

# 상수도용 대구경 녹 발생 강관 내부의 보수 및 성능 유지를 위한 EVA 시트와 부틸고무를 합지한 자착식 방수방식 시트의 부착성능 평가

## EVA Sheet and Butyl Rubber based Waterproofing-Anti-Corrosion Sheet for Corrosion Maintenance and Repairing in the Interior Side of the Large Steel Pipes in Water Treatment Facilities

안기원<sup>1</sup> · 김병일<sup>2</sup> · 오상근<sup>3\*</sup>Ki-Won An<sup>1</sup> · Byoung-Il Kim<sup>2</sup> · Sang-Keun Oh<sup>3\*</sup>

(Received August 14, 2017 / Revised September 7, 2017 / Accepted September 12, 2017)

This study discusses the applicability of environmental friendly EVA based butyl rubber self-adhesive waterproof sheet designed to prevent corrosion of large scale pipes used in the water treatment facilities during the water treatment process. The experiments conducted tested the waterproofing sheet's adhesion strength on the steel surface of the pipes and checked for whether the material has the proper response properties against the various environmental conditions. In addition, it the sheet adhered to the steel pipe was to see if the adhesion hold against the water pressure due to the ingress of inflow water. Finally, the waterproofing sheet's adhesion strength was tested on a rusted steel surface to confirm whether the material has the necessary properties to secure stable adhesion strength and prevent corrosion of steel pipes at the same time during the process of installation or maintenance. As a result, the self-adhesive waterproof sheets showed that all attachments in the untreated, long term pressuring, immersion in chemical substance (hydrochloric acid, hypochlorous acid, sodium hydroxide), low temperature (-20°C) conditions showed a adhesion performance of higher than 1.5N/mm, which is the performance standard of KS F 4934. Also, in the testing to check for the adhesion property against inverse water pressure, it was observed that the adhesion failure did not occur even up to 3.0N/mm<sup>2</sup> pressure. Also, in the process of assessing the adhesion performance on rusted steel surface, specimens after 12 hours of corrosion treatment was shown to have 2.1N/mm, and specimens after 168 hours of corrosion treatment was shown to have 2.0N/mm adhesion strength performance.

**키워드** : EVA 시트, 부틸고무, 녹 발생 대구경 강관 보수, 자착식 방수방식 시트**Keywords** : EVA sheet, Butyl rubber, Repair of corroded large steel pipes, Self adhesive waterproofing and anti corrosion sheets

## 1. 서론

국내 상수도 급수시설 보급현황에 따르면 2015년 기준으로 전 국내 161개의 지방상수도사업자(특별시 및 광역시 : 7개, 특별자치시 : 1개, 특별자치도 : 1개, 시 : 75개, 군 : 77개) 및 1개의 광역상수도

사업자가 국내 약 52,045,000명에게 상수도를 공급하고 있다(Fig. 1 참조). 이는 국내 인구의 약 98.8%로 대다수의 국민들이 상수도를 이용하고 있는 실정이다.

이러한 상수도의 급수과정은 보편적으로 강, 하천, 댐 등에서 취수탑을 이용하여 취수한 물을 착수정에 담수한 후, 약품 투입실

\* Corresponding author E-mail: ohsang@seoultech.ac.kr

<sup>1</sup>서울과학기술대학교 일반대학원 의공학-바이오소재 융합협동과정 건축프로그램 박사과정 (Convergence Institute of Biomedical Engineering and Biomaterials Program of Architecture, Seoul National University of Science and Technology, Nowon-Gu, Seoul, 01811, Korea)

<sup>2</sup>서울과학기술대학교 공과대학 건축공학과 조교수 (Asst. Professor, Dept. of Architectural Eng. Seoul National University of Science and Technology, Nowon-Gu, Seoul, 01811, Korea)

<sup>3</sup>서울과학기술대학교 공과대학 건축공학과 교수 (Professor, Dept. of Architectural Eng. Seoul National University of Science and Technology, Nowon-Gu, Seoul, 01811, Korea)

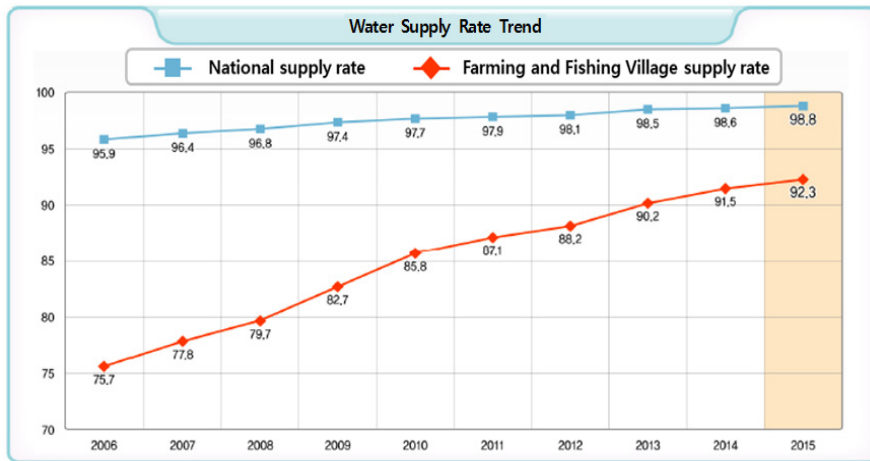


Fig. 1. Water treatment facility supply trend(source: ministry of environment 2015 waterworks statistics)

