

포장궤도 모르터 충전성능 확보를 위한 토목섬유의 적용

Application of Geotextile to ensure the Motor Pouring Ability for Paved Track

이호룡* · 박종관** · 황선근*** · 이일화****

Lee, Ho-Ryong · Park, Jong-Kyan · Hwang, Seon-Keun · Lee, Il-Wha

ABSTRACT

As gravel roadbed is gradually turn down by repetitive loading of train, lasting work for maintenance and management of track is necessary to reduce the settlement of roadbed and the deterioration of track. Despite of above weak point, gravel roadbed has become a basic structure of roadbed at the present time. But request for new structure of roadbed is recently presented to settle an increased transportation capacity of track, and to solve a shortage of the labor to handle maintenance work of track. Therefore, we begin to research about maintenance-free roadbed like paved track from two years ago. In this study, a series of tests were performed to clarify the characteristics of strength and permeability of concrete specimen, which is the upper part of paved track injected by cement mortar, by type of geotextile and finally to give a basic data for application of geotextile to the lower part of paved track.

Key words : paved track, geotextile, compressive strength, split tensile strength, permeability

1. 서 론

국내 대부분의 기존선은 자갈도상 궤도로 구성되어 있으며, 사용기간이 오래되어 연약화된 구간이 많고 열차통과 속도 및 하중 증가에 따른 궤도 부담력이 증가되어 궤도 개선 등 잦은 유지보수가 필요하다. 이러한 잦은 유지보수 작업을 줄이기 위하여, 기존의 임시방편의 보수방법에서 근본적인 궤도구조를 변경하는 보수방법인 포장궤도에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 포장궤도는 기존선 자갈도상 궤도의 침목 아래에 부직포로 감싸여진 자갈도상을 충전재로 주입한 후 고결하여 프리팩트 콘크리트를 만들어 궤도파괴를 대폭적으로 억제하는 시스템이다. 본 연구에서는 포장궤도 하부의 토목섬유 적용을 위해 3종의 토목섬유를 선정하고, 각각의 토목섬유 종류에 따른 상부의 자갈도상에 주입된 모르타르 구조체와의 강도, 압축량 및 투수 특성을 파악함으로써 향후 포장궤도 하부에 적절한 토목섬유를 선정하는 기초자료로 활용하고자 한다.

2. 포장궤도의 개요

대부분의 기존선은 자갈도상 궤도로 구성되어 있으며, 사용기간이 오래되어 연약화된 구간이 많고 열차통과 속도 및 하중 증가에 따른 궤도 부담력이 증가되어 궤도 개선 등 잦은 유지보수가 필요하다. 이러한 잦은 유지보수 작업을 줄이기 위하여, 기존의 임시방편의 보수방법에서 근본적인 궤도구조를

* 서울산업대학교 철도전문대학원 석사과정, 학생회원

** 서울산업대학교 교수, 정회원

*** 철도기술연구원 책임연구원, 정회원

**** 철도기술연구원 선임연구원, 정회원

변경하는 보수방법인 포장케도에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 포장케도는 기존선 자갈도상 케도의 침목 아래에 토목섬유로 감싸여진 자갈도상을 충전재로 주입한 후 고결하여 프리팩트 콘크리트를 만들어 케도파괴를 대폭적으로 억제하는 시스템이다. 그림 1은 포장케도 개요를 보여준다. 토목섬유의 역할은 충전재를 주입할 때 주입액의 누출을 방지하고 소정의 형상을 유지시키는 역할을 한다. 포장케도에서 사용되는 충전재는 공극이 없이 충전되어야 하기 때문에 거의 물에 가까운 유동 성능을 갖는다. 토목섬유를 사용하지 않을 경우, 충전재는 하부노반이나 측면으로 누출이 되기 때문에 소요 강도를 확보할 수가 없다. 이때 요구되는 토목섬유의 기본적인 성질은 자갈의 맞물림 등에 의한 전단파괴를 방지하고, 충전재의 투과가 발생하지 않아야 하며, 허용범위 이내의 탄성변위량을 가져야 한다. 그림 2는 토목섬유의 성능을 평가하기 위한 주입시험결과로서 주입후, 충전재의 누출은 없었으며, 일부 자갈과의 접촉점에서 밀크액이 보였다.

