

# 클로로프렌 합성고무 도막계 방수재의 시공

## Applications of Chloroprene Rubber Liquid Membrane

이 병 덕\*  
Lee, Byung Duck

심 재 원\*\*  
Shim, Jae Won

박 성 기\*\*\*  
Park, Sung Ki

### ABSTRACT

This report describes practices currently used for properties, applications and guide-lines of Chloroprene Rubber Liquid Membrane Systems for concrete bridge deck and relates these practices to in-service failures.

#### 1. 서론

최근 콘크리트 상판 슬래브나 옥상, 물탱크 등의 방수공법에는 도막, 시트 및 침투식 방수 등이 시행되고 있다. 방수재료의 사용에 있어 가장 열악한 조건인 콘크리트 상판은 외부충격, 진동, 피로하중 등에 의하여 균열이 발생하기 쉽고, 균열을 통해 침투한 물이나 염화물은 콘크리트의 중성화와 철근이나 P.C 강선 등에 부식을 촉진시켜 구조물의 내구년한을 단축시키고 막대한 경제적 손실을 초래하게 된다.<sup>(1)</sup> 따라서 침투식 방수재를 배제한 membrane 형태의 도막이나 시트식 공법이 콘크리트 상판의 보호를 위해 사용되어 왔으며, 그 과정에서 경제적, 사회적인 문제를 배제하더라도 많은 기술적인 문제를 겪어왔다.

특히, 최근들어 사용이 급증하고 있는 클로로프렌 합성고무 도막방수 공법은 시트공법과는 달리 이음매가 없는 일체형의 도막이고, 특히 열에 대한 안정성이 우수하여 혹한기나 혹서기에 견딜 수 있는 내후성을 가지며, 아스콘 포장시 포설온도(150~180℃정도)에서도 물성변화가 없어 아스콘의 잠열이 도막의 탄성을 변형시키는 현상이 없다는 장점을 갖는다. 하지만 작업성, 하지 콘크리트 및 아스콘과의 접착성, 사용시간 및 자연환경에 대한 내구성 등과 같은 요구조건을 만족시킬 수 있는 품질기준이나 시공기준 및 하자보수 대책 등이 미흡한 실정이다.<sup>(7)</sup> 따라서 본 논문에서는 클로로프렌 합성고무 도막방수재의 개념과 품질 및 성능기준, 시공현장에서 발생 가능한 하자 사례와 이에 대한 대책에 대하여 연구하였다.

#### 2. 클로로프렌 합성고무 도막 방수재

##### 2.1 특성

클로로프렌고무는 범용 특수합성고무로 일반 고무보다 내후성(Britt point 35℃, Softening point 80℃), 내약품성이 뛰어난 특성을 지닌 염화고무로 1931년 미국 DU-PONT사에 의해 Duprene로 개발 시판되었다. 그 후 Neoprene로 개칭되었고, 학명은 Chloroprene이다. 클로로프렌 고무를 톨루엔 용제로 용해한 액상의 재료를 조직강화를 위해 유리섬유, 가류시키기 위해 산화아연, 충전제로 염화칼슘, 노화방지제로 카본-블랙, 휘발성 용제로 톨루엔, 키실렌 등을 사용한 것이 클로로프렌 도막 방수재이다. 주로 전선피복, 케이블, 토목건축용품, 접착제로 이용되며, 내오존성, 내후성, 내유성, 내약품성, 접착성, 난연성 등이 다른 재료에 비해 뛰어난 특징을 갖는다.<sup>(7)</sup>

\* 정희원, 한국도로공사 도로연구소 책임연구원

\*\* 정희원, 한국도로공사 도로연구소 연구원

\*\*\* 정희원, 한국도로공사 도로연구소 연구원

도막방수 공법의 공통적인 개발 동기는 아스팔트 방수의 결점을 개선하고 동시에 시트방수의 결점을 보완하는 것을 목적으로 개발되었다. 현재 국내에서는 고무 아스팔트가 주류를 이루고 있으며, 점차 우레탄 고무계와 폴리우레아계, 무기질 탄성계를 복합화한 도막재도 서서히 그 수요가 증가하고 있다.