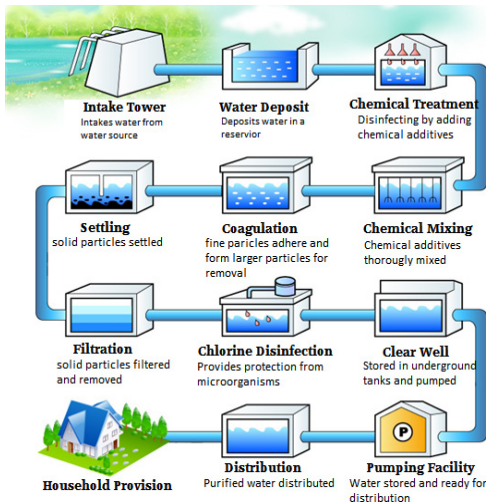


Fig. 2. Waterworks process(source: suwon waterworks office)

에서 각 종 약품을 투입하고 혼화지에서 물과 약품을 혼화시킨 뒤 응집지로 이동시킨다(Fig. 2 참조). 이동된 상수는 응집지에서 약품에 부유물 및 찌꺼기 등을 영거게 한 뒤 침전지에서 뒤엀킨 찌꺼기를 가라앉히고, 여과지에서 찌꺼기를 거른 뒤 상수에 남은 세균을 염소를 이용하여 멸하여 처리하고 정수지에 저장한다. 저장된 상수는 송수펌프를 이용하여 배수지로 보낸 뒤 각 가정에 급수하는 과정을 거쳐 급수가 이루어진다.

하지만 여러 경로의 정수과정이 진행되는 동안 상수는 다양한 화학적 환경에 노출되게 되고, 이렇게 화학적 약품에 노출된 상수는 대구경(D 1,800mm 이상) 급수배관의 내부를 통과할 때 마다 급수배관에 화학적 열화를 발생시키게 된다. 이렇게 발생된 열화는 배관의 부식 및 녹을 발생시켜 각 가정에 공급받는 급수의 오염

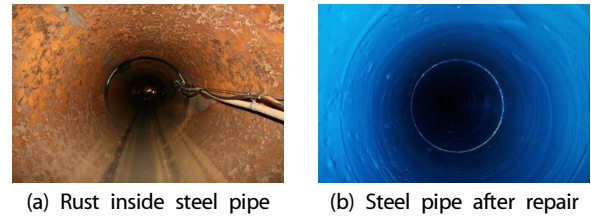


Fig. 3. Steel pipe after corrosion and repair

및 음용수의 신뢰도를 하락시키는 원인이 되고 있다.

특히 국내 상수도 급수를 위한 총 배관의 길이(2015년 기준)가 약 197,535km 중 누수율이 약 10.9%나 발생하고 있으며, 현실적으로 부식강관을 전부 교체하기 위한 예산 확보가 어려운 상황이다. 이에 기존에는 대구경 강관의 유지관리 방법으로는 발생된 녹을 제거하고 경화가 빠른 에폭시 계열의 도막재를 뽁칠하여 보수를 하였으나, 에폭시 수지에 함유된 유해물질과 완벽히 제거되지 않은 녹으로 인하여 보수재로 사용된 코팅재의 부착력이 확보되지 않아 대구경 강관 표면에서 박리·박락되는 문제점이 발생하고 있다. 또한 유기성 화학물질이 포함된 에폭시수지의 사용이 점차 줄고 있고, 시공과정에서의 뽁칠에 의한 재료 비산, 냄새 등의 문제로 시공성이 좋지 않아 사용상 문제가 많은 것으로 지적되어 왔다.

이에 본 연구에서는 냄새 및 비산먼지 발생을 없애고, 시공 성이 간편하게 개선한 “자착식 EVA( Ethylene Vinyl Acetate) 복합 방수방식 시트”를 적용함으로써 대구경 강관 내부의 보수 및 유지관리 성능에 대한 안정성을 확보하고자 하였고(Fig. 3), 대구경 강관 표면에 “자착식 EVA 복합 방수방식 시트”를 부착하였을 때의 부착 안정성을 중점으로 검증하는 것을 목적으로 하였다.

## 2. 실험 계획

### 2.1 실험 재료

#### 2.1.1 EVA 시트

본 연구에 적용된 EVA 방수방식 시트는 한국산업표준 KS F 4911-“12” 『합성 고분자계 방수 시트』의 균질 에틸렌아세트산비닐의 성능기준에 준하여 합격한 재료를 사용하였다.

