발 간 물 등 록 번 호
11-1500000-001949-01

교면포장 품질관리 매뉴얼

(콘크리트 상판위의 아스팔트 교면포장)

2007. 3.

건 설 교 통 부

머 리 말

교통량 및 중차량의 증가로 교면포장의 파손이 날로 심각해지고 있어서 교통사고 위험성이 증대되고 있습니다. 교면포장의 파손이 교량 바닥판의 내구성 악화로 이어지고 있으며, 특히 적설지역에서는 제설작업에 의한 염화물 살포로 교량 바닥판 부식이 심각해지고 있습니다.

따라서, 교면포장 파손의 근본적인 대책수립이 시급하므로 교면포장 파손의 근본적인 원인을 분석하고, 교면포장 파손을 저감시키기 위하여 설계, 시공 및 유지관리시 대책을 반영한 교면포장 품질관리 매뉴얼을 제정하였습니다.

본 매뉴얼의 주요내용으로는 교면포장 시공시 유의사항으로 교면슬래브에서부터 교면포장에 이르기까지 유의하여야 할 사항에 대하여 기술하였으며, 특히 포장체 내부로 침투한 침투수가 빠져나가지 못하여 교면포장의 파손이 많이 발생하였으므로 침투수의 배수시설 기준을 수립하였습니다.

교면방수 분분에서는 교면포장 파손이 많이 발생한 가장 큰 원인으로 방수층 요인이 가장 컸으나, 지금까지 방수 공법에 대한 기준이 없었으므로 각각의 방수 공법마다 파손원인을 분석하여 그에 대한 대책을 반영한 시공기준을 수립하였습니다.

또한, 교면포장의 파손이 발생한 구간에 대하여 현장조사 및 실내시험을 통하여 1차적인 파손원인을 분석하고, 파손원인을 교면방수 요인, 교면포장 요인, 침투수 배수시설 요인의 세 가지 요인별로 재분석하여 각각의 원인에 대한 대책을 수립하였습니다.

본 매뉴얼을 활용하는 과정에서 개선이 필요한 부분에 대해서는 지속적으로 보완해 나갈 계획이며 활용하시는 여러분의 많은 조언을 부탁드립니다. 끝으로, 본 지침 제정 작업에 참여하여 주신 한국도로공사와 한국건설기술연구원, 자문위원, 그리고 관계 공무원 여러분의 노고에 감사의 마음을 전합니다.

2007년 3월

건설교통부 도로기획관 조 용 주

목 차

1. 총 칙 ····· 1

1.1 적용범위 ····· 1

1.2 용어의 정의 ····· 3

2. 교면포장의 구조 ····· 4

2.1 교면포장의 구성 ····· 4

2.2 교면포장에 요구되는 성질 ····· 8

3. 교면포장 시공시 유의사항 ····· 15

3.1 교면슬래브 ····· 15

3.2 레이턴스 등의 제거 ····· 16

3.3 기상 조건 ····· 20

3.4 접착층의 시공 ····· 21

3.5 방수층의 시공 ····· 22

3.5.1 시트식 방수재 ····· 26

3.5.2 도막식 방수재 ····· 29

3.5.3 복합식 방수재 ····· 33

3.5.4 침투식 방수재 ····· 34

3.6 침투수 배수시설 ····· 35

3.7 교면포장 ····· 37

3.8 접속 슬래브 포장균열 억제 ····· 49

4. 교면방수 재료 ····· 54
4.1 프라이머 및 접착제 ····· 54
4.2 시트식 방수재 ····· 55
4.3 도막식 방수재 ····· 58
4.4 복합식 방수재 ····· 61
4.5 침투식 방수재 ····· 61

5. 교면포장의 주요 파손원인 및 대책 ····· 64
5.1 교면포장의 파손 ····· 64
5.2 교면방수 측면의 원인 및 대책 ····· 67
5.3 교면포장 시공측면의 원인 및 대책 ····· 72
5.4 배수시설 측면의 원인 및 대책 ····· 73
5.5 교면포장의 유지보수 ····· 77

1. 총 칙

1.1 적용범위

본 매뉴얼은 아스팔트 콘크리트 교면포장의 파손을 최소화하기 위하여 교면포장의 주요 파손특성과 문제점 및 대책을 수립하여, 아스팔트 콘크리트 교면포장의 설계 및 시공시 유의사항을 기술한 것이며, 본 지침에 규정되어 있지 않은 사항은 「도로공사 표준시방서」 및 「도로포장 설계·시공지침」에 따른다.

【해 설】

교면포장은 견고한 상판상에 5~10cm 정도의 얇은 아스팔트 콘크리트 혼합물로 시공됨으로 인하여 진동 및 충격, 혹독한 기상조건 등에 그대로 노출됨으로써 일반 토공부 포장보다 더 큰 파손 요인이 발생되기 때문에 교면포장용 아스팔트 혼합물은 소성변형에 대한 저항성 뿐만 아니라 균열에 대한 저항성을 갖추어야 한다.

또한 교면포장은 상판과 포장이 공기중에 노출됨으로 인하여 여름철과 겨울철의 포장체 내부온도는 토공부의 포장체 온도에 비하여 여름철에 더 높고 겨울철에 더 낮은 특성을 나타내며 특히 콘크리트상판에 비하여 두께도 얇고 열전도도 좋은 강상판의 경우에는 기온에 더욱 민감한 반응을 보인다. 이러한 이유로 인하여 교면포장에 사용되는 아스팔트 바인더는 토공부와는 다른 특별한 고려가 필요하다.

최근 국내에서 빈번히 발생되는 교면포장의 파손은 건설후 교통개방 초기 여름철에 혼합물의 밀림과 이러한 밀림으로 인하여 발생된 균열에 우수가 침투하여 아스팔트 혼합물이 떨어져 나가는 포트홀이 주로 나타난다.

국내에서 과거에는 교면포장 설계시 교면포장 재료에 대한 특별한 고려없이

토공부와 동일한 혼합물이 설계, 시공되어 공용되었으나, 근래에 교통량과 중차량의 증가에 기인하여 교면포장용 아스팔트 혼합물의 파손이 급격하게 발생됨으로 인하여 교면포장용 아스팔트 혼합물에 대한 관심이 높아지고 있다.

교면포장은 우기에 포트홀이 발생하는 등 수분 취약성을 가지고 있다. 우수가 아스팔트 혼합물의 골재로 침투하면 이러한 침투수는 아스팔트 피막과 골재를 분리시키며 친수성골재인 경우 이러한 현상이 쉽게 일어나게 된다. 특히 교면포장구간에서는 아스팔트포장내로 침투한 물이 하부콘크리트 슬래브에 체류하면서 파손이 심하게 발생된다.

아스팔트포장 자체는 불투수성을 전제로 하고 있지만 실제로는 투수가 발생된다. 이러한 투수현상은 토공부에서는 하부기층 및 보조기층으로 배수되므로 큰 문제를 일으키지 않으나, 교면포장 등과 같이 하부에 콘크리트 슬래브가 있는 경우 배수가 되지 않아 구조물에도 악영향을 끼치게 된다. 특히 토공부보다는 교면포장과 콘크리트포장 위 덧씌우기 구간 등에서 우수침투에 의한 파손이 더 크게 나타나 교통사고의 위험이 증대되고 있다.

따라서, 본 지침에서는 아스팔트포장의 재료 또는 구조적 요인에 의한 교면포장의 파손발생을 최소화하는 것을 목표로 하며, 교면포장의 파손원인을 분석하여 교면포장의 시공시 교면포장의 파손을 최소화하기 위한 개선방안을 제시하였다.

1.2 용어의 정의

본 지침에 사용한 다음의 용어는 문맥상으로 보아 다른 의미로 해석되지 않는 한 다음과 같다.

- 「마모층」이라 함은 차량의 주행과 교량의 진동에 의한 반복재하 하중에 저항하고 하절기 고온에 대한 안정성을 확보하기 위한 고온 안정성과 동절기에 균열에 대한 피로저항성을 구비한 재료를 이용하여야 한다. 이를 위해 좋은 품질의 골재, 점도를 개선한 개질아스팔트, 내박리재를 사용하는 특수한 배합설계를 통한 고밀도의 공극률이 낮은 아스팔트 혼합물이 사용된다.
- 「택코트」라 함은 포장의 상, 하층을 접착시키기 위한 층으로 유화 아스팔트와 고무가 첨가된 아스팔트 유제등을 사용한다.
- 「레벨링층」은 상판 표면의 요철을 조정하며 평탄성을 확보하고 마모층과 일체가 되어 거동한다. 필요에 따라 방수층의 역할을 겸하기도 한다.
- 「접착층」은 강상판에 방수층 또는 포장을 접착시켜 일체화시키기 위해 설치한다. 접착층에 사용하는 재료는 하층이 가열 아스팔트 혼합물이나 구스 아스팔트의 경우 고무 접착제를 사용하고 경화성 아스팔트 혼합물의 경우에는 경화성 아스팔트계 접착제를 사용한다.
- 「방수층」은 물의 침투를 방지하여 상판의 내구성을 높이기 위해 설치한다. 방수층의 종류로는 도막계 방수층, 침투계 방수층, 시트계 방수층, 포장 방수층이 있다.
- 「줄눈」은 포장과 구조물 사이 또는 신축장치의 이음부분 등 빗물이 침투하는 부분에 설치하며 상판과 포장의 내구성을 확보하기 위해 설치한다.

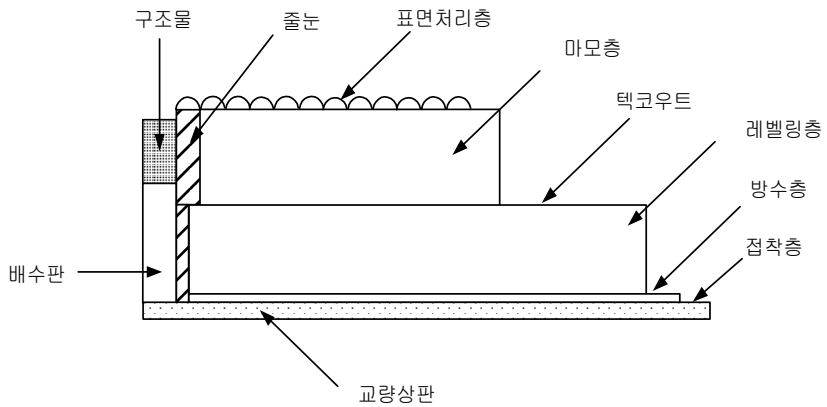
2. 교면포장의 구조

2.1 교면포장의 구성

교면포장은 일반적으로 마모층(표층), 택코트, 하부층(레벨링층), 방수층 및 접착층으로 구성된다. 또한, 구조물과의 접촉부에는 방수를 목적으로 줄눈을 설치하기도 한다.

【해 설】

교면포장을 이루는 각 층의 구성요소는 다음과 같다.



<그림 2.1> 교면포장의 구성

(1) 접착층

접착층은 상판과 방수층 또는 포장을 접착시키고 포장과 상판의 합성효과를 높이고 포장의 피로저항성 및 내구성을 향상시키기 위해 설치하는 층이다. 상판과 포장의 접착강도는 교면포장의 내구성에 큰 영향을 준다. 그렇기 때문에 상판과 방수층 및 포장의 접착이 양호한 재료를 사용하여야 한다. 접착층에 이용하는 접착재는 상판, 방수층, 하부층 혼합물의 종류를 고려하여 선정한다.

(2) 방수층

우수가 줄눈 및 균열부나 포장체 등을 통하여 침투하면 아스팔트 층의 수명 단축 뿐만 아니라 콘크리트상판의 경우 노화를 촉진하게 되며, 강상판의 경우 녹이 발생함으로써 상판의 내구성을 손상시키게 된다. 방수층은 이러한 물의 침투를 방지하고 포장과 상판의 내구성을 향상시키기 위해 이용하는 층이다. 강상판 포장에서 하층에 불투수성의 구스아스팔트 혼합물을 이용할 경우는 방수층 설치를 생략할 수 있다.

(3) 하부층(레벨링층)

하부층은 상판의 요철, 강상판 현수 피이스의 잔부, 현장용접의 덧붙임 등 상판의 요철을 정정하고, 상판과 일체화하여 포장의 안정성이나 내구성을 높이는 역할을 하는 층이다. 포장의 내구성은 하부층에 이용할 혼합물의 성능에 따라 크게 영향을 미친다.

(4) 택코트

포장의 상부층과 하부층을 접착시키고 주로 상판의 변형이나 주행차량의 제동 등에 의해 유발된 전단응력에 충분히 저항할 수 있어야 한다. 일반적으로 아스팔트 유제나 고무 혼입 아스팔트 유제를 이용한다. 특히, 강상판 교량의 특성상 상, 하부층의 접착을 견고히 하기 위하여 고무 혼입 아스팔트 유제를 사용하는 것이 좋다.

(5) 마모층(표층)

상부층은 차량의 쾌적한 주행성의 확보, 제동에 대한 미끄럼저항성의 유지 등 직접적인 기능과 함께 하계의 소성변형에 대한 고온안정성, 동계의 타이어

체인에 의한 마모나 균열에 대한 피로저항성 등 높은 내구성이 요구된다.

(6) 줄눈

방수성을 확보하기 위해 신축장치부 외에 연석이나 배수구 등 포장과 구조물의 접촉부에 줄눈을 설치한다. 구조물과 포장이 포설 당시에는 충분히 접착되어 있다고 해도 포장과 상판의 팽창계수의 차이에 의해 맞댄 상태에서는 간극이 발생하므로 줄눈재에 의해 그 변위차를 없애기 위한 것이다. 주입줄눈의 두께는 10mm를 표준으로 한다.

(7) 배수시설

포장 또는 포장과 구조물의 접속부에서 콘크리트나 강상판에 침투한 우수는 콘크리트상판 내부의 철근의 부식은 물론 상판의 피로저항성을 약화시키며, 강상판의 경우 녹 발생의 원인이 된다. 이와 같은 현상을 방지하기 위해서 상판의 전면에 방수층을 설치할 필요가 있다. 한편, 상판에 방수층을 설치하면 포장 등에 침투한 물은 포장과 상판 사이에 체류하고 교통하중이 반복 재하되면 하층의 아스팔트 혼합물 하면에서 박리에 의한 파손이 발생한다. 이것을 방지하기 위해서는 포장과 구조물의 접속부에 실(SEAL)처리를 하는 등 방수에 유의함과 동시에 침투한 물이 고여 있을 가능성이 있는 경우에는 배수처리를 고려하는 것이 필수적이다. 배수처리를 위해서 체수가 예상되는 개소에 배수시설을 설치해야 한다. 연석, 노견부 또는 배수구와 포장이 접하는 부분, 배수구 및 신축장치 부근의 상판에는 배수파이프나 배수 유도시설을 설치하면 좋다.

<그림 2.2>는 배수파이프를 상판에 설치한 예이다.

<그림 2.2> 배수파이프 설치 예

<그림 2.3>은 배수 유도시설을 설치한 예로 상판의 횡단구배를 따라 상판과 하부 포장면에 유입된 물을 배수시키기 위한 것이다. 유도배수관을 상판상의 가장자리부에 배치하여 배수공과 연결하여 포장에 침투한 물을 효과적으로 배수할 수 있다.

<그림 2.3> 유공관과 집수구 연결

2.2 교면포장에 요구되는 성질

교면포장은 교통하중의 반복 재하 및 충격과 극심한 기상변화에 대한 직접 노출, 그리고 빗물 또는 제설염화물 침투 등으로 인한 교량상판의 조기열화 현상을 극소화하여 교량의 내하력 손실을 방지하고 통행차량의 주행성을 확보하기 위하여 내구성이 큰 내유동성의 아스팔트포장 또는 콘크리트포장으로 교량상판 위를 덧씌우기하는 보호방법이다.

【해 설】

교면포장은 교량상판의 표면과 충분히 부착되어서 윤활하고 미끄럼저항의 주행표면을 제공할 수 있고, 상판 표면을 부식과 마모로부터 보호할 수 있어야 한다. 따라서, 교면포장 구성재료는 다음과 같은 성질을 가져야 한다.

