

터널 건설과 식생환경 복원



고정현
일송환경복원
부장



정재형
한국건설기술연구원
지반연구부 선임연구원



배규진
한국건설기술연구원
지하구조물연구실 연구위원

1. 서론

1990년대 이후 국가적인 교통수요 및 교통량의 급격한 증가로 인해, 현행 국가교통망 체계의 대국민 수요 충족은 이미 그 한계를 초과한 지 오래이다. 이러한 이유로 정부에서는 국가기간교통망의 확충 및 다양한 종류의 교통수요 해결, 여객 및 물류 수송 소요 경비의 대폭 단축을 위해 국가 최상위 단계에서의 각종 교통계획을 수립, 신규 도로 및 철도노선 선정과 연차별 건설사업 추진계획을 실시하고 있으며 기존 도로 및 철도의 노폭 확장 및 복선화, 선형 개량 등도 동시에 추진하고 있다.

도로 및 철도의 건설사업은 물류 수송 시간의 단축 및 운행 속도 증가를 목적으로 노선 자체를 가급적 직선화하는 경향이 뚜렷이 나타나고 있어서, 산악 지형이 많은 우리나라의 여건상, 건설계획 노선 중 여러 곳에서 산능선을 통과하는 구간을 접하게 되는 것이 일반적이다.

건설사업자의 입장에서 공사비 절감 차원에서 능선의 대규모 절토 및 발생 비탈면의 안정화를 병행하는 공법으로 진행시키는 것이 과거의 사례라고 한다면, 최근에는 공사비용은 추가되지만 우리나라 국민의 향상된 환경의

식을 반영하여 터널 또는 교량 등의 구조물을 건설함으로써 대규모 절토로 인하여 발생하는 생명체의 서식지 분단의 자연환경의 파괴를 최소화 할 수 있는 친환경적 건설을 수행하려 하는 시도가 증가하고 있다.

국토의 65%이상이 산악지대인 국내 지형특성상, 도로의 선형확보와 환경훼손 방지를 위해서는 터널계획이 불가피하며, 이러한 건설 환경으로 인하여 1개소의 도로 및 철도노선 1km당 공사시 터널과 교량 점유 비율은 약 23~43% 정도를 차지하고 있고 길이 1km이상 장대터널의 설치비율도 크게 증가하고 있는 추세이다.

특히 80년대 중반이후에는 터널 신기술 도입과 기술개발이 활발하게 이루어져 대부분의 도로계획에서 터널이 설치되기에 이르렀다. 국내 고속도로에서 시공된 초기의 터널들은 1980년대 이전 약 20여 개의 터널들이 있었으나 최근에는 170개 이상의 도로터널이 건설·운영되고 있으며, 도로연장에 대한 터널연장의 비율도 70년대 0.5% 이하에서 2001년 2.8%로 점점 증가하는 추세에 있다.

이와 같이 터널공사가 급증한 이유는 세가지로 요약할 수 있는데 첫 번째는 고속도로 주행중의 쾌적성·안정성과 관련된 선형확보이고, 두 번째는 산악지 대절토부를

최소화하여 환경훼손을 방지하려는 노력이 고속도로 계획에 반영된 결과이고, 세 번째는 터널시공기술의 발전에 있다.

선형측면에서는 고속도로가 일반도로와 차별되는 기능성과 안정성, 쾌적성을 확보하기 위해서는 설계속도를 유지하여야 하는데 우리나라의 산악부가 많다는 지형적 조건을 극복하기 위해서는 터널건설이 필수적이라 하겠다. 환경적인 측면에서는 도로의 정책입안시 환경보호방안이 최우선적으로 반영된 결과이며, 터널시공 기술측면에서 80년대까지만 해도 인력굴착에 의존하는 등 후진적 기술 범주에서 벗어나지 못했으나 90년대 이후 터널의 장대화와 터널공사 급증에 따라 기술개발이 증가하였다.

2. 터널건설에 따른 환경영향

다른 건설공사와 마찬가지로 터널 역시 굴착 공사 중 또는 차량 운영 중에 주변 환경에 미치는 영향이 소규모로 가시화되기도 한다. 계곡수 또는 우물의 고갈, 소음 및 진동에 의한 축사의 피해 등 자연생태계 변화와 민원발생으로 터널건설의 중단 또는 공기연장으로 많은 피해가 발생하였다. 특히 2000년 이후, 대형 도로 및 철도건설사업 중 장대터널 굴착이 계획된 4개사업(사패산 터널, 원효터널, 계룡산터널, 관악산터널 구간) 등의 사례와 같이 터널 굴착에 따른 환경문제로 인해 많은 사회적 손실이 발생하였던 것이 우리나라의 현실이다.

터널이 지하에 건설되고 대규모의 건설 프로젝트이기 때문에 건설전, 중, 후에 있어서 다양한 형태의 환경 영향이 발생할 수 있는 부분이 존재하고 있으며, 그것의 종류는 다음과 같은 것들이 있다.