EVA 시트의 특징을 살펴보면 다음 Fig. 4와 같이 에틸렌과 초산비닐 모노머를 공중합시킨 중합체로 본 연구에서는 연질형 부틸고무의 상단부에 필름형태로 부착되어 유속에 대한 저항성 및 충격완화의 기능이 있다. 또한 재료적으로 초산비닐(Vinyl Acetate)을 함유하고 있어 재료의 유연성이 뛰어나며, 폴리에틸렌(Ethylene)의 분자고리로 인하여 내충격성 및 내마모성이 우수하다.

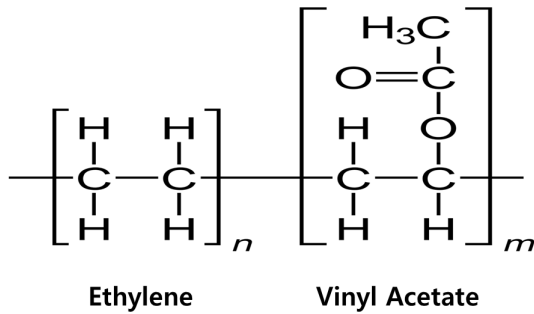


Fig. 4. EVA molecular formula

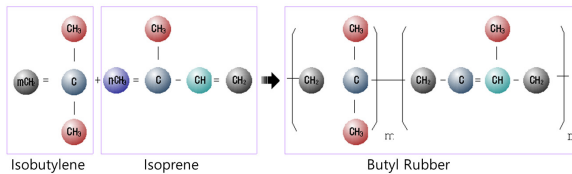


Fig. 5. Structure of butyl rubber molecule

Table 1. Material properties of butyl rubber

| Item                | Property description                                     |
|---------------------|--|
| Exterior            | Colorless transparent rubber elastic                     |
| Specific gravity    | 0.92   |
| Mechanical strength | Normal   |
| Thermal property    | In between -30~150°C                                     |
| Electrical property | Excellent electrical insulation<br>tan δ: approx. 0.0004 |
| Chemical property   | Low oil resistance and low solvent resistance            |

(Reference to “Plastic Material Reader”)

#### 2.1.2 부틸고무(점착층)

본 연구에 적용된 부틸고무는 고점착의 부틸합성고무 조성물을 주재료로 사용하였으며, 부재료로는 탄산칼슘, 폴리이소부틸렌 및 폴리부텐 등을 믹서로 균일하게 분산 혼합하여 생산하였다. 이에 따른 부틸고무의 화학구조 및 특성은 다음 Fig. 5 및 Table 1과 같다.

#### 2.1.3 자착식 EVA 복합 방수방식 시트

본 연구에 적용된 “자착식 EVA 복합 방수방식 시트”(이하 방수방식시트라 함)는 상기의 EVA 시트에 부틸고무를 합지한 시트로서 한국산업표준 KS F 4934-“08” 『자착식형 고무화 아스팔트 방수시트』의 성능기준에 준하여 합격한 재료를 사용하였다. 이에 따른 재료의 구성은 다음 Fig. 6과 같다.

### 2.2 실험 항목 선정

부식이나 녹이 발생된 대구경 강관의 내부에 시공된 방수방식 시트의 부착력을 확인하기 위하여 본 연구에서는 1) 부식 및 녹

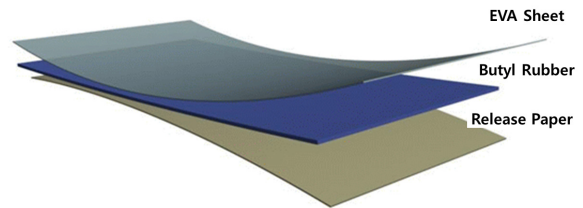


Fig. 6. Composition of EVA composite waterproof sheet

Table 2. Test criteria

| Test criteria                                       | Test condition                          |                       |
|---|---|-----------------------|
| Steel plate adhesion strength(peel-out)             | No treatment                            |                       |
|   | Longterm pressure treatment             |                       |
|   | Longterm immersion                      |                       |
|   | Chemical resistance                     | HCl(5%)               |
|   |   | HClO(1%)              |
|   |   | NaOH(5%)              |
| Low temperature(-20°C) condition                    |   |                       |
| Wet, dry condition repeated                         |   |                       |
| Reverse leakage resistance performance              | Reverse leakage pressure                | 0.5N/mm <sup>2</sup>  |
|   |   | 1.0N/mm <sup>2</sup>  |
|   |   | 2.0N/mm <sup>2</sup>  |
|   |   | 3.0N/mm <sup>2</sup>  |
| Performance of rust-generating steel pipe(peel-out) | Aqueous solution of sodium chloride(2%) | 12hours of immersion  |
|   |   | 168hours of immersion |

발생이 발생되지 않은 강관과 방수방식시트의 부착성능 평가, 2) 강관표면에 방수방식시트를 부착한 후 다양한 환경조건에 따른 부착성능 평가, 3) 부식 및 녹 발생 강관에서 외부 유입수에 의한 강관과 방수방식 시트의 탈락 현상 여부를 확인하기 위해 배면주수에 의한 부착강도 성능 평가, 4) 보수 시 녹 및 부식이 발생된 강관표면의 부착강도를 확인하기 위하여 강관 시험편에 임의의 녹을 발생시키고 이를 시트와 부착시켜 부착성능을 평가한다

이에 따른 시험항목 및 각 항목별 조건은 다음 Table 2와 같다.

