

## 관거 및 지하구조물 균열 보수에 사용되는 아크릴 누수 보수재의 적용성에 대한 연구

이은미\* · 길경익\*\*\*

\*서울과학기술대학교 건설시스템공학과

### A Study on the Applicability of Acrylic Water Leak Repair Materials used to Repair Cracks in Conduits and Underground Structures

Eunmi Lee · Kyungik Gil<sup>†</sup>

<sup>\*</sup>Department of Civil Engineering, Seoul National University of Science and Technology, Korea

(Received : 7 February 2024, Revised : 11 March 2024, Accepted : 20 March 2024)

#### 요약

노후된 관거 및 지하구조물의 균열 보수에 아스팔트계 주입재, 우레탄계 주입재, 시멘트계 주입재, 아크릴계 주입재 등 다양한 주입재가 사용되고 있다. 친환경적이고 습윤상태에서 경화가 잘되고 온도변화에 안정적인 물성을 갖는 아크릴계 누수 보수재에 대하여 연구하였다. 개량된 아크릴 누수 보수재와 기존 아크릴레이트 주입재의 성능 비교를 위하여 KS 규격의 실험방법에 준용하여 수중침지 길이변화율 시험, 수중 유실 저항성 시험, 내화학 성능시험을 실시하였다. 비교 실험해 본 결과 개량된 아크릴 누수 보수재는 기존 아크릴레이트 주입재보다 습윤상태, 온도변화, 화학적 반응에 따른 수축변화가 없었고 수중 저항성 실험에서 유실되지 않았다. 또한, 개량된 아크릴 누수 보수재의 환경적 영향을 알아보기 위해 어류급성독성 실험과 급성경구독성 실험을 진행하여 관찰해 본 결과 실험체의 사망률이 없었고 특별한 유의점이 발견되지 않았다. 본 연구의 실험결과 개량된 아크릴 누수 보수재가 성능적으로 우수하고 환경적으로 안전하고 인체에 무해하다고 판단되었다.

본 연구의 다양한 실험결과 기존의 아크릴레이트 보수재보다 개량된 아크릴 누수 보수재가 관거 및 지하구조물 균열 부위의 보수재로 사용되기 적합하다고 사료된다. 본 연구는 아크릴 누수 보수재에 대한 적용성 평가에 대한 연구로 향후 기술 개발에 활용자료로 제안하고자 한다.

핵심어 : 누수 보수재, 아크릴 누수 보수재, 하수관거 보수재, 지하구조물 누수 보수

#### Abstract

Various injection materials, such as asphalt-based injection materials, urethane-based injection materials, cement-based injection materials, and acrylic-based injection materials, are used for the repair of aged conduits and underground structures with cracks. In this study, research was conducted on an environmentally friendly acrylic-based leak repair material that exhibits good curing properties even in humid conditions and stability in temperature fluctuations. To compare the performance of the improved acrylic leak repair material with the existing acrylate injection material, experiments were conducted using KS standard methods, including underwater length change rate tests, underwater leakage resistance tests, and chemical performance tests. The comparative experiments revealed that the improved acrylic leak repair material showed no changes in shrinkage due to humidity, temperature variations, or chemical reactions compared to the existing acrylate injection material. In the underwater resistance test, the improved acrylic leak repair material did not show any leakage. Additionally, to assess the environmental impact of the improved acrylic leak repair material, acute fish toxicity tests and acute oral toxicity tests were conducted, and the results showed no mortality and no specific concerns with the test specimens. The experimental results led to the conclusion that the improved acrylic leak repair material is considered to be superior in performance, environmentally safe, and harmless to the human body.

Based on various experimental results, it is inferred that the improved acrylic leak repair material is suitable for use as a repair material for cracks in manholes and underground structures compared to the existing acrylate repair material. This study aims to propose valuable data for future technological development by evaluating the applicability of acrylic leak repair materials.

Key words : Water leak repair material, Acrylic leak repair material, water maintenance material for sewage pipes, Underground structure leak repair

<sup>†</sup>To whom correspondence should be addressed.

Department of Civil Engineering, Seoul National University of Science and Technology  
E-mail: kgil@seoultech.ac.kr

• Eunmi Lee Department of Civil Engineering, Seoul National University of Science of Technology / Graduate student (em-49@hanmail.net)

• Kyungik Gil Department of Civil Engineering, Seoul National University of Science of Technology / Professor (kgil@seoultech.ac.kr)