이러한 도막계 방수공법 중에서 클로로프렌 고무계 도막재의 경우에는 인장강도, 인열강도가 우수하고, 노출용으로도 시공이 가능하며, 내열성이 강하고 상온시공이 가능하여 교량방수의 아스팔트 도로 포장층 아래 부분에 많이 사용되고 있다. 하지만 도막을 형성하는데 있어 바닥 콘크리트의 요철이 있는 경우 팽창압 등으로 인하여 기포가 발생할 수 있는 단점으로 여러 번에 걸쳐 도포해야 하기 때문에 공사지연을 초래할 수 있으며, 양생기간, 바닥 콘크리트 표면의 습윤함량, 양생기간의 엄수 등의 엄격한 품질관리가 이루어진 시공이 실시되어야만 확실한 성능을 발휘할 수 있다. 표 1은 클로로프렌 도막 방수와 함께 국내에서 사용되고 있는 도막 방수재를 비교한 것이다.

표 1 도막방수 공법별 비교<sup>6)</sup>

구 분	도막방수			
	합성고무계	AP계	합성수지계	아크릴계
시공공정	레이턴스 제거→청소→1,2차 프라이머 도포→방수제 도포	레이턴스 제거→청소→프라이머 도포→방수제 도포	레이턴스 제거→청소→폴리머 도포→규사살포	
물 성	클로로프렌계	AP고무계	2액형 수지계 (우레탄계, 에폭시등)	아크릴계
공법 개요	고무를 볼루엔등의 계에 용해한 액체용량 슬라브에 도포	AP를 합성 고무등으로 개선한 고체용량 슬라브에 가열 용해	열경화수지를 혼합하여 교량 슬라브에 도포	콘크리트 미세공극에 아크릴을 일부 침투시켜 합침시키고 표면에 방수막 형성
장 점	· 방수성 우수 · 균열에 대응 · 복잡한 부위 시공 용이	· 방수성 우수 · 균열에 대응 · 복잡한 부위 시공 용이	· 방수성 우수 · 균열에 대응 · 복잡한 부위 시공 용이	· 방수성 우수 · 균열 대응에 우수
단 점	· 시공 복잡 · 기포 발생 · 양생기간 장기간 소요 · 균일한 도막두께 유지 곤란	· 시공 복잡 · 기포 발생 · 양생기간 장기간 소요 · 균일한 도막두께 유지 곤란	· 시공 복잡 · 기포 발생 · 양생기간 장기간 소요 · 균일한 도막두께 유지 곤란 · 국내 사용 실적 없음	

## 2.2 품질 및 성능기준

교면 도막방수에 요구되는 기본적인 성능은 불투수성, 균열에 대한 추종성, 차량의 발진 및 정지 등의 역학적 작용에 대한 저항성 등이다. 또한 콘크리트 상판 및 포장과의 접착성이 우수해야 하며, 포장시의 열로 인한 재질의 변화가 일어나서도 안된다. 그러나 방수재의 성능은 단일개념이 아닌 복합개념으로 접근해야 하기 때문에 만족할 만한 현장 성능에 대한 정량적인 평가를 하는 것은 어렵다. 따라서 여러 나라에서 규정하고 있는 도막 방수재에 대한 품질기준과 성능기준을 조사, 분석하고, 국내에 적용되고 있는 방수공법과 방수재의 품질기준을 비교하고, 품질시험 전문가의 의견과 현장 시공조건을 고려하여 클로로프렌 고무 도막 방수재의 품질관리시 필요한 항목들을 제시하였다.