## 2.3 실험 방법

### 2.3.1 강관표면의 부착성능 시험조건

본 시험은 KS F 4934-“08” 『자착식형 고무화 아스팔트 방수시트』의 Peel-Out 시험방법을 준용하였으며, 세부 시험 조건에 따라 각각 3개의 시험편을 다음 Fig. 7과 같이 시험방법은 부착지그에 시험편을 고정시킨 후 바리각도가 (90±5)°가 되도록 하여 100mm/min의 인장속도로 우선 20mm를 바리시킨 다음, 10mm 마다의 접착강도를 5구간 확인하고 그 평균 값을 측정하였다(Fig. 8). 이에 본 강관 부착성능에 대한 전처리과정 및 시험방법은 다음과 같다.

#### (1) 무처리(시험편)

두께 2mm의 스테인리스 강판 위의 중앙부위에 폭 50mm, 길이 150mm(바리처리 60mm)의 방수시트를 3.0kg의 롤러로 3회 왕복하여 압착하고 무처리 상태에서 2시간 정치한 후 시험을 진행한다.

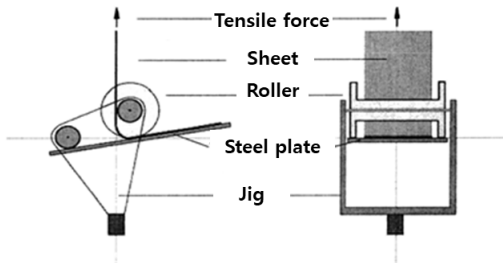


Fig. 7. Peel-out test method

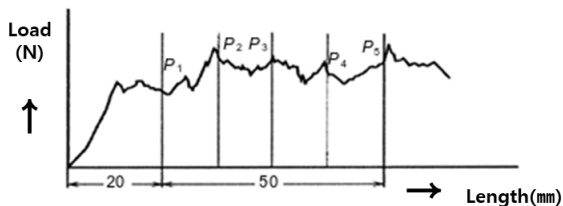


Fig. 8. Peel-out test results average value

#### (2) 장기 누름처리

하부에 점착층이 존재하는 방수방식 시트의 경우 수압에 의해 지속적인 압력(하중)을 받게 되면 점착층의 두께가 얇아지게 된다. 이 때 자착식 방수방식 시트는 얇은 점착층으로 인하여 시트의 신장률을 확보하지 못하고 강관과의 탈락을 유발하게 된다. 이에 본 장기 누름처리 시험방법은 상기 무처리 시험편과 동일한 방법으로 시험편을 제작한 뒤, 시험편 위에 5kg의 추를 7일간 정치하여 하중을 가한 후 시험을 진행한다.

#### (3) 장기 침수

강관의 배면에서 침입한 물이나 내·외부 온도차에 의해 발생된 습기로 인하여 강관이 표면에 수분이 발생될 경우, 자착식 방수방식 시트는 수분에 의해 탈락현상이 발생하게 된다. 이에 본 장기 침수 시험방법은 상기 무처리 시험편과 동일한 방법으로 시험편을 제작한 뒤, 시험편을 물속에 7일간 침적시킨 후 시험을 진행한다.

#### (4) 내화학처리(염산, 차아염소산, 수산화나트륨)

정수처리가 진행된 상수는 다양한 화학성분을 포함하고 있으며, 이는 강관의 급수과정에서 방식재의 분자구조를 파괴시키고 열화를 발생시킬 수 있다. 이러한 현상이 장기적으로 누적되면 강관과 부착되어 있는 자착식 방수방식 시트의 점착층을 열화시키게 되고 이는 강관과 자착식 방수방식 시트의 탈락을 유발한다. 이에 본 내화학처리 시험방법은 상기 무처리 시험편과 동일한 방법으로 시험편을 제작한 뒤, 서울특별시상수도사업본부 “상수도 시설물 내부방식 공법 선정 세부평가 및 기술심의 운영기준”의 내화학처리 방법에 따라 염산 5%, 차아염소산 1%, 수산화나트륨 5%에 7일간 침적시킨 후 시험을 진행한다.

#### (5) 저온(-20℃) 환경

지면 아래에 존재하는 상수의 급수배관은 동절기의 온도환경에 노출되게 되고 사용된 부틸고무 특성상 저온수축으로 인하여 강관과의 탈락이 발생될 수 있다. 이에 저온(-20℃) 환경에서 시험방법은 상기 무처리 시험편과 동일한 방법으로 시험편을 제작한 뒤, 시험편을 온도 -20±2℃의 챔버에 1시간 이상 정치시킨 후 시험을 진행한다.