① 균열 또는 이탈작용(debonding), 교량상판의 수축·팽창 작용을 수용할 수 있는 충분한 연성(ductility)을 가져야 한다.

② 상판의 반복 휨거동에 의한 균열작용에 저항할 수 있는 충분한 피로강도를 가져야 한다.

③ 바퀴자국 패임, 표면밀림(shoving), 그리고 마모작용에 저항할 수 있는 내구성(durability)을 가져야 한다.

④ 표층면에 떨어지는 빗물, 자동차 연료 또는 기름에 대한 불투수성이어야 한다.

⑤ 제설용 염화물 또는 통행차량에서 떨어진 기름 등과의 화학적 작용에 의한 손상에 저항할 수 있어야 한다.

교면포장의 조기 열화현상은 주행성을 크게 나쁘게 하며, 상판 자체에 대한 손상을 촉진시켜서 이것의 크기와 발생위치에 따라서는 교량의 내하력 감소에 중요 원인이 될 수 있다. 또한 조기의 보수 또는 개축공사의 발생은 공공 통행에 불편함을 제공할 뿐만 아니라, 유지관리 기관에 대하여서 여러가지 문제점을 야기시킨다.

특히 교량상판 자체의 손상은 주로 겨울철에 살포되는 제설용 염화물과 우수 침투에 따른 RC상판의 보강철근 또는 강상판의 부식에 의해서 야기된다. 또한 교량상판과 교면포장은 온도와 수분의 큰 변화상태에 노출되어 있고 교통에 의해 반복된 하중재하와 충격작용에 지배를 받는다.

이와 같은 교량상판과 교면포장에 대한 아주 심각한 환경의 조성은 교량상판과 교면포장에 조기손상을 초래하고 교면포장의 서비스성능과 상판의 사용성 감소에 영향을 주게 된다.

교면포장은 앞에서 기술된 바와 같은 외적인 취약한 교통조건과 환경조건 이외에 일반 토공부에서의 포장층과 같이 반무한 깊이의 노반 위에 설치되는 것이 아니라 교량 바닥판이 거더 위에 설치되어 교량 상부구조의 휨거동 영향을 크게 받는 내적인 구조적 조건을 가지게 된다. 그러므로, 교면포장 설계에서는 이와 같은 내·외적 영향을 수용하는 데에 두께를 가지고 조절하는 방법은 제한적이고, 소요의 포장 재료 성질을 가지는 특수배합설계 또는 혼합물 이용이 효과적이다.

일반적으로 교면포장 재료는 밀도가 높고 공극률과 투수성이 낮도록 특별배합설계된 시멘트 콘크리트 또는 아스팔트 콘크리트 혼합물이어야 한다. 교면포장 두께를 증가시키는 개념은 교량 상부구조의 정모멘트 영향권에서는 상판과 교면포장과의 합성작용이 형성되기 때문에 중립축이 상판과 교면포장의 접착면 쪽으로 상승되어 전단파괴에 의한 교면포장의 이탈작용(debonding)을 촉진시킨다.

연속교인 경우에는 부모멘트 영향권에서 교면포장의 표면에서의 균열폭을 확

대시킬 수 있으며, 주기적 기상변화에 따른 교면포장과 상판사이에 온도 구배에 의한 수축작용 때문에 교면포장에 응력의 단차를 발생시킬 수 있으며, 교량구조 자체의 사하중을 증가시킬 수 있기 때문에 이와 같은 개념은 대상 교량의 구조적 배열특성에 맞추어서 세심한 검토를 통해서 제한적으로 적용하는 것이 바람직하다.

일반적으로 교면포장에서 균열발생을 완전히 피할 수 없고, 교면포장 자체가 불투수성을 유지하기 어렵기 때문에 우수 또는 제설염화물 침투에 대한 적극적 방법으로서 교면포장층과 상판사이에 내구성이 크고 부착성의 좋은 방수재료를 사용한 방수층을 설치한다.

아스팔트 교면포장의 주요 조기손상 형태에는 교량상판으로부터 이탈(debonding), 박리(stripping) 그리고 표면마모(wear) 등이 있다. 주요 원인은 마모표층 바닥, 방수층 위에 물이 고여서 동절기의 동결융해작용과 반복교통하중에 의한 수압이 형성되어 방수층과 마모표층에 접착력을 감소시키거나 마모표층 하부면을 약화시킴으로써 일어난다. 또한 마모표층의 구성골재 사이의 아스팔트 결합재가 박리되어서 마모표층의 치밀성(integrity) 또는 혼합물 구성요소 사이 또는 방수층과의 접착성 손실로써 일어난다.

특히, 교량상판위에 방수층을 설치하기 전에 이 표면을 충분히 건조시키지 않음으로써, 하절기에 남아 있는 수분이나 콘크리트상판인 경우 내부의 수분이 온도상승에 의해서 증기압을 발생시켜 방수막 아래에서 부풀어 오르는 블리스터링 현상 때문에 일어날 수 있다.

따라서, 마모표층 재료는 밀도가 크고, 공극률이 작은 배합인 것이 바람직하고, 블리스터링 현상을 방지하기 위해서는 미국의 NCHRP 297 연구결과에 의하면, 5~8cm 포장두께이면 블리스터링의 증기압을 억제할 수 있고, 이 증기압을 분산시킬 수 있는 통풍층(benting layer) 기능으로서 역청처리 다공질시트 또는 2.5cm 두께 아스팔트 기층을 방수막 아래 상판위에 설치하면 효과적인 것으로 알려져 있다.

(1) 마모층(표층)

교면포장의 마모층은 토공부 포장의 표층에 비해서 취약한 환경적 영향에 지배되기 때문에 사용수명(service life)의 감소가 불가피하므로, 토공부 포장표층에 대한 품질 및 재료 시방조건을 그대로 적용하는 것은 바람직하지 않고 혼합물의 공학적 성질을 개선을 통해서 보강하는 것이 바람직하다. 이를 위해서는 좋은 품질의 골재, 점도가 높은 아스팔트 결합재, 그리고 박리방지제를 사용하는 특수 배합설계를 통한 밀도가 높고 공극률이 낮은 아스팔트 혼합물을 사용하여야 한다.

이때, 배합설계에서 주의할 사항은 공극률을 낮추기 위하여 밀입도골재 사용은 적정의 사용 아스팔트함량을 감소킬 수 있고, 이것은 아스팔트 혼합물 입자 사이에 점착력을 감소시켜서 하절기의 높은 온도에서 안정성과 내구성을 저하시킬 수 있다. 따라서, 중차량의 교통 통행지역에서는 교면포장상의 바퀴 궤적(wheel path)에서 변형과 특히 마모, 바퀴자국 패임(rutting) 현상이 두드러질 수 있다.

이와 같은 손상은 교면상에 물고임(ponding)을 제공하여 물보라 현상(hydroplanning)과 결빙에 의해서 차량주행의 안전성을 감소시키고 노면포장의 손상을 가속시킨다. 또한, 저공극률의 마모표층은 표면 조직(texture)이 너무 조밀하고 윤활해서(tight and smooth) 미끄럼 마찰저항이 감소한다. 따라서 아스팔트 마모표층 혼합물 배합설계는 높은 밀도와 낮은 공극률의 개념을 가지되 혼합물의 모든 영향과 안정성과의 균형을 가지도록 세심한 주의가 필요하다.

교량상판이 강상판인 경우에는 콘크리트상판에 비해서 강성이 낮기 때문에 처짐이 상당히 크게 일어나므로 강상판의 마모표층 혼합물은 경량성과 피로저항 성질을 만족하는 혼합물 배합설계가 요구되어, 1회 시공에 의한 공용수명은 10년을 넘지 못하는 것으로 알려져 있다.

(2) 레벨링층

레벨링층은 콘크리트상판 표면의 평탄성이 불량하거나, 강상판 표면에 돌출된 볼트와 리벳 등으로 인한 마모표층 두께의 불균등을 조정하고, 이 층 위에 설치되는 마모표층의 평탄성을 확보하고, 필요에 따라서는 방수기능도 확보하기 위해 설치되는 층으로서, 강상판의 경우 마모표층보다 0.5~1.0cm를 더 두껍게 설치하는 경우가 많고, 유동저항성을 고려하여 경질 아스팔트를 사용하고 마모표층에 비해서 조골재량을 크게 하는 경우도 있다.

미국에서는 에폭시 또는 고무를 함유한 아스팔트혼합물을 사용하여 교면포장을 2층구조(동일 재료의 마모표층 + 레벨링층)로 시공하는 것이 일반적이고, 영국에서는 매스틱 아스팔트 혼합물을 사용해서 레벨링층을 두지 않는 1층 시공이 주류이고, 독일에서는 구스아스팔트 혼합물로 2층 시공을 기본으로 하고 있으며, 기타 유럽국가에서는 매스틱 아스팔트 혼합물을 많이 사용한다.

(3) 방수층(waterproofing membrane)

아스팔트 교면포장에서는 어느 정도의 균열발생은 완전히 피할 수 없기 때문에 교면상판 바로 위에 방수층을 반드시 설치하여야 한다. 방수층은 일반적으로 시트계통 방수재료 또는 용제계통 방수제를 살포 또는 설치하거나 방수성능을 가진 포장혼합물층을 설치함으로써 방수층을 형성시킨다.

시트계통 방수재는 합성섬유 부직포에 고무화아스팔트를 침투시킨 것이나 열경화성형 고무시트, 부틸합성 고무시트 등이 사용되며, 이것을 용제형 아스팔트계통의 접착제로 상판위에 부착시킨다. 용제계통 방수제는 클로로플렌 고무 등에 휘발성 용제로 희석한 용액으로서 이것을 상판 상에 도포하거나(도막식), 살포 침투(침투식)시켜서, 휘발 건조 고화시키면 방수층이 형성된다.

포장계통 방수층으로는 2층 시공의 교면포장에서는 레벨링층 혼합물에 방수제를 배합하여서 방수기능을 부여하고 별도의 방수층을 설치하지 않거나, sheet 아스팔트혼합물로서 1.25~1.8cm 두께로 방수층을 두는 방법이다.

용제형 도막(塗膜)방수층은 1.5~2.0kg/m^2 정도를 표면처리된 상판위에 도포함으로써 용제가 휘발 건조되면 1.0~1.2mm의 건조 도막두께를 가지는 얇은 방수층을 형성한다.

도포식 방수는 콘크리트상판 표면상태에 따라서 특히 볼록(凸) 부위의 도막두께는 아주 얇아질 우려가 있고 교면포장 포설시 포설 장비나 공사차량에 의해서 손상되기 쉽다. 아스팔트혼합물의 조골재가 포설 전압에 의해서 방수막에 손상을 줄 수 있다. 따라서, 도포방수층인 경우 두께가 1.0mm 이상 확보하는 것이 바람직하다. 침투식 방수는 콘크리트상판에 균열이 발생하면 방수효용이 저하되고, 고강도 콘크리트에는 침투깊이가 감소된다. 따라서, 교량상판의 방수층은 시트방수로 처리하는 것이 바람직하다.

강상판 방수재로서 시트계를 사용할 때는 접착성이 좋은 아스팔트계 방수시트를 사용하는 것이 좋다. 시트계 방수층이 불량하게 시공될 경우 블리스터링이 발생하여 포장의 조기파손을 유발할 수 있기 때문에 상판 및 하부 포장체와의 접착강도가 좋은 도막방수를 시행할 수 있다. 방수재의 선정시에는 고려 대상의 방수재에 대해 접착강도시험 등을 행하여 접착강도가 우수한 제품을 선정하는 것이 좋다.

(4) 접착층

접착층은 교량상판과 방수층 또는 포장과 부착시켜 일체화시켜 주도록 설치하는 층이며, 용제형의 고무 아스팔트계 접착제, 용제형의 고무계 접착제, 고무혼입아스팔트 유제, 아스팔트 유제 등을 콘크리트상판에는 0.4~0.5ℓ/m^2 정도, 강상판에는 0.3~0.4ℓ/m^2 정도 도포 또는 살포하여 처리한다. 아연계통 방청제 처리 강상판인 경우 고무 접착제로 0.5~1.0mm 두께로 도포처리한다.

상판과 포장의 접착강도는 콘크리트상판의 경우 20℃에서 6kgf/cm^2 (0.6 MPa) 이상, 강상판의 경우 20℃에서 14kgf/cm^2 (1.4MPa) 이상을 포설 직후에

확보할 수 있는 재료를 사용하는 것이 좋다. 일반적으로 콘크리트상판에서 방수층이 아스팔트계인 경우에는 역청고무계 용제형, 고무계인 경우에는 고무계 용제형을 이용한다. 또한, 강상판에서는 하부층이 구스아스팔트 혼합물이거나 아스팔트계의 방수재인 경우에는 역청 고무계 용제형을 이용하는 것이 좋다.

3. 교면포장 시공시 유의사항

3.1 교면슬래브

교면포장의 두께를 균일하게 확보하기 위하여 교면슬래브에서 편경사 조정이 되어야 하며, 교면포장의 평탄성을 확보하기 위하여 교면슬래브의 면관리를 양호하게 하여야 한다.

【해 설】

교면포장은 두께가 균일하게 확보되어야 하며, 두께가 균일하게 확보되지 못하는 경우 평탄성이 불량하게 되고, 두께가 얇은 구간에서 포트홀 등의 파손이 발생하게 된다. 교면포장의 두께가 균일하게 확보되지 못한 경우가 종종 발생하는 경우가 있는데, 이는 주로 슬래브에서 편경사 조정이 안되어 교면포장에서 편경사조정을 하게되어 두께가 균일하게 확보되지 못하였기 때문이다. 그러므로 교면포장 두께를 균일하게 확보하기 위해서는 교면슬래브에서 편경사조정이 완료되어야 한다.

또한, 교면슬래브에 요철이 많게되면 교면포장의 평탄성이 현저하게 저하되므로 교면슬래브의 요철을 감소시키도록 주의를 기울여야 한다. 교량 슬래브의 콘크리트 면 마무리를 양호하게 하기 위해서는 양호한 데크피니셔를 사용하여야 하며, 인력으로 시공하는 구간은 <그림 3.1>의 예와 같이 교면 평탄성 마무리용 장비를 도입하는 것이 효과적이다.

교면포장의 평탄성을 확보하기 위해서는 교면슬래브의 평탄성부터 관리할 필요가 있다. 교면슬래브의 요철부는 평삭기를 이용하여 평절삭하여 3m 직선자로 6mm 이상의 요철을 제거하거나, PRI 35cm/km이하가 되도록 관리하며, 면수정을 시행할 경우 면갈이는 배수를 고려 배수방향으로 하도록 한다.

깊이 6mm 이상의 요철은 면수정 후 폴리머에폭시 또는 에폭시레진 등의 충진재로 퍼티작업(공극채움)을 시행하여야 한다. 그리고, 교량 콘크리트 슬래브

의 평탄성 및 처리상태를 검사 후 교면방수 및 포장을 시행하도록 한다.

<그림 3.1> 교면 평탄성 마무리장비

3.2 레이턴스 등의 제거

콘크리트 바닥판면에 레이턴스, 먼지, 기름 등의 부착은 방수층의 접착성능에 악영향을 미치므로 이들 유해물은 확실하게 제거해야 한다

【해 설】

레이턴스의 제거는 일반적으로 콘크리트 그라인더나 진공형 파워 브러쉬를 사용하지만, 부분적인 레이턴스의 제거는 와이어 브러쉬, 핸드 그라인더 등으로 수행해도 좋다<그림 3.2~3.4>.

<그림 3.2> 기계장치에 의한 레이턴스 제거

<그림 3.3> 요철부의 면다듬기 작업

<그림 3.4> 핸드그라인더에 의한 면다듬기

먼지제거는 공기압축기로 청소하는 것이 효율적이지만, 소음이 심하므로 근처 환경에 따라 포장노면 청소용 스위퍼 등으로 제거하는 것이 바람직하다<그림 3.5>.

