



## 교량 바닥판 조건에 따른 교면방수 시스템의 인장접착 특성

Tensile Adhesive Characteristics of Waterproofing System for Concrete Bridge Decks

이 병 덕\* · 심 재 원\*\* · 박 성 기\*\* · 김 광 우\*\*\*

Lee, Byung-Duck · Shim, Jae-Won · Park, Sung-Ki · Kim, Kwang-Woo

### Abstract

The waterproofing system's performance is known to show a determining by complex interaction of material factors, design details, and the quality of construction, and the waterproofing integrity of waterproofing membranes is determined by the bond to the deck and the amount of damage to the waterproofing membrane. In this research, the basic properties of waterproofing membranes on market and the tensile adhesive characteristics of waterproofing systems of concrete bridge deck have also been investigated in the view of the damages frequently reported from job site. For the tensile adhesive strength of sheet waterproofing membranes, the results after asphalt concrete paving tends to increase more than before those. The results of the liquid waterproofing membranes are upside-down, and the more concrete has strength, the more strength of tensile adhesive increase. The ambient temperature of asphalt concrete when application of the waterproofing membrane has considerable influence on the performance of waterproofing system. As described above, waterproofing system can be influenced by several factors. If they are not considered under construction, the overlooking will cause the damages of pavement and waterproofing system after traffic opening.

**Keywords** : concrete bridge deck, waterproofing membrane, sheet waterproofing membrane, liquid waterproofing membrane, tensile adhesive strength

### 요 지

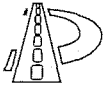
방수시스템의 거동은 재료 인자들의 복잡한 상호작용, 설계 상세, 그리고 시공의 질에 따라 결정되고, 방수성은 교면과의 접착성과 방수재의 손상정도에 의해 결정되는 것으로 알려져 있다. 따라서 본 연구는 현재 국내에 유통되고 있는 교면방수재의 종류별로 방수시스템의 성능을 현재 각 시공현장에서 하자의 원인으로 가장 빈번하게 발생하는 요인들을 중심으로 인장접착 특성을 비교하였다. 방수시스템에 대한 인장접착강도 시험 결과, 함수비 10% 이상에서는 무기질탄성계 도막방수재를 제외하고는 접착력이 감소하였으며, 바닥판 콘크리트 강도가 증가할수록 일반적으로 인장접착강도는 증가하였다. 또한 바닥판 콘크리트의 양생방법에 따라 내부의 공극구조 및 평탄성의 차이로 인해 수증양생한 시편이 전반적으로 접착력이 더 큰 것으로 나타났다. 아스팔트 혼합물 포설전 보다 아스팔트 혼합물 포설후 인장접착강도가 증가하는 경향을 나타냈지만 도막식의 경우, 오히려 감소하는 결과가 나타났다. 그리고 방수재 시공시 대기온도가 상승함에 따라 접착력이 저하되어 방수 시스템의 성능에 악영향을 미치는 것으로 나타났다.

**핵심용어** : 교량바닥판, 방수재, 시트방수재, 도막방수재, 인장접착강도

\* 정회원 · 한국도로공사 도로연구소 책임연구원

\*\* 한국도로공사 도로연구소 연구원

\*\*\* 정회원 · 강원대학교 지역기반공학과 교수



## 1. 서론

교량의 바닥판에 적용되는 방수재는 포장으로부터 침투되는 물과 염화물에 의한 바닥판 콘크리트의 열화 및 철근의 부식을 방지하기 위해 사용된다. 교면의 방수재는 건축 및 기타분야와는 달리 주행차량에 의한 반복하중, 진동, 충격, 전단 등의 역학적 작용과 온도변화에 의한 수축·팽창 등이 복잡하게 반복되는 바닥판에 사용되므로 이들에 대한 적절한 적응성이 요구된다.

그러나 우리나라 교량에 사용되어온 교면방수재는 사용의 간편함과 경제성을 이유로 침투식 방수재에 의존해 왔다. 또한 최근 고품질의 장대 교량이 많이 건설되면서 기존에 사용해오던 침투식 방수재는 고강도콘크리트에 충분히 침투되지 않고 균열발생시 제거능을 다하지 못하여 일시적인 방수기능 뿐인 단점이 드러나 시트식이나 도막식 방수재의 사용이 점차 증가하고 있다.