### 2.2.1 국외

미국의 경우에는 AASHTO(American Association of State Highway and Transportation Officials)와 FHWA(Federal Highway Administration)에서 교면 방수재에 대해 포괄적으로 규정하고 있으나 재료는 시트방수재에 국한되고, 방수공법을 적용하는 대부분의 주에서 별도의 방수재료 기준을 제시하고 있으며, 제품의 선정은 각 주에서 이미 승인을 받은 제품중에서 계약자가 선정하는 것으로 규정되어 있다. 방수 제품의 승인절차는 주에 따라 다르며, 대부분 실험실 시험 또는 제작자에 의해 제공되는 실험결과를 분석함으로써 결정된다. 현장시험시공을 통해 큰 문제가 없을 때 승인을 하는 경우도

있으며, 공학적 판단이 중요한 역할을 하게 된다.

영국 도로국에서는 시트 및 액상 방수재에 대해서 개별 시험항목과 공통 시험항목을 구별하여 규정하고 있으며, 공통 시험 항목에는 주로 일체화된 거동을 확인하기 위한 시험항목으로 이루어져 있다

독일에서는 1987년에 제정된 '콘크리트 교량 상판 방수공법 보충지침(ZTV-BEL-B)'에 1층 시트계 방수층, 2층 시트계 방수층 및 합성수지 도막계 방수층에 대한 규정이 제시되어 있다. 합성수지 및 도막계 방수층에 대해서는 제품 및 시공방법만 규정하고 있다.

일본의 경우는 일본도로협회 및 한신(阪神)고속도로공단에서는 방수재와 콘크리트 상판·방수층·포장이 일체화된 방수 시스템이라는 관점에서 품질기준을 제시하고 있다. 방수재의 품질기준은 포장포설시의 열을 고려한 내열성능과 동결방지제를 가정한 내약품성을 중요시한 시험항목으로 하고있다. 또한, 방수성능 시험과 콘크리트 상판, 방수층 및 포장의 주행차량 하중에 대한 일체 거동 여부를 확인할 수 있도록 접착성능에 중점을 두고 있다.<sup>(5)</sup>

## 2.2.2 국내

한국고속철도공단에서는 방수재의 선정 및 시공 후의 품질관리로 구분한 것이 특징인데, 방수재의 선정을 위한 시험빈도를 공급원 승인시 제조업체별로 공인시험성적 1회(유효기간은 1년)로 하고, 유효기간 내에도 방수공사수량이 20,000m<sup>2</sup>를 넘을 때마다 재시험을 실시하도록 하는 규정을 두고있다.

또한 현장관리를 위한 품질기준으로 콘크리트 표면 평탄성이 1m 당 6mm 이상의 요철이 없어야 하고, 도막식 방수재의 경우, 일정한 방식으로 도포 시공해야 하며, 승인두께보다 얇은 부위는 즉시 재도포해야 한다고 규정하고 있다. 시험빈도는 방수공사 매 5,000m<sup>2</sup> 마다 1회씩 관리시험을 실시하고, 콘크리트 표면의 평탄성 및 두께 측정은 매 10m 마다 1회씩 실시하는 규정을 두고 있는 것이 특징이다.

한국도로공사의 방수재에 대한 규정은 공사시 필요에 따라 규정되어 포괄적이지는 않으나, 공사 know-how의 축적으로 '도로공사 표준시방서(1996)', '공사특별시방서' 및 '고속도로공사 전문시방서(HS-98)' 등을 통해 칩투식, 시트식 및 도막식 방수재를 모두 다루고 있다.<sup>(6)</sup> 그러나, 각 성분에 대한 승인시험과 현장 성능 사이의 상관성이 정립되지 않았기 때문에 체계적인 시공에 어려움을 겪고 있다.

