

교면 방수재료 실용화 연구

A Study on the Practical Use of the Water-Proofing Systems for Protection on the Bridge Decks

안 태 송 *

Ahn, Tae-Song

심 재 원 **

Shim, Jae-Won

ABSTRACT

The comprehensive performance of the water-proofing materials which are sealer, liquid and preformed membranes were investigated as basic experimental data for guide line of field workers. The water-proofing performance, shear strength and bond strength were tested under the ambient temperature of 20°C and after 60 cycles of freezing and thawing (-17.8°C~4°C, 6cycle/day). The performance includes workability, permeability, cost and the influence of water-proofing materials to environment.

1. 서론

교량면과 같은 토목구조물의 보호시스템으로 방수재료가 사용된 것은 그렇게 오래된 것은 아니다. 미국에서는 1960년대가 되어서야 콘크리트의 물리적 손상과 철근부식을 촉진시키는 수분과 제설제에 대한 연구가 시작되었고, 일본에서는 1972년에 시방서상에 교면 방수에 관한 규정이 제정 되었다.

방수재료에 관한 실내실험을 위해, 본 연구에서는 일본 도로협회⁽¹⁾, NCHRP (National Cooperative Highway Research Program) Report 165⁽³⁾ 연구와 1980년대 후반에 영국의 TRRL(Transport and Road Research Laboratory)에서 수행되었던⁽⁴⁾ 연구절차를 따랐다. NCHRP Report 165는 1970년대 중반에 수행되었으며, 북미에서 가장 집약적인 연구가 이루어졌다. 그 결과는 미국에서 사용되는 멤브레인의 규정과 형태에 크게 영향을 미치며 오늘날에도 계속되고 있다.

* 정회원, 한국도로공사 도로연구소 재료연구실장

** 정회원, 한국도로공사 도로연구소 재료연구실 연구원

2. 방수 시스템

콘크리트면에 사용되는 방수재료에는 멤브레인(prefomed and liquid membranes)과 sealer의 두 종류가 있다. 멤브레인은 수분유입의 방지효가가 있는 유연성을 갖는 불투수막을 의미하고, sealer는 단순히 물의 유입을 감소시키는 용액이나 용제에 녹인 용액을 의미한다.

침투식 방수 시공은 큰 균열에 저항하지 못하고, 고강도 콘크리트에는 침투가 곤란하다는 문제점이 있고, sheet식 방수시공은 비용이 많이 들며, 시공시 연결작업이 어려워 표면이 균일하지 못하고, 연결부의 누수로 기능을 상실하는 경우도 있다. 도막식 방수시공은 연속시공이 가능하지만, 아스콘 골재의 관입에 따른 파손부위는 도로파손의 주원인이 된다.

바람직한 방수층 형성을 위해서는, 방수층 설치후 수밀성이 확보되어야 하고, 경제적이어야 한다고 정의할 수 있다. 방수층 시공시와 사용시에 필요한 보다 세부적인 사항은 표 1에 기술되었다.

표 1. 방수시스템에 대한 요구조건

설치중	사용중
<ul style="list-style-type: none"> ● 표면조도와 청소상태에 관대 ● 온도와 습도의 변화에 관대 ● 설치 쉽고, 형상에 지배되지 않을것 ● 부착이 양호할것 ● 낙하물체에 의한 손상에 저항성이 있어야 함. ● 포장장비에 의해 손상을 받지 않아야 함. ● 180℃까지의 온도에 손상을 받지 않아야 함. 	<ul style="list-style-type: none"> ● 사용온도(-40℃~-60℃)에 영향을 받지 않아야함 ● 사용기간중 부착 및 방수성을 유지 ● 교통하중에 의한 표층골재의 관입저항이 있을것 ● 교통하중에 의한 전단응력에 저항 ● 상판 슬래브에서 균열을 bridging ● 염과 불에 의해 영향을 받지 않음. ● 막의 교체없이 표층의 교체 가능

3. 실험방법

3.1 재료선정

시멘트는 내수용인 단일 회사제품을 선택하였고, 굵은골재는 최대치수 25mm인 쇄석골재를 선정하였으며, 잔골재는 강모래를 사용하였다. 방수재료는 시공성, 경제성, 성능이 표 1의 조건을 만족하는 제품을 무작위 선정하였다(표 2). 또한, 적용성에 초점을 맞춰 제기준을 제시하였다(표 3).