<그림 3.5> 먼지제거 작업 전경

유류는 용제를 묻힌 천으로 닦아내어 제거하는 것이 일반적이다. 이 경우, 용제는 유류의 종류에 따라 선정해야지만, 통상 바닥판면의 유지는 기계유와 엔진오일 등이 많기 때문에 유기용제를 사용하면 좋은 점이 많다. 또한 인접부 포장작업으로 인해 바닥판면에 이물질이 발생한 경우에는 반드시 제거하여야한다.

콘크리트 바닥판면의 건조는 보통시멘트를 사용할 경우 콘크리트 타설후 2주 이내에 방수층 시공을 해서는 안된다. 그러나 조강 및 초속경시멘트를 사용할 경우는 <그림 3.6>과 같이 고주파수분계로 건조상태를 확인한 후, 그 값이 10% 이하일 때에는 2주 이내에 방수층을 시공하여도 무방하다.

<그림 3.6> 고주파수분계에 의한 함수비측정

바닥판 단부 및 바닥판의 요철부 등의 물이 고이는 부분은 충분히 건조시켜야 한다. 바닥판면의 요철부위 중 깊이 6mm 이상의 패인부분은 이물질을 제거하고 적합한 충진재를 사용하여 퍼티작업(공극메움)을 하여야 한다<그림 3.7>.

<그림 3.7> 균열 및 요철부의 퍼티작업 장면

바닥판면의 균열이 있는 경우는 균열보수 작업을 반드시 실시한 후 후속작업을 행하여야한다. 인접부의 포장작업으로 인해 바닥판면에 아스팔트 찌꺼기 및 이물질이 발생할 경우는 면처리 작업에 지장이 있으므로 작업자 및 차량의 진입시에는 이물질이 묻지 않도록 관리하여야 한다.

3.3 기상 조건

콘크리트 바닥판 방수공에 있어서는 재료의 품질 및 콘크리트 바닥판의 상태도 물론 중요하지만, 시공시의 주변 온도에도 많은 영향을 받게 된다. 기온이 너무 높거나 낮아도 방수재가 성능을 발현하는데 악영향을 미치므로 방수층은 기온 5℃ 이하에서는 원칙적으로 시공을 하지 않는 것이 바람직하다. 또한 햇볕이 있고 대기온도가 30℃ 이상일 때에는 시공을 지양하여야한다.

【해설】

바닥판 방수공 시공시의 기온은 5℃ 이상을 원칙으로 한다. 부득이 하여 기온이 5℃ 미만에서 시공할 경우는 결로에 주의해야 하며 보온 대책을 수립해야 한다. 하절기와 같이 시공시의 온도가 30℃를 넘는 경우, 온도에 영향을 받기 쉬운 재료, 특히 클로로프렌 고무 도막방수재는 새벽이나 야간을 이용하여 시공을 하거나, 차양을 설치하여 직사광의 영향을 받아 시공면의 온도가 올라가는 것을 막도록 해야 한다.

현장에서는 통상 새벽(6시~7시)에 작업이 시작되고 있어 바닥판에 생긴 결로로 인한 부풀림 현상이 우려되므로, 바닥판 방수공 시공은 하절기는 8시 이후 동절기에는 10시 이후 작업을 시행하는 것을 원칙으로 하며, 햇볕이 들지 않아 응달진 곳에 결로에 의한 방수재의 부풀림이 발생하지 않도록 결로를 제거한 후 시공하여야 한다.

비가 온 직후에는 바닥판면의 함수율을 반드시 점검하고 공기중 상대습도가 85% 이상일 경우에는 시공을 지양하여야 하며, 도포 작업시 비가 올 경우 작업을 즉시 중단하고 도포재의 품질이 우천으로 인하여 저하되는 현상이 발생하지 않도록 조치한다.

강풍시에는 재료가 흐트러질 수 있으므로 시공을 피한다. 우기 중에는 습도가 높아 콘크리트 바닥판면의 함수율이 10% 이하로 떨어지지 않는 경우도 시

공을 피해야 한다.

해가 있는 경우 직사광선에 의한 급격한 양생을 방지하고 기포의 발생 억제를 위해 15시 이전, 해가 없는 경우는 13시 이전에 작업을 할 경우에는 직사광선에 의한 영향을 검토하여야 한다.

3.4 접착층의 시공

접착제의 도포에 있어서 일반적으로 사용할 기계기구에는 고무헤라, 로울러 및 살포기 등이 있다. 접착제의 도포시에는 필요한 기계기구를 이용하여 얼룩이 지지 않고 균일하게 도포되도록 넓게 바르는 것이 좋다.

【해설】

접착제의 도포는 필요한 기계기구를 사용하여 얼룩없이 균일하게 도포하여야 하고, 일반적으로 단경간 교량에서 프라이머는 한 작업장에서 프라이머 작업을 완료하고, 장경간 교량에서 프라이머 작업은 스팬 바이 스팬 (span by span) 방법이나 차로별로 수행하는 것이 바람직하다.

접착층을 2층 이상으로 도포할 경우에는 각 층을 균일하게 도포하여야 하며, 일반적으로 1층을 교축 직각방향으로, 2층을 교축방향으로 도포한다. 접착제 시공시 재료가 소요량 이상을 한 곳에 다량 도포하지 않도록 표준사용량을 준수하도록 한다. 2층 이상 도포할 경우에는 1차 도포후 2차 도포할 때까지 30~60분 정도 건조시킨다. 이는 제품의 종류에 따라 다소 차이가 있으므로 이 점을 고려하여야 한다.

양생시간은 고무아스팔트계 및 합성고무계는 20℃에서 1시간 정도, 5℃에서 2시간 정도이고, 수지계는 20℃에서 15분 이내, 5℃에서 30분 이내를 표준으로 하며 접착제의 종류, 기온, 바람, 지촉건조 시간 등을 고려하여 결정한다. 양생

중 강우가 있을 경우는 도포를 중지하고 비닐 등으로 덮어 표면을 보호함과 동시에 수분을 충분히 제거한 후 재도포한다.

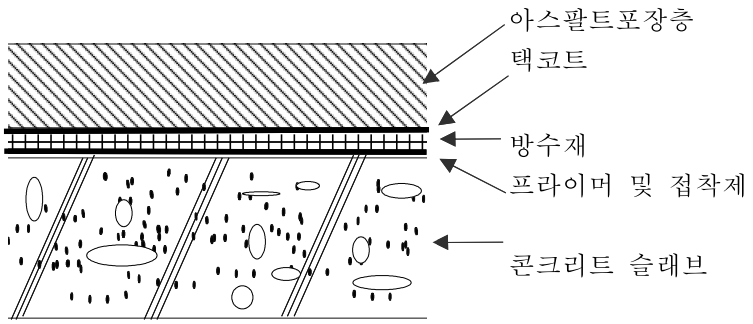
접착제의 표준 사용량은 일반적으로 고무아스팔트계의 경우에 $0.2\ell/m^2$ 이상, 합성고무계 용제형은 $0.15\ell/m^2$ 이상, 수지계는 $0.15\ell/m^2$ 이상이나 재료의 사양에 따라 표준값을 참고하여 사용량 및 1회분의 도포량을 결정하는 것이 좋다.

3.5 방수층의 시공

콘크리트 바닥판의 방수층은 교통차량에 의한 반복하중, 진동, 충격, 전단 등의 역학적 작용, 온도변화 등의 기상 작용, 바닥판의 팽창 수축 작용 등이 복잡하게 작용하는 환경에 견딜 수 있어야 하므로, <표 3.1>의 품질기준을 만족하여야 한다. 단, 침투식 방수재는 <표 3.1>의 품질기준을 적용하지 않는다.

【해 설】

교면방수공법은 기본적으로 외부의 수분을 차단할 수 있도록 방수기능을 갖추고 있어야 하고, 포장의 손상부, 노견, 중앙분리대, 방호벽 등으로부터 우수 및 제설용 염화칼슘과 같은 물질의 침투를 방지할 수 있는 충분한 방수 성능을 가질 수 있어야 한다.



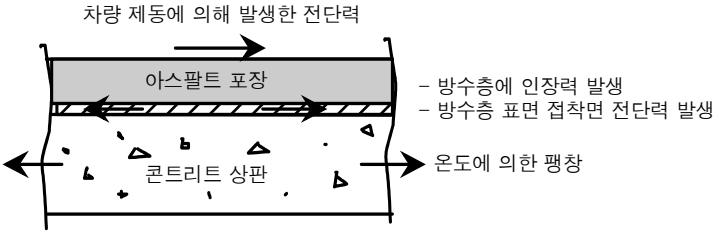
<그림 3.8> 일반적인 교면방수층의 구성도

교량 단부와 같은 부모멘트가 작용되는 부위에서는 차량의 왕복에 의해 주기적인 피로하중이 작용된다. 특히, 이 부위에서는 균열이 발생할 확률이 크므로, 이러한 균열의 반복 신축에 따른 방수재의 균열 추종성이 요구된다. 또한 저온시 방수 제품의 재질이 취성화되는 경향이 있어, 저온시의 피로하중에 대한 균열 추종성이 특히 중요하다고 할 수 있다.

차량의 발진, 급제동 등에 의해서도 방수층과 바닥판 콘크리트 및 아스팔트 포장층 사이에 전단력이 발생한다. 특히 곡선부 및 4% 이상의 경사를 갖고 있는 구간에서는 원심력 및 차량하중에 따른 마찰력에 의해 전단력이 작용되므로 각 계면에서의 충분한 전단 접착 성능이 요구된다.

교면방수층은 통상 경질인 콘크리트면과 반경질인 아스팔트포장층 사이에 존재하는 연질인 방수층으로 이루어진다. 이러한 복합구조에 차량에 의한 윤하중이 반복적으로 작용하므로 일체화 거동(완전 접착)이 이루어지지 않을 경우 계면에서의 슬라이딩은 시간에 따라 커진다. 또한 계면사이의 접착성능이 약할 경우 포장면 및 조인트부로 침투된 물이 체류되어 방수재 및 포장층의 열화를 촉진시키게 된다. 따라서 시간의 경과 및 차량통행에 따른 포장층의 밀림현상(rutting 및 shoving)이 발생하여 들뜸 부분이 급격히 늘어나게 된다. 또한 포장층에 균열, 포트홀(pot-hole)이 발생하게 되고, 콘크리트 열화 및 철근부식으로 이어지게 된다. 따라서 방수재와 바닥판 콘크리트 및 아스팔트포장층 계면과의 접착성능이 가장 중요한 방수 요건중의 하나라고 할 수 있다.

교량의 노면은 -20~30℃의 대기온도하에서 다양한 온도 특성을 나타내는데, 대기온도가 30℃인 경우 교면의 온도가 최고 75℃까지 상승하여 열팽창이 크게 발생한다. 그러나, 콘크리트, 아스콘 및 방수층은 재료 성질이 다르므로 열에 의한 팽창·수축 특성도 차이가 있어 방수층과 아스콘 및 콘크리트 사이에는 <그림 3.9>와 같이 전단력이 발생한다. 또한 아스팔트 콘크리트 혼합물 포설시 고온에 대한 저항성을 갖추어야 한다.



<그림 3.9> 온도 및 차량하중이 방수층에 미치는 영향

<표 3.1> 방수층의 품질기준

시험 항목		시험온도 (℃)	기 준
전단접착성	강도(N/mm^2)	-20	0.8 이상
		20	0.15 이상
	전단접착 변형률 (%)	-20	0.5 이상
		20	1.0 이상
인장접착성	강도(N/mm^2)	-20	1.2 이상
		20	0.6 이상
수침 7일 후의 인장접착성	강도(N/mm^2)	20	수침전 70%이상

<표 3.2> 방수층의 시험 목적

항 목	목 적
전단접착성	윤하중에 의해 방수재/콘크리트 바닥판과 방수재/아스팔트 콘크리트포장과의 경계면에서 발생하는 전단저항성에 따라 방수재의 탈리 및 포장체의 밀림 현상이 발생하는지의 여부 검사
인장접착성	차량통행에 의한 교통의 진동과 충격하중을 받는 경우 방수층의 접착강도가 낮으면 콘크리트 바닥판과 방수층, 방수층과 아스팔트포장층과의 계면 탈락이 발생하는지의 여부 검사
수침 7일 후 인장접착성	콘크리트 바닥판에 물이 침투한 경우 그 영향에 의한 접착력 저하가 발생하는지의 여부 검사

소요의 가사시간 내에서 양생시간이 가능한 짧은 공법을 선정할 필요가 있다. 그리고 주위온도 및 바닥판 표면온도에 대한 적응성과 대기습도(50~80%)에 따른 시공성을 확보할 수 있어야하고, 또한 교면의 설치물, 방호벽, 난간 등

부위에서는 하자가 발생할 우려가 크므로 모서리 시공에 대한 대처 및 시공 용이성이 필요하다.

산성비, 제설용 염화칼슘과 같이 외부로부터의 화학 작용에 대해서도 충분한 저항성을 가지고 있어야 한다. 이러한 화학물질이 교량 슬래브 콘크리트에 침투되면 철근 부식을 초래하여, 심각한 내구성의 문제가 나타나게 된다.

표면을 마무리한 후 방수재 시공에 앞서 항상 프라이머를 적용하며, 프라이머는 주로 역청계나 고무계, 수지계를 기본으로 하고 일반적으로 방수재와 관련된다. 프라이머 도포의 일반적 목적은 교량 바닥판에 남아 있는 이물질로 인해 발생할 수 있는 방수재와의 접착력을 확보하는데 있다.

교면에서의 방수층은 바닥판의 휨에 의해 큰 변형, 진동이 발생하므로 균열 발생 빈도가 매우 높다. 따라서 접착제는 콘크리트 바닥판과 방수재를 일체화하기 위해 설치하는 것으로 접착성이 우수한 것이 필요하다. 콘크리트 바닥판에는 일반적으로 프라이머를 겸비한 접착제로서 고무혼입 아스팔트 유제, 고무용제계 및 역청 고무계가 이용된다.

방수재는 콘크리트 바닥판에 물이 침입하는 것을 방지하기 위해 설치하는 것으로 불침투성은 물론이고 바닥판 콘크리트 및 포장층과의 접착성이 우수한 것이 요구된다.

택코트는 방수재나 포장층과의 부착을 증진시키고 슬래브의 변형이나 주행차량의 제동에 의한 전단력에 저항하는 중요한 역할을 수행하기 위해 방수층에 사용된다. 재료의 선택은 사용된 방수재의 종류 및 특성에 맞게 이루어져야 하며, 방수재 도포시기 및 방수재와 포장층과의 시공간격, 교면의 특성 등을 고려하여 실시 유·무를 결정한다. 택코트 도포 후 4시간 전에 포장층 시공을 하여야한다.

포장의 상부층은 차량의 쾌적한 주행성의 확보나 제동에 의한 미끄럼저항의 유지 등 직접적인 기능과 함께 여름철의 소성변형에 대한 고온안정성, 겨울철의 타이어체인에 의한 마모나 균열에 대한 피로저항성 등 높은 내구성이 필요

하다. 그리고 아스콘 포장층의 구성과 포설시기는 방수시스템의 성능을 결정하는 중요한 요소이다. 일반적으로 과거의 교면포장의 두께는 단층구조의 경우 5cm로 1층 포설하는 방법을 적용하여 왔으나, 현재는 2층 구조로 상부층이 4~5cm, 하부층이 3~4cm로 합계 7~9cm로 시행하고 있다. 포장층 두께 8cm 2층 개념의 교면포장의 장점으로는 교량의 진동에 의한 균열지연 효과와 더불어 상부층만이 보수·보강이 요구될 때 상부 4cm의 혼합물만을 치환함으로써 방수층과 교량바닥판의 손상을 방지할 수 있다.

