

철도건설시 토목섬유의 활용방안 A Method on the Use of Geosynthetics for Railway Construction

심재범¹⁾ Jae Bum Shim

¹⁾ 한국철도대학 시설토목과 교수, Professor, Dept. of Civil Eng., KNRC.

SYNOPSIS : Geosynthetics have been used for developed Countries and especially German Railways earthworks from the outset and have proved successful in both technical and economic terms. On going developed is being undertaken with a view to further improving results. The main areas of application are filtering, filtering/separation, reinforcement, sealing and protection.(e.g. against erosion or UV - radiation)

Examples of such applications as implemented in practise are described and illustrated in the article.

Since the use of Geosynthetics in railway industry is increasing all around the World, the study on the use of Geosynthetics for Railway Construction which is economical and easily done, is inevitably required in this country.

KEYWORDS : the use of geosynthetics for railway roadbed and tunnel construction

1. 서 론

철도분야에서의 토목섬유 이용은 1976년 Martinek, Raab에 의해 새로운 건설재료로서의 토목섬유 필터가 처음으로 소개되었으며, 그 다음해인 1977년 파리에서 개최된 제 1회 국제토목섬유학회에서 독일 뮌헨공대의 Eisenmann교수가 철도상부구조에서의 부직포 필터의 사용에 관한 연구결과를 발표하였다. 그 이후 이 분야에 관한 활발한 연구결과에 힘입어 1980년대 중반에는 토목섬유가 철도분야에서 필터, 분리 및 배수, 보호기능 등으로 사용되는 것으로 알려지고 필터규칙까지 제안되었다. 그러나, 이와 같은 연구결과는 경험을 축적하는 단계에 불과하여 토목섬유가 필터 및 보호재로서 완전히 정착되는 실용단계에까지는 이르지 못하였다.

1990년대에 들어와서 토목섬유는 우수한 시공성, 경제성 및 환경친화성과 점점 고갈되어 가는 자연 건설재료의 절약적인 면에서 점점 각광을 받게되었다. 또한 그간의 활발한 연구결과를 토대로 토목섬유는 철도의 건설 및 기존 시설의 유지보수시 철도노반 및 철도 터널에 필터, 분리, 배수, 보호, 차수, 침식방지 및 보강기능 등으로 폭넓게 사용되고 있으며, 일부 선진외국에서는 자국에 적합한 지침서와 설계 및 시방기준을 마련하여 사용하고 있다.

그러나, 우리 나라에서는 아직까지 토목섬유 전반에 대한 연구가 매우 미흡하고, 철도분야에서는 “고속철도 흙 구조물 설계표준 시방서 해설(안)”, “고속철도 터널 설계 표준 시방서 해설(안)” 및 “고속철도 방토구조물 설계 표준시방서 해설(안)” 등에서 토목섬유를 필터, 분리, 배수, 보호, 차수 및 보강기능 등으로 사용하는 것을 명시하고 있으나, 이 분야에 대한 연구가 거의 없는 실정이다.

따라서, 본문에서는 독일에서 이미 정립되었거나 또는 개발중인 철도분야에서의 토목섬유 이용에 관한 설계 및 시방기준과 새로운 공법개발에 관한 연구결과 및 시공사례 등을 위주로 하여 철도건설시 토목섬유의 활용방안에 대해 기술하고자 한다. 또한 본문을 더욱 발전시켜 현재 토목섬유기술위원회에서 향후 사업으로 검토중인 “철도건설시 토목섬유의 설계 및 시공요령”에 관한 연구에 참고자료로 활용하고, 이를 토대로 장차 우리 나라에 적합한 “철도건설시 토목섬유의 이용에 관한 설계 및 시방기준”을 마련하고자 한다.

그리고 본문에서 소개된 내용들은 토목섬유의 각 기능에 적합한 특성치들을 개략적으로 소개하였고 또한 우리 나라 실정에 맞지 않는 기준들도 많을 것으로 판단되므로, 직접 현장에 사용하는데에는 향후 좀더 깊고 광범위한 연구가 필요하다고 사료된다.

2. 토목섬유의 기능 및 형태

지반공학분야에서 사용되는 토목섬유는 주로 평면형태로 형성되어 지며, 그림 1에서는 특성에 따른 토목섬유의 형태, 구성 및 구조에 대한 개요를 나타내고 있다. 그리고 토목섬유는 그림 2에서 보여주는 것과 같이 필터, 분리, 보강, 보호 및 차수기능을 갖고 있다.

