

폴리우레아를 이용한 신축이음장치 긴급보수공법의 개발 Development of Maintenance Process for Expansion Joint using Poly-urea

전규식*[†], 조영선** , 서일우**

Gyoo Shick Jeon *[†], Young Sun Cho ** , IL Woo Seo **

Abstract Expansion joints which is an essential devices in the bridge structure also make problems the very uncomfortable situation like as traffic control in case of emergency maintenance. The poly-urea coating method which has widely used in flooring coating are being examined in structure requiring urgency because of the quick bonding material characteristic. Also the enough for abrasion resistance is to be proven the excellence repairing method of bridge expansion joint with a lot of traffic load. The tensile strength of poly-urea film could be peeled off the adhesive side with concrete to removal the film since life is over. The regular interval and iterative repair process is very convenient in terms of economical bridge maintenance.

Keywords : Polyurea, Expansion Joint, Rapid Repair, Vacuum Blaster, Removal

초 록 교량구조물에 있어서 필수적인 부품인 신축이음장치는 분절부 및 각종 부위에서 누수로 인하여 교량받침 및 교량구조물 콘크리트 자체를 열화 시키는 중요한 요인으로 작용하고 있지만, 사용중인 교량에 대한 신축이음장치의 보수 및 누수대책은 장시간 차량통행을 제한할 수밖에 없다. 최근에 건축물의 바닥재로 널리 사용되고 있는 폴리우레아는 수분 이내라는 경화속도의 급결성과 접착성능으로 인하여 토목구조물의 긴급보수와 같은 용도로 그 범위가 점차 확대되고 있다. 특히 장시간의 차량통행을 차단할 수 없는 신축이음장치의 긴급 보수에는 단순한 도포를 통하여 누수를 차단할 수 있으며 빈번한 차량통행에 대해서도 충분한 내마모성이 증명되고 있다. 또한 폴리우레아의 인장강도는 접착면과의 박리를 유도할 수 있을 정도로 충분하여 경화된 도막은 기계를 사용하면 제거할 수 있으므로 일정한 간격을 두고 시공과 재시공을 반복적으로 수행할 수 있는 장점이 있다.

주요어 : 폴리우레아, 신축이음장치, 긴급보수, 건식브라스트, 긴급제거

1. 서 론

1492년 콜럼버스에 의해 2010년 대지진으로 유명해진 아이티 국가의 방문에서 원주민들이 가지고 놀던 천연고무를 유럽에 처음으로 소개되었다고 한다. 추잉껌으로 우리들이 많이 접하고 있는 천연고무 자체는 탄성이 없는 소성체라는 것과 기름과 같은 유기용제에 취약하다는 단점 때문에 산업용품으로 널리 사용되지 못했다. 이러한 고무 소재의 단점을 1844년 미국의 찰스 굿이어에 의해 가황법이라는 고무제조 방법이 발명되면서 자동차의 타이어를 비롯하여 산업 전반에 널리 사용되기 시작되었으며 오늘날에는 생활필수품이 되었다.

*[†] 교신저자: 디프리기술연구원(주) 원장/공학박사 (isolators@naver.com)

** 대경산업(주) 기술연구소 이사

** 대경산업 기술연구소 차장

그리고 2차 세계대전 당시에 연합군들이 고무나무들이 서식하는 열대전선을 차단하자 군수 물자 확보에 난항을 겪던 독일군은 히틀러에 의해 천연고무와 유사한 합성고무를 발명하도록 화학자들에게 명령되어 개발된 것이 합성고무의 시초라고 알려져 있다. 천연고무와 합성고무의 근본적인 차이점은 천연고무는 인장력과 같은 물리적인 성질이 우수하고 합성고무는 오존과 같은 화학적인 성질이 우수하다는 특징이 있지만, 굿이어의 가황법으로 알려진 것처럼 유황과 혼합한 원료 고무에 열과 압력을 가하여 유황분자가 고무분자 사이에 가교를 형성함으로써 탄성이 발현되며 또한 유기용제에 강한 성질을 나타내게 된다. 열과 압력을 가하는 가황법은 고무의 탄성발현 및 금속과의 접착성에 있어서는 가장 효과적인 방법으로써 1960년대 일본의 유명한 화학자는 가황법을 능가하는 고무의 제조방법은 앞으로도 영원히 발명될 수 없을 것이라고 예언했다고 전해지고 있을 정도로 우수한 고무의 제조방법이다.