## 1. 서론

지하 구조물은 수압이 작용하는 지하에 축조되어 있어 콘크리트 구조물의 재료 및 시공의 특성상 건조수축균열, 침하균열, 시공 조인트 부위의 균열 등으로 누수가 발생되고 있으며, 이러한 누수는 국내뿐만 아니라 국외에서도 해결이 곤란한 심각한 문제로 대두되고 있다.(Hong, CH, et al.2005) 또한, 지하 구조물의 장기간 사용으로 강도 저하, 불명수의 유입, 지반침하, 균열, 부식, 마모, 이음부의 이완, 불량 시공 등의 관거 파손으로 설계수명 이전에 노후화되고, 파손된 부위를 통하여 오수가 주변 토양으로 누출됨과 동시에 많은 양의 지하수가 유입된다. 이는 토양오염뿐만 아니라 지하수 등의 수질오염으로 이어지며, 이로 인해 수생 및 습지 생태계의 파괴, 시민 건강 문제, 수산물오염 등의 문제가 발생할 수 있다. 최근 '싱크홀 진단과 대책' 정책 토론회 자료(국토부, 2014)에 따르면 노후 하수관로의 파손 및 균열이 지반 함몰의 주요 원인이라는 조사 결과에 따라 관거 보수 정비의 중요성을 인식하게 되었고, 노후 하수관로 정비사업이 지속적으로 진행되고 있다. 노후 하수관로의 파손 및 균열 부위를 보수하기 위해 다양한 공법 및 보수재가 개발되었고, 누수 균열을 보수하기 위해 에폭시계, 우레탄계, 시멘트계, 아크릴계, 폴리머시멘트계 등의 다양한 주입재가 사용되고 있으나, 이러한 재료들이 지하수 및 화학적인 성분, 지하 구조물의 거동 등에 의해서 물리적, 화학적 손상을 받게 되면서 재료 자체적으로 물성 변화가 발생되어 누수보수재로서의 역할을 상실하게 됨으로써 재누수 현상이 발생하게 된다. 따라서, 이러한 이유로 구조물의 사용연한이 얼마 경과되지 않음에도 불구하고 막대한 경제적인 손실을 보고 있는 것이 현재 실정이다.(Kim, JS et al, 2006) 또한, 기존의 균열 주입재의 재료적인 물성 문제로 습윤상태에서 경화가 잘 안되거나 보수효과가 지속적이지 못하고 비친환경성 재료거나 동결기와 하절기의 점도 변화 차이가 생기는 단점이 있다.

본 연구에서는 지하구조물의 균열 보수용 아크릴 주입재에 대하여 연구하였다. 개량된 아크릴 누수 보수재는 물과 반응하면 팽창하는 아크릴계의 성질로 균열부위에 충전되

면서 균열을 막고 파손된 지하구조물 외부의 토양과 결합하여 겔화되어 충전, 지수를 통해 누수차단하는 효과를 가진다. 개량된 아크릴 누수 보수재와 기존 아크릴레이트 주입재의 비교실험을 통해 지하구조물 균열 보수재로서 적용성을 살펴보고자 하였다.

실험재료는 아크릴 모노머 혼합물과 과산화 혼합물로 구성된 기존의 아크릴레이트 보수재와 에폭시프로필 메틸 에테르, 아크릴산, 수산화마그네슘, 에탄올아민 등으로 구성된 개량된 아크릴 누수 보수재로 실험하였으며, 실험방법은 아크릴 누수 보수재에 대한 표준 성능규격이 없어 다양한 KS 규격의 실험항목을 준용하여 수중 유실 저항성능, 내화학성능에 대해 기존 아크릴레이트 주입재와 비교 실험하였다. 누수 보수재의 중요한 요소인 팽창성과 수축성을 확인하기 위해 수중 침지 길이 변화율 실험을 하였고, 추가적으로 환경성과 안전성을 확인하기 위하여 어류 급성 독성 시험과 급성 경구독성 실험을 진행하였다.

본 연구에서는 개량된 아크릴 누수 보수재와 기존 아크릴레이트 주입재에 대한 성능 비교 실험을 통해 하수관거 및 지하구조물의 균열부위에 주입되는 누수 보수재로서의 적용성을 검토하였다.

## 2. 연구방법

### 2.1 수중침지 길이 변화율

하수 및 수처리 시설 구조물에 사용되는 누수 보수재는 유입되는 물을 차수하기 위해 사용되는 재료로 항상 물과 접촉되어 있는 상태에서 팽창상태를 유지하여야 한다. 수축이 일어날 경우 수밀성이 떨어져 누수 보수재료로 적용하기 어렵다. 수중에서의 팽창성과 온도변화에 따른 수축성을 확인하기 위해 수중침지 길이 변화율 실험을 실시하였다. 실험 방법은 KS F 2424(모르타르 및 콘크리트의 길이변화 시험방법)에 준용하여 40×40×160mm의 시험용 몰드에 누수 보수재료인 아크릴레이트 보수재, 개량된 아크릴 누수 보수재를 각 주입하여 실험체를 3개씩 제작하였다. 실험 측정 시 조건은 5℃, 10℃, 20℃ 온도 조건에서 수중 침지하여 재령 1일, 3일, 7일, 14일 마다 길이 변화를 측정하였다.



(a) Sampling



(b) Length measurement method(L=160mm)

Fig. 1. Experiment on the Variation Rate of Soaking Length

실험체 수중 침지 14일 후 길이 변화를 측정하고 5°C, 10°C, 20°C 온도 조건에서 0°C로 냉각시켜 길이 변화량을 측정하여 수축 유무를 관찰하였다. Fig. 1.은 수중침지 길이 변화를 실험의 실험체 제작 및 길이변화 측정방법을 설명한 그림이다.