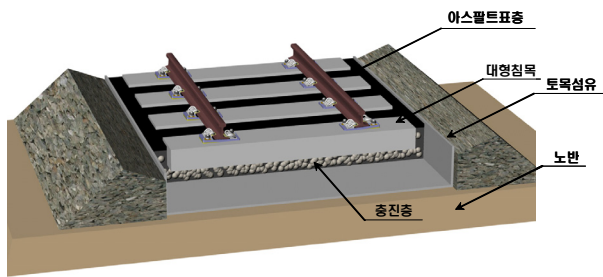


그림 1. 포장케도의 구조



그림 2. 충전재 주입후의 토목섬유 상태

3. 재료 및 시험

3.1 재료

표 1. 토목섬유의 주요 특성*

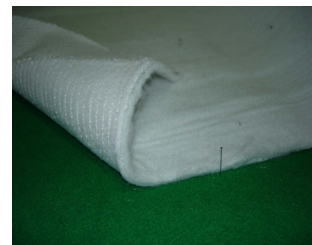
시험 종류		Type A	Type B	Type C
인장강도 (kN/25.4mm)	경사	1,220	1,740	2,397
	위사	1,713	1,221	1,466
인장신도 (%)	경사	122	45	2
	위사	32	58	5
중량(gf/m ²)		514	349.5	1,252
투수계수(cm/s)		3.0×10^{-1}	5.04×10^{-1}	5.83×10^{-1}
형상		부직포	부직포	복합포



(a) Type A
부직포, 장섬유, 니들펀칭



(b) Type B
부직포, 장섬유, 니들펀칭
그림 3. 토목섬유의 종류



(c) Type C
부직포+ 직포, 단섬유, 니들펀칭

포장제도 하부에 토목섬유를 적용하기 위해 그림 3과 같은 3종류의 시료를 준비하였다. 그림에서 (a), (b)는 장섬유로 니들펀칭한 것이지만, (a)는 부직포 한쪽면을 열융합 처리하였고, 10mm간격으로 장섬유를 길이방향으로 삽입하여 직조하였다. (c)는 단섬유를 니들펀칭한 것이지만 한쪽면을 직포로 사용하였기 때문에 타 부직포에 비해 두께 및 중량이 상대적으로 큰 것이 특징이다. 각각의 토목섬유 주요 특성은 표 1과 같다.

3.2 공시체의 제작 및 시험방법

부직포 종류에 따른 주입 모르타르의 강도 특성을 살펴보기 위하여 압축강도시험, 쪼갬 인장강도시험, 투수시험, 응력변형시험을 수행하였다. 공시체는 직경(D) 100mm, 높이(H) 200mm의 원형 몰드를 이용하여 밑면에 원형 철판 대신 부직포(3종류)를 싸서 각각 2개씩 제작하였고, 상대비교를 위해 부직포를 사용하지 않은 표준 공시체도 제작하였다(그림 4 참조). 공시체는 온도의 영향을 최소화하기 위하여 20℃, 상대습도 50%의 양생실 안에서 제작하였으며, 다짐시 재료 분리가 예상되어 고무망치를 이용하여 측면을 10회 타격하여 다졌다. 또한 경화 후에는 몰드에서 공시체를 제거(탈형)한 후 최초 공시체 제작조건인 20℃, 상대습도 50%에서 7일 동안 지속적으로 양생을 실시하였다.



(a) 공시체 몰드에 채워진 제도용 자갈



(b) 공시체 탈형 후 표면 상태

그림 4. 공시체 제작

부직포 종류에 따른 압축강도의 특성을 살펴보기 위해 압축강도시험은 KS F 2403 기준에 의하여 수행되었고, 100 tonf 용량의 만능 시험기로 하중을 재하하였다. 쪼갬 인장시험은 KS F 2423에 의해 수행하였으며, 공시체의 상부와 하부의 강도 특성을 파악하기 위하여 100 × 200mm의 원형공시체를 상부 50mm, 하부 50mm를 절단하고, 절단된 공시체는 그림 5와 같이 만능시험기를 이용하여 시험을 실시하였다. 투수시험은 그림 6과 같이 주입 모르타르를 타설한 후, 약 5분 후 공시체의 배합수가 투수된 양을 목측으로 관찰하였으며, 재료 자체의 투수시험도 병행하여 수행하였다.



그림 5. 쪼갬 인장시험 전경



그림 6. 투수시험 전경

4. 결과 및 고찰

4.1 압축강도특성

포장재료 하부에 토목섬유를 적용하기 위한 기초연구로서 먼저 부직포 종류에 따른 주입모르타르의 압축강도시험 결과를 살펴보았다. 각 부직포 종류별 압축강도 시험 결과는 표 3과 그림 7과 같다. 그림에서 표준 공시체의 경우 38.8 MPa로 측정되었으며, Type A가 35.6 MPa, Type C가 32.4 MPa, Type B가 28.7 MPa 순으로 측정되었다. 부직포를 사용한 경우 표준 공시체보다 적은 압축강도 특성을 보여주었다. 그 원인은 부직포와 모르타르 사이의 경계면에 취약부분이 발생한 결과로 판단된다. 또한 부직포 종류에 따라 압축강도가 차이를 보이는 원인은 부직포 특성에 의한 영향보다는 배합 모르타르의 균질성 및 시험 오차에 의한 것으로 판단된다.