그러나 시트식 및 도막식 방수재는 시공후 성능검증이 곤란하고 기준에 부적합한 자재가 사용되거나 불량시공을 하여도 결과확인이 어려워 아직까지는 많은 문제점을 안고 있다. 이러한 문제들로 인해 최근 들어 방수재의 조기 손상뿐만 아니라 교면 포장의 조기 파손 사례가 많이 발생하여 보수·보강 대책에 많은 노력과 비용이 투입되고 있는 실정이다.

중요한 고려사항은 가능한 모든 단계에서 포장체와 동일한 내구연한이나 그 이상의 수명을 가질 수 있도록 방수시스템에 요구되는 제 성능을 만족하는지의 여부와 경제성인데, 그 성능의 만족 여부를 현장 및 실내에서 가장 간단하고 합리적인 점검방법이 콘크리트 바닥판 및 방수재, 아스팔트콘크리트 포장층 계면에서의 인장접착성이다.

따라서 본 연구는 현재 국내에 유통되고 있는

교면방수재의 종류별로 각 시공현장에서 하자의 원인으로 가장 빈번하게 발생하는 요인들을 중심으로 인장접착성을 시험하여 교면방수 시스템의 성능향상의 방안을 제시하고자 한다.

## 2. 실험

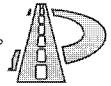
### 2.1 사용 방수재의 종류 및 시공공정

본 연구에서 사용한 방수재 종류는 콘크리트 교면용으로 국·내외에서 주로 사용되고 있는 시트식과 도막식으로 계열별로 표 1에 나타내었다.

표 1. Classification of waterproofing membranes used in test

Systems	Classifications
Sheet waterproofing membranes	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Modifide asphalt rubber impregnated sheets (Pour and roll system)-A</li> <li>- Modifide asphalt rubber impregnated sheets (Self adhesive system)-B</li> <li>- Modifide asphalt rubber impregnated sheets (Torch-on system)-C</li> </ul>
Liquid waterproofing membranes	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Chloroprene rubber-D</li> <li>- Acrylic resin type-E</li> <li>- Inorganic elastic(polymer) type-F</li> <li>- Epoxy resin type-G</li> <li>- Polyurethane resin type-H</li> </ul>

시트식에 있어서, 개질아스팔트고무 함침시트(용제형)-A는 폴리에스터 부직포를 중심기재로 한 SBS개질아스팔트와 규사, 폴리에틸렌 필름층을 일체화한 제품으로 접착용제를 사용하여 시공 하였다. 개질아스팔트고무 함침시트(자착식)-B는 구성성분이 용제형과 유사하나 시공방법이 차이가 있는데, 제품 자체의 점착성을 이용하여 로울러 전압에 의해 부착, 시공 하였다. 개질아스팔트고무 함침시트(용착형)-C는 주성분인 아스팔트에 개질재료 함성고무, 충전제로써 탄산



칼슘, 보강재로 폴리에스터 부직포, 상부 마감재로 규사, 하부 마감재로 폴리에틸렌필름 등을 사용하여 보강된 제품으로 토치공법에 의해 시공하였다.

도막식에 있어서, 클로로프렌고무계-D는 클로로프렌 합성고무와 특수공중합 고무를 혼합 반응시킨 합성고분자 도막 방수재로 1~2회에 걸쳐 프라이머를 도포하고, 주재인 방수재를 2회 이상 도포하여 방수층을 형성한다. 아크릴 수지계-E는 고분자 아크릴 수지가 주성분으로, 시멘트나 전용 파우더를 혼합하여 방수재를 형성한다. 무기질탄성계-F는 탄성 파우더에 폴리머를 혼합하여 방수막을 형성하는 제품으로 2회 이상의 도포로 마무리하여 완성 하였다. 에폭시수지계-G는 주재료가 유연성 에폭시 수지로서 주제와 경화제의 2액형 성분으로 구성되는 100% 고형제이다. 폴리우레탄 수지계-H는 주재료가 우레탄이며 주제와 경화제의 2액형으로 구성되며, 이것을 소정의 배합비로 혼합하여 방수재를 형성한다.

## 2.2 시험변수

방수시스템의 계면에서의 접착력은 콘크리트 바닥판의 강도 및 양생방법, 함수비, 시공시 주변 온도 및 습도 등 수많은 인자들에 영향을 받는다. 이러한 복잡한 인자들의 작용으로 인해 방수시스템의 계면에서의 접착특성을 정확하게 평가한다는 것은 아직까지 많은 한계를 가지고 있다. 또한 시공이 완료된 교면포장에 차량이 통과함으로써 나타나는 접착력의 변화는 방수시스템의 장기적인 내구성에 영향을 미친다. 하지만 차량 하중에 의해 방수시스템의 계면에 작용하는 하중분포를 정확하게 평가하는 것 또한 많은 어려움이 있다. 모든 변수에 대한 인장접착강도 시험시 온도는 상온(20°C)에서 실시하였으며, 변수는 표 2와 같다.

