

콘크리트 교량용 상온 방수층의 계면 특성 연구

A Study on the Characteristics of the Interface for Cold Waterproofing of Concrete Bridge

박태순* · 김학서** · 이주상*** · 조혁기****
Park, Tae Soon · Kim, Hak Seo · Lee, Ju Sang · Cho, Hyuk Ki

1. 서론

우리 나라의 대도시 및 중소도시에서는 교통량의 급격한 증가로 인하여 교통체증의 해소를 위해 여러 지역에서 고가도로와 교량건설이 수행되고 있다. 특히, 최근에는 서울시만 하더라도 외곽순환도로, 간선 도로가 개통되어 교통체증의 해소를 분담하고 있으며 각 지방에서는 많은 교량이 건설되고 있는 실정이다.

교량의 파손과 붕괴는 여러 구조적인 경로를 통하여 발생하지만 최근 보수되고 있는 고가도로 또는 교량에서 발생하고 있는 포장층 및 방수층의 파손과 이로 인한 콘크리트 상판의 열화는 이미 잘 알려진 사실이다. 따라서, 이러한 경험을 통하여 우리 나라에서도 포장층과 방수층에 대한 관심이 고조되고 있으며 특히 교량의 계면에 위치한 방수층의 파손에 대한 대책마련에 고심하고 있다. 방수층이 파손되는 원인에 대해서는 아직 본격적인 연구와 조사가 수행되지 않고 있어서 구체적인 원인은 밝혀지지 않고 있다. 그러나, 방수층은 포장층과 함께 교통하중에 의한 반복적인 진동으로 인하여 그 계면에서 발생하는 전단응력과 변형에 대한 저항성을 상실한 것이 방수층파손의 가장 큰 원인으로 분석된다. 단순한 분석이지만 방수층이 그 기능을 상실하게 되면 우수 및 수분이 교량상판으로 침투되기 때문에 콘크리트의 중성화속진을 초래하여 결국 교량의 수명을 단축시키는 심각한 상태가 된다는 것이다.

이런 문제를 발생시키는 교량의 방수층 계면에 대한 특성 시험이 매우 중요한 절차로 부각되고는 있지만 현재로서는 이에 대한 체계적인 평가방법이 없기 때문에 건축 방수재시험 분야의 물리적 시험만으로 검증하고 있는 실정이다.

본 연구는 콘크리트 교량 방수층 계면에 가열하지 않고 분무식 시공이 가능한 상온 방수재를 사용하여 그 성능을 평가하기 위한 것이다. 상온 방수재에 대한 계면특성을 평가하기 위해 콘크리트 상판, 방수층, 포장층으로 구성된 시편을 제작하고 교량 전단매커니즘 성능시험기를 사용하였다.

2. 시험재료 및 시편제작

2.1 시험재료

본 연구에서는 상온 방수재, 가열 및 크롤로플렌 방수재를 비교 시험재료로 사용하였다. 상온 방수재는 고무, 아스팔트, 각종 불활성 충전물이 혼합된 재료이고, 가열 방수재의 경우 상온 방수재와 동일한 성분을 가지고 있으나 가열이 필요한 재료이다. 크롤로플렌 방수재는 현재 국내에서 많이 사용되고 있는 제품으로 그 성분은 합성고무, 충전제, 용제 등이다. 아스팔트 혼합물은 아스팔트 바인더 AP-5(PG 64-22)와 골재최대치수 13mm(슈퍼페이버 입도)인 골재와의 혼합으로 제조하였다.