표 3. 부직포 형태별 압축강도

구분		강도(MPa)
Type A	1	33.3
	2	38.0
	평균	35.6
Type B	1	28.6
	2	28.8
	평균	28.7
Type C	1	28.8
	2	36.0
	평균	32.4
Control	1	36.7
	2	40.9
	평균	38.8

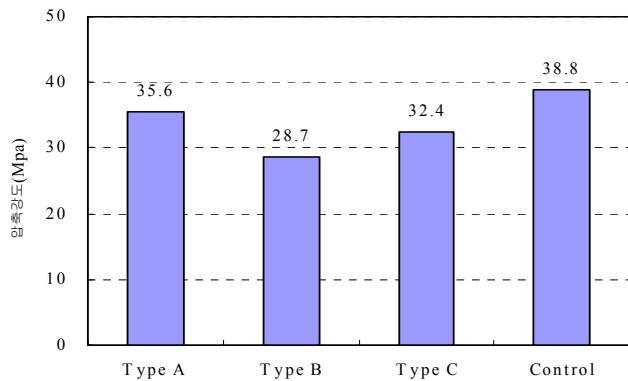


그림 7. 부직포 형태에 따른 압축강도의 평균값 비교

4.2 쪼갬 인장강도특성

그림 8은 쪼갬 인장강도시험 결과를 나타낸 것이다. 그림에서 표준 공시체가 상부 3.3 MPa, 하부가 3.4 MPa의 결과를 보여주었고, Type A가 상부 3.2 MPa, 하부가 3.5 MPa, Type B가 상부 2.2 MPa, 하부 2.9 MPa, Type C는 상부 3.3 MPa, 하부 3.2 MPa의 쪼갬 인장강도를 보여 주었다. Type B 경우를 제외한 모든 경우 표준 공시체와 유사한 결과를 보여 주어, 부직포 종류에 따른 강도 특성은 없는 것으로 판단된다.

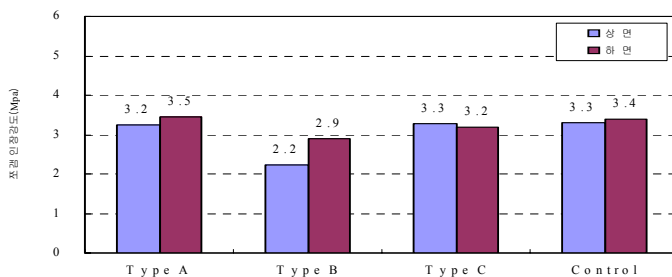


그림 8. 부직포 종류에 따른 쪼갬 인장강도 값 비교

4.3 투수특성

주입 모르타르를 타설한 후, 5분 후 공시체를 뒤로 이동하여 배합수가 투수된 양을 목측으로 관찰하였다. 관찰한 결과 Type A, Type B, Type C 순으로 누수되는 배합수가 차이를 보였는데, 이는 표 1의 토목섬유 투수계수 차이에 기인하며, 그 양은 매우 작았다. 특히 Type C의 경우에는 배합수가 거의 투

수 되지 않았고 오히려 부직포 내에 배합수가 흡수되는 현상을 보여 주었다. 따라서 부직포 종류에 의한 투수 특성은 거의 동일한 경향을 보여주어 배합수의 투수 차이는 없으므로 판단된다.

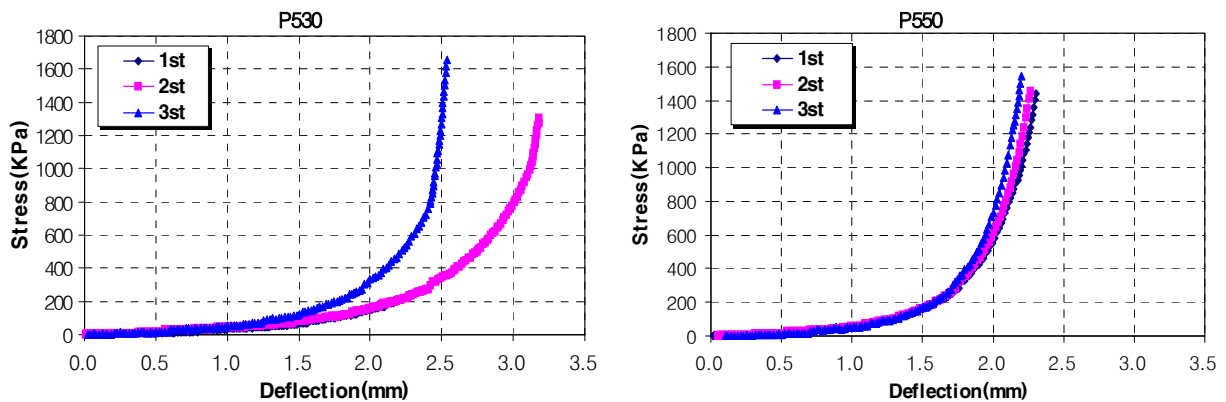
추가적으로 강우에 대한 영향을 검토하였는데, 검토 목적은 시공후 강우로 인하여 부직포 내에 체류가 발생하는가에 대한 검토였다. 시험은 건조상태의 토목섬유를 설치하고 수두차를 변화시키면서 투수량을 측정하였다. 시험결과 완전건조상태에서는 3cm이상의 수두압이 작용할 경우, 완전 배수되었으며, 이하일 경우, 포화가 진행된 이후 배수되었다. 그러나 점촉점(자갈사이에 맞물려 있는 경우)이 있는 경우에는 수두차에 상관없이 배수되었다. 포화된 부직포의 투수계수는 $5.04 \times 10^{-1} \text{cm/sec}$ 로서 현장에서 강우에 장기간 노출이 되더라도 체류현상은 발생하지 않을 것으로 판단된다.