표 2. Experimental variable for tensile adhesive tests

Waterproofing membranes		Sheet	Liquid
Parameters			
Compressive strength of deck concrete	270kgf/cm <sup>2</sup>	✓	✓
	400kgf/cm <sup>2</sup>		
Moisture content of deck concrete	Under 10%	✓	✓
	Over 10%		
Curing methods of deck concrete	In air	✓	✓
	In water		
Ambient temperature at the time of waterproofing membrane application	20°C	✓	✓
	30°C		

## 2.3 실험방법

### 2.3.1 콘크리트 시편제작

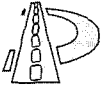
방수시스템에 대한 인장접착강도 시험을 위해 표 3과 같은 배합비로 30×30×10cm 크기의 콘크리트 슬래브를 제작하였다.

표 3. Mix proportions of concrete

Designed strength (kgf/cm <sup>2</sup> )	Gmax (mm)	Slump (cm)	Air (%)	W/c (%)	S/a (%)
270	25	15	4.5	46	44
400	19	15.5	4.3	40	43
Unit mix content (kg/m <sup>3</sup> )					
W	C	S	G	AE water reducing agent	Super-plasticizer
152	330	801	1051	C×0.3%	C×0.2%
168	420	733	1005	C×0.2%	C×0.2%

### 2.3.2 방수재 시공

각각의 방수재는 단일한 재료가 아닌 복합재료로 구성되어 있으므로 각각의 방수재는 서로 다른 특성을 갖게 된다. 따라서 각 제품에 해당



하는 시방조건에 맞는 시공을 위하여 제품별 해당 업체에서 직접 시공하는 것으로 하였다. 다음은 본 실험에서 실시한 일반적인 방수층 시공절차이다.

- 콘크리트 먼처리 : 연마기, 철술, 솔 등을 사용하여 표면 정리
- 프라이머 도포 : 롤러, 솔, 분무기 등으로 소정량을 표면에 도포
- 방수재료 시공 : 업체별 시방기준에 준하여 시공
- 적용가능한 방수재료의 경우 텍코트 시공 : 롤러, 솔

### 2.3.3 아스팔트 혼합물 포설

일반 밀입도(dance grade asphalt) 혼합물을 소정의 두께 5cm가 되도록 계량된 골재를 165°C의 온도에서 4시간동안 가열하여 아스팔트 혼합믹서로 4단계 속도로 분할 비빔을 실시하였다. 배합이 완료된 혼합물을 몰드에 넣고 롤러 다짐기(roller compactor)에 의해 5kgf/cm<sup>2</sup>의 하중으로 다짐을 실시하였다.

### 2.3.4 인장접착강도 시험

시편을 코어채취기로 코어링한 후 24시간 이상 건조시킨 후, 그 상면에 Ø10cm의 인장접착용 디스크를 에폭시 수지 등의 접착제를 사용하여 완전하게 접착한다. 접착제가 경화한 후 하중지시계(Load indicator) 및 로드셀(Load cell)을 연결하여 유압식 인장접착시험기로 약 1kgf/cm<sup>2</sup>/sec의 재하속도로 최대하중에 도달될 때까지 시험을 하였다. 인장접착강도 시험 장치의 개요도는 그림 1과 같다. 시험체 한 개 당 4곳에서 실험을 실시하였다.

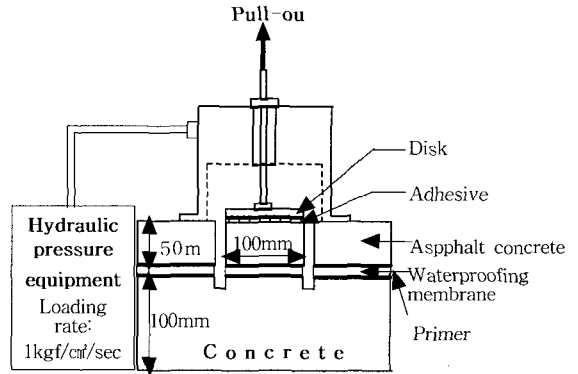


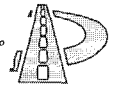
그림 1. Schematic illustration of tensile adhesive strength test