### 2.2 수중 유실 저항성능

하수관거 및 지하구조물에 적용되는 누수 보수재료는 보수재를 적용하는 부위가 습윤 또는 수중상태에 있기 때문에 누수 보수재료가 경화되기 전에 유실될 가능성이 있다. 또한, 경화가 이루어져도 지하수나 침입수, 침출수의 유속에 의해 누수 보수재료가 유실될 수 있다. 이에 지하수에 의한 수중 유실 저항성을 확인하기 위해 KS F 4935(누수용 주입형 실링재) 준용에 따라 실험하였으며, 각 누수재료(아크릴레이트 보수재, 개량된 아크릴 누수 보수재)를 대기 중에서 플라스틱 살레(직경100mm×높이10mm)에 주입하여 살레 윗면까지 평평하게 하고 내부까지 완전하게 충전되도록 하여 각 3개씩 6개의 시험체를 만들었다. Fig 2.는 유실저항 시험기의 모식도이며, 이 유실저항 시험기에 실험체를 담고 48시간동안 0.2m/s의 유속으로 물을 계속 흘러보내어 48시간 경과 후에 실험체의 유실정도를 표면관찰 및 무게 변화로 확인하였다.

### 2.3 내화학성능 실험

하수 및 수처리 시설 구조물에 적용되는 누수 보수재료는 균열 및 보수 부위에 주입되어 방수층을 형성하게 되고, 주변의 토양과 지하수에 혼입되어 있는 산, 알칼리 등과 하수, 폐수 등에 포함되어 있는 화학물질로 인해 화학적 침식이 증가할 수 있다. 개량된 아크릴 누수 보수재와 기존 아크릴레이트 누수재가 보수재료써 화학적 침식에 대응한 수축과 팽창 변화가 있는지 적합성 여부를 판단하기 위해 내화학 성능 실험을 비교 실시하였다.

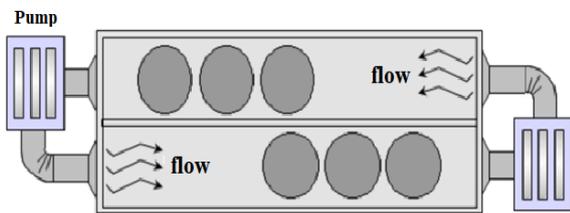


Fig. 2. Test schematic diagram of underwater loss resistance performance

Table 2. Experimental group of Acute oral toxicity test.

Group	SEX	Number of animals	Dose(mg/kg B.W.)	Dosage(mg/kg B.W.)	Route
1st step	female	3	300	10	Mouth
2nd step	female	3	300	10	
3rd step	female	3	2000	10	
4th step	female	3	2000	10	

Table 1. Test solution water quality

Test substance	pH	water temperature (°C)	DO(mg/L)
Negative control	7.11	22.0	8.66
positive control	7.12	22.1	8.44

시험 방법은 KS F 4935(누수보수용 주입형 실링재)에 준용하여 살레(∅65×10mm)에 각 실험체(아크릴레이트 보수재, 개량된 아크릴 누수 보수재)를 주입하여 3개씩 6개의 시험체를 만들고, 온도 20±2°C, 상대습도 65±5%의 상태에서 3일간 정치하였다. 각 성형된 실험체를 염산(2%), 염화나트륨(10%) 용액 속에 168시간 담가 둔 후, 시험체를 흐르는 물에 충분히 씻어 상온에서 최소 24시간 정치하여 건조시킨 후 중량변화와 상태를 확인하였다.

### 2.4 어류급성 독성실험

개량된 아크릴 누수 보수재는 하수관거 누수 보수시 파손 부위에 보수재 주입 후 구조물 외부의 토양과 덩어리로 겹쳐져 굳어져 침입수 및 침출수를 차단한다. 구조물 외부 토양과 내부 수질과 접하고 있기에 환경적 영향을 조사가 필요하다 판단되어 어류급성 독성 실험을 실시하였고, 개량된 아크릴 누수 보수재를 한국 산업표준 공장폐수시험방법(KS I 3217: 2008)중 70항 어류에 의한 급성 독성시험방법에 따라 진행하였다. 실험체(개량된 아크릴 누수 보수재)를 트레이에 혼합하여 굳힌 후 가로 5cm, 세로 5cm, 높이 5cm으로 세공한 후 시험용수 10L 사용하여 시험수조에 처리하여 용출시켰다. 관찰 시작 시 시험 용출수(positive)와 음성대조군 시험용수(negative)의 수질을 측정하였고 Table 1.과 같이 정리하였다. 시험 용출수(positive)와 음성대조군 시험용수(negative)에 각 송사리 10마리를 투입하고 실험 진행하였으며, 시험 시작 후 3, 4, 48, 72 및 96 시간 경과 시에 따라 일반중독증상, 특이증상 및 치사 관찰을 실시하였다.

### 2.5 급성 경구독성 실험

하수관거 보수재로 사용되는 아크릴계 누수 보수재는 누수 보수 후 하수 및 지하수에 직접 노출되기 때문에 개량된 아크릴 누수 보수재가 인체에 안전한지 확인이 필요하다고 사료되어 급성 경구독성 실험을 실시하였다. 실험방법은 급성 경구독성시험(국립환경과학원고시 제2016-27호(2016-12-19))

제5장 18항 ) 방법에 의거하여 진행하였으며, SD계 암컷 rat를 사용하여 시험물질 투여용량을 300mg/kg B.W.(1st, 2ndstep)와 2000 mg/kg B.W.(3rd,4thstep)로 단계를 나누어 각각 3마리에 1회 경구 투여하였다. 실험군에 대한 분류는 Table 2.에 정리하였다. 시험물질 투여 후 14일간 모든 동물에 대하여 매일 1회 증상을 관찰하였고, 단 투여 당일에는 투여 후 0.5, 1, 2, 3, 4 시간 관찰 진행하였다. 또한, 시험물질 투여 후 정상적인 생체 성장하는지 확인하기 위해 체중변화를 관찰하였고, 체중변화 관찰은 도입 시, 군

분리 시, 시험물질투여 개시 직전, 투여 개시 후 1, 3, 7, 14일 관찰 측정하였다.