- 터널 굴착시 과도한 지하수 유출로 인한 지하수위 고갈 및 지반 침하
- 터널 굴착 구간 내에 폐갱 존재로 인한 지반 불안정성 발생
- 터널 내 대기질 환경기준의 미설정 및 환기로 인한 외부 영향

- 터널 내 고속주행에 따른 소음, 진동 영향
- 터널 건설에 따른 상부 식생 영향 등

상기와 같은 환경적 영향의 우려로 인하여 우리나라에서는 도로개설시 국도, 고속국도의 건설을 환경영향평가 대상사업으로 지정하여 노선계획 단계에서부터 환경영향에 대해 환경부와의 협의를 거치도록 규정되어 있다. 현재, 국내에서는 사전환경영향 협의 또는 환경영향평가에서 표2.1과 같이 절토부에 대해 보완이 빈번하게 요구되고 있으나, 위에서 언급한 사항에 대한 사회적, 기술적 관심이 증가하고 있으므로 선진 건설 강국으로 도약하기 위해서는 위의 사항에 대한 대응기법 개발이 필요할 것으로 판단된다.

본 글에서는 터널의 건설과 식생 생태환경의 연관성 측면에서 터널건설시 발생하는 환경영향과 그 영향을 복원하는 식생 생태복원에 대한 기본적인 사항을 기술하려 한다.

3. 터널건설에 따른 식생 생태계 환경영향

터널 건설 때문에 발생되었다고 추정되는 식생생태계 관련 피해를 정량화하고 그 원인을 규명하는 것은 대단히 어려운 일이다. 식생생태계의 환경영향 피해는 복잡한 원인에 의하여 발생되며, 예를 들어 그림 1에서와 같이 식생 생태계에 영향을 주는 인자를 도출해 보면, 건설공사와 직접적인 연관성을 맺기 어려운 부분 또한 많이 포함하고 있음을 알 수 있다.

생태계를 유지하고 있는 시스템은 계속 변화하고 있으며 이러한 변화는 인위적인 환경변화를 주지 않더라도 진행되고 있으며, 기후 변화나 산성비, 황사등의 자연환경의 변화 또한 생태계의 변화를 가속시킨다. 동일한 환경 변화에서도 환경변화에 강한 생태시스템은 영향을 적게 받지만 그렇지 않은 시스템은 쉽게 환경영향이 가시화되기도 한다.

표 1. 환경영향평가시 주요 보완요청내용(사례)

