 빈도 및 방향은 비탈면 안정성에 중요한 영향을 미침
- 암반사면에서는 발달된 균열방향에 따라서 암석이 무너지므로, 균열방향을 관찰하는 것이 중요하며, 불연속면(절리)의 방향이 주택 쪽이면 40° 정도로 낮은 경사에서도 붕괴가 될 수 있고, 불연속면(절리)의 방향이 반대 쪽이면 오히려 90°절벽도 안전할 수 있음.

(다) 풍화상태

□ 용어의 정의

- “풍화”란 지표의 암석이 부서지고 변질되어 흙으로 변하는 현상을 말하고, 풍화는 암석이 부서지는 기계적 풍화와 변질되는 화학적 풍화로 구분
- “풍화상태”란 비탈면을 구성하는 암석의 풍화된 정도

□ 조사 방법

- 풍화도 측정은 근접 육안관찰을 기본으로 하며, 지질해머 타격을 통해 깨진면의 암석 상태를 관찰하며, 지질해머 타격 시 반발 정도가 크고, 경쾌한 소리가 나는 경우 약간풍화~신선 등급의 암반일 가능성이 높음
- 노출된 비탈면은 암석 표면이 대부분 변색되어 있으므로 원거리 육안 관찰 시 정확한 풍화도를 판단할 수 없으므로 반드시 근접 관찰이 필요하며, 암석을 타격하여 깨진면의 광물상태 및 변색 상태를 관찰하는 것이 필요

□ 조사결과 및 지표해설

풍화상태	약간풍화	보통풍화	심한풍화, 완전풍화
점수	1	3	5

지표명	설명
약간풍화	위험사면에 노출된 암석이 전체적으로 신선한 편이나 절리를 따라 착색, 변색된 경우
보통풍화	위험사면에 노출된 암석이 일부분이 변색되고 풍화흔적이 있는 경우
심한풍화, 완전풍화	위험사면에 노출된 암석의 대부분이 변색, 착색되고 또는 암석이 흙으로 변해 있으나, 잔류구조가 관찰되는 경우

표 52 풍화상태 조사결과 판정기준 및 지표해설

【참고】 풍화는 암석의 밀도 및 강도, 내부마찰각과 점착력 등을 감소시키는 것으로 보고되고 있으며, 이로 인해 암석으로 구성된 사면의 안정성에 부정적인 영향을 미칠수 있음

구분	등급	설명	현장사진 예시
하	신선 (F.)	- 암석 구성물질이 풍화된 흔적이 없음	
	약간풍화 (S.W.)	- 암석이 전체적으로 신선한 편이나 절리를 따라 착색, 변색	
중	보통풍화 (M.W.)	- 암석의 일부분이 변색되고 풍화흔적이 있음	
	심한풍화 (H.W.)	- 대부분의 구성광물들이 변색, 착색	
상	완전풍화 (C.W.)	- 암석이 흙으로 변해 있으나, 잔류구조가 관찰됨	
	풍화잔류토 (R.S.)	- 암석이 흙으로 변해 있으며, 잔류구조가 관찰되지 않음	

3) 산사태 안정해석 평가표

(1) 사면안정 해석

【근거법령】 산사태 발생 우려지역 조사 및 취약지역 지정·관리 지침

제8조(사면 안정해석 또는 토석류 시뮬레이션 해석) ① 지역산사태예방기관의 장은 제6조에 따른 실태조사 시 객관적인 등급 판정과 제11조제1항에 따른 산사태취약지역지정위원회 심의 시 필요한 시각적·정량적 자료 확보를 위하여 지역조건에 따라 다음 각 호의 분석을 실시하여야 한다.

1. 산사태 발생 우려지역: 사면 안정해석을 통한 사면붕괴 가능성 분석
2. 토석류 발생 우려지역: 토석류 시뮬레이션 해석을 통한 유출 토사의 확산범위 및 확산범위 내 피해우려대상 분포 현황 분석

□ 용어의 정의

- “사면안정해석”이란 절토·자연사면의 구조적 안정성을 공학적으로 해석하는 것
- “안전율”이란 저항력(전단강도)에서 활동력(전단응력)을 나눈값이며, 여기서 활동력은 사면을 형성하는 흙의 중량이 아래로 내려가는 힘이고 저항력은 이를 저항하는 힘을 의미하는 것으로 사면 활동이 일어나도록 하는 힘과 저항하려고 하는 힘의 비율이라 말할 수 있고, 다르게 표현하면 사면이 한계 평형상태에 도달하도록 강도정수를 나누어 주는 계수를 의미

- 계산식 :
$$\text{안전율} = \frac{\text{저항력}}{\text{활동력}} = \frac{\text{전단강도}}{\text{전단응력}}$$

□ 분석 기준

- 재해위험성 검토의견서의 사면안정해석은 “산사태 발생 우려지역 조사 및 취약지역 지정·관리 지침”에 따라 사면안정해석을 수행하고 있으며, 사면의 안정성 검토는 안전율을 근거로 판단
- 이론상으로는 산정된 안전율이 1보다 크면 사면은 안전하다고 표현할 수 있으나, 국내 설계 기준상에 있어서는 안전율이 허용 안전율 이상이 되어야만 사면이 안전한 것으로 판정하며, 국내·외에서 적용되는 허용안전율의 설계기준은 대체로 $F_s = 1.1 \sim 1.5$ 정도의 범위

- “산사태 발생 우려지역 실태조사”에서 제시하는 허용안전율은 국토교통부 비탈면 설계기준(국토교통부, 2011)을 준용

□ **사면안정해석 프로그램**

- 사면안정해석에 사용되는 프로그램은 많은 종류가 개발되어 이용되고 있으며, 일반적으로 국내에서 사용하는 프로그램은 아래와 같음. 이 외에도 한계평형이론에 의한 해석방법 또는 재해분야에서 사용되는 범용프로그램이 다수가 있으며, 프로그램 선정 시 동일한 해석법에 의한 프로그램은 다양하나 그 결과 값은 차이가 없으므로, 해당 기술자의 판단에 의한 적합한 프로그램을 선택하여 적용

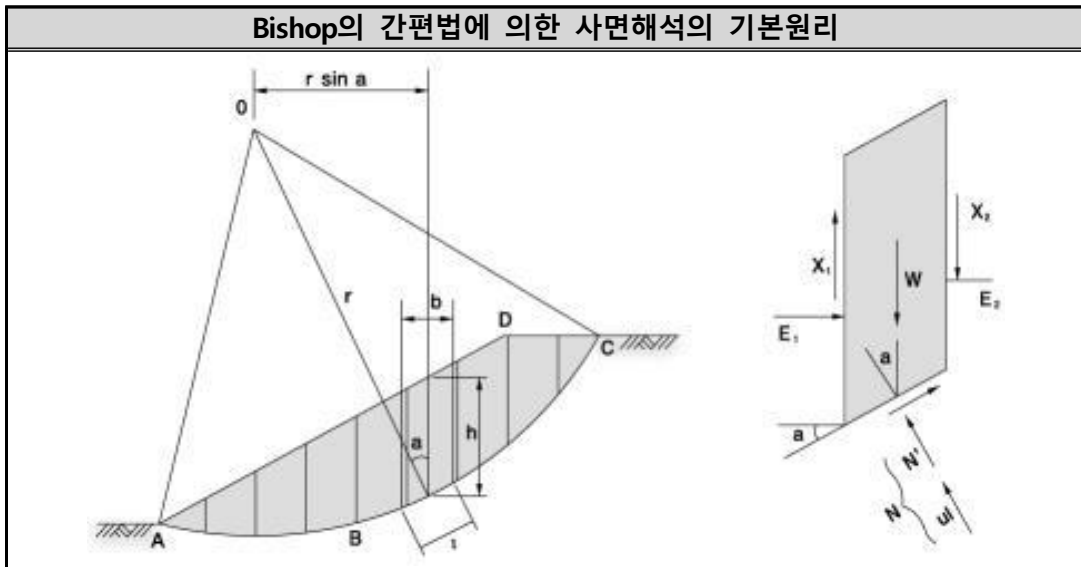
구분	항목	프로그램	개요
산사태	한계평형해석	SoilWorks	- 깎기, 쌓기비탈면 안정해석
	한계평형해석	SLOPE/W	- 쌓기비탈면 안정해석
	한계평형해석	TALREN	- 깎기비탈면 안정 및 보강검토
	평사투영해석	DIPS	- 평면, 전도 및 썩기파괴 가능성 검토
	한계평형해석	SWEDGE	- 썩기파괴 검토
	한계평형해석	ROCPLANE	- 평면파괴 검토
	통계적분석	ROCFALL	- 낙석 및 낙반 영향 검토

□ **사면안정해석 방법**

- 사면안정해석은 사면구분에 따라 해석방법이 다르며, 토사사면과 암반사면에 대한 해석방법은 다음과 같음.
- 토사사면 해석방법
 - 일반적으로 토층사면에 대한 사면안정해석에 해석되는 방법은 유한요소법, 유한차분법, 개별요소법과 같은 수치해석법(Numerical Analysis)과 임계활동면에서의 역학적인 평형관계 만을 해석하는 한계평형해석법(Limit Equilibrium Analysis)이 있음.
 - 수치해석법은 지반의 변형 특성을 고려한 탄성 또는 탄소성해석 방법으로 지반정수 산정시 많은 현장시험 및 실내시험이 필요하며, 해석상의 소요시간이 긴 단점이 존재하므로 대표적으로 한계평형해석법을 사용

- 한계평형법에 의한 사면안정 해석방법을 여러 가지 관점에 의해 분류될 수 있으나 크게 활동 토체를 단일 토체로 보는 중량법과 활동 토체를 수 개의 수직절편으로 분할하는 절편법으로 구분할 수 있으며, 이중 절편법에 의한 사면안정 해석법이 많이 이용되고 있음.
- 절편법에 의한 사면안정 해석방법은 많은 연구자들에 의해 여러 가지 방법들이 제안되고 있으며, 안전율 산정을 위한 평형조건, 해석 활동면 형상, 절편 작용력 및 작용위치 가정 등에서 다소의 차이는 있으나 그 근본적 방법상의 차이는 없는 것으로 알려지고 있음.
- 일반적으로 토사사면 안정해석은 한계평형해석법을 적용하고 있으며, 절편법인 bishop방법의 기본원리는 아래와 같음.

$$\text{안전율 } F_s = \frac{\sum_{n=1}^{n=p} (cb_n + W_n \tan \phi + \Delta T \tan \phi) \frac{1}{m} \alpha(n)}{\sum_{n=1}^{n=p} (\sin \alpha_n)}$$



$$m\alpha(n) = \cos\alpha(n) + \frac{\tan\phi \cdot \sin\alpha_n}{F_s}$$

W : 절편 흙의 전체중량(KN/m²) b : 절편 폭(m)
 a : 기울기각 (°) φ : 흙의 내부 마찰각(°)
 c : 흙의 점착력(KN/m²) ΔT : Tn - Tn+1

○ 암반사면 해석방법

- 암반사면의 안정해석은 지질 및 절리 발달상황에 따라 원호파괴, 썸기파괴, 평면파괴, 전도파괴의 형태로 구분하여 해석하는 것이 일반적이며, 평사투영법을 이용하여 암반사면을 개략적으로 평가한 후 결정된 붕괴형태에 따라 한계평형해석을 실시하여 안정성을 검토

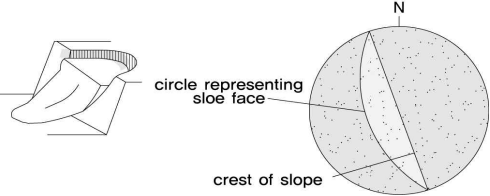
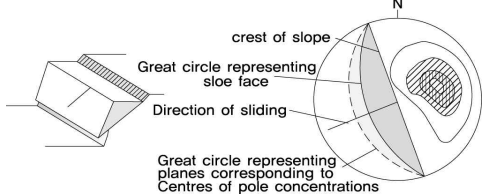
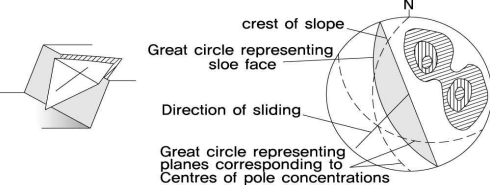
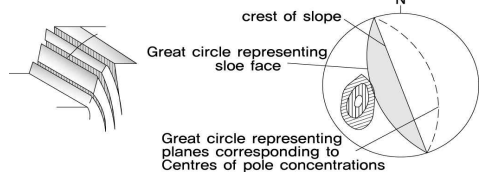
구 분	전형적인 파괴형태와 극점분포	발생조건
원 호 파 괴		<p>토층비탈면 및 불연속면이 불규칙하게 많이 발달되어 뚜렷한 구조적 특징이 없는 암반에서 원형파괴가 발생, 주로 풍화가 심한 암반이나 파쇄가 심한 암반에서 발생.</p>
평 면 파 괴		<p>불연속면의 주절리가 한방향으로 발달된 암반에서 발생 가능</p>
썸 기 파 괴		<p>썸기파괴는 두개의 불연속면을 따라 발생하는 암반블록의 미끄러짐으로 인한 파괴형태</p>
전 도 파 괴		<p>전도파괴의 발생조건은 절개면과 절리면의 경사방향이 반대이거나 절리면의 주향과 절개면의 주향이 비슷한 경우에 발생</p>

표 53 평사투영해석의 파괴형태의 유형

- 평사투영해석 결과 파괴의 잠재적 가능성이 존재하는 경우에 한하여 지하수 상태를 고려한 한계평형해석법을 적용하여 비탈면 안정성을 평가

$F = \frac{C \cdot A + (W \cos \Psi_p - U - V \cdot \sin \Psi_p) \tan \phi}{W \cdot \sin \Psi_p + V \cdot \cos \Psi_p}$ $A = (H - Z) \operatorname{cosec} \Psi_p, \quad V = \frac{\gamma_w Z_w^2}{2}$ $U = \frac{\gamma_w Z_w (H - Z) \operatorname{cosec} \Psi_p}{2}$		<p>A : 파괴면의 면적, H : 비탈면의 높이 Z : 인장균열 깊이, W : 암괴의 중량 Ψ_p : 파괴면의 경사각, U : 파괴면에 작용하는 수압에 의한 양압력 V : 인장균열속의 수압에 의한 힘</p>
상부비탈면에 인장균열이 있는 경우		
	$W = \frac{\gamma^2 H^2 ((1 - (Z/H))^2) \cot \Psi_p - \cot \Psi_f}{2}$	
비탈면내에 인장균열이 있는 경우		
	$W = \frac{\gamma^2 H^2 ((1 - (Z/H))^2) \cot \Psi_p (\cot \Psi_p \tan \Psi_f - 1)}{2}$	

표 54 한계평형해석 방법 예시

□ 지반정수 산정

- 사면안정해석의 해석결과는 지층의 구조와 지반물성 값에 의해 크게 좌우되는데, 지층에 구조는 대표적으로 풍화토층, 풍화암층, 기반암층으로 구분
- 지반 물성값은 단위중량(γ_t , kN/m^3), 내부마찰각(ϕ , $^\circ$), 점착력(c , kPa)
- 지층의 구조는 시추를 통해 작성된 시추주상도를 기준으로 해석 단면도를 작성하고, 지반정수는 실내시험방법을 통해 얻어진 결과를 바탕으로 안정 해석을 수행함이 원칙이나 환경적, 비용적 문제로 현장 조사수행이 어려운 경우, 기존 적용사례를 활용하거나 문헌자료를 참고하여 작성할 수 있음. 해석결과는 지반 물성값에 따라 결과값이 상당히 다르게 얻어지는 경우도 있어 신뢰도에 큰 영향을 주기 때문에 충분히 검토하여 결정
- 전국단위에 지반물성 자료는 국토교통부의 국토지반정보 통합DB센터에서 제공하는 전국단위에 시추정보와, 산림청에서 제공하는 산림지반특성지도를 활용

□ 지진시 안정해석

- 현재 재해위험성 검토의견서의 사면안정해석은 “산사태 발생 우려지역 조사 및 취약지역 지정 · 관리 지침”에 따라 사면안정해석을 수행하고 있으며, 사면의 안정성 검토는 안전율을 근거로 판단
- “산사태 발생 우려지역 조사 및 취약지역 지정 · 관리 지침”에서는 지진시의 안전율 검토가 이루어지고 있지 않아 참고자료로서 별도의 해석결과를 제시
- 지진시의 사면안정해석 방법은 수평지진계수(K_h)를 적용하여 안전율을 산출하며, 수평지진계수(K_h)의 산정공식은 아래와 같음.

$$K_h = \frac{a_{\max}}{2g}$$

K_h : 수평지진계수
 a_{\max} : 지표면최대가속도(= 지반가속도계수 :A)
 g : 중력가속도 9.8m/s^2

- 여기서 a_{\max} 은 지반가속도계수(A)를 말하며, 지반가속도계수(A) 산정 방법은 지반가속도계수비탈면이 위치한 지역의 지진구역계수(Z)와 내진등급별 재현주기에 따른 위험도 계수(I)의 곱으로 지반가속도계수를 결정

$$\text{지반가속도계수(A)} = \text{지진구역계수(Z)} \times \text{위험도계수(I)}$$

- 지진시의 기준안전율은 아래 표에서 제시한 건설공사 비탈면 설계기준을 참고 하였으며, 지진시의 기준안전율은 $F_s > 1.1$ 적용

지진구역		행정구역	지진구역계수 Z (g)
I	시	서울특별시, 인천광역시, 대전광역시, 부산광역시, 대구광역시, 울산광역시, 광주광역시	0.11
	도	경기도, 강원도 남부, 충청북도, 충청남도, 경상북도, 경상남도, 전라북도, 전라남도 북동부	
II	도	강원도 북부, 전라남도 남서부, 제주도	0.07
※ 강원도 북부(군,시) : 홍천, 철원, 화천, 횡성, 평창, 양구, 인제, 고성, 양양, 춘천시, 속초시 강원도 남부(군,시) : 영월, 정선, 삼척시, 강릉시, 동해시, 원주시, 태백시, 전라남도 북동부(군,시) : 장성, 담양, 곡성, 구례, 장흥, 보성, 여천, 화순, 광양시, 나주시, 여천시, 여수시, 순천시 전라남도 남서부(군,시) : 무안, 신안, 완도, 영광, 진도, 해남, 영암, 강진, 고흥, 함평, 목포시			

표 56 지진구역 구분 및 지진구역계수(재현주기 500년)

재현주기	50년	100년	200년	500년	1000년	2400년
위험도 계수, I	0.4	0.57	0.73	1.00	1.40	2.0

표 57 위험도 계수(I)

건설공사 비탈면 설계기준(국토교통부, 2016)		
구분	기준안전율	참조
건기	$F_s > 1.5$	-쌓기체 내에 지하수가 없는 것으로 해석
우기	$F_s > 1.3$	-지하수 조건은 지반조사 결과, 지형조건 및 배수조건 등을 종합으로 판단하여 안정성에 가장 불리한 상태가 발생하는 조건에 대하여 수행 -한쪽쌓기 한쪽깎기 비탈면에서는 상기조건에 따라 산정한 지하수위 또는 침투해석을 통한 지하수위를 이용하여 해석 -쌓기 표면에 강우침투가 발생하는 경우에는 설계계획빈도에 따른 해당 지역의 강우강도, 강우지속시간 등을 고려하여 강우침투를 고려한 해석 실시
지진시	$F_s > 1.1$	-지진관성력은 파괴토체의 중심에 수평방향으로 작용시킴 -지하수위는 우기시 조건과 동일하게 적용
* 비탈면 상부 파괴범위 내에 1, 2종 시설물의 기초가 있는 경우 : 별도 검토		

표 58 일반쌓기비탈면 안정해석시 적용하는 기준안전율

건설공사 비탈면 설계기준(국토교통부, 2016)		
구 분	기준안전율	참 조
건 기	$F_s > 1.5$	지하수가 없는 것으로 해석
우 기	$F_s > 1.2$ 또는 $F_s > 1.3$	-연암 및 경암 등으로 구성된 암반비탈면의 경우, 인장균열 내 지하수 포화 높이나 활동면을 따라 지하수로 포화된 비탈면 높이의 1/2심도까지 지하수를 위치시키고 해석을 수행하며 이 경우 $FS=1.2$ 를 적용 -토층 및 풍화암으로 구성된 비탈면의 안정해석은 지하수위를 결정하여 해석하는 방법 또는 강우의 침투를 고려한 방법 사용가능 -지하수위를 결정하여 해석하는 경우에는 현장 지반조사 결과, 지형조건 및 배수조건 등을 종합적으로 고려하여 지하수위를 결정하고 안정해석을 수행하며, 지하수위를 결정한 근거를 명확히 기술 ($FS=1.2$ 적용) -강우의 침투를 고려한 안정해석을 실시하는 경우에는 현장지반조사 결과, 지형조건, 배수조건과 설계계획빈도에 따른 해당지역의 강우강도, 강우 지속시간 등을 고려하여 안정해석을 실시하며, 해석시 적용한 설계정수와 해석방법을 명확히 기술 ($FS=1.3$ 적용)
지진시	$FS > 1.1$	-지진관성력은 파괴토체의 중심에 수평방향으로 작용시킴 -지하수위는 우기시 조건과 동일하게 적용
단 기	$F_s > 1.1$	-1년 미만의 단기적인 비탈면의 안정성(시공중 포함) -지하수 조건은 장기안정성 검토의 우기시 조건과 동일하게 적용
* 비탈면 상부 파괴범위 내에 1, 2종 시설물의 기초가 있는 경우 : 별도 검토		

표 59 각기비탈면 안정해석시 적용하는 기준 안전율

□ 해석결과 및 지표해설

- 사면안정해석 결과에 기준안전율 충족 여부를 비교하여 검토하고, 해석결과의 최종점수를 평가표에 작성·기입

기준안전율	기준안전율 충족 건기시(1.6~) 우기시(1.3~)	기준안전율 수준 건기시(1.5~1.6) 우기시(1.2~1.3)	기준안전율 불충족 건기시(~1.5) 우기시(~1.2)
점수	0	15	30

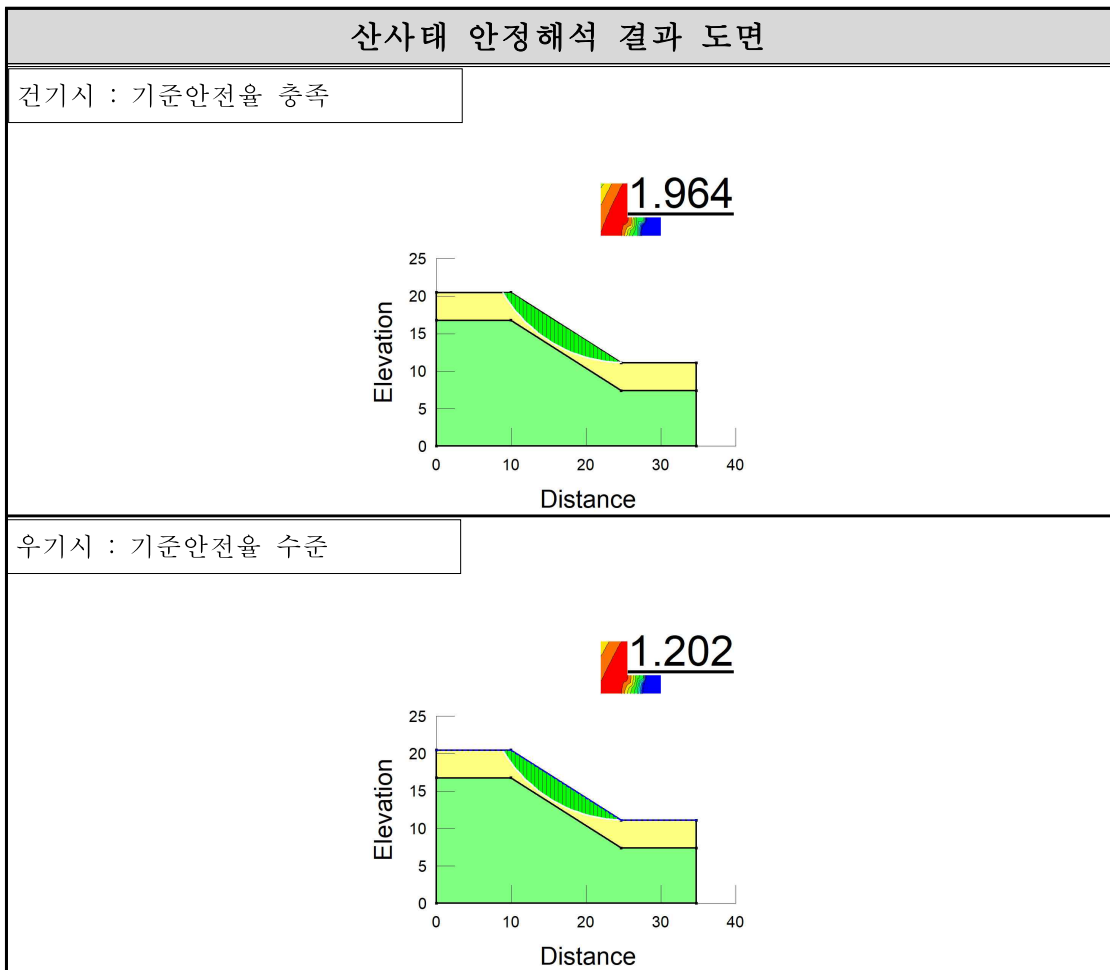
지표명	설 명
피해대상 개소	영향범위 내(사면높이의 5배) 인명 또는 재산피해 시설 개소수 기입
이격거리	영향범위 내 가장 근접한 피해대상과 조사시점과의 거리
사면안정해석 결과 도면	사면안정해석 결과인 안전율이 포함된 사면검토결과물을 제시

표 60 기준안전율 조사결과 판정기준 및 지표해설

□ 작성예시

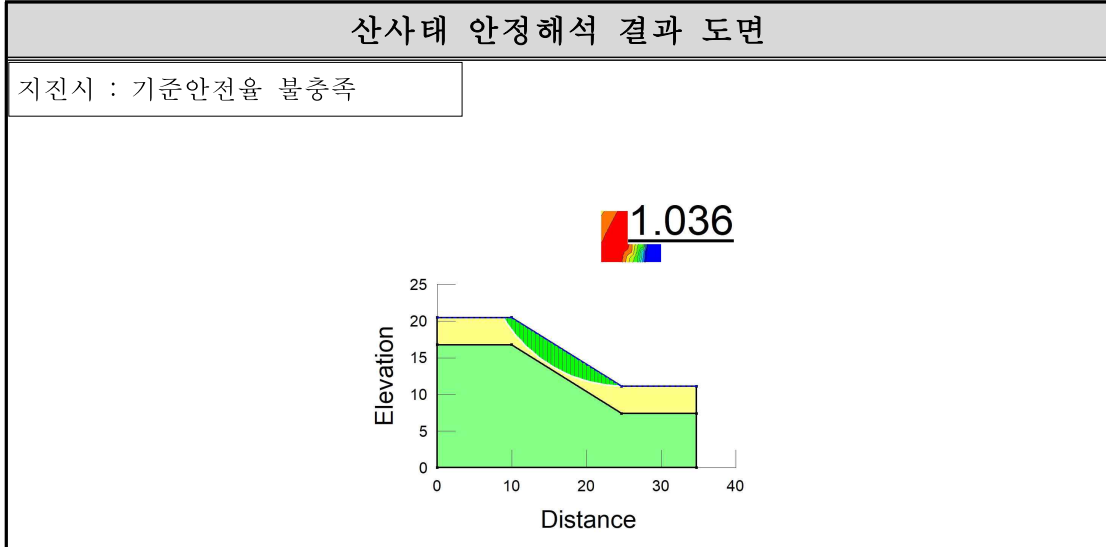
- 아래의 작성예시는 slope/w 프로그램을 활용한 해석 결과 예시이며, 기준 안전율 충족여부의 따라 해석단면의 결과는 기준안전율 수준으로 15점을 배점

사면 안정해석 평가				
구분	기준안전율 충족 건기시(1.6~) 우기시(1.3~)	기준안전율 수준 건기시(1.5~1.6) 우기시(1.2~1.3)	기준안전율 불충족 건기시(~1.5) 우기시(~1.2)	15
점수	0	15	30	
피해대상 개소		5 개소	이격거리(m)	5 m



【참고】 건기시, 우기시 충족여부 검토기준 결과가 위의 그림과 같이 상이한 경우 위험성이 높은 판정결과의 최종점수로 배점

- 지진시 허용 기준안전율은 $F_s > 1.1$ 이므로 해당예시 해석결과는 기준안전율의 불충족하므로 사면안정성이 불안정함.