### 3. 연구결과

#### 3.1 수중 침지 길이 변화를 실험

아크릴계 보수재는 하수관거 부분 보수시 유입되는 물을 차수하기 위하여 사용되는 재료로 항상 물과 접촉되어 있는 상황에서 팽창된 상태를 유지하여 수밀성으로 누수를

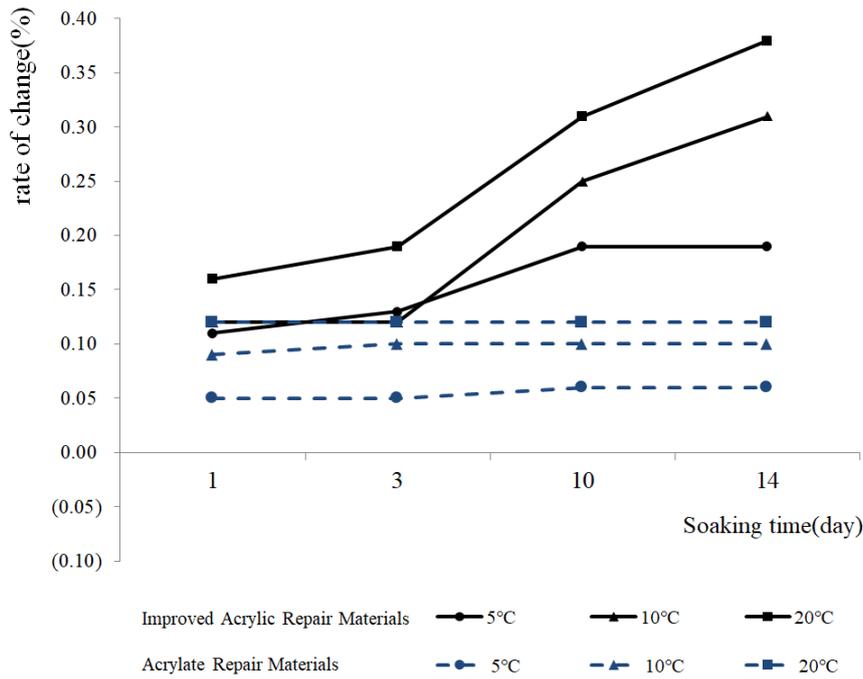


Fig. 3. Rate of change in length of immersion in water.

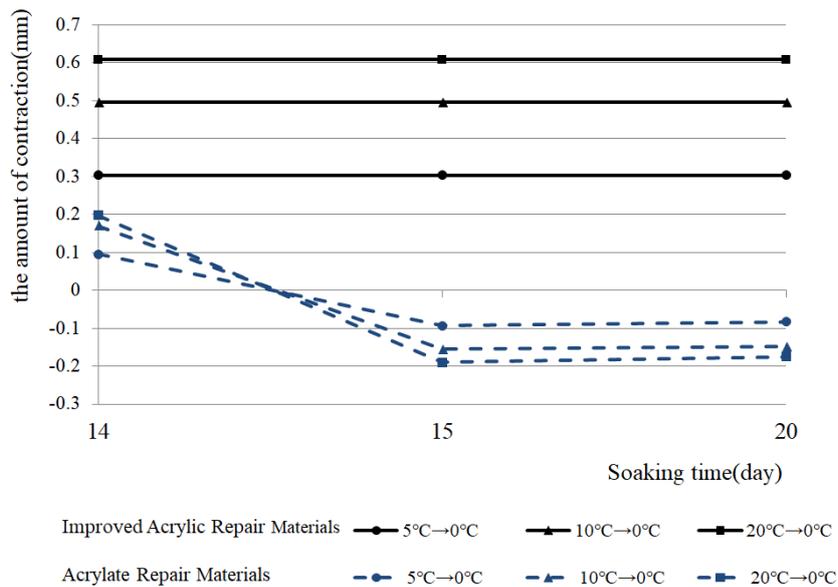


Fig. 4. The amount of shrinkage due to temperature change.

차단한다. 그러므로 수중 침지 상태에서 길이 변화 정도, 온도 변화에 따른 팽창과 수축 현상을 실험 관찰하여 하수 관거 부분 보수 시공 적용에 적합한지 확인하였다.

수중침지 길이 팽창을 실험을 실시한 결과 개량된 아크릴 누수 보수재의 수중침지 길이 변화는 5°C에서 1일 ~14일까지 팽창 길이 변화율은 0.1~0.19%까지 증가하였고, 10°C에서 1일~14일까지 팽창 길이 변화율은 0.12~0.31%까지 증가하였다. 20°C에서는 0.16~0.38%까지 팽창 길이 변화율이 증가하였다.

