

궤도 흡음판의 성능확보를 위한 재료시험에 관한 연구

Test methods for performance of noise absorbing block materials on railway

김진호*
Kim, Jin-Ho

이광도**
Lee, Kwang-Do

안광열***
An, Gang-Yell

ABSTRACT

The construction of concrete slab track system is increased because the system has advantages which are maintenance free and so on, the other side, the system has weak points such as increase of the cost of the early stage construction and noise levels. Currently, concrete slab track systems has been designed for Gyungbu high speed line stage 2 and Honam high speed line. For those tracks, noise absorbing blocks are considered. Therefore, test methods and proper criteria for structural performance and reduction efficiency of noise absorbing blocks are required. The aim of this study is to provide provisons for installing acoustic-absorptive block on slab tracks.

1. 서론

최근 건설비용의 증가에도 불구하고 유지보수 등 여러 이점을 가지고 있는 슬래브궤도의 건설이 증가하고 있다. 그러나 슬래브궤도를 부설할 경우 유지보수 등 여러 장점에도 불구하고 자갈궤도에 비하여 소음레벨이 3dB(A)이상 증가함이 다수의 연구 및 측정결과로 밝혀진 바 있다. 독일의 경우, 슬래브궤도에서 소음저감을 위한 방안의 하나로서 궤도상부에 설치하는 흡음블록을 개발하고 시공하여 3dB(A) 이상의 소음저감을 달성한 것으로 보고되고 있다. 이외에도 일본을 비롯한 철도선진국에서 슬래브궤도의 소음을 저감시키기 위한 방안에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 현재 국내에서도 경부고속선 2단계 및 호남고속선에서도 슬래브궤도를 설계/시공 또는 설계함에 따라 궤도용 흡음판을 적극 고려하고 있다. 그러나 현재 국내에는 흡음블록에 대한 제작 및 설치를 위한 지침이 아직 정립되어 있지 않으며, 외국의 지침을 그대로 도입 시 차량, 궤도환경이 다르므로 인하여 안정성, 효율성 등에 대한 검증이 요구된다. 이에 국내환경에 적절한 흡음블록의 제품 및 설치에 관한 지침을 제시하여 안정성 및 효율성을 기하고자 한다.

2. 흡음판의 제작

슬래브궤도의 소음저감을 위하여 궤도면에 설치하는 흡음판은 천연 또는 인공경량골재에 시멘트, 물, 자갈, 첨가제 등을 혼합하여 제작된 일종의 경량콘크리트 제품으로 골재사이의 공극과 흡음성 다공질골재를 이용하여 궤도에서 발생된 전동소음을 저감시키는 것을 목적으로 한다. 그림 1은 독일의 흡음판에 사용되고 있는 L사의 인공경량 골재로 0~2mm, 2~4mm, 4~8mm의 혈암을 주원료로 하여 1200℃에서 소성가공 되었다. 그림 1은 혈암과 혈암을 원료로 생산

* 한국철도기술연구원, 표준화연구단, 정희원

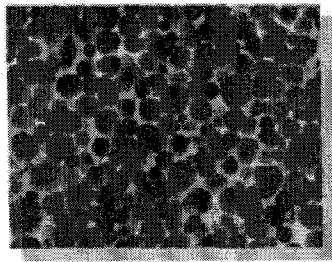
E-mail : ziminpa@krrri.re.kr

TEL : (031)460-5774 FAX : (031)460-5814

** 한국철도시설공단

*** 한국철도시설공단

된 인공경량골재를 나타내고 있다.



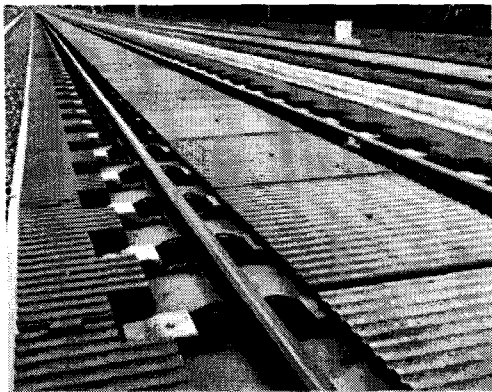
(a) 혈암(독일)