【참고】 지진시의 경우 “산사태 발생 우려지역 조사 및 취약지역 지정·관리 지침”에서 건기시 및 우기시의 기준안전율에 대한 점수구분 및 판정 결과를 구분하기 어렵기 때문에 분석결과 및 검토내용만 제시

(2) 현장조사 위치도 및 현황도

【근거법령】 산사태 발생 우려지역 조사 및 취약지역 지정·관리 지침

제9조(현황도) ① 지역산사태예방기관의 장은 실태조사 시 산지현황을 나타내는 현황도를 작도(作圖)하여야 하며, 현황도는 다음 각 호의 사항을 포함한다.

1. 수치지형도, 위성 또는 항공사진 등을 활용하여 나타낸 대상지역의 위치, 범위
2. 대상지역의 산사태 발생원인 요소별 현황

② 제1항에 따른 현황도는 다음 각 호의 용도로 활용할 수 있다.

1. 제11조제1항에 따른 산사태취약지역 지정위원회 심의 시 산사태 발생 우려지역 현황 파악을 위한 참고자료
2. 「산림보호법」 제45조의11에 따른 산사태취약지역 현지점검, 응급조치 및 보수·보강 등 필요한 조치를 취할 시 현황 파악을 위한 참고자료

□ 현황도 작성범위

- 재해위험성 검토의견서의 현황도 작성은 “산사태 발생 우려지역 조사 및 취약지역 지정·관리 지침”에 따라 작성되며, 대상지의 위치도와 현황도를 구분하여 작성
- 실태조사에서 현황도는 평가점수에 영향을 미치지 않지만, 현장상황을 뒷받침하는 기초자료로서 사진, 그림 등을 활용하여 현장상황을 상세하게 표현
- 위치도 및 현황도는 타당성평가 검토위원, 허가권자 등이 현장상황을 용이하게 파악하기 위한 목적

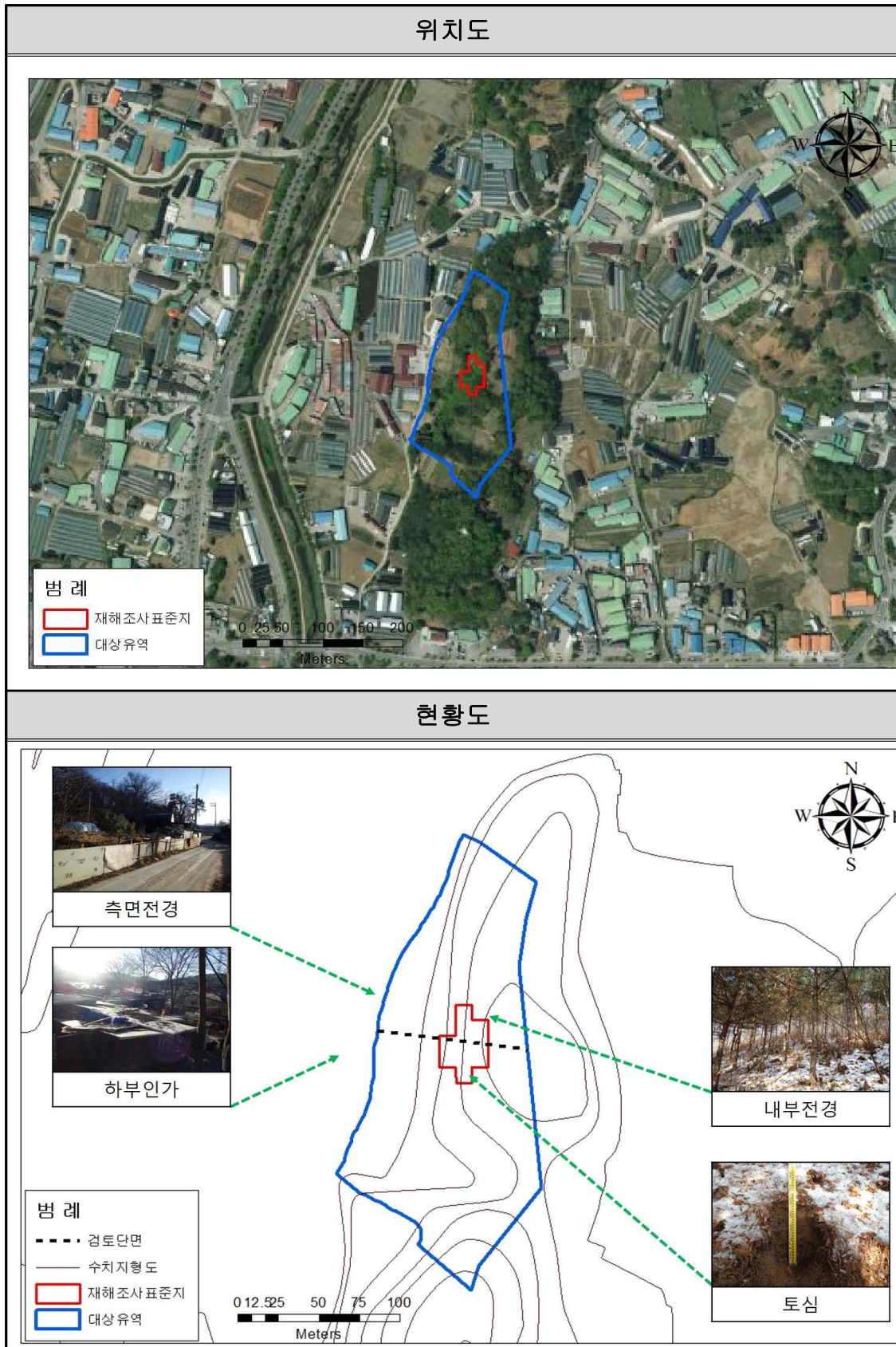
□ 작성방법

- 위치도는 위성사진 상 조사표준지, 유역면적, 주변현황이 포함되도록 지도상의 작성하며, 현황도는 수치지형도, 위험요소 사진, 그림 등의 자료를 지도상의 표시하여 한 눈에 현황이 파악될 수 있도록 작성

위치도
현황도

표 64 위치도 및 현황도 양식

【참고】 대상지역이 군사지역, 기밀시설 등의 보안시설로 위성사진이 없는 경우 수치지형도를 활용하여 위치도 및 현황도를 작성



2.2 토석류 발생 우려지역 실태조사 판정표

1) 일반사항

조사자	소속		성명		연락처	
조사일자						
위치	행정구역					
	관리주체					
	GPS좌표 (유출구)	위도	° ' "	경도	° ' "	
최종 판정등급						
현장조사 점수		점수 계		판정등급		
시뮬레이션 해석 점수						
등급보정	등급보정 사유					
상향 ()	하향 ()					
관리 필요성	현 상태 유지	비구조적 (대피체계구축필요)		구조적+비구조적 (적극적인관리필요)		
대책방안						
조사자의견						

작성방법

- 일반사항은 조사자, 조사일자, 위치정보, 최종 판정등급으로 구분하며, 현장 조사 및 시뮬레이션 해석 항목에 대해 조사, 분석을 실시한 후 조사 점수 결과에 따라 판정한 후 현장조사 결과 및 판정결과에 대한 해당항목을 기입

지표해설

지표명	설 명
소속	현장조사를 수행한 기관명을 작성 기입
성명	조사자의 이름을 작성 기입
연락처	조사자의 수행기관 또는 부서의 연락처를 기입
조사일자	조사수행 날짜를 기입
행정구역	재해위험조사표준지의 대표주소를 기입
관리주체	조사지역의 관리주체를 기입
GPS좌표(유출구)	재해위험조사표준지를 대표하는 조사위치의 GPS좌표를 입력

지표명	설 명
현장조사 점수	현장조사 평가표에 따라 수행한 결과 평가점수를 기입
안정해석 점수	안정해석 수행결과 평가점수를 기입
점수 계	현장조사 평가점수와 안정해석 평가점수 합산을 기입
판정등급	점수 계의 판정점수에 따라 등급기준(표33)으로 판정하여 기입
등급보정	조사자 판단에 따라 등급보정이 필요한 경우 상향, 하향을 구분하고, 등급보정 사유를 기입
관리필요성	“실태조사 판정점수에 따른 등급 및 관리방안”을 참조하여 산사태 발생 우려지역 실태조사 판정점수에 따른 판정등급을 구분하고 판정 등급에 대한 관리방안 및 조치사항에 대한 구분을 확인하여 관리 필요성의 해당항목을 ○표시
대책방안	관리필요성에 적합한 대책방안을 제시
조사자의견	산사태 발생 우려지역 실태조사 평가표의 결과를 종합적으로 분석 · 검토하여 조사자의 의견을 간략히 제시

■ 산사태 발생 우려지역 조사 및 취약지역 지정 · 관리 지침 [별표 8]

실태조사 판정점수에 따른 등급 및 관리방안

점수	등급	관리방안	조치사항
67~100	A등급 (위험)	- 집중관리대상 (지정심의 상정)	- 구조적 대책 우선(사방사업 등) - 비구조적 대책 (대피체계, 모니터링, 점검 등)
34~66	B등급 (잠재적 위험)	- 집중관리대상 (지정심의 상정)	- 비구조적 대책 우선 (대피체계 구축, 점검 등) - 필요시 구조적 대책 (사방시설, 기존시설 보완·점검 등)
0~33	C등급 (위험성 낮음)	- 관심대상 (지정심의 비상정)	- 일반 산지로 관리

표 67 실태조사 판정점수 및 등급에 따른 관리방안 기준

2) 현장조사 평가표

- 현장조사 평가표는 조사항목은 피해가능성, 지형, 위험인자로 구분하고, 그 중 위험인자는 주위험요소와 잠재적 위험요소로 구분하여 조사·평가하며, 각 지표에 대한 배점에 따라 평가표에 작성·기입

인자		항목 및 점수						
		1	2	3	4	5	점수	
피해 가능성 (15)	피해이력	무	간접피해	직접피해				
	점 수	0	3	5				
	직접영향권 내 보호시설	없음	경작지등 재산피해	인가 1~5 미만	인가5이상, SOC시설			
	점 수	0	5	7	10			
지형 (25)	유역면적 (ha)	5미만	6~10	11~20	21~30	31이상		
	점 수	1	2	3	4	5		
	계류 평균경사도(°)	5 미만	5~15 미만	15~20 미만	20이상			
	점 수	3	5	8	10			
	토심 (cm)	30 미만	30~50 미만	50~80 미만	80~100 미만	100 이상		
	점 수	1	3	5	7	10		
위험 인자 (30점)	주 위험 요소 (20점)	구 분	하	중	상			
		붕괴	없음	높이 5m 미만	높이 5m 이상			주 위험요소 항목중 높은점수 택1
		점 수	0	10	20			
		침식	5% 미만	5~20% 미만	20% 이상			
		점 수	0	10	20			
		전석	0%	1~10미만% or 30% 이상	10~30%			
	점 수	0	10	20				
	토석류 흔적	무		유				
	점 수	0		10				
	잠재적 위험 요소 (10점)	산사태위험 등급현황	산사태위험 등급 3등급 이하	산사태위험 등급 2등급 50%미만	산사태위험 등급 2등급 50%이상	산사태위험 등급 1등급		
		점 수	0	1	2	3		
		산림현황	울폐도(밀)	울폐도 (소, 중)	수목전도 및 고사목	산림훼손지 황폐지		
점 수		0	1	2	3			
뿌리특성		심근성+ 천근성	심근성 (70%이상)	천근성 (70%이상)				
점 수		0	1	2				
기타위험요소 (선택형)	유송잡물, 퇴적지		용출수	유실	배수상태		기타위험요소 항목 중 택 1	
	점 수	2	2	2	2			
	단층대, 지진대		복합적 지질구조	기타(위험요소 기재)				
	점 수	2	2	2				

(1) 피해가능성

- ”피해가능성“은 세부항목으로 피해이력과 직접영향권내 보호시설 인자에 대한 조사항목으로 구분

인자		항목 및 점수					점수	
		1	2	3	4	5		
피해 가능성 (15)	피해이력	무	간접피해	직접피해				
	점 수	0	3	5				
	직접영향권 내 보호시설	없음	경작지등 재산피해	인가 1~5 미만	인가5이상, SOC시설			
	점 수	0	5	7	10			

가) 피해이력

용어의 정의

- “피해이력”은 과거 산지재해로 인해 인명 또는 재산 피해발생 현황

조사 방법

- 조사지역 주변으로 직접피해, 또는 간접피해 이력을 조사하여 기입
- 피해이력 조사는 사전에 업무협의를 통해 관련 사실을 파악하는 방법과 현장에서 주민의견을 청취, 또는 현장에서 토석류 또는 산사태 이력을 판단
- 피해이력이 조사된 지역에 대해 추가적으로 예방사업 설치 유무를 검토하여 적절한 대책방안이 적용되고 있는지의 검토도 필요

조사결과 및 지표해설

피해이력	무	간접피해	직접피해
점수	0	3	5

지표명	설명
무	붕괴발생 또는 재해발생 가능성 등 산사태 전조현상이 전혀 관찰되지 않은 경우
간접피해	산사태 또는 토석류 발생 사실이 조사되었으며, 인명과 재산피해가 우려되는 경우
직접피해	산사태 또는 토석류 발생 사실이 조사되었으며, 인명과 재산피해가 발생한 경우

표 68 피해이력 조사결과 판정기준 및 지표해설

나) 직접영향권내 보호시설

□ 용어의 정의

- “직접영향권내 보호시설”은 직접영향권 내 위치한 인가 또는 공공시설 등

□ 조사 방법

- 직접영향권내 주요보호시설, 인가, SOC시설 등의 개소수를 파악하여 해당 평가항목에 작성 기입
- 직접영향권내의 범위는 토석류로 인하여 인명 및 재산피해가 우려되는 지역 (계류 최하지점에서 1km이내에 인가 등 보호대상 시설물이 위치한 경우)
- 전용예정지의 토지이용계획도를 고려하여 조사대상 지역 내 주요보호시설의 유무를 조사
- 주택수의 조사는 단독주택과 연립주택을 구분하여 조사하고, 아파트의 경우 주요시설로 분류하며, 가구수 파악이 불가능한 경우에는 5가구 이상으로 분류

□ 조사결과 및 지표해설

피해이력	없음	경작지등 재산피해	인가 1~5 미만	인가5이상, SOC시설
점수	0	5	7	10

지표명	설 명
없음	직접영향권 내 주택 또는 공공시설, SOC시설 등의 시설이 조사되지 않으며, 인명과 재산피해가 우려되지 않은 경우
경작지 등 재산피해	직접영향권 내 경작지, 농막, 창고, 축사 등의 재산피해가 우려되는 경우
인가 1~5 미만	직접영향권 내 단독주택 수가 1가구 이상 5가구 미만인 경우
인가5이상, SOC시설	직접영향권 내 단독주택 수가 5가구 이상 또는 아파트, 공공시설, SOC 시설 등이 조사된 경우

표 69 직접영향권내 보호시설 조사결과 판정기준 및 지표해설

【참고】 주요보호시설 및 주택지가 있는 곳에 산사태 및 토석류 등의 산지 재해가 발생하면 인명피해 등 대형피해 발생우려가 높음

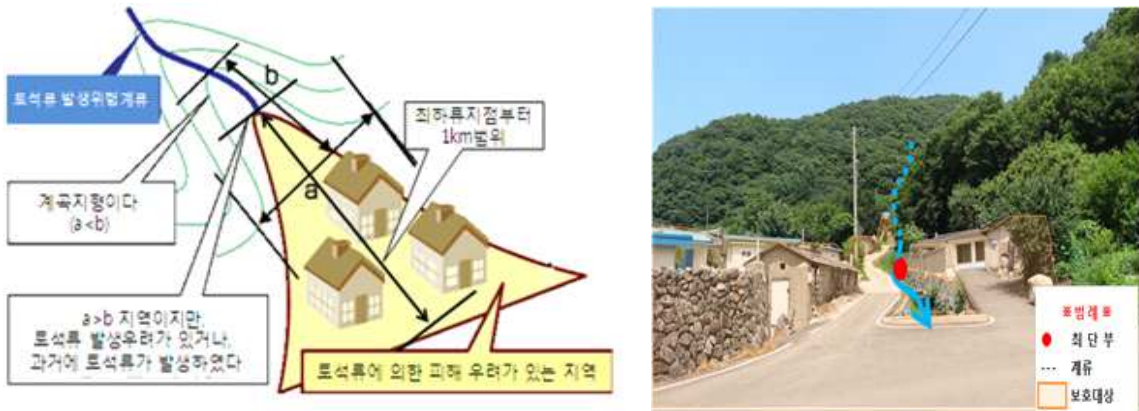


그림 121 토석류 발생 우려지역 보호대상 조사 예시

(2) 지형

- “지형”은 재해발생위험조사표준지(토석류 위험지)가 포함된 구역의 면적, 계류의 평균경사도, 계류 인근 토심의 지표로 구분

인자		항목 및 점수					점수
		1	2	3	4	5	
지형 (25)	구역면적 (ha)	5미만	6~10	11~20	21~30	31이상	
	점 수	1	2	3	4	5	
	계류 평균경사도(°)	5 미만	5~15 미만	15~20 미만	20이상		
	점 수	3	5	8	10		
	토심 (cm)	30 미만	30~50 미만	50~80 미만	80~100 미만	100 이상	
	점 수	1	3	5	7	10	

가) 구역면적

□ 용어의 정의

- “구역면적”은 하천의 물이 모여 흘러드는 주위의 지역 면적을 말하며, 집수 구역의 면적

□ 조사 방법

- 구역면적은 수치지형도를 활용하여, 공간정보 프로그램 분석을 통해 면적 산출이 가능
- 수치지형도 분석을 통해 산출된 결과 값을 해당평가항목에 기입

□ 조사결과 및 지표해설

유역면적 (ha)	5미만	6~10	11~20	21~30	31이상
점수	1	2	3	4	5

※ 유역면적 (ha) 지표 중에 6ha~10ha 표기된 부분은 5ha~10ha로 해석 적용

지표명	설 명
5미만	대상지의 유역면적이 5ha 미만인 경우
6~10	대상지의 유역면적이 5ha이상 10ha 이하인 경우
11~20	대상지의 유역면적이 11ha이상 20ha 이하인 경우
21~30	대상지의 유역면적이 21ha이상 30ha 이하인 경우
31이상	대상지의 유역면적이 31ha 이상인 경우

표 71 경상도 조사결과 판정기준 및 지표해설

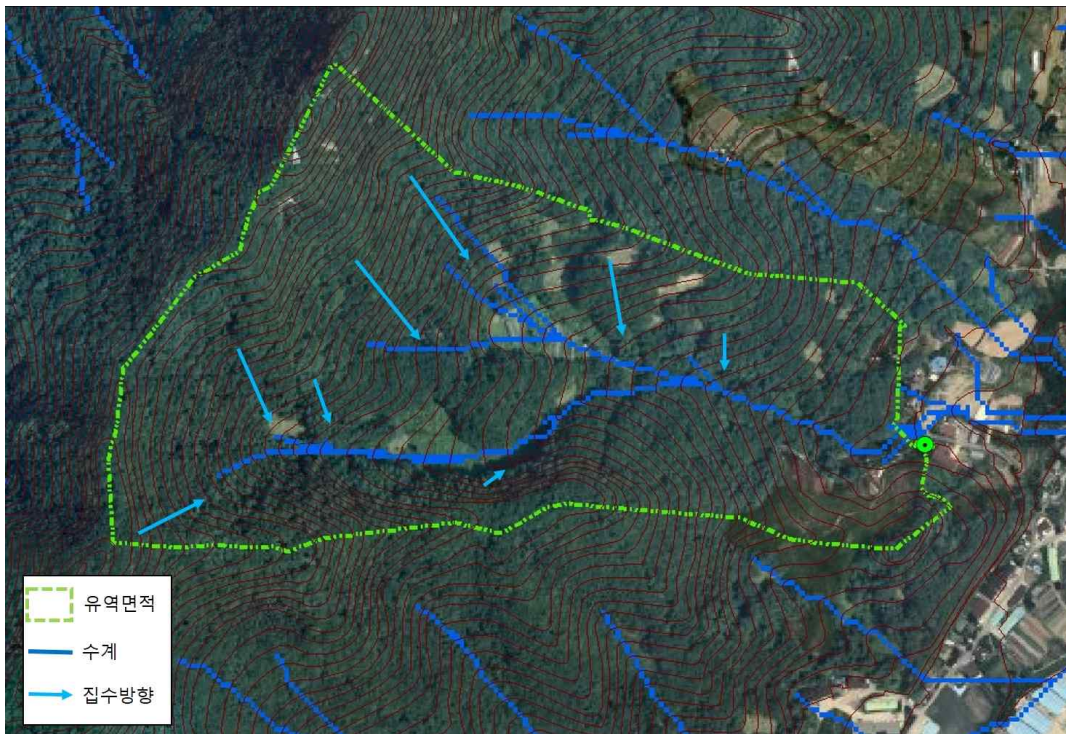


그림 122 유역면적 예시

【참고】 유역면적이 클수록 유량이 증가함에 따라 토사유출 및 토석류 유동 범위가 확대

나) 계류 평균경사도

□ 용어의 정의

- “계류평균경사”는 총 계류길이에 이루는 지면의 경사의 평균값

□ 조사 방법

- 계류 평균경사는 현지조사시 GPS를 사용하여 변곡점마다 좌표를 취득하고 수평거리와 고도차를 측정한다. 다만, 현장에서 조사가 어려운 경우에는 지형도를 사용하여 평균경사를 측정

- 계산식 : $\text{경사도} = \tan^{-1}(\text{고도차}/\text{계류길이})$

- 경사도는 경사를 1도 단위로 조사

□ 조사결과 및 지표해설

계류 평균경사도 (°)	5 미만	5~15	15~20	20 이상
점수	3	9	12	20

지표명	설명
5 미만	계류의 평균경사도가 5° 미만인 경우
5~15	계류의 평균경사도가 5° 이상 15° 미만인 경우
15~20	계류의 평균경사도가 15° 이상 20° 미만인 경우
20 이상	계류의 평균경사도가 20° 이상인 경우

표 72 계류 평균경사도 조사결과 판정기준 및 지표해설

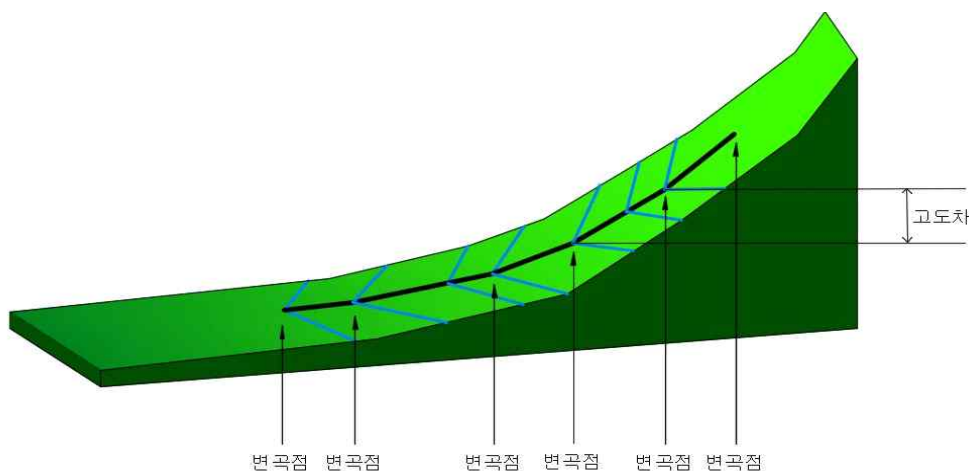


그림 123 계류 평균경사도 조사 예시

【참고】

- 대상 계류의 경사가 급할수록 토석류이동속도가 빠르며, 하상 및 계안침식이 증가됨에 따라 하류지역에 토석유출량이 증가하여 산지재해 위험도가 증가 (토석류 최대이동속도는 8~11m/sec)
- 계류 평균경사 10°이상인 계류가 포함된 유역은 집수구역 면적이 클수록 세굴발생 길이는 길어지며, 하류지역으로 토사유출량이 증가
- 계류평균경사에 따라 토사생산구역, 토사유과구역, 퇴사퇴적구역으로 구분
 - 토사생산구역 : 붕괴작용, 침식작용이 가장 활발하게 진행되고 있는 유역으로 유역의 최상류에 해당하며 사력생산구역, 침식구역, 집수구역 또는 채집구역이라고도 함
 - 퇴사유과구역 : 침식과 퇴적이 거의 발생하지 않고, 상류에서 생산된 토사가 통과하는 구역으로 토사유하구역, 중립지대 또는 무작용지대라고도 함
 - 토사퇴적구역 : 계상경사가 완만하고, 계곡이 넓어 유수의 유송력이 저하됨에 따라 계상재료가 퇴적하는 구역으로 사력퇴적지역 또는 침적지대라고 함
- 변곡점 : 계류부 경사도가 급격히 증가하거나, 완만해지는 지점