#### (6) 습윤, 건조 반복

지면아래 존재하는 상수의 급수배관의 내부는 온도차로 인하여 습기가 발생될 수 있으며, 지열 등에 의한 건조환경에 반복적으

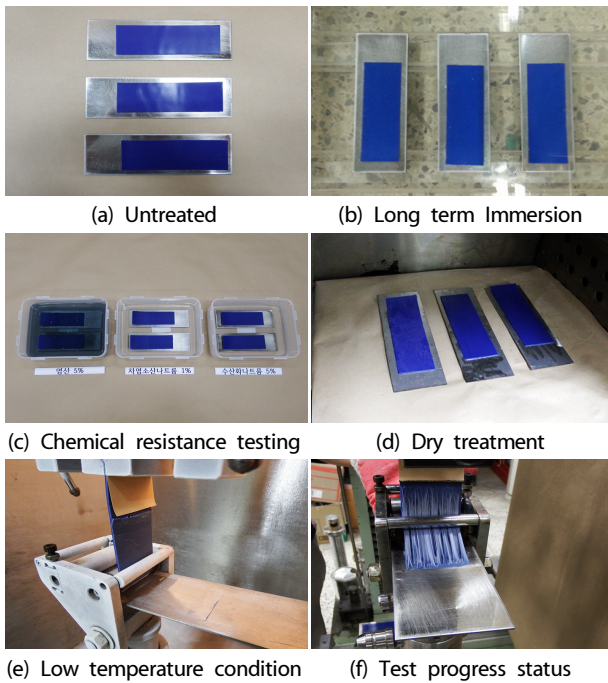


Fig. 9. Test specimen pretreatment and status

로 영향을 받을 수 있다. 이에 본 흡윤, 건조 반복 시험방법은 상기 무처리 시험편과 동일한 방법으로 시험편을 제작한 뒤, 시험편을 온도  $20\pm 2^\circ\text{C}$ 의 물속에 24시간 침적시킨 후 꺼내어 온도  $40\pm 2^\circ\text{C}$  챔버 내에서 3시간 동안 건조시킨 과정을 5번 반복한 후 시험을 진행하였다. 진행된 시험편의 전처리 현황 및 시험현황은 다음 Fig. 9와 같다.

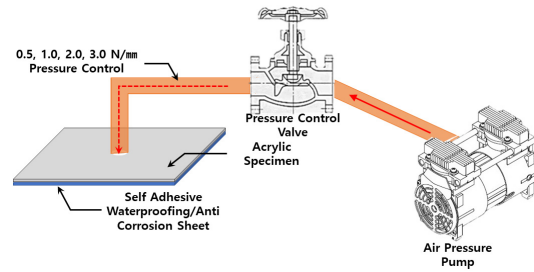


Fig. 10. Reverse Leakage Resistance Test Method

### 2.3.2 배면주수에 의한 부착성능

본 연구의 배면주수에 의한 부착성능(누수 저항성능) 시험 방법은 Fig. 10과 같이 크기  $297\times 420\text{mm}$ (A3), 두께 5mm의 아크릴 시험편에 눈금간격 5mm인 모눈 테이프를 붙이고, 아크릴 중앙에는 누수의 주입을 위하여 지름 8mm의 구멍을 천공한다. 이후 천공된 구멍내부에 누수 주입용 호스를 연결하여 고정시킨 후, 아크릴 시험편과 크기와 동일한  $297\times 420\text{mm}$ 의 방수방식 시트를 아크릴 판 하부에 부착시켜 시험을 진행하였다.

또한 시험 결과의 확인을 위하여 적색의 형광 염료를 공기압축기를 사용하여  $0.5, 1.0, 2.0, 3.0\text{N/mm}^2$ 의 압력조건에서 각 1개의 시험편을 대상으로 1시간동안 적용한 후 형광 염료 확산(누수) 여부 대한 결과를 확인하였다.

### 2.3.3 녹 발생 강관에서의 부착성능

본 연구는 2.3.1의 강관 부착성능 시험편과 동일한 강관을 대상

Table 3. Test criteria summary

| Test criteria                             |   | Test method  |
|---|---|--|
| Steel pipe adhesion performance           | Untreated   | After attaching a waterproof sheet of $150\times 50\text{mm}$ on the steel plate, peel the specimen and calculate the average value for the load at 50mm with the exception of 20mm  |
|   | Long term pressure  | A weight of 5kg load was applied on the test specimen for 7days, followed by a peel-out test   |
|   | Long term immersion   | A $150\times 50\text{mm}$ waterproof sheet was attached to the test specimen, and the test specimen was subjected to a peel-out test   |
|   | Chemical resistance   | The test specimens were immersed in chemical water(5% hydrochloric acid, 1% hypochlorous acid, 5% sodium hydroxide) for 7days using the selection method of water service business division of Seoul city.                             |
|   | Low temp.(-20°C) condition  | A $150\times 50\text{mm}$ waterproof sheet was placed on the test specimen which was set to rest for 1hour or more under a low temperature(-20°C.) environment.  |
|   | Wet, dry repeated   | The specimens were immersed in water at a temperature of $20\pm 2^\circ\text{C}$ for 24hours, then taken out and dried in a chamber at a temperature of $40\pm 2^\circ\text{C}$ for 3hours repeatedly, followed by a peel out testing. |
| Reverse leakage resistance performance    | After attaching the sheet to the upper part of the acrylic plate, a fluorescent solution is injected from the back side where the sheet is attached to measure the degree of diffusion of the solution.                                 |  |
| Performance of rust-generating steel pipe | Tests were carried out in the same manner as the non-treated specimens with steel pipe attached to the test specimens immersed in sodium chloride aqueous solution(2%) for 12hours and 168hours for generating rust on the steel sheet. |  |