기존 아크릴레이트 보수재의 수중침지 팽창 길이 변화를 관찰한 결과 5°C에서 1일~14일까지 길이 변화율은 0.05~

0.06%까지 증가하였고, 10°C에서 1일~14일까지 팽창 길이 변화율은 0.09~0.10%까지 증가하였다. 20°C에서는 0.12%까지 팽창 길이 변화율이 증가하였다. 실험관찰 결과 각 실험체의 보수재가 전체적으로 수중에서 팽창 효과를 보이지만 Fig3 과 같이 개량된 아크릴 누수 보수재가 기존 아크릴레이트 보수재보다 팽창 변화가 큰 폭으로 관찰되었으며, 온도가 높을수록 팽창 변화가 크게 일어났다. 이에 개량된 아크릴 누수 보수재가 기존 아크릴레이트 보수재보다 시공시 누수차단 효과가 우수할 것으로 판단된다.

14일까지의 수중침지 길이 팽창실험 후 온도 변화에 따른 수축량을 확인하기 위해 수축시험을 하였다. 수축량 시

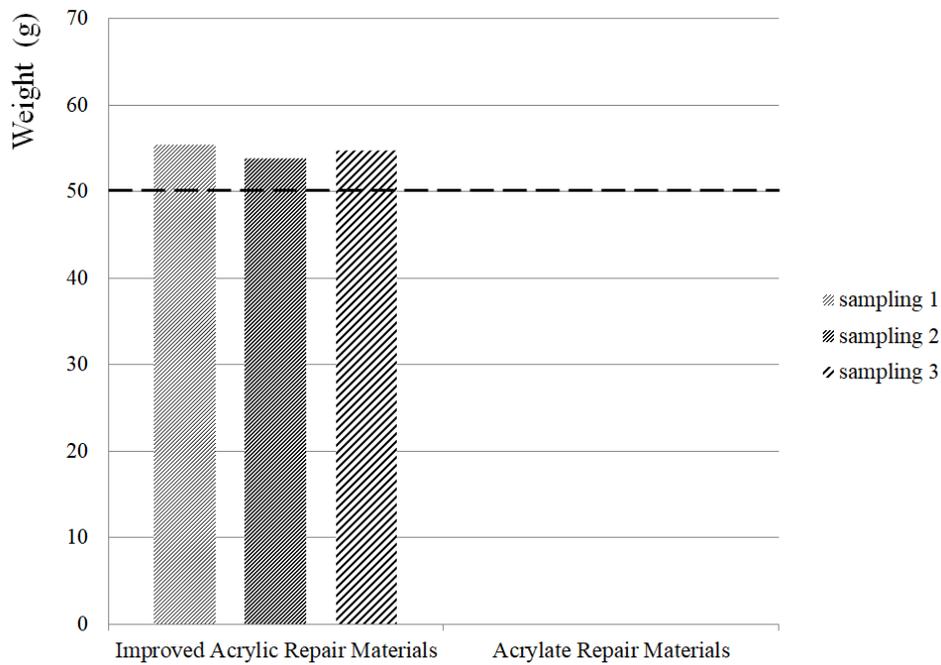


Fig. 5. Results of Underwater Loss Resistance Experiments.

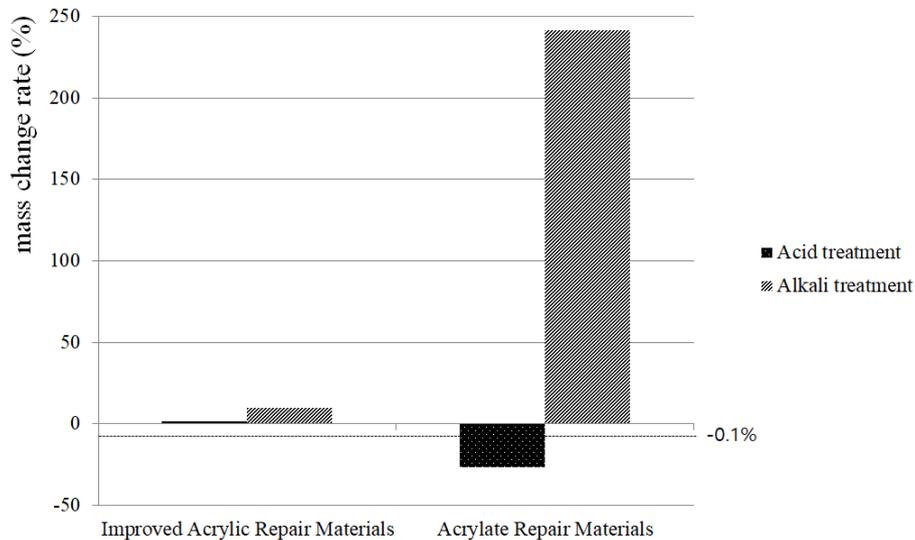


Fig. 6. Rate of mass change of chemical resistance test.

험은 5°C, 10°C, 20°C에서 0°C로 냉각시켜 길이 변화량을 관찰하여보았다. 개량된 아크릴 누수 보수재의 수중침지 온도 변화 관찰결과 5°C에서 0°C로 냉각시켰을 때 14일까지 팽창 길이 0.304mm가 15일차, 20일차까지 유지되었다. 10°C에서 0°C로 냉각시켰을 때 14일까지 팽창길이 0.496mm가 15일차, 20일차까지 유지되었다. 20°C에서 0°C로 냉각시켰을 때 14일까지의 팽창길이 0.608mm가 15일, 20일차까지 유지되었다.