그림 9. 강우 체류시험

4.4 응력-변위 특성

토목섬유는 충전층 밑에 설치되기 때문에 과도한 압축이 발생하면 전체 레도지지강성에 영향을 미칠 가능성이 있다. 본 실험에서는 상기의 실험결과로부터 선정된 장섬유 니들핀칭 부직포를 두께 5mm로 설정하고 5mm 단일층과 2.5mm이중층인 경우의 응력-변위 특성을 검토하였다. 충전층 하면에 작용하는 응력의 범위는 276~300kPa이며 3번째 반복재하시 P530인 경우에는 2mm, P550인 경우에는 1.7mm인 것으로 나타났다. 그러나 반복재하후에는 급속히 감소할 것으로 판단되며, 충전층과 하부자갈층과는 다중 점접촉으로 연결되기 때문에 토목섬유에서 발생하는 압축량은 레도지지강성에 영향을 미치지 않을 것으로 판단된다.



(a) P530(2.5mm 2층)

(b) P550(5mm)

그림 10. 토목섬유의 응력-변위 곡선

5. 요약 및 결론

부직포 종류에 따른 모르타르 압축강도, 쪼갬 인장강도, 압축량, 투수시험을 수행한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 각 부직포의 종류별 압축강도시험을 수행한 결과, 표준 공시체의 경우 38.8 MPa로 측정되었으며, Type A가 35.6 MPa, Type C가 32.4 MPa, Type B가 28.7 MPa 순으로 측정되었다. 부직포가 있는 모든 경우에 있어서 공시체의 압축강도 값은 표준 공시체의 경우보다 작게 나왔는데, 이는 부직포가 있는 경우 주입모르타르의 압축강도의 값에 부정적인 영향을 미치는 것으로

판단된다.

- (2) 쪼갬 인장강도시험을 수행한 결과, 표준 공시체가 상부 3.3 MPa, 하부가 3.4 MPa의 결과를 보여주었고, Type A는 상부 3.2 MPa, 하부 3.5 MPa, Type B는 상부 2.2 MPa, 하부 2.9 MPa, Type C는 상부 3.3 MPa, 하부 3.2 MPa의 쪼갬 인장강도를 보여 주었다. Type B 경우를 제외한 모든 공시체에서 표준 공시체와 유사한 결과를 보여 주어 부직포 종류에 의한 영향은 없는 것으로 판단된다.
- (3) 배합수의 투수량은 Type A, Type B, Type C 순으로 나타났으나, 투수량이 적어 콘크리트 공시체의 물리적 특성에 미치는 영향은 미미하며 토목섬유 자체에 대한 투수시험결과에서도 강우시의 체류영향이 없을 것으로 판단된다.
- (4) 토목섬유 자체의 압축량은 전체 궤도지지강성에 영향을 미치지 않는다.
- (5) 각 시험결과, 현장작업성, 경제성 등을 검토하여 단섬유 니들펀칭 부직포를 선정하였으며, 부직포 파손 등에 대한 안전성을 고려하여 두께 2.5mm의 이중부직포를 채용하였다.

참고문헌

1. 한국철도기술연구원(1999), “궤도 생력화를 위한 도상구조에 대한 연구” 연구보고서
2. 한국철도기술연구원(2004), “기존선 자갈궤도 생력화를 위한 포장궤도 개발(Ⅱ)” 연구보고서
3. 小関昌信(1995), “低廉型既設線用舗装軌道の開発”, *RTRI REPORT*, VOL.9, pp.25~30
4. 中山光夫(1989), “浜松高架舗装軌道の保守管理”, 新線路, pp.7~9
5. 江本学(1996), “既設線用道床強化軌道の開発”, 新線路, pp.26~28