## 3. 실험결과 및 고찰

### 3.1 바닥판 콘크리트 함수비의 영향

일반적으로 교면방수 시스템의 접착성은 바닥판 콘크리트-방수재-아스팔트 포장층이 일체로 된 것을 접착력으로 평가하여야 하나, 바닥판 콘크리트의 함수비 만의 영향을 알아보기 위해 아스팔트 혼합물 포장층을 제외한 바닥판 콘크리트-방수재간에 접착력을 실시하는 것으로 하였다. 바닥판 콘크리트의 함수비는 10% 이상 및 10% 이하로 하였다. 그림 2의 범례의 약어는 Con은 콘크리트, WM은 방수재(waterproofing membrane), under 및 over는 바닥판 콘크리트의 수분량이 10%이하 및 10% 이상을 의미한다.

그림 2의 결과에서 볼 수 있듯이, 인장접착 강도는 개질아스팔트고무 시트의 종류별로 바닥판 콘크리트의 함수비 증가에 따라 용제형(A)과 용착형(C)은 접착성이 크게 감소하였는데, 자착식(B)의 경우는 유사한 값으로 나타났다. 하지만 인장접착강도 수준은 가장 낮았다. 최대 하중값에서의 파괴 양상은 바닥판 콘크리트의 함수비에 상관없이 콘크리트와 방수재 계면에서의 탈리로 파괴됨을 알 수 있었다. 시공면적이 실내 시편에



제한되어 객관적 신뢰성에는 한계가 있지만, 바닥판 콘크리트 표면에서 임계값 이상의 수분은 방수재의 접착에 영향을 미친다는 기존 연구결과와 일치함을 알 수 있었다(Price, 1991).

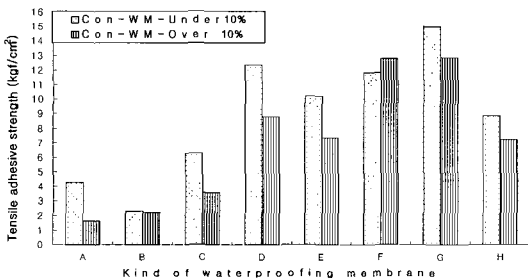


그림 2. Tensile adhesive strength with moisture ratio of deck concrete by waterproofing membrane type.

도막식 방수재인 무기질탄성계(F)의 경우는 그림 2에서 알 수 있듯이 바닥판 콘크리트내에 수분량이 큰 것에서 다소 높은 접착강도를 나타냈는데, 이는 제품특성상 고분자 합성수지와 천연 고무액을 특수가공하여 유제화한 것을 시멘트를 혼입하여 제품을 형성하는 것이기 때문에 수분이 존재하여도 콘크리트에 포함되어 있는 수화물과 화학반응하여 접착력 향상에 기여 하였기 때문인 것으로 사료된다. 따라서 바닥판 콘크리트내에 수분이 일정량 존재할 경우가 방수재 도포시 유리하다는 것을 알 수 있었다. 전반적으로 도막방수재에서도 함수비가 높은 시편이 접착력이 떨어지는 것으로 나타나, 강우가 내린 후, 대기중 습도가 높을시, 방수재 시공시 해가 없고 흐린 경우 13시 이전에 시공을 금지하는 것 등의 조치가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

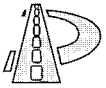
방수재를 도포 한 후 표면을 육안으로 조사한 결과 함수비가 큰 시편 표면은 기포가 다량 발생하였다. 이러한 기포 발생은 아스팔트 혼합물 포설시 골재에 의해 방수재가 손상되어 구멍을 발생시키는 원인임을 알 수 있었다.

### 3.2 바닥판 콘크리트 강도 및 아스팔트 혼합물 포설의 영향

최근 교량의 형식이 장대화되면서 바닥판 콘크리트의 고강도화가 증가하고 있는 추세에 있고, 고강도 콘크리트와 보통강도 콘크리트에 차이가 있을 것으로 판단되어 설계강도별(270, 400kgf/cm<sup>2</sup>) 인장접착강도 실험을 실시하였다. 또한 동일한 조건에서 아스팔트 혼합물을 포설한 후의 인장접착강도 변화 경향을 분석하고자 하였다. 그림 3의 범례 “270-Con-WM” 및 “400-Con-WM”은 바닥판 콘크리트 강도가 270, 400kgf/cm<sup>2</sup>인 바닥판 콘크리트와 방수재와의 인장접착강도이고, “270-Con-WM-AP” 및 “400-Con-WM-AP”는 강도가 270과 400kgf/cm<sup>2</sup>인 바닥판 콘크리트-방수재-아스팔트 포장층에서의 인장접착강도를 나타낸 것이다.