나) 토심

□ 용어의 정의

- “토심”이란 「산지관리법 시행규칙」 별표1의2 비고 제1호과목에서 정의하는 모암으로부터 지표면까지의 토사의 깊이 또는 수목의 뿌리가 비교적 용이하게 침투할 수 있는 토양의 깊이를 말하며, 토양단면분류를 기준으로 모재층(C층) 전까지, 즉 집적층(B층)까지의 깊이

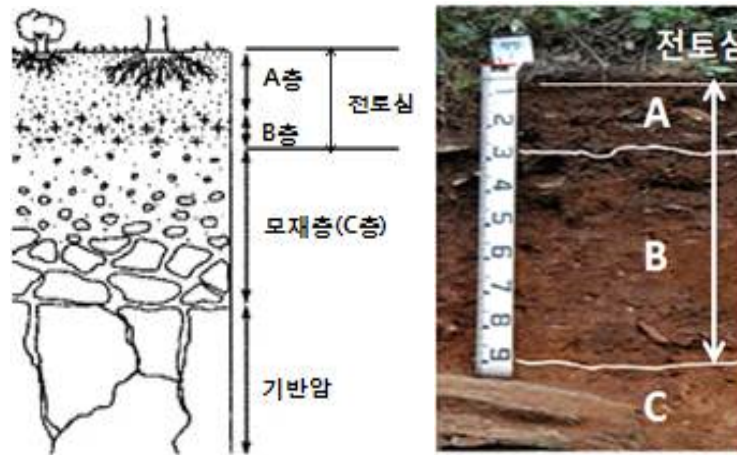


그림 124 토양단면 층위분류에 따른 토심의 정의

□ 조사 방법

- 재해위험조사표준지 사면의 토양단면 파악이 용이한 곳에서 굴토하여 조사하는 것을 원칙으로 하되, 토양단면 파악이 용이하지 않는 경우, 축척 1:25,000의 산림입지도에서 토심을 조사
- 토심측정은 전토심의 깊이를 측정하며, 여기서, 전토심은 토양단면도상에서 A층과 B층을 합한 깊이
- 토양단면의 깊이는 cm단위로 표시하며, 소수점 이하는 반올림
- 모재층(C층)이 나올 때까지 굴토를 실시하며 1m 깊이까지 모재층이 나오지 않을 경우 최대 1m까지 굴토하여 조사를 실시

□ 조사결과 및 지표해설

토심(cm)	30 미만	30~50 미만	50~80 미만	80~100 미만	100 이상
점수	1	3	5	7	10

지표명	설 명
30 미만	토심측정 값이 30cm 미만인 경우
30~50 미만	토심측정 값이 30cm 이상 50cm 미만인 경우
50~80 미만	토심측정 값이 50cm 이상 80cm 미만인 경우
80~100 미만	토심측정 값이 80cm 이상 100cm 미만인 경우
100 이상	토심측정 값이 100cm 이상인 경우

표 73 토심 조사결과 판정기준 및 지표해설

【참고】 토심이 깊은 지역은 토사유출량이 많아 산지재해 발생 위험성이 크며, 수목 뿌리의 긴박력에 의한 산지재해 방지 기능이 떨어지기 때문에 깊을수록 산지재해 위험성이 상대적으로 높음

(3) 위험인자

- “위험인자”는 주위험요소와 잠재적 위험요소로 구분하여 조사·평가하며, 주위험요소의 붕괴, 침식, 전석, 토석류 흔적 항목 중 가장 높은점수를 택하여 배점하고, 잠재적 위험요소 중 기타위험요소는 지표의 여러항목 중 한 항목이라도 조사되었을 때 해당항목에 대한 배점을 부여하고 작성·기입

인자		항목 및 점수						
		1	2	3	4	5	점수	
위험 인자 (30점)	주 위 험 요 소 (20점)	구 분	하	중	상			주 위험요소 항목중 높은점수 택1
		붕괴	없음	높이 5m 미만	높이 5m 이상			
			0	10	20			
		침식	5% 미만	5~20% 미만	20% 이상			
			0	10	20			
		전석	0%	1~10미만% or 30% 이상	10~30%			
	0		10	20				
	토석류 흔적	무		유				
		0		10				
	잠재적 위험 요소 (10점)	산사태위험 등급현황	산사태위험 등급 3등급 이하	산사태위험 등급 2등급 50%미만	산사태위험 등급 2등급 50%이상	산사태위험 등급 1등급		
		점 수	0	1	2	3		
		산림현황	울폐도(밀)	울폐도 (소, 중)	수목전도 및 고사목	산림훼손지 황폐지		
		점 수	0	1	2	3		
		뿌리특성	심근성+ 천근성	심근성 (70%이상)	천근성 (70%이상)			
점 수		0	1	2				
기타위험요소 (선택항)	유송잡물, 퇴적지	용출수	유실	배수상태		기타위험요소 항목 중 택 1		
		2	2	2				
		단층대, 지진대	복합적 지질구조	기타(위험요소 기재)				
		2	2	2				

가) 주위험요소

- 붕괴, 침식, 전석, 토석류 흔적의 각 지표별 조사 후 가장 높은 지표의 배점을 적용

(가) 붕괴

□ 용어의 정의

- “붕괴”는 계류의 사면이 호우 등으로 인하여 빠른 속도로 무너져 내리는 현상

□ 조사 방법


- 계류사면에서의 붕괴유무, 붕괴높이를 측정하여, 측정결과에 대한 배점을 기입

□ 조사결과 및 지표해설

붕괴	없음	높이 5m 미만	높이 5m 이상
점수	0	10	20

지표명	설명
없음	계류 내 붕괴지가 전혀 조사되지 않은 경우
높이 5m 미만	계류 내 높이 5m미만의 붕괴지가 조사된 경우
높이 5m 이상	계류 내 높이 5m이상의 붕괴지가 조사된 경우

표 75 붕괴 조사결과 판정기준 및 지표해설

조사항목	설명	현장사진 예시
붕괴 (계안붕괴지)	- 계안붕괴지는 포락, 붕락 등에 의하여 계곡의 기슭이 무너져 내린 곳을 말하며, 붕괴지 높이가 길어질수록 붕괴규모의 확대, 토사유출량 증가하고, 토석류 발생의 직접적인 원인	

(나) 침식

□ 용어의 정의

- “침식”은 계류 내 유수로 인한 곡선부의 계안이 손상을 입는 현상

□ 조사 방법


- 총 계류 조사구간에 침식구간의 길이를 조사하고, 총 계류 조사구간에 대한 침식구간의 비율을 산출 계산하여, 해당 위험인자 평가표에 작성 기입

□ 조사결과 및 지표해설

침식	5% 미만	5~20% 미만	20% 이상
점수	0	10	20

지표명	설 명
5% 미만	총 계류 조사구간에 대한 침식구간의 비율이 5% 미만인 경우
5~20% 미만	총 계류 조사구간에 대한 침식구간의 비율이 5~20% 미만인 경우
20% 이상	총 계류 조사구간에 대한 침식구간의 비율이 20% 이상인 경우

표 77 침식 조사결과 판정기준 및 지표해설

조사항목	설명	현장사진 예시
침식	- 침식은 비, 하천, 빙하, 바람 따위의 자연 현상에 의해 지표를 깎여 나가는 현상으로 사면부에 표층 유실, 세굴 등의 규모가 확대되어 붕괴로 확대될 우려가 있음.	

(다) 전석

□ 용어의 정의

- “전석”이란 암반에서 떨어져 물 따위의 작용으로 원위치에서 밀려 나간 돌

□ 조사 방법


- 계류내 전석은 조사대상 계류의 최하단부, 중간부, 최상단부 상류지점의 횡단에 폭 5m 내에 존재하는 전석 비율을 조사
- 조사방법은 조사범위내 계상표면에 돌출되어 있는 전석 0.5m²이상의 단면적을 파악하여 비율을 조사하며, 조사대상 전석은 1/3이상 돌출된 것을 대상

□ 조사결과 및 지표해설

전석	0%	1~10% 미만 or 30% 이상	10%~30%
점수	0	10	20

지표명	설 명
0%	계류 내 전석분포비율이 0% 인 경우
1~10% 미만 or 30% 이상	계류 내 전석분포비율이 1~10%미만 인 경우 또는 30% 이상인 경우
10%~30%	계류 내 전석분포비율이 10%이상 30% 이하인 경우

표 79 전석 조사결과 판정기준 및 지표해설

조사항목	설명	현장사진 예시
전석	- 전석은 암반에서 떨어져 물 따위의 작용으로 원 위치에서 밀려 나간 돌을 말하며, 전석분포비율이 높을수록 초기이동이 어려워 재해위험성이 낮으나, 일정 이상의 토석이 이동할 때 전석이 이동하게 되면 그 피해규모 및 피해범위가 커지는 경향이 있음.	

(라) 토석류 흔적

□ 용어의 정의

- “토석류 흔적”은 계류부의 토사, 전석, 고사목, 풍도목, 유목 등이 물과 함께 쓸려내려온 흔적

□ 조사 방법


- 계류에서 토석류로 인한 흔적 및 피해이력 등을 조사하여 발생 유무에 대한 결과를 작성·기입

□ 조사결과 및 지표해설

토석류 흔적	무	유
점수	0	10

지표명	설 명
무	조사계류에 토석류 발생 흔적이 확인되지 않은 경우
유	조사계류에 토석류 발생 흔적이 확인된 경우

표 81 토석류 흔적 조사결과 판정기준 및 지표해설

조사항목	설명	현장사진 예시
토석류 흔적	- 토석류는 산지 또는 계곡에서 토석·나무 등이 물과 섞여 빠른 속도로 유출되는 것을 말하며 토석류 흔적이 조사된 지역은 토석류 발생으로 계류부의 잔재된 토사석 등이 유속의 흐름을 방해하여 2차 피해 유발 가능성이 높음	

나) 잠재적 위험요소

- 산사태위험 등급현황, 산림현황, 뿌리 특성은 각각 조사하여 배점하며, 기타 위험요소는 선택형으로 각 지표의 여러항목 중 한 항목이라도 조사되었을 때 해당항목에 대한 배점을 부여하고 작성·기입

(가) 산사태위험 등급현황

□ 용어의 정의

- “산사태위험등급현황” 은 유역내 산사태 위험등급의 분포비율의 현황

□ 조사 방법

- 산사태위험등급현황 조사는 재해위험조사표준지가 포함된 유역내 산사태 위험등급비율을 확인하며, 산사태위험지도를 활용하여 확인 가능
- 산사태위험지도는 현재 산림청에서 사용하고 있는 산사태정보시스템의 자료를 활용하고, 대상유역의 산사태위험등급 1, 2등급의 비율을 조사하여 비율을 기록

□ 조사결과 및 지표해설

산사태위험 등급현황	산사태위험등급 3등급 이하	산사태위험등급 2등급 50%미만	산사태위험등급 2등급 50%이상	산사태위험등급 1등급
점수	0	1	2	3

지표명	설 명
산사태위험등급 3등급 이하	유역 내 1, 2등급 지역이 조사되지 않은 경우
산사태위험등급 2등급 50%미만	유역 내 1등급 지역이 조사되지 않으며, 2등급의 분포비율이 50% 미만인 경우
산사태위험등급 2등급 50%이상	유역 내 1등급 지역이 조사되지 않으며, 2등급의 분포비율이 50% 이상인 경우
산사태위험등급 1등급	유역 내 1등급이 조사된 경우

표 83 산사태위험등급 현황 조사결과 판정기준 및 지표해설

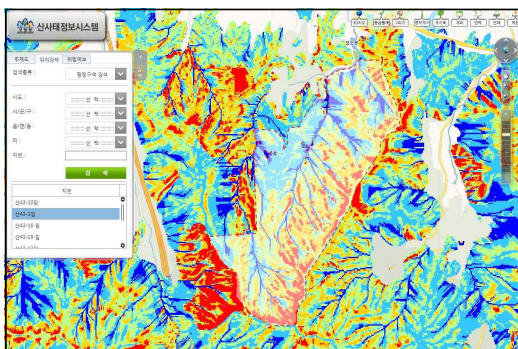


그림 129 산사태정보시스템 활용 예시

【참고】 산사태 위험등급 분포비율이 높을수록 재해발생 우려가 높은 지역이며, 재해위험성 검토 대상지 설정 시 산사태 위험등급 1,2등급지를 우선으로 선발

(나) 산림현황

□ 용어의 정의

- “산림현황”이란 산사태 발생 우려지역 실태조사에서는 “울폐도”를 말하며, “울폐도”는 나무의 수관과 수관이 서로 접하여 이루고 있는 수림 위층의 전체적인 생김새의 폐쇄정도

□ 조사 방법

- 재해위험조사표준지 내에서 울폐도를 측정하여 현장조사 평가표에 기입
- 수목이 점유하는 수평면적으로 밀도를 나타내고자 하는 것이다. 따라서 수관이 임지를 피복하는 정도 즉 일정면적 상의 수관투영면적 합계가 그 임지면적에 대하여 차지하는 비율로 나타내는 것

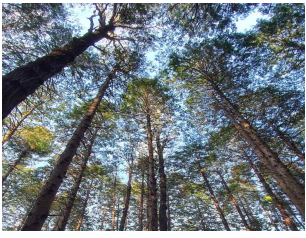



□ 조사결과 및 지표해설

산림현황	울폐도(밀)	울폐도(소, 중)	수목전도 및 고사목	산림훼손지, 황폐지
점수	0	1	2	3

지표명	설 명
울폐도(밀)	조사구역내 수관밀도가 71%이상 임분인 경우
울폐도(소, 중)	조사구역내 수관밀도가 41%이하 또는 41~70% 임분인 경우
수목전도 및 고사목	조사구역 내 수목전도 및 고사목이 조사된 경우
산림훼손지, 황폐지	조사구역 내 산림훼손지 또는 황폐지인 경우

표 84 산림현황 조사결과 판정기준 및 지표해설

【참고】 울폐도가 “밀” 할수록 강우에 대한 토사유출에 대한 저항이 높아 산지 재해 위험도가 낮으며, 산림훼손지는 반대로 강우에 대한 노출이 높아 수목으로부터 유지되던 토사 유출 방지 기능이 사라지게 되어 더욱 산지재해 위험도가 높아짐

조사항목	설명	현장사진 예시
<p>울폐도</p>	<p>임목의 수관과 수관이 서로 접하여 이루고 있는 임관의 폐쇄 정도를 파악하여 판단하며, 수관밀도에 따라 소, 중, 대로 구분</p> <ul style="list-style-type: none"> - 소 : 수관밀도가 40%이하인 임분 - 중 : 수관밀도가 41~70%인 임분 - 밀 : 수관밀도가 71% 이상인 임분 	
<p>수목전도 및 고사목</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 수목전도 : 강우, 바람, 산사태 등으로 인해 나무가 쓰러진 상태 - 고사목 : 병이나 산불, 노화 등으로 인해 나무가 서 있는 상태에서 말라 죽은 나무 	
<p>산림훼손지</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 집터, 농경지, 개간, 산지전용 등의 이유로 산림을 인위적으로 훼손시켜 놓은 임지 	
<p>황폐지</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 산지의 지피식생이 오랫동안에 걸쳐서 소멸되거나 파괴되고, 산지 위에 각종 형태의 토양침식이 발생되어 강우시 토사유실이 심하게 발생하여 사방공사가 필요한 산지, 가치 또는 물질을 생산할 수 없는 토지 	

(다) 뿌리특성

□ 용어의 정의

- “뿌리특성”이란 재해위험조사표준지내에 생육하는 임목 뿌리의 발육특성

□ 조사 방법

- 재해위험조사표준지의 임목을 조사하여 뿌리특성을 파악하고, 조사 결과를 현장조사 평가표에 따라 배점 기입

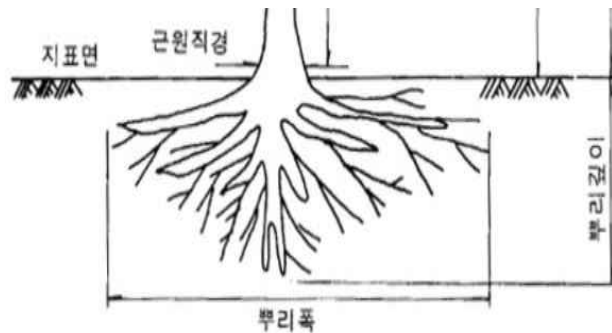


그림 134 뿌리의 범위 예시

□ 조사결과 및 지표해설

뿌리특성	심근성+ 천근성	심근성 (70%이상)	천근성 (70%이상)
점수	0	1	2

지표명	설 명
천근성+심근성	임목의 뿌리특성이 천근성과 심근성이 혼재된 사면
심근성(70%이상)	임목의 뿌리특성이 심근성인 사면
천근성(70%이상)	임목의 뿌리특성이 천근성인 사면

표 85 뿌리특성 조사결과 판정기준 및 지표해설

【참고】

- 근계의 형태는 심근성, 천근성으로 나눌 수 있는데 심근성은 근원 직경 20cm를 기준으로 주근의 깊이가 2m 이상까지 발달한 수종이며, 천근성은 지하 1m내에 주근과 측근에 분포하는 것을 기준

【참고】

- 심근성 수종 : 참나무류, 소나무류, 밤나무, 후박나무, 가시나무, 곰솔, 메타세쿼이아, 삼나무, 참죽나무, 팽나무, 느릅나무, 붉가시나무, 호두나무, 낙우송, 가죽나무, 가래나무, 전나무, 음나무, 왕느릅나무, 물푸레나무 등
- 천근성 수종 : 버드나무, 서어나무, 오리나무류, 사철나무, 황철나무, 아까시나무, 느릅나무, 때죽나무, 분비나무, 가문비나무, 사시나무, 자작나무, 고로쇠나무, 당단풍, 종비나무, 편백, 낙엽송, 박달나무, 피나무, 단풍나무, 느티나무 등

(라) 기타위험요소(선택형)

조사 방법



- 유송잡물, 퇴적지, 배수상태 등의 기타위험요소를 조사, 평가하고, 그 외 산지 재해 발생 위험요인으로 판단되는 요소를 기타(위험요소 기재)항목에 기입

조사결과 및 지표해설

기타위험요소	유송잡물, 퇴적지	용출수	유실	배수상태	단층대, 지진대	복합적 지질구조	기타(위험요소 기재)
점수	2	2	2	2	2	2	2

지표명	설 명
유송잡물, 퇴적지	계류 내 유송잡물 또는 퇴적지가 있는 경우
용출수	계류부의 용출수가 조사된 경우
유실	계류부의 침식으로 인해 토사유실이 흔적이 조사된 경우
배수상태	유출구에 배수상태가 불량하여, 월류피해가 예상되는 경우
단층대, 지진대	조사구역 내 단층대, 또는 지진대로 조사되는 경우
복합적 지질구조	조사구역 내 복합적 지질구조가 조사되는 경우
기타(위험요소 기재)	위에 평가항목 외 추가적인 재해위험요소가 조사된 경우

표 86 기타위험요소 조사결과 판정기준 및 지표해설

조사항목	설명	현장사진 예시
유송잡물	<ul style="list-style-type: none"> - 계류부에 적치된 유목, 토사석 등의 계류수의 흐름을 방해하는 물질을 말하며, 이를 방치할 경우 배수기능의 저하 또는 월류피해 등의 2차 피해를 유발할 수 있음. 	
퇴적지	<ul style="list-style-type: none"> - 계류부의 적치된 퇴적물을 말하며, 강우 또는 우수에 의해 유출구 주변으로 퇴적지를 형성할 경우 통수능 저감 및 구조물의 항력 증가 등에 영향을 미침. 	
배수상태	<ul style="list-style-type: none"> - 유출구에서 하류부로 연결되는 배수시설의 유무 또는 규모 등의 상황을 파악하며, 배수가 불량한 경우 월류 피해의 우려가 있음. 	

3) 토석류 시뮬레이션 평가표

(1) 토석류 시뮬레이션 해석

【근거법령】 산사태 발생 우려지역 조사 및 취약지역 지정·관리 지침

제8조(사면 안정해석 또는 토석류 시뮬레이션 해석) ① 지역산사태예방기관의 장은 제6조에 따른 실태조사 시 객관적인 등급 판정과 제11조제1항에 따른 산사태취약지역지정위원회 심의 시 필요한 시각적·정량적 자료 확보를 위하여 지역조건에 따라 다음 각 호의 분석을 실시하여야 한다.

1. 산사태 발생 우려지역: 사면 안정해석을 통한 사면붕괴 가능성 분석
2. 토석류 발생 우려지역: 토석류 시뮬레이션 해석을 통한 유출 토사의 확산범위 및 확산범위 내 피해우려대상 분포 현황 분석

□ 용어의 정의

- “토석류 시뮬레이션 해석”이란 유역상단 계류시작점에서 일정 강우강도에서 토석류가 발생하였다는 가정하에 해석프로그램을 통해 토사유출을 모의하여 하부 시설에 영향을 미치는 범위에 대하여 공학적으로 분석하는 것

□ 분석 기준

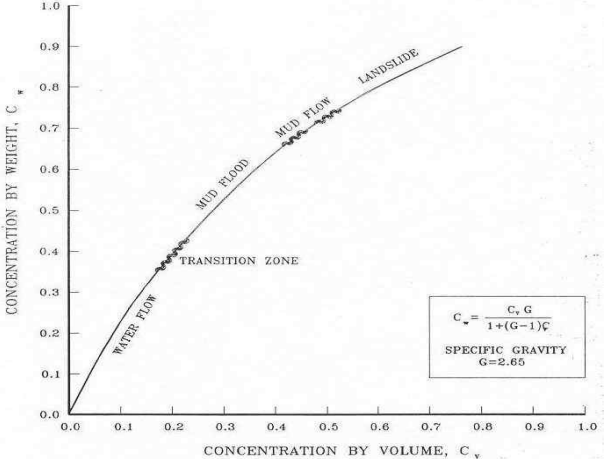
- 재해위험성 검토의견서의 토석류 시뮬레이션은 “산사태 발생 우려지역 조사 및 취약지역 지정·관리 지침”에 따라 토석류시뮬레이션을 수행하고 있으며, 토석류 발생에 대한 안정성 검토는 토사의 확산 범위 및 확산범위 내 피해 우려대상 분포 현황을 근거로 판단
- 토석류 시뮬레이션에서 필요한 강우데이터는 100년빈도에 1시간 지속 시간 값을 적용하였으며, 최악의 조건을 가정하기 위하여 토석류 흐름에 대한 저항 값이 작은 것으로 가정하여 분석

□ 토석류 시뮬레이션 프로그램

- 토석류시뮬레이션에 사용되는 프로그램은 많은 종류가 개발되어 이용되고 있으며, 일반적으로 국내에서 사용하는 프로그램은 아래와 같음. 이 외에 토석류 시뮬레이션 예측이 가능한 프로그램이 다수가 있음.
- 토석류시뮬레이션을 통해 토석류의 발생, 이동, 퇴적의 과정을 파악하고 토석류의 변화가 어떻게 이루어지는지의 적용·검토 가능한 프로그램을 적용

할 수 있으며, 또한 해석프로그램에 따라 해석하는 방법에 차이가 존재할 수 있으므로 재해분야에서 사용되는 범용프로그램을 적용하거나, 또는 해당 프로그램의 대한 이해도를 높인 후 해석프로그램을 선택하여 적용

프로그램	개요 및 기본원리
FLO-2D	<p>- 미국 콜로라도 주립대학에서 개발된 FLO-2D모델(O'Brienetal, 1993)은 그리드 기반의 물리적 모델로서 지표면과 하도내의 홍수-수문곡선과 강우-유출을 추적할 수 있다. 이 모델은 운동학, 확산, 운동파 방정식을 이용하여 운동량방정식으로 접근한다. FLO-2D는 홍수흐름과 발달된 토석류 사이에서의 이송은 지형데이터와 혼합물의 특징을 이용하여 모의 가능하며, Bingham 모델에 난류항과 Bagnold모델의 전단응력 분포를 결합한 것이다. 장점으로서는 격자와 시간에 관계없이 유동심, 속도, 압력이 예상가능하고, 그리드 기반의 모델로서 GIS 및 기타 응용프로그램들과 연동이 쉽다는 점이다. 하지만 하상침식에 의해 유발된 토석류체적의 증가는 FLO-2D 모델에서 고려 할 수 없기 때문에 토석류의 퇴적이나 확산영역에서의 토석류 모의에만 사용되어야 하는 단점이 있다.</p> <p>- 토석류의 흐름 토석류의 정의를 결정하는데 있어서 중요한 인자는 토사의 농도에 관한 것이다. 토석류의 토사농도에 관련된 것은 체적농도, 중량농도, 밀도, 혼합물의 농도, 규모 등이다. 토석류에 관련된 인자를 표현할 때, 가장 중요한 것이 중량 또는 체적농도이고 체적농도는 다음과 같이 쓸 수 있다.</p> $C_v = \text{토사의 부피/물} + \text{토사의 부피}$ <p>여기서 C_v는 토사의 중량농도 C_w로 다음과 같이 쓸 수 있다.</p> $C_v = C_w \gamma / \gamma_s - C_w (\gamma_s - \gamma)$ <p>여기서 γ는 물의 비중량이고, γ_s는 토사의 비중량으로 토석류 비중량 γ_m은 토사 체적농도의 기능을 한다.</p> $\gamma_m = \gamma + C_v (\gamma_s - \gamma)$ <p>유사하게 토석류 혼합물의 밀도 ρ_m는 다음과 같이 쓸 수 있다.</p> $\rho_m = \rho + C_v (\rho_s - \rho)$ <p>그리고 $\rho_m = \gamma_m / g$ 여기서 g는 중력가속도이다. 결국, 토석류의 물과 토사의 총 체적은 물과 토석류 규모 (BulkingFactor)의 계산에 의해 결정된다. 토석류 규모는 간단하게 다음과 같이 표현 할 수 있다.</p>

<p>FLO-2D</p>	<p style="text-align: center;">$BF = 1 / (1 - C_v)$</p> <p>다시 말해, 토사의 체적농도가 50%일 경우에는 토석류의 규모가 2.0을 나타낸다.</p> <p>이러한 간단한 관계는 토석류를 시뮬레이션을 하는데 있어서 유용하게 쓰이며, 대부분의 토석류 연구에는 토석류의 규모를 정의하기 위해 토사의 체적 농도를 추정하게 된다. 또한 토석류의 억제를 위해 홍수 시 토사농도의 평균과 최고 농도를 추정해야한다. 이전의 연구에 기초하여 토석류의 흐름은 다음과 같이 표현될 수 있다.</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p style="text-align: center;">그림 135 토사농도에 따른 유체의 흐름</p>
<p>RAMMS</p>	<p>1) 분포형 강우-유출모형 S-RAT (Spatial Runoff Assessment Tool)</p> <p>S-RAT(Spatial Runoff Assessment Tool)모형은 김병식 등(2010)이 개발한 분포형 강우-유출모형으로 GIS자료를 이용하여 대상유역을 일정한 크기의 격자로 구성하고 각각의 격자마다 시간간격별 개념적 물수지를 계산함으로써 유역의 시·공간적 유출량 변화를 모의하도록 설계되었다. 또한 대부분의 분포형 수문모형들은 모형에 입력될 지형학적 매개변수들을 추출하기 위해 Arc 관련 소프트웨어 또는 IDRISH 등과 같은 GIS 관련 상용패키지에 의존하나 S-RAT은 자체적으로 매개변수를 추출하여 입력자료가 간소화 되어 있다.</p> <p>2) 토석류 2차원 수치모형 RAMMS (Rapid Mass Move Simulation)</p> <p>RAMMS(Rapid Mass Move Simulation)모형은 스위스 눈사태 기관인 SLF인 WSL팀에서 개발되었고 Dynamic modeling으로 토석류(Debris flow), 낙석(rockfall), 눈사태(Avalanches)의 세 가지 모듈을 수치표고모형(DEM)에서 분석이 가능하도록 구성되어 있다. 모형의 기본방정식은 Vollemy-salm의 접근 방법에 기초하고 식 (1)과 같이 표현된다.</p>

RAMMS	<p>(1) $S = \mu N + (1 - \mu)C - (1 - \mu)C \exp\left(-\frac{N}{C}\right) + \frac{\rho g U^2}{\xi}$</p> <p>여기서 S는 마찰력, H는 유동심, C는 유동물질에 대한 응집력, μ는 dry-coulomb type friction coefficient, g는 중력가속도, ρ는 밀도, U는 유속, N은 활동면에 대한 수직응력을 의미한다. C는 응집력을 가지고 있는 흐름 물질로, N=0, U=0의 조건일 때 마찰력 S는 0이 된다. C의 값이 증가하면 마찰력은 증가하게 되고 이에 전단응력이 증가하게 된다. 이에 토석류나 눈사태의 흐름이 약해지는 현상이 일어난다.</p>
-------	---

- 토사체적농도 : 토석류는 유사한 토사체적농도의 값에 따라 Landslide, Mudflow, Mud Flood, WaterFlood와 같이 대표적으로 4단계의 흐름을 나타냄. MudFlood의 체적 유사농도가 0.4~0.45일 때 토석류의 흐름과 가장 유사하다고 할 수 있으며, 유체의 특성과 가장 유사함.