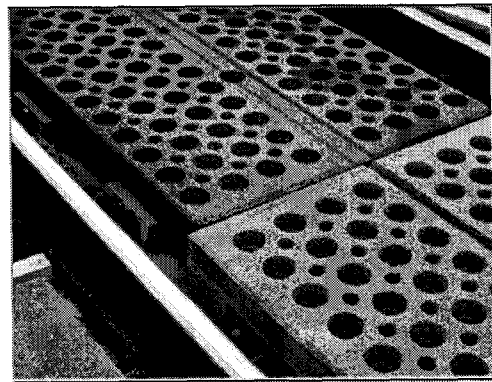
(b) 흡음성 인공경량골재

그림 1. 흡음소재

그림 2는 흡음재를 이용하여 궤도에 설치 될 흡음판의 형상과 독일과 오스트리아에 설치된 흡음판을 나타내고 있다. 독일의 경우 3dB(A)이상의 저감효과가 있는 것으로 보고되었다.



(a) 독일



(b) 오스트리아

그림 2. 해외의 흡음판

3. 흡음판 재료시험

흡음블록의 주요성능은 소음을 흡수하는 것이므로 흡음블록에 사용된 흡음재에 대하여 흡음률 측정 시험을 통해 흡음률이 적정한지에 대한 검증이 요구된다. 또한 슬래브궤도에 부설될 흡음재의 완성품인 흡음블록에 대하여 요구되는 설치조건 외에 안정성의 확보 측면에서 일반적으로 수행되고 있는 경량콘크리트 제품으로서의 기계적 성질, 구조적성능, 내마모성 등에 관한 시험이 수행되어야 한다. 최종적으로 흡음블록 완제품을 현장에 부설하여 정립된 측정조건에 의한 측정결과가 목표 저감량의 달성여부가 검증되어야 한다.

일반적으로 흡음재의 시험시편 종류와 재질의 특성이 다양하고 시험 항목은 특정한 품질에 관한 인증 절차이므로, 시험기관은 결과값에 의거하여 결과값과 함께 성적서나 등급이 아닌 총체적인 인증평을 결론으로 제시하는 것이 바람직하다. 즉 재료적 성질, 구조적 성질 등 각각의 결과와 함께 각 분야의 특성을 연계하여 총체적인 결론을 내려야 한다. 이는 각 시험항목에 관한 결과가 흡음블록 성능검증의 궁극적 대상인 흡음율과 연계하여 판단되어지기 때문이다. 예를 들어, 다공구조의 흡음재인 경우 압축강도와 제품의 투수성이 음향학적 효율과 가장 직접적인 연관이 있으므로 시험결과와 연계하여 평가하여야 한

다.

본 절에서는 흡음소재와 완성된 흡음블록에 대하여 수행되어야 할 시험항목에 대하여 검토하였다.

3.1 동결융해저항성 시험

흡음블록은 동결기에 대해 동결융해작용을 반복하여 받아 내부균열 뿐 아니라 표면박리가 동시에 일어날 수 있다. 한랭지의 경량콘크리트는 기온의 변화와 함께 동결융해의 반복 작용을 받는다. 동결융해 작용은 콘크리트 중의 자유수가 동결되어 약 9%의 체적이 팽창하고 콘크리트 내부에 큰 팽창압력이 발생되어 콘크리트 조직이 파괴된다. 따라서 흡음블록의 경우 콘크리트조직이 파괴되고 다시 골재의 조직이 파괴되는 문제가 발생할 수 있다. 콘크리트의 동결융해에 대한 저항성은 골재 중에 흡수되는 수량과 관계가 있다. 골재 중에 함유되어 있는 수분의 동결에 의한 팽창으로 강도가 약한 골재의 조직이 파괴되므로 동결융해에 대한 저항성은 보통골재 보다 현저히 적다. 그러나 골재 중에 흡수성향이 적은 경우와 골재 내부에 독립기포가 다수 분포되어 있는 경우에는 골재 자체의 단열성이 증가되며, 동결융해에 대항하는 저항성이 크다. 이에 다공질 흡음블록에 대하여 동결융해 저항성을 시험함은 중요하다. 해당 공인 시험규격으로 KS F 2456을 준용하여 시험하도록 하며, 시험결과가 다음과 같을 때 동결융해에 대한 적절한 저항성을 갖는 것으로 판단할 수 있다.

- 내구성지수는 60%이상으로 한다.
- 상대동탄성계수는 최소 60%이상으로 한다.
- 중량변화율은 1.9%이하이어야 한다.
- 균열이나 외관의 이상이 없어야 한다.