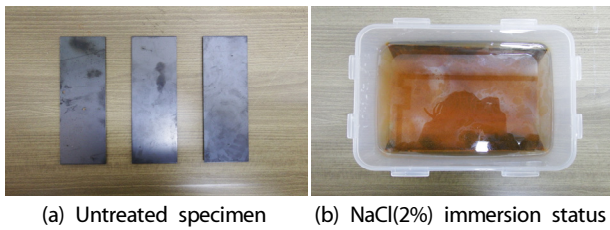


Fig. 11. Test specimen pretreatment and status

으로 녹을 발생시키기 위하여 염화나트륨 수용액(2%)에 강판 시험편을 침지하여 녹의 발생을 유도하였다. 또한 침지조건별로 각각의 3개에 시험편을 침지하였으며, 침지 시간은 각각 12시간, 168시간으로 차이를 두어 강판에 발생하는 녹의 정도를 다르게 한 뒤, 무처리 시험편과 동일한 방법으로 부착성능 평가용 시험편을 제작하여 시험을 진행하였다.

시험편 전처리 및 녹 발생 현황은 다음 Fig. 11과 같다.

### 2.4 실험 방법 종합

본 연구에서 적용한 실험 방법에 대한 상세는 다음 Table 3과 같다.

## 3. 실험 결과 및 고찰

### 3.1 강관표면 부착성능

#### 3.1.1 실험 결과

본 연구의 강관표면 부착성능에 대한 실험 결과는 다음 Table 4 및 Fig. 12과 같다.

본 연구에서 진행된 강관 표면 부착성능은 무처리 2.5N/mm, 장기 누름처리 2.1N/mm, 장기 침수 2.8N/mm, 내화학처리 염산 1.8N/mm, 차아염소산 2.0N/mm, 수산화나트륨 1.7N/mm, 저온(-20°C)환경 2.6N/mm 및 습윤·건조 반복 1.6N/mm로 확인되었다.

#### 3.1.2 고찰

본 연구에서 무처리 부착성능 결과는 2.5N/mm로 확인되었으며, 이는 한국산업표준 KS F 4934의 Peel-Out 시험 성능 기준인 1.5N/mm보다 약 66.7% 상회하는 수치로 나타났다. 따라서 일반적인 강관에 대하여 안전한 부착성능을 가진다고 사료된다.

또한 환경조건별 시험 결과 역시 한국산업표준에서 제시한 기준값에 대해 장기 누름처리에서 약 40%, 장기 침수에서 약 86.7%, 염산에서 약 20%, 차아염소산에서 약 33.3%, 수산화나트륨에서

Table 4. Performance test result of steel pipe surface adhesion table

| Test criteria              | Adhesion strength(N/mm) | KS(1.5N/mm) value, % |
|----------------------------|-------------------------|----------------------|
| Untreated                  | 2.5                     | +66.7                |
| Long term pressure         | 2.1                     | +40.0                |
| Long term immersion        | 2.8                     | +86.7                |
| Chemical resistance        | Hydrochloric acid(5%)   | 1.8                  |
|                            | Hypochlorous acid(1%)   | 2.0                  |
|                            | Sodium hydroxide(5%)    | 1.7                  |
| Low temp.(-20°C) condition | 2.6                     | +73.3                |
| Wet, dry repeated          | 1.6                     | +6.7                 |

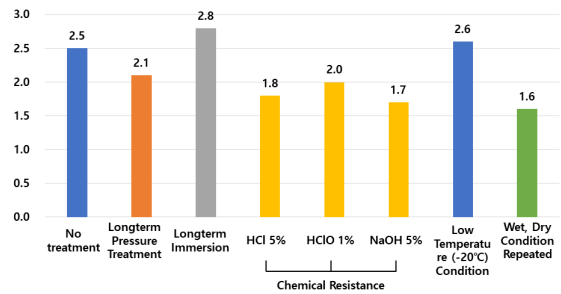


Fig. 12. Performance test result of steel pipe surface adhesion

약 13.3%, 저온(-20°C) 환경에서 73.3%, 습윤건조 반복에서 6.7% 이상 높게 나타났으며, 상기 결과 중 장기침수와 저온 부착성능은 무처리 시험편에 비해 부착강도가 증가된 것을 확인하였는데, 이는 침수과정에서의 수압과 온도의 변화가 재료의 밀실한 부착을 유도한 것으로 사료되며, 저온조건에서는 낮은 온도로 인하여 재료의 수축이 발생됨에 따라 부착강도가 높게 나타난 것으로 사료된다.

이에 본 연구에서 진행된 다양한 환경조건에서 한국산업표준 KS F 4934의 Peel-Out 시험 성능 기준을 만족하여 적요한 방수방식 시트는 다양한 환경조건에서도 안정적인 부착강도가 나타난 것을 확인하였다.