*정회원 · 서울산업대학교 토목공학과 교수 · 02-970-6506(E-mail:tpark@snu.ac.kr)
**정회원 · 서울산업대학교 토목공학과 대학원 · 02-970-6946(E-mail:ddsoon@hanmail.net)
***정회원 · 서울산업대학교 건설기술연구소 책임연구원 · 02-970-6946(E-mail:kickit@empal.com)
****정회원 · 서울산업대학교 건설기술연구소 주임연구원 · 02-970-6946(E-mail:brownhk@hanmail.net)

2.2 시편제작

콘크리트 상판(30×40×5cm)을 제작한 후 그 상부에 상온 방수제는 분무기를 사용하여 유체 형태의 방수제와 응고 촉매제를 스테인레스관을 통하여 5.6 Kg/cm²의 압력으로 두 재료를 동시에 분사하였고(그림 1참조), 가열 방수제는 켈틀(Kettle)안에 반고체 상태인 방수제를 넣고 215℃이하의 온도로 용융시킨 후 도포하였다. 또한, 크롤로플렌 방수제는 젤 상태의 방수제를 그대로 도포하여 도막을 형성시키는 것인데 상, 하부에 프라이머와 텍코트(RSC-4)를 도포하였다(그림 2참조).

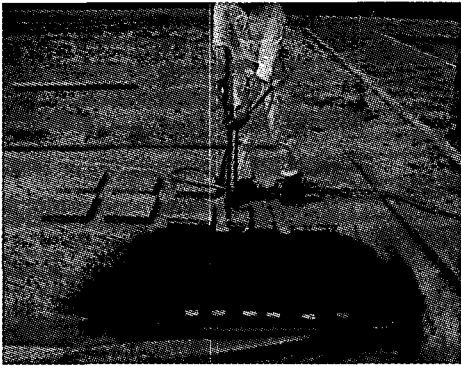


그림 1. 상온 방수제 도포

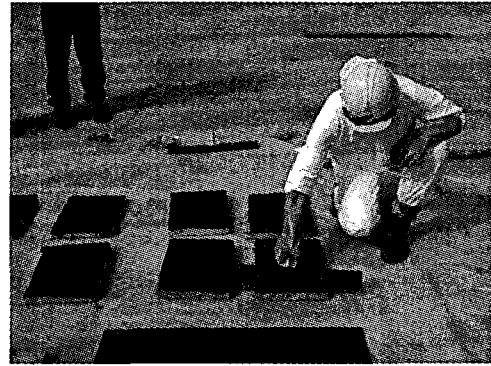


그림 2. 가열 및 크롤로플렌 방수제 도포

도막두께는 크롤로플렌 방수제인 경우 1.0과 1.5mm로 상온 및 가열 방수제는 평균 2~3mm 정도로 측정되었다. 방수제 도포와 양생(48시간)완료 후 아스팔트 혼합물을 각각 140℃의 온도로 포설·다짐하여 시편을 제작하였다.

3. 시험방법 및 결과

3.1 교량 전단매커니즘 성능시험

본 시험은 교량 포장시스템에 교통하중을 직접 작용시킬 수 있는 전체시스템을 모사하기 위해 본 대학 건설기술연구소에서 개발한 “교량 전단매커니즘 성능시험기(그림 3참조)”를 이용하였다. 본 시험기는 교량 방수층 계면에 대한 전단 및 부착시험을 할 수 있도록 제작된 것이다. 시험방법은 제작된 시편상부에 수직하중을 재하한 상태(1, 2, 4, 8ton으로 변환)로 1mm/min의 속도를 유지하면서 시편측면에 전단력을 가하는 것으로 전단상자 상·하부의 분리면을 따라 발생하는 전단력을 측정하여 방수층 및 포장층 계면의 부착력을 C로, 포장에 사용된 골재의 거칠기와 방수층에서 발생하는 내부마찰각을 ϕ 로 산출한 후 Mohr-Coulomb의 전단강도 공식 $\tau = c + \sigma \tan \phi$ 를 사용하여 포장층과 방수층 사이에서 발생하는 전단응력을 얻게 된다.

