

도시 산록지역의 완충수림대 정비와 환경보전사방사업

JOURNAL OF DISASTER PREVENTION



전근우
강원대학교
산림자원학과 교수

1. 서론

산지기상, 산림, 지형, 지질 및 토양조건 등 다양한 요인에 복합적으로 영향을 받아 다양한 형태의 산지토사재해가 발생하고 있는 우리나라에서는 1907년 근대 사방이 시작된 이래, 최근에는 산사태, 땅밀림 및 토석류 등의 토사재해를 예방 및 복구하기 위한 사방사업을 확대 추진하고 있다.

한편, 최근 기상이변에 따라 산지토사재해가 단편적인 지식에 의하여 해석할 수 없을 정도로 다양화·대형화·빈발화 되어, 재해가 발생할 때마다 천재인지 인재인지에 대한 논쟁이 계속되고 있다. 또한, 지금까지 잘 알려지지 않았던 도시 산록지역의 사방시설이 등산이나 관광 등으로 산을 찾는 사람들이 증가하면서 생태적, 경관적인 면에서 다양한 요구가 제시되고 있으며, 특히 인접 분야와 서로간의 외연 확대로 인해 전문가 사이에서도 사방에 대한 가치관이 충돌하고 있다. 따라서 앞으로는 이전부터 전승, 발전되어 온 사방기술과 글로벌한 지식을 연계한 사업이 추진되어야 할 것이다.

2. 사업계획의 기본

도시 산록지역의 사방사업은 시가지에 인접하는 산림공간을 항구적으로 담보하여, 산복에서는 식생과 보조공사에 의해 유해한 토사

가 발생하는 것을 직접 억제하고, 산록에서는 상부지역에서 유출되는 토사에 대한 완충역할을 하여야 한다. 즉, ①각종 토사재해의 방지, ②양호한 도시환경, 풍치환경, 생태계 및 종다양성의 보전과 육성, ③도시의 무질서한 택지화 방지 및 ④건전한 레크리에이션 장소의 제공 등을 염두에 두고 계획을 진행하여야 한다.

그리고 도시 산록지역이 갖고 있는 다양한 기능이 효과적으로 발휘되려면, 우선 사방관계 법령과 기타 관련 법령에 근거한 토지이용을 조정할 수 있도록 하여 토사재해 위험구역의 안전성을 높여야 한다. 또한, 사방관계 부서는 필요에 따라 각 방면의 관련 부서와의 업무조정을 실시하여 대상지역의 산림방재공간에 관한 마스터플랜을 작성하고, 타 산업과의 연계 아래 면적인 사방사업을 실시함으로써 토사재해에 강한 지역을 만들어 가도록 노력하여야 한다.

3. 정비방침

사방사업이 수계에 편중되지 않도록 그림 1과 같이 산복사면, 계간 및 산록에서 토사의 억제와 조절을 주체로 한 면적인 사방계획을 수립하도록 한다. 즉, 붕괴지에는 산복공사를 실시하고, 숲가꾸기사업도 적극적으로 추진하며, 사방댐에 의한 유출토사 억제대책을 마련하고, 사방댐 시공지의 자연환경을 회복시켜야 한다. 그리고 산록지역에서는 자연친화적인 급경사지 붕괴대책을 수립하고, 완충수림대를 조성하며, 유사지에는 저담군공법·유도둑·유사지·수림대 등과 같은 새로운 공법 및 방안을 도입하도록 한다(전근우, 2012).