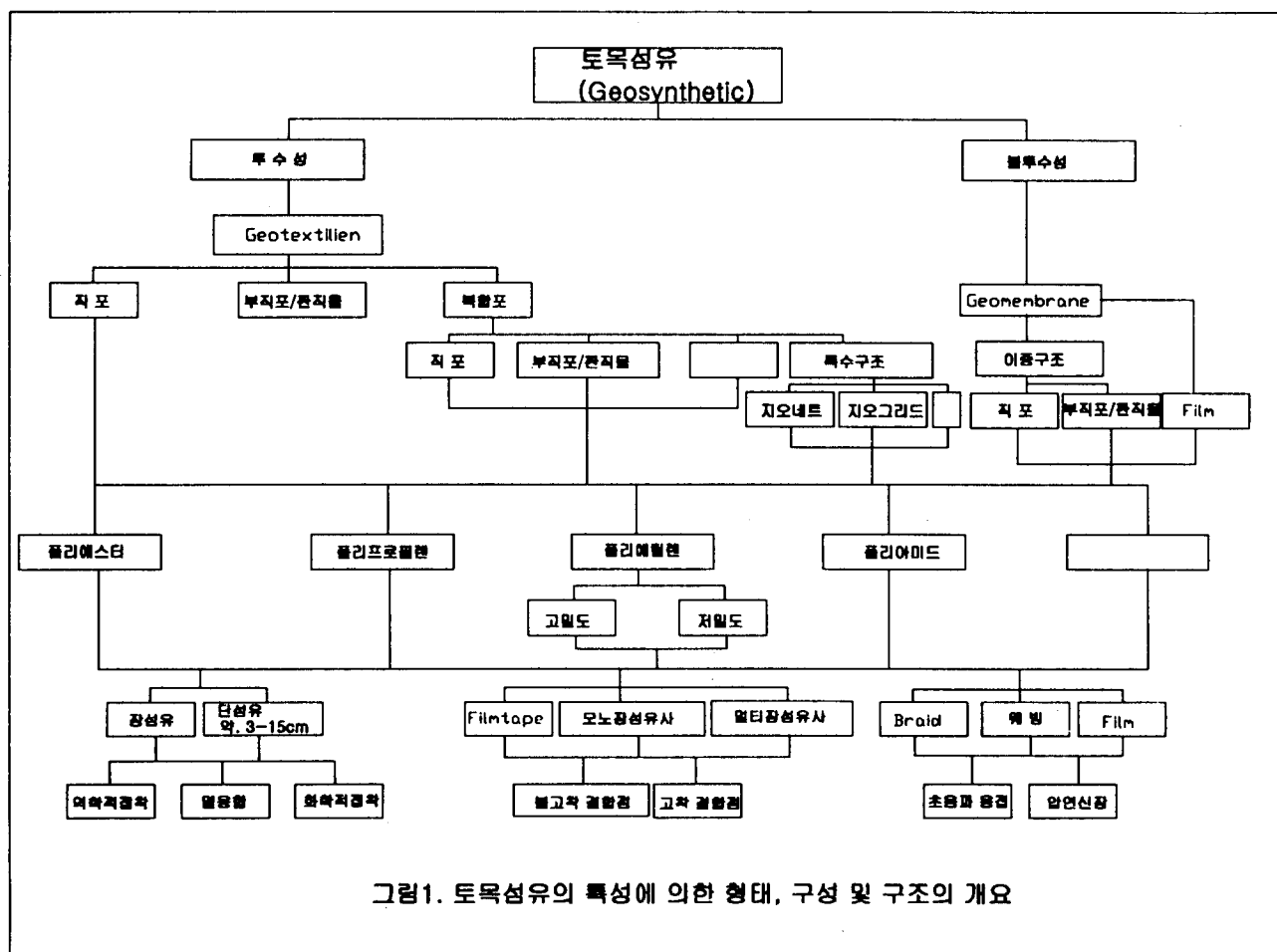


그림1. 토목섬유의 특성에 의한 형태, 구성 및 구조의 개요

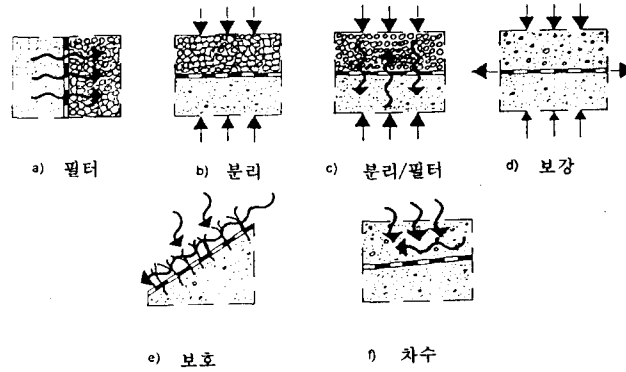


그림 2. 토목섬유의 기능에 대한 도해적 예시

토목섬유는 표 1과 같이 규정된 특성치를 갖고 있으며, 이들 특성치는 표 2에서 보는바와 같이 토목섬유의 적용형태에 따라 현저한 차이가 난다. 예를 들면, 적은 신장율을 갖는 경우의 보강을 위해 사용된 토목섬유는 종방향 및 횡방향으로 가능한 한 균등한 크기의 인장력들을 수용하지 않으면 안 된다. 또한 필터의 기능으로 사용된 직포는 투수성이 있어야 하고, 유효구멍 크기를 갖는 것으로 정의되며 하중에 견디어내야 한다.

표 1. 토목섬유의 특성치

	특 성 치	단 위
1	두께	mm
2	평면중량	g/m^2
3	최대인장력	종방향 kN/m 횡방향 kN/m
4	최대인장력 신률	종방향 % 횡방향 %
5	유효구멍크기 Q_{goi}	mm
6	투수계수	
	섬유평면에 대해 수직 K_v	m/s
	섬유평면의 경우 K_h	m/s
7	간접인장시험	kN
8	마찰계수	
9	내구성	
10	기후에 대한 내구성	

그리고 결과적으로 설치시에는 역학적인 특성에 상응하게 규정된 강성을 나타내어야 한다. 토목섬유의 생산제품으로는 직포(woven geotextile), 부직포(nonwoven geotextile), 지오그리드(geogrids), 복합포(composite geotextile) 및 지오멤브레인(geomembranes) 등을 들 수 있다.

표 2. 토목섬유 - 기술적인 공급조건(TL 918039)에 따른 특성치

1	토목섬유의 기술적인 공급기준 (TL918039)	특 성 치						간 접 인장력 (kN)
		평면중량 (g/m ²)	최 대 인장력 (kN/m)	인장력 신 른 (%)	유효구멍 크 기 (mm)	투수계수 (m/s)		
						kv	kh	
2	3	4	5	6	7		8	
1	필터 및 배수시설 시험하중	100-250			1)			≥1.0
2	노상보호층에서 분리 및 필터 중방향/횡방향 시험하중 2kN/m ² 200kN/m ²	≥300	≥16	≥30 ≤40	1)			≥2
3	지지력이 부족한 노반위의 토구조물에서 분리 및 필터 직포 부직포 시험하중 2kN/m ² 200kN/m ²	≥400 ≥200	≥16 ≥40	≤85 ≤25	1)			≥2.5
4	노상보호층에서의 보강 경우 ≥10kN/m 인장력		≥10	≤20 ≤3		2)		
5	철도터널의 차수에서의 직포 보호층	≥500 700 > 500 1000 > 700	≥5 ≥7 ≥10	≤70			≥1 × 10 ⁻³	≥1.5
6	철도터널의 측구에서의 배수 및 보호층		≥5	≤25	1)		≥1 × 10 ⁻⁴	

주 의 : 1)지역에 따른 필터증명 2) kv - 지반에 포설된 보강재의 값 ≥k - 지반의 값

3. 용어의 정의

3.1 토목 섬유

철도건설시 주로 사용되는 토목섬유는 다음과 같다.

1) 직포(woven geotextile)

일반적으로 이 형태는 방적사나 장섬유사를 사용하여 날줄과 씨줄을 직각으로 교차하여 엮어서 만든 것으로, 기본조직형태에는 평직(plain), 능직(twill), 주자직(satin)등 3가지가 있으며, 이들의 여러가지 조합에 의해 여러 형태의 직포를 만들 수 있다.

2) 부직포(nonwoven geotextile)

이 형태는 장섬유사나 단섬유사들을 일정한 방향 없이 배열을 시켜놓고 평면적으로 함께 결합시킴으로써 형성된다. 부직포를 만드는 방법은 화학적 접착, 열융합(melt bonding), 니들펀칭(needle punching) 및 스팸본딩(spun bonding) 방법중 하나 혹은 조합에 의해 행해진다.

3) 복합포(composite geotextile)

복합포는 2개 이상의 토목섬유를 결합시켜 기능을 복합적으로 향상시킨 형태로 2, 3개의 직포와 부직포들을 니들펀칭 혹은 열융합 등의 방법으로 조합한 형태, 조립된 배수구조를 만들기 위해 1~2개의 부직포와 매트(Mat), 네트(Net) 혹은 정형소성시트(Formed Plastic Sheet) 등을 조합한 형태가 있다.

4) 지오그리드(geogrids)

폴리머를 판상으로 압축시키면서 격자모양의 그리드 형태로 구멍을 내어 특수하게 만든 후 1방향 혹은 직교하는 2방향으로 연신하여 제조하거나 고강도사를 격자형으로 교차시킨 후 PVC 등으로 코팅하여 제조하며, 연약지반 처리나 지반 보강용으로 사용된다.

5) 지오멤브레인(geomembranes)

용융된 폴리머를 밀어내어 정형시키거나, 폴리머 합성물로 fabric를 코팅시키거나, 폴리머 합성물을 압착시켜 형성된 판상의 형태이며, 차수용으로 사용된다.

3.2 철 도 궤 도

그림 3에서는 궤도의 단면도 및 용어에 대해 설명하고 있다.