### 3.2 배면 누수 저항성능

#### 3.2.1 실험 결과

본 연구에서 진행된 배면누수 부착성능(누수 저항성능)은 0.5N/mm<sup>2</sup>, 1.0N/mm<sup>2</sup>, 2.0N/mm<sup>2</sup> 및 3.0N/mm<sup>2</sup>의 1시간에 대한 수압에서도 아크릴과 자착식 방수방식 시트 사이에 형광 액체의 퍼짐이 발생되지 않음에 따라, 배면에서 발생하는 누수압에도 시트의 들뜸이나 탈락이 발생되지 않는 것을 확인하였다.



Table 5. Reverse leakage resistance performance test results

| Injection pressure(N/mm <sup>2</sup> ) | Test results                         |
|--|--------------------------------------|
| 0.5                                    | No diffusion of fluorescent solution |
| 1.0                                    | No diffusion of fluorescent solution |
| 2.0                                    | No diffusion of fluorescent solution |
| 3.0                                    | No diffusion of fluorescent solution |

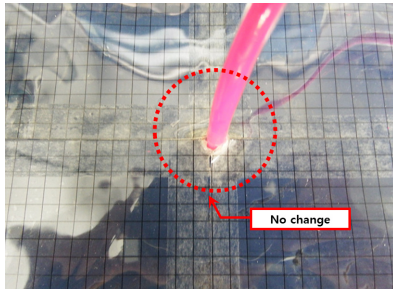


Fig. 13. Results of leakage resistance test at 3.0N/mm<sup>2</sup>

이에 따른 시험결과는 다음 Table 5 및 Fig. 13와 같다.

### 3.2.2 고찰

배면 누수 상황에서도 본 연구에 사용된 자착식 방수방식 시트는 지하에 작용하는 평균적 수압인 3.0N/mm<sup>2</sup>에서도 시트의 탈락이나 들뜸에 의한 형광용액의 확산이 발생되지 않았다. 이는 대구경 강관의 사용과정에서 이음부 및 부식에 의한 천공이 발생되더라도 외부 유입수에 의해 시트의 탈락을 방지할 것이라 사료되며, 이에 외부의 유입수와 내부의 음용수를 희석을 차단하여 안정적인 급수의 배급이 가능 할 것이라 사료된다.

## 3.3 녹 발생 강관에 대한 부착성능

### 3.3.1 실험 결과

본 연구에서 녹 발생 강관에 대한 부착성능 실험 결과, 녹을 발생 시킨 12시간의 강판과 168시간의 강판에서는 Fig. 14과 같이 녹 발생정도가 뚜렷이 나타났으며, Table 6과 같이 녹 발생에 따른 부착성능은 12시간 및 168시간에서 각각 2.1N/mm, 2.0N/mm으로 부착강도가 확인되었다.

### 3.3.2 고찰

본 연구의 결과에 따라 12시간의 녹 발생 강판은 168시간의 녹 발생 강판에 비해 육안으로 확인이 가능 할 만큼 녹 발생 상태가 차이가 있었지만, 부착강도는 유사하게 나타났다. 이는 무처리 시

Table 6. Experimental result of surface adhesion of rust-generated steel pipe

| 2% Sodium chloride immersion time | Adhesion strength(N/mm) | KS(1.5N/mm) Value, % |
|-----------------------------------|-------------------------|----------------------|
| 12hours                           | 2.1                     | +33.3                |
| 168hours                          | 2.0                     | +40.0                |



(a) 12hr specimen

(b) 168hr specimen

Fig. 14. Corrosion status

험편에 대비하여 약 16% ~ 20% 감소된 부착강도이나, 한국산업 표준 KS F 4934의 Peel-Out 시험 성능 기준인 1.5N/mm보다 약 33.33% ~ 40% 증가된 것으로 나타났다. 이는 강관에 녹이 발생될 경우 무처리 시험편에 비하여 부착강도는 감소했지만, 강관표면의 녹 발생이 부착강도를 현저히 저하시키지는 않는 것을 나타내고 있다. 이는 점착유연특성을 갖는 자착식 방수방식재의 특성상 부식상태가 부착력에 크게 영향을 미치지 않는 것으로 사료된다.

## 4. 결론

본 상수도 공급용 대구경 강관의 녹 발생에 따른 보수 및 지속적 성능 유지를 위해 자착식 EVA 복합 방수 방식 시트를 사용하였을 경우 시트재의 부착강도 특성에 연구 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 대구경 강관의 보수 시 자착식 EVA 복합 방수방식 시트가 적용될 경우, 강관 내부에서의 수압에 의한 시트의 눌림이나 습기, 화학성분, 저온 환경에 의한 시트 탈락 등을 발생하지 않아 강관의 내구수명을 연장 할 수 있을 것이라 판단된다.
2. 또한 강관의 부식부위, 이음부 등으로 침입 할 수 있는 외부의 유입이 시트재와 강관 표면 틈새 누수로 확산되지 않아 외부수가 상수의 접촉하지 않으므로 안전한 음용수의 공급이 가능할 것이라 판단된다.
3. 녹이 발생된 강관에 적용된 본 자착식 방수방식 시트는 부착시켜도 현저한 부착강도의 저하가 발생하지 않아 녹 발생량에 관계없이 KS 기준값 이상의 부착강도가 확인되어 개보수 강판에서도 안정적인 부착강도를 확보할 수 있을 것으로 판단된다.