평가항목	보완요청내용(사례)	비고
지형·지질	<ul style="list-style-type: none"> 본 사업노선 계획안은 노선전체를 볼 때 터널을 수 개소 계획하여 전반적으로 지형훼손을 최소화한 것으로 판단되지만, 여전히 부분적으로 지형훼손이 과다하게 발생(최대 절토고 40m 이상 두 곳, 35m 이상 한 곳)하는 구간도 존재하므로 지형훼손이 과다한 구간은 다음을 참조하여 지형훼손을 줄일 수 있는 방안을 검토하여 사업계획에 반영하여야 함. ※ 현재 지형훼손이 발생하는 구간중 절토고 30m 이상, 절토사면고 30m 이상 발생하는 구간은 지형훼손이 과다하므로, 기존 이상으로 지형훼손이 발생할 경우에는 불가피한 사유가 명확히 제시되어야 함. 	
동·식물상	<ul style="list-style-type: none"> 서식지 단절의 저감방안으로 터널(반포, 온천)을 계획하고 있는 바, 터널과 녹지자연도의 상관관계를 표시하여 도면에 제시(DGN 7등급지역에 터널이 설치되어 있는가를 알고자 함) 사업구간은 계룡산 국립공원을 관통하는 도로이므로 사업구간내 녹지자연도 7등급지역에 동물이동통로 설치를 고려하고 이의 구체적인 계획은 세부 제시 	두마~반포
	<ul style="list-style-type: none"> 사업부지에는 환경부에서 조사한 녹지자연도 8등급 지역이 일부 포함되어 있는 것으로 판단되나, 입산이 양호한 8등급의 지역은 가급적 훼손하지 않는 방안을 강구하기 바람. 	조안~담내
위락·경관	<ul style="list-style-type: none"> 다음과 같은 구간은 최대절토고가 50m 이상 발생하는 구간임에도 터널설치가 불가능하다고 하고 있으나 이를 설명하는 구체적인 도면 또는 자료가 제시되지 않고 있는 바, 상기 사유를 제시된 158쪽의 검토내용에 대하여도 설명할 수 있는 자료를 작성 제시 <p>(1공구)</p> <ul style="list-style-type: none"> STA.1+100~1+400 : 최대절토고 53.05m, 연장 300m STA.2+175~2+560 : 최대절토고 52.55m, 연장 385m <p>(2공구)</p> <ul style="list-style-type: none"> STA.3+400~4+300 : 최대절토고 52.33m, 연장 900m <ul style="list-style-type: none"> 상기 의견을 참고하여 절토구간의 터널화를 검토하고 해당 구간의 현황사진과 함께 절토시 및 터널설치시의 경관변화를 비교할 수 있도록 사진중첩법(또는 컴퓨터시뮬레이션 자료) 등을 작성하여 제시 	광주우회 고속도로
	<ul style="list-style-type: none"> 본 계획노선중 20m 이상의 절토와 10m 이상의 성토 사면이 발생할 경우 경관상 부조화가 예상되는 사면(특히, STA.2+385~2+500, STA.3+060~3+200 지점)을 도면에 표시하되, 인구가 밀집한 마을에서 조망할 때 현저한 경관상의 변화가 예상되는 사면에 대해 사면발생을 최소화하는 방안(노선조정, 노선계획조정, 터널화, 교량화 등) 및 경관복구계획을 수립 제시 	삼천포~사천
	<ul style="list-style-type: none"> 본 계획노선에서 40m 이상 대절토가 발생하는 지점과 구간을 도표로 제시하고, 이러한 대절토 구간의 형태와 규모를 예측하기에 적절한 조망점을 선정하여 사업시행 전·후의 경관변화 시뮬레이션을 실시하고 그 결과를 제시 대절토부에 대해서는 동물이동통로를 확보할 수 있고 산림식생 등에 영향을 최소화 할 수 있는 터널 및 터널Box화 방안을 검토 강구하여 제시(특히, 최대절토고가 약 53.9m에 달하는 STA.25+460~25+660구간) 	청주~상주 고속도로
총괄	<ul style="list-style-type: none"> 능선이 대규모로 절개되거나 절토고가 30m 이상 발생하는 구간 등은 생태계 단절은 물론 자연경관훼손 등 생태계에 많은 영향을 미칠 우려가 있으므로 원칙적으로 터널을 설치하거나 노선을 조정하는 등 영향을 최소화할 수 있는 적극적인 저감대책을 수립하여 제시되어야 할 것임. 환경은 경제적 금전적으로 비교할 수 없는 가치를 가지고 있음. 단순히 공사비용이 증가한다고 하여 환경적 측면을 무시하고 자연경관을 훼손하는 것은 타당치 않음. 따라서 과다절토구간에 대하여는 터널설치 등 적극적인 자연환경보전방안을 강구하여야 함. 	부산~울산 고속도로



그림 1. 식생생태계 환경영향 발생 인자

생태계관련 문제는 발생요인이 매우 다양하여 지반침하나 지하수압 상승에 따른 구조물 피해등과 다르게 식생환경 영향은 그 원인을 규명하는 것이 쉽지 않다.

4. 식생 생태계의 환경복원

터널 건설로 피해가 추정되는 식생생태계의 원인을 규명하는 것과는 별개로 식생생태계를 복원하는 것 또한 중요한 부분이다.

일반적으로 생태계를 정의하면, 일정한 지역의 생물공동체와 이들의 생명유지의 환경이 균형과 조화를 이루는 기능적 체계를 말한다. 즉, 생명체 각 개체가 개체군 또는 군집을 이루고 무기물적 환경과 상호작용을 하여야 생태계로 인정할 수 있다.

이러한 식생 생태계의 환경영향이 인정되려면, 일정한 지역에서 생태계의 시스템이 정상적으로 작동되지 않는 상황이 발생하여야 하며, 그 피해가 명확하게 입증되어야 한다. 일반적으로 발생하는 터널 건설에 따른 인접 과수원의 피해등은 엄밀히 말해서 식생 생태계의 환경영향으로 보기는 어려우나 식생 생태계가 변화할 정도의 환경 변화는 작물의 생육환경에 대부분 영향을 주게 되므로 피해가 동시에 발생할 수 있는 개연성이 충분히 있어 연구의 가치가 있다.

이러한 피해상황에 대하여 복원 및 복구 계획이 수립될 수 있으며 대책이 마련될 수 있다. 생태계 복원의 대상은 각종 개발사업과 같은 인간의 영향으로 황폐화된 지역을 대상으로 하며, 그 대상과 범위가 매우 넓다. 보호 가치가 있는 식생 생태계의 서식지 보존이나 식생 군락의 변화로 자생종의 서식지 복구등이 주요한 이슈가 된다.

앞 장에서 소개한 것과 같이 터널 건설시 발생하는 식생 생태계 문제는 그 원인과 현상이

실제로, 터널건설 현장 주변에서 터널 건설공사로 인한 지하수 환경 변화에 의한 과수원의 피해를 호소하는 사례가 있으나 터널공사와의 인과관계를 합리적으로 규명하기 어려워 이해 당사자간의 불필요한 마찰을 유발시키는 경우가 종종 있다.