상부개념		평면	층	재료
		궤도상부면		
상부 구조	궤도		궤도, 분기기	레일, 침목
			도상	궤도자갈
토 대	시공기면		부서진 모래 쇄석 (경우에 따라서는 결합재로 개선) 보조도상(pss)	예 : 자갈모래 모래와 자갈모래 사이의 토목섬유 차수통 로, 모래 혹은 자갈 모래, 단열재 아래서의 지오텍스타일
	원지반면		다져진 또는 개량된 제방 흙 돋기 경우에 따라서는 통과층 1) 동해방지층	예 : 개량된 제방, 흙돋기 재료, 동해보호 재료
			댐 흙 돋기	개량된 제방성토재료
노상			다져진 또는 개량된 노상 통과층	지반개량
			노상	원지반 흙

1) 신선건설 노선에서는 개량된 노선 대신에 하나의 통과층을 건설할 수 있음.

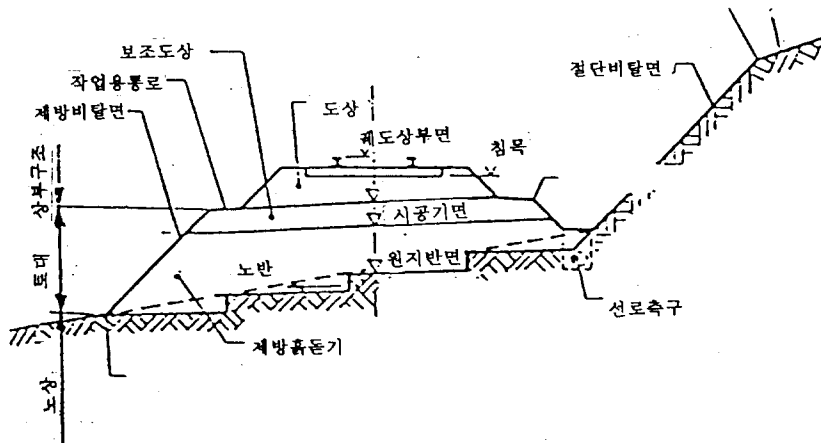


그림 3 궤도의 단면도

4. 적용 범위

계획된 철도망의 건설에는 철도 건설자들에게 항상 경제적인 재료의 사용을 요구하게 된다. 이러한 요구는 곧바로 토목섬유의 생산제품 및 토목섬유를 이용한 공법과 같은 새로운 건설재료 및 건설공법의 개발을 유발하게 된다. 아래에서는 철도의 지반구조물에서 다양하게 사용되는 토목섬유의 적용분야와 그리고 그 밖의 적용가능성에 대해 간단하게 소개하고자 한다.

4.1 철도노반에서의 토목섬유 이용

4.1.1 깊은 배수시설에서의 필터기능

철도의 종방향배수 즉, 소위 말하는 깊은 배수시설에서는 배수되어 지는 지반과 배수재료 사이(trench filter) 혹은 배수재료 및 관의 천공(穿孔) 사이(pipe filter)에 필터층이 설치되어 진다. 이 필터층은 지하수의 투수시에 흙의 세립자분의 유실을 방지하고 투수된 물을 충분히 배출시킬 수 있는 필터의 역학적 및 수리학적 특성을 만족시키지 않으면 안 된다. (그림 4 참조)

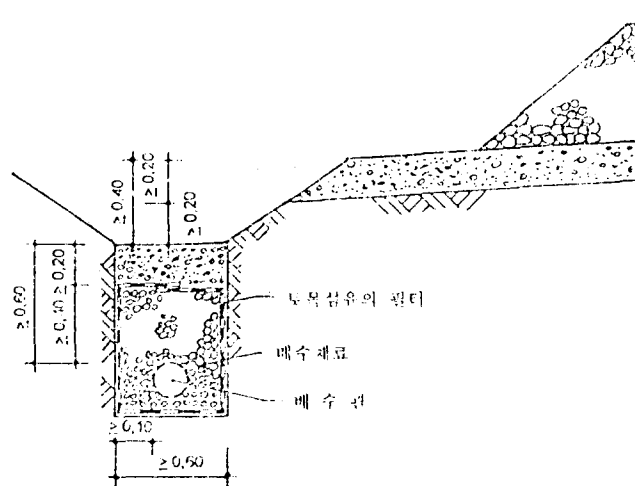


그림 4 Filter (하나의 깊은 배수시설에서의 trench filter)

필터재료로는 대부분 직포가 사용되어 지며 부직포 또한 매우 드물게 이용되기도 한다. 이와 같은 토목섬유의 필터재료로서의 안정성은 지역적으로 입증되어야 하고, 표 2에서는 이에 대한 특성치를 나타내고 있다.

지금까지 철도의 노선망에서 이와 같은 방법으로 수백 km의 배수시설이 건설되었고 그리고 그 기능을 훌륭히 수행하고 있다. (그림 5 참조)



그림 5. 하나의 Trench filter의 건설

4.1.2 노반아래서의 분리 및 필터기능

토목섬유는 기존의 대부분이 연약한 점토층으로 된 노상과 그리고 노반(노상 및 동해보호층) 사이에서 상호간에 세립자분의 유실의 위험이 상존할 경우 빈번히 노상위에 분리기능으로 포설되어 진다(그림 6 참조). 이 경우 토목섬유는 지하수의 이동시 위에서 언급한 것과 같이 필터의 기능을 동시에 수행하게 되며 또한 필터의 안정성에 대한 검토가 이루어져야 한다.

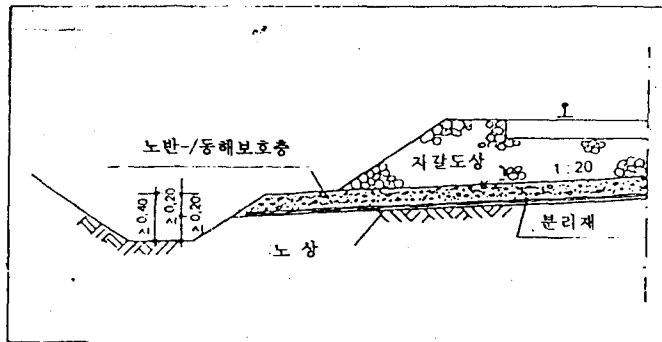


그림 6 지반 위에서의 분리 및 필터기능

표 2에서는 분리 및 필터기능으로 사용된 토목섬유의 중요한 특성치들을 보여주고 있고, 지금까지 철도건설시에는 토목섬유가 분리 및 필터기능으로 광범위하게 사용하고 있다. 만일 토목섬유가 이에 대해 적합하게 설치되어졌다면, 토목섬유는 그들의 기능을 충분히 수행할 것이다.

4.1.3 지지력이 부족하거나 또는 지지력의 변화가 심한 노상에서 노반의 보강기능

지지력이 부족한 노상의 경우에 보강기능으로 사용되어 지는 토목섬유는 광물질적으로 노상 및 동해보호층의 두께를 두껍게 하는 기능을 할 수 있다. 제한된 건설두께를 갖는 궤도와 결합된 건설에서는 기술적으로 현저한 장점을 갖게 한다.

