

균열자기치유 기술을 적용한 지하철 터널 누수공사

Repair methods of water leakage cracks using crack self-healing technologies for subway tunnels

안 태 호* 방 신 영** 김 정 미*** 심 광 보****
Ahn, Tae-Ho Bang, Sin-Young Kim, Jeong-Mi Shim, Kwang-Bo

Abstract

In this research, the application of repair methods of water leakage cracks using self-healing technologies for subway tunnels is presented. In order to apply crack self-healing water stop agents and quick setting agents in subway tunnels, laboratory and field tests were performed based on various previous researches. Especially, this study focused on development of crack repair materials and their new repair methods. Therefore, various repair materials were examined for new repair materials with self-healing capability applied to crack sealing method and to patching repair method.

키 워 드 : 균열, 자기치유, 지수재료, 급결재, 지하철 터널

Keywords : Crack, Self-healing, Water stop agents, Quick setting agents, Subway tunnels

1. 서 론

최근 국내 서울 지하철의 급속한 노후화에 따른 안전 결함이 5년 사이에 7만 9천 건 이상 보고되어지고 있으며, 이 중 실제 보수가 완료된 것은 11%(2014.9.1 기준, 연합뉴스보도)인 1만 건 정도로 현재 건식균열을 비롯하여 누수균열 등 많은 보수비용이 지속적으로 절실히 요구되고 있는 상황이다. 국외 일본 도쿄메트로의 경우는 영업노선 195km 가운데 약 85%가 터널구간이며, 그 중에는 공용개시 이후 80년 이상 경과한 구간도 있어, 유지관리 관점에서 터널내의 누수 보수대책이 국가적으로도 중요한 과제로 선정되어 있는 실정이다. 특히 누수균열은 지하철 및 철도 운행에 있어서 안전사고와 직결되는 문제로 지하철 선로나 주변 전기시설에 큰 영향이 미치지 않도록 누수가 발생되면 가급적 빠른 시간 내에 보수를 완료해야 한다. 일반적으로 누수 보수는 약액주입과 V 컷트 공법을 병행한 지수가 기본적으로 행하여지고 있으나 보수 후에도 계절의 온도 변화로 인한 구체의 수축이나 유기재료의 경년열화에 의해 재누수가 발생하는 경우가 대부분이다. 이에 본 연구에서는 최근 국내외적으로 많은 보고가 되고 있는 균열 자기치유 보수 개념을 도입, 보수재료의 내구성을 향상시켜 재누수 빈도를 줄일 수 있는 새로운 무기계 보수재료 개발을 목표로 하였다.

2. 실험방법

본 연구의 목표는 누수보수재료인 무기계 지수재료와 급결재에 균열자기치유 성능을 부여하는 것으로, 한양대학교 연구실에서 개발된 재료를 기초로 하여 한국에서 (주)세릭이 시제품을 제조, 일본의 실제 지하철 박스형 터널 누수균열에 적용하였다. 누수균열은 상시 누수가 존재하는 장소와 누수량이 대량인 장소를 선정하여 실험을 실시하였다. 실험은 일본 도쿄메트로의 누수보수방법 중 약액주입공법과 V 컷트 공법을 병행하는 방식으로 하였으며, 기존 유기계 지수재료 및 급결재와 시공성능을 비교하는 시험도 진행하였다. 특히 본 실험에서는 무기계 지수재료와 급결재에 자기치유 성분을 첨가, 재누수에 대한 재료의 저항성 지속효과를 관찰하는 것이 궁극적인 연구 목표였다. 시제품이 실제 현장에 적용이 가능한지를 평가하기 위하여 기본적으로 표-1과 같이 기존제품과 함께 실내시험을 진행하였다. 또한 재균열에 대한 지수성능도 평가하기 위하여 0.2mm 폭의 균열을 모의한 콘크리트 공시체 (φ100 x 200mm)를 제작하고 여기에 각종재료를 주입 또는 도포하여 실험을 실시하였다. 이후 7일간의 통수실험을 실시한 보수 부위에 누수가 없는 것을 확인 한 후 재균열을 도입, 재통수 실험을 실시하였다. 재균열의 도입방법은 할렐 인장시험 (실제 인장강도의 50~80%정도)을 10사이클 정도 실시하여, 의도적으로 균열폭의 변동을 모의하는 것으로 하였다.