콘크리트 바닥판 방수재 및 방수층은 품질기준에 합격하여야 하는 것 외에도, 적용현장의 바닥판, 교통량, 교량구조, 기상 등의 여러 조건이 같지 않기 때문에 획일적으로 결정할 수 없으므로, 이러한 조건과 포장의 보수시간, 시공성, 경제성 등을 검토하여 최적의 것을 선정하는 것이 중요하다. 또한 포장과 구조물과의 경계면으로 침투한 침투수에 대한 방지대책이나 방수층 위에 체류하는 물을 신속하게 배수하는 바닥판 배수처리는 방수재의 내구성의 성·패를 좌우하는 큰 요인의 하나이다.

3.5.1 시트식 방수재

방수시트의 접착방향은 교축방향과 같게 하고 경사가 낮은 쪽부터 시공하는 것이 바람직하다. 접착시 부풀음이 생기지 않도록 교면에 밀어 붙여 시공하고 부풀음이 생길 경우에는 핀 등의 기구를 사용하여 구멍을 뚫고 크기가 클 때에는 그 부분을 절개한 후 재시공 한다. 방수시트의 겹침폭은 10cm 이상으로 하고, 겹침부위가 2겹 이상이 되지 않게 하는 것이 좋다.

【해설】

시트식 방수재의 시공방법에는 접착용 용제를 이용하여 밀착시키는 접착형과 방수시트를 토치를 이용하여 가열하여 밀착시키는 융착형, 시트 자체에 점성을

부여하여 밀착시키는 자착형이 있다.

시트식 방수재의 시공완료 후의 두께에 대한 기준은 공법에 따라 상이할 수도 있다. 두께가 너무 두꺼울 경우, 특히 중심기재가 두꺼울 경우는 겹침부위의 처리가 곤란하고 스폰지 현상으로 포장층에 악영향을 미칠 수 있다. 반면에 두께가 너무 얇을 경우는 아스팔트 혼합물 포설시 골재에 의해 구멍이 뚫리기 쉽고 인장력의 저하로 균열저항성이 떨어지는 등의 문제점이 발생하게 된다. 따라서 여러 나라의 규정, 시트의 재질 및 시공공법, 우리나라의 기후조건 등을 감안하여 시트식 방수재의 시공두께는 4.0mm이상을 확보하여야하고 접착공법을 사용한 경우는 융착형 보다 다소 작은 3.5mm이상이 되어야한다.

시트 방수작업을 시행함에 있어서 돌출부에 접착되는 부분은 접착이 취약하여 기포(부풀음) 현상의 원인이 될 수 있으므로 돌출부는 반드시 그라인더로 제거하여야 한다.

방수층에 기포가 발생되었다면 기포부위의 방수층은 인장력이 작용된 상태이며 장기간 팽창·수축 현상이 반복되면 들뜸부 경계부위는 그 두께가 얇아지며 성능이 저하되고, 기포 면적이 넓어진다. 특히 포장시 아스팔트 혼합물의 쇄석골재에 의해서 국부적 압력을 받을 경우, 이 부분은 손상될 가능성이 있고 누수를 피할 수 없게 된다. 따라서 시트식 방수층에는 직경 5mm정도를 한도로, 그 이상의 기포는 없애야 한다. 단, 이 크기 미만의 기포에 있어서도 포장두께가 얇고 포장층과의 접착력에 악영향을 미친다고 판단될 시에는 필수적으로 제거하는 것이 바람직하다.

시트의 겹침폭은 10cm 이상이 되어야 하며, 겹침부위는 열을 가해 완전히 접착시켜야하며 겹치는 부위가 2겹 이상이 되지 않게 지그재그(zig zag) 모양으로 시공한다. 겹침부위가 2겹 이상이 될 때에는 그 부위를 적정 두께로 절단하거나 필요한 조치를 취해야 한다.

융착형의 경우 고온으로 국부적인 집중 가열은 방수재의 성질을 변화시켜 성능이 저하되기 쉽고, 이러한 부분은 시간이 경과함에 따라 탄력성 및 연성이

소실되어 접착력이 저하된다. 또한 산화반응이 촉진되고 열경화성으로 변화되어 기온 저하시 진동 및 균열저항성이 떨어질 우려가 있다.

시트를 인력으로 시공하여 종방향 접합부가 과다하게 발생하고, 토오치를 사용하여 가열 융착 시킴으로써 시트내에 공기층이 발생하기 쉽고 접착력이 균일하지 못한 문제가 발생할 수 있다.

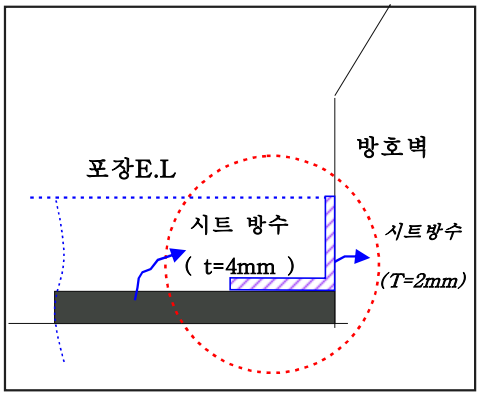
이에 대한 개선방법으로 기계식에 의한 시트접착을 하게 되면 폭 1m로 균일하게 가열하여 융착시키고 전압시킴으로 인하여, 방수 시트 전폭에 대한 균일한 인장접착강도 확보가 가능하며 인력시공구간에 비하여 인장접착강도가 훨씬 크다<표 3.3>. 그리고, Roll형태의 제품을 사용하여 종방향 접합부가 거의 없으며, 전면적에 균일한 접착력 확보와 기포발생을 최소화할 수 있다.

<표 3.3> 인장접착강도 시험결과

구 분	기 준	인력시공구간	기계화 시공구간
인장접착강도 (kg/㎠)	6 이상	7~8	12~18

<그림 3.10> 기계식에 의한 시트 접착

방호벽 접속부는 두께 4mm의 시트가 치켜 올려지지 않으므로 이와 같은 시트 방수 취약부는 <그림 3.11>과 같이 두께 2mm의 시트를 추가로 설치하여 방수효과를 개선시킨다.



<그림 3.11> 시트방수 보완

3.5.2 도막식 방수재

도막 방수재는 일반적으로 수회에 걸쳐 나누어서 도포하여야 하고, 방수재의 도포, 양생, 표준 사용량, 도막의 시공두께, 단부의 처리방법 등을 고려하여야 한다.

【해설】

일반적으로 도막식 방수재는 합성고무계(용제형), 고무아스팔트계(가열형), 합성수지계(반응형)로 나누어지진다. 도막방수는 접착층 표면에 약간의 잔류 수분이 있어도 증기가 발생하여 자연 부풀음의 원인이 되는 경우가 있기 때문에 접착층 표면의 건조상태를 양호하게 함과 동시에 먼지, 진흙, 기타 유해물 제거 청소를 해야할 필요가 있다.

도막식 방수재의 시공에 사용되는 기계기구는 접착제 도포에 이용되는 기계기구에 준하면 좋다. 방수재의 도포는 필요한 기계기구를 이용하여 균일하게

도포 되도록 하고, 중복도포하는 방수재는 교축직각방향, 교축방향의 순서대로 도포하고 방향을 바꾸어 중복 도포하여야 한다. 이 경우에도 층간의 접착을 위하여 충분한 시간을 가지고 단계적으로 도포하여야 한다.

아스팔트혼합물 포설작업 전까지 방수재가 손상되지 않도록 주의하여 충분히 양생하고 양생 중에 방수재 위를 차량이 주행하고, 중량물을 재하하거나 기름을 흘리는 일이 없도록 하여야 한다. 각 층의 양생시간은 사용하는 재료에 따라 다르지만 층간의 접착을 위하여 충분히 양생하여야 하고, 양생시간이 충분하지 않을 경우는 가열기구를 이용하여 촉진양생을 실시하는 등의 조치가 필요하다.

방수층에 기포(부풀음)가 발생되었다면 기포부위의 방수층은 인장력이 작용된 상태이며 장기간 팽창·수축 현상이 반복되면 들뜸부위는 그 두께가 얇아지며 성능이 저하되고, 기포 면적이 넓어진다. 따라서 도막식 방수층에는 직경 3mm 정도를 한도로, 그 이상의 기포는 없애야 한다. 단 이 크기 미만의 기포에 있어서도 포장두께가 얇고 포장층과의 접착력에 악영향을 미친다고 판단될 시에는 필수적으로 제거하는 것이 바람직하다.

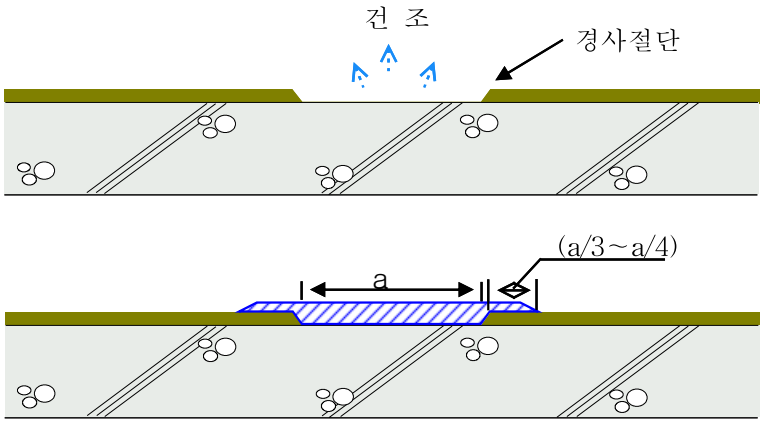
기포의 발생부위가 넓은 면적에 점상으로 분포되어 있지만 기포가 발생되지 않은 건전부위의 방수층은 방수재의 높은 접착력에 의해서 바탕에 접착되어 있으므로 방수층 전체를 제거하고 전면 재시공을 하는 것보다는 일부 결함부분만을 제거한 후 보수를 행하는 것이 일반적이다. 보수방법은 다음과 같다<그림 3.12>.

① 기포가 발생된 부분을 잘라낸다. 건전한 방수부위에는 영향이 미치지 않도록 주의하여야 한다.

② 절단된 방수층의 절단면이 경사지게 처리한다.

③ 절단된 후의 기존 방수층의 주변 및 바탕 콘크리트 면을 샌드페이퍼 등으로 처리한 후, 프라이머를 도포하고 동종의 방수재를 방수층과 같은 두께로 마무리한다. 보수한 방수층과 기존 방수층의 겹침부는 가능한 넓게 하고 단부

는 가파른 산 모양이 되지 않고 완만한 경사를 유지하도록 마무리한다.



<그림 3.12> 기포 보수방안

표준 사용량은 각 제품에 따라 다르므로 각 재료의 특성과 현장조건을 고려해서 사용량을 결정하는 것이 바람직하다. 시공관리는 접착층에 준하여 실시하여도 무방하다.

도막방수공사에 있어서 방수성능을 충분히 확보하기 위한 시공두께는 재료의 성능 면에서 최소 기준은 1.0mm 이상이 요구된다. 그러나 시공시 콘크리트 바닥의 요철에 의한 돌출물의 영향, 경화 건조시 용제의 증발에 의한 두께 감소, 아스팔트 콘크리트 포설시 열에 의한 영향과 다짐장비에 의한 무게 등의 영향을 고려할 때 방수재가 압밀될 가능성이 있기 때문에 이를 충분히 고려하여 압밀현상이 발생하더라도 규정두께 이상이 확보될 수 있도록 하여야하므로 바람직한 두께는 1.2mm 이상이 요구된다. 방호벽 및 중분대와 접촉하는 단부는 포장 상부층의 높이 이상 치켜 올리는 것이 좋다<그림 3.13~15>.

도막식 방수재 최종 도포후 날씨변화에 따른 손상을 예방하기 위하여 양생이 완료되면 아스팔트 혼합물 포설은 가급적 바로 시공될 수 있도록 하는 것이 필요하다.

<그림 3.13> 프라이머 도포작업

<그림 3.14> 방수재 도포작업

<그림 3.15> 코너 및 중분대부 방수재 도포

3.5.3 복합식 방수재

복합식 방수재는 도막과 시트 2가지를 합성한 공법으로 1차 시공하는 도막은 열가소성 개질 아스팔트 및 특수첨가재를 혼합한 1액형 열공법으로 시공하고, 2차 시공하는 시트는 일반적으로 1차 시공한 도막재와 유사한 폴리머 개질 용융 아스팔트를 섬유 직포나 부직포에 함침한 시트를 1차 시공한 도막방수재 위에 겹쳐 시공한다.

【해설】

복합식 방수재 시공시 접착층 표면에 약간의 잔류 수분이 있어도 증기가 발생하여 자연 부풀음의 원인이 되는 경우가 있기 때문에 접착층 표면의 건조상태를 양호하게 함과 동시에 먼지, 진흙, 기타 유해물 제거 청소를 해야 할 필요가 있다.

도막방수재의 추천 용융온도는 160~190℃ 정도이며 최대가열온도는 210℃이고, 직접가열 및 국부가열이 아닌 간접가열을 하여야 하며 반드시 전용교반기를 사용하여야 한다. 160~180℃의 온도로 교반기에서 간접가열한 1차 도막방수재는 접착층의 도포에 이용되는 기계기구로 도포하고, 곧 바로 시트류를 접착하여야한다.

도막방수재의 도포는 필요한 기계기구를 이용하여 균일하게 되도록 하고, 경사가 낮은 쪽부터 중복 도포하여야 한다. 열용융 도막재는 용융온도가 너무 낮으면 재료의 점도가 낮아 시공이 힘들며 도포시 경화시간이 짧아 일정한 두께를 형성하기 어렵다. 양호한 접착을 위해서는 도막방수재 도포 후 경화되기 전에 시트를 깔아야하며, 시트와 시트사이는 5cm 이상 중첩되게 시공하여야 한다.

방수재 작업 후 양생시간이 필요치 않아 곧바로 아스팔트혼합물 시공작업이 가능하다. 표준 사용량은 일반적으로 프라이머가 0.2~0.5ℓ/m^2, 도막방수재는 2.0kg/m^2 정도이나, 1차 시공재인 도막은 적정 도막 두께가 확보될 수 있도록 바닥판 면의 상태와 현장조건을 고려해서 사용량을 결정하는 것이 바람직하다.

도막방수에 있어서 방수성능을 충분히 확보하기 위한 시공두께는 재료의 성능면에서 1.5~2.5mm정도이고, 시트재는 1차 방수재의 보호층 차원에서 1.5mm 이상이 요구된다. 그러나 시공시 콘크리트 바탕의 요철에 의한 돌출물의 영향, 경화 건조시 용제의 증발에 의한 두께 감소, 아스팔트 콘크리트 포설시 열에 의한 영향과 다짐장비에 의한 무게 등의 영향을 고려할 때 방수재가 압밀될 가능성이 있다. 그러므로, 이를 충분히 고려하여 압밀현상이 발생하더라도 규정 두께 이상이 확보될 수 있도록 하여야 한다. 방호벽 및 중분대 등의 단부는 포장 상부층의 높이 이상 치켜 올리는 것이 좋다.

3.5.4 침투식 방수재

침투식 방수재는 시공이 간편하고 시공비용면에서 가장 경제적인 반면, 고강도 콘크리트에서의 불확실한 침투깊이와 초기 불량한 양생으로 인한 막의 손실 등으로 확실한 방수성을 확보하지 못한다는 단점을 가지고 있으므로, 침투식 방수재 시공시 이 점을 고려하여야 한다.

【해설】

침투식 방수재는 무기질계와 유기질계로 구분되며, 주로 물과 일정 비율로 혼합하여 콘크리트 표면에 살포하여 시공한다. 침투식 방수재는 삼투압에 의해 콘크리트의 모세관을 따라 침투하여 염수결정체를 함유한 수화물을 생성시키며, 방수재에 의해 형성된 결정체는 고염성이기 때문에 석회 및 수분과 화학반응을 일으켜 콘크리트 모체 전체에 연쇄적인 수정체를 형성하여 콘크리트 내부의 공극을 치밀하게 만든다.

침투식 방수재에서 표면의 수분을 필요로 하는 제품일 경우 물과 일정 비율로 혼합하여 작업하게 되며 어느 정도 콘크리트 표면의 물기를 필요로 한다. 따라서 표면이 너무 건조하지 않도록 유지해야 하며, 동시에 먼지, 진흙, 기타

유해물 제거 청소를 해야할 필요가 있다.