Type	Sediment Concentration		Flow Characteristics
	by Volume	by Weight	
Landslide	0.65-0.80	0.83-0.91	Will not flow; failure by block sliding
	0.55-0.65	0.72-0.83	Block sliding failure with internal deformation during the slide; slow creep prior to failure
Mudflow	0.48-0.55	0.72-0.76	Flow evident; slow creep sustained mudflow; plastic deformation under its own weight; cohesive; will not spread on level surface
	0.45-0.48	0.69-0.72	Flow spreading on level surface; cohesive flow; some mixing
Mud flood	0.40-0.45	0.65-0.69	Flow mixes easily; shows fluid properties in deformation; spreads on horizontal surface but maintains an inclined fluid surface; large particle (boulder) setting; waves appear but dissipate rapidly
	0.35-0.40	0.59-0.65	Marked settling of gravels and cobbles; spreading nearly complete on horizontal surface; liquid surface with two fluid phases appears; waves travel on surface
	0.30-0.35	0.54-0.59	Separation of water on surface; waves travel easily; most sand and gravel has settled out and moves as bedload
	0.20-0.30	0.41-0.54	Distinct wave action; fluid surface; all particles resting on bed in quiescent fluid condition
Water Flood	<0.20	<0.41	Water flood with conventional suspended load and bedload

표 88 토사 농도에 따른 흐름 특성

- 아래에 제시된 표는 항복응력과 점성 값은 과거에 연구된 토사농도에 따른 점성과 항복응력 값으로 조사지역 인근의 현장상황과 가장 유사한 토사 체적농도 값을 적용

Source	$\gamma_v = \alpha e^{\beta C_v}$ (dyne/cm ²)		$\eta = \alpha e^{\beta C_v}$ (poises)	
	α	β	α	β
Field Data				
Aspen Pit 1	0.181	25.7	0.0360	22.1
Aspen Pit 2	2.72	10.4	0.0538	14.5
Aspen Natural Soil	0.152	18.7	0.00136	28.47
Aspen Mine Fil	0.0473	21.1	0.128	12.0
Aspen Watershed	0.0383	19.6	0.000495	27.1
Aspen Mine Source Area	0.291	14.3	0.000201	33.1
Glenwood 1	0.0345	20.1	0.00283	23.0
Glenwood 2	0.0765	16.9	0.0648	6.20
Glenwood 3	0.000707	29.8	0.00632	19.9
Glenwood 4	0.00172	29.5	0.000602	33.1

표 89 토사 농도에 따른 점성과 항복응력

- 침투토석유량은 아래에 식을 적용.

$$\text{침투토석유량}(m/s) = \frac{\text{계류내퇴적토용적농도}}{(\text{계곡내퇴적토용적농도} - \text{토석류의용적농도})} \times \text{유출량}(Q)$$

- 도달시간(Tc) 산정 : 도달시간은 유역의 지형특성 등을 고려하여 경험적인 방법을 적용하여 산출하고, 도달시간 산정 공식은 아래의 표를 참고

공식명	공식	비고
Kirpich	$t_c = 3.976 \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}}$ t_c : 도달시간(min) L : 유역의 최장하천길이(km) S : 유로의 평균경사(H/L, m/m) H : 유역출구점과 본류 최원점까지의 표고차	-지표면 흐름이 지배적인 자연하천 및 농경지 소유역 -하도경사가 3~5% 유역면적 0.453km ² 이하
Rziha	$t_c = 0.833 \frac{L}{S^{0.6}}$ t_c : 도달시간(min) L : 유로길이(km) S : 유로의 평균경사(H/L, m/m)	-지표면 흐름이 지배적인 상류 -하도경사 1/200 이상인 유역
Kraven-I	$t_c = 0.444 \frac{L}{S^{0.515}}$ t_c : 도달시간(min) L : 유로길이(km) S : 유로의 평균경사(H/L, m/m)	-지표면 흐름이 지배적인 중상류 -하도경사 1/200 이하인 유역
Kraven-II	$t_c = 16.667 \frac{L}{V}$ $S < 1/200 : V = 2.1m/s,$ $1/200 \leq S \leq 1/100 : V = 3.0m/s,$ $S > 1/100 : V = 3.5m/s$ t_c : 도달시간(min) L : 유로길이(km) S : 유로의 평균경사(H/L, m/m) V : 평균유속(m/s)	-지표면 흐름이 지배적인 자연하천 -모든 하도경사에 적용 가능
연속형 Kraven 공식	$t_c = 16.667 \frac{L}{V}$ $S > 3/400 : V = 4.592 - \frac{0.01194}{S},$ $V_{max} = 4.5m/s$ $S \leq 3/400 : V = 35,151.515S^2 - 79.393939S + 1.6181818,$ $V_{min} = 1.6m/s$	- 지표면 흐름이 지배적인 자연하천 - 모든 하도경사에 적용 가능 - 완경사 및 급경사 보완

표 90 도달시간 산정 공식

- 실무매뉴얼에서 명시하는 토석류시물레이션의 매개변수는 일반적으로 해석 프로그램에 적용하는 예시로서 참고하여 활용하며, 구동방법 또는 자세한 사항에 대해서는 해당 프로그램의 매뉴얼 또는 문헌자료 참고

□ 해석결과 및 지표해설

- 토석류시물레이션을 통해 토석류 확산 영향범위 내 주요보호시설 또는 주요 보호시설 및 인명피해 우려지역의 유무에 따라 점수를 배점하여 기입

구분	토석류 확산 영향범위 내 대상 없음	토석류 확산 영향범위 내 재산 피해우려 대상 존재	토석류 확산 영향범위 내 보호시설 등 인명피해 우려대상 존재
점수	0	15	30

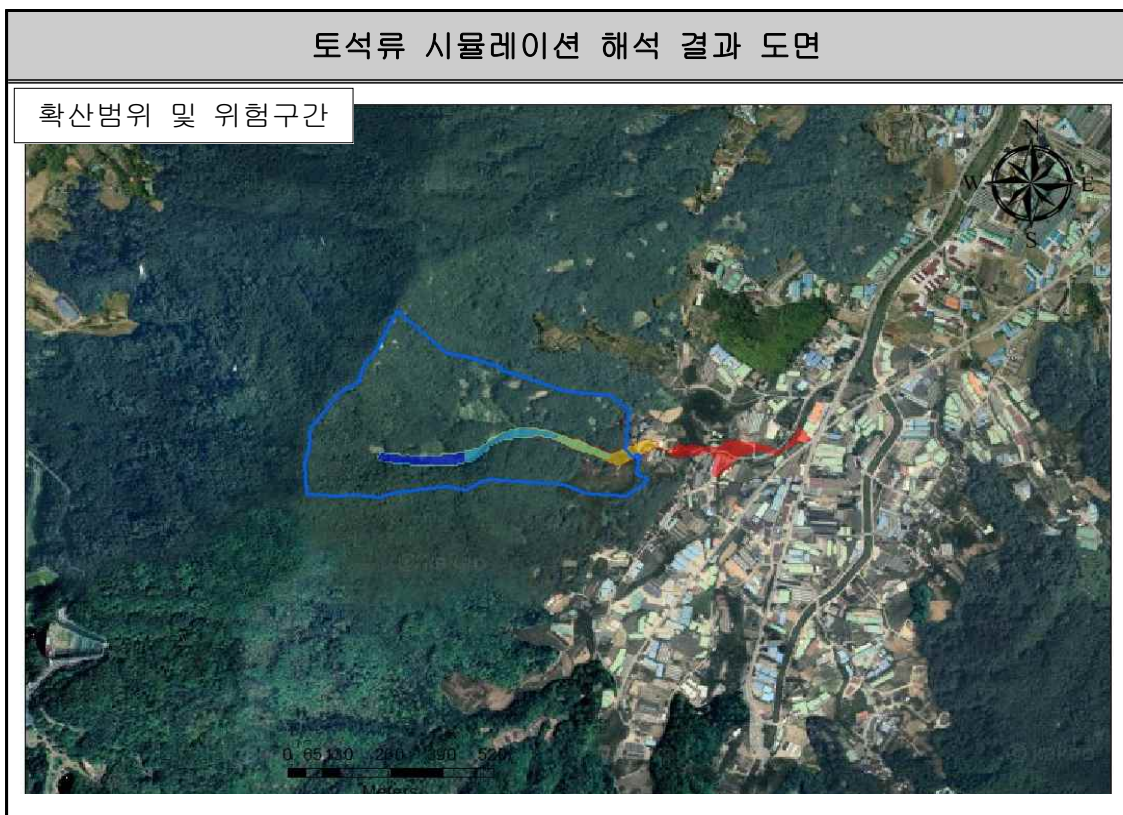
지표명	설명
피해대상 개소	토석류 확산 영향범위 내 인명 또는 재산피해 시설 개소수 기입
이격거리	유출구(조사시점)와 근접한 피해대상과의 거리
토석류 시물레이션 해석 결과 도면	토석류시물레이션 해석이 포함된 위성사진 또는 현장도면을 결과물로 제시

표 91 토석류 시물레이션해석 조사결과 판정기준 및 지표해설

□ 작성예시

- 아래의 작성예시는 FLO-2D 프로그램 적용, 해석 결과 예시이며, 토석류 확산 영향범위 내 보호시설 등 인명피해의 우려대상이 존재하므로 해당지역은 30점을 배점

토석류 시뮬레이션 평가				
구분	토석류 확산 영향범위 내 대상 없음	토석류 확산 영향범위 내 재산 피해우려 대상 존재	토석류 확산 영향범위 내 보호시설 등 인명피해 우려대상 존재	30
점수	0	15	30	
피해대상 개소		7	이격거리(m)	10



【참고】 구동된 토석류시뮬레이션 해석결과와 위성사진을 중첩하여, 토석류 확산범위 영향권 내 주요보호시설 또는 인명 및 재산우려 대상지 등의 유무를 확인

(2) 현장조사 위치도 및 현황도

【근거법령】 산사태 발생 우려지역 조사 및 취약지역 지정·관리 지침

제9조(현황도) ① 지역산사태예방기관의 장은 실태조사 시 산지현황을 나타내는 현황도를 작도(作圖)하여야 하며, 현황도는 다음 각 호의 사항을 포함한다.

1. 수치지형도, 위성 또는 항공사진 등을 활용하여 나타낸 대상지역의 위치, 범위
2. 대상지역의 산사태 발생원인 요소별 현황

② 제1항에 따른 현황도는 다음 각 호의 용도로 활용할 수 있다.

1. 제11조제1항에 따른 산사태취약지역 지정위원회 심의 시 산사태 발생 우려지역 현황 파악을 위한 참고자료
2. 「산림보호법」 제45조의11에 따른 산사태취약지역 현지점검, 응급조치 및 보수·보강 등 필요한 조치를 취할 시 현황 파악을 위한 참고자료

□ **현황도 작성범위**

- 재해위험성 검토의견서의 현황도 작성은 “산사태 발생 우려지역 조사 및 취약지역 지정·관리 지침”에 따라 작성되며, 대상지의 위치도와 현황도를 구분하여 작성
- 실태조사에서 현황도는 배점에 직접적인 영향은 없으나, 현장상황을 뒷받침하는 기초자료로서 사진, 그림 등을 최대한 활용하여 현장상황을 자세하게 표현
- 위치도 및 현황도는 타당성평가 검토위원, 허가권자 등이 현장상황을 보다 더 자세하게 파악하기 위한 목적

□ **작성방법**

- 위치도는 위성사진 상 조사표준지, 유역면적, 주변현황이 포함되도록 지도상의 작성하며, 현황도는 수치지형도, 위험요소 사진, 그림 등의 자료를 지도상의 표시하여 한 눈에 현황이 파악될 수 있도록 작성

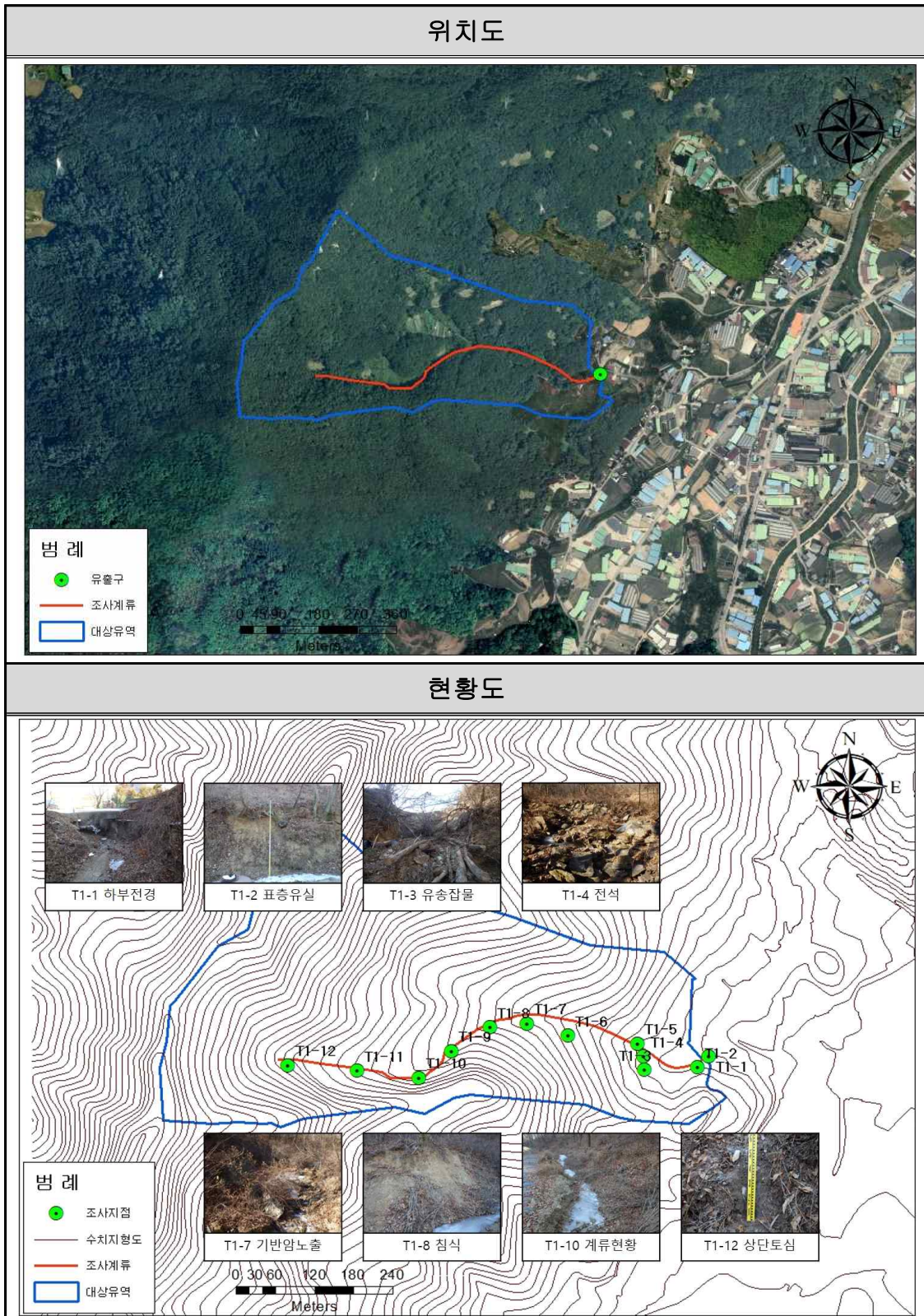


표 95 위치도 및 현황도 예시

3 검토의견서 도면 작성

3.1 재해위험조사표준지 선정과정 도면

- 산사태위험판정조사 대상지역 선정, 산사태위험지판정기준표 항목 분석, 대상구역 선정, 유역내 대상지 선정, 시계열 분석, 재해위험조사표준지 선정 등의 일련의 과정을 도면으로 작성