본 연구를 통해 EVA시트와 자착형 부틸고무가 합쳐진 자착식 EVA 복합 방수방식 시트는 기존 대구경 강관의 보수에 사용된 에폭시 계열 등의 도막 방식재에 비하여 보수용 강관에서 녹 제거가 완벽히 이루어지지 않더라도 안정한 부착력을 확보할 수 있어 강관의 내구성에 확보에 효과적이라 사료된다. 향후 시트 재료의 특성상 접합부처리 방법에 따른 수압의 영향에 대하여 추가적인 연구를 통하여 대구경 강관의 내부 보수재료로서의 안정적인 사용성을 확보할 예정이다.

### 감사의 글

본 연구는 국토교통부 주거환경연구사업의 연구비지원(17RERP-B082204-04)에 의해 수행되었습니다.

### References

Jun, J.S., Park, J.S., Oh, S.K., Lim, N.K. (2016). A proposal of selection of index of evaluation waterproof and anti-corrosion material to be applied on the interior of water supply facilities, Journal of the Architectural Institute of Korea, **32(10)**, 31-38 [in Korean].

Kim, Y.H., Seo, H.J., Park, J.S., Oh, S.K. (2011). A study on

the internal anti-corrosion methods for prevention of deterioration and water pollution in water tank structure, Journal of the Korea Concrete Institute, **2011(5)**, 579-580 [in Korean].

Kwak, K.S., Seo, H.J., Miyaushi, H., Kim, K.Y., Oh, S.K. (2011). An experimental study of the performance grade establishment of bond strength for the most suitable maintenance of waterproof and anti-corrosion in the concrete structure for tap water, Journal of the Architectural Institute of Korea, **27(7)**, 149-158 [in Korean].

Kwak, K.S., Ma, S.J., Choi, S.M., Oh, S.K. (2015). Property analysis of waterproofing and corrosion-resistant performance in concrete water supply facilities, Journal of Korean Recycled Construction Resources Institute, **3(2)**, 122-131 [in Korean].

Ministry of Environment Homepage, <http://www.me.go.kr/>

Park, Y.J., Koo, K.M., Kim, K.Y., Oh, S.K., Seo, H.J., Miyaushi, H. (2012). A study on the performance evaluation of anti-corrosive material's surface quality changes by the ozone, Journal of the Architectural Institute of Korea Structure & Construction, **28(3)**, 83-90 [in Korean].

Suwon Metropolitan Waterworks Homepage, <http://water.suwon.go.kr/>

#### 상수도용 대구경 녹 발생 강관 내부의 보수 및 성능 유지를 위한 EVA 시트와 부틸고무를 합친 자착식 방수방식 시트의 부착성능 평가

본 연구는 상수도 급수과정에 사용되는 대구경 강관이 정수과정에서 사용되는 약품으로 인하여 부식이 발생하게 되고 이를 보수하기 위하여 친환경 소재인 EVA 시트 및 강관과의 부착을 용이하게 할 수 있는 부틸고무를 적용하여 자착식 방수방식 시트를 개발하였다. 이에 자착식 방수방식 시트에 대한 강판과의 부착강도를 확인하고, 강관에 발생될 수 있는 다양한 환경조건에서의 부착강도를 확인하였다. 또한 외부에서 침입하는 유입수의 수압에 의해 강관에 부착된 시트의 탈락여부를 확인하였으며, 마지막으로 강관이 부식된 환경과 유사하게 강판에 녹을 발생시켜 자착식 방수방식 시트와 부착강도를 확인함으로써 대구경 강관 보수 시 시공 용이성 외에도 안정적인 부착강도를 확보하여 강관의 부식을 차단함과 동시에 안정적인 성능 유지 방안을 확인하고자 하였다. 그 결과 본 연구에 사용된 자착식 방수방식 시트는 강관에 대한 무처리, 장기 누름, 장기 침수 내화학(염산, 차아염소산, 수산화나트륨), 저온(-20℃) 및 습윤 건조 반복에서의 모든 부착성능은 KS F 4934의 성능기준인 1.5N/mm 이상을 상회하는 부착강도가 나타났으며, 배면 누수압에 따른 시트의 탈락현상을 확인하는 시험에서도 배면 누수압 3.0N/mm<sup>2</sup>까지 시트의 탈락이 발생되지 않았다. 또한 녹이 발생된 강관에서의 부착성능을 확인하는 과정에서도 12시간동안 녹을 발생시킨 시험편에서 2.1N/mm, 168시간동안 녹을 발생시킨 시험편에서 2.0N/mm 의 성능이 나타남에 따라 녹 발생 강관에 대한 안정성이 확인되었다.