그림 3에서 알 수 있듯이 시트식 방수재의 결과를 살펴보면, 자착형(B)은 용제형(A)이나 용착형(C)에 비해 바닥판 콘크리트와 방수재와의 접착력이 크게 떨어지는 것으로 나타났다. 대체적으로 바닥판 콘크리트의 강도가 클수록 인장접착강도 값이 증가하는 경향을 나타내었다. 이러한 결과는 시트식 방수재의 시공상 바닥판 콘크리트면의 공극이나 기포가 인장접착강도에 많은 영향을 미친다는 것을 증명한다고 할 수 있다. 아스팔트 혼합물 포설에 따른 시트식 방수재에서의 접착성 변화는 약간 증가하는 경향으로 나타났으며, 그다지 큰 영향은 미치지 않은 것으로 나타났다.

도막식 방수재에서도 시트식에서와 마찬가지로 바닥판 콘크리트의 강도가 클수록 접착강도가 증가하는 경향이 나타났으나, 무기질탄성계(F)의 경우에는 이러한 경향과는 대조적인 결과가 나타났다. 이는 전술한 바와 같이 무기질탄성계의 경우에는 교면에서 일정 두께의 도막을 형성하여 물리적 접착력을 확보하고 침투식 방수재의 방수



원리와 유사하게 콘크리트 내의 화학성분과 반응하고 표면의 이물질을 콘크리트 내부로 흡수시켜 접착력 확보에 기여하는 것이다. 따라서 이러한 침투원리는 고강도콘크리트일 경우에 액상인 방수재 성분이 침투할 수 있는 미세공극의 크기가 작아지고 밀실해져 보통콘크리트 보다 어렵다는 것이다. 전반적으로 방수재의 종류에 상관없이 바닥판 콘크리트 강도가 크면 하지와의 접착이 양호하여 인장접착강도가 증가하는 것으로 나타나 바닥판의 하지상태가 접착성능에 영향을 미친다는 것을 알 수 있었다.

아스팔트 혼합물을 포설한 경우, 아스팔트 혼합물을 포설하기 전의 인장접착강도와 비교했을 때, 시트식 방수재의 경우 아스팔트 혼합물 포설로 인해 접착력이 다소 증가하는 경향을 나타냈다. 이는 시트식 방수재의 대부분이 중심기재가 아스팔트 혼합물 포설시 열에 치수안정성이고 내열저항성이 있기 때문으로 판단된다. 또한 중심기재에 함침되어 있는 열가소성 합성고무가 용융되어 아스팔트 혼합물과 접착되고 양생후 아스팔트 혼합물 내에 분산된 형태로 물리적 가교역할인 고무 형상 네트워크를 형성하고 다짐장비에 의한 방수재 압밀효과로 접착력의 증가가 발생한 것으로 사료된다. 반면 도막식 방수재의 경우에는 아스팔트 혼합물과의 접착력이 현저하게 감소하는 것으로 나타났는데, 아스팔트 혼합물 포설 후의 강도발현은 아스팔트 혼합물 포설 전의 접착력에 비해 약 50% 정도 밖에 강도 발현이 되지 않았으며, 특히 폴리우레탄계(H)는 접착력이 거의 소실되는 것으로 나타났다. 이러한 원인은 도포 경화 후 도막의 두께 부족, 아스팔트 혼합물 포설시 고온의 열에 의한 자체 물성 변화 및 점성의 저하, 액상인 도막재가 아스팔트 혼합물 혼합물 속으로의 유입, 아스팔트 혼합물 포설시 골재 관입에 의한 접착 면적의 감소 등에 의한 것으로 판단된다. 또한 도막방수재는 아스팔트 혼합물 포설

후의 인장접착 최대 하중시 파괴형상 대부분이 방수재와 아스팔트 혼합물과의 계면에서 탈리됨을 알 수 있었다.

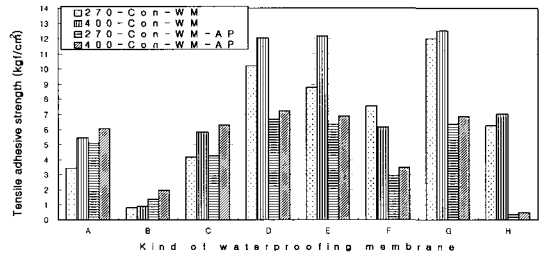


그림 3. Tensile adhesive strength with different compressive strength of deck concrete, before and after asphalt mixture applying by waterproofing membrane type.