각 국가별 품질기준을 검토한 결과, 국가마다 처해진 상황이나 환경적 여건들에 따라 기준상의 차이를 보이고 있었다. 각 품질기준의 검토 결과와 현장조건을 고려하고 품질시험 전문기관의 의견을 참고하여 현장관리를 위해 클로로프렌 합성 고무 도막 방수재의 특성에 맞는 품질기준 항목을 다음과 같이 정리할 수 있었고, 다음절에서 언급한 성능기준을 두어 시공관리를 보강하는 것이 바람직하다고 사료된다(표 2).

표 2 클로로프렌 합성고무 도막 방수재의 품질기준 항목<sup>(3)</sup>

시험항목	시험방법	점검사항	비고
인장강도	KS F 4917	구조적 적합성	시편제조상 주의필요
신장율	KS F 4917	구조적 적합성	시편제조상 주의필요
지속건조시간	KS M 5000	공사진행여부	
내열성후 인장강도 및 신장율	KS F 4917	내열성능	온도규정 시험중
불휘발분	KS M 5000	품질확인	
유리전이온도	KS M 3050	품질확인	시험적합여부 검토중
내화확성	KS M 5307	화학적항성능	
인열성능	KS F 4917	품질확인	

## 2.3 시공과 하자

클로로프렌 합성고무 도막 방수재의 시공시, 콘크리트의 함수율이 높은 경우(고주파 수분계 측정값), 방수재 도포 후 수분의 증발로 인하여 방수층과 콘크리트의 계면에 기포가 발생할 수 있고(그림.1), 콘크리트 표면의 이물질이나 레이턴스의 제거가 불량할 경우에도 방수층의 탈락을 유발하며, 프라이머와 방수재 도포작업의 시간간격이 길어질 경우, 이물질(먼지, 염분, 유지류 등)의 집적으로 인하여 접착력을 상실하게 되기도 한다(그림.2). 또한, 방수재의 도포두께가 너무 얇은 경우는 아스콘 포설중에 골재 관입에 의해 방수층이 찢어지기 쉽고, 지나치게 두꺼운 경우, 양생시간이 길어지고, 아스콘 포설후 밀

림에 영향을 줄 수 있다(그림.3, 4, 5, 6).

따라서, 시공시 하지면의 청소 및 요철 제거 상태, 그리고 표면의 함수율, 프라이머 및 방수재 도포 후 양생시간 등을 정확하게 지켜야 하고, 해당 방수재의 시공방법을 준수하여 시공을 실시해야 한다. 또한, 국내에는 다양한 종류의 방수재가 상당한 품질의 차이를 보이며 유통되고 있어, 재료의 선정과 품질관리시에 세심한 주의를 기울여야 함에도 체계적인 관리방안이 없어 현장관리자들의 혼란을 가시 키고 있다.

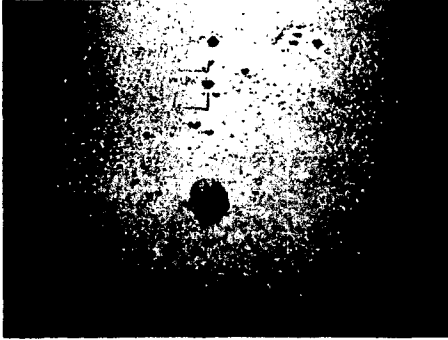


그림.1 도막방수 표면 기포발생



그림.2 아스콘 포장 탈리



그림.3 교면 도막방수 탈리 전경



그림.4 습윤성 프라이머 적용부 도막탈리



그림.5 하자 발생 면의 도막손상(Ⅰ)



그림.6 하자 발생면의 도막손상(Ⅱ)

### 3. 클로로프렌 도막 방수재 시공 관리 대책

#### 3.1 재료선정 및 관리일반

클로로프렌 도막 방수재의 시공에 있어 제품에 관한 정확한 품질기준이 마련되어 있지 않기 때문에 현재 시공 현장에서는 제조업체에서 제공하고 있는 품질기준에 의해 제품을 선정하여 시공이 이루어지고 있는 실정이다. 또한, 현재 국내에서는 교면 방수용으로 다양한 종류의 도막 방수재가 유통되고 있으며, 성능의 차이 또한 심하여 그 사용성 여부에 대한 판단기준의 설정도 시급하다.