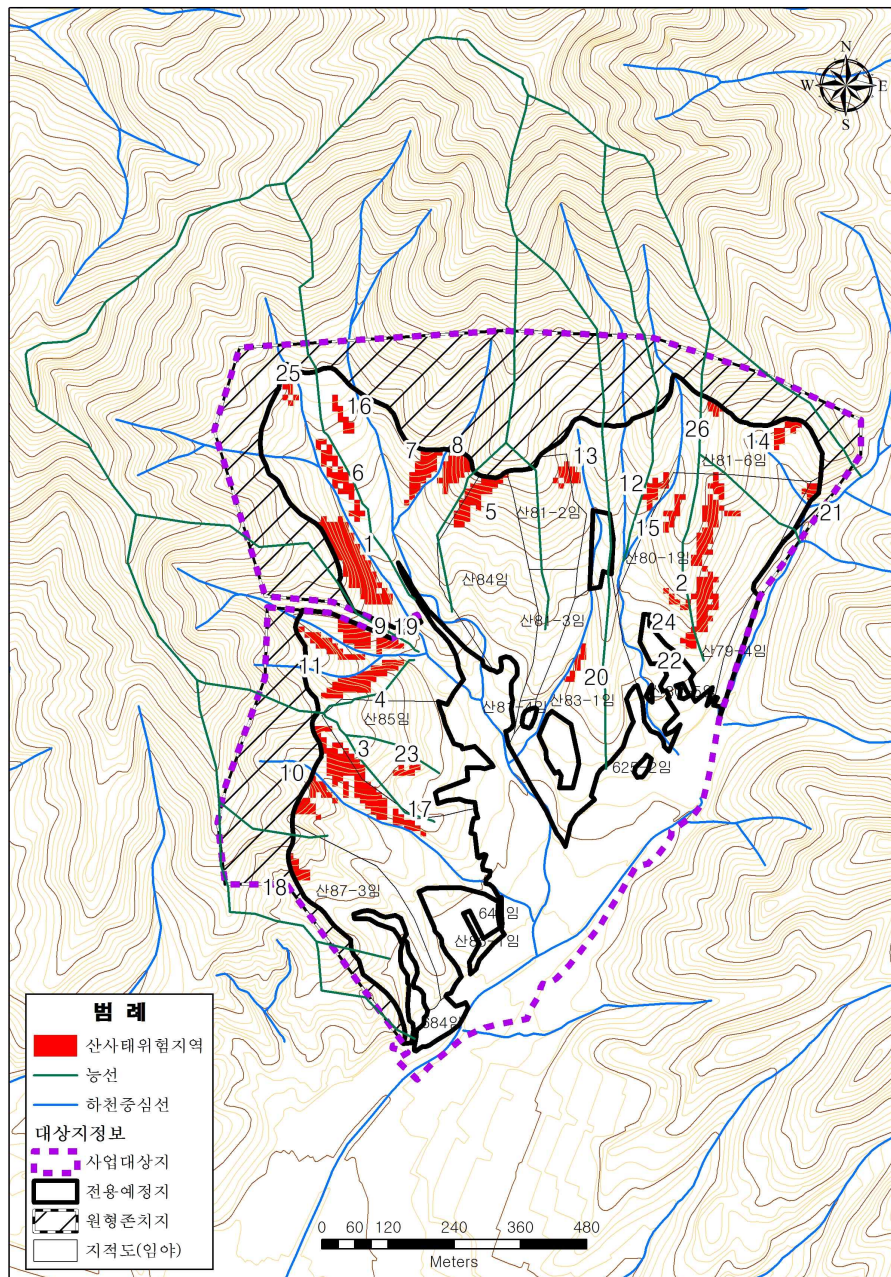


그림 137 산사태위험판정조사 대상지역 선정 예시

○ 산사태위험지판정기준표 점수 합계에 따라 우선순위 표시

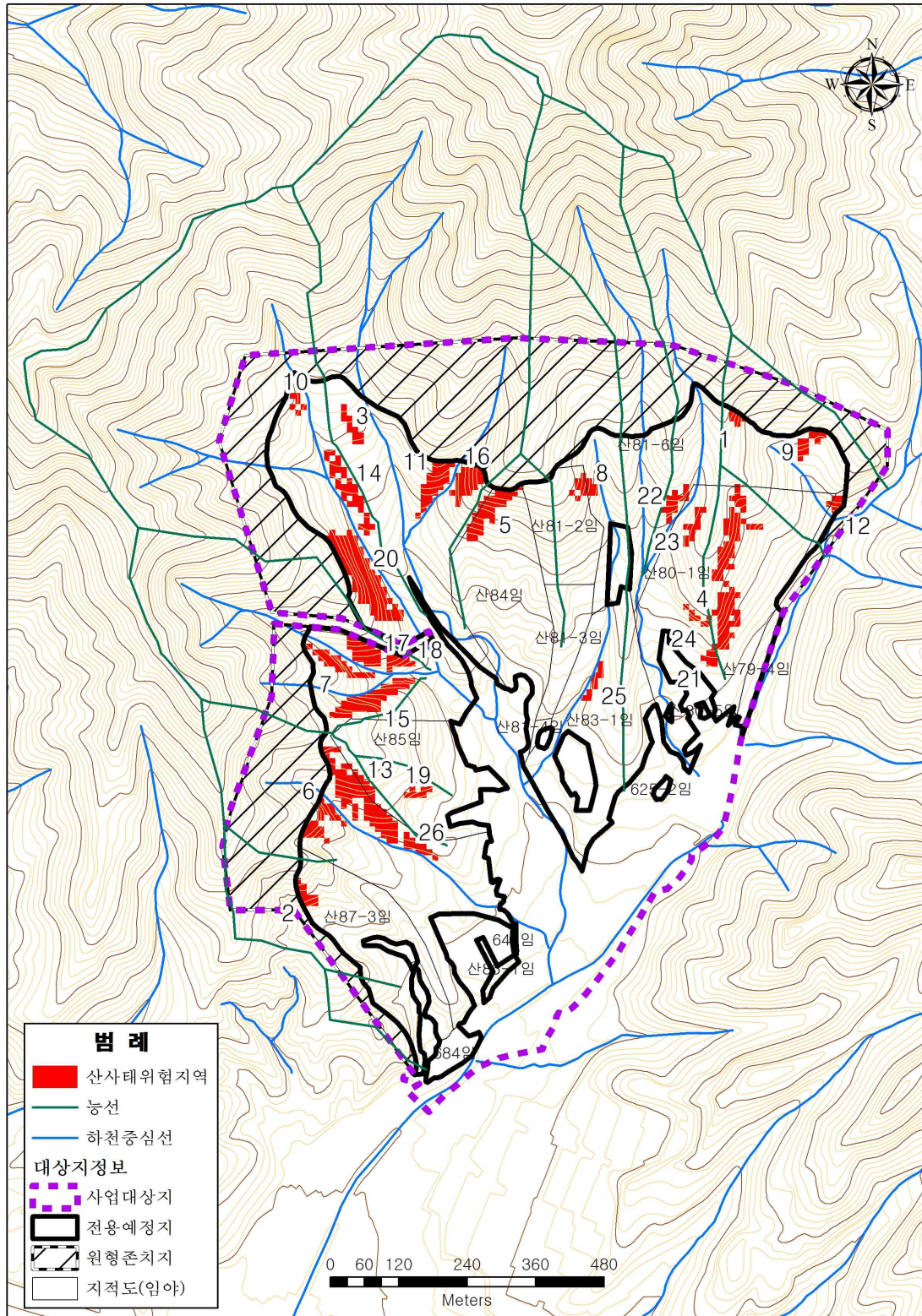


그림 138 산사태위험지판정기준표 항목 분석 결과 예시

- 대상유역을 쉽게 구분할 수 있도록 유역별 색깔을 구분하여 표시하고, 유역 번호를 순차적으로 부여

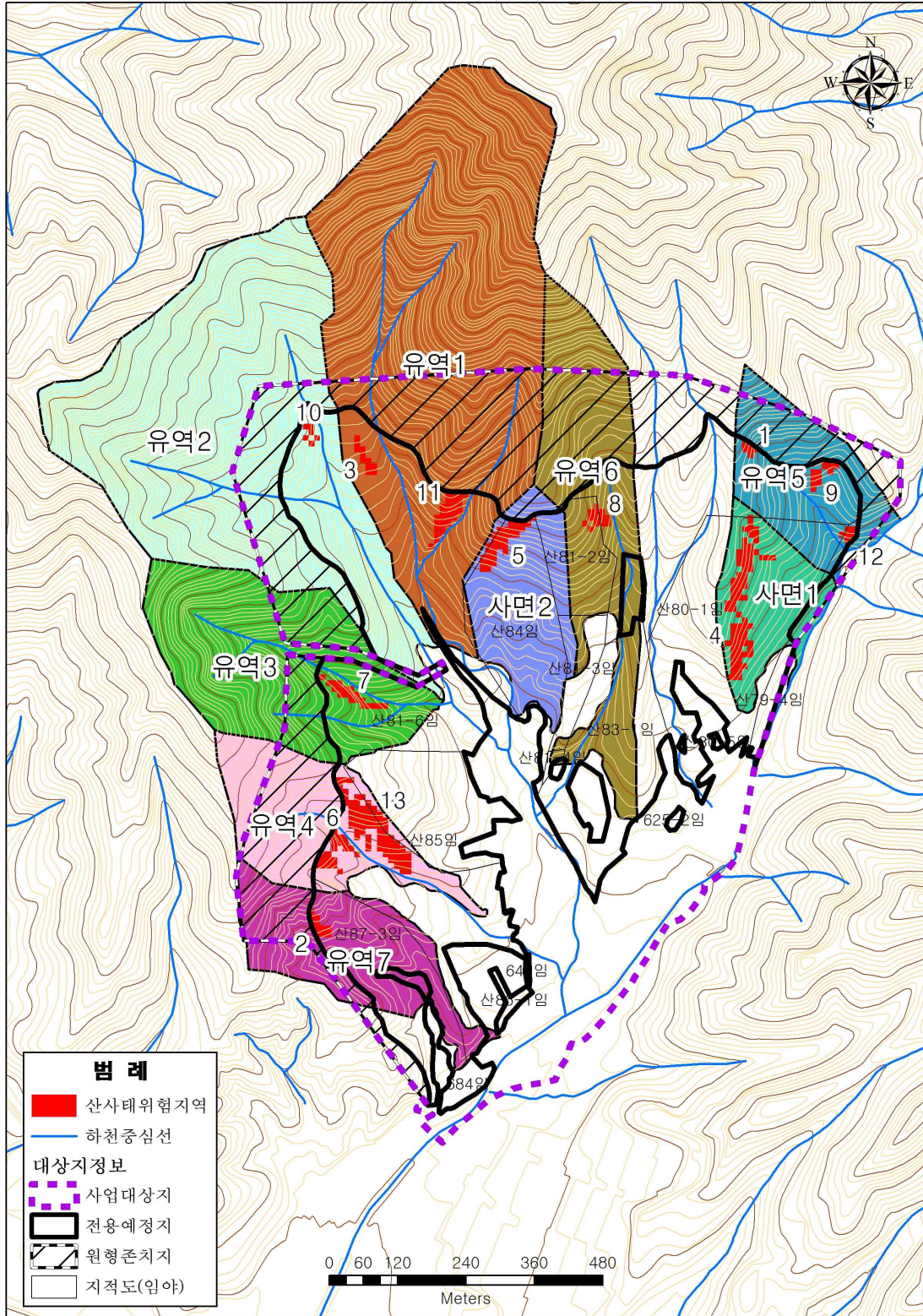


그림 139 대상유역 선정 예시

- 선정된 유역내 100m²이상의 산사태위험지도 중 1등급지 또는 1·2등급지를 전부 표시

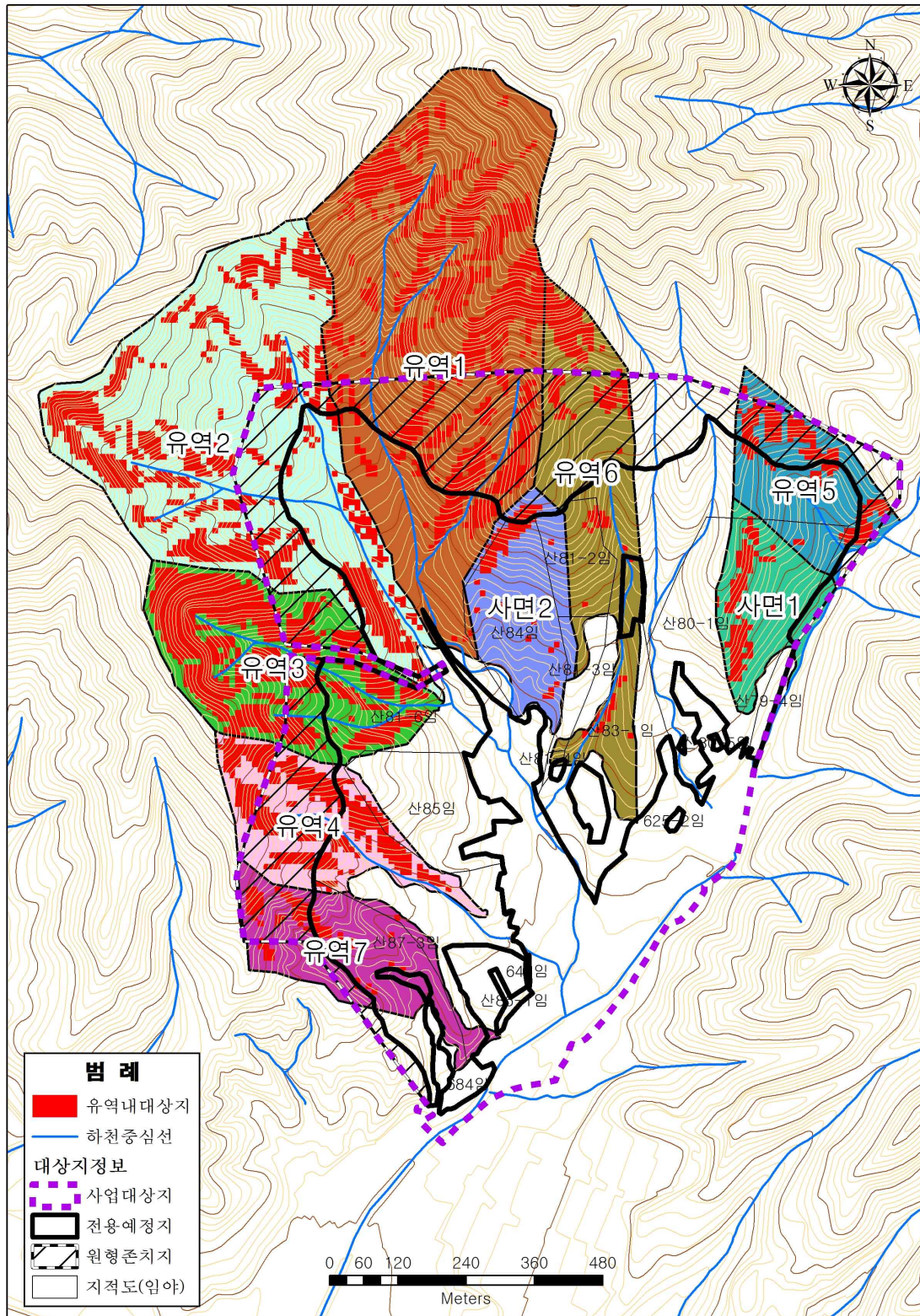


그림 140 유역내 대상지 선정 예시

- 대상지와 주변이 나오도록 각 년도별로 정사영상을 중첩하여 표시하며, 과거 재해 발생이력이 관독 될 경우에는 확대 도면을 작성
- 대상지역, 전용예정지 등이 정사영상 위에 잘 보이도록 색상을 선정하여 표시

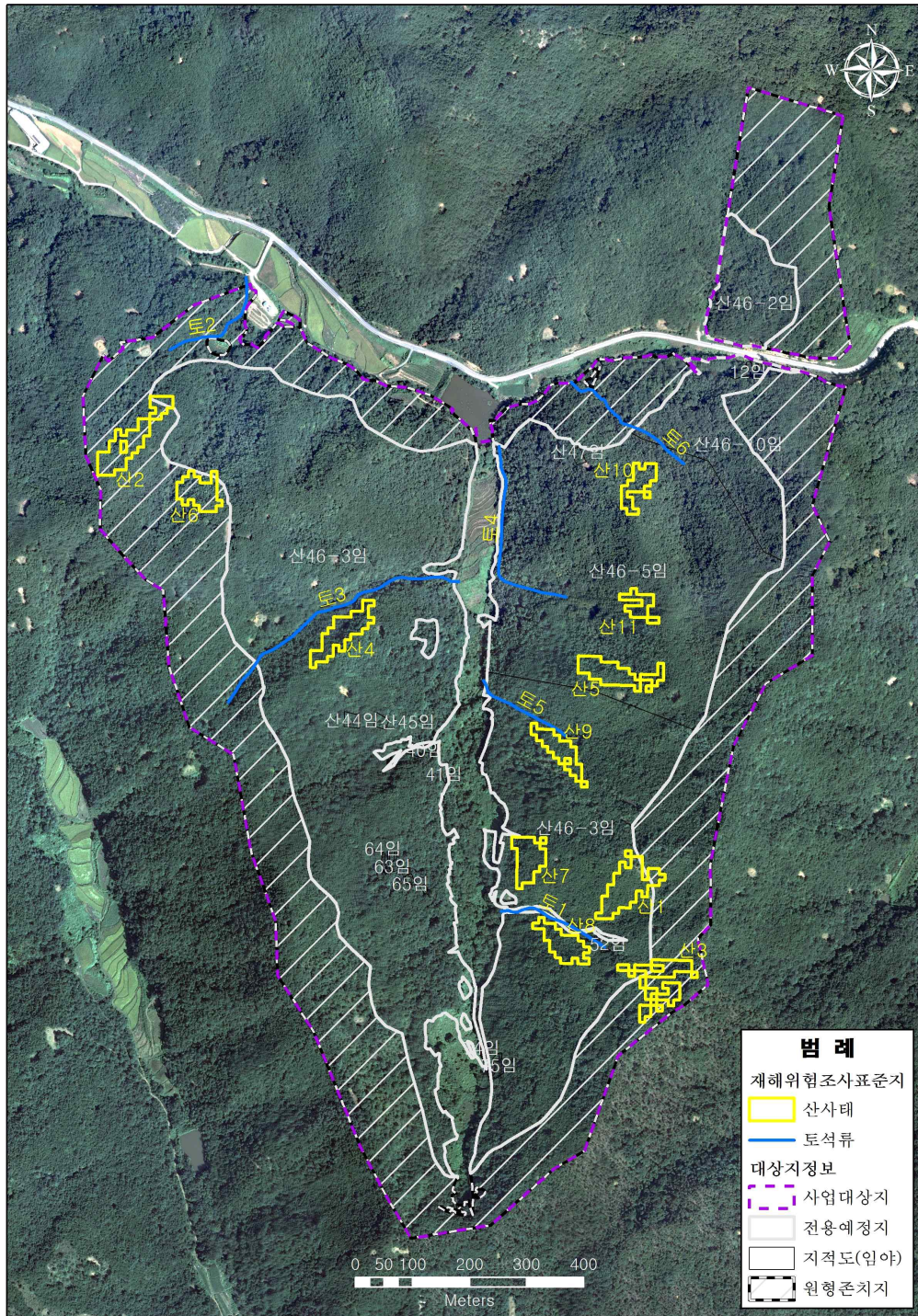


그림 141 시계열 분석 예시(2010년)

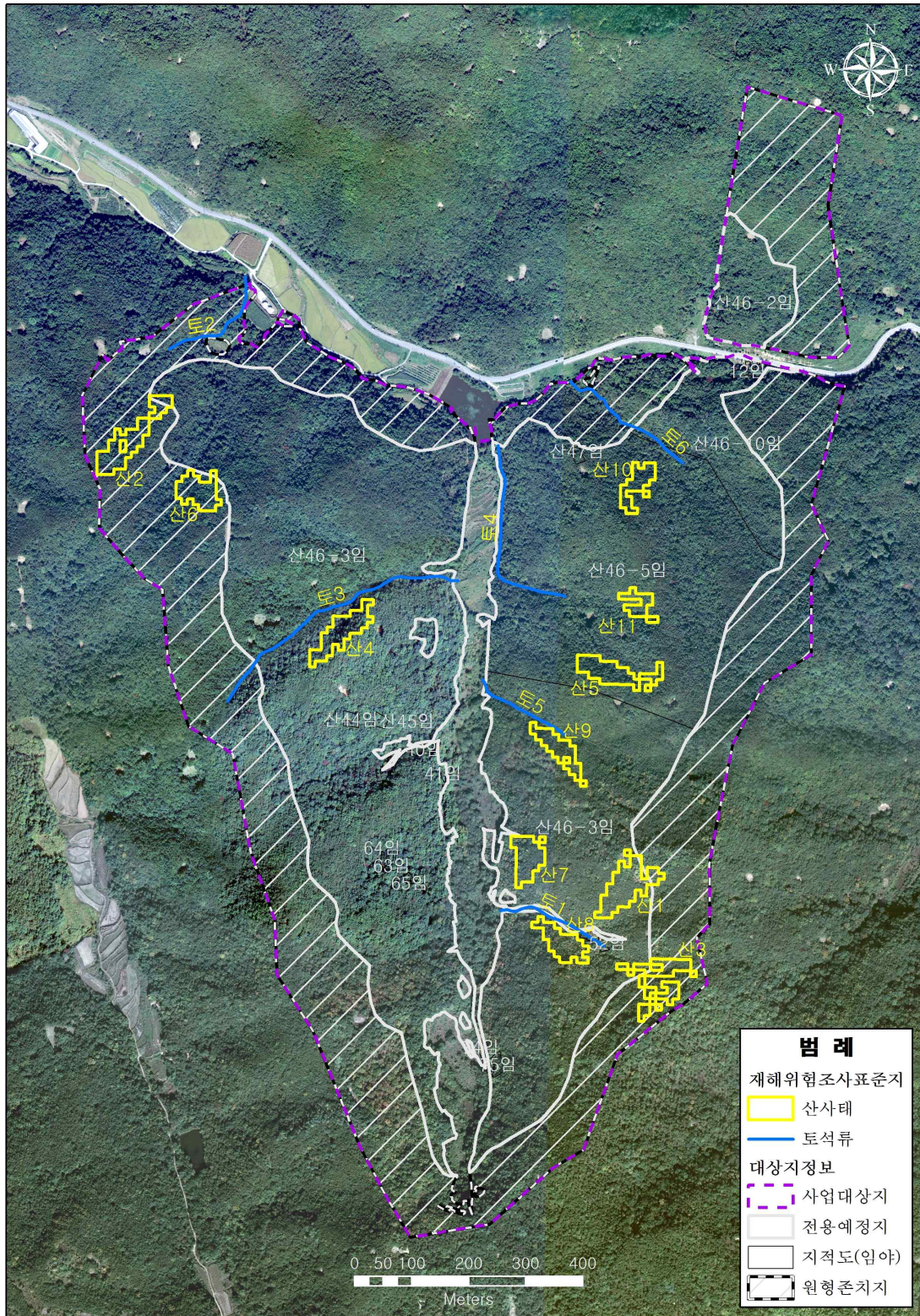


그림 142 시계열 분석 예시(2013년)

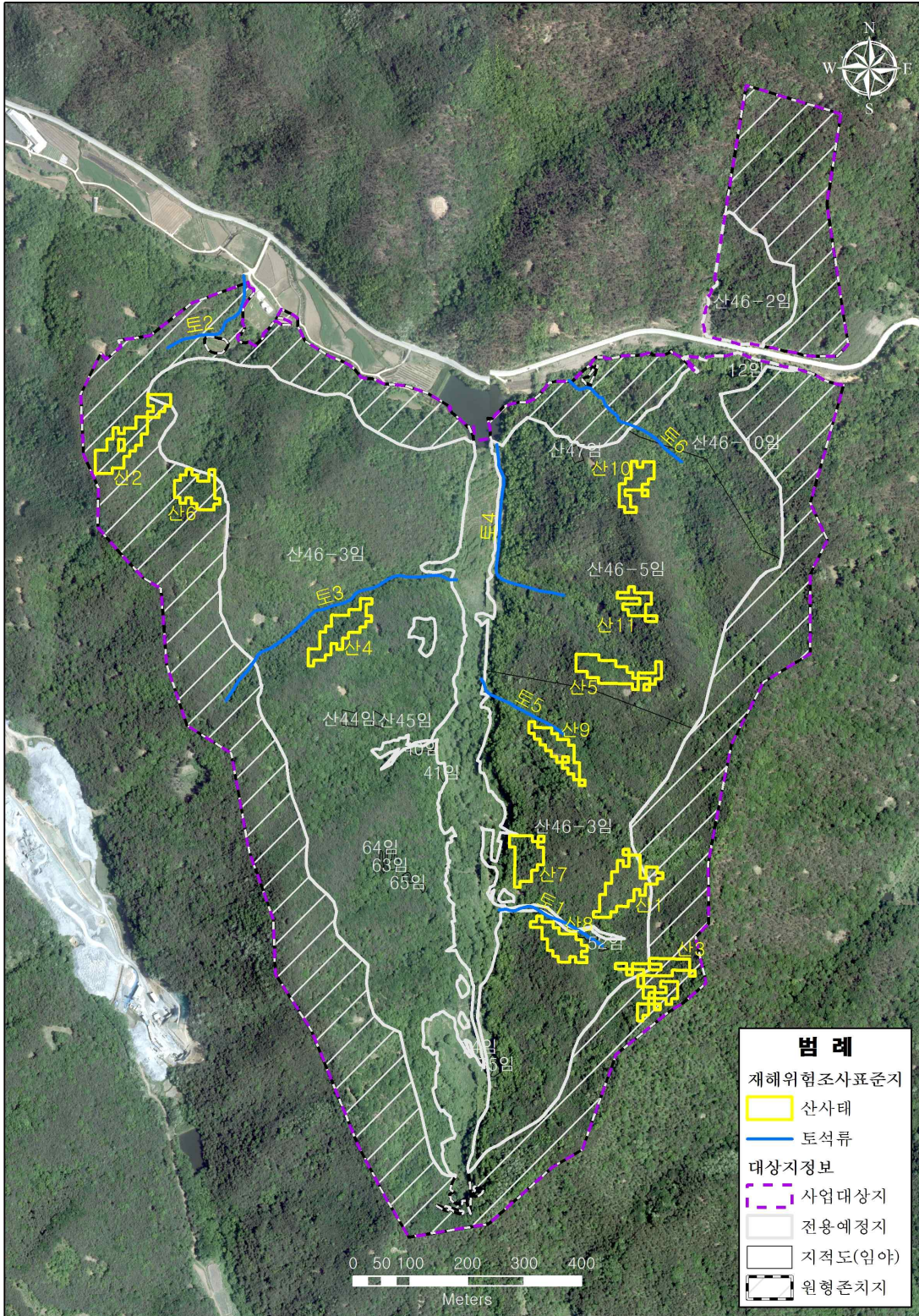


그림 143 시계열 분석 예시(2015년)

- 재해위험조사표준지 도면은 유역, 산사태 위험지, 토석류 위험지를 표시

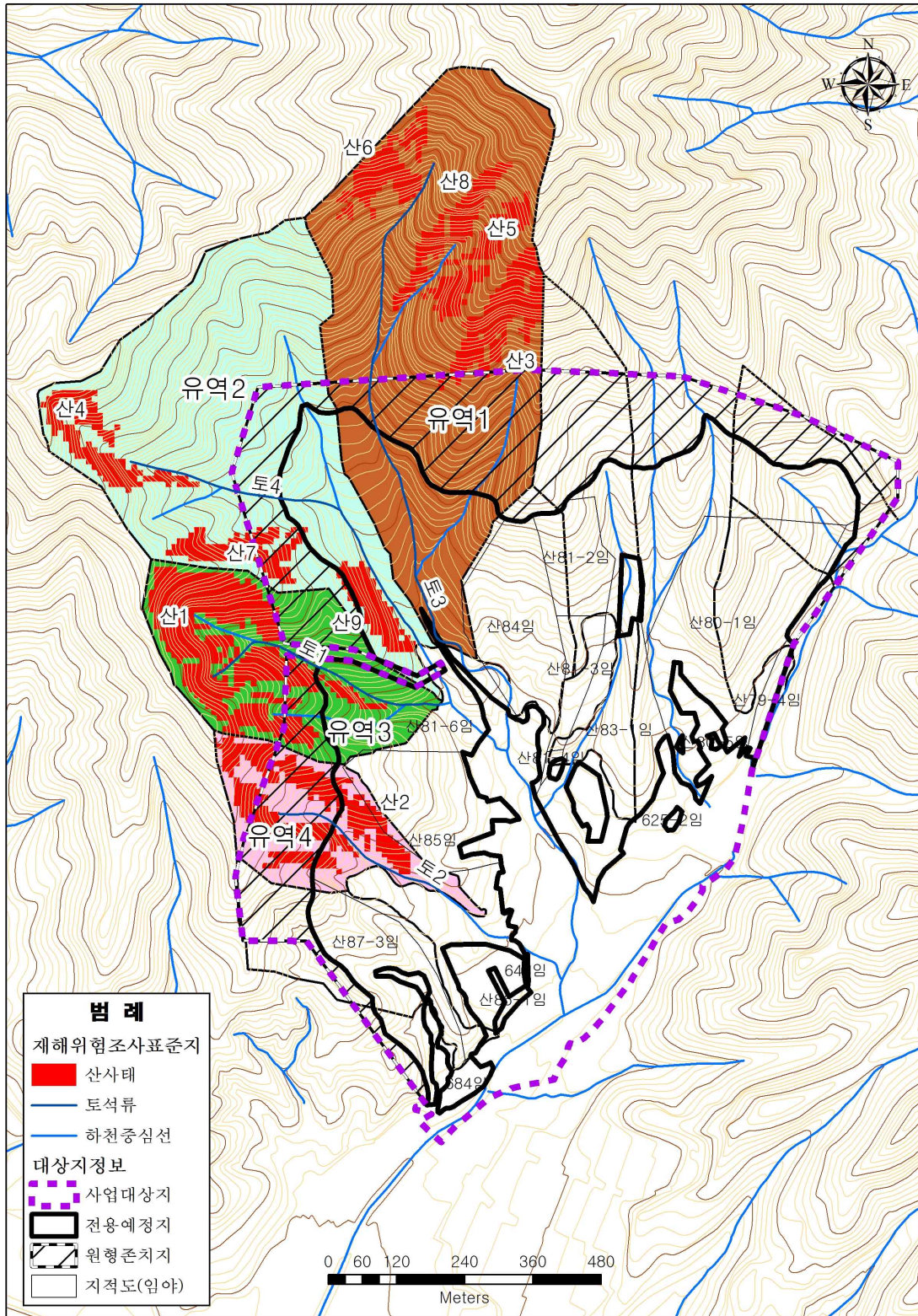


그림 144 재해위험조사표준지 도면 예시

3.2 기초현황조사 도면

- “재해위험성 검토의견서”의 3장에 제시되는 기초현황으로는 유역현황, 모암분포, 산림현황 등을 각각 도면과 함께 제시

□ 유역현황 도면

- 사업대상지를 포함하고 있는 주변의 모든 유역을 도식화하여 유역현황을 제시 하며, 유역의 면적, 계류 분포, 유수 방향, 유역의 지리적 특징 등을 제시