현장에 맞는 시공 장비를 준비해야 하며, 분무기를 사용할 경우 적정 압력의 분무기를 사용하고, 솔이나 흙손을 사용할 경우 확실하게 문질러 시공해야 하며, 사용량에 대하여 손실량을 충분히 고려하여 혼합해야 한다.

침투식 방수재의 살포시기는 교면 슬래브 시공 후 15~30일이 바람직하며, 표면에 균일하게 되도록 살포하고, 중복도포해야 하는 경우에는 1차 도포 후 충분히 양생한 후 2차 도포시에는 1차 도포한 방향과 직각이 되도록 시공해야 한다. 도포막이 너무 빨리 건조되지 않도록 분무기 등으로 수분을 제공해야 하며, 필요한 경우 적절한 양생 방법을 사용해야 한다.

표준 사용량은 제품에 따라 차이가 있을 수 있지만, 침투식 방수재의 경우 표면에 막을 형성하는 방식이 아니기 때문에 시공 두께를 언급할 수 없으며, 대신 물의 침투로 인한 바닥판 콘크리트 표면의 손상 방지를 위해 침투 깊이를 2mm 이상이 되도록 시공하고 관리해야 한다. 단부에는 배수처리 시설을 설치하여 물이 체수되어 있지 않도록 조치해야 한다.

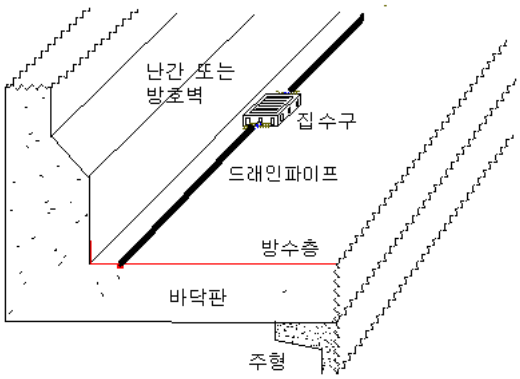
3.6 침투수 배수시설

포장층을 통해 침투한 물은 방수층 상면에서 신속하고 원활하게 배수되어야 하므로, 포장체 내부로 침투한 물의 신속한 배수를 위하여 침투수 배수시설을 설치한다.

【해설】

상판면에서의 배수가 확실히 이루어지지 않기 때문에 방수층 상에 우수가 체류하고 포장이 수침상태가 되어 박리가 발생함으로써 손상되는 사례가 있다. 따라서, 상판에서 우수의 배수는 콘크리트상판 및 포장의 내구성 유지 측면에서 매우 중요하다.

포장체나 포장체와 구조물 접속부 사이로 침투한 우수의 신속한 배수를 유도하여 교면포장의 내구성을 증진시키기 위해 상판과 연석 및 상판과 신축이음장치가 만나는 접속부 바닥면에 유도배수관(drain pipe)을 설치하면 효과적이다 <그림 3.16>.



<그림 3.16> 침투수 배수관 설치예

신축이음장치 부근에서 배수가 원활하지 못하여 침투수의 체류현상이 발생하는 것을 방지하기 위하여 교면포장과 조인트 무수축 콘크리트 접속부 사이의 침투수는 침투수 배수시설을 설치하여 레벨이 가장 낮은 위치의 신축이음장치 부근에 배수구를 설치하여야 하며, 그렇지 못한 경우 난간부(중분대)에 배수구를 설치하여 배수처리한다. 설치구간은 종단경사가 낮은쪽의 조인트 부위중 종단경사가 높은 쪽의 무수축 콘크리트와 교면포장 접속부 경계에 설치한다.

3.7 교면포장

교면포장은 소성변형 및 밀림에 대한 저항성을 갖추어야 하고, 우수가 침투하지 못하도록 다짐관리 및 이음부관리가 잘되어야 하며, 방수층과의 접착이 잘되도록 하여야 한다.

【해설】

교면포장은 교통하중에 의한 충격, 기상변화, 우수와 제설용 염화물의 침투 등에 의한 교량상판의 내구성 저하를 방지하고, 차량의 쾌적한 주행성을 확보하는 특성을 갖추어야 하므로, 교면포장용 아스팔트 혼합물은 내구성, 수밀성 및 전단에 대한 저항성 등을 필요로 한다.

교면포장용 아스팔트 혼합물은 교량상판의 처짐에 대한 추종성과 진동에 대한 저항성이 커야한다. 일반적으로 골재 최대치수가 작은 아스팔트 혼합물이 골재의 비표면적이 커서 아스팔트 함량이 많아지므로 내구성이 우수하다. 그렇지만 골재 최대치수가 작으면 소성변형에 대한 저항성이 약해지므로 내유동성과 내구성의 두 가지 특성을 고려하여 교면포장용 아스팔트 혼합물의 골재입도를 결정하여야 한다.

교면포장용 아스팔트 혼합물의 입도기준은 <표 3.4>의 표층용 가열 아스팔트 혼합물의 입도기준을 적용한다. 하부층은 상판과의 부착특성이 양호하고 인장변형에 대한 저항성이 커야하므로 일반적으로 골재 최대치수가 13mm인 아스팔트 혼합물로써 WC-1, WC-2를 적용하는 것이 바람직하고, 마모층은 내마모성과 소성변형에 대한 저항성 및 수밀성이 커야 하므로, WC-1, WC-2, WC-6를 적용하는 것이 바람직하다.

교면포장용 아스팔트 혼합물의 배합설계 기준은 <표 3.5>와 <표 3.6>의 기준을 적용하며, 교면포장은 특히 수밀성이 요구되므로 공극률에 유의하여 설계하는 것이 바람직하다.

<표 3.4> 표층용 가열 아스팔트 혼합물의 입도기준

구 분		WC-1	WC-2	WC-3	WC-4	WC-5	WC-6
		밀입도	밀입도	밀입도	밀입도	내유동성	내유동성
체의 호칭치수(mm)[1]		13	13F	20	20F	20R	13R
통과중량백분율(%)	25	-	-	100	100	100	-
	20	100	100	90~100	95~100	90~100	100
	13	90~100	95~100	72~90	75~90	69~84	90~100
	10	76~90	84~92	56~80	67~84	56~74	73~90
	5	44~74	55~70	35~65	45~65	35~55	40~60
	2.5	28~58	35~50	23~49	35~50	23~38	25~40
	0.6	11~32	18~30	10~28	18~30	10~23	11~22
	0.3	5~21	10~21	5~19	10~21	5~16	7~16
	0.15	3~15	6~16	3~13	6~16	3~12	4~12
	0.08	2~10	4~8	2~8	4~8	2~10	3~9

[주] 1) 여기에서 체는 각각 KS A 5101(시험용 체)에 규정한 표준망체 53mm, 37.5mm, 31.5mm, 26.5mm, 19mm, 13.2mm, 9.5mm, 4.75mm, 2.36mm, 0.6mm, 0.3mm, 0.15mm, 0.075mm에 해당한다.

※ WC는 Wearing Course(아스팔트혼합물 표층)의 약자이며 아스팔트혼합물 기층의 구분 기호인 BB와 구분하기 위하여 사용된 기호이다.

<표 3.5> 표층용 아스팔트 혼합물의 배합설계 기준

항 목	WC - 1~4	WC - 5, 6 (내유동성 입도)
안 정 도 (kg)	500(750) 이상 5000N(7350N)	600 이상 5880N
공 극 률 (%)	3 ~ 6	3 ~ 5
포 화 도 (%)	65 ~ 80	70 ~ 85
흐 름 값 (1/100cm)	20 ~ 40	15 ~ 40
골재 간극률(VMA) (%)	<표 3.6> 참조	
다 짐 회 수 (회)	양면 50(75) 회	양면 75 회

【주1】 ( )안의 숫자는 유동에 의한 소성변형이 우려되는 포장에 적용한다.

【주1】 ( )안의 숫자는 유동에 의한 소성변형이 우려되는 포장에 적용한다.

<표 3.6> 최소 골재 간극률(VMA) 기준

골재최대치수(mm)	설계 공극률 (%)			
	3.0	4.0	5.0	6.0
13	13.0	14.0	15.0	16.0
20	12.0	13.0	14.0	15.0
25	11.0	12.0	13.0	14.0
32	10.5	11.5	12.5	13.5
40	10.0	11.0	12.0	13.0

교량은 지형적인 특성상 바람이 강하고 상판이 공기중에 노출되어있어 대기의 온도 변화에 민감하여 혼합물의 온도저하가 빠르고 작업성이 나빠져 소정의 밀도를 얻기 어렵기 때문에 기온이 5℃ 이상이라도 기온이 낮을 때나 바람이 강하게 불 때는 혼합물의 생산온도를 높이고 롤러 대수를 늘리는 등의 조치를 취하여 신속하게 포설 및 다짐을 실시하여 마무리하여야 한다.

포설시 피니셔의 라인 센서 감도가 포설속도 보다 빠르면 포설 두께 조정이 불가능하여 포장면에 미소한 파형이 발생할 수 있으므로 일정한 포설속도를 유지하도록 하여야한다.

교면포장은 토공부보다 아스팔트 혼합물의 온도저하가 빠르므로, 교면포장용 아스팔트 혼합물은 <표 3.7>과 같이 토공부보다 더욱 철저한 온도관리가 필요하다.

<표 3.7> 교면포장용 아스팔트 혼합물의 온도관리

구 분	아스팔트 혼합물의 온도(℃)				
	혼 합	포 설	1차 다짐	2차 다짐	3차 다짐
일반 아스팔트 혼합물	150~170	140이상	120이상	90~120	80이상
고무계 개질아스팔트 및 SMA포장	160~180	150이상	140이상	100~140	80이상

(1) 종방향 이음부

포장공사시에 가장 취약하기 쉬운 부분 중의 하나인 세로이음부는 아스팔트 피니셔의 스크리드를 기설 포장상에 5cm정도 중첩하여 포설하고 레이크 등을 이용하여 <그림 3.17>과 같이 이음부 위로 아스팔트 혼합물을 쌓아 올려서 곧바로 새롭게 포설한 혼합물에 롤러의 구동륜을 15cm정도 걸쳐서 전압한다.

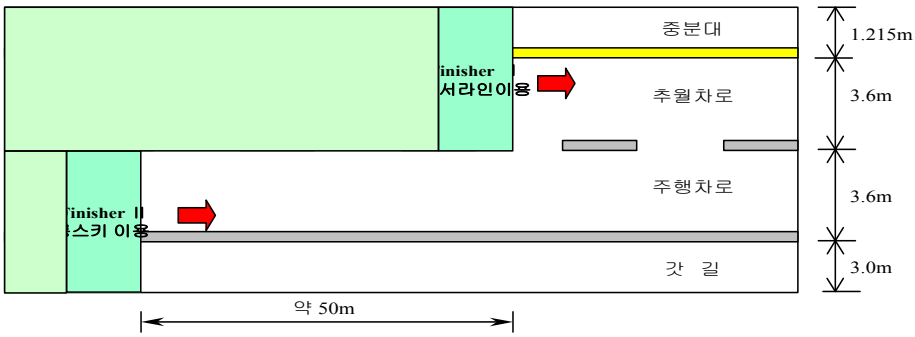
(a) 기존 포장 포설시의 이음(JOINT)부 시공

(b) 견고한 다짐을 위한 이음(JOINT)부 시공

<그림 3.17> 이음(Joint)부 시공

1차전압은 통상 머캐덤롤러를 이용하는데 헤어크랙이 발생하지 않는 범위에서 포설 후 가능한 한 빨리 전압한다. 포설 직후의 혼합물 위에 다짐 기계 등을 방치하면 기계의 자체 하중에 의해 포장에 요철이 발생하는 원인이 되므로 작업을 중지할 경우는 피니셔를 포설 직후의 포장 위에 방치하지 않도록 한다.

시공이음의 처리 불량은 조기 파손의 원인이 되므로 특히 주의해야 한다. 시공이음은 원칙적으로 <그림 3.18>과 같이 핫조인트로 하든지 또는 시공이음이 설치되지 않도록 전폭을 동시에 시공한다. 또한, 횡방향의 시공이음은 원칙적으로 설치하지 않는다.



<그림 3.18> 피니셔 2대로 동시포설 예

SMA 혼합물의 경우는 재료분리의 문제가 없기 때문에 포설폭 6m이상의 확폭시공을 고려할 수 있으며, 또한 확폭시공에 의한 피니셔 2대 연속 포설도 가능하다.

강상판 교면포장의 경우에는 시공이음을 세로 리브 및 메인 거더의 복판 직상에 설치하면 균열 발생의 원인이 되므로 시공이음은 이들 위치에는 설치하지 않도록 한다. 시공이음부는 포설 후 즉시 다짐한다. 또한, 핫조인트의 경우는 후속 피니셔의 가장자리에서 5~10cm폭을 전압하지 않고 이 부분을 후속 혼합물과 동시에 다짐한다.

신축장치간을 시공단위로 하는데 부득이하게 이 사이에 시공이음을 설치할 경우는 시공이음부의 포장에 택코우트재를 얼룩없이 도포해야 한다. 상하층의 세로 시공이음의 위치는 15cm이상 차이나도록 한다. 원칙적으로 가로 시공이음은 설치하지 않는다. 부득이하게 가로 시공이음을 설치할 경우는 하부층 포장

의 시공이음에서 적어도 1m이상 떨어진 곳으로 한다. 또한, 가로 시공이음은 가로 리브 직상에 설치해서는 안된다.

(2) 줄눈재 시공

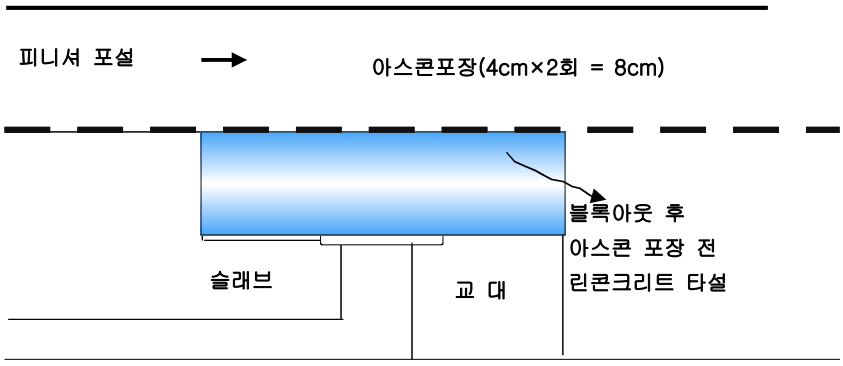
주입줄눈재의 시공은 포장 시공 전에 포장과 구조물의 접촉부에 두께가 10mm, 폭이 포장 상층두께와 같은 줄눈판을 설치한다. 이 줄눈판은 포설 후 제거한 다음 프라이머를 도포하고 나서 줄눈재를 주입한다. 주입줄눈재는 고온으로 가열하면 냉각시에 수축이 크므로 줄눈에 주입이 가능한 범위에서 가능한 한 낮은 온도로 가열한다. 주입줄눈재는 구스아스팔트를 제외한 아스팔트 혼합물의 시공에 적합하다.

성형줄눈재의 시공은 미리 접촉부분에 프라이머를 도포하는데 프라이머가 완전히 건조하기 전(지촉건조시간 내)에 성형줄눈재를 접촉부에 점착시킨다. 최근 성형줄눈재는 구조물과의 접착성이 좋은 것이 있으며, 부착방지용의 이형지 등을 이용함으로써 프라이머가 불필요한데 사용에 앞서 구조물의 접촉면은 청결히 해 두어야 한다. 이러한 성형줄눈재는 구스아스팔트 혼합물의 시공에 적합하다.

(3) 평탄성 확보

교면포장 두께 8cm 구간은 접속슬래브 구간을 포함하여 각 층 4cm씩 2회로 나누어 포설 및 다짐을 시행하며, 1층 포설을 마치면 평탄성을 확인한 후에 2층 포설 및 다짐을 시행한다.