따라서 현장에서의 자재 선정시, 앞서 언급한 품질기준과 추가적인 성능시험을 통해 자재가 선정되어야 하고, 선정된 재료의 품질확인을 위하여 자재 납품 후 무작위 샘플링을 통해 선정된 재료의 시험을 현장 감독자의 의뢰로 국가 공인 시험기관에 요청하여 현장 성능 시험을 거쳐 품질확인이 이루어진 제품에 대해서 시공이 이루어져야 할 것이다.

성능 시험은 교면방수재에서 발생할 수 있는 하자 가운데 하나인 접착성능을 점검하는 인장접착강도 시험과 밀림에 대한 저항성을 점검하는 전단강도 시험의 2가지 방법이 있다(그림7, 그림8). 이 가운데 인장접착강도 시험(Pull-out Test)은 현장에서 간단하게 실시할 수 있는 방법으로 사료된다. 표 3은 한국도로공사 '교량교면방수 적용기준'에서 추천하고 있는 성능기준 값을 제시한 것으로, 현장관리시 접착강도가 그 기준 값을 만족하지 못할 경우, 전단강도시험을 통해 추가적인 검증을 실시하는 것이 바람직하다.

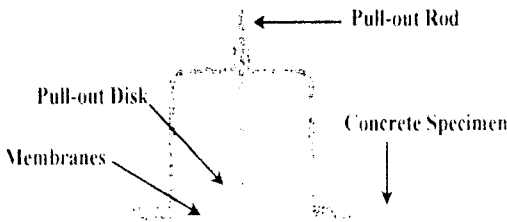


그림.7 인장접착강도 시험원리

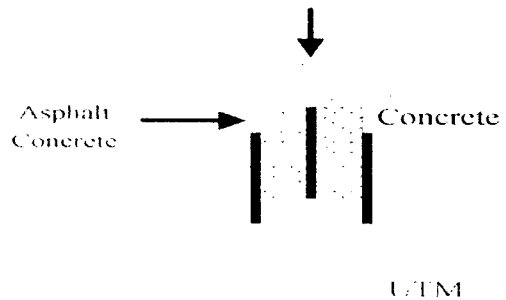


그림.8 전단강도 시험원리

표 3 방수층의 성능기준<sup>(3)</sup>

항 목		규 격 치		시 험 방 법
전단접착성	강도(kgf/cm <sup>2</sup> )	-10℃	8.0이하	교량교면방수 적용기준 (1997)에 의함
		20℃	1.5이하	
	변형성(%)	-10℃	0.5이하	
		20℃	1.0이하	
인장접착성	강도(kgf/cm <sup>2</sup> )	-10℃	12이상	
		20℃	6이상	
수침7일후의 인장접착성	강도유지율(%)	20℃	수침전의 50%이상	

#### 3.2 시공시 주의점

현재 클로로프렌 합성고무 도막계 방수재의 경우, 앞서 언급한 것처럼 방수재 자체의 품질 미확보, 하지면의 레이턴스 및 이물질의 제거 불량으로 인한 프라이머와 하지와와의 탈락현상, 프라이머와 방수재 층간의 탈락현상, 그리고 방수층과 아스콘과의 탈락현상 등의 많은 문제점들이 나타나고 있다. 시

공현장에서 발생된 문제점들을 하자별로 원인과 방지대책을 표 4에 나타내었다.