터널건설에 의해 발생하는 지하수 환경변화가 식생 환경영향을 발생시키는 메커니즘을 그림 2에서 정리하였다. 이러한 지하수 변화는 인접구조물에 영향을 주는것과 동시에 지상의 식생생태계의 영향을 발생시킬 개연성을 충분히 포함하고 있으며, 일반인의 상식에서 판단하여도 인과관계가 명확해 보인다. 그러나, 앞에서 설명하였듯이

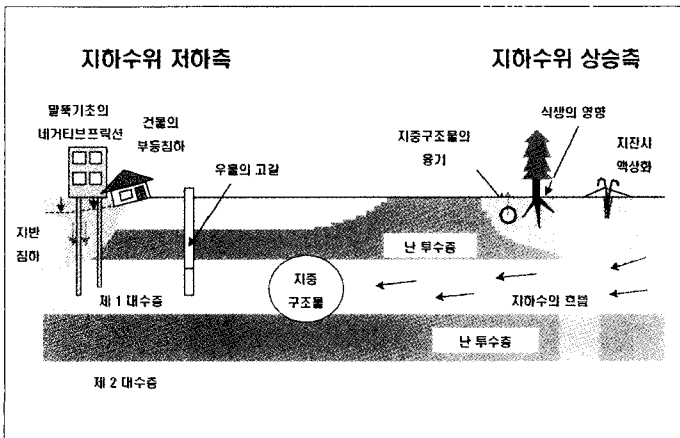


그림 2. 터널 건설과 지하수 환경 변화

복잡하여 그 대상을 구분하기 어려워 개략적으로 생태계 복원의 목표를 그림 3과 표 2와 같이 정리하였다. 국내에서는 건설공사와 관련된 대부분의 식생프로젝트는 발생된 피해를 복구시키는데 주된 목적을 가지고 좁은의미의 조경사업에 치중하는 경향이 있다.

원론적으로 설명하면, 생태계 복원은 터널 건설등 개발의 영향을 변화 이전의 단계로 돌려놓는 것으로 의미하지만, 훼손된 생태계를 어느 정도 수준까지 회복시키는데에 따라서 용어를 구분하여 사용한다. 생태계 복원(Restoration), 생태계 복구(Rehabilitation), 생태계 개선(Reclamation), 생태계 대체(Replacement) 및 생태계 개조(Remediation) 등의 용어를 사용하며 그 의미는 일반적으로 다음과 같이 나눈다.

생태계 복원은 훼손되기 이전의 상태로 돌리기 위하여

자생 관속식물종 (약 2500여종)
보호대상 식물종 (150종 ~ 400여종)
법적보호종 (64종) 환경부

그림 3. 환경 보호 수종 (예)

표 2. 터널 건설시 예상되는 식생생태계의 영향

터널건설에 따른 식생 생태계 영향 범위	
자연삼림	보호 삼림 구역 보존 희귀 보호 식생 보존
작물	농작물 과수등 유실수 인삼등 특용작물
자연보호대상	천연늪지 특정 식생 등
인공훼손지의 식생 및 경관	터널 갱구부 사면

고유종과 구조를 재도입하는 방법으로서, 원래의 상태로 되돌리는 것을 의미하며, 훼손 이전의 상태로 돌아가서 건강하고 활발한 상태를 유지하는 것을 의미한다.

생태계 복구는 훼손이전으로 완전히 돌리기 어려운 상태에서 자연상태와 유사하게 전환하는 것을 목적으로 하는 것을 의미하며, 복원의 개념과 유사하지만 본래상태를 완전하게 되돌리는 것을 의미하지 않는다. 복구의 개념에는 고유한 생태계가 회복되지 않을 수도 있으며, 외래종이 있을 수도 있는 상태를 조성하는 것을 목표로한다.

훼손된 식생 생태계를 복원하는데 있어 중요한 부분이 원래의 토양 특성을 복원하고 지하수 환경을 복구시키는 것이 매우 중요한 요인이 된다. 그림 4는 이상적인 표토 즉 토양의 단면도를 나타내고 있다. 일반적으로 국내에서는 인공토양을 사용하여 식생 환경복원에 활용하고 있으나, 친환경성을 고려하여 현지 발생토를 활용하는 기법등이 해외에서는 연구개발 및 적용되고 있다.

국내에서는 터널건설에 따른 식생생태계의 피해를 복원하였던 사례는 보고되지 않았으며, 터널건설시 발생되는 갱부부 사면의 식생복원 및 녹화 부분이 가장 활발하게 적용되고 있다. 대부분 터널 건설에 따라 훼손된 사면에 적용되고 있으나, 최근 국토해양부에서 “비탈면 녹화 복원 지침”을 발표하고 체계적으로 시공법을 정리하며 그림 5와 같이 전국의 환경녹화구분도를 제시하므로써, 식생 복구의 기초가 되는 사회적 합의를 도출한 상태이다. 이 지침은 비탈면 녹화복원을 위한 것이지만, 대부분 식생환경 복원에 참고로 활용될수 있어 식생 복원의 기초적인 환경은 정비되었다고 볼 수 있다.