기존 아크릴레이트 보수재는 5°C에서 0°C로 냉각시켰을 때 14일까지 팽창길이 0.096 mm에서 15일차에 -0.093mm, 20일차에 -0.083mm으로 수축하였고 10°C에서 0°C로 냉각시켰을 때 14일까지 팽창길이 0.17mm에서 15일차에-0.155mm, 20일차에 -0.148mm으로 수축하였다. 20°C에서 0°C로 냉각시켰을 때 14일까지 팽창길이 0.198mm에서 15일차에 -0.190mm, 20일차에 -0.175mm로 수축하였다. Fig.4.는 수중 침지 실험 중 냉각 시 길이 변화량을 나타낸 그래프이다. 온도 변화에 따른 수축량을 관찰한 결과 개량된 아크릴 누수 보수재는 수축이 없이 유지되었고, 기존 아크릴레이트 보수재는 온도 변화가 클수록 수축이 많이 나타났다. 우리나라의 계절기온 변화를 고려할 때 기존 아크릴레이트 보수재 보다 개량된 아크릴 누수 보수재의 적용성이 좋은 것으로 사료된다.

**3.2 수중 유실 저항 성능 실험**

하수관거에 사용되는 누수 보수재는 습윤 또는 수중상태로 경화가 이루어져야하기 때문에 KS F 4935을 준용한 실험방법으로 수중 유실저항 성능실험을 통하여 수중 경화중에 유실이 되는지 확인하였다. 개량된 아크릴 누수 보수재 3개 실험체의 중량을 실험 전과 후에 측정하여 관찰한 결과 보수재의 유실은 발생되지 않았으며 기본 중량 50g 중에서 팽창되면서 각 55.42g, 53.81g, 54.63g으로 중량이 증가되는 것을 확인할 수 있었다. Fig. 5.은 수중 유실 저항 성능 실험 후 실험체의 중량변화를 나타낸 그림으로 개량된 아크릴 누수 보수재는 팽창되어 중량이 증가된 것을 확인할 수 있었고, 기존 아크릴레이트 보수재는 실험중 유실

로 중량 측정을 할수 없었다. 기존 아크릴레이트 보수재는 수중 경화가 잘 되지 않아 유실된 것으로 사료되고, 개량된 아크릴 누수 보수재는 수중에서도 경화가 잘 되어 유속에 휩쓸리지 않고 팽창됨을 보였다. 이는 하수관거 파손부위 보수 시공시 개량된 아크릴 누수 보수재의 경화성능이 우수하다고 확인된다.

**3.3 내화학 성능 실험**

관거 보수재료는 주변 토양, 지하수, 하수 등과 관계하고 있기 때문에 근처에서 유입되는 화학수에 의한 화학적 침식에 대한 저항성능이 필요하다. 팽창과 수축 변화가 크면 보수재료로써의 수밀성이 떨어짐으로 이를 확인하기 위해 내화학 성능실험을 실시하였다. 화학수 침적 후 중량 변화를 확인 결과 개량된 아크릴 누수 보수재는 산처리(2%)된 화학수에 침적하였을 경우 중량 증가 0.60g으로 증가율 1.11%를 보였고, 알칼리 처리(10%) 화학수에 침적하였을 경우 5.10g 중량 증가로 증가율 9.46%를 보였다. 기존 아크릴레이트 보수재의 경우 산처리(2%) 화학수에 침적하였을 경우 중량이 16.26g 감소하여 증감율 26.66%로 감소하였고, 알칼리처리(10%) 화학수에 침적하였을 경우 중량이 147.22g 증가하여 증가율이 241.34%로 증가하였다. Fig 6.은 내화학 성능실험결과 중량변화율을 그래프로 나타낸 것이다. 기존 아크릴 보수재의 경우 산 처리수에 취약한 것으로 보이며 알칼리 처리수엔 과대하게 팽창되는 것으로 확인되었다. 기존 아크릴레이트는 화학적인 침입수나 침출수에 노출되는 것이 적합하지 않은 것으로 판단된다.

**3.4 어류급성 독성 실험**

하수관거 누수 보수재는 관거 밖으로는 토양, 관거 안으로는 지하수 및 하수와 접하여 있어 환경적으로 안전한지 검증할 필요가 있다고 판단되어 어류급성 독성 실험을 하였다. 개량된 아크릴 누수 보수재 경화물을 이용한 용출수에 대하여 어류(송사리)를 이용한 독성 정도 시험 관찰한 결과 48시간 및 96시간 치사율은 0%로 나타났고, 표준 시험용수와의 어류관찰 비교 결과 치사 및 일반중독 증상은

Table 3. Acute Toxicity Test Results of Fish.

Test substance	Number of fish	Number of dead fish					Mortality(%)	
		3h	24h	48h	72h	96h	48h	96h
Negative control	10	0	0	0	0	0	0	0
positive control	10	0	0	0	0	0	0	0

Table 4. Mortality and Clinical Results in Acute Oral Toxicity Experiments.

Group	Dose(mg/kg B.W.)	Number of animals	Mortality	Clinical signs
1st step	300	3	0%	Normal
2nd step	300	3	0%	Normal
3rd step	2000	3	0%	Normal
4th step	2000	3	0%	2/Normal 1/Diarrhea

Table 5. Body weight in Acute Oral Toxicity Experiments.