오늘날의 지식으로는 다만 지반반력계수 E_{v2} 에서 최소한 10MN/m^2 의 보강효과가 나타나고 그리고 다만 30MN/m^2 이하까지 의미가 있다는 것에 근거를 두고 있다. 이러한 결과는 실험실 및 현장시험에서 입증되어 졌으며, 순수한 보강기능으로는 지오그리드(geogrids)가 적합하다.

지지력이 부족한 노상의 경우에는 또한 분리 및 필터문제가 대두되며, 이 경우 이러한 요구에 상응하게 특별히 제조된 복합포가 사용되어 져야 한다. 지금까지 관례상으로는 각각의 기능에 적합한 토목섬유가 분리되어 설치되고 있다.

보강위치로는 일반적으로 노상위에 포설되어 지나, 그러나 노상위와 그리고 노상 및 동해보호층에서 여러개의 보강위치에 성공적으로 건설되어 졌다.

보강재로서 토목섬유의 측정에 효과적인 참고사항으로는 지금까지는 다만 경험적인 계산모형만이 제시된 실정이고, 그림 7에서는 보강을 위한 토목섬유의 측정에 효과적인 참고사항에 대한 하나의 제안을 나타내고 있다.

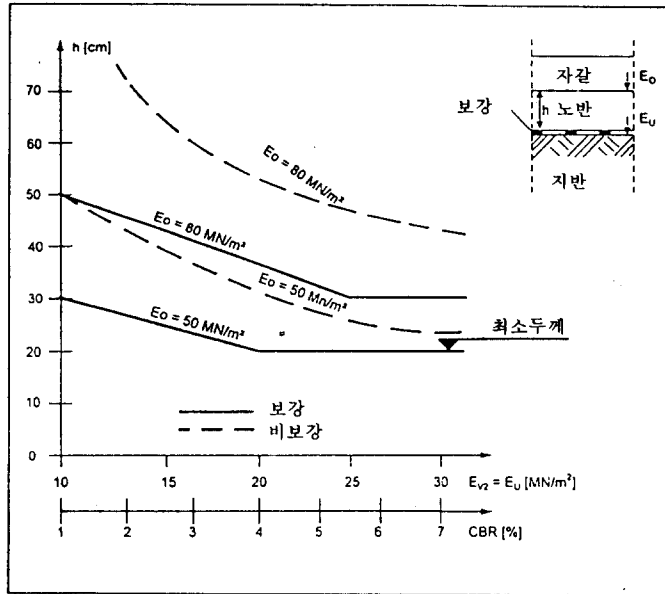


그림 7 지지력이 부족한 지반에서 토목섬유에 의한 보강 (제안)

무엇보다도 라이프치히(Leipzig) - 드레스덴(Dresden)사이의 노선 확장공사에서와 같이 현재 진행중인 연구들에서는 토목섬유가 확실한 근거하에서 보강재에 포함되고 그리고 광물질적인 보호층의 두께를 실제적으로 줄일 수 있다는 것과 같은 점진된 연구결과가 기대되어 진다.

현재로는 보강재로 많이 사용되고 있는 지오그리드(geogrids) 및 복합포(composite geotextile)의 연구에 관해 관찰중이며, 표 2에서는 이에 대한 주요한 특성치를 보여주고 있다.

4.1.4 지지력이 부족한 노상위의 흙구조물의 기초에 대한 분리, 필터 및 보강기능

지지력이 부족한 노상위에 흙구조물이 축조되는 경우에는, 이 노상은 높은 하중을 가능한 한 적은 변형율로 지지할 수 있도록 개량되지 않으면 안 된다.

지금까지 이러한 노상개량에는 다만 전형적인 지반개량공법만이 가능하였으나, 그러나 이 분야에서도 토목섬유를 이용한 새로운 가능성을 보이기 시작하였다.

지지력이 부족한 노상위에 포설한 분리 및 필터층은 산적물(散積物)의 함몰을 방지하고, 하중의 분포를 균등하게 하며, 지하수의 이동을 크게 방해하지 않으면서 마찰에 의해 야기되는 인장력들을 스스로 받게 된다.(그림 8 참조)

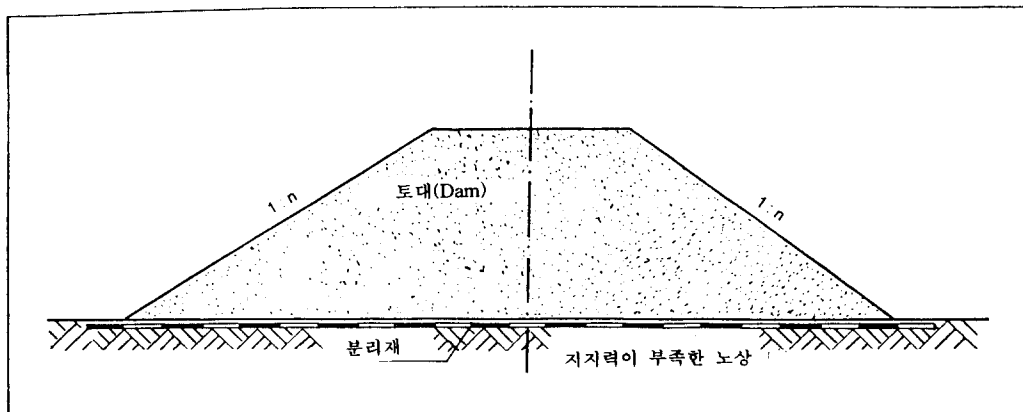


그림 8 지지력이 부족한 노상위에서의 흙구조물 축조

더 나아가 사면파괴 및 지면파괴에 대한 안정성을 높일 수 있다. 이를 위해 대부분 부직포(non-woven geotextile)가 사용되나, 그러나 직포(woven geotextile) 및 복합포(composite geotextile)도 사용된다. 그리고 제한된 조건하에서는 지오그리드(geogrids)의 사용도 고려될 수 있다.

흙구조물의 축조외에 토목섬유는 철로의 신설 및 확장노선에서 굴착된 흙을 운반하고 공사자재의 반입을 하기 위해 건설되는 공사도로에 분리 및 필터층으로 사용되는 한편 지지력을 높이는 보강기능으로도 사용된다.(그림 9 참조)

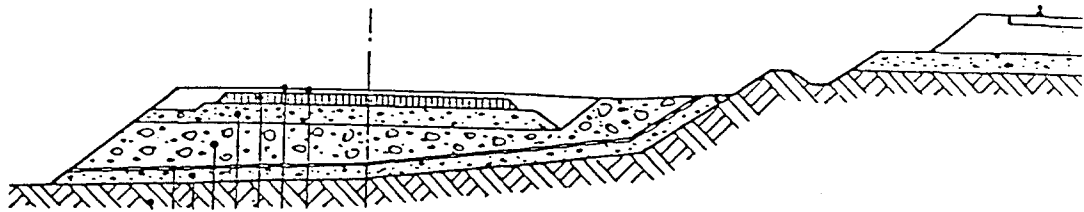


그림 9 지지력이 부족한 노상에서 흙돋기 아래에서의 분리, 필터 및 보강기능

이러한 기능으로 사용되어지는 토목섬유의 특성치는 표2에서 보여주고 있다.