열과 압력이 요구되는 고무의 가황법은 동일한 제품을 대량으로 생산하는 측면에서는 편리한 측면이 있지만, 소량 다품종 형상의 제품에는 몰드 제조비 및 프레스와 같은 대형의 제조설비가 요구되는 단점이 있다. 이러한 고무 제조방법의 단점을 개선하기 위하여 열과 압력을 필요로 하지 않는 액상고무의 등장을 간절히 요구하고 있었으며, 2000년도에 화학공업의 급격한 발달은 합성고무의 일종으로서 주제와 경화제, 또는 습기로 경화되는 액상의 폴리우레탄 제품이 널리 사용되기 시작하였으며, 최근에는 수초 만에 경화현상이 발현되는 폴리우레아 제품이 건축물의 바닥재로 널리 사용되고 있다. 고무에 탄성을 부여하는 가황 처리에 몇 시간이 소요되는 고상체 고무에 비하여 주제 및 경화제의 화학적인 반응에 의해 수초 만에 경화가 되는 폴리우레아 소재는 급결성으로 인하여 비굴착 상수도 갱생공사에 있어서는 필수적인 도막재료로 평가 받고 있다. 또한 강도는 강하나 탄성이 없는 에폭시 소재와는 달리 고무소재인 관계로 탄성을 보유하고 있는 폴리우레아의 성질은 콘크리트의 수축팽창에도 대응할 수 있는 장점이 있어 건축물의 바닥재 및 방수재로도 널리 사용되고 있다.

2. 본 론

2.1 신축이음장치의 기능 및 종류

신축이음장치는 교량상판의 온도신축을 수용하면서도 차량통행을 원활히 수용하기 위하여 교량구조물에 있어서는 필수적인 구조요소에 속한다. 이러한 기능을 수행하는 신축이음장치의 종류로서는 대용량의 신축거동을 수용하기 위한 레일형 신축이음장치 및 소용량의 신축거동을 수용하기 위한 모노셀과 같은 신축이음장치가 있다. 현수교 및 사장교와 같은 장경간 교량에 적용되는 대용량 신축이음장치는 만약의 경우에 교체가 난이 하여 내구성 및 방수성이 우수한 레일형 제품의 사용이 요구되고 있지만 단경간 교량의 경우에는 내구성보다는 경제성을 우선하여 단위 크기로 제작되는 분절형 신축이음장치를 사용하는 경우가 많다. 신축이음장치에서 발생하는 누수는 교량상판의 열화를 촉진하는 악영향을 초래하며, 하부구조에 침투하여 교량받침의 금속부에 녹을 발생시켜 교량의 기능 자체를 훼손하는 중요한 원인을 제공하는 관계로 신축이음장치에서 발생하는 누수의 차단은 교량의 유지관리 측면에서 매우 중요한

역할을 수행한다. 특히 분절형 신축이음장치는 분절부에서 누수가 발생하는 경우가 많으며 후타 콘크리트의 틈새에서 발생하는 누수 등 누수의 개소를 정확히 추정할 수 없는 경우도 매우 많이 존재한다.

2.2 신축이음장치의 보수

신축이음장치에서 문제가 발생하면 신축이음장치의 교체 자체에 소요되는 경비보다는 교통통제와 같은 사회 간접적인 측면에서 큰 손실이 발생하며 고속도로와 같은 경우에는 교통통제에 의한 민원의 발생으로 보수시기를 놓쳐 교통사고와 같은 보다 큰 민원이 발생하는 경우도 상존한다. 따라서 신축이음장치의 교체 및 보수에는 차량통제를 최소화할 수 있는 보수공사 기간의 단축이 무엇보다 중요하다.

2.3 폴리우레아의 적용

분사장비를 사용하여 주재와 경화제를 순간적으로 교반하여 분사하는 폴리우레아 시공방법은 긴급성이 요구되고 교통차단의 최소화를 요구하는 신축이음장치의 보수공사에 있어서는 가장 적합한 공법이 될 가능성이 높다. 특히 특정한 형상에 구애 받지 않고 얇은 필름의 형태로 일체형으로 완성되는 관계로 도막이 차량 통행을 방해하지도 않으며 누수위치를 특정할 수 없는 경우에도 적합하다. 이러한 신축이음장치의 긴급보수에 대한 폴리우레아의 적용에 있어서 가장 걸림돌이 된 것은, 필름 형태의 막이 대형트럭과 같은 중차량의 빈번한 통행에 대하여 과연 박리되지 않고 내구성을 확보할 수 있을 것인가 라는 의문점과 내구성이 상실되어 제거가 필요한 시점에서 쉽게 제거할 수 없다면 폴리우레아의 적용성에 한계가 있지 않을까 하는 점이었다. 그러나 Fig 1에서 알 수 있는 것처럼 중앙고속도로에 적용한 이후 8개월이 경과된 시점에서 차량에 의한 마모현상 및 박리가 전혀 발생하지 않고 있다. 그러나 시공방법의 오류로 인하여 균열이 발생한 흔적이 있지만 폴리우레아 소재의 강도 및 연신율을 용도에 맞게 조절하고 시공방법을 다소 개선한다면 충분한 가능성을 내포하고 있다.