Group	Dose (mg/kg B.W.)	Number of animals	Day(s) after administration					
			0	1	3	7	14	
1st step	300	3	Average	192.5g	214.3g	222.7g	227.4g	240.0g
			Deviation	4.4	5.4	6.3	8.5	14.4
2nd step	300	3	Average	218.6g	242.8g	245.4g	257.1g	267.1g
			Deviation	6.6	9.1	8.2	7.2	10.1
3rd step	2000	3	Average	227.0g	250.2g	255.9g	266.6g	274.6g
			Deviation	12.3	14.9	16.1	17.4	21.2
4th step	2000	3	Average	260.0g	277.2g	289.0g	303.7g	310.5g
			Deviation	8.7	9.7	5.2	2.4	3.8

관찰되지 않았다. Table 3.에 치사율에 대한 관찰결과를 정리하였다. 실험관찰 결과 개량된 아크릴 누수 보수재는 환경적으로 무해한 것으로 사료된다.

### 3.5 급성 경구독성 실험

하수관거 보수재는 지하수나 하수에 직접적으로 접하고 있기에 인체에 안전한지 검증할 필요가 있다고 판단하였고 급성경구독성 실험을 실시하였다. 개량된 아크릴 누수 보수재로 급성경구독성 실험한 결과 실험기간 중 시험물질 투여에 의한 사망한 동물은 관찰되지 않았고, 일반 증상 관찰 결과 2000mg/kg B.W.(4thstep)에서 설사 증상이 일시적으로 발생하였다가 회복되었다. 관찰된 설사 증상은 시험물질 투여에 의한 영향으로 사료되나 빠른 시일 내에 회복되었다. 시간이 지남에 따라 체중 증가가 관찰되는 것으로 미루어 볼 때, 경미한 현상으로 사료된다. Table 4.에 일반 증상 관찰결과를 정리하였다. 정상적인 생체활동이 이루어지는지 확인하기 위해 시간 경과에 따른 체중측정을 하였고, 그 결과를 Table 5.로 나타내었다. 체중측정은 당일, 1일, 3일, 7일, 14일로 5회 실시하였고, 각 실험군의 3개 개체에 대한 평균 체중과 표준편차를 구하여 결과 값을 정리하였다. 체중 측정결과 모든 투여군에서 정상적인 체중 증가가 관찰되었고, 치사율과 일반증상 관찰결과 특이사항이 없는 것으로 보아 인체에도 안전한 것으로 사료된다.

### 3.6 결과 분석

기존의 아크릴레이트 보수재와 개량된 아크릴 누수 보수재를 비교 실험한 결과 수중침지 길이변화율 실험의 경우 개량된 아크릴 누수 보수재가 기존 아크릴레이트 보수재보다 수중에서 팽창률이 증가하였고, 온도 변화에도 팽창율이 유지되었다. 내화학성능 실험 관찰결과 개량된 아크릴 누수 보수재가 기존 아크릴레이트 보수재보다 산, 알칼리에 대한 변성이 적은 것으로 관찰되었고, 화학적인 침출수나 침입수에 대해 물성변화가 없을 것으로 판단된다. 수중유실저항성 실험 결과로 보아 수중 경화에도 유실이 적어 습윤 상태나 수중에서 누수 보수재로 사용이 가능하다고 사료된다. 어류 급성독성 실험과 급성 경구독성 실험 관찰 결과 환경적인 영향이나 인체에 대해 안전한 것으로 판별되었다.

## 4. 결론

지하구조물 보수용 균열 보수재로 적용성을 확인하기 위해 개량된 아크릴 누수 보수재와 기존 아크릴레이트 보수재를 비교실험(수중침지 길이변화율 실험, 내화학 성능 실험, 수중유실저항 실험)을 하여 본 결과 개량된 아크릴 누수 보수재가 기존 아크릴레이트 보수재보다 수축현상과 유실 및 물성 변화가 없었고 온도 변화에도 변성이 없었다. 기존 아크릴레이트 보수재보다 개량된 아크릴 누수 보수재가 누수 보수재로 안정적인 것으로 판단된다.

환경성과 인체 안전성을 확인하기 위해 개량된 아크릴 누수 보수재의 어류 급성 독성 시험과 급성 경구독성 실험을 실시해 보았고, 실험 관찰 결과 치사율과 이상 증상이 나타나지 않았다. 개량된 아크릴 누수 보수재는 환경적으로 안전하고 인체에 무해한 것으로 사료된다.

본 연구를 통해 개량된 아크릴 누수 보수재는 지하구조물의 누수 보수재로서 성능적으로 환경적으로 우수한 것으로 판단되며, 지하구조물 균열 보수시 효과적으로 활용 가능할 것으로 판단된다. 향후 아크릴 누수 보수재에 대한 기술 개발 활용자료로 제안하고자 한다.

## 사 사

본 연구는 2017년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(No.2017R1D1A1B06035481)으로 진행되었습니다.