3.2 압축강도 시험

흡음판을 궤도에 설치 할 경우 외부로부터의 충격하중, 장비의 운용, 긴급 상황 또는 선로 보수원의 유지 보수 시 도보하중에 대한 최소한의 강도를 확보해야 한다. 시험방법은 KS F 2405를 준용하여 시행하며, 시험결과 최소 압축강도가 18~24MPa 인 경우 적절한 것으로 판정할 수 있다.

3.3 휨강도 시험

흡음블록의 풍압 또는 외부환경에 의한 파손방지를 최소화하기 위하여 적절한 휨강도를 확보하여야 한다. 시험방법은 KS F 2408을 준용하여 시행하며, 시험결과 4주 재령 휨강도의 값이 1.5 N/mm^2 이상이면 적절한 것으로 판정한다.

3.4 충격 시험

궤도에 설치되는 흡음블록의 풍압에 의한 변형, 비산물 등에 대한 충격에 저항할 수 있는 구조적성능이 구비되어 안정성을 확보하고 균열 및 파손 등에 의하여 흡음성능, 열차의 주행안전성에 영향을 미치지 않도록 하여야 한다. 이에 대한 성능검증을 위하여 KS F 4770을 준용하여 시험을 수행하도록 하며, 시험결과 충격원의 충격 후 외형상의 사소한 변형은 허용하는 것으로 하나, 쪼개짐으로 이어질 수 있는 균열, 부분파손과 같은 현상이 발생 시 적절하지 않은 것으로 판정한다.

3.5 부착강도 시험

흡음블록을 궤도에 설치하기 위하여 침목, 콘크리트 도상에 접착제를 사용하여 부착하는 경우 안정적 위치 고정 및 열차의 운행 중 발생하는 양력(lift-up force)에 대하여 충분한 저항력을 갖기 위해 적절한 부착강도를 확보하여야 한다. 이에 대한 시험방법은 KS F 4918을 준용하여 시행하고 시험결과가

10mm/min의 재하 속도 하에 부착강도 7 ~ 10kg/cm² 범위 값을 적정한 것으로 판단한다.

3.6 가스유해성 시험

흡음블록의 터널 내 설치 시 화재가 발생할 경우 적절한 안전조치를 취하도록 하기 위하여 유독성 또는 유해성 가스가 방출될 수 있는 가능성에 대하여 안전함을 확보하여야 한다. 시험체의 제작 및 시험은 KS F 2271에 의거하여 시행하며, 행동정지 시간이 9분 보다 클 경우 적정한 것으로 판정 한다.

3.7 배수성 시험

흡음재는 설치 시 강우가 가능한 신속히 흘러나갈 수 있게 설계되어야 하며, 흡음블록의 흡음성능에 영향을 주지 않는 범위에서 배수성을 확보하여야 한다. 투수시험은 정수위 투수 시험 방법을 따른다.

3.8 전기절연성 시험

전기절연성시험은 현장에서 레일체결장치의 전기절연저항력이 낮아질 수 있는 극단적인 환경조건에 노출되었을 때 신호시스템에 영향을 미치지 않는 최소의 전기절연성능을 확보하고 있는 지를 평가하는 시험으로 다음과 같은 이유에서 검토하게 된다.

- 보안 시스템이 궤도회로에 의존한 경우 신호 전류의 절연에 의거 좌우레일의 절연이 필요하다.
- 교류 구간에서의 통신 유도장애 대책과 직류 구간에서의 궤도재료 전식 대책으로서 변전소로의 귀선전류 누전을 방지하는 즉 레일과 대지와와의 절연이 필요하다.

시험방법으로 EN13481-5를 준용하여 시험을 수행하고 전기절연성능은 5kΩ 이상이 되면 적정한 것으로 한다.