또한, 일정한 조건하에서는 분리 및 필터층으로 하나 또는 여러개의 토목섬유층을 추가적으로 포설할 수 있으며, 이 경우 흙구조물의 보강에 더욱더 의미를 부여하게 된다.

4.1.5 흙구조물의 보강기능

토목섬유는 토목섬유를 포설하지 않고는 주어질 수 없는 성토되는 흙과 결합된 전체시스템(흙구조물)에 필요한 안정성을 부여해 주어야만 한다. 토목섬유의 보강효과는 토대의 정상적인 변형에서 마찰에 의해 인접된 흙에 전달되어지는 힘들을 토목섬유에 작용시키게 되는 것에 근거를 두고 있으며, 이를 흙-토목섬유-결합 시스템이라 부른다.

실제적으로 현존의 토대가 건설부지의 부족 또는 상이한 지반공학적 특성을 갖는 흙들로 흙돋기 되지 않으면 안될 경우 경사된 사면을 요구하게 된다. 토대의 규모, 작용되는 하중 및 흙의 특성과의 관계에 따라 흙구조물의 규격이 정하여지고 그리고 적합한 토목섬유로 보강되어진다. 보강장소는 다만 포설되거나 비탈면을 싸고 그리고 배면을 고정시키게 된다(그림10 참조). 지오그리드(geogrids)를 보강재로서 비탈면 표면까지 포설하게 되면, 성토재가 외부로 흘러나오지 못하도록 직포(woven geotextile)를 추가적으로 포설하지 않으면 안된다. 그리고 더 나아가 자외선의 차단을 고려하지 않으면 안 된다.

하노버(Hannover)-베를린(Berlin)간에 수행중인 신설노선에서 베를린 외곽에 균등계수가 2~3인 균등한 모래로 제방들을 건설하였다. 제방의 한쪽 비탈면에서는 지오그리드(geogrids)를 포설하여 필요한 안정성을 확보할 수 있는 반면(그림11 참조), 다른 급경사의 비탈면에서는 토목섬유로 싸는 것이 불가피하였다(그림12 참조). 보강을 위하여 지오그리드(geogrids)가 사용되었으며, 비탈면 표면에는 추가적으로 직포가 포설되었다(그림13 참조).

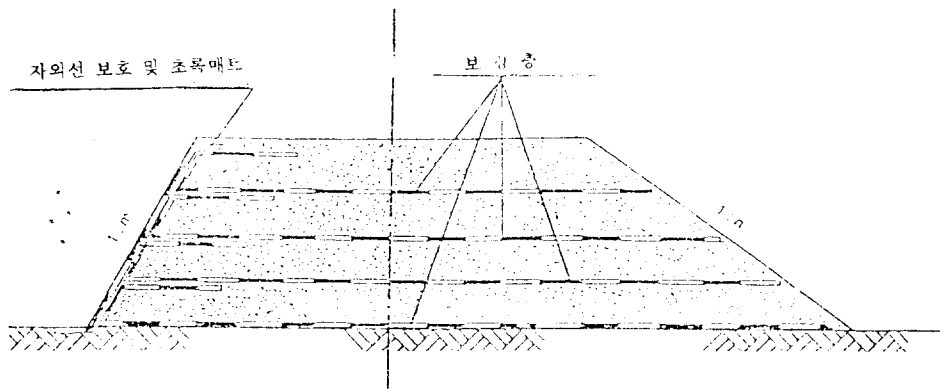


그림 10 토대의 보강



그림 11 보강재로서 지오그리드(geogrids)포설



그림 12 하나의 급경사의 비탈면에 토목섬유로 짠 보강



그림 13 지오그리드(geogrids) 위에 직포(woven fabric) 포설

침식 및 자외선 보호를 위해 토목섬유로 보강된 잔디매트가 포설되었고 그리고 흙못(earth nail)으로 비탈면위에 고정시켰다. 침식보호의 경우 거의 이러한 방법이 사용되었다. 보강재로서 대부분 지오그리드(geogrids), 부직포(non-woven geotextile) 및 복합포(composite geotextile)를 포설하였으며, 선택은 각각 사용하는 경우에 따라 결정하였다. 요구되는 특성치들은 표 2에 나타나 있다.

하노버 - 베를린간 신선건설 노선중 스텐달(stendal) 부근에서 하나의 흥미로운 보강방법의 변화를 시도하였다. 제방의 제체범위에 매우 깊은 지지력이 부족한 토층이 있을 경우에는, 제체의 자중 및 교통하중을 말뚝과 비슷한 지지부재를 통하여 지지력이 있는 지반까지 전달하는 것이 불가피하다. 전문 평가자에 의해 제체부위를 위해 모르타르를 채워 넣은 기둥위에 토목섬유로 보강된 광물성의 기초 지반층이 예견되었으며, 이 경우 토목섬유는 아치효과(arch effect) 위에서 하중들을 모르타르로 채워 넣은 기둥위로 전달하게 된다(그림 14 참조). 이 기초지반층위에 제방이 축조되었고 그리고 노상 및 동해보호층이 설치되었다(그림 15 참조). 지금까지 철도에서는 보강재 포설을 위해서는 흙돋기층의 높이가 4m이상을 요구하고 있으나, 최근의 지식으로는 이 높이를 2m이상인 것을 근거로 삼고 있다.

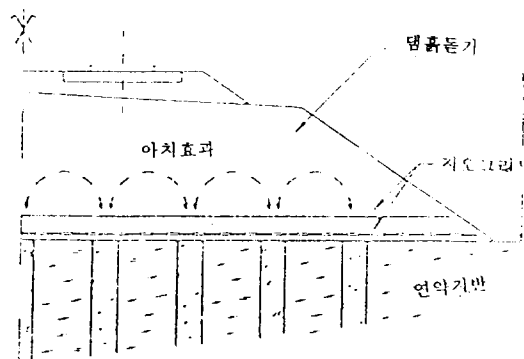


그림 14 말뚝과 비슷한 지지부재위에 두층의 지오그리드(geogrids)로 보강된 제체의 아치 효과

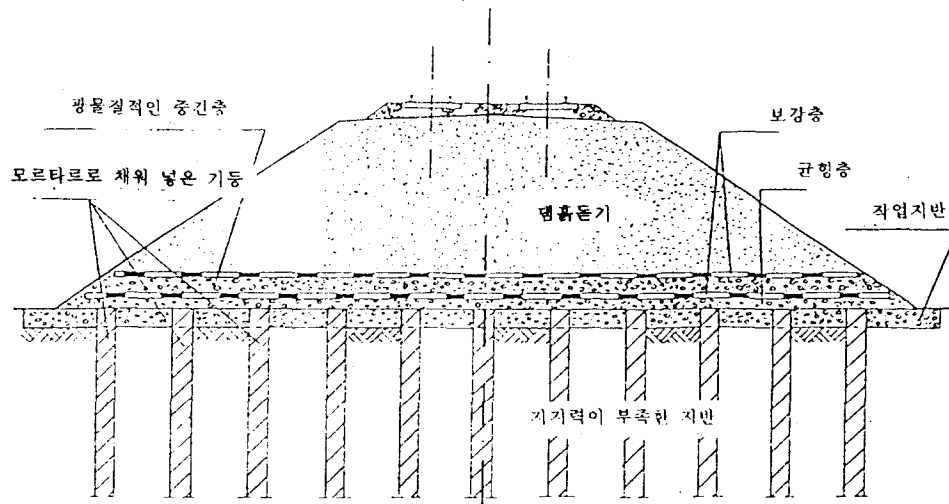


그림 15 모르타르를 다져 채워 넣은 기둥위에 보강된 기초지반위의 건설

하나의 비슷한 적용사례가 브란덴부르크(Brandenburg)의 기존선 확장선로에서 수행되고 있으며, 이 경우 말뚝 상단부가 철근콘크리트판으로 덮인 유연한 주철로 이루어진 약 30m 길이의 다짐말뚝들이 사용되고 있다. (그림 16 참조)