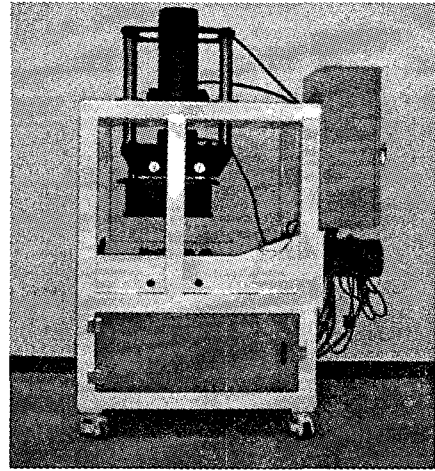
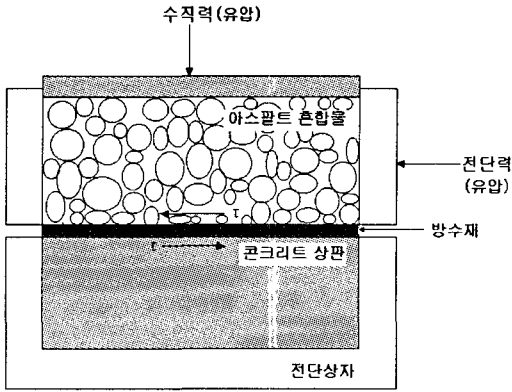


그림 3. 교량 전단매커니즘 성능시험 개요도 및 장비

그림 4는 방수재 종류(단, 크롤로플렌 방수재는 도막두께 1.0mm와 1.5mm로 분류)에 따른 전단응력-수직응력 관계를 나타낸 것이고, 그림 5는 상온 방수재의 수평변형에 따른 전단 응력의 관계를 나타낸 것이다. 또한, 표 1은 그림 4로부터 도출한 강도정수를 정리한 것이다. 상온 방수재의 경우 그림 5에서 볼 수 있는 것처럼 전단응력의 변화가 없어도 일정한 응력에 도달하면 변형이 지속적으로 발생하는 것으로 나타났다. 상온 방수재의 경우 가열식이나 크롤로플렌 방수재와는 달리 양생 후 그 표면의 탄성이 크고 단단하게 굳지 않는 특징을 보였다.

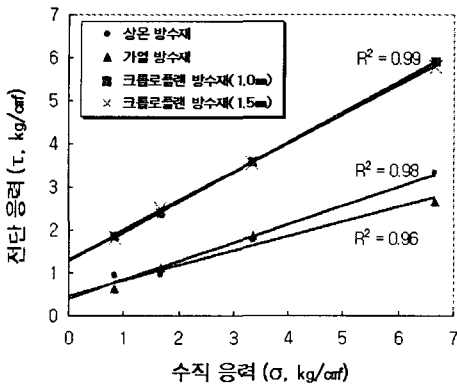


그림 4. 수직응력-전단응력 관계

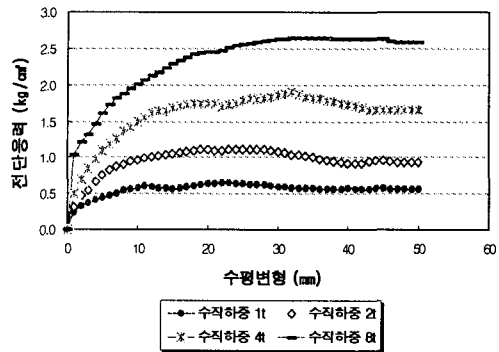


그림 5. 전단응력-수평변형 관계(상온 방수재)

표 1. 강도정수 산출

| 종 류 | 부찰력 (c, kg/cm ²) | 내부마찰각 (φ, °) |
|-----------|---------------------------------|-----------------|
| 상온 방수재 | 0.5 | 20.2 |
| 가열 방수재 | 0.6 | 15.0 |
| 크롤로플렌 방수재 | 1.3 | 29.0 |