본 글에서는 국내에서 잘 정비되어 있는 비탈면의 식생 복원 및 녹화 기법을 간략히 소개하여, 아직 정립되어 있지 않는 식생환경 복원의 기법들을 간접적으로 파악할 수 있는 기회를 마련하였다.

5. 생태환경복원녹화 개념

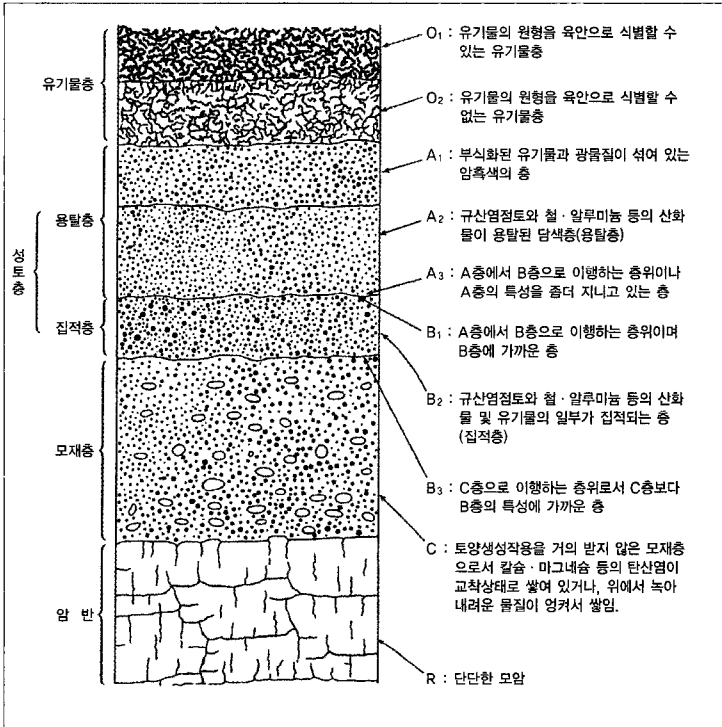


그림 4. 토양 단면과 역할

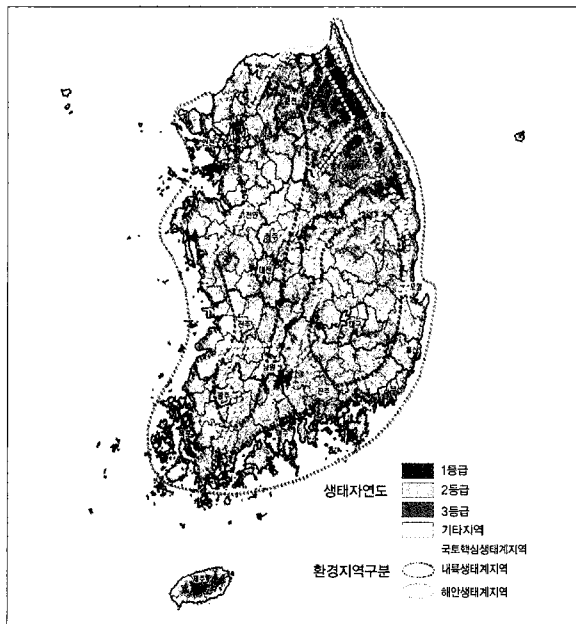


그림 5. 환경녹화지역의 구분도
(국토해양부 비탈면 녹화복원 지침중에서)

기본적으로, 식생환경 복원 및 녹화방법 (이하 생태환경복원녹화)은 각종 개발공사에 의해 파괴된 곳에 나무를 심는것(植林)을 대신하여 녹화기초공과 식생공의 조합에 의해 식물을 도입하여 조기에 자연 본래의 녹을 복원, 보정, 관리하는 기법이다.

녹화공의 기술체계는 ① 녹화기초공 : 녹화하기 전의 원지반의 정비 등, 도입식물이 지속적으로 건강하게 생육할 수 있도록 식생기반 환경을 조성하는 공법(예: 철망, 천연섬유NET 및 매트류, 자연석, 격자블럭류, 힘줄박기, 편책, 각종사방공법), ② 식생공 : 식물을 도입하는 공법으로 파종공(기계시공법으로 종자살포공과 객토종자취부공, 후층기재취부공이 있음)과 식재공(수목식재, 잔디식재, 초본(야생화류)식재, 식생반공, 식생자루, 식생형공, 새집공), 식생유도공(잠재종자활용 및 주변식생종자의 자연침투를 촉진하는 공법, 매트종자 도입 등), ③ 식생관리공 : 녹화 복원목표에 확실히 근접시키기 위해 유지관리 및 보호하는 공법 등의 3단계로 나눌 수 있다.