### 3.3 바닥판 콘크리트 시편의 양생방법에 따른 영향

그림 4의 범례 “270-In water”는 설계기준 강도가 270kgf/cm<sup>2</sup>인 콘크리트 시편을 28일 동안 표준 수중양생한 것을, “400-In air”는 설계기준 강도가 400kgf/cm<sup>2</sup>인 콘크리트 시편을 28일 햇볕에 노출되지 않은 상태에서 기중양생한 것을 나타낸다. 이는 모두 방수재를 도포하고 아스팔트 혼합물은 모두 일반 밀입도 혼합물을 포설한 시편의 인장접착강도의 결과를 나타낸 것이다. 바닥판 콘크리트의 함수비는 표준상태로 하였다.

양생방법에 따라 콘크리트의 역학적인 강도특성이 크게 변화될 뿐 아니라 내부의 공극구조나 바닥판의 평탄성이 달라질 수도 있다. 그러므로 도막식에 비해 상대적으로 표면의 형상 및 바닥판의 평탄성에 영향을 크게 받을 수 있는 시트식의 접착특성, 도막식 방수재는 바닥판의 형상 보다는 구조체 내부의 공극구조에 영향을 클 것이라는데 착안하여 평가하고자 하였다.

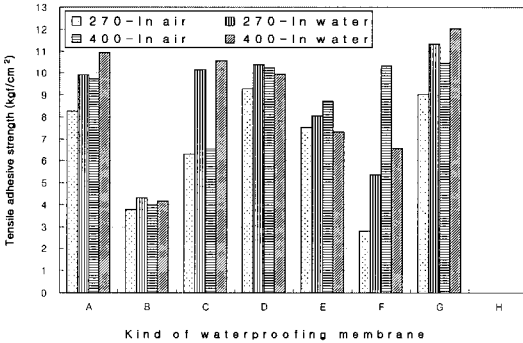
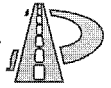


그림 4. Tensile adhesive strength with different curing method of deck concrete by waterproofing membrane type.

그림 4에서 볼 수 있듯이, 무기질이 첨가된 도막방수재(F)를 제외하고는 기중양생한 것 보다 수중양생한 시편이 접착력이 다소 큰 것으로 나타났다. 또한 바닥판 콘크리트의 강도 보다는 오히려 양생방법에 따라 접착력의 차이가 큰 것으로 확인 되었다. 이는 굳지않은 콘크리트가 경화 과정에서 수분 증발에 따라 바닥판 콘크리트 표면의 팽창성 및 콘크리트 공극구조가 방수재와의 접착에 영향을 미친다는 것을 보여주는 것이다.

그러나 실내 시험의 제약성으로 인해 상기 기술한 것과 같은 일관적인 경향은 미흡하지만 바닥판 콘크리트의 공극에 의해 방수재에 기포가 많이 발생하고, 이러한 기포는 발생 부위의 부분적인 접착력 저하뿐만 아니라 점진적으로 탈리면적이 증가하게 되고 물이 침투할 경우 영구적인 수로가 형성될 수 있다고 사료된다. 이러한 결과로부터 바닥판 콘크리트 타설 후 양생 및 표면 마무리가 방수재의 성능에 매우 큰 영향을 미친다는 것을 증명하는 결과라고 할 수 있다.

특이한 사항은 폴리우레탄계(H) 도막방수재는 아스팔트 혼합물을 포설한 후 코어링 시 이미 방수재와 아스팔트 혼합물과의 계면에서 접착력이 소실되어 탈리가 발생하였다. 무기질탄성체(F)에

서는 수중양생한 고강도 시편의 접착력이 기중양생 시편 보다 작게 나타났는데, 이는 고강도콘크리트에서 바닥판 시편이 수중양생으로 내부 구조가 더욱 치밀해지므로 인해 화학적 결합이 다소 감소 되었기 때문이라고 판단된다.

### 3.4 방수재 시공시 대기온도에 따른 영향

대기온도가 20°C일 때 교면의 노출 방수층에서의 실제온도는 40~45°C, 아스팔트 혼합물 포장층 두께 50mm에서의 방수층 온도는 25~30°C, 아스팔트 혼합물 포장층 두께 100mm에서의 방수층 온도는 20~25°C 정도까지 상승한다. 대기온도가 30°C인 경우 교면의 온도가 최고 70°C까지 상승하여 이러한 경우 많은 열팽창이 보일 것으로 예상된다. 그러나 콘크리트와 아스팔트 혼합물 사이에 위치하고 있는 방수층은 재료성질이 다르므로 교통하중 및 열에 의한 팽창·수축시, 그 거동이 방수시스템의 종류에 따라 다르게 발생한다. 따라서 모든 조건은 표준상태로하고 시공시 대기온도만을 20°C 및 30°C로 구분 하였다.