상은 및 가열 방수재는 서로 현저한 차이 없이 비슷한 부착력을 갖고 있으나 상온 방수재가 가열 방수재보다 내부마찰각이 5°정도 높게 나타났다. 또한, 크롤로플렌 방수재는 도막두께에 관계없이 동일한 강도정수(부착력, 내부마찰각)를 나타냈으며 상온 및 가열 방수재보다 강도정수가 모두 높은 것으로 나타났다. 그러나, 시험이 완료된 후 수직하중과 상부상자를 제거하였을 때 가열 방수재는 변형된 아스팔트 혼합물층이 50%회복되는 현상이 발생하였고, 상온 방수재는 회복현상은 없었으나 아스팔트 혼합물과 콘크리트 상판은 견고히 부착되어 있었다. 반면에 크롤로플렌 방수재는 아스팔트 혼합물과 콘크리트 상판이 완전히 분리되는 현상을 나타내었다(그림 6참조). 따라서, 이러한 시험 결과를 종합해 볼 때 상온 방수재는 저온에서의 성능이 우수하고 교량에서 발생하는 진동을 흡수하는데 매우 유리할 것으로 예상된다.

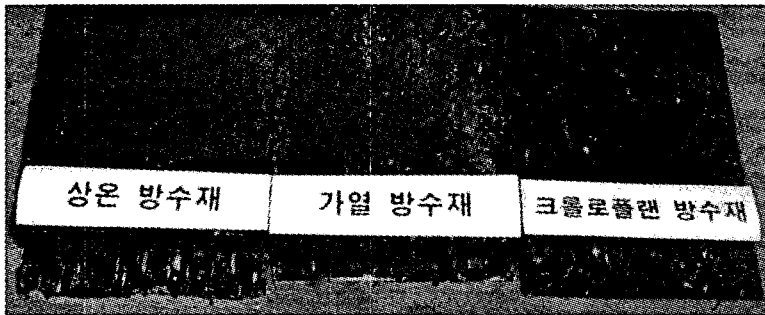


그림 6. 교량 전단메커니즘 성능시험 후 시편비교

4. 결 론

본 연구에서는 상온 및 가열 방수재와 크롤로플렌 방수재를 콘크리트 교량 방수층 재료로 교량 전단메커니즘 성능시험을 실시하여 계면 특성을 파악한 결과 다음과 같은 결론을 도출하였다.

- ① 상온 방수재는 양생후 표면의 굳기가 다른 방수재에 비하여 탄성이 우수하고 전단응력 작용시 복원력이 큰 것으로 시험결과 나타나서 저온 및 진동이 심한 교량의 방수층에 적합한 것으로 판단된다.
- ② 수직응력이 증가함에 따라 전단강도는 점차적으로 증가하는 것으로 나타났으며 전단강도가 일정한 크기에 도달하면 변형은 지속적으로 증가하는 것으로 나타났다.
- ③ 상온 방수재의 전단강도는 가열 방수재에 비하여 크고 크롤로플렌 방수재에 비하여 작은 것으로 나타났다. 그러나, 크롤로플렌 방수재는 굳기가 단단하여 전단저항성을 상실하게 되면 포장층과의 분리가 우려된다.

참고문헌

1. Stefan A. Romanoschi and John B. Metcalf, "The Effects of Interface Condition and Horizontal Wheel Loads on the Life of Flexible Pavement Structures", Paper No. 01-2079, TRB 80th Annual Meeting, 2001, pp3~5.
2. Stefan A. Romanoschi and John B. Metcalf, "The Characterization of Asphalt Concrete Layer Interfaces", Paper No. 01-2080, TRB 80th Annual Meeting, 2001, pp4~7.
3. 日本道路協會, "道路橋 鐵筋 콘크리트 上版 防水層設計・施工資料", 1987, pp77~81, 89, 91.
4. 紫挑 孝一郎 ほか, "上版防水システムの高性能基準について", 防水ジャーナル, Vol 32, 2001.6, pp134.