앞에서 설명한 것과 같은 엄밀한 의미의 식생생태계 복원은 매우 복잡하고, 많은 비용이 소요되며 시간이 오래 걸리기 때문에 단순히 몇 가지의 지표만으로 복원공의 품질을 평가하기는 곤란하다. 일반적으로는 식생피복도 측정, 출현종 조사를 실시하지만, 조사시점에서의 녹화현상에 대한 단편적인 평가가 될 수밖에 없다. 따라서 초기단계에서의 현상 조사와 함께 식생기반의 안정성, 천이에 의한 식생변화 및 수림화 과정을 중장기적으로 평가 및 예측하여 식생환경복원을 수행하는 것이 바람직하다.

생태환경복원녹화는 원하는 식물군락을 복원하는 기본 작업으로서 식물이 발아, 생육하는데 적합한 생육환경을 지속적으로 효과적으로 조성하는 기술을 말하며, 이는 전혀 새로운 식물사회를 조성하는 것이 아니라 자연의 회복

력을 기대하고, 생태적 천이와 부합되는 자연 회복을 위해 인위적인 도움을 줄 수 있도록 시도하고 있다. 생태환경복원녹화의 목적을 달성하기 위해서는 식물군락이 갖는 환경복원 잠재력을 살릴 수 있도록 하고 다음과 같은 사항에 중점을 둔다. 그림 6과 7은 식생천이계열로 표현한 생태환경복원녹화를 보여주고 있다.

- ① 자연의 회복력을 유도한다.
- ② 식물종의 활발한 유입으로 자연천이를 촉진시킨다.
- ③ 종자로부터 자연의 군락을 재생·참조한다.
- ④ 자연에 가까운 방법으로 군락을 재생한다.
- ⑤ 가급적 다양하고 풍부한 종을 사용한다.

생태환경복원녹화에서는 가급적 다양하고 풍부한 종을 사용하여야 한다. 토질적 요인, 입지적 요인, 환경적 요인, 생물적 요인, 토양 수분의 분포 등 다양한 요인이 작용하기 때문에 많은 종의 종자를 도입하여 주어진 조건에서 가장 잘 적응하는 식물로 훼손지가 복원되도록 유도함으로써 1차적으로는 발생된 위해성을 저감시키며 2차적으로는 훼손되기 이전의 자연생태환경으로 복원될 수 있도록 생태기반이 안정화되도록 하여야 한다. 그러나 다른 식물의 생육을 방해하거나 지나치게 독점하는 식물은 사용하지 않도록 한다.

그리고 종의 선택에 있어서는 기존의 식물군락 및 주위의 식생을 고려하여 종을 선택함으로써 기후 및 환경변화에 대한 적응성을 높임과 동시에 자연적으로 주변 식물군락과 조화될 수 있는 식생천이를 유도할 수 있도록 하여야 한다. 자연친화적인 녹화복원기술의 궁극적인 목적은 훼손되기 이전의 자연 생태계로 복원하는 것이기 때문에 수목이 울창했던 산림을 훼손하였을 때에는 반드시 산림으로 복원하여야 한다. 때문에 복원시에는 비용은 많이 들지만 목본의 사용을 적극적으로 권장하고 있다.

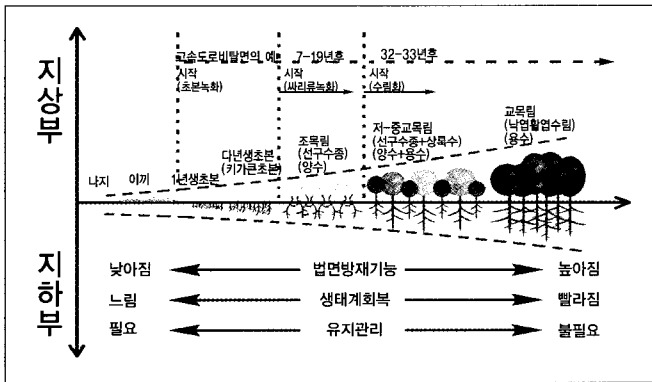


그림 6. 식생천이계열로 본 녹화공의 위치도

6. 비탈면 녹화기술의 개요

우리나라의 녹화기술은 산악지형 많은 국토의 상황에서 “사면의 침식방지를 주된 목표로 하는 녹화”에서 “주변 자연환경과 유사한 식생을 복원시키는 자연회복녹화”로 기술이 발전되었으며, 최근에는 지형복원의 의미는 축소되고 도입식물을 외래 목초류 보다는 자생 식물 초본 및 자생 식물 목본의 이용으로 선진화되고 있다. 표 3은 최근 국내에서 활발하게 개발된 정착 유도형 녹화기법을 정리하였다.