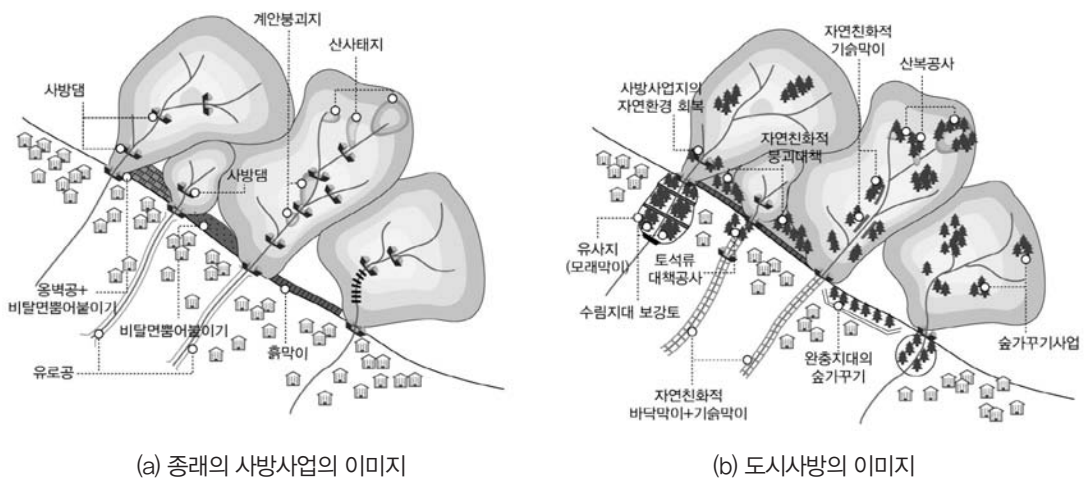


그림 1. 도시 산록지역에 있어서 환경보전사방사업의 이미지

수목을 활용한 사방계획은 보전대상과의 위치, 정비대상지에 요구되는 안전도 등에 유의하여야 한다. 특히, 산사태나 토석류가 보전대상으로부터 가까운 곳에서 발생할 경우, 숲의 기능만으로는 한계가 있기 때문에 사방댐과 같은 공작물로 토사를 확실하게 억제하여야 한다. 수목(수림대)의 주요 사방효과는,

- ① 평상시에는 산복으로부터의 토사생산을 억제하여 하류에 시공한 사방댐의 용량을 확보하고, 계상에 불안정한 토사가 퇴적되는 것을 방지한다.
- ② 토석류의 퇴적구간(물매 10° 이하)에서는 토석류를 감세하거나 포착한다.
따라서, 사전조사 시에는 대상지역의 지형, 지질조사와 함께 식생상황을 충분히 파악하고, 특히 수목의 토사억지효과에 대한 여부, 생태계의 균형 유지에 대한 검토가 이루어져야 한다.

4. 사방공종

4.1. 선정기준

사방공종의 선정은 사방공사에 필요한 하나의 공법을 선택하는 것이 아니라, 수목과 함께 면적인 방재공간을 확보할 수 있는 방안을 마련하는 것이다. 특히, 도시림형 산림공원과 연계할 경우는 완충수림대의 보강공법으로도 활용할 수 있어야 하며, 가능하면 자연환경에 부담이 적은 공종이어야 한다.

- ① 산복녹화공사나 완충수림대와 같이 토사의 생산억제·포착효과를 활용할 수 있는 공종을 채택한다.
- ② 재료는 돌, 돌망태 등과 같이 생물의 생육환경에 기여하는 다공질의 구조물을 제작할 수 있는 공종을 채택한다.
- ③ 현지 발생토를 활용하는 경우와 같이 건설잔토나 폐자재가 적게 생산되는 공종을 채택한다.
- ④ 소규모 작업으로도 소형 건설기계나 자재를 운반할 수 있는 공종을 채택한다.

4.2. 사례

(1) 활용 가능한 공종

도시 산록지역의 사방사업에 일반적으로 활용될 수 있는 공종은 표 1과 같다. 지금까지는 주로 산복기초공사, 산복녹화공사 및 계간공사가 시행되었지만, 앞으로는 사면보강공사 및 산록공사의 구체적인 공법들을 적극적으로 활용하여야 한다. 특히, 산록공사에 주로 활용할 수 있는 완충수림대와

| 기획특집 |

유사지는 유효한 방안이므로 이를 유효하게 활용하여야 할 것이다.

표 1. 도시 산록지역에 일반적으로 활용될 수 있는 공종

구분	구체적인 공법
산복기초공사	비탈다듬기, 단끊기, 땅속흙막이, 산복흙막이, 돌쌓기, 누구막이, 산복수로, 속도랑배수구 등
산복녹화공사	녹화기초공사(산복바자엮기, 산복울짱엮기, 단쌓기, 선떼붙이기, 줄떼공, 평떼붙이기, 새심기, 조공, 비탈덧기), 식생공사(씨뿌리기, 나무심기), 식생관리 등
계간공사	횡공작물(골막이, 사방댐, 바닥막이), 종공작물(기슭막이, 수제), 복합공작물(계간수로, 모래막이) 등
사면보강공사	비탈면보호공, 옹벽공, 앵커공, 말뚝박기, 지표수 배수공, 지하수 배수공 등
산록공사	완충수림대(보강공, 옹벽공, 수림대 등), 유사지(유도둑, 유목포착공, 수림대 등)