* (주) 세릭 (SERIC) 대표이사, 공학박사

** (주) 세릭 (SERIC) 연구개발센터 선임연구원, 공학박사

*** (주) 세릭 (SERIC) 연구개발센터 연구원

**** 한양대학교 공과대학 신소재공학과, 교수, 교신전자(kbshim@hanyang.ac.kr)

표-1. 실내시험 비교 항목

재료	시험항목	인용규격
지수재료	겔타임시간시험	ASTM 4402
	플로우시험	JHS 414
급결재	경화시간시험	JIS R 5201
	비커스경도시험	JIS Z 2244

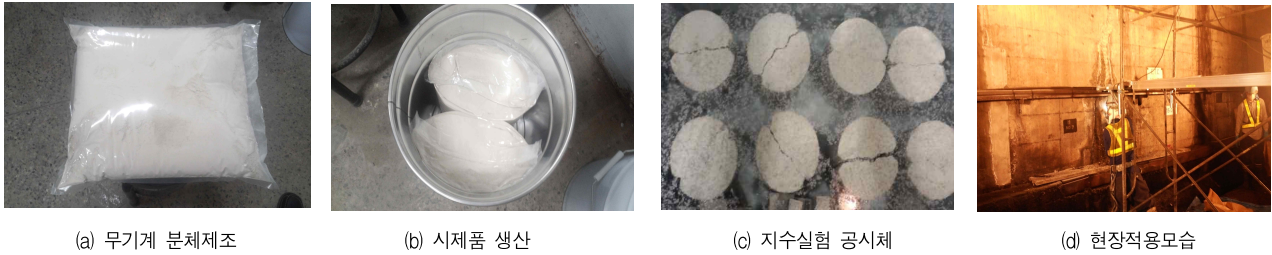


그림 1. 무기계 지수재료 및 급결재 시제품 제조 실내, 실외시험 현황

그림 1은 각 실험실에서 제조한 무기계 분체와 시제품, 실내실험을 위한 공시체 양생, 실제 현장 적용 사진을 간략하게 보여주고 있다.

3. 결과 및 고찰

지수재료 및 급결재의 실내 시험결과는 다음과 같다. 지수재료의 경우 겔타임 시험결과로부터 자기치유 성분을 함유한 시제품의 경우(겔타임 15초) 기존 유기계 제품(겔타임 30초)과 동등한 점도 경향을 가지는 것을 확인할 수 있었다. 또한 두 재료 모두 플로우 값의 결과는 JHS 기준에 대하여 1/3 정도인 것을 알 수 있었다. 또한 급결재의 경우는 경화시간이 1분 정도로 빠른 속경성을 보여주었으나 현장 적용성을 검토해 보면 5분 정도로 조절할 필요성이 있는 것을 알 수 있었다. 또한 비커스 경도와 압축강도의 관계로부터 기존제품이 다소 압축강도가 높은 것을 알 수 있었으나 일본 도쿄메트로 환경하에서의 적용기준치 (28일에서 20N/mm² 이상)는 재령 7일(24N/mm²)에서 만족한 것을 알 수 있었다. 그림 2는 재균열에 대한 지수성능을 그래프로 나타낸 것이다.

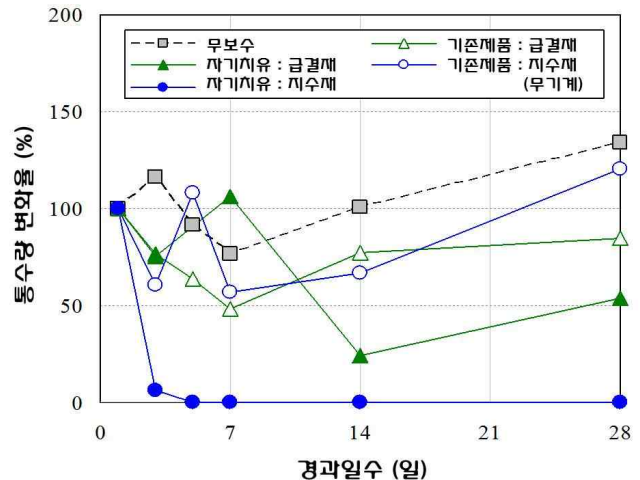


그림 2. 무기계 보수재료의 재누수 실험결과

4. 결 론

실내시험 결과로부터 새로 개발된 자기치유 성능을 첨가한 누수보수재료는 경화시간 등이 일부 개선되어야 할 필요성이 있는 것이 확인되었으나, 재균열에 대한 지수성능은 상당히 양호한 것을 확인할 수 있었다. 또한 개선된 재료를 사용하여 현장 시공을 통해 누수 지수효과가 확인되었으며, 자기치유형 누수보수재료도 현장 적용이 가능한 것을 알 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 중소기업청에서 지원하는 2014년도 산학연협력 기술개발 사업 ‘기업부설연구소 신규설치(C0193581)사업’의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다. 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. T.H. Ahn and T.Kishi, "Effect of self-healing agents on inorganic crack repair materials for concrete infrastructures" Journal of Ceramic Processing Research, Vol.16, No.1, pp.117~123, 2015