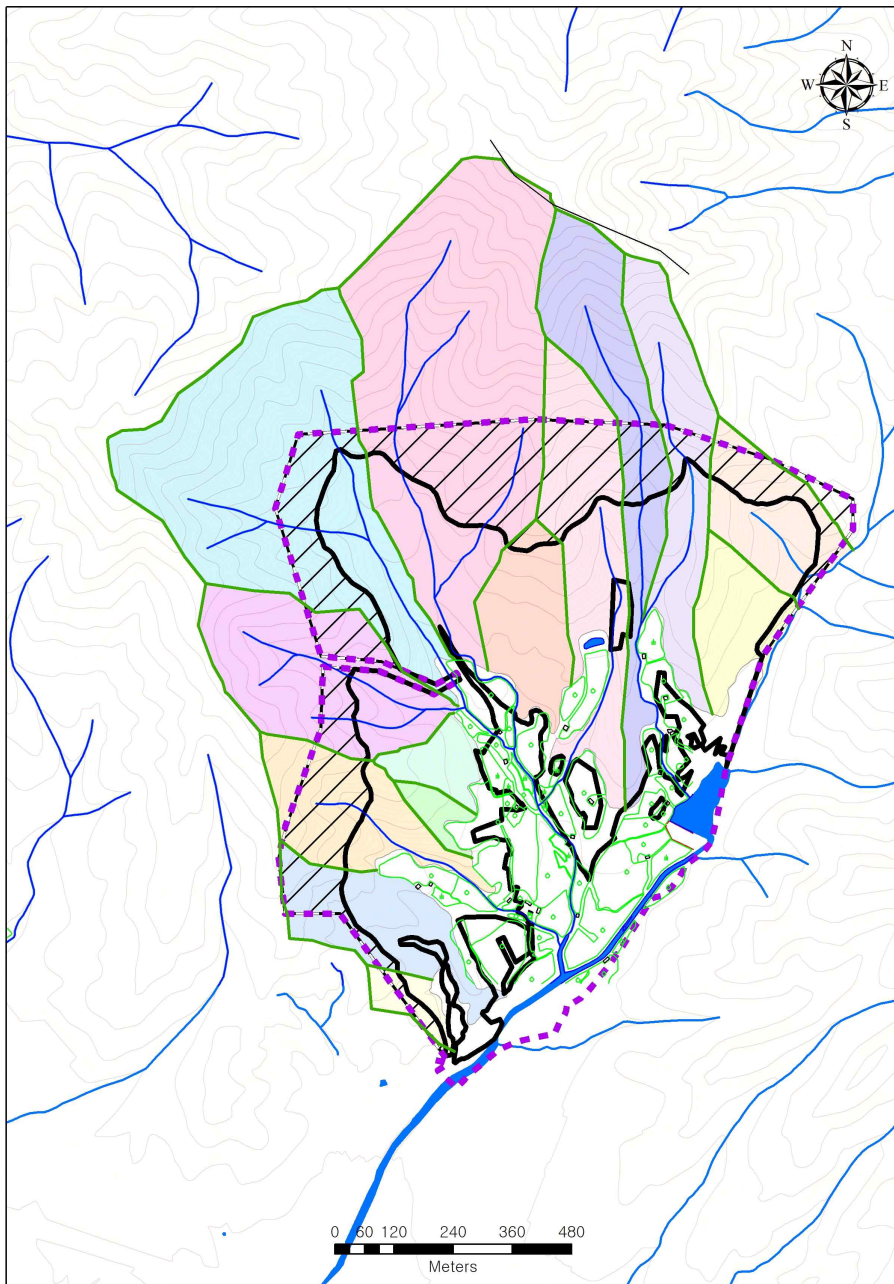


그림 145 유역현황 도면 예시

□ 모암분포 도면

- 사업대상지 및 재해위험조사표준지, 주변의 모암분포를 도면으로 제시

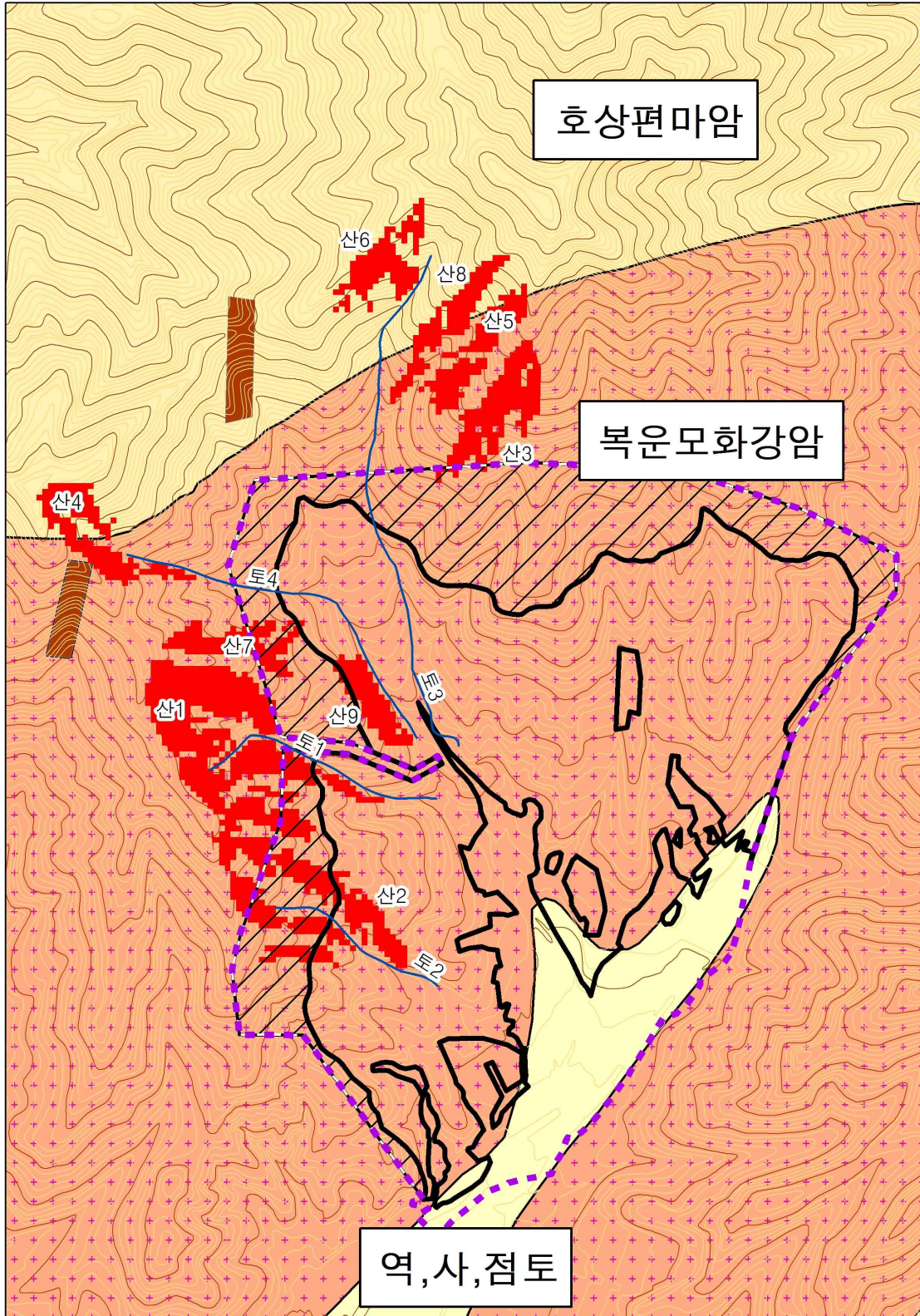


그림 146 모암분포 도면 예시

□ 산림현황 도면

- 사업대상지 및 재해위험조사표준지의 임상정보를 도면으로 제시

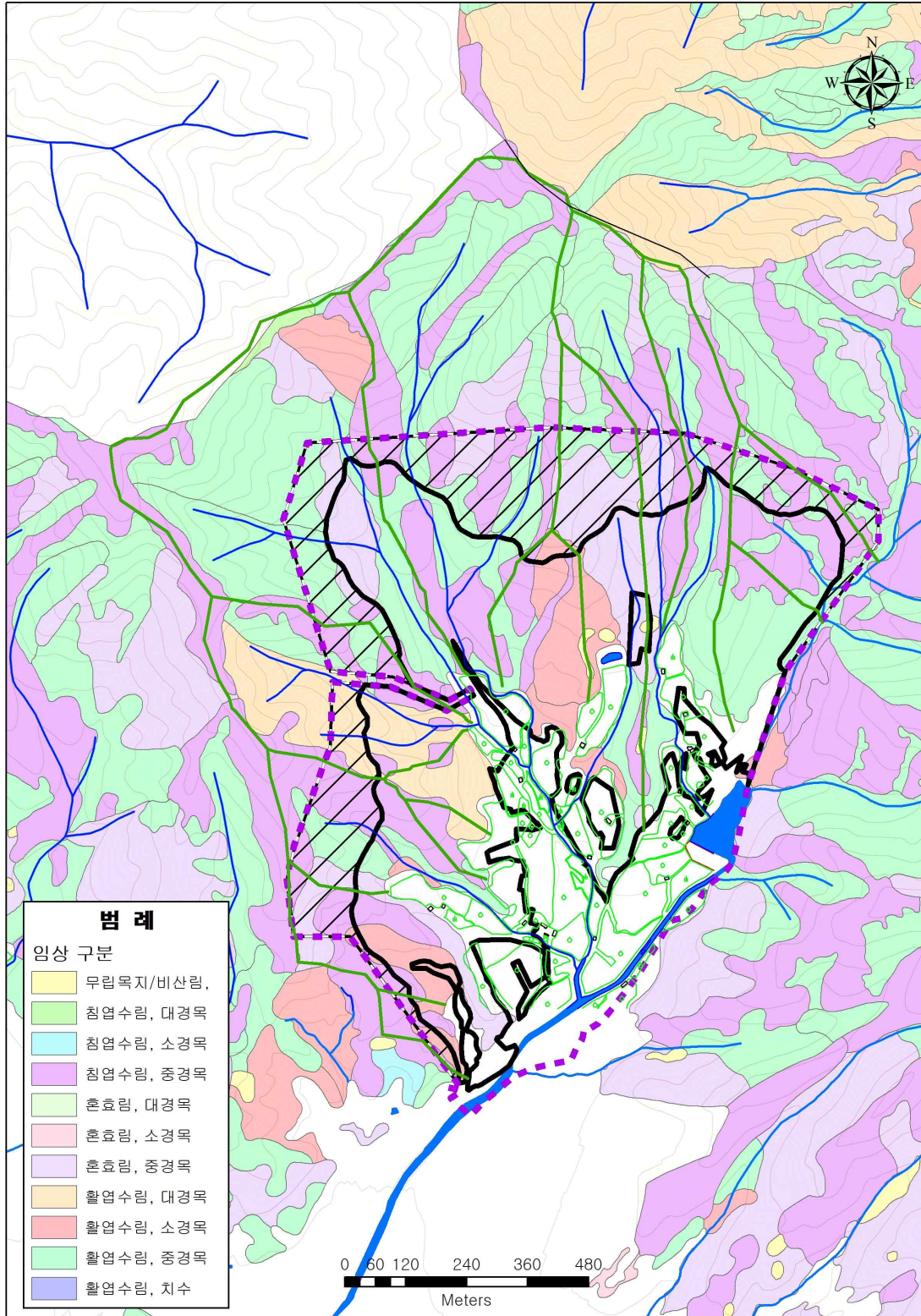


그림 147 산림현황 도면 예시

3.3 유역별 도면

- 각 유역별로 확대하여 유역내의 재해위험조사표준지(산사태 위험지, 토석류 위험지), 하천중심선 등을 표시하여 도면으로 제시
- 토석류 위험지의 경우 현장조사시 하천중심선보다 더 계류가 길게 조사될 경우 조사측점을 연결하여 실측계류를 표시
- 각각의 유역의 면적은 상이하므로 유역별 도면의 스케일은 선정된 유역 중 면적이 가장 큰 유역의 스케일로 맞추어 도면으로 각 유역별 상대적 크기 비교가 용이하게 설정

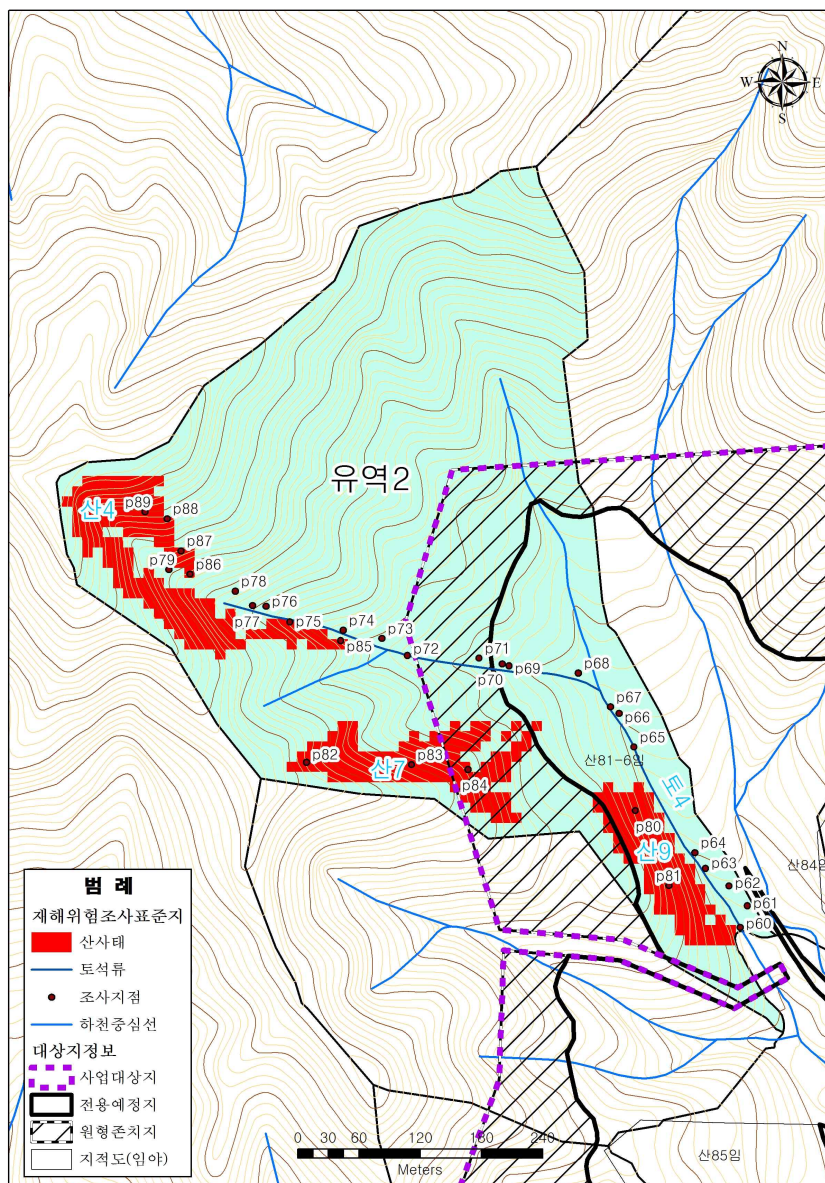


그림 148 유역별 평면도 예시

3.4 토석류 위험지의 종평면도

- 토석류 위험지의 평면도로는 계류의 경사를 파악하기 어렵기 때문에 종평면도를 작성하여 계류의 현황을 제시

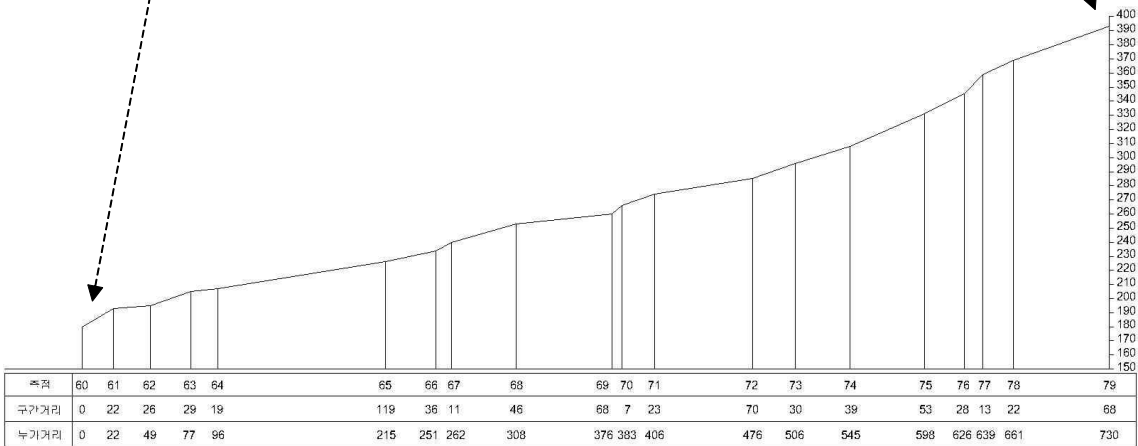
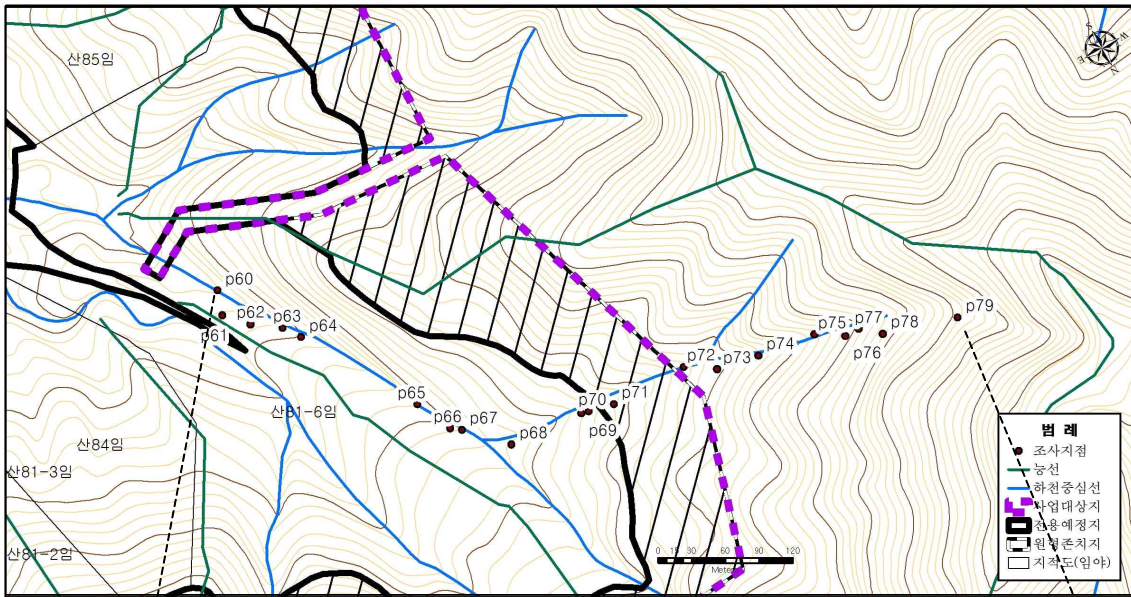


그림 149 토석류 위험지 평면도 및 종단면 확대도면 예시

제 5 장

재해위험성 검토의견서 작성방법

1. 사업대상의 개요
2. 재해위험성검토 대상지역의 설정
3. 기초현황조사
4. 유역별 현장조사 결과 및 평가(저감대책)
5. 부록

제5장

재해위험성 검토의견서 작성 방법

1 사업대상의 개요

1.1 사업의 배경 및 목적

- 재해위험성검토를 수행하고자하는 사업의 배경, 필요성 및 목적에 대하여 간단하게 기술

【설명】

- 산지전용을 포함하는 대상 개발사업의 배경과 목적, 사업시행의 타당성에 대하여 객관적으로 언급하여 간단명료하게 기술
- 특히 재해위험성검토 대상사업으로 인한 경제·사회·문화적 환경 변화에 대해서도 함께 기술

1.2 재해위험성검토의 실시근거

- 재해위험성검토 대상사업에 대한 사업추진 관계법령 및 재해위험성검토의 실시근거가 되는 근거법령의 내용을 작성

【설명】

- 대상사업별 사업추진 관련 근거법을 명시
- 재해위험성검토의 실시 근거법령을 작성(p5 참조)

1.3 사업의 내용

- 재해위험성검토 대상사업의 개요, 추진경위, 내용에 대하여 알기 쉽게 도표 및 도면 등을 활용하여 기술

【설명】

- 사업의 개요에는 사업명, 사업위치(주소), 사업면적, 사업기간, 승인기관, 시행자 등을 포함하여 기술
- 사업지구의 위치도와 위성사진을 제시하고, 사업의 추진경위에는 재해 위험성검토 협의 요청 시까지의 관계법과 관련된 주요 추진일정과 내용을 월별로 간략히 기술
- 사업의 내용은 토지이용계획과 사업계획, 대상지의 입지여건 등을 기술하며, 지목별 토지조서(지목별, 소유자별), 토지지목별 현황도(지목별, 소유자별), 시설 및 건축개요 관련 도표, 위치 및 접근성 지도 등을 제시
- 재해위험성검토 대상사업 관련 현황도는 1:25,000 또는 1:50,000 축척의 위치도 및 지형도를 이용하고, 기술적인 분석이 요구되는 지도는 정확성을 기하기 위해 1:5,000 축척 이상으로 제시

1.4 사업의 협의대상 및 검토사항

- 재해위험성검토 대상사업의 개요, 추진경위, 내용에 대하여 알기 쉽게 도표 및 도면 등을 활용하여 기술

【설명】

- 재해위험성검토는 산지전용허가를 받으려는 면적이 660제곱미터 이상, 태양에너지발전시설 목적의 산지일시사용허가, 2만제곱미터 이상의 태양에너지발전시설 목적을 제외한 산지일시사용허가를 받으려는 경우로 한정되며, 이와 관련한 행정절차를 기술
- 재해위험성검토 대상사업의 개발계획단계에서의 검토항목은 개발계획과 지형·주변 여건에 따른 재해위험요인 현황조사, 보호대상 시설의 입지여부, 산사태 발생 위험성, 토석류 발생 위험성, 저감대책 및 재해방지 시설(사방사업)의 검토 여부로 구분하여 관련 내용을 상세히 제시

□ 재해위험성 검토의견서 검토항목

서 식		검토항목
산사태위험지 판정기준표		경사길이, 모암, 경사위치, 임상, 사면형, 토심, 경사도, 조사자의 점수보정
산사태 발생우려지역 기초조사 평가표	산사태	보호대상, 경사길이, 경사도, 사면형, 임상, 모암
	토석류	보호대상, 황폐 발생원, 계류평균경사, 집수면적, 총 계류길이, 계류내 전석 분포비율
산사태 발생우려지역 실태조사 판정표	산사태	<ul style="list-style-type: none"> - 피해가능성 : 피해이력, 직접영향권내 보호시설 - 지형 <ul style="list-style-type: none"> · 토사사면 : 경사도, 사면높이, 토심, 종단형상 · 암반사면 : 경사도, 사면높이, 암석종류, 균열상황 - 주요위험인자 <ul style="list-style-type: none"> · 공통 : 산사태위험등급 현황, 용수상황 · 토사사면 : 붕괴지, 뿌리특성, 산림현황 · 암반사면 : 붕괴, 불연속면 방향, 풍화상태 <p>※ 토사사면 및 암반사면에 따른 해당 항목만 검토하며, 사면유형이 복합사면일 경우 토사사면 및 암반사면 중 점수가 높거나 위험 가능성이 큰 사면의 배점만 적용</p>
	토석류	<ul style="list-style-type: none"> - 피해가능성 : 피해이력, 직접영향권내 보호시설 - 지형 : 유역면적, 계류 평균경사도, 토심 - 위험인자 <ul style="list-style-type: none"> · 주 위험요소 : 붕괴, 침식, 전석, 토석류 흔적 ※ 주 위험요소 항목중 높은점수 택 1 · 잠재적 위험요소 : 산사태위험등급현황, 산림현황, 뿌리특성, 기타위험요소(선택형) ※ 기타위험요소(유송잡물, 퇴적지, 용출수, 유실, 배수상태, 단층대, 지진대, 복합적 지질구조, 기타)항목 중 택 1
재해위험성 검토의견서		<ul style="list-style-type: none"> - 보호대상 : 보호시설여부 및 개소수, 인가여부 및 인가수, 계류상·하부의 주요보호시설 및 인가 상세설명 - 기초조사 평가표 : 산사태(토석류) 발생 우려지역 기초조사 점수합계 및 실태조사 필요여부 ※ 단, 태양광에너지발전시설을 설치하기위한 산지일시사용허가의 경우 사면 안정해석을 포함한 실태조사만 실시 - 실태조사 판정표 : 산사태(토석류) 발생 우려지역 실태조사 점수합계 및 판정등급 - 검토의견 : 위험지역 선정사유, 특이사항, 종합의견 - 재해방지시설 설치의견 : 재해방지시설 설치 필요성, 재해방지시설 설치사업 종류 및 선정사유

2 재해위험성검토 대상지역의 설정

2.1 산사태위험판정조사 대상지역 선정

1) 산사태위험판정조사 대상지역 선발

- 「산지관리법 시행규칙」 별표 1의3의 비고 제4호에 따라 산사태위험판정조사 대상지역의 선발과정을 작업순서대로 기술
- 전용지내의 산사태정보시스템상의 산사태위험 1등급 및 2등급지를 산사태위험판정조사 대상지역의 기준 개수(「산지관리법 시행규칙」 별표 1의3의 비고 제4호 가) 만큼 군집 추출하여 조사 대상지역을 선발하고, 최종 선발된 대상지역을 도면으로 제시

【참고】 산사태위험판정조사 대상지역 선발 분석방법은 “재해위험성 검토의견서 실무매뉴얼” 3장 재해표준지 설계의 유역분석, 산사태위험지 판정기준표 항목 분석 부분에서 제시 (p33~p42 참조)

2.2 산사태위험도순위 분석

- 「산지관리법 시행규칙」 별표1의3 비고 제4호에 따라 산사태위험도순위 분석 선발과정을 작업순서대로 기술
- 전용하려는 산지와 그 주변 사면에 대하여 능선 및 계곡 추출선발된 산사태위험판정조사 대상지역에 「산지관리법」시행규칙 (별표1의2)의 산사태위험지판정기준표를 적용하여 배점(경사길이, 모암, 임상, 사면형, 토심 및 경사도)하여 결과에 따라 순위를 부여하고, 점수별 예비조사지 순위에 대한 분석결과를 도면과 표로 작성

【참고】 산사태위험도 순위 분석 방법은 “재해위험성 검토의견서 실무매뉴얼” 3장 재해표준지 설계의 산사태위험지판정기준표 항목 분석 부분에서 제시 (p43~p55 참조)

2.3 재해위험조사표준지 선정

1) 유역 내 사면추출

- 「산지관리법 시행규칙」 별표1의3 비고 제4호나목에 따라 산사태위험판정 조사 대상지역의 선발과정을 작업순서대로 기술
- 산사태위험지판정기준표 배점에 따라 선발된 전용예정지 내의 산사태위험 사면과 그 주변 사면 및 계곡을 포함하는 유역을 추출하여 도면으로 작성

2) 선별된 유역내의 산사태위험지역

- 토지이용계획 등을 고려하여 전용하려는 산지에 영향을 주는 산사태위험 지역과 전용하려는 산지가 영향을 주는 산사태위험지역을 분석대상 유역 및 사면으로 선정하여 도면으로 작성
- 산사태위험지역과 인접 혹은 연결된 계류는 토석류 조사 대상지역으로 선정된 유역 및 사면내의 산사태 위험 1등급 및 2등급지를 재추출하여 군집크기에 따라 우선순위 부여하고, 분석결과는 표로 작성