(2) 완충수림대 설치

완충수림대는 가능하면 사방계획구역에 생육하고 있는 수목을 활용하도록 한다. 그러나 새롭게 수목을 도입할 경우, 계획구역 또는 인근 지역의 유사조건에서 생육하고 있는 수종을 참고로 하여 수위변동이나 다소의 토사퇴적에 견딜 수 있는 것으로 선발한다. 수목을 새롭게 도입할 경우의 임분 밀도는 유사지의 유속을 감소시켜 충분한 토사퇴적효과를 얻을 수 있는 밀도를 유지하여야 하지만, ① 유출토사의 포착조건, ② 유출토사의 퇴적포착조건 및 ③ 유목의 포착조건 등을 고려하여 수목의 간격을 비교검토 한 후, ④ 수목의 생육조건에 필요한 최소한도의 간격을 확보하도록 한다.

한편, 산록공사는 그림 3과 같이 옹벽공과 완충수림대를 보강하는 방안을 강구하여야 한다. 즉, 산록부의 각부에 대규모의 옹벽을 설치하는 것보다 산록의 하단에 일정 규모의 완충수림대를 배치하고, 옹벽은 가옥보다 낮게 설치(완충지대가 충분히 확보될 때는 성토만으로 충분)하되, 성토를 하여 보강한 후에 식재하는 방안을 검토한다.



그림 2. 토목적인 방법에 의한 옹벽공(좌)과 완충수림대의 개념도(우)

(3) 유사지와 바닥스크린 도입

유사지는 상류지역에서 실시하는 각종 사방공사에 의해서도 허용유출토사량까지 저감시킬 수 없는 경우에 설치하는 구조물로, 유역의 지형·지질·식생·계상물매·토사의 유출형태 등을 고려하여 설치한다. 즉, ①상류지역으로부터 유출토사량이 많은 경우와 호우 등에 의한 유해토사를 예방하고, ②유로의 일부를 확대시켜 유출토사를 저류하며, ③선상지나 토석류 발생위험지역 등의 토석류 피해를 방지하기 위해 시공한다.

바닥스크린은 판자 형태의 부재를 하상과 평행 또는 수평이 되게 층(層) 구조로 설치하여 유하하는 토석류의 유수와 토석을 분리하고, 토석류를 정지, 퇴적 혹은 거대한 에너지를 저감시키는 공법으로, 공급재료와 유수를 분리시켜 이동능력을 한순간에 저감시킬 수 있다는 점과 물질특성별로 다 단계의 이동통로를 마련할 수 있다는 점이 특징이다. 또한, 좁은 지역에서 시공이 가능하고, 디자인이 간단하며, 시공비용이 저렴할 뿐만 아니라 부재의 교체가 용이하여 사방시설물을 설치하는데 공간적 제약을 받고 있는 도시 산록지역에 유효하다(전근우, 2013).



그림 3. 산록지역의 사방공사에 유효하게 활용될 수 있는 유사지와 바닥스크린의 시공사례

4.3. 천연소재나 현지 발생자재의 활용

자연친화적인 공법에는 돌쌓기 등과 같이 구조물의 자중에 의하여 외력에 저항하는 것과 수목 등과 같은 식물이 갖고 있는 토사역지효과에 기대하는 것이 있다. 양쪽 모두 범용성과 내구성은 콘크리트나 철강 구조물에 비하여 낮고, 적용할 수 있는 범위가 한정적이다. 따라서 천연소재나 현지 발생자재를 활용한 공법을 채택할 때는 설치장소의 조건, 특히 외력을 검토하여야 하고, 필요에 따라서는 보강공법을 도입하여야 한다.

천연소재나 현지 발생자재를 사용하기에 부적당한 장소, 또는 외력을 검토할 때 보강하여야 할 곳은 ①토석류의 유하구간(계상물매 10° 이상), ②사방계획 상 근간이 되는 시설, ③보전대상의 직상

| 기획특집 |


류에 있는 시설, ④시공 후의 유지관리가 곤란한 장소, ⑤전석을 포함한 토사유출량이 많은 구간 등이다.