신축이음장치 설치부는 교면포장의 평탄성을 확보하기 위하여 Block out부에 린콘크리트 또는 아스콘 등으로 정밀 채움을 실시한 후, 교량접속부와 교면포장을 연속 포설하여 평탄성을 확보한다. 포장 완료 후 Block out을 시행하고, 신축이음장치를 설치하도록 한다<그림 3.19>.



<그림 3.19> 신축이음장치 설치부

(4) 교면포장 시공시 유의사항

<표 3.8>은 교면포장 시공시 중점적으로 유의하여야 할 사항을 설명한 것이다.

<표 3.8> 교면포장 시공 시 중점 유의사항

시공단계별 사진	사진설명
	포장작업 전 포설폭을 라인 마킹하여 포설라인에 맞춰 시공
	교면 1층 포설 종방향 이음부와 2층 포설 시 이음부를 15cm이상 이격
	1차 Finisher 포설 후 이음부를 레키로 단부 마무리하여 2차 포설 전 충분한 다짐효과 기대

<표 3.8> 교면포장 시공 시 중점 유의사항(계속)

시공단계별 사진	사진설명
	2차 Finisher 포설 시 이음부를 10cm 이상 겹쳐 포설마무리하여 2차 포설 전 충분한 다짐효과 기대
	2차 Finisher 포설 후 마카담롤라로 이음부위를 선다짐하여 이음부 충분한 다짐 및 면마무리 양호
	교면포장 1층 포설 후 1차다짐 작업 중 에어포켓 제거 ※제거 후 포설면을 가열아스콘으로 공간을 메운 후 롤라 다짐 마무리

<표 3.8> 교면포장 시공시 중점 유의사항(계속)

시공단계별 사진	사진설명
	방호벽 단부 접속부 하단에는 인력으로 우선 포설 후 Finisher포설 및 롤라 다짐
	방호벽 단부에 롤라에 의한 다짐이 곤란하므로 콤팩터에 의한 추가다짐
	방호벽 단부에 다짐 마무리 후 전경 (포설 및 다짐상태 양호, 수밀성 확보)

<표 3.8> 교면포장 시공시 중점 유의사항(계속)

시공단계별 사진	사진설명
	교량 집수거 아스콘 포설 후 망치 등으로 인력다짐 (배수경사와 면마무리상태 양호)
	교면과 노견포장이 연결되는 구간 등은 직각컷팅 후 시공이음 마무리
	• 토공부 콘크리트포장과 접속구간 ☞6m 이상의 직선자를 이용하여 종단경사와 포장평탄성 확보에 유의

<표 3.8> 교면포장 시공시 중점 유의사항(계속)

시공단계별 사진	사진설명
	• 토공부 콘크리트포장과 접속 구간 ☞경사확인 후 이음부 기계포설에 의한 연속시공
	• 토공부 콘크리트포장과 접속 구간 ☞인력포설 마무리에 의한 정밀 시공
	• 토공부 콘크리트포장과 접속 구간 ☞교면 1층포설 구간의 횡방향 추가다짐 전경 (탄뎀롤라에 의한 다짐)

<표 3.8> 교면포장 시공시 중점 유의사항(계속)

시공단계별 사진	사진설명
	• 토공부 콘크리트포장과 접속구간 ☞교면 2층포설 구간의 횡방향 추가다짐 전경 (탄뎀롤라에 의한 다짐)
	• 토공부 콘크리트포장과 접속구간 ☞교면 2층포설 다짐 시 토공부 접속구간 다짐 전경 (단부 평탄성 확보에 특히 유의)

3.8 접속 슬래브 포장균열 억제

지상 라멘교 및 지상 암거에서 교대와 접속부 사이의 줄눈부에서 포장균열을 억제하기 위하여 줄눈용 스티로폼의 두께를 5mm로 하며 지오그리드로 보강한다. 그리고, 접속슬래브 위에 보조기층재료가 포설되는 경우 및 신축이음장치가 설치되는 일반교량의 경우에는 줄눈용 스티로폼의 두께를 5mm로 하며 지오그리드 보강은 불필요하다.

【해설】

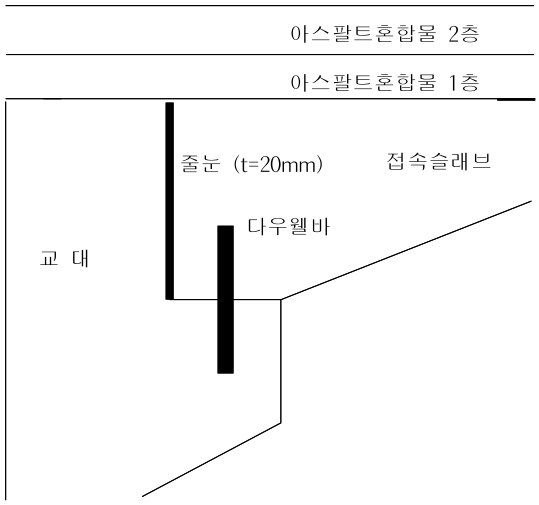
교량 연장의 길이가 짧은 소교량의 경우에는 신축이음장치가 없는 라멘교로 설계하고 있으며 포장하부의 토공부에 설치되는 지중 라멘교는 교량의 신축에 따른 포장체의 영향이 없다. 그러나 지상에 노출되는 지상 라멘교 및 지상 암거의 경우에 교대와 접속슬래브 사이의 이음부에서 횡방향의 포장균열이 발생하고 있다.

지상 라멘교에서 교대와 접속슬래브사이의 이음부에서는 아스팔트 혼합물과 시멘트 콘크리트의 팽창계수 차이로 인하여 시멘트 콘크리트 슬래브의 조인트 부분에서 올라오는 수축팽창응력을 아스팔트 혼합물이 적응하지 못하여 <그림 3.20>과 같이 횡방향의 포장균열이 발생된다.

<그림 3.20> 라멘교 접속슬래브 상부의 포장균열

이러한 원인으로는 지금까지 교대와 접속슬래브 사이의 두께가 20mm인 줄눈을 두고 있으며, 접속슬래브 및 완충슬래브와 본선포장과의 사이에도 두께가 20mm인 줄눈을 설치하고 있는데, 이는 접속슬래브의 길이가 6~10m인 점을 감안할 때 과다한 줄눈 설계가 되고 있다.

이로 인하여 줄눈용 재료로 <그림 3.21>과 같이 두께 20mm인 스티로폼을 사용하고 있어서, 아스팔트포장 시공시 고온으로 인한 스티로폼의 용해로 인하여 포장의 함몰현상이 발생되고 있다.

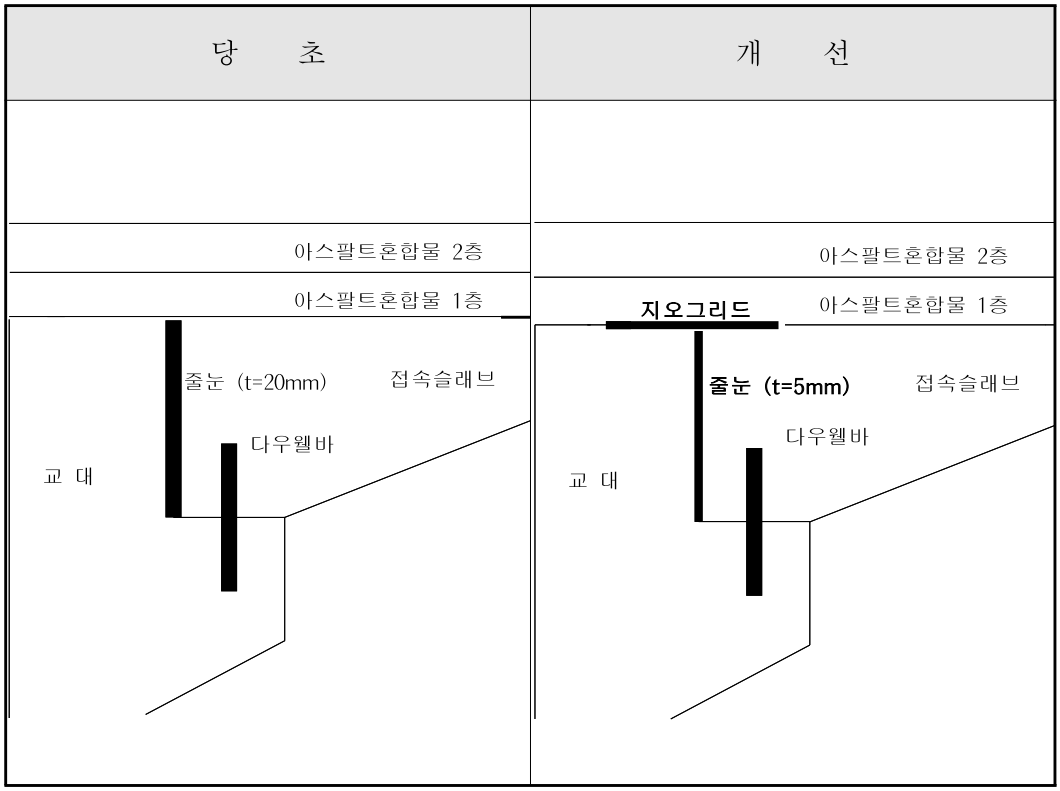


<그림 3.21> 지상라멘교의 접속슬래브

또한, 온도변화에 의한 슬래브 수축팽창과 접속슬래브의 침하로 인하여 스티로폼 양쪽 끝을 경계로 하여 두 개의 횡단균열이 발생되며, 인접한 두 개의 균열은 앞의 <그림 3.20>과 같이 펀칭현상으로 발전되고 있다.

접속슬래브의 팽창응력은 본선포장과 접속슬래브 사이의 팽창줄눈에서의 응력흡수만으로도 충분하므로 교대와 접속슬래브 사이의 줄눈은 줄눈간격을 팽창줄눈과 같이 크게 할 필요는 없으므로 <표 3.9>와 같이 스티로폼의 두께를 감소시키고 지오그리드로 보강하도록 한다. 신축이음장치가 설치되는 일반교량의 경우에는 스티로폼의 두께만을 5mm로 감소시키고 지오그리드 보강은 불필요하다.

<표 3.9> 교량(지상라멘교) 접속슬래브 개선사항



지오그리드는 합성섬유 또는 유리섬유로 만들어진 격자형 토목용 보강재를 의미한다. 스티로폴은 아스팔트 혼합물의 고온포설에 따른 용해를 방지하기위하여 고밀도 스티로폴을 사용한다.

슬래브 바닥면과 지오그리드와의 접착을 위하여 바닥면의 요철이 큰 부분은 요철을 보정한다. 그리고 와이어브러쉬로 표면의 골재가 노출되도록 연마하여 콤푸레서로 먼지를 제거한 후에 마른걸레 등으로 표면에 붙은 미세 먼지를 깨끗이 제거하여야 한다.

지오그리드의 재료는 균열진행방향의 인장강도가 15ton/m이상이고 균열진행방향에 연직방향의 인장강도는 5ton/m이상인 재료를 사용하며, 시공 폭은 죠인

트를 경계로 하여 양쪽으로 30cm이상이 되어야 한다. 지오그리드 시공시 바닥면과 포장면 사이에 완전접착을 시켜야 하므로 지오그리드 재료가 자체 접착식인 경우 택코팅을 한후에 롤러로 2회이상 다짐을 하여 접착시키고, 비자체 접착식인 경우에는 역청고무계 또는 에폭시수지계 접착제를 도포하여 접착시킨후 택코팅을 실시한다.

4. 교면방수 재료

4.1 프라이머 및 접착제

접착제는 <표 4.1>의 기준에 적합하여야 한다.

【해 설】

프라이머는 콘크리트 바닥판의 하지처리 후 남아있는 미세한 콘크리트 찌꺼기 및 이물질을 콘크리트 공극 속으로 침투시키고, 접착제와의 부착성능을 향상시키기 위해 사용되며, 주로 고무계와 역청계 및 수지계가 사용된다. 접착제의 사용은 콘크리트 바닥판과 방수재와의 부착력 확보에 있고, 주로 고무계와 역청계 및 수지계가 사용된다.

프라이머는 주로 역청계나 수지계를 기본으로 하고 보통 스프레이나 브러쉬에 의해 한 번이나 두 번 도포한다. 일반적으로, 역청계 프라이머는 대부분 용제형으로 장기적 측면에서 콘크리트와의 접착성이 저하되고, 수지계는 염화물 침투 저항성이 우수하다. 프라이머의 양생시간은 기후조건과 프라이머의 형태에 따라 다양하다. 수지계 프라이머는 1시간 이내에 양생되나 솔벤트를 함유한 일부 역청계는 수시간이 소요된다.

접착제는 <표 4.1>의 기준을 만족하여야 하며, 바닥판의 종류, 바닥판의 상태, 방수층을 고려하여야 한다. 콘크리트 바닥판에는 일반적으로 고무혼입 아스팔트 유제, 고무 용제계, 수지계 등이 사용된다.

<표 4.1> 접착제의 품질기준

항 목	고무아스팔트계	고무계(용제형)		수지계	시험법
		1차	2차		
지촉건조시간 (20℃)	60분 이내	30분 이내	60분 이내	60분 이내	KS M 5000
불휘발분 (%)	20 이상	10 이상	25 이상	60 이상	KS M 5000
작 업 성	도포작업에 이상이 없는 것				

4.2 시트식 방수재

시트식 방수재는 <표 4.2>의 품질기준에 적합하여야 한다.

【해 설】

시트방수는 부직포 또는 직포에 합성고무나 수지, 플라스틱, 아스팔트 등을 주원료로 해서 적층 성형한 두께 2.0~4.0mm, 폭 1m, 길이 10m 정도의 시트에 광물질 분말을 도포하여 롤상으로 감은 것으로 접착제나 가열 토오치를 사용하여 모체에 방수층을 형성하는 것이다.

시트방수재 중심기재는 컴파운드 중간에 삽입하여 치수 안정성을 확보하고 압축강도를 개선하며 방수기능을 향상하기 위해 사용하는 것으로, 주로 폴리프로필렌(polypropylene) 및 폴리에스터(polyester) 섬유 직포나 부직포, 프로필렌 에틸렌(propylene ethylene) 공중합체 필름 등이 사용된다. 함침한 아스팔트는 스트레이트 아스팔트에 스틸렌 부타디엔 고무(SBR), 스틸렌 부타디엔 스틸렌 고무(SBS) 등의 합성 고무를 10~30% 첨가한 고무혼합 아스팔트와 블로운 아스팔트 등이 있다.

성분 및 제조방법에 따라 개질아스팔트계 및 합성고분자계로 대별된다. 개질아스팔트계는 폴리머로 개질한 것이고 합성고분자계는 가황고무 및 비가황고무, 염화비닐수지로서 균질시트와 복합시트로 이루어져 있다.

개질아스팔트계는 장섬유 부직포(중심기재)에 개질 아스팔트를 접착제로 사용하여 중심기재에 함침·적층하여 연속적인 방수층을 형성하는 토오치 가열융착공법이 주류를 이루고 있다. 최근에는 방수공사의 품질향상, 노동력 절감 공사기간의 단축, 환경문제 등 공사여건의 변화로 용제형 접착공법, 자착형 공법 등이 개발되었고, 재료면에서도 고분자 수지와 결합한 아스팔트 시트 및 특수 성질을 가진 방수재료가 개발되고 있다.

교면용으로 주로 사용되는 종류로는 용융 아스팔트에 SB 및 SBS 열가소성

합성고무를 함침한 것들이 주종을 이루고 있다. 일반적으로 SBR의 혼입량이 10~15%인 경우 감온성이 개선되어 점도의 변화가 적고 열변화가 적으며, 성능이 개선된다. 개질아스팔트 방수 시트의 특징은 다음과 같다.

① 광물질을 입히지 않은 시트는 유연성을 가지나, 광물질을 입힌 시트는 딱딱해서 5℃ 미만에서는 펼침이 곤란하다.