표 2. 선정된 방수재료의 성분과 특징

구분	재 품	성분조성	특 징
침투제	B	규산알카리	방수재의 침투에 의해 표면의 변화가 없음
	F	Latex	급속건조(도막두께:0.6mm)
도막제	D	시멘트계	아스콘 포설온도에 저항성 높음
	H	클로로프렌	아스콘 포설은 2-7일 사이가 바람직 열에 의하여 재활성
	E	아스팔트계	아스콘과 같은 아스팔트계
워트제	G	클로로프렌	현장상태 양호할 경우 프라이머 처리 불필요
	C	합성수지	유연성, 감온성, 탄성, 내약품성, 신장력이 우수

표 3. 방수재료의 선택기준

선택조건	요인	선택기준
보수조건	방수층 시공후 양생	양생시간의 단축가능 재료
	상판표면의 상태	시공성 양호 재료
교통조건	교통량이 많은 노선	전단강도가 큰 재료
도로구조	곡선부	· 원심력 저항성과 시공성 양호재료
기상조건	온난지	고온시 전단·접착강도가 높은 재료
	한랭지	동결융해후의 전단·접착강도 큰 재료
품질청상	비적합 조건시 성능저하	가능조건의 시험결과에 부합하는 재료

3.2 실내실험

콘크리트는 KS F 2425에 따라 300×600×200mm 및 300×300×150mm 몰드로 각각 제작하였으며, 모든 조건은 콘크리트 교량의 조건과 동일하게 적용하였다. 아스팔트는 포설온도 150℃, 다짐압 4.5 ton/m²로 55회 전압다짐하여 아스콘을 포설하였다. 배합한 아스콘이 식기 전에 다짐을 실시하였으며, 탈형은 24시간 후에 실시 하였다.⁽²⁾ 방수재료는 각 제품별 시방조건에 따라 시공을 하였고, 수행된 실험에 대하여는 표4에 요약하였다.

표 4. 각 실험과 관계된 실험조건

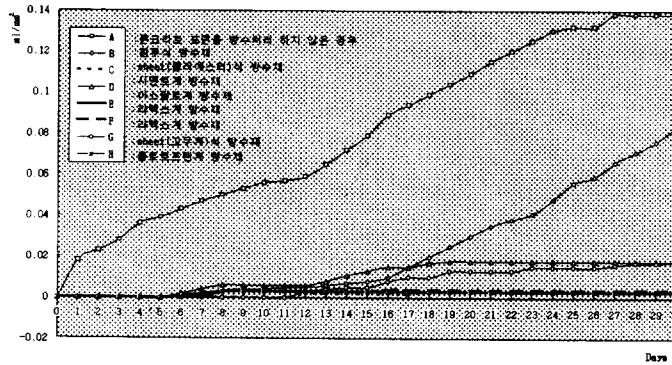
시험법	공시체	온도	시험방법	측정항목	기준값
방수성	콘크리트+방수층	20℃	500ml 물의 30일간 감수율	감수율	-
전단	콘크리트+방수층+(아스콘)	20℃	변형률속도 1mm/min	전단강도	1.5kg/cm ²
				신율	1.0%
				전단강도	-
				신율	-
접착	"	20℃	에폭시로 디스크 접착후, 펌프로 가압·인발시험	강도	6kg/cm ²
		동결융해			-

4. 실험결과 및 고찰

4.1 방수성 실험 결과

그림 1에 나타난 바와 같이 침투계 방수재의 경우, 10일간은 다른 방수재들과 거의 같은 방수성능을 보였으나, 서서히 물의 침투가 나타나다가 15일을 전후하여 방수처리를 하지 않은 일반 콘크리트와 거의 같은 기울기로 물을 투수시키는 것을 알 수 있었다. 이것은 본 실험의 공시체가 고강도 콘크리트 ($\sigma_{ck}=350\text{kg/cm}^2$)였기 때문에 깊이 침투하지 못한 침투성 방수재의 수막이 파괴되어 나타난 결과로 판단된다.