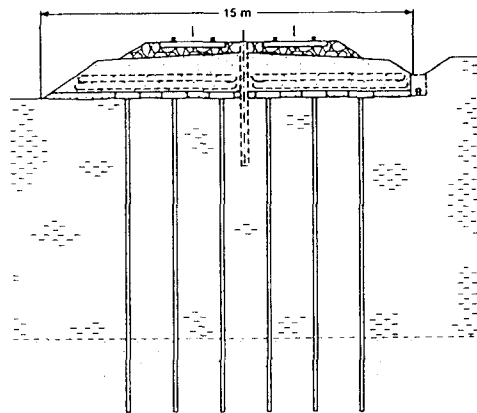


그림 16 말뚝들 위에서의 지오그리드로 보강된 철도제방

4.1.6 비탈면의 침식방지기능

흙구조물에 접하여 새로 건설되거나 또는 붕괴된 비탈면의 유지보수시에는 자연적인 식생공(植生工)은 침식에 대하여 안전하지 못하다. 넓은 면적의 표면의 붕괴를 야기시킬 수 있는 이러한 침식에 의한 파괴를 없애기 위해서는 가끔 상당히 많은 추가적인 비용을 요구하게 된다.

만일 비탈면이 적합한 직포(woven geotextile)로 덮여졌다면, 위에서 기술된 침식에 의한 파괴는 피할 수 있다. 이러한 직포(woven geotextile)는 2차적인 원료로 만들어 졌으며, 일반적으로 씨앗과 그리고 성장이 장려되는 재료와 함께 설치된다. 그리고 직포는 식생공이 성장함과 동시에 썩도록 포설되어 진다.

비탈면위에서는 가장 좋기로는 토목섬유는 흙못(earth nail)으로 고정되어야 한다. 이러한 철로된 흙못은 철근콘크리트 쓰레기들로 간단하게 생산할 수 있으며 그리고 인접한 두 개의 선로에서 동시에 열차가 달리는 경우도 고려하여야만 한다.

독일제국의 국영철도(Deutsche Reichsbahn)에서는 이러한 매트들이 성공적으로 그리고 경비면에서 현

저한 장점을 갖고 사용되어 졌다. 그림 17 및 18 에서는 라이프치히 - 드레스덴 간의 기존선 확장선로에서의 적용 사례를 보여주고 있다.



그림 17 사면위에서 침식 및 식생공매트로 포설

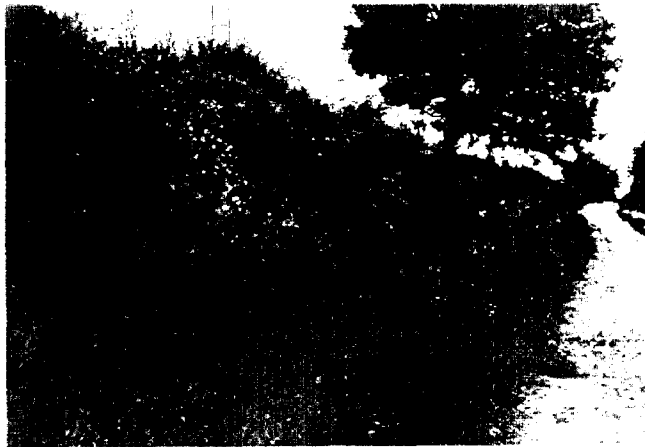


그림 18 약 6개월 후의 식생공

4.1.7 지반 및 기초공사의 차수기능

지하수 처리를 하지 않으면 안되는 선로에서는 지역 관청으로부터 가끔 경우에 따라서는 철도의 사고를 야기시킬 수도 있는 지하수의 침투에 대한 노상 및 기초공사의 차수대책을 요구받게 된다(그림 19 참조).

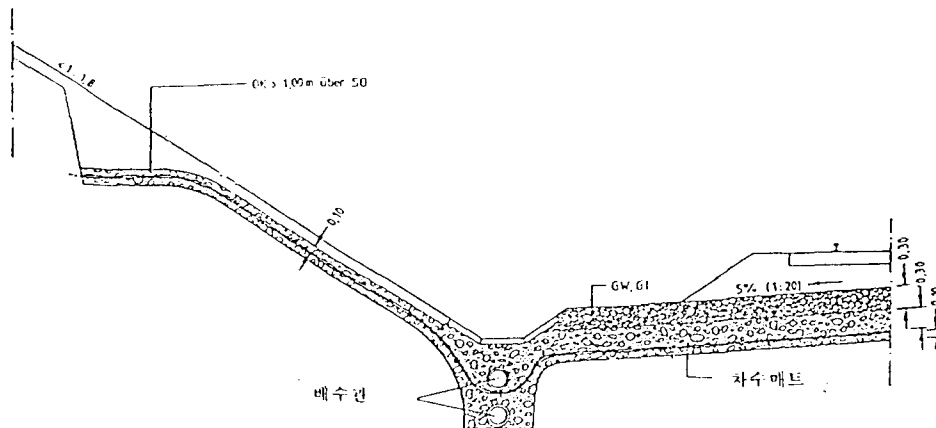


그림 19 지반 및 기초공사의 하나의 차수사례

흙구조물 시방서(DS 856)에서는 이러한 차수를 위해서는 차수 막(tight film)을 의도하고 있다. 차수 막의 설치는 기술적으로 매우 어렵고 그리고 공사수행에는 연속적으로 많은 문제들이 발생된다. 예를 들면, 확장선로 노선의 반쪽 개축시에 철도의 축에서는 하나의 막(film)의 조밀한 결합이 매우 어렵게 이루어진다.

차수 매트(dicht mat)로 이러한 차수처리를 하는 것이 가장 간단하다. 차수 매트는 두 개의 직포층(woven geotextile site)으로 이루어 지는데, 그 사이에는 하나의 차수재(bentonite)가 깔려 진다. 직포 통로(woven geotextile track)를 서로 꿰매므로써 차수통로(dicht track)가 만들어 진다.

차수 통로의 작용방식은 습기의 침투시 차수 덩어리(dicht mass)는 이 습기를 내뿜고 그리고 연속되는 차수층이 형성되는데 근거를 두고 있다. 주위에 둘러싸인 흙에 대한 마찰거동에서는 차수통로(dicht track)는 직포(woven geotextile)에 상응한다. 이러한 점 때문에 비탈면위에 그들을 설치하는 것이 유리하다.

라이프치히 - 드레스덴 간의 기존선로의 확장노선에서 철도에 처음으로 이와 같은 차수 매트(dicht mat)가 설치되어 졌다(그림 20 참조).