Fig. 1 중앙고속도로 봉명교 신축이음장치에 적용된 폴리우레아 방수공법 시공 사례 (시공 후 8개월 경과시점)



Fig. 2 폴리우레아 시공장비 및 교량에 적용된 시공사례 (일본)

2.3.1 폴리우레아의 접착성

폴리우레아는 콘크리트와 우수한 접착성을 갖고 있으며 일반고무보다는 높은 경도를 갖고 있는 관계로 쉽게 박리되지 않는 특징을 갖고 있다. 이러한 폴리우레아의 재료적인 물성치 이외에도 신축이음장치는 외부에 후타콘크리트로 구성되어 있는 관계로 후타콘크리트 부위에 적은 홈을 형성하여 도포되는 도막이 그자 형태로 형성될 수 있도록 준비하면 차량에 의한 콘크리트와의 박리에 대하여 충분한 내구성을 확보할 있으며 도막의 제거 시에도 중요한 역할을 수행할 수 있다.

2.3.2 폴리우레아의 마모성

폴리우레아는 우수한 내마모성을 갖고 있다. 마모시험에 의하면 높은 강성을 갖는 에폭시와 비교하더라도 월등한 내마모성을 갖고 있으며 차량의 통행에 의한 마모에 대하여 충분한 내구성을 갖고 있음이 고속도로 현장의 시험적용에서 증명되고 있다.



Fig. 3 에폭시와 폴리우레아의 마모성 비교 (LINE-X)

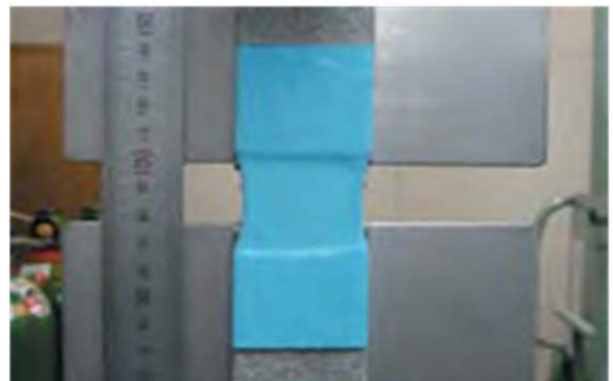


Fig.4 폴리우레아 연신율 측정시험 (시카코리아 자료)

2.3.3 폴리우레아의 신축성

폴리우레아는 에폭시와 달리 근본적으로 고무의 성질을 갖고 있는 액상고무의 일종이다. 따라서 신축이음장치 상부에서 도포하면 신축이음장치의 간격조절 기능이 작동하게 되며 폴리우레아의 연신율은 신축이음장치의 최대 유간을 수용할 수 있을 정도의 충분한 연신율을 갖고 있으므로 방수기능을 수행할 수 있다. 또한 신축이음장치의 유간 사이에는 신축거동을 방해하지 않을 정도의 백업제를 수평으로 채워 넣어 도포되는 폴리우레아 도막이 수평을 유지하게 하면 신축이음장치의 거동에 원활히 대처함과 동시에 차량의 주행성도 개선되는 효과를 기대할 수 있다.

2.3.4 건식브라스트에 의한 표면처리

도막형성에 있어서 모재의 표면처리는 무엇보다도 중요한 역할을 수행한다. 일반적인 금속 가공공장에 있어서 금속 및 콘크리트와 같은 모재의 표면처리에 있어서 가장 우수한 방법으로는 연마재를 강력한 압축공기와 같이 분사하여 표면을 거칠게 하는 건식브라스트 공법과 물의 압력을 이용하여 표면을 세척하는 습식공법이 있다. 그러나 폴리우레아를 도포하기 전에 실시하는 습식공법은 콘크리트의 건조가 필요로 하는 관계로 신축이음장치의 급속보수에는 적합하지 않으며 단순한 건식브라스트는 연마재의 회수에 따른 불편이 초래함으로, 연마재의 분사와 동시에 회수하여 원심분리로 처리하여 표면처리에 장시간을 소요하지 않는 진공 브라스트 공법은 폴리우레아 공법과 좋은 연관성을 갖고 있다.