그림 1. 방수성 실험 결과



4.2 전단강도 실험 결과

침투식 방수재의 경우는 동결융해후 실험전에 아스콘이 탈락하였다. 상시에 콘크리트와 방수재에 대해 가장 큰 전단강도를 나타낸 것은 클로로프로펜 고무용제형 도막방수재 였는데, 이것은 전단강도의 기준이 되는 1.5kg/cm²를 훨씬 상회하는 결과였다. 시멘트계도 큰 전단강도를 보여, 클로로프로펜계와 거의 같은 결과를 보였다. 동결융해시에 가장 큰 전단강도를 나타낸 것은 시멘트계 도막방수재였으며, 다른 제품들은 모두 기준값인 1.5kg/cm²를 만족하였다.

표 5. 콘크리트와의 전단강도 및 전단변형률

제품	조건	상 시		동결 융해시	
		전단강도 (kgf/cm ²)	전단변형률(%)	전단강도 (kgf/cm ²)	전단변형률(%)
sheet식	C	2.70	4.34	3.72	1.89
	G	1.70	4.03	1.88	4.45
도막식	E	1.44	6.86	2.00	3.07
	F	3.51	1.24	1.71	0.97
	D	12.19	2.41	15.59	0.74
	H	16.03	3.13	11.17	3.88

표 6. 아스콘과의 전단강도 및 전단변형률

제품		전단강도 (kg/cm ²)	전단변형률 (%)
도막식 방수재료	F	1.20	1.90
	E	2.60	1.47
	H	0.71	3.88
	D	0.96	0.97
sheet 방수재료	G	1.00	4.45
	C	1.38	2.64

전단 변형율에 있어서는 클로로프렌 고무를 주성분으로한 도막 및 sheet 방수재가 동결융해후 오히려 증가하였다. 이것은 합성 고무계가 온도변화에 대해 저항성이 강함을 의미하는 것이다.

아스콘과의 전단강도가 가장 큰 경우가 아스팔트계 방수재였고, 전단변형율이 가장 큰 것은 클로로프렌 sheet와 도막이었다. 콘크리트와의 전단강도가 가장 큰 클로로프렌 도막 방수재가 아스콘과는 가장 작은 것으로 나타났다.

4.3 접착강도 실험 결과

아스콘과의 접착강도 시험결과를 비교해보면, 상시온도(20℃)에서 가장 좋은 결과를 보인 것은 클로로프렌 고무계인 H type과 G type이었다. 이 경우는 동결융해후와 상시인 경우 모두 접착과괴시 아스콘과 방수재료 사이에서 탈락이 일어났고, 다른 재료들은 거의 방수재에서 탈락하였다. 특히, 아스콘과의 접착강도가 안좋은 것은 시멘트계인 D type이었다.

표 7. 아스콘 부착시 교면방수재료 접착강도

제품	항목	강도(kgf/cm ²)		파괴형상	
		상시	동결	상시	동결
쉬트	C	1.15	4.77	방수sheet 탈락	콘크리트에서 방수재 부분탈락
	G	3.18	1.91	아스콘 탈락	아스콘에서 방수재료 탈락
도막	E	2.23	1.91	방수재 탈락	콘크리트에서 방수재 부분탈락
	F	1.27	1.27	방수재 탈락	콘크리트에서 방수재료 탈락
	D	0.95	0	아스콘 탈락	코아체취시 탈락
	H	3.82	1.91	아스콘 탈락	아스콘에서 방수재료 부분탈락