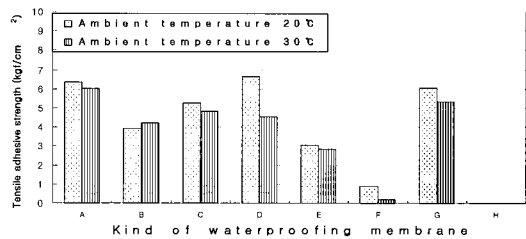
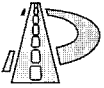


그림 5. Tensile adhesive strength with different ambient temperature at application of waterproofing membrane by waterproofing type.

방수재 시공시 높은 대기온도는 방수재 도포중 방수재의 발열(Exotherm)이나 시공후에 태양열에 의해 바닥판 콘크리트 표면 부위에 갇혀 있던 수분이 복사열로 증발하기 때문에 기포가 발생될



가능성이 크다. 이러한 기포는 아웃가싱(outgassing)으로 알려진 현상으로 내부 수분이 기화되어 체적이 증가하여 방수재에 큰 압력이 가해져 접착력이 크게 떨어지게 된다(Manning, 1995). 하지만 실험결과에서는 대부분의 재료에서 시공온도에 따라 인장접착강도가 크게 변하지 않는 경향을 나타내었는데, 이는 햇볕이 없는 시험실의 실내온도에서의 결과로 실제 현장인 교량에서 태양열에 노출되었을 시의 온도차에 의한 교면의 온도 상승을 감안한다면 상기에 서술한 기포발생 등으로 접착력이 더욱 크게 저하할 수 있고 상이한 결과가 도출될 것으로 판단된다.

그림 5 에서 볼 수 있듯이, 시트식 방수재 자착형(B)의 경우에는 인장접착강도가 높은 대기온도에서 다소 증가 하였는데, 이는 바닥판 콘크리트의 온도가 자착형 시트 자체의 점성 증가에 어느정도 기여함으로 인한 것으로 판단된다. 용제형(A) 및 용착형(C)의 경우에는 이러한 현상이 온도에 대한 영향보다는 시공상의 어려움에 의한 것으로 판단되며, 양호한 시공이 이루어진 경우에는 시공온도에 대한 영향은 크지 않을 것으로 사료된다.

도막방수재 또한 대기온도가 높으면 접착력이 감소하는 것으로 나타났는데, 특히 클로로프렌고무계(D)의 경우가 온도에 민감한 것으로 나타나 내열성능 개선이 필요한 것으로 나타났다. 그러나 무기질탄성계(F)와 폴리우레탄계(H) 도막방수재는 코어링시 시편이 아스팔트 혼합물과 방수층과의 계면에서 탈리가 되어 접착력이 거의 없는 것으로 나타났는데, 이러한 결과는 무기질탄성계에서는 폴리머를 첨가하여 도막을 형성하므로 폴리머와 시멘트의 배합비에 따라 크게 영향을 받은 것으로, 폴리우레탄계에서는 아스팔트 혼합물 포설시 고온의 열에 의해 점성이 크게 저하되어 아스팔트 혼합물과의 계면에서 탈리가 발생한 것으로 판단된다. 이상의 결과는 대기온도가 높을 경

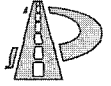
우 바닥판 콘크리트의 온도가 증가함에 따라 바닥판 콘크리트와 방수재 사이에서의 압력이 증가하고, 이로인해 바닥판 콘크리트와 방수재 계면에서의 접착특성에 많은 영향을 미칠 수 있다는 연구결과와 일치함을 알 수 있었다(Price, 1991). 그리고 온도 사이클이 여러일 연속적으로 반복된다면 기포의 크기는 더욱 커져 방수재의 탈리는 가속화 될 것이다.