【참고】 유역 내 사면추출 및 선별된 유역내의 산사태위험지역 분석 방법은 “재해위험성 검토의견서 실무매뉴얼” 3장 재해표준지 설계의 대상 유역 선정 부분에서 제시 (p56~p59 참조)

3) 항공사진 시계열분석

- 국토지리정보원에서 제공하는 정사영상을 이용하여 과거 산지재해 발생지역을 시계열 분석하고, 재해발생 이력을 검토하여 분석결과를 도면으로 작성

【참고】 항공사진 시계열분석 방법은 “재해위험성 검토의견서 실무매뉴얼” 3장 재해표준지 설계의 시계열 분석 부분에서 제시 (p60 참조)

4) 최종 조사대상지 선정

- 각 단계별 공간분석 과정을 통해 선발된 재해위험조사표준지의 최종선정 결과를 도면으로 작성

【참고】 최종 조사대상지 선정 방법은 “재해위험성 검토의견서 실무매뉴얼” 3장 재해표준지 설계의 재해위험조사표준지 선정 부분에서 제시 (p61~p62 참조)

2.4 재해위험조사표준지 조사방법

- 현장조사 방법은 간략하게 수행근거 및 조사장비, 조사·분석시 사용한 프로그램 등을 제시하여 기술
- 단, 태양광에너지발전시설을 설치하기위한 산지일시사용허가의 경우 사면 안정해석을 포함한 실태조사만 실시

【참고】 현장조사 방법은 「산지관리법」 시행규칙 [별표 1의3] 비고 제4호에 의거 「산림보호법」 제45조의 7 및 동법 시행규칙 제37조2의 산사태 발생 우려지역에 대한 조사방법을 준용하여 실시하고 산사태 발생 우려지역 기초조사 평가표 및 산사태 발생 우려지역 실태조사 판정표, 재해위험성 검토의견서를 작성

3 기초현황조사

3.1 유역현황

- 사업대상지를 포함한 유역, 계류를 수치지형도와 공간정보 프로그램을 활용하여 유역 분석한 결과를 도면으로 작성하며, 유역의 면적, 계류 분포, 유역의 지리적 특징, 유수 방향 등 현황을 제시

【참고】 유역현황 도면작성 방법은 “재해위험성 검토의견서 실무매뉴얼” 4장 유역현황 도면 부분에서 참고 (p184 참조)

3.2 모암분포

- 사업대상지 주변의 모암분포 현황을 도면으로 작성하며, 주요 분포하는 지질학적 특징과 재해위험조사표준지의 모암의 특징을 기술하며, 모암 분포와 산지재해와의 관계성 등을 제시

【참고】 모암분포 도면작성 방법은 “재해위험성 검토의견서 실무매뉴얼” 4장 모암현황 도면 부분에서 참고 (p185 참조)

3.3 산림현황

- 사업대상지 주변의 임상을 도면으로 작성하며, 주요 임상 및 임황 등의 산림 현황을 기술

【참고】 산림현황 도면작성 방법은 “재해위험성 검토의견서 실무매뉴얼” 4장 산림현황 도면 부분에서 참고 (p186 참조)

3.4 사방시설

- 사업대상지 주변의 사방시설 현황을 조사하여 위성사진에 표기하여 도면으로 제시하거나 사방시설 현황을 기술
- 사방시설 현황은 사방시설의 유무, 위치, 공종, 규모, 개소 등의 내용을 기술
- 사방시설의 현황이 없는 경우 “해당사항 없음”이라고 작성

【참고】 사방시설 현황은 해당 지자체에 공문으로 자료 요청

3.5 재해이력

- 사업대상지 주변의 재해이력 조사하여 위성사진에 표기하여 도면으로 제시하거나 재해이력 현황을 기술
- 재해이력 현황에 발생위치, 발생구분(산사태, 토석류), 재해발생 후 조치사항 등을 기술
- 재해이력 없는 경우 “해당사항 없음”이라고 작성

【참고】 재해이력 조사는 사전에 업무협의를 통해 관련 사실을 파악하는 방법과 현장에서 주민의견을 청취, 또는 현장에서 토석류 또는 산사태 이력을 판단

4 유역별 현장조사 결과 및 평가(저감대책)

4.1 유역별 조사결과

- 현장조사 결과는 유역별로 구분하여 재해조사표준지의 조사결과 내용을 작성
- 유역의 지리적위치 현황
- 유역현황은 면적, 개요 등의 일반사항을 서술하며, 유역현황의 위치도 및 재해조사표준지 현황을 도면으로 작성

【참고】 도면작성 방법은 “재해위험성 검토의견서 실무매뉴얼” 4장 유역별 도면 부분을 참고 (p187 참조)

1) 현장조사 결과

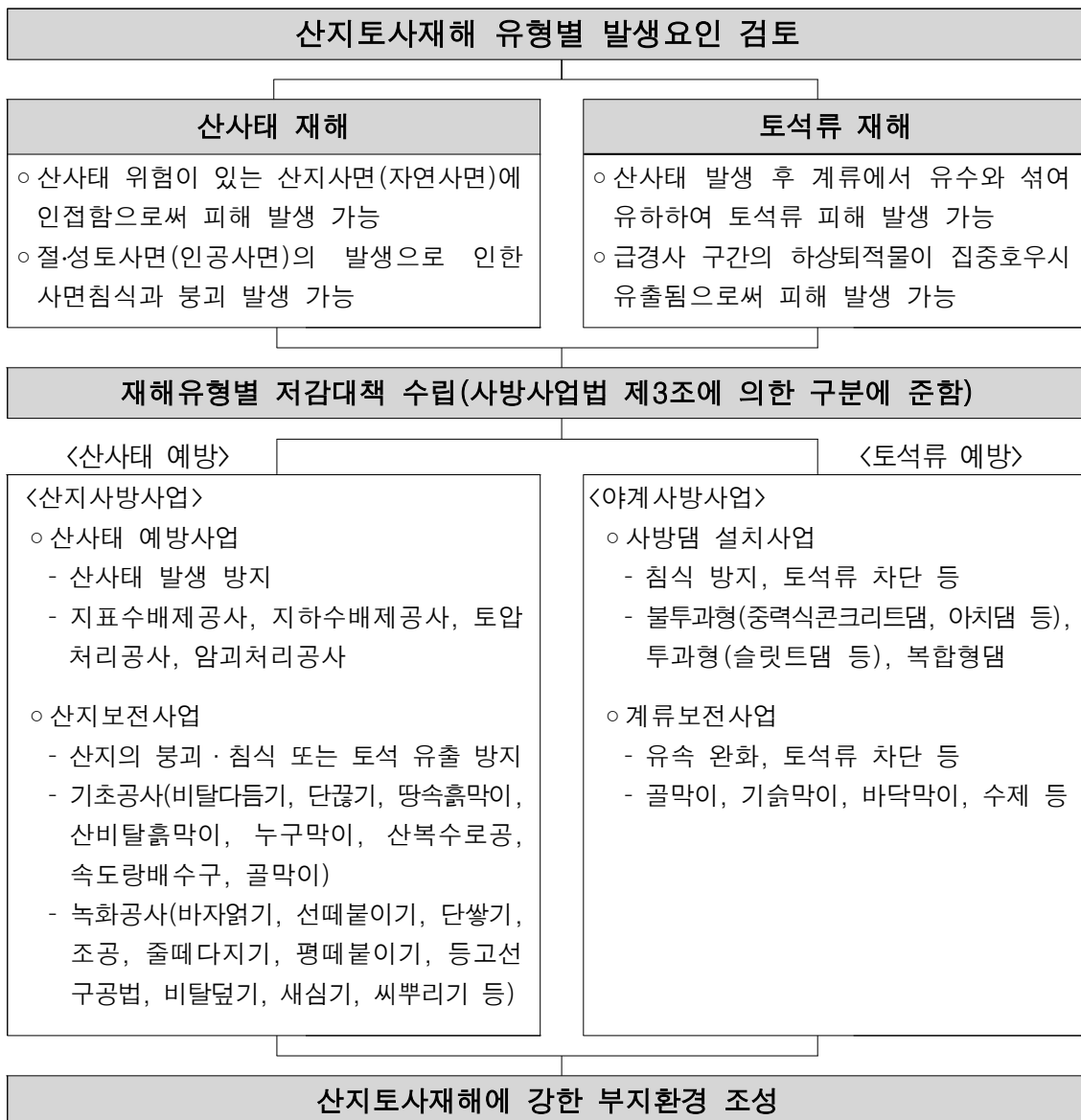
- 현장조사 수행 결과는 「산림보호법」 제 45조의7 및 같은 법 시행규칙 제37조의2에 따라 실시하고, “산사태 발생 우려지역 조사 및 취약지역 지정·관리 지침”의 기초조사 및 실태조사 내용을 요약하여 작성
- 기초조사 및 실태조사 결과에 따른 조사 내용을 구체적으로 서술하고, 지표 결과의 근거를 뒷받침하는 현장사진을 포함하여 작성
- 현장조사수행 결과 내용에는 보호대상, 지형구조, 산림현황, 토양구조 및 지질현황 등의 조사내용을 포함하여 작성
- 실태조사를 실시한 경우 조사내용에 주위험요소 및 안정해석 부분도 포함하여 작성

【참고】 현장조사 결과 작성 방법은 “재해위험성 검토의견서 실무매뉴얼” 4장 현장조사 및 재해 공간분석의 산사태 및 토석류 위험지 기초조사 평가표와 산사태 및 토석류 위험지 실태조사 판정표 부분에서 제시 (p71~p175 참조)

2) 종합의견 및 대책방안

- 현장조사 결과에 대한, 종합의견 및 대책방안을 예상 재해유형별로 제시하되 필요시 구체적 공종의 결정은 현장여건에 맞게 공법을 결정할 필요가 있음
- 산사태(토석류) 발생 우려지역 실태조사 판정결과(A~C등급)에 따른 조치사항을 제시
- B등급(34점~66점) 판정지는 저감대책 방안으로 비구조적 대책을 우선으로 하며, 필요시 구조적 저감대책을 제시
- A등급(67점~100점) 판정지는 저감대책 방안으로 구조적 대책을 우선으로 비구조적 대책을 수반하여 저감대책을 제시

(1) 구조적 대책 (재해방지시설 선정)



가) 산지사방

□ 산지사방의 목적

- 산지사방(山地砂防, hillside erosion control works)은 황폐되었거나 황폐될 위험성이 있는 산지에서 토양침식 방지, 지형안정 및 복구, 식생의 복구 및 복원을 통해 토사재해를 방지하고 산림자원을 조성하는 것을 목적으로 시행하는 사방공사
- 시공대상지는 황폐지, 붕괴지, 밀린땅, 붕괴위험지 등이 포함되며 각각의 시공대상지에 따라서 사방공사를 시행하는 목적이 조금씩 다르며, 자연적·인위적인 원인으로 훼손된 황폐산지에 대하여는 산지복원, 붕괴·침식 또는 토석이 유출되는 산지에 대해서는 산지보전, 산사태가 발생한 지역에 대해서는 산사태의 재발생을 방지하고 식생을 복원하는 산사태복구, 산사태 발생의 위험이 있는 산지에 대해서는 산사태 발생을 방지하기 위한 산사태 예방을 목적으로 사방공사를 시행
- 산사태예방사방(preventive erosion control works)이란 산지침식이나 산사태 피해가 우려되는 산복비탈면이나 계류에 흙막이, 축대벽(옹벽), 기슭막이 및 사방댐과 같은 공작물을 설치하여 산림의 황폐화를 사전에 방지하는 공사이다. 산지비탈의 붕괴 및 토사유출 등에 의한 피해를 방지하거나 최소화하는 데에 그 목적이 있으며 지형, 지질특성, 보전대상과의 관계를 충분히 조사하여 가장 효과적인 공종과 공법을 계획하여야 한다. 예방사방 공사에는 땅밀림 방지를 위한 공사와 눈사태방재림 조성 등도 포함

□ 산지사방의 분류체계

i) 산지복구·보전·복원공사

- 산지의 복구·보전·복원을 위한 공사는 기초공사와 녹화공사로 구성되며, 기초공사는 산복공사 중 황폐비탈면을 안정시켜 침식을 방지하는 공사로서 녹화 및 식재의 준비단계 공사이고, 녹화공사는 식생으로 비탈면을 피복하여 토양침식을 방지하고, 수목식재와 생육이 가능한 환경조건을 정비하여, 장기적으로 수림화(樹林化)를 위해 식생을 도입하는 공사. 녹화공사는 비탈면의 토양침식을 방지하고 유하수를 분산시키며 식물생육기반을 조성하는 녹화기초공사와 파종과 식재에 의해 식생을 도입하는 식생공사로 구분

- 산지의 복구·보전·복원을 위한 사방사업의 기본공종은 사용하는 재료에 따라 여러 종류로 분류할 수 있으며, 공종과 사용 재료를 조합한 산지사방의 기초공사와 녹화공사 공종분류는 다음과 같다.

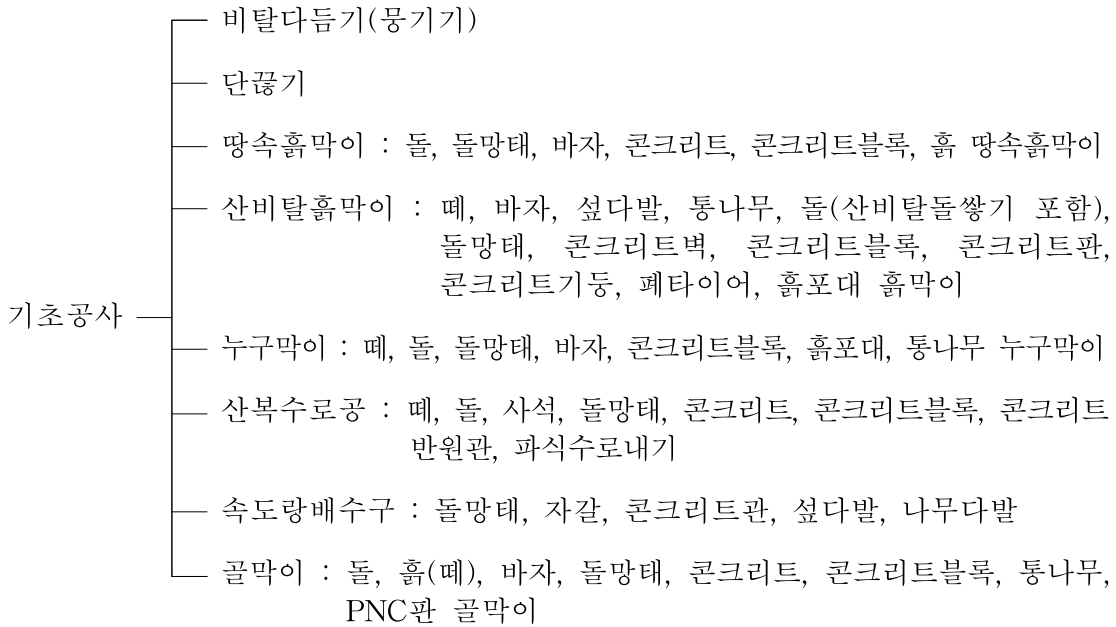


표 113 산복기초공사의 공종 분류

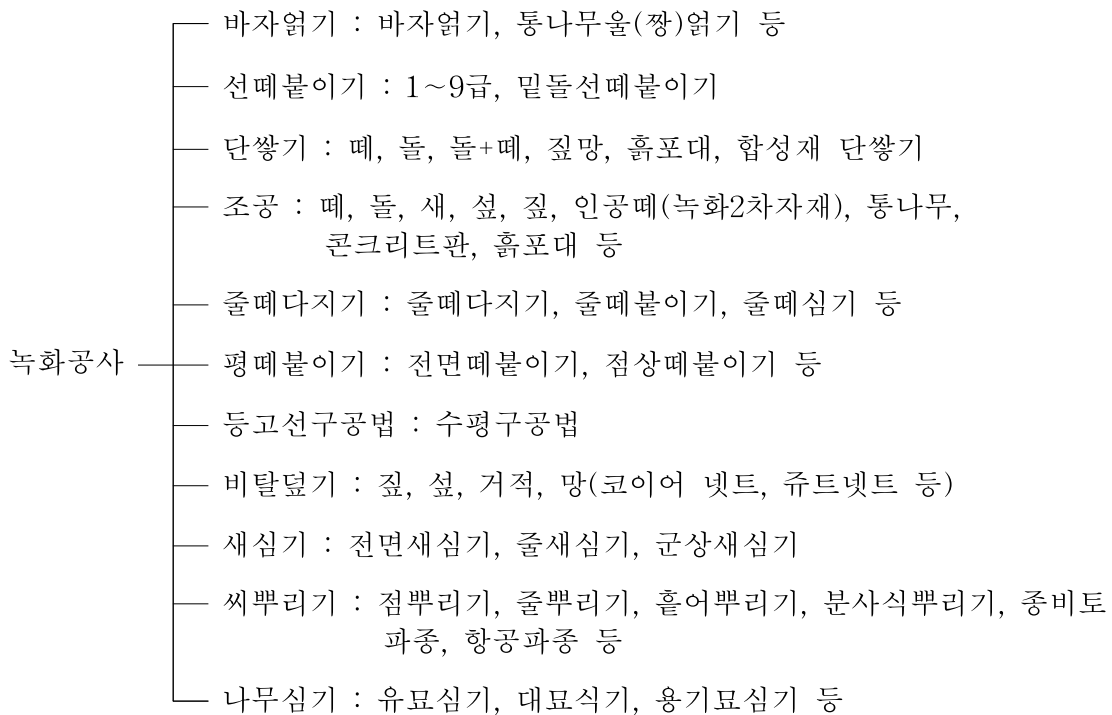


표 114 산지녹화공사의 공종 분류

ii) 산사태 예방공사

- 지표수배제공사
 - 지표수배제공사(地表水排除工事, surface water drain works)는 비탈면에 내리는 강우수나 주변부에서 유입되는 지표면 유거수를 안전하게 배수시킴으로서 지표수의 비탈면 침투를 억제하여 비탈면을 안정시키는 것이 목적이며, 주요 공종으로는 비탈면 돌림수로내기, 침투수방지공사, 주입공사 등
- 지하수배제공사
 - 지하수배제공사(地下水排除工事, ground water drain works)는 땅밑림 붕괴에 영향을 주는 지하수를 배제시키거나 땅밑림지 내부로 유입되는 지하수를 차단하여 위험 비탈면 내 토양의 간극수압을 저하시키기 위하여 시공하며, 주요 공종으로는 속도랑내기, 보링속도랑내기, 터널속도랑내기, 집수정공사, 지하수차단공사 등이 있음. 지하수배제공사에 의하여 집수된 지하수는 땅속으로 재침투되지 않고 안전지대까지 유하시킬 수 있도록 수로망을 계통적으로 배치
- 토압처리공사
 - 토압처리공사(土壓處理工事)는 붕괴 위험지 내에 토압을 지탱하기 위하여 시공하는 공법으로 배토공사(排土工事), 누름흙쌓기(押盛土工事), 산비탈돌쌓기, 땅속흙막이, 힘줄박기, 샤프트공법, 축대벽, 나무심기 등
- 암괴처리공사
 - 암괴처리공사(岩塊處理工事)는 급경사 및 절개 비탈면 상에 붕괴·붕락의 위험이 있는 암괴를 처리하기 위하여 시공되는 공법으로 폭파공사, 팽창성 파쇄공사, 앵커박기, 말뚝박기, 전석정리공사, 낙석방지망덮기, 낙석저지책 세우기 등

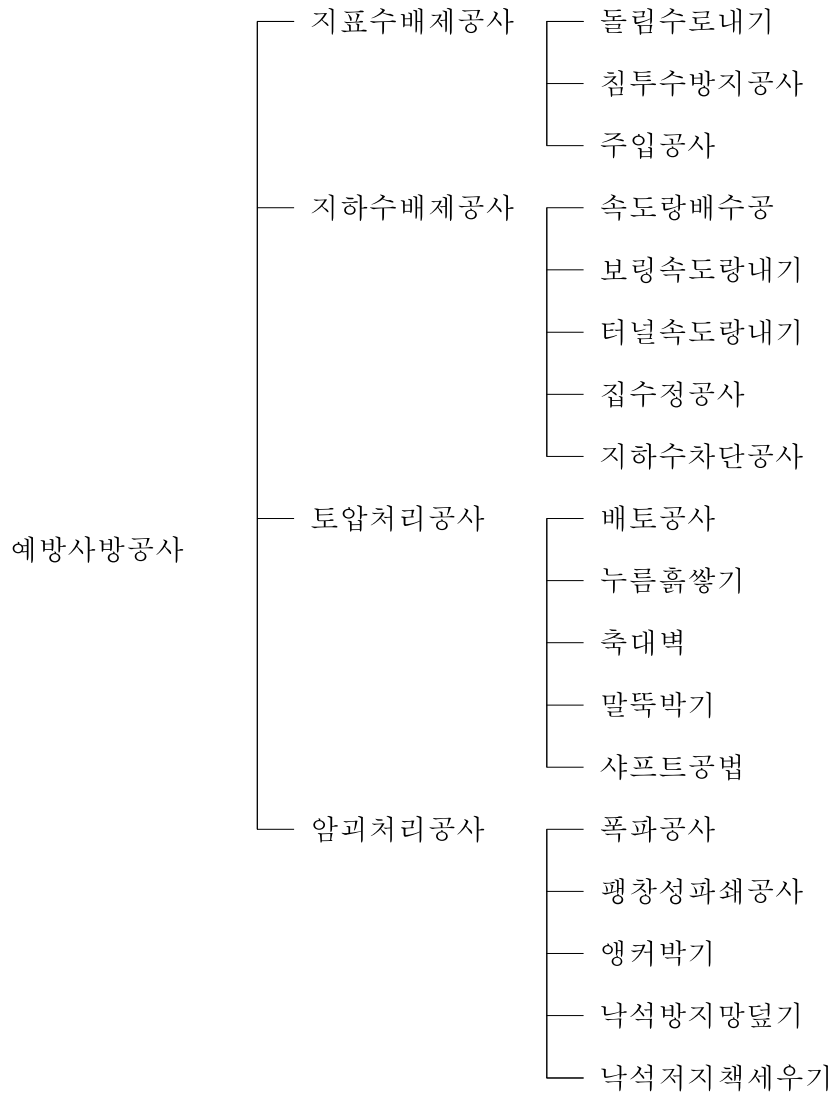


표 115 산사태예방공사의 공종 분류

나) 야계사방

□ 야계사방의 목적

i) 계류보전사업

- 산간이나 산록에 접한 계천으로 평상시에는 유량이 적거나 거의 없지만, 비가 많이 오면 계천이 범람하여 도로 및 농경지가 유실되는 등 피해가 심한 황폐성 계류(wild torrent)에 계상(溪床) 및 계안(溪岸) 공작물을 설치하여 계천의 중·횡침식을 방지하고, 산각(山脚)을 고정하여 계류의 안전 유출을 확보함으로써 수재해를 방지할 목적으로 계천에 시공하는 사방공사이며, 야계사방은 산지사방에서의 계간사방공사와 연관되는 경우가 많음.

ii) 사방댐

- 사방댐은 황폐한 계류(계곡·계천)에서 돌·자갈·토사·유목 등 각종 침식 유송물질을 저류하고, 토석퇴적에 의해 계상물매를 완화시키며, 산각의 고정과 산복붕괴를 방지하기 위하여 계천을 횡단하여 설치하는 시설물로서 산사태·토석류 흐름 등을 저지하여 하류지역의 주택·농경지 등을 재해로부터 안전하게 보호하는 데에 중요한 시공목적이 있어, 예방사방 공작물로 취급하기도 함. 또한, 저사저수(貯砂貯水) 겸용의 다목적 댐(산불진화용 취수용수, 농업용수, 산촌상수원수 등의 공급원 등)으로 활용할 수 있도록 사방댐을 설치하는 경우도 있음.
- 사방댐이 계류생태계를 단절시킨다는 문제점이 지적되고 있는데, 사방댐을 계획할 때에는 기능적 측면과 함께 생태적 영향과 주변경관 등을 고려하여 사방댐의 형식을 결정할 필요가 있으며, 사방댐이 만사(滿砂)되는 경우 준설 사업을 시행하고 있으나, 사방댐이 만사되는 것은 상류계류의 안정을 유지 시킴으로써 사방댐의 주 기능을 다하고 있는 것이므로 사방댐의 준설은 원칙적으로 사방댐의 설치목적에는 맞지 않음.

iii) 수질관리시설 공사

- 수질관리시설(水質管理施設) 공사는 산간 소계류 주변의 산업시설, 휴양시설, 축사 등지에서 배출되는 오폐수가 수원저수지(水源貯水池)나 계류의 취수 시설지(取水施設池)로 유입되는 것을 방지할 목적으로 시공하는 것으로 계류의 상류에서 오탁수(汚濁水)를 정화하여 하류지역에 맑은 물을 유출·공급

□ 야계사방의 분류체계

i) 계류보전공사

- 계류보전공사의 공종으로는 종공작물인 기슭막이와 수제 그리고 횡공작물인 바닥막이가 기본이 되며, 기타 공종으로 독쌓기와 밑막이 등의 공종이 포함.

ii) 사방댐

- 외력에 대한 댐체의 저항력을 기준으로 사방댐의 형식을 구분하면 직선중력댐(gravity dam), 아치댐(arch dam), 3차원응력해석댐(three dimensional dam), 부벽댐(扶壁댐, buttress dam) 등으로 구분
- 토석과 물을 투과시키는지의 여부에 따라서 사방댐을 구분하면 불투과형댐과 투과형댐으로 구분되며, 주 기능에 따라서는 치산댐(soil conservation dam), 토사조절댐(sediment control dam), 저사댐, 저사저수댐, 저수댐, 방재댐(erosion control dam) 등으로 구분
- “사방기술교본”에서는 형식과 기능을 종합하여 불투과형댐, 투과형댐, 복합형댐으로 구분함. 불투과형댐은 모든 토석을 유치시키는 것을 주기능으로 하고 부분적으로는 물을 가두기도 하는 형식으로 중력댐과 아치댐을 포함하며, 투과형댐은 비교적 큰 석력과 유목의 유치를 주 기능으로 하고 작은 토석과 물을 통과시키는 형식으로 슬릿트댐(slit dam)과 스크린댐(screen dam) 등을 포함하고 있음. 복합형댐은 체체의 하부는 불투과형으로 하고 그 상부 즉 방수로에 투과형댐 구조물을 설치하는 형식이며 유수의 조절, 토석의 유치, 유목의 방지 등 여러 가지 기능을 할 수 있음.
- 구축재료에 따라서는 돌댐(stone dam), 콘크리트댐(concrete dam), 철근콘크리트댐(reinforced concrete dam), 강제(鋼製)댐(steel dam), 돌망태댐(gabion dam), 블록댐(block dam), 통나무댐(timber dam), 흙댐(earth dam), 혼합쌓기댐(mixed masonry dam) 등이 있으며, 돌댐은 콘크리트나 모르타르와 같은 교접제의 사용 여부에 따라 메쌓기댐(dry masonry dam)과 찰쌓기댐(wet masonry dam)으로 구분하고, 큰돌(轉石)로 축조하였을 경우에는 큰돌댐(구 전석댐)이라고함.

iii) 수질관리시설 공사

- 상류수계에서 유입되는 오탁수(汚濁水)의 수질을 정화하기 위하여 설치하는 시설물로서 강제(鋼製)틀댐, 부벽식스크린댐(buttruss screen dam), 슬릿트댐(slit dam) 등이 있다.