그리고, 최근 국내에서는 생육 기반재를 ‘폐자원을 재활용’ 하는 측면에서 건설 현장에서 발생

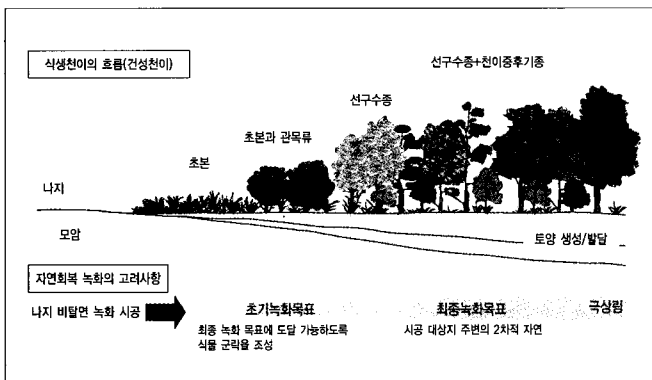


그림 7. 식생천이의 흐름도

표 3. 정착유도형 국내 건설신기술 현황

공법(업체명)	개 요	장·단 점	적용토질	비고
원지반식생 정착공 ¹⁾ (CODRA)	• 고분자 수지와 생육 기반재 혼합취부, 식물성 화이버의 결합으로 그물망구조를 형성	• 활발한 식생천이 • 영구적인 식생 • 경암적응성 낮음	흙쌓기토사 ~ 다질리연경암	특히 건설신기술
CO-MAT공법	• 부차망 설치후 배합토 • (금비토) 건식취부	• 암반녹화가능 • 식생천이 불량	흙쌓기토사 ~ 발파암	특히 건설신기술
법면녹화 배토습식공법 (ASANA)	• 철망과 앵커로 지반 안정 후 배토조성물로 습식취부	• 보비 보습력 우수 • 식생천이 불량	흙쌓기토사 ~ 발파암	건설신기술
Hi-그린녹화공법	• 혼합토를 액상으로 습식취부하여 단립구조 형성	• 식생천이 용이 • 영구적인 식생	흙쌓기토사 ~ 발파암	특히 건설신기술
자생식물녹화공법	• 초화류를 이용한 환경시면 녹화기술	• 암반녹화가능 • 식생천이 불량	흙쌓기토사 ~ 발파암	특히 건설신기술

주: 1)단섬유와 장섬유를 활용하여 생육보조재와 부엽토, 질석, 고분자수지 등을 종자와 함께 1~2cm로 얇게 뿜어 부쳐 직접 정착 유도하는 공법

하는 표토와 폐목재로 재활용하고, 도입 식물에 있어서 '자생 목본류에 의한 조기 수림화'를 목표로 자생 목본류의 종자를 발아 촉진 처리하여 뿜어 붙이는 기술이 개발 및 적용되고 있다.

이러한 공법은 사질토 및 건설현장 발생토와 연속장섬유를 제트수와 함께 분사, 혼합시켜 인장 저항력 등에 의해 사질토의 전단강도를 증가시키는 보강토의 개념을 포함하고 있으며, 연속장섬유를 활용하여 생육기반을 조성하고, 비탈면내부에 저항체(예, 지오화이버)를 매립하므로써 구조적 안정화를 촉진하는 구조로 되어 있다. 이



그림 8. 연속장섬유 보강토공의 축조 시공

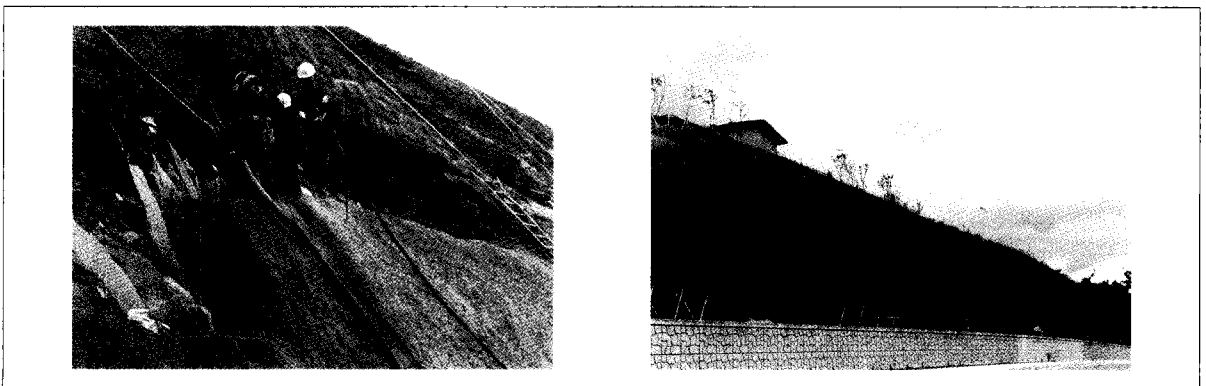


그림 9. 연속장섬유 보강토공의 적용사례 (좌: 시공중, 우: 시공후 5개월)