표 4 하자 발생원인 및 대책

구분	하자	원 인	대 책
상판	기포 pin-hole pot-hole	· 바닥콘크리트 표면의 요철 · 콘크리트 표면의 건조상태 및 오염 · 콘크리트 표면의 청소불량 · 프라이머 도포량의 과부족	· 콘크리트 표면 조정작업(평활도 2mm 이하) · 바탕의 건조상태확보(고주파 수분계 이용, 표면습도 10% 이하) · 바탕의 청소철저(Air-jet / Sand-blast 사용) · 보수에 따른 철삭시 살수량 최소화
방수재	방수재 파열/탈락 아스콘 탈락/밀립	· 방수재료의 기초물성 · 방수재의 점성 · 방수재의 배합 · 방수재료량	· 내열성능점검(직접가열시도 완전히 녹지않음 · 현장요청 품질시험 의뢰(국가공인기관) · 배합비의 준수 · 수회 검침 도포실시 (2회~4회 이상) · 방수재 두께 준수(완전 건조후 0.8~1.2mm)
시공	방수재 손상 방수재 접착력 상실	· 재료별 시공시방 미준수 · 공사차량 조기 진입 · 일사광, 비, 바람, 먼지 · 염분이나 기름 등 이물질	· 각 회 도포두께를 가능한 얇게 한다. · 지축건조시간 준수 · 도포작업 시간간격 준수(1, 2차 프라이머 도포시 20~60분) · 방수 시공 전 주변 기상환경 상태 체크 (저녁 시간대 시공 바람직) · 일사광, 바람, 이물질 예상시 차단막 설치 · 동절기 5℃이하에서는 시공 불가 · 보수시 일일 시공규모는 300 m <sup>2</sup> 이내 (전처리 작업 포함) · 접착력 확보를 위한 tack coat 시 주의필요 (방수재료 회사 추천재료 사용)
양생	기포발생 방수재 손상	· 기공부의 수증기 팽창압의 증가 · 아스콘 포설온도 · 포설시 고온 골재 관입	· 강한 일사광의 차단을 위한 양생막 설치 · 양생시간은 5~7일정도가 가장 좋다. · 방수층 시공 후 가능한 빠른 시간 내에 방수보호층 시공

#### 4. 결 론

콘크리트와의 우수한 접착성능과 아스콘 포설온도에 대한 내열성능이 우수하여 사용이 증가되고 있는 클로로프렌계 합성고무 도막방수재는 동결융해 후에도 전단 변형율이 저하하지 않으므로, 혹한기나 혹서기에도 잘 견디며, 곡선교량과 같이 단면변화가 큰 경우도 시공이 용이하고, 진동이나 처짐이 발생 가능한 부위의 시공에도 적합한 것으로 판단된다. 그러나, 클로로프렌 합성고무 도막 방수재의 사용이 증가함에 따라 이에 대한 이해의 부족과 별다른 시공관리 절차없이 현장에 적용되고 있어 많은 문제가 발생하고 있다. 따라서, 본 논문에서는 이에 대한 대책을 제시하여 방수재료의 선정 및 시공에 있어 구체적인 관리방안을 제시하였으나, 아스콘의 포설시기, 택-코팅의 적용여부 등은 아직 이론적으로 정립이 되어 있지 않아, 이에 대한 철저한 경험적인 주의가 요구된다. 또한, 방수 시스템의 장기적인 건정성을 유지하려면 적절한 시공과 함께 배수처리 문제도 다각적으로 검토되어야 할 것으로 사료된다.

#### 참 고 문 헌

1. "NCHRP Synthesis of Highway Practice 4 : Concrete Bridge Deck Durability," Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 1970
2. Price A., R., (1989) "A field trial of waterproofing system for concrete bridge decks," Department of Transport Research Report RR 185, Transport and Road Research Laboratory, Crowthorne, Berkshire, 1989
3. "교량교면방수 적용기준," 한국도로공사 설계사업소, 1997. 11.
4. "교면포장의 실용화 연구," 한국도로공사 도로연구소, 1996년도 연구보고서
5. "도로교철근 콘크리트 상판 방수층 설계·시공 자료," 일본도로협회, 1987
6. "도로공사표준시방서(1996)," 한국도로공사, 1996
7. 손진연, "신교 유기공업화학," 1983