표 8. 콘크리트와 교면방수재료의 접착강도

제품	항목	강도(kgf/cm ²)		파괴형상	
		상시	동결	상시	동결
쉬트식	C	2.22	1.59	felt층 탈락	sheet 안에 있는 부직포가 부분탈락.
	G	3.82 (6.00)	1.59	felt층 탈락	(방수재료의 20% 정도 일어남)
도막식	E	0.95	1.59	방수재료 탈락	콘크리트와 방수재료 사이에서 탈락
	F	0.95	2.23	방수재료 탈락	콘크리트와 방수재료 사이에서 탈락
	D	9.55	6.37	콘크리트 일부 탈락	콘크리트와 방수재료 사이에서 탈락
	H	7.00	7.95	방수재료 탈락	콘크리트와 방수재료 사이에서 탈락

5. 결론

교면방수재료에 대한 실내실험을 통하여 평가한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 침투성 방수재는 고강도 콘크리트의 경우, 시공후 14일을 전후하여 그 기능이 저하되는 결과(방수효과: 36.5%)를 얻을 수 있었다. 따라서, 침투성 방수재는 350 kg/cm² 이하의 교량에 아스콘과 함께 포설하여 사용하는 것이 바람직하다는 것을 알 수 있었다.
2. 시멘트계 도막 방수재는 다른 재료와 거의 비슷한 결과(방수효과: 86.5%)를 보였지만, 누수시에 물과의 재반응하여 방수층을 재형성시키는 장점이 있었다. 또한, 전단강도는 상시와 동결융해시 모두 우수하였으나, 전단변형율은 다른 재료에 비해 떨어지는 결과를 보여 처짐이나 진동이 발생하는 부위의 시공은 가급적 피하는 것이 좋다고 판단된다. 아스콘과의 전단강도는 다른 제품에 비해 상당히 떨어지므로, 아스콘 포설에 앞서 적절한 primer 도포가 요구된다.
3. 클로로프렌 도막 방수재는 방수성능(방수효과: 97.7%), 전단강도와 접착강도가 모두 우수하였다. 그러나, 아스콘과의 전단력은 다른 제품에 비해 현저히 떨어지는 결과를 보이므로, 아스콘 포설에 앞서 primer 도포가 필요하다.
4. 클로로프렌 고무 sheet 방수재도 방수성능이 우수(방수효과: 97.7%)하였고, felt층의 제거후 얻은 콘크리트와의 접착강도와 전단변형률의 경우도 상시와 동결융해후 모두 우수한 결과를 보였다.
5. 폴리에스터 sheet 방수재는 방수효과와 전단강도가 우수하였고, 클로로프렌 고무 sheet계 방수재에 비해 접착강도는 다소 떨어지는 결과를 보였다.
6. 아스팔트계 도막 방수재는 우수한 방수효과(방수효과: 97.7%)를 보였고, 아스콘과 물성이 같은 장점이 있지만, 전단강도나 접착강도의 경우는 다소 떨어지는 결과를 보였고, felt를 부착시켜야 하므로 시공성이 저하되는 단점이 있다.
7. 라텍스계 도막 방수재는 전단강도나 접착강도가 다른 방수재료에 비해 다소 떨어지기는 하지만, 단가도 저가로 난이도도 낮은 재료이므로, 비용절감과 공기단축이 필요한 공사구간에 적절한 재료이다.

참 고 문 헌

1. 日本道路協會, “道路橋鐵筋 콘크리트 床版 防水層設計・施工資料”, 1987
2. “도로교 표준시방서”, 건교부, 1996, 872pp.
3. Van Til C. J., Carr B. J., and Vallerga B. A. "NCHRP PR 165 : Waterproof Membranes for Protection of Concrete Bridge Decks; Laboratory Phase", Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 1976, 70 pp
4. PRICE, A. R., "Laboratory Test on Waterproofing Systems for Concrete Bridge Decks", Report No. RR 248, TRRL, United kingdom, 1990, 45 pp