그림 20 하나의 차수매트의 설치

4.2 철도터널 건설시 토목섬유의 이용

4.2.1 철도터널의 차수에서 보호층 기능

철도터널의 건설 및 용수의 화학적인 영향들로부터 그들의 기술적인 설비들을 보호하고 그리고 겨울에 운영을 위협하게 하는 빙층 형성(ice formation)을 피하기 위해서는, 독일 국유철도의 새로 건설되는 터널에서는 불투수 콘크리트(WU - Beton) 혹은 토목섬유 - 차수통로(dicht track)로 된 하나의 특수한 차수재를 1차 복공 및 2차 복공사이에 설치한다. 이러한 차수통로는 방수체계를 2종으로 구분하여 차수보호층인 직포와 차수층인 밀폐막으로 구분되며, 밀폐막으로는 불투수 콘크리트 및 지오멤브레인이 사용된다.

불투수 콘크리트(WU - Beton)를 사용한 철도터널의 차수에서는 토목섬유는 1차 복공 및 2차 복공 간에 서로 맞물리는 현상을 방지하게 할 수 있다. 이 경우 토목섬유는 추가적으로 침투되는 용수를 위한 평면배수재로서 작용하고 그리고 이 용수는 측구에 설치된 배수관으로 배수되게 된다.

토목섬유 차수통로를 사용한 철도터널의 차수에서는 토목섬유들은 차수통로가 1차 복공의 뿔어붙이기 콘크리트의 거칠은 표면에 의해 손상되지 않도록 보호하는 추가적인 과제를 갖고 있다. 보호층으로서 사용되는 토목섬유를 위한 하나의 특별히 요구되는 프로필 및 특성치들은 그림 21 및 표2에 잘 나타나 있다.

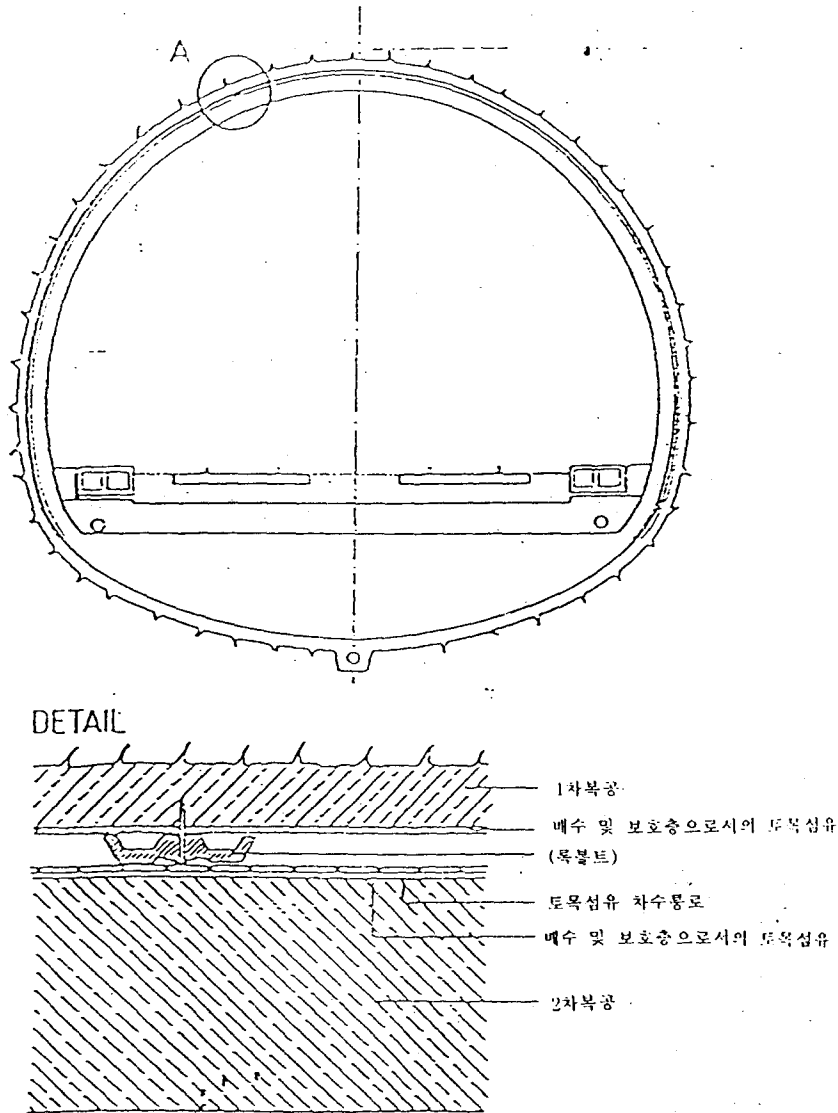
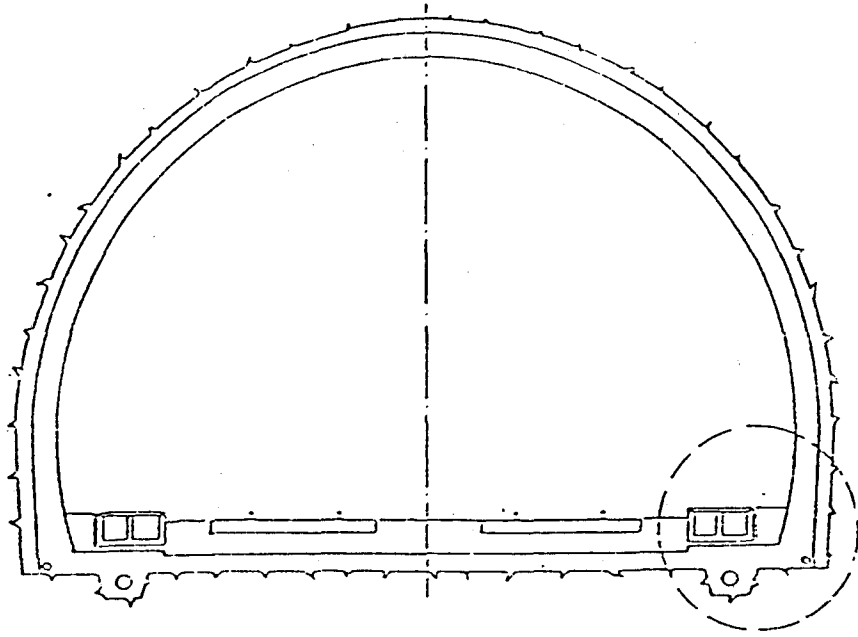


그림 21 철도터널의 차수에서의 보호층기능

4.2.2 철도터널의 측구에서의 배수 및 보호기능

복합포(composite geotextile)는 흙과 접촉되는 콘크리트 구조물 및 철도터널의 측구에서 분리 및 보호층으로 점점 더 많이 사용되어 지고 있다(그림 22 참조). 흙과 접촉되는 콘크리트 구조물의 분리 및 보호층으로서 토목섬유의 적용에는 흙구조물의 시방서에 따라 각각의 경우 독일 국유철도의 승인을 받아야 한다. 철도터널을 위한 분리 및 보호층으로서 토목섬유의 적용을 위해 특별히 요구되는 프로파일 및 특성치들은 그림 22 및 표 2에서 보여주고 있다.