(2) 비구조적 대책

가) 모니터링 현장점검

- 산사태 및 토석류의 전조현상과 지속적인 관찰의 필요성을 기술

오감	이동주체	토석류	산사태
시각	산사면 벼랑	계류 부근의 사면이 붕괴되기 시작 - 낙석이 발생	- 사면에 균열 발생 - 사면에서 작은 돌이 떨어짐 - 사면이 팽창
	물	- 하천(계곡)의 물이 탁해짐 - 비가 계속 내리나 하천(계곡)의 수위가 낮아짐 - 토사유출 발생 - 계곡의 물이 급히 불어남	- 표면류가 발생 - 사면에서 물이 분출 - 용수가 탁해지기 시작
	수목	- 탁수에 유목이 섞여 나옴	- 수목이 기울어짐
	기타	- 계류 내의 불꽃	-
청각		- 땅울림 소리 - 산울림 소리 - 돌 부딪히는 소리 - 천둥소리 - 제트기 소리 - 나무 쪼개지는 소리 - 나무 흔들리는 소리(와삭와삭)	- 나무 뿌리가 끊어지는 소리 - 나무 흔들리는 소리 - 땅울림 소리
후각		- 땅에서 썩은 냄새가 나는 경우 - 물건 썩는 냄새 - 물건 타는 냄새 - 나무 냄새	-

표 116 산사태 및 토석류의 전조현상

재해유형	직 전	1~2시간 전	2~3시간 전
토석류	<ul style="list-style-type: none"> - 땅 썩는 냄새 - 땅울림 - 유수가 급격히 탁해짐 - 계곡의 수위가 급격히 낮아짐 	<ul style="list-style-type: none"> - 계곡 내에서 돌 부딪히는 소리 - 유목 발생 	<ul style="list-style-type: none"> - 유수가 탁해짐
산사태	<ul style="list-style-type: none"> - 용수의 정지 - 용수의 분출 - 균열 발생 - 사면이 팽창 	<ul style="list-style-type: none"> - 작은 돌이 떨어짐 - 새로운 용수 발생 - 용수가 탁해짐 	<ul style="list-style-type: none"> - 용수가 탁해짐 - 표면류 발생

표 117 전조현상과 재해발생까지의 시간

【참고】 강우가 지속되고 있음에도 하천(계곡)의 수위가 급격히 낮아지는 경우 계곡의 상류에 산사태 등으로 인한 천연댐이 형성되었을 가능성이 크므로 토석류 발생의 위험이 매우 높은 상태를 의미

- 집중호우 등 산사태 우려상황시 “산림청”에서 제공하는 산사태예측정보를 주기적 모니터링이 필요함을 제시

나) 대피체계 구축

- 산사태 및 토석류 등의 산지재해발생에 대비한 대피요령, 대피경로, 대피소 지정, 비상연락망 구축, 대처방법 등이 포함된 대피체계의 구축의 필요성을 기술

4.2 조사대상지 인근 기타 특이사항

- 현장조사 결과 외의 조사대상지 인근 기타 특이사항(주요 보호대상, 주요 계류와 연접한 저수지, 문화재, 공공시설 등)의 내용을 간략하게 서술하고, 기타사진을 포함하여 작성

5 부록

5.1 산사태 발생 우려지역 기초조사 평가표

- “산사태 발생 우려지역 조사 및 취약지역 지정·관리 지침”의 제5조에 따라 별표 1 산사태 발생 우려지역 기초조사 평가표(토석류), 별표 2 산사태 발생 우려지역 기초조사 평가표(산사태)의 서식에 맞춰 작성하여 제출

5.2 산사태 발생 우려지역 실태조사 판정표

- “산사태 발생 우려지역 조사 및 취약지역 지정·관리 지침”의 제6조에 따라 별표 5 산사태 발생 우려지역 실태조사 판정표(토석류), 별표 6 산사태 발생 우려지역 실태조사 판정표(산사태)의 서식에 맞춰 작성하여 제출

5.3 재해위험성 검토의견서

- 「산지관리법 시행규칙」 제10조제2항제1호차목의 규정에 의한 [별지 제4호의2서식] 재해위험성 검토의견서의 서식에 맞춰 작성하여 제출(태양에너지발전시설 목적의 산지일시사용허가는 [별지 제4호의3 서식])

5.4 기타 첨부서류 등

- “재해위험성 검토의견서” 작성업체의 현황을 작성
- 재해위험성검토 참여기술자의 이름, 자격내역, 자격번호가 포함된 참여기술자 현황을 표로 작성
- 사업자 등록증, 산림기술용역업 등록증, 참여기술자의 자격증 사본, 계약서 등의 첨부서류를 작성

【참고】 산림기술용역업자 소속 산림기술자로서 「산림기술 진흥 및 관리에 관한 법률 시행령」 별표 5의 재해위험성 검토사업의 배치기준에 해당하는 사람

- 산림기술 진흥 및 관리에 관한 법률 시행령 [별표 5] <개정 2021. 6. 8.>

산림기술자등의 배치기준(제15조제1항 관련)

구분	사업종류	규모	배치기준
조사	재해위험성 검토	10만제곱미터 이하	기술고급 이상 산림공학기술자 1명 이상
		10만제곱미터 초과	기술특급 산림공학기술자 1명 이상

제 6 장 부 록

1. 산사태위험지판정기준표
2. 산사태 발생 우려지역 기초조사 평가표
3. 산사태 발생 우려지역 실태조사 판정표
4. 재해위험성 검토의견서
5. 참고문헌 및 사이트

1 산사태위험지판정기준표

■ 산지관리법 시행규칙 [별표 1의2] <개정 2018. 11. 12.>

산사태위험지판정기준표(제5조 및 제28조의3 관련)

구분	위험요인별 점수				
	1	2	3	4	5
경사길이(m)	50 이하	51 ~ 100	101 ~ 200	201 이상	
점수	0	19	36	74	
모암	퇴적암 (이암, 혈암, 석회암, 사암 등)	화성암 (화강암류 기타)	변성암 (천매암, 점 판암 기타)	변성암 (편마암류 및 편암류)	화성암 (반암류와 안산암류)
점수	0	5	12	19	56
경사위치	0-1/10	2-6/10	7-10/10		
점수	0	9	26		
임상	·침엽수림 (치수림, 소경목)·무입 목지	·침엽수림 (중경목, 대경목) ·활엽수림, 혼효림(치수림)	·활엽수림, 혼효림 (소, 중, 대경목)		
점수	18	26	0		
사면형	상승사면	평형사면	하강사면	복합사면	
점수	0	5	12	23	
토심(cm)	20 이하	21 ~ 100	101 이상		
점수	0	7	21		
경사도(°)	25 이하	26 ~ 40	41이상		
점수	16	9	0		
조사자의 수보정	※ 보정인자 1. 조사자 또는 마을사람들이 산사태발생 위험지역이라고 생각함(+10) 2. 조사자 또는 마을사람들이 산사태발생 위험성이 전혀 없다고 생각함(-10) 3. 인위적 산림훼손지로 방치하거나 불완전한 방재 시설지(+20) 4. 과수원 및 초지단지, 유실수조림지 등 지피식생이 불완전한 산지(+20) 5. 산지가 도심지에 위치하여 산사태 발생시 피해 확산 위험이 있는 지역(+10)				

※비고

1. 위 표에서 사용되는 용어의 정의 및 적용기준은 다음과 같다.

가. "경사길이"란 산사태위험판정 대상 사면과 연결되는 수계로부터 각 능선부의 가장 높은 지점까지의 거리를 말한다.

나. "모암(母巖)"이란 「과학기술분야 정부출연연구기관 등의 설립·운영 및 육성에 관한 법률」 별표 제14호에 따른 한국지질자원연구원에서 작성한 축척 5만분의 1 이상의 지질도에 의한 암석성인(巖石成因)별 모암을 말한다.

다. "경사위치"란 산사태위험판정 대상 사면의 계곡과 능선 간의 수직적인 백분율을 말한다.

라. "침엽수림"이란 해당 산지에 침엽수가 75% 이상 생육하고 있는 산림을 말한다.

마. "활엽수림"이란 해당 산지에 활엽수가 75% 이상 생육하고 있는 산림을 말한다.

바. "혼효림"이란 해당 산지에 침엽수 또는 활엽수가 각각 25% 초과 75% 미만으로 생육하고 있는 산림을 말한다.

사. "치수림(稚樹林)"이란 가슴높이지름 6cm 미만의 임목이 50% 이상 생육하고 있는 산림을 말한다.

아. "사면형"이란 사면의 종단면형을 말한다.

자. "상승사면"이란 사면으로 올라갈수록 경사가 완만해지는 완경사면을 말한다.

차. "평형사면"이란 사면에서의 경사가 일정한 사면을 말한다.

카. "하강사면"이란 사면으로 올라갈수록 경사가 급해지는 급경사면을 말한다.

타. "복합사면"이란 2개 이상의 사면형이 존재하는 사면을 말한다.

파. "토심(土深)"이란 모암으로부터 지표면까지의 토사의 깊이 또는 수목의 뿌리가 비교적 용이하게 침투할 수 있는 토양의 깊이를 말한다.

하. "경사도"란 사면의 각도로서 평균경사도를 말한다.

2. 산사태위험도는 위 표 각 호의 위험요인에 해당하는 점수의 합계로 하며, 다음 각 목의 구분에 따른다.

가. 180점 이상인 경우 : 산사태 발생 가능성이 대단히 높은 지역

나. 120점 이상 180점 미만인 경우 : 산사태 발생 가능성이 높은 지역

다. 61점 이상 120점 미만인 경우 : 산사태 발생 가능성이 낮은 지역

라. 60점 미만인 경우 : 산사태 발생 가능성이 없는 지역

2 산사태 발생 우려지역 기초조사 평가표

■ 산사태 발생 우려지역 조사 및 취약지역 지정·관리 지침 [별표 1]

산사태 발생 우려지역 기초조사 평가표(토석류)

일반정보	조사자	소속	직		연락처		
	조사일자		년	월 일			
	위치	행정구역	시·도	시·군·구	읍·면·동	리·동	번지(속칭)
		GPS좌표	위도(° ' ") , 경도(° ' ")				
인자	Category 별 점수						
	1	2	3	4	5	점수	
보호대상	일반산지	재산피해	인가1~5미만	인가5~9	인가100이상 또는 공공시설		
점수	0	5	10	15	20		
황폐발생원	산사태 위험 4등급만 있는 유역	산사태 위험 3등급만 있는 유역	산사태 위험 2등급50%이 하인 유역	산사태 위험 2등급50%이상 인 유역	산사태 위험 1등급이 있는 유역		
점수	0	3	5	7	10		
계류평균경사(°)	5 미만	5~7	8~10	11~16	17 이상		
점수	3	9	12	17	20		
집수면적(ha)	5미만	6~10	11~20	21~30	31이상		
점수	3	5	10	15	20		
총계류길이(m)	100 미만	101~200	201~300	301~500	500이상		
점수	3	5	10	15	20		
계류내전석분포비율(%)	5% 미만	5~10%	10~20%	21~30%	31% 이상		
점수	2	4	6	8	10		
점수계	점		실태조사 필요여부		필요 / 불필요		
주요위험성							
조사자의견							

■ 산사태 발생 우려지역 조사 및 취약지역 지정·관리 지침 [별표 2]

산사태 발생 우려지역 기초조사 평가표(산사태)

일반정보	조사자	소속	직		연락처		
	조사일자		성명				
	위	행정구역	시·도	시·군·구	읍·면·동	리·동	번지(속칭:)
	치	GPS좌표	위도(° ' "), 경도(° ' ")				
인자	Category 별 점수						
	1	2	3	4	5	점수	
보호대상	일반산지	재산피해	인가1~5미만	인가5~9	인가10이상 또는 공공시설		
점수	0	5	10	15	20		
경사길이(m)	5~30	31~60	61~100	101~150	151이상		
점수	3	8	15	17	20		
경사도(°)	10~15이하	16~20	21~30	31~40	41이상		
점수	5	8	15	17	20		
사면형	상승사면	평형사면	하강사면	복합사면			
점수	3	5	8	10			
임상	· 활엽수림, 혼효림 (소,중,대경목)	· 활엽수림, 혼효림 (치수림)	· 침엽수림 (치수림, 소경목)	· 무입목지 · 나대지	· 침엽수림 (중경목, 대경목)		
점수	3	8	15	17	20		
모암	퇴적암 (이암, 혈암, 석회암, 사암 등)	화성암 (화강암류 기타)	변성암 (천매암, 점판암 기타)	변성암 (편마암류 및 편암류)	화성암 (반암류와 안산암류)		
점수	2	4	6	8	10		
점수계	점		실태조사 필요여부		필요 / 불필요		
주요 위험성							
조사자 의견							

3 산사태 발생 우려지역 실태조사 판정표

■ 산사태 발생 우려지역 조사 및 취약지역 지정·관리 지침 [별표 5]

산사태 발생 우려지역 실태조사 판정표(토석류)

□ 일반사항

조사자	소속		성명		연락처	
조사일자						
위치	행정구역					
	관리주체					
	GPS좌표 (유출구)	위도	° ' "	경도	° ' "	
최종 판정등급						
현장조사 점수		점수 계		판정등급		
시뮬레이션 해석 점수						
등급보정	등급보정 사유					
상향 ()	하향 ()					
관리 필요성	현 상태 유지		비구조적 (대피체계구축필요)		구조적+비구조적 (적극적인관리필요)	
대책방안						
조사자의견						

□ 현장조사 평가표

인자		항목 및 점수					
		1	2	3	4	5	점수
피해 가능성 (15점)	피해이력	없음	간접피해	직접피해			
	점 수	0	3	5			
	직접영향권 내 보호시설	없음	경작지등 재산피해	인가 1~5 미만	인가5이상, SOC시설		
	점 수	0	5	7	10		
지형 (25점)	유역면적 (ha)	5미만	6~10	11~20	21~30	31이상	
	점 수	1	2	3	4	5	
	계류 평균경사도(°)	5 미만	5~15 미만	15~20 미만	20이상		
	점 수	3	5	8	10		
	토심 (cm)	30 미만	30~50 미만	50~80 미만	80~100 미만	100 이상	
	점 수	1	3	5	7	10	
위험 인자 (30점)	주 위험 요소 (20점)	구 분	하	중	상		주 위험요소 항목중 높은점수 택1
		붕괴	없음	높이 5m 미만	높이 5m 이상		
			0	10	20		
		침식	5% 미만	5~20 % 미만	20% 이상		
			0	10	20		
		전석	0%	1~10미만% or 30% 이상	10~30%		
	0		10	20			
	토석류 흔적	무		유			
		0		10			
	잠재적 위험 요소 (10점)	산사태위험 등급현황	산사태위험 등급 3등급 이하	산사태위험 등급 2등급 50%미만	산사태위험 등급 2등급 50%이상	산사태위험 등급 1등급	
		점 수	0	1	2	3	
		산림현황	울폐도(밀)	울폐도 (소, 중)	수목전도 및 고사목	산림훼손지 황폐지	
점 수		0	1	2	3		
뿌리특성		심근성+ 천근성	심근성 (70%이상)	천근성 (70%이상)			
점 수		0	1	2			
기타위험요소 (선택형)	유송장물, 퇴적지	용출수	유실	배수상태	기타위험요소 항목 중 택 1		
	2	2	2	2			
	단층대, 지진대		복합적 지질구조	기타(위험요소 기재)			
	2		2	2			
점수합계							

□ 토석류 시뮬레이션 평가표

토석류 시뮬레이션 평가				
구 분	토석류 확산 영향범위 내 대상 없음	토석류 확산 영향범위 내 재산 피해우려 대상 존재	토석류 확산 영향범위 내 보호시설 등 인명피해 우려대상 존재	
점 수	0	15	30	
	피해대상 개소		이격거리(m)	

토석류 시뮬레이션 해석 결과 도면	
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">확산범위 및 위험구간</div>	

현장조사 위치도 및 현황도

위치도
현황도

■ 산사태 발생 우려지역 조사 및 취약지역 지정·관리 지침 [별표 6]

산사태 발생 우려지역 실태조사 판정표(산사태)

□ 일반사항

조사자	소속		성명		연락처	
조사일자						
위치	행정구역					
	관리주체					
	GPS좌표 (유출구)	위도	° ' "	경도	° ' "	
최종 판정등급						
현장조사 점수		점수 계		판정등급		
안정해석 점수						
등급보정	등급보정 사유					
상향 ()	하향 ()					
관리 필요성	현 상태 유지	비구조적 (대피체계구축필요)		구조적+비구조적 (적극적인관리필요)		
대책방안						
조사자의견						

□ 현장조사 평가표

인자		항목 및 점수					점수
		1	2	3	4	5	
피해 가능성 (15)	피해이력	무	간접피해	직접피해			
	점 수	0	3	5			
	직접영향권 내 보호시설	없음	경작지등 재산피해	인가 1~5 미만	인가5이상, SOC시설		
	점 수	0	5	7	10		
지형 (25)	토사사면	경사도(°)	25 미만	25~35 미만	35~41 미만	41 이상	
		점수	1	3	5	7	
		사면높이 (m)	5 미만	5~20 미만	20~30 미만	30~40 미만	40 이상
		점수	1	2	3	5	7
		토심(cm)	30 미만	30~50 미만	50~80 미만	80~100 미만	100 이상
		점수	1	2	3	5	7
		종단형상	상승사면	평형사면	하강사면	복합사면	
	점수	1	2	3	4		
	암반사면	경사도(°)	30 미만	30~40 미만	40~50 미만	50 이상	
		점수	1	3	5	7	
		사면높이(m)	10 미만	10~20 미만	20~30 미만	30 이상	
		점수	1	3	5	7	
		암석종류	퇴적암 (이암, 혈암, 석회암, 사암 등)	화성암 (화강암류 기타)	변성암 (천매암, 정판암 기타)	변성암 (편마암류 및 편암류)	화성암 (반암류와 안산암류)
		점수	1	2	3	5	7
균열상황		적음	조금 적음	조금많음	많음		
점수	1	2	3	4			
주요 위험인자 (30)	공통	산사태위험 등급 현황	산사태위험등급 5등급	산사태위험등급 3,4등급	산사태위험등급 2등급 50%미만	산사태위험등급 2등급50%이상	산사태위험등 급 1등급
		점수	1	2	3	4	5
		용수상황	건조	습윤	표면수	용수	
	토사사면	붕괴지	없음	표층유실, 세굴	낙석, 포행	붕괴(붕락,포락)	
		점수	0	5	7	10	
		뿌리특성	천근성+심근성	심근성	천근성 또는 무입목지		
		점수	1	3	5		
		산림현황	울폐도(밀)	울폐도 (소, 중)	황폐지, 무입목지, 치수림	산림훼손지	
	점수	1	3	4	5		
	암반사면	붕괴	없음	균열 및 절리	낙석 또는 붕괴		
		점수	0	7	10		
		불연속면 방향	유리	양호	불리	매우불리	
		점수	1	3	4	5	
		풍화상대	약간풍화	보통풍화	심한풍화, 완전풍화		
점수	1	3	5				
점수합계							
작성시 주의사항		※ 토사사면일 경우 토사사면 인자, 암반사면일 경우 암반사면 인자의 점수만 적용 ※ 사면유형이 혼재된 복합사면의 경우 토사사면 및 암반사면 중 점수가 더 높거나 위험 가능성이 큰 사면의 배점만 적용					

□ 산사태 안정해석 평가표

사면 안정해석 평가			
구분	기준안전을 충족 건기시(1.6~) 우기시(1.3~)	기준안전을 수준 건기시(1.5~1.6) 우기시(1.2~1.3)	기준안전을 불충족 건기시(~1.5) 우기시(~1.2)
점수	0	15	30
피해대상 개소		이격거리(m)	

산사태 안정해석 결과 도면	
건기시	
우기시	

현장조사 위치도 및 현황도

위치도
현황도

4 재해위험성 검토의견서

■ 산지관리법 시행규칙 [별지 제4호의2서식] <신설 2015.11.25.>

재해위험성 검토의견서												
재해위험 조사표준지	연번					유역면적(ha)						
일반 현황	조사 및 검토자	소속			자격 증명			직				
					자격 번호			성명	(인)			
	조사일자				연 락 처							
	위치	행정구역										
GPS												
보호 대상	보호 시설	Yes	<input type="checkbox"/>	보호 시설 개소 수			인가	Yes	<input type="checkbox"/>	인가수		
		No	<input type="checkbox"/>		No	<input type="checkbox"/>						
	계류상부 주요보호시설(상세)											
	계류하부 주요보호시설(상세)											
	계류상부 인가(상세)											
계류하부 인가(상세)												
판정표 등급	토석류 발생 우려지역				산사태 발생 우려지역							
	점수합계			등급			점수합계			등급		
검 토 의 견	위험 지역 선정 사유	토석류 발 생 우려지역										
		산사태 발 생 우려지역										
	특이 사항											
	종합 의견											
재해방지시설 설치의견 (전용면적 2ha이상)	재해방지시설 설치 필요 유무		Yes		<input type="checkbox"/>							
			No		<input type="checkbox"/>							
	재해방지시설 설치사업 종류		계류보전	<input type="checkbox"/>	사방댐	<input type="checkbox"/>	산지사방	<input type="checkbox"/>				
재해방지시설 설치사업 선정사유												

■ 산지관리법 시행규칙 [별지 제4호의3서식]

산지태양광발전설비 설치 관련 재해위험성 검토의견서										
(앞쪽)										
재해위험 조사표준지	연번				유역면적(ha)					
일반현황	조사 및 검토자	소속			자격 증명		직			
					자격 번호		성명	(인)		
	조사일자					연 락 처				
위치	행정구역									
	GPS									
보호대상	보호시설	<input type="checkbox"/> Yes	보호시설 개소수		인가	<input type="checkbox"/> Yes	인가수			
		<input type="checkbox"/> No				<input type="checkbox"/> No				
	계류(溪流)상부 주요보호시설(상세)									
	계류하부 주요보호시설(상세)									
	계류상부 인가(상세)									
계류하부 인가(상세)										
판정표 등급	토석류(土石流) 발생 우려지역 실태조사				산사태 발생 우려지역 실태조사					
	현장조사 점수			등급	현장조사 점수			등급		
	시뮬레이션 점수				사면(斜面) 안정해석 점수					
검토의견	위험지역 선정사유	토석류 발생 우려지역								
		산사태 발생 우려지역								
	특이사항									
종합의견										
재해방지 시설 설치의견	재해방지시설 설치 필요 유무		<input type="checkbox"/> Yes		<input type="checkbox"/> No					
	재해방지시설 설치사업 종류		<input type="checkbox"/> 계류보전		<input type="checkbox"/> 사방댐		<input type="checkbox"/> 산지사방			
	재해방지시설 설치사업 선정사유									

(뒤쪽)

<작성방법>

1. 일시사용하려는 산지에 대하여 별표 1의3 제5호 및 비고 제4호에 따른 산사태 위험도 조사를 실시한다. 다만, 산사태위험판정조사 대상지역이 전용하려는 산지의 면적과 동일하게 선정되는 등 불가피한 경우에는 4개소 미만으로 선정할 수 있다.
2. 산사태 위험도 조사를 실시 결과 산사태위험도가 높은 지역과 그 주변의 사면 및 계곡에 대하여 산사태 위험성 평가를 추가로 실시한다.
3. 산사태 위험성 평가는 사면(斜面)안정해석 내용을 포함하여 작성해야 한다.
4. 산사태위험판정조사 대상지역의 수평투영면적이 100제곱미터 미만인 경우에는 산사태위험판정기준표를 작성하지 않고 일시사용하려는 산지의 면적 전체에 대해 재해위험조사표준지를 선정하여 작성해야 한다.

5 참고문헌 및 사이트

5.1 참고 문헌

- 1) 한국산지보전협회. 2014. 재해 및 경사안정성을 고려한 산지전용허가기준의 고도화 방안 연구
- 2) 이천용, 2014. 산지토사재해론(산사태 · 토석류)
- 3) 산림청. 2015, 2020. 산사태 발생 우려지역 조사 및 취약지역 지정·관리 지침
- 4) 경기도, 2016. 재해위험성 검토의견서 작성 지침
- 5) 국민안전처, 2017. 재해위험도 평가항목 업무해설서[급경사지 재해위험도 평가기준(고시) 관련]
- 6) 국민안전처, 2017. 급경사지 관리 실무편람 「종합해설서」
- 7) 산림청, 2012. 산사태 예방·대응 현장매뉴얼

5.2 참고 사이트

- 1) 산림청, 산사태정보시스템(<https://sansatai.forest.go.kr>)
- 2) 산림청, 산림공간정보서비스(<https://map.forest.go.kr>)
- 3) 국토교통부, 국가공간정보포털(<http://www.nsdi.go.kr>)
- 4) 국토교통부, 국토지반정보 포털시스템(<https://www.geoinfo.or.kr>)
- 5) 한강홍수통제소, WAMIS 국가수자원관리종합정보시스템 (<http://www.wamis.go.kr>)
- 6) 한국지질자원연구원, 지오빅데이터 오픈플랫폼(<https://data.kigam.re.kr>)
- 7) 국토지리정보원, 국토정보플랫폼(<http://map.ngii.go.kr>)