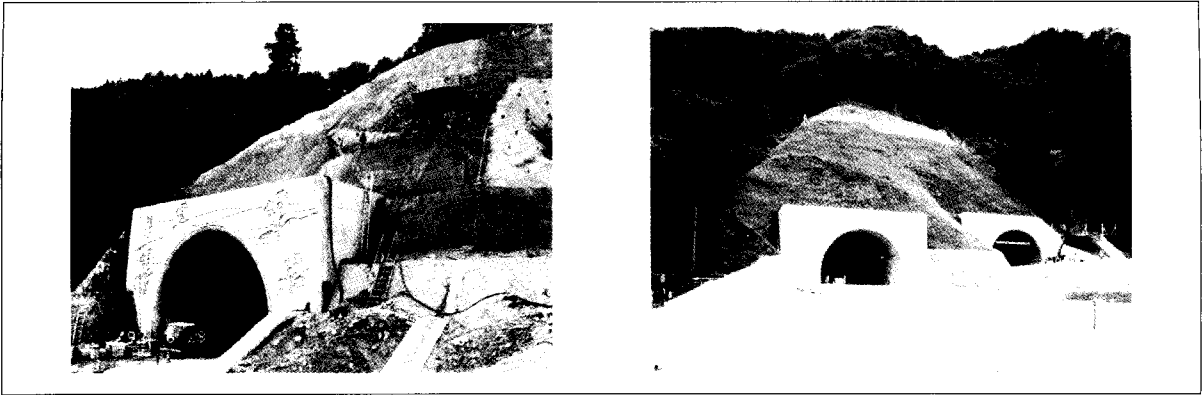


그림 10. 고속도로 터널 강구부에서 연속장섬유 보강토공의 적용사례
(좌: 시공중, 우: 시공후 3개월)

한 공법에서는 목본식물의 유효토심 확보와 안정된 생육 기반의 형성되어 조기 수림화가 가능하며, 목본류의 근계가 충실하게 발달되도록 최소 20cm 이상의 유효토심이 확보된다.

초본위주의 녹화는 근계가 비탈면의 경사에 따라 생장하며 비탈면이 급할수록 근계층이 얇아지기 때문에 토양층을 고정하는 기능이 저하되어 표토붕괴에 대한 저항이 거의 없는 반면, 목본식물은 주근계가 비탈면 경사에 수직으로 생장하여 표층붕괴 방지 기능이 매우 크다. 따라서 목본은 사용은 필수적으로 권장되는 사항이다.

7. 결론

우리나라는 국토의 대부분이 산악지형으로서 터널로 교통시설을 설계를 하지 않으면 물류비가 증가하고 산허리에서 대규모 절토가 발행하여 경관 및 서식지 분단 등의 환경파괴는 터널로 했을 때보다 더욱 심각할 수 있다. “터널이 환경을 파괴한다”라고 일부 환경단체들은 주장이 있지만, 합리적인 환경영향 대책공법을 적용하고, 충분한 환경영향평가를 수행하여 시공한다면 대부분의 터널이 친환경적이라는 판단을 얻을 것으로 생각된다.

그러나 터널은 지중에 건설되므로, 식생생태계에 영향

을 줄 수 있는 개연성이 있으며, 충분한 주의를 하지 않는 경우에는 극소수이지만 환경훼손 문제로 홍역을 치른 사례도 있어 이에대한 대책과 해결을 위한 사회적 합의가 요구되기도 한다.

터널 건설에 따른 식생 생태계 환경 복원을 위해서는 복구 및 복원 목표에 대한 사회적 합의 도출이 선행되어야 한다. 터널 건설에 따른 식생환경 복원을 위한 직접적인 자료가 아니어서 부족한 부분이 많이 있지만, 최근 국토해양부에서 “비탈면 녹화복원 지침”을 발표함으로써 이에 대한 기초적인 작업은 어느 정도 완성되어 있다고 할 수 있다.

생태복원이라는 중차역으로 가기 위해서는 기계를 만들 때와 같은 공학적인 생각으로 접근하는 것이 아니라 자연의 형성과정을 이해하고 개발사업 때문에 필연적으로 발생하는 훼손된 자연이 그 본래의 치유력으로 천이해 가는 과정에 약간의 도움을 준다는 상황인식을 통하여 식생환경 복원을 수행하는 것이 무엇보다 중요하다.

시간과 경비를 절감하기 위하여 자연환경 훼손한 후에 외래목초에 의지하며 급속녹화하는 방식을 탈피하고 자생종 및 환경보호종을 보존할 수 있도록 선진화된 시공문화 확산과 함께 식생환경 복원을 위한 연구개발 및 업계의 인식전환이 필요한 시점에 왔다고 하겠다.