Detail

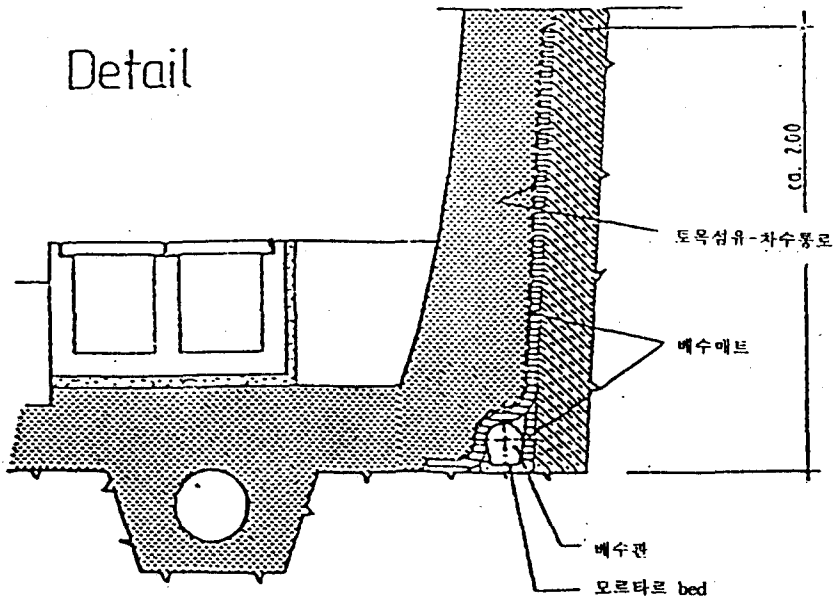


그림 22 철도터널에서 배수 및 보호기능

5. 토목섬유의 시공

이질적인 건설재료로서 토목섬유는 다만 적용분야에 적합하고, 사용된 토목섬유가 신뢰할 수 있으며 그리고 올바르게 시공되어 졌을 때에만 그 기능을 충분히 발휘할 수 있게 된다. 이에 반해 우리들은 가끔 무지로 인해 적용분야에 맞지 않은 기능을 갖고 있는 토목섬유를 사용한 경험들을 갖고 있다.

예를 든다면, 평면중량이 150g/m^2 인 하나의 열융합 고착된 직포는 노반시스템에서 분리 및 필터기능으로는 장기간 그 기능을 충분히 수행할 수 없을 것이다.

따라서, 기능에 상응하게 설치하기 위해서는 아래와 같은 일반적인 규칙들에 대해 주의하지 않으면 안 된다.

- 올바른(신뢰할 수 있는) 토목섬유의 선택
- 적용분야 및 기능에 적합하고, 가능하면 손상되지 않도록 설치
- 토목섬유는 사용상태에서는 지속적으로 자외선으로부터 보호되어 져야 한다.
- 포설평면은 편편하여야 하고 그리고 고운 시공상면의 품질이 입증되지 않으면 안 된다.
- 종방향 및 횡방향에서 겹치는 길이는 최소한 0.2m에 달하지 않으면 안 된다. 보강층에서는 최소한 0.5m 겹쳐져야 한다. : 건설공사에서는 힘으로 무리하게 결합하는 것은 피해야 한다.
- 포설된 토목섬유위로 바퀴로 움직이는 차량이나 무한궤도 차량들이 직접 운행되어서는 안 된다.
- 포설된 토목섬유는 하루 이상 덮지 않고 방치되어서는 안 된다. : 이것은 작업 진척의 경우 고려되지 않으면 안 된다. : 필요시에는 토목섬유가 바람에 옮겨지지 않도록 덮어야 한다.
- 직접 여러층으로 겹쳐지는 경우에는 더미들은 최소한 5m에서는 바꾸어야 한다.

6. 결 론

철도의 지반공학 및 터널공학 분야에서 토목섬유는 직포(woven geotextile), 부직포(non-woven geotextile), 복합포(composite geotextile) 및 지오그리드(geogrids)와 같은 생산제품 형태로 선진외국에서는 처음부터 성공적으로 사용되어 졌다. 이러한 발전은 토목섬유의 시공성, 경제성 및 환경친화성에 대한 공사발주처 및 기업가들의 기대에 따라 목표지향적으로 이루어져 왔다. 철도건설시 토목섬유의 주요 적용 범위는 다음과 같다.

- 필터 기능
- 분리 및 필터기능
- 보강기능 (지지력 증강)
- 차 수 기 능
- 보호기능 (침식 및 자외선 보호)

본문에서 언급한 바와 같이 토목섬유(Geosynthetics)는 철도건설시 경제성, 시공성, 환경친화성 및 자연자원의 절약 차원에서 많은 장점을 갖고 있으므로, 우리 나라에서도 이에 대한 연구 및 투자가 활발히 이루어져 머지 않은 장래에 우리에게 적합한 “철도건설시 토목섬유의 이용에 관한 시방기준”이 만들어지기를 바란다.

참고문헌

1. Deutsche Bahn AG : Vorschrift für Erdbauwerke(VE), DS 836, Ausgabe 1895
2. Deutsche Bahn AG : Technische Lieferbedingungen Geokunststoffe(TL 918 039), Ausgabe 1994
3. Forschungsgesellschaft für Straßen-und Verkehrsbau : Merkblatte für die Anwendung von Geotextilien und Geogittern im Erdbau des Straßenbaues, Ausgabe 1994
4. Lieberenz, Weisemann, Göbel : Vorschläge zur Bemessung des kunststoffbewehrten Tragsystems von Eisenbahnstrecken auf Frost und Tragfähigkeit, geotechnik Sonderheft 1993
5. Estrmann, Blasing, Oertner : Bewehrung von Eisenbahndämmen mit Geokunststoffen auf der ABS Berlin-Hamburg. Vortrag auf der 4. Informations-und Vortragsveranstaltung, Kunststoffe in der Geotechnik, München 1995
6. Kempfert, Stadel : Zum Tragverhalten geokunststoffbewehrter Erdbauwerke über pfahlähnlichen Traggliedern. Vortrag auf der 4. Informations-und Vortragsveranstaltung, Kunststoffe in der Geotechnik, München 1995
7. Gerhard Chilian, : Geokunststoffe im Erdbau bei der Deutschen Bahn AG, Eisenbahningenieur 46 (1995) 8.
8. Erwin Gartung, : Geogitterbewehrter Eisenbahndamm auf Pfählen, : LGA Grundbau institut, Nuernberg
9. H. Hubal, : Geokunststoffe im Eisenbahnbau, Geokunststoffe in der Geotechnik, Technische Akademie Esslingen, 1995
10. Bahnbau, Das Geotextilhandbuch, Schwizerischer Verband der Geotextilefachleute
11. C. Goebel, : Dauerbelastungsversuche mit Kunststoffbewehrten Tragschichten im Eisenbahnbau, 3. informations-und Vortragsveranstaltung ueber "Kunststoffe in der Geotechnik", Muenchen, 1993
12. Empfehlugen fuer Bewehrungen aus Geokunststoffen, Deutschen Gesellschaft fuer Geotechnik, 1997