4.4. 산림의 기능향상 관리방안

산림이 목표로 하는 기능을 발휘하기 위하여 사전에 단계적인 기능향상계획을 책정하고, 그에 근거하여 필요 시간을 두고 완성시키는 것이 중요하다. 또한, 장기간에 걸쳐 관리하여야 하기 때문에 관리용 도로와 작업의 효율성을 높일 수 있는 작업용 인도(폭 1.0~1.5m)를 확보하고, 평상시에는 산책 등에 이용할 수 있도록 배려하면 보다 효율적이다.

산복공사를 실시할 때에는 도입수종에 대하여 그 생육과 이후의 천이가 토사유출 억제효과를 지속적으로 유지할 뿐만 아니라 자연적으로 이루어지도록 확인하여야 한다. 따라서 초기에 도입한 수종의 보육관리뿐만 아니라 대상사면이 주변의 자연사면과 조화될 때까지의 관리방침을 정해 두어야 한다.

표 2. 산복공사 시공지의 실태조사를 통한 산복사면의 정비·유지기간 구분(小山内 등, 2000)

관리·확인항목	(경과년수의 기준)						(년)
	0	10	30	50	100		
	제1기		제2기		제3기		
산복기초공사 등에 의한 표층토의 안정화	시공 → 기능 확인 → (기능 저하·자연사면과의 동화) [보수·유지관리]						
식생 등의 피복에 의한 표면침식 억제	표층토 이동억제 또는 식생 도입	초본 또는 저목 등에 의한 피복	산림 성립, A ₀ 층·하층식생 존재 [간벌 등에 의한 울폐의 완화]				
사면식생의 천이 및 유지	선구수종에 의한 균락의 성립 [보육(보식, 시비 등)]		근계가 발달하는 수종 침입	주변 자연식생 수종 침입 [수종 전환·천이 촉진]	호효림 성립·주변 식생과 조화		
식생기반으로서의 토양의 발달	산복공사 등에 의한 초기기반의 정비		A층 형성	A·B층 발달	식생을 쇠퇴 시키지 않는가? [2차 산복공사 실시]		
표층토의 안정에 기여 하는 근계의 발달	수평근의 발달에 의한 네트 형성			토양 발달에 따른 수직근 성장			

[]는 지장이 확인된 경우의 대응방법

5. 결론

도시 산록지역에서는 산지에서 시작된 산사태 및 토석류가 하류의 주거지역을 통과하는 과정에서 대규모의 피해가 발생하므로, 토지이용도가 높은 좁은 공간에 적용할 수 있는 집약적인 사방시설물이 필요하다. 특히, 도시 산록지역은 보전지역에 접근한 곳에서 유해토사를 처리하여야 하기 때문에 유사지와 토석류 대책용 사방댐을 적극적으로 도입하여 골짜기 출구를 안정시키고, 유로공 구간의 일부를 확대하거나 공원화 하는 방안도 검토되어야 한다. 또한, 산록지역의 산림을 정비하여 완충지대로서의 방재공간을 확보하고, 토사재해위험도 작성, 경계피난체제의 정비 등과 같은 비구조물대책도 마련되어야 한다.

한편, 신흥 주택지의 주민은 살고 있는 토지의 재해이력을 모르고, 편리성 및 쾌적성을 우선시하며, 이웃과의 연계의식이 희박하므로 계몽활동이나 교육을 통하여 방재의식 향상시키고(자조; 自助), 구조물 및 비구조물대책에 의하여 주민에게 안심감을 제공하며(공조; 公助), 피난 시 등에 재해약자를 배려(공조; 共助)하는 체제를 마련하여야 할 것이다(Kimura, 2012).

[사사]

이 원고는 산림청에서 지원하는 2012년도 산림과학기술개발사업 기획연구과제(연구과제번호 : S111214L050110)에 의하여 작성하였다.

[참고문헌]

- 전근우, 2012. 도시산록 그린벨트지역의 정비공사에 관한 소고(小考). 산지환경 15 : 64-71.
- 전근우, 2013. 도시사방의 개념 정리 및 바닥스크린 개발. 도시사방연구회 심포지엄 자료집 : 145-168.
- Kimura, Masahiro, 2012. Sabo Works in Urban Areas. Proceeding of current status and future issues of urban erosion control works : 87-107.
- 小山内信智·南哲行·竹崎伸司·大手桂二·堀内成郎·吉田延雄, 2000. 砂防事業としての山腹斜面の整備・管理のあり方に關する一考察. 砂防學會誌 52(5) : 30-40.