1) 시험방법

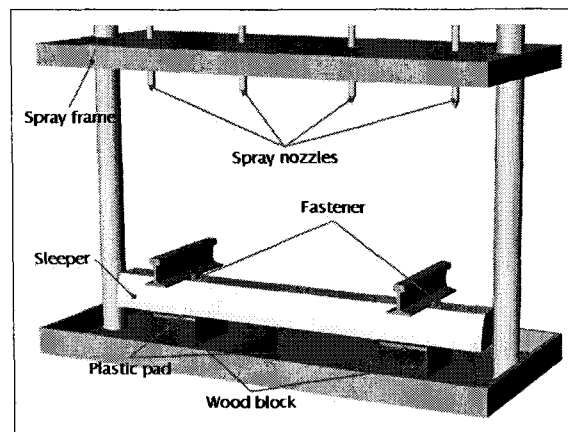


그림 3. 전기저항 시험

이 시험에서는 호우나 폭풍 등을 표현해주기 위해 완전히 건조된 침목에 다음과 같이 물을 분사 한다. 4개의 노즐에서 각각 1분에 8리터씩의 물을 분무하고, 측정 시 침목은 절연된 블록으로 지지하여 바닥면에 닿지 않도록 한다. 물을 분무하는 시간은 최소 2분(베이스플레이트식 체결장치는 10분)으로 하고, 이 때 물의 온도는 10℃ ~ 20℃이다. 이 시험은 비 등을 피할 수 있는 덮개가 있고, 환기가 될 수 있는 공간(대기온도는 15℃ ~ 30℃정도)에서 수행한다. 저항값은 50Hz 또는 60Hz의 교류를 주고 20V ~ 40V 사이의 전압을 적용한 뒤 물을 분무하면서부터 물이 다 분무한 뒤 10분 가량 전류를 측정하여 계산한다. 이 때 물의 전도율을 측정하여 보정계수값으로 저항값을 보정하여 결과를 산정한다.

시험은 최소 3회를 반복하며, 3개의 다른 침목으로 시험하거나, 같은 침목을 사용할 경우에는 최소

24시간의 여유를 두고 시험해야 한다.

3.9 흡음률 시험

흡음블록에 사용되는 흡음재에 대하여 공인된 시험규격(KS F 2805)에 따른 결과가 다음 항목을 모두 만족할 때 3dB(A)이상의 저감효과가 발생할 것으로 예측된다.

- 잔향실 시험 수행 후 200 Hz ~ 4 kHz 대역에서 흡음률 0.8이상
- 저감대상 목표 차량 및 궤도에서의 소음측정 후 1/3옥타브 밴드 분석 결과와 대비하여 상위 3개 탁월주파수대역에서 흡음률 0.8이상

4. 결론

슬래브궤도의 소음저감용으로 선진국에서 사용 중인 흡음판에 대하여 현재 국내에서도 그 사용여부를 적극 고려하고 있으나, 흡음판의 적절한 성능 및 품질기준이 국내에 아직 정립되어 있지 않다. 그러나 철도차량 및 궤도환경이 다른 국외의 기준을 사용함에 무리가 따르므로 본 연구에서는 해외기준과 국내 관련규정, 기존의 관련 연구결과를 종합하여 성능 및 품질시험 기준을 제시하였다. 향후 본 연구에서 제안하는 기준에 대하여 실험과 검증을 통해 국내실정에 적합한 기준이 시급히 정립되어야 할 것이다.

참고문헌

1. Requirements catalogue for the construction of permanent way 4th edition, 2002
2. 김진호, 이광도, 안광열, 전우상(2007), "슬래브궤도의 소음저감을 위한 흡음재의 성능에 관한 연구", 한국철도학회 춘계학술대회
3. KS F 2271, 2006, "건축물의 내장 재료 및 구조의 난연성 시험 방법", 한국표준협회
4. KS F 2405, 2005, "콘크리트 압축 강도 시험 방법", 한국표준협회
5. KS F 2805, 2004, "잔향실법 흡음률 측정 방법", 한국표준협회
6. KS F 2456, 2003, "급속 동격 용해에 대한 콘크리트의 저항 시험 방법", 한국표준협회
7. KS F 4770-3, 2003, "방음판 - 비급속 컬러", 한국표준협회
8. KS F 4918, 2003, "규산질계 분말형 도포 방수제", 한국표준협회
9. KS F 4770-1, 2001, "방음판 - 급속제", 한국표준협회
10. KS F 2218, 2000, "벽용 보드류 접착제의 접착 강도 및 그 접착 공법의 접착 강도 시험 방법", 한국표준협회
11. KS F 2408, 2000, "콘크리트 휨 강도 시험 방법", 한국표준협회
12. ISO 3095, 2005, "Railway applications-Acoustics-Measurement of noise emitted by railbound Vehicles", International Organization for Standardization
13. BS EN 13230-1, 2002, "Railway applications-Track-Concrete sleepers and bearers-Part 1: General requirements", British Standard
14. BS EN 206-1, 2000, "Concrete-Part 1: Specification, performance, production and conformity", British Standard
15. ISO 10534-2, Determination of sound absorption coefficient and impedance in impedance tubes ; Part 2 - Transfer function method
16. ISO 9613-1, 1993, "Acoustics - Attenuation of sound during propagation outdoors - Part 1: Calculation of the absorption of sound by the atmosphere", International Standard Organization, Geneva