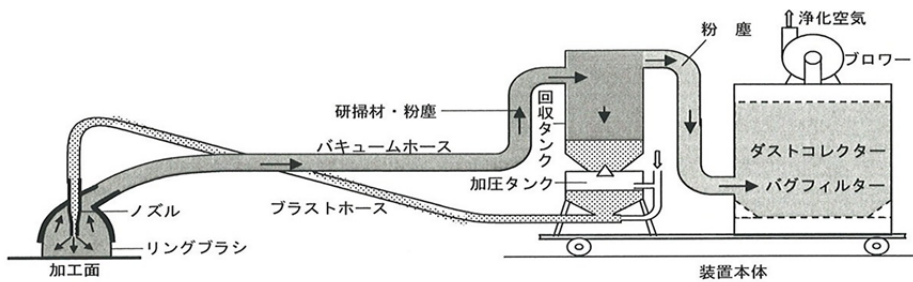


Fig. 5 건식 진공브라스트의 메커니즘 및 국내 시공 사례 (지하철 2호선 강변역)

2.3.5 폴리우레아 도막의 제거

폴리우레아의 내마모성이 아무리 우수하다고 하더라도 차량의 통행이 빈번한 교량구조물에 있어서 영구적으로 사용될 수는 없다. 따라서 도막의 내구성이 완전히 상실되어 이물질로서 걸림돌이 되기 전에 적절한 시점에서 제거할 필요가 있다. 도막의 강제적인 제거의 가능성은 도막 자체의 강도와 부착력의 크기에 의존한다. 폴리우레아 도막은 교량구조물의 방호벽에서 시작하여 원형으로 말아서 제거하면 도막 자체가 끊어지기 이전에 박리되어 손쉬운 제거가 가능하며 박리가 어려운 경우에는 접착 경계면을 절단하는 장비의 도움을 받을 수도 있다.

2.3.6 신축이음장치 보수공법의 시스템

건축물의 바닥재 및 상수도 갱생공사에 사용되는 대량소비와는 달리 긴급을 요구하는 소량의 토목공사에 있어서, 기계화 시공은 공사비의 증가로 인하여 쉽게 적용할 수 없는 단점이 있다. 그러나 표면처리와 더불어 도막의 형성 및 제거를 동시에 수행할 수 있도록 시스템화하는 과정은 차량에 탑재된 장비를 사용하여 다수의 현장에 적용이 가능하여 소량으로 시공되는 신축이음장치의 보수공법에 있어서는 경제성을 만족하는 중요한 역할을 수행할 수 있다.

3. 결론

신축이음장치에 있어서 다양한 누수경로를 정확히 진단하여 하나하나 차단하는 것은 매우 어려운 일이다. 따라서 일체화된 도막의 형태로 모든 누수경로를 차단할 수 있으며 차량의 주행성마저 개선할 수 있는 신축이음장치 긴급보수공법이 완성되면 금상첨화의 보수공법이 될 것이며, 이러한 논리를 완성시켜 주는 것이 폴리우레아 라고 하는 신소재의 등장으로 전국의 고속도로에 산재하고 있는 신축이음장치의 긴급보수 및 누수문제를 해결할 수 있는 가능성을 보여주고 있다. 또한 구조물의 신축거동을 수용하면서도 임의의 형상에 정확하고 강력한 일체형 도막을 형성하여 누수를 차단할 수 있는 공법의 개발은 신축이음장치의 보수공법만이 아니라, 건교부에서 주관하는 수행과제인 [CTE 1-3] 교량 바닥판 부분 해체 시스템에서도 필연적으로 발생하게 되는 교량 상판 연결부의 누수에 대한 대책으로서도 적용 가능성이 매우 높다고 판단된다.

감사의 글

본 연구는 국토교통부 “ICT 기반 교량수명 연장을 위한 부분교체 및 저탄소 소재 활용 연구 [CTE 1-3] 신축이음장치 급속교체 기술 개발” 연구과제로 수행되었습니다. 관계자 여러분들에게 감사의 말씀을 대신합니다.

참고문헌

- [1] ゴム・エラスマー活用ノート、工業調査会、小松・公社・山下(1999)
- [2] 시카코리아 폴리우레아 소개자료 (2016)
- [3] 乾式 眞空ブラスト紹介資料(2000), 千葉技工
- [4] 한국도로공사 신축이음장치 보수 사례 (2015)