## References

- Hong, CH, Kim, SR, Kwak KS, Oh, SK, (2005). A Experimental Study on the Performance Test of Water Leakage Repair Materials for Water Expansion Acrylic Resin, The Korean institute of building Construction of Architectural Spring Conference, 2005 pp.51-56[Korean Literature]
- Kim, J, Kwon, S, Bae, K, Oh, S, (2006). A study on Test Methods to Select Reasonable Repairing Material for Water Leakage

- Creek in Concrete Structure, Annual Conference of the Architectural Institute of Korea Structure & Construction, 2006 pp.493-496[Korean Literature]
- Hong, SI, Im, JY, Gil, KI,(2017). Improvement of strength and prevention of twist strain in sewer pipe using glass fiber and twist prevention band, Journal of Wetlands Research, 19(1), pp.63-68.[Korean Literature] [DOI <https://doi.org/10.17663/JWR.2017.19.1.063>]
- Lee, H, Lee, J, Kwak, K, Oh, S,(2007). The test investigation regarding an efficiency on Leaking Repair Materials into Injection for Water Expansion Acrylic Resin System, Annual Conference of the Architectural Institute of Korea Structure & Construction, 2007 27(1)pp.643-646[Korean Literature]
- Cho, I, An, K, Song, J, Oh, S,(2018). Effect of Evaluation before Site Application of Poly-acrylic Resin Leakage Repair Materials, Journal of the Regional Association of Architectural Institute of Korea, 20(6), pp.55-61[Korean Literature]
- Cho, IK, Kim, K, Oh, S,(2016). 2 Component Adhesive Leakage Repair Sealant Evaluation, Journal of the Korean Recycled Construction Resources Institute, 4(4), pp.396-403 [Korean Literature] [DOI <https://doi.org/10.14190/JRCR.2016.4.4.396>]
- Im, MC,(2006). An Experimental Study on the Adoptability of the Injection Sealers by performance evaluation, Master's Thesis, Seoul National University of Science and Technology, Seoul, Korea,[Korean Literature]
- Kim, SY,(2017). Development of Artificial Crack Testing Method for Injection Type Repair Materials Used in Leakage Cracks of Concrete Structure in Underground Environment, Ph.D. Dissertation, Seoul National University of Science and Technology, Seoul, Korea,[Korean Literature]
- Kim, SY, Yoo, JY, Kim BI, Oh, SK,(2019). A Study on the Chemical Resistance Performance of Injection Type Leakage Repair Materials used in Crack Parts of Concrete Structures under the Contaminated Groundwater Environment, J. Korea Inst. Build. Constr.,19(5), pp.411-419[Korean Literature] [DOI <https://doi.org/10.5345/JKIBC.2019.19.5.411>]
- Kim, SM,(2014). A Experimental Study on Performance Evaluation of Repair Material,of Water-Leakage Cracks, Master's Thesis, Tongmyong University, Busan, Korea. [Korean Literature]
- Oh, SK(2012). Method of selecting materials and construction methods for analysis of causes and repair of leaky cracks, Construction Management News. 2012 03·04 pp.74-81 [Korean Literature]
- Kim JS, Park, JS, Oh, MH, Oh SK(2005).The Experimental Study on the Performance Test of Construction of Water Leakage Repair Material in the Building of Pouring Material for Water Expansion Acrylic Resin, Journal of the Korea Institute for Structural Maintenance and Inspection, 9(2), pp.397-402 [Korean Literature]
- Kim, SY, Yoo, JY, Oh, SK,(2020). A Study on the Performance Evaluation of Water(wash out) Resistance of 5-Type Repair Materials in Water Leakage of Underground Concrete Structures, Journal of the Korea Institute for Structural Maintenance and Inspection, 24(5) pp.61-68[Korean Literature] [DOI <https://doi.org/10.11112/jksmi.2020.24.5.61>]
- Cho, IK, Yuh, JH, Oh SK,(2018). A Study on the Application of Water Leakage Repair Materials through the Performance Evaluation of Polyacrylic Resin, The Korea Institute of Building Construction, 18(2), pp.193-194 [Korean Literature]
- Kim, JS, Oh, SK.(2005). An Experimental study on the Performance Test of Water Expansion Acrylic Resin for Building Repair, RESEARCH BULLEIN, Seoul National University of Technology, 54(2),pp.489-493 [Korean Literature]
- Kim, SY, Oh, KH, Oh, SK,(2018). Comparative Analysis of Substrate Wet Surface Adhesion and Substrate Movement Response Performance Testing Methods for Injection Type Repair Materials Used in Leakage Cracks of Concrete Structure in Underground Environment, Journal of the Architectural Institute of Korea Structure & Construction, 34(9) pp.19-26 [Korean Literature] [DOI [https://doi.org/10.5659/JAIK\\_SC.2018.34.9.19](https://doi.org/10.5659/JAIK_SC.2018.34.9.19)]
- Kang, HJ, Woo, YJ, Kang HK, Oh, SK,(2002). A Study on the Performance Evaluation Method of Waterproofing-Seal as Leakage Crack Repairing Material using in Wet Environment Structure,The Korea Institute of Building Construction, 2(2), pp.43-48[Korean Literature]
- An, KW, Bae, SW, Lee, KH, Song, JY, Oh, SK,(2016). Leakage Repair Analysis based on Expansion Properties of Acrylic Type Water leakage Repair Materials, Korea Institute for Structural Maintenance and Inspection, 20(1), pp.473-476 [Korean Literature]
- Han, YJ, Choi, SY, Oh, KH, Kim SR, Kim BI, Oh, SK, (2016)., Washout Resistance Evaluation of Waterproofing Materials Applied in Underground Structure Leakage Areas,16(1),Korean Recycled Construction Resources Institute, pp.75-77[Korean Literature]
- Choi, HY, Lee, CH, Kang, BC, Kim YK, Lee CW, Lo, HL(2020). Evaluation of Crack Repair Performance of Liquid Type Crack Repair Agent for Acrylic Resin and Chemical Admixture, Proceedings of the Korea Concrete Institute, 32(1), pp.315-316 [Korean Literature]