② 두께가 4mm인 폴리에스터 중심기재로 사용한 시트는 구멍이 뚫리지는 않고, 아스팔트 함침 유리섬유나 직조된 폴리프로필렌을 중심기재로 하는 시트는 쉽게 구멍이 뚫린다.

③ 표면에 개질용 재료를 입히지 않은 경우는 저온이나 고온인 골재로 인해 손상을 받기 쉽다.

④ 찢김에 대한 저항성이 좋다.

⑤ 산화된 아스팔트 접착제는 장기 접착력이 저하된다.

공법으로는 시트 표면을 가열하여 적층하는 융착공법, 용제형 접착제로 시트를 접착시키는 접착공법, 점착성을 가진 시트를 적층하는 자착형 공법 등이 있다. 시트식은 방수의 확실성과 포장층과의 접착성, 바닥판의 균열이 발생하는 경우 추종성이 우수하고 양생기간이 필요 없다. 그러나 바닥판에 요철이 심한 경우 작업성이 떨어지고 기포 발생 가능성이 많고 저온 시공시 되말림이 발생하기 쉬우며 단부에서 치켜올림이 어려운 단점이 있다.

시트식 방수재의 표준적 품질기준은 <표 4.2>와 같고, 시공법에 따라 접착제를 사용하여 부착시키는 접착형 공법, 시트를 가열하여 접착면에 부착시키는 융착형 공법이 있다.

<표 4.2> 시트식 방수재의 품질기준 (KS F 4931)

항 목			품질 기준
인장 성능	인장 강도 (N/mm)	무 처 리	13.0 이상
		알칼리 처리	13.0 이상
		가열 처리	13.0 이상
	신 장 률(%)	무 처 리	33 이상
		알칼리 처리	33 이상
		가열 처리	33 이상
전단 접착 성능	전단 접착 강도 (N/㎟)	- 20℃	0.80 이상
		20℃	0.15 이상
	전단 접착 변형률 (%)	- 20℃	0.5 이상
		20℃	1.0 이상
인장 접착 강도(N/㎟)		- 20℃	1.2 이상
		20℃	0.6 이상
내투수성			투수되지 않을 것.
염화물 이온 침투 저항성(coulombs)			100 이하
내움푹 패임			구멍이 생기지 않을 것.
내열 치수 안정성(%)		150℃, 30분	±2.0 이내
저온 굴곡성		- 20℃	균열이 없을 것.
접합 강도(N/mm)			5.0 이상
내피로성			잔금, 찢김, 파단이 생기지 않을 것.
내균열성		- 20℃	잔금, 찢김, 파단이 생기지 않을 것.

4.3 도막식 방수재

도막식 방수재는 <표 4.3>의 품질기준에 적합하여야 한다.

【해 설】

도막방수 공법은 불연속적인 방수막 형성과 바닥판의 표면 요철의 영향, 접착력 등의 결점을 개선하는 것을 목표로 한 것으로 방수층의 두께는 0.5~2.5mm 정도이다.

구성성분에 따라 크게 3가지로 구분되는데, 합성고무계는 상온식과 가열식이 있고, 고무아스팔트계는 주로 가열식이고 수지계는 반응형으로 1액형과 2액형이 있다.

(1) 합성고무계

합성고무계 도막방수재로는 우레탄 고무계, 아크릴 고무계, 클로로플렌 고무계 등이 있으며, 이 중에서 클로로플렌 고무계가 가장 널리 사용된다. 클로로프렌 고무계는 범용 특수합성고무로 일반 고무보다 내후성(취화점 -35℃, 연화점 80℃), 내약품성이 뛰어난 특성을 지닌 염화고무로 1931년 미국 듀퐁사에 의해 듀프렌으로 개발 시판되었다.

그 후 네오프렌으로 개칭되었고, 학명은 클로로프렌이며, 클로로프렌 고무를 톨루엔 용제로 용해한 액상의 재료를 조직강화를 위해 유리섬유, 충전재로 산화아연, 노화방지제로 카본블랙, 휘발성 용제로 톨루엔, 키실렌 등을 사용한다.

일반적으로 불휘발 성분은 30~50%이고, 접착층에 3~5회 걸쳐서 도포하고 용제의 휘발에 의한 건조후에 두께는 0.7~1.5mm 정도의 연속적인 방수층을 형성한다. 인장강도, 인열강도가 우수하고, 노출용으로도 시공이 가능하나, 수회 나누어 도막을 형성해야 하므로 공사지연을 초래할 수 있고 용제를 함유하고 있으므로 시공 중 중독 위험성이 있다. 내열성이 강하여 교면방수에 주로 사용

되고 있으며, 실적 또한 가장 많다.

(2) 고무아스팔트계

고무아스팔트계는 스트레이트 아스팔트 또는 블로운 아스팔트에 합성고무를 60% 전·후로 첨가한 고무혼합 아스팔트를 주성분으로 광물질 미분말 등을 첨가한다. 가열 용해시 접착층에 1~3회 걸쳐 도포한 후 1.0~2.5mm 두께의 방수층을 형성한다. 신축성 및 접착성이 좋고, 내균열 추종성이 우수하다.

이음부위 없이 연속 시공이 가능하고 온도에 순응성이 좋으므로 계절에 제약이 없다. 시공방법이 간단하므로 공기가 단축되고, 복잡한 시공부위도 시공이 가능하며, 국내 시공실적이 많다. 끓여서 시공하는 열공법과 상온에서 액상상태로 시공하는 상온공법의 재료가 있다.

(3) 수지계

수지계 도막 방수재는 에폭시, 폴리우레아, 우레탄, 아크릴 수지계로 세분화할 수 있다. 에폭시 수지는 1970년 초에 국내에 도입되었고, 방수재는 열경화성 수지를 주성분으로 하기 때문에 주제와 경화제라고 하는 액상의 2성분으로 구성되어 있다. 일반적으로 주제에는 에폭시 수지(에피클로로히드린＋비스페놀A), 경화제에는 변성 폴리아민 및 폴리아미드 등이 주원료로 사용된다.

이 밖에 연화제, 충진재 분말, 안료 등이 첨가되어 있다. 종류에 따라 무용제계(고형분 96% 중 수지 성분 66% 이상), 수지계(고형분 50% 중 수지성분 30% 이상), 용제계(고형분 60% 중 수지성분 35% 이상)로 구분하고, 주제와 경화제는 도포작업 직전에 혼합하여 도포하고 도막은 화학반응에 의해 형성된다.

완전경화 시간은 24시간 이상이며, 규정두께는 0.7~1.5mm 이다. 콘크리트와의 접착성은 우수하지만 아스팔트 콘크리트포장과의 접착성을 확보하기 위하여 수지의 가사시간 내에 아스팔트 혼합물을 포설 할 필요가 있다.

또한 시공 및 품질관리 조건이 까다롭고 온도 및 습도의 영향이 크나, 내식

성 및 수밀성이 우수하고 화학적 저항성이 좋다. 그러나 저온에서 취성화되기 쉽고 진동이 심한 곳에서는 취약하다.

<표 4.3> 도막식 방수재의 품질기준 (KS F 4932)

항 목			품질 기준
작업성			작업에 지장이 없을 것.
불휘발분(%)			표시값 ±3% 이내
지촉 건조 시간(h)			3 이내
인장 성능	인장 강도 (N/mm^2)	무 처 리	1.5 이상
		알칼리 처리	무처리의 80% 이상
		가열 처리	무처리의 80% 이상
	신 장 률(%)	무 처 리	100 이상
		알칼리 처리	무처리의 80% 이상
		가열 처리	무처리의 80% 이상
전단 접착 성능	전단 접착 강도 (N/mm^2)	- 20℃	0.80 이상
		20℃	0.15 이상
	전단 접착 변형률 (%)	- 20℃	0.5 이상
		20℃	1.0 이상
인장 접착 강도(N/mm^2)		- 20℃	1.2 이상
		20℃	0.6 이상
내투수성			투수되지 않을 것.
염화물 이온 침투 저항성(coulombs)			100 이하
내움푹 패임			구멍이 생기지 않을 것.
내열 치수 안정성(%)		150℃, 30분	±2.0 이내
내피로성			잔금, 찢김, 파단이 생기지 않을 것.
내균열성		- 20℃	잔금, 찢김, 파단이 생기지 않을 것.

4.4 복합식 방수재

복합식 방수재는 도막과 시트 두 가지를 합성한 공법으로 전체 방수층의 두께는 3.5mm이상이어야 하고, 품질기준은 시트식 방수재의 품질기준(KS F 4931)을 적용한다.

【해 설】

복합식 방수재는 융착형 시트식 방수재의 문제점으로 될 수 있는 토오치 가열에 의한 방수재의 물성변화를 방지하고 접착성 및 바닥판의 요철에 따른 시공성을 해결하며, 도막식 방수재의 문제점인 양생기간, 도막두께의 불균일 등을 해결하기 위해 개발된 공법으로 두 가지 공법을 합성시킨 방식이다.

접착 프라이머, 개질 열가소성 고무아스팔트 및 특수 첨가재를 혼합한 도막식 방수재를 도포한 후, 폭 1m, 길이 2.5m, 두께 1mm 정도의 시트류(보호재)를 밀착시켜 모체에 접착시키는 공법이다. 최근에 개발된 공법이고 적용실적도 증가하고 있으며, 시공 두께는 3.5mm 이상이고 이중방수 효과를 기대할 수 있으며 양생기간이 짧아 보수공법에도 적용할 수 있는 재료이다.

4.5 침투식 방수재

침투식 방수재는 <표 4.4>의 품질기준에 적합하여야 한다.

【해 설】

침투식 방수재는 삼투성을 응용한 것으로 방수재가 석회 및 수분과 화합하여 삼투압에 의해 콘크리트의 모세관을 따라 침투하여 콘크리트 중의 수산화칼슘(calcium hydroxide)과 화학반응하여 불용성 침상 결정체인 규산질칼슘(calcium silicate hydrate) 방수막 겔을 형성하는 것으로 크게 무기질계 및 유기질계로 분류할 수 있다.

무기질계는 비정질인 규산질 미분말(활성화한 실리카 성분)이 주성분이고, 그 외에 점성 조절제, 반응 속도 조절제 등의 성분이 있다. 규산질 미분말로부터 용출된 규산이온은 콘크리트 중의 모세관 공극을 통해 침투 확산하고 모세관 공극 중에 있는 수산화칼슘으로부터 용출된 칼슘이온과 화학적으로 반응하여 불용성의 규산칼슘 수화물을 생성하고 모세관 공극을 충전시킨다.

유기질계는 아크릴 수지를 주성분으로 하는 것이나 실리콘 수지를 주성분으로 하는 것이 대표적인데, 그 외에는 올리고머릭 알콕시 씰록산, 에폭시, 우레탄, 스티렌 아크릴 코폴리머, 염화고무, 오일 등의 성분으로 된 것도 있다. 유기질계는 방수성분이 콘크리트 내부의 모세관 조직에 침투하고 겔 층이 형성되어 방수막이 생기고 도포 표면에서는 방수작용이 있는 도막 방수층이 형성되는 것으로 그 침투효과가 좋을수록 자외선이나 풍우, 대기 오염 등의 영향에 내구성이 강하다.

유기질계의 침투작용은 콘크리트의 경우 도포면이 건조상태에 있어야 하고 방수제가 침투해야만 하는 모세관 조직에 수분이 존재해서는 충분한 기대효과가 발휘될 수 없는 점이 있다.

<표 4.4> 침투식 방수재의 품질기준 (KS F 4930)

항 목		기 준 값	
		유기질계	무기질계
도포 후의 겉모양		변화가 없을 것.	
침투 깊이(mm)		2.0 이상	–(2)
내흡수 성 능	표준상태(1)	물 흡수 계수비 0.10 이하	물 흡수 계수비 0.50 이하
	내알칼리성 시험 후		
	저온 · 고온 반복 저항성 시험 후		
	촉진 내후성 시험 후	물 흡수 계수비 0.20 이하	
내투수 성능		투수비 0.10 이하	
염화 이온 침투 저항 성능(mm)		3.0 이하	
용출 저항 성능	냄새와 맛	이상 없을 것.	
	탁 도	2도 이하	
	색 도	5도 이하	
	중금속(Pb로서)	0.1 mg/L 이하	
	과망간산칼륨 소비량	10 mg/L 이하	
	pH	5.8 ~ 8.6	
	페 놀	0.005 mg/L 이하	
	증발 잔류분	30 mg/L 이하	
	잔류 염소의 감량	0.2 mg/L 이하	

주 (1) 흡수 방지제를 도포하고 열화처리를 하지않은 시험체

(2) 무기질계인 경우에는 침투비성막형(侵透非成膜形)으로서 방수막을 형성하지 않고, 모세관 공극에 시멘트 수화물과 동일한 형태의 생성물을 형성하여 조직을 치밀화시키므로써 외부로부터의 물 또는 염화이온(Cl^-)의 침투를 억제하는 메카니즘을 가지고 있기 때문에 침투깊이의 측정이 불가능하여 침투깊이에 대한 성능을 규정하지 않는다.

5. 교면포장의 주요 파손원인 및 대책

5.1 교면포장의 파손

교면포장의 파손은 교면방수층의 시공불량 또는 교면포장의 다짐부족에 의하여 대부분 발생되므로, 교면방수의 품질관리와 교면포장의 다짐관리를 준수하여야 한다.

【해 설】

교면포장의 파손은 교면방수층의 시공불량 또는 교면포장의 다짐부족에 의하여 대부분 발생된다. 교면방수의 경우 방수층의 품질관리가 제대로 안될 경우 층간 접착이 안되어 차량의 윤하중에 의하여 밀림이 발생되고, 이는 곧 포트홀로 발전하게 된다. 교면포장의 경우 다짐부족에 의하여 포장체 내부로 침투한 우수가 체류하게 되고, 차량하중에 의한 과잉간극수압에 의하여 파손이 발생하게 된다.

최근에 발생되는 교면포장의 파손의 유형은 소성변형, 밀림, 포트홀 등의 파손이 주로 발생하고 있다. 포장두께의 평균치는 기준에 약간 못미치는 것으로 나타났다. 파손구간의 공극률은 매우 커서 다짐관리 또는 온도관리가 제대로 안되고 있으며, 적설지역에서는 슬래브 열화발생 정도가 심각한 것으로 나타났다<그림 5.1~5.6>.

<그림 5.1> 포트홀 및 균열

<그림 5.2> 피로균열

<그림 5.3> 밀림 및 포트홀

<그림 5.4> 백태현상

<그림 5.5> 바닥판 열화

<그림 5.6> 슬래브 펀칭현상

5.2 교면방수 측면의 원인 및 대책

교면방수가 적정하게 시공되지 못하였을 경우 교면포장의 파손이 발생하며, 슬래브의 열화가 발생할 수 있으므로 교면방수의 설계 및 시공에 주의를 기울여야 한다. 특히, 적설지역에서는 제설용 염화물이 슬래브를 열화시키므로 침투수를 슬래브 표면에 체류하지 않게 하여야 한다. 교면방수 완료 후 교면포장 시공 전에는 반드시 인장접착강도 시험을 실시하여 기준을 만족하는지 확인하여야 한다.

【해 설】

적설지역에서는 제설작업시 염화물을 많이 살포하게 된다. 여기서, 적설지역이라 함은 년간 적설일수가 20일 이상인 지역을 의미한다. 교면포장은 불투수성이나, 다짐부족 등으로 인하여 강우시 또는 제설작업시 물이 침투하게 된다. 침투된 물은 염화물을 함유하여 슬래브를 열화시키므로 우수를 차단하거나 침투수를 신속히 배수하기 위한 조치가 필요하다.

교면방수는 교면포장 파손의 주요원인이며, 교면방수층의 층간 접착력 부족으로 파손이 발생한 경우가 많으므로, 교면방수 양생 완료후 교면포장 시공전에 반드시 현장에서 인장접착강도 시험을 실시하여 기준(20℃에서 6kg/cm^{2}이상)을 만족하는지 확인하여야 한다. 교면포장의 파손원인 및 대책을 교면방수 형식별로 구분하면 다음과 같다.