#### 4. 결 론

본 연구에서는 다양한 종류의 교면용 방수재를 계열별로 선정하여 바닥판 콘크리트 양생조건 및 강도, 함수비, 시공시 대기온도를 통해 교면방수재의 가장 중요한 특성 중의 하나인 인장접착성능 시험을 실시한 결과로부터 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 바닥판 콘크리트 표면에 존재하는 수분에 의해 인장접착강도가 감소하는 것으로 나타나 함수비는 10% 이하로 관리하는 것이 기포발생을 최소한으로 억제하고 접착력을 확보하는 방안임을 알 수 있었다.
- (2) 바닥판 콘크리트의 압축강도의 영향은 강도가 증가할수록 대부분의 방수재에서 전반적으로 인장접착강도는 증가하였는데, 이는 바닥판 콘크리트 표면의 평탄성, 공극 등과 접착강도가 상호관련이 있다는 것을 알 수 있었다.
- (3) 시트식의 경우, 아스팔트 혼합물 포설전보다 아스팔트 혼합물 포설후의 인장접착강도 값이 증가하였으나, 일부 방수재의 두께가 다소 부족하여 가열골재에 의한 관입이나 찢김현상이 발생하므로 인해 시공두께가 3.5mm 이상이 적절할 것으로 판단된다. 반면에 도막식, 특히 무기질이





첨가된 방수재와 폴리우레탄계에서는 아스팔트 혼합물 포장층 시공후 접착력이 현저하게 감소하는 것으로 나타나, 아스팔트 혼합물 포장층과의 접착력을 증진시킬 수 있는 물성개선이 필요함을 알 수 있었다. 또한 시트식과 달리 중심기재가 없어 열에 의한 유동성이 크고, 내열치수 안정성이 작으며 도막두께가 얇아 아스팔트 혼합물 포장층 시공시 및 경화후 방수재에 구멍이 뚫리기 쉬우므로 내골충격저항성 시험 후 적합성을 판단한 후 제품의 표준값 두께 이상이나 1.2mm 이상이 적절할 것으로 사료된다.

- (4) 무기질이 첨가된 도막방수재를 제외하고는 기중양생한 것 보다 수중양생한 시편이 접착력이 다소 큰 것으로 나타났다. 또한 바닥판 콘크리트의 강도 보다는 오히려 양생방법에 따라 접착력의 차이가 큰 것으로 확인 되었다. 따라서 양생절차 및 관리가 바닥판 콘크리트 표면의 평탄성 및 공극구조와 직접 연관이 있으므로 방수재와의 접착력 증진에 기여하는 인자임을 알 수 있었다.
- (5) 방수재 시공시 대기온도도 어느 정도 중요한 변수로 나타났다. 실험실 온도기준으로 20°C보다 30°C에서 시공한 경우의 접착강도가 더 낮게 나타나 고온에서의 시공이 나쁘다는 것을 알 수 있었다. 더구나 현장에서는 대기온도 이외에도 직사광선으로 인해 방수재 (대부분 검은색) 온도가 더 올라가므로 이에 대한 주의가 절대 필요한 것으로 판단되었다.

- (6) 본 연구에서 사용된 인장접착강도 실험은 일본도로공단에서 제시한 방법으로 실시하였는데, 이는 국내에서는 아직 정확한 규정이나 기준값이 정해져 있지 않기 때문이며, 이로 인해 현장에서 작업시 많은 시행착오로 교통개방 후 짧은 기간에 많은 하자가 발생하고 있다. 따라서 본 연구를 통해 얻어진 각 변수에 대한 인장접착특성의 영향을 고려하여 시공에 반영한다면 하자발생을 많이 줄일 수 있을 것으로 사료된다.

## 참 고 문 헌

1. 한국도로공사, "고속도로공사 전문시방서 : 토목편", HS-00, 한국도로공사, pp. 7-162~7-178, 2000.
2. 이병덕, 교면방수 시스템의 인장접착 성능개선을 위한 영향인자 분석, 강원대학교 대학원 박사학위논문, 2002.
3. Manning, D. G., "Waterproofing for Concrete Bridge Decks", NCHRP Synthesis of Highway Practice 220, TRB, Washington, D. C. 1995.
4. Price, A. R., "Laboratory Test on Waterproofing Systems for Concrete Bridge Decks", TRRL Research Report 248, TRRL, 1990.
5. Price A. R., "Waterproofing of Concrete Bridge Decks : Site Practice and Failures", TRRL Research Report 317, TRRL, 1991.
6. 日本道路協會, "道路橋鐵筋コンクリート床版防水層 設計・施工資料", 日本道路協會, 1987.
7. 日本道路公團, "材料施工資料(第4号)-コンクリート床版防水工", 日本道路公團試験研究所, 1994.

(접수 : 2002. 4. 8)