(1) 시트방수

시트방수는 아스팔트 혼합물의 온도저하로 시트와의 융착이 안되어 포장파손이 발생된다. 시트방수는 시트위에 고온의 아스팔트 혼합물이 포설되어 융착되어야 하나, 혼합물의 온도저하로 시트와의 융착이 안되어 부착강도가 현저하게 저하된다. 다짐부족에 의하여 우수의 침투가 발생하면 침투수는 슬래브에 체류하고, 체류수는 차량하중의 과잉간극수압에 의하여 포장체와 방수막을 분리시

킨다.

포장파손은 <그림 5.7>과 같이 백태현상이 사전에 발생되고, 이어서 포트홀이 발생된다. <그림 5.8>은 포장체로 침투한 물이 시트 방수막 위에 체류하여 체류수가 코아 내부로 용출하는 모습이다.

<그림 5.7> 백태현상 및 포트홀

<그림 5.8> 체류수의 용출

시트방수는 상판과 방수층과의 부착강도 증진을 위하여 접착후 롤러로 2~3회 다짐을 실시하거나, 기계식 접착방식에 의한 시공으로 인장접착강도를 증진

시킬 필요가 있다. 시트 접착시 기계식 접착방식으로 시공하면 인력에 의한 방식보다 인장접착강도가 우수하고 종방향 접합부가 거의 없으며, 전면에 걸친 균일한 접착력 확보와 기포발생을 최소화할 수 있다.

(2) 도막방수

도막방수는 방수막을 형성하며, 방수막은 층간 접착이 잘되어 있어야 하는데, 층간의 부착강도 저하가 도막방수 파손의 주요 원인이다. 교면포장에서는 차량하중의 진행방향으로 수평전단응력이 발생하며, 방수층은 수평전단응력에 저항할 수 있도록 부착강도를 가지고 있어야 한다. 방수막이 부착강도를 상실할 경우 교면포장의 파손이 발생하게 된다.

<그림 5.9>는 방수층이 부착강도를 상실하여 층간 분리가 일어나는 것이고, <그림 5.10>은 방수층의 부착강도 저하로 밀림균열과 포트홀이 발생되는 모습이다.

<그림 5.9> 슬래브와 방수층의 분리

<그림 5.10> 밀림에 의한 균열 및 포트홀그림

도막방수 양생 완료 후 반드시 현장에서 인장접착강도 시험을 실시하여 기준(20℃에서 6kg/cm^{2}이상)을 만족하는지 확인 후 교면포장을 시공하여야 한다. 도막방수 위에 아스팔트 혼합물 포설전 부착강도 증진을 위하여 고무계 개질유화아스팔트로 택코팅(0.4~0.6 l/m^2)하는 것을 원칙으로 한다.

도막방수는 반드시 접착강도와 두께를 확보할 수 있도록 하며, SMA포장과 같이 조골재로 이루어진 혼합물에서는 도막방수의 두께기준을 1.0mm에서 1.2mm로 상향조정하여 펀칭현상을 방지할 필요가 있다.

합성고무계 도막방수재는 자체 접착력으로 택코팅이 필요없는 것으로 되어 있으나 현장조사결과, 도막방수의 교면포장에서 상당수가 접착력이 부족한 것으로 나타났으므로, 도막방수위에 아스팔트 혼합물 포설전 부착강도 증진을 위하여 고무개질아스팔트로 택코팅을 실시하는 것을 원칙으로 한다.

(3) 침투식 방수

침투식 방수는 슬래브 표면에 별도의 방수막인 분리층을 형성하지 않으므로 슬래브 열화의 원인을 제공한다. 포장체로 침투한 물은 슬래브에 체류하게 되므로, 제설용 염화칼슘이 같이 침투하게 되면 슬래브의 열화가 가속화된다. <그림 5.11>은 침투식 방수에서 슬래브 열화로 철근이 노출된 모습이고, <그림 5.12>는 슬래브 표면의 콘크리트가 접착력을 상실하여 골재가 분리된 모습

이다.

적설지역에서 교면슬래브 열화가 가장 많았으며, 교면 슬래브 열화정도는 침투식이 가장 크게 나타났고, 도막식, 시트식 순으로 나타났다. 그 이유로는 침투식 방수는 방수막을 형수하지 않기 때문에 염화물이 쉽게 슬래브로 침투할 수 있기 때문이다. 이와 같이 침투식 방수는 제설작업시 슬래브를 심각하게 열화시킬 수 있으므로, 제설작업이 예상되는 구간에서는 교면방수공법 선정시 라멘교 및 단경간 교량을 포함하여 침투식 방수의 사용을 지양하고, 적설지역에서는 특히, 침투식 방수의 사용을 지양할 필요가 있다.

<그림 5.11> 슬래브 열화로 철근 노출

<그림 5.12> 슬래브 열화로 골재분리

5.3 교면포장 시공측면의 원인 및 대책

교면포장 시공 시 다짐부족은 우수침투의 가장 큰 원인이므로, 우수침투가 발생하지 않도록 다짐 및 온도관리를 철저히 하여야 하며, 교면포장의 두께는 반드시 8cm이상 확보하여야 한다.

【해 설】

혼합물의 다짐이 불량하면 우수의 침투가 발생하고 포장파손이 발생하므로, 아스팔트 혼합물은 다짐완료 후 초기공극률이 8%미만이 되어야 하고, 공용 후 혼합물이 안정화되었을 때의 최종공극률이 3%이상이 되어야 한다. 그렇지 않을 경우 포장체내의 투수로 침투된 물은 배수가 안되어, 차량하중의 과잉간극수압에 의하여 포장파손이 발생하게 된다.

특히, 시트방수에서는 온도가 낮은 아스팔트 혼합물이 포설될 경우, 시트와의 융착이 불가능하므로 시트방수에서는 온도관리가 매우 중요하다. 그러므로, 다짐과 온도관리를 철저히 관리하여야 한다.

교면포장과 방수층의 경계면에서 부착응력이 크게 발생하므로, 부착응력에 저항하기 위하여 포장두께 확보가 필요하나, 일부 편경사 구간 등에서 포장두께가 부족한 구간이 발견되고 있다. 교면포장의 두께는 레벨에 관계없이 반드시 8cm 이상 확보하기 위하여 교면슬래브에서 편경사 조정이 되어야 하며, 교면포장의 평탄성을 확보하기 위하여 교면슬래브의 요철부는 3m 직선자로 6mm 이상의 요철을 제거하거나, PRI가 35cm/km이하가 되도록 관리한다.

교면포장용 아스팔트 혼합물은 2층으로 시공하여야 하며, 하부층은 수밀성을 갖도록 하며, 상부층은 내유동성을 확보할 수 있도록 한다. 교면포장은 다짐을 철저히 하여 우수가 침투되지 않도록 하여야 하므로, 다짐밀도가 기준밀도의 96% (SMA포장은 97%)이상이 나오도록 관리하여야 한다. 콜드조인트는 다짐취약부이므로 콜드조인트를 최소화하기 위하여 두 대의 피니셔로 동시포설을 실시하는 방안 등을 강구할 필요가 있다.

5.4 배수시설 측면의 원인 및 대책

교면포장은 토공부 포장과 달리 포장체 내부로 침투한 우수의 신속한 배제가 어려우므로 침투수의 체류 등의 원인에 의하여 포트홀이 발생한다. 교면포장에서 포트홀을 저감시키기 위해서는 포장체 내부로 침투한 우수가 신속히 배수될 수 있도록 하여야 한다.

【해 설】

교면포장은 토공부 포장과 달리 포장체 내부로 침투한 우수의 신속한 배제가 어려우므로 침투수 체류 등의 원인에 의하여 포트홀이 발생한다. 교면포장의 배수불량에 의하여 포장이 파손되는 대표적인 사례를 설명하면 다음과 같다.

교량 슬래브에서의 배수가 확실히 이루어지지 않기 때문에 방수층 상에 우수가 체류하고 포장이 수침상태가 되어 박리가 발생함으로써 손상되는 사례가 있다. 따라서, 상판에서 우수의 배수는 콘크리트상판 및 포장의 내구성 유지 측면에서 매우 중요하다.

<그림 5.13>은 배수구 상단이 바닥 슬래브 면보다 높아서 포장체로 침투한 물이 배수구로 배수되지 못하여 지속적인 슬래브의 동결융해로 인하여 포장체가 융기한 것을 보여주며, 슬래브는 <그림 5.14>와 같이 상당한 깊이까지 열화되어 있다.

따라서, 배수구 상단이 슬래브 면보다 높은 경우 슬래브가 심각하게 열화되므로, 배수구 상단은 노면과 동일하게 시공되어야 하며, 부득이하게 포장면과 동일하게 시공된 경우는 배수구 측벽에 구멍을 뚫어 배수가 유도되도록 하여야 한다.

<그림 5.13> 배수불량으로 인한 포장융기

<그림 5.14> 배수불량으로 인한 슬래브 열화

침투수의 배수를 위하여 횡단 배수시설을 설치할 필요가 있다. 횡단배수시설은 지름 10mm의 드래인 파이프로 매설하며, 방향은 레벨을 고려하여 유수방향으로 설치하고, 배수구 간격대로 설치한다.

※ 드래인 파이프의 규격

- 투수계수 : 1×10^{-2}cm/sec이상
- 지 름 : 10mm 이상
- 내압성 : 100ton/㎡이상(ASTM D 2412-96)
- 내열성 : 240℃에서 30분간 형상을 유지하여야 함.

드래인 파이프 시공방법은 중앙분리대 또는 난간부에 설치하는 종방향 드래인파이프는 아스팔트 혼합물 포설 전에 설치하면 된다. 횡방향 드래인 파이프의 경우에는 아스팔트 혼합물 포설 전에 미리 설치하면 피니셔의 하중으로 인하여 드래인 파이프가 손상될 우려가 있으니 포설 전에 드래인 파이프를 설치하는 경우에는 인력으로 드래인 파이프 주위를 아스팔트 혼합물로 마운딩을 하여야 한다.

드래인 파이프를 포설 후에 설치하는 경우에는 아스팔트포장 1층 다짐후 드래인 파이프를 설치할 위치에 폭 12mm, 깊이는 아스팔트포장 두께만큼 절삭을 실시한다. 이 때 슬래브와 교면방수는 가급적 손상되지 않도록 유의하여야 한다.

절삭부분은 프라이머를 도포 후 드래인 파이프를 매설하며 교차부분은 철제스프링의 경우 약간 잡아늘려서 끼우면 되고, 합성섬유의 경우 교차부속품을 이용한다.

드래인 파이프를 삽입 후 고무계 개질아스팔트 실런트를 이용하여 주입줄눈시공을 실시한다. 줄눈시공이 완료되면 아스팔트포장 2층 시공을 실시한다.

<그림 5.15>의 경우에서는 교량 난간쪽으로 드래인 파이프가 매설되어 있으나, 근처에서 <그림 5.16>과 같이 코아 채취후 포장체 내부에 체류하고 있던 물이 계속적으로 용출되고 있다. 이와 같이 드래인 파이프 근처의 코아 홀에서도 용출수가 나오는 것을 볼 때, 침투수가 드래인 파이프로 유도되지 않고 포

장체에 체류하고 있음을 알 수 있다.

<그림 5.15> 드래인파이프 매설

<그림 5.16> 체류수의 용출

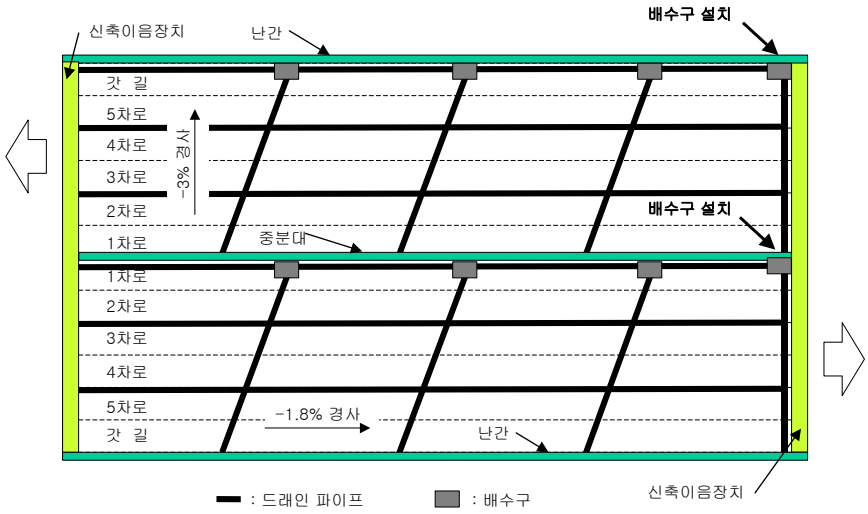
이러한 용출현상의 원인으로는 아스팔트포장의 다짐이 부족하여 공극률 과다로 투수가 되고 침투수가 포장체에 체류하는 것으로 판단된다. 이러한 현상을 방치할 경우 교통개방시 차량하중에 의한 과잉간극수압으로 포장체의 파손이 발생하게 되므로 체류수의 원활한 배수가 필요하다.

따라서, 종방향 드래인파이프만으로는 배수기능에 한계가 있으므로, 교면포장

내부로 침투한 물의 신속한 배수를 위하여 종단 및 횡단 배수시설 설치할 필요가 있다. 배수시설은 유공관 또는 철제스프링을 이용하며, 종단 및 횡단배수시설은 지름 10mm로 설치한다. 특히 다차로 구간에서는 종단 배수시설을 <표 5.2>와 같이 추가로 설치하여야 한다. 레벨이 가장 낮은 곳의 신축이음장치 부근에서는 횡단배수시설을 설치하여 외부로 배수될 수 있도록 <그림 5.17>과 같이 배수구를 설치한다.

<표 5.2> 종방향 배수시설위치

편도 차로수(갓길 포함)	종단배수시설(Ⅰ)	종단배수시설(Ⅱ)
4	2차로와 3차로 사이	-
5	2차로와 3차로 사이	4차로와 5차로 사이



<그림 5.17> 종횡방향 배수시설 설치예

5.5 교면포장의 유지보수

교면포장의 파손구간을 보수하기 위해서는 슬래브의 열화된 부분은 완전히 제거하여 슬래브를 보호한다. 침투식 방수로 시공된 경우는 침투식 방수로 재보수하는 것을 지양하고, 다짐 취약부가 발생하지 않도록 다짐관리를 철저히 준수한다.

【해 설】

교면포장 파손구간의 보수시 슬래브가 열화된 부분은 추가파손의 원인이므로 완전히 제거하며, 열화된 부분이 국부적일 경우에는 초속경 콘크리트 또는 에폭시 콘크리트를 사용하여 보수하고, 슬래브가 전면적으로 열화되었을 경우에는 콘크리트 노출바닥판, LMC, 초속경 LMC 등을 사용하여 전면보수한다. 그리고, 슬래브와 방수층이 잘 접착될 수 있도록 이물질을 확실히 제거한다.

교면방수 재시공 시 시공여건상 부득이한 경우를 제외하고 침투식 방수로 시공하는 것을 지양하여야 한다. 시트나 도막방수로 시공된 경우 방수상태가 양호하면 방수막은 보호조치하며, 교면방수 시공시 층간 접착이 잘 될 수 있도록 품질관리를 철저히 한다. 유지보수시에는 방수막의 양생속도가 빠른 복합식 방수 공법을 고려할 필요가 있다.

참여 연구진

◆ 집필진

이광호	한국도로공사 도로교통기술원 연구개발실장
이경하	한국도로공사 도로교통기술원 책임연구원
이병덕	한국도로공사 도로교통기술원 책임연구원

◆ 건설교통부

조용주(前/권진봉)	건설교통부 도로기획관
권병윤(前/유인상)	건설교통부 도로건설팀 팀장
김여해(前/손종철)	건설교통부 도로건설팀 사무관
윤경묵(前/안성수)	건설교통부 도로건설팀 주무관