

아스팔트 콘크리트 포장의 포트홀(Pothole) 유지보수 방안



조 명 환 | (주)도화엔지니어링 기술개발연구원 책임연구원
 윤 승 우 | (주)에이알앤씨 대표이사
 이 윤 한 | (주)도화엔지니어링 대표이사

1. 서론

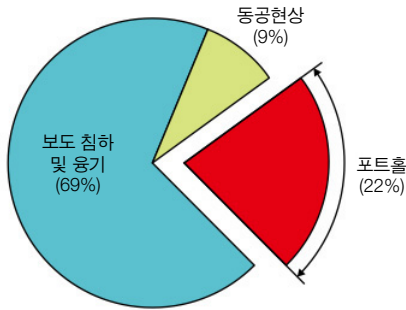
아스팔트 콘크리트 포장 파손 중 40~50cm 면적과 5~10cm 깊이를 갖는 움푹 파이는 형태의 포장 파손을 포트홀(pothole)이라고 한다. 포트홀의 발생 메커니즘은 아스팔트 혼합물에 수분이 침투하여 발생하고 아스팔트 바인더와 골재의 점착력이 침투한 수분에 의하여 약화되어 파손이 발생한다. 따라서 아스팔트 콘크리트 포장의 포트홀은 주로 장마 기간에 많이 발생한다. 그러나 최근 들어 지구 온난화의 영향으로 겨울철 강우와 강설량이 증가하고 그림 1(a)와 같이 서울특별시 동절기 보수의 22%(동절기 보수 672개소 중 150개소)를 차지할 만큼 겨울과 봄에도 많이 발생하고 있다.

이렇게 아스팔트 콘크리트 포장에 발생한 포트홀은 포장 파손에 의한 도로의 공용수명을 감소시킬 뿐만 아니라 교통사고가 발생할 수 있는 잠재적 가능성도 다른 포장 파손보다 높다. 왜냐하면 도심지의 경우 운행차량의 차간거리가 짧기 때문에 운전자

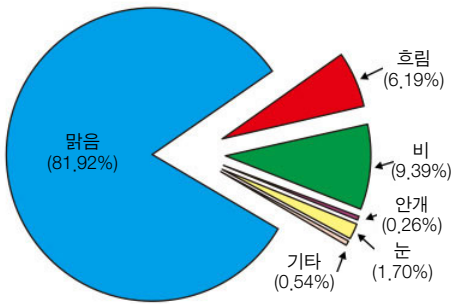
가 포트홀을 발견 또는 인지하는 속도가 늦으며, 운전자가 포트홀을 인지한 후에는 차량의 운행속도를 감속하거나 발생구간을 회피하려는 운행형태를 보이기 때문에 교통사고의 잠재적 가능성이 높다.

또한 포트홀은 강우와 함께 발생하기 때문에 그림 1(b)와 같이 비 또는 눈과 같은 안 좋은 기상조건에서의 교통사고 발생량을 증가시킬 수 있다. 따라서 아스팔트 콘크리트 포장에 발생하는 포트홀 파손을 예방하고 적절하게 보수하는 것은 매우 중요하다.

일반적으로 수분에 대한 저항성을 증가시킬 수 있는 박리방지재를 아스팔트 혼합물에 사용함으로써 사전에 포트홀 파손을 예방할 수 있지만 100% 포트홀 발생을 예방할 수 없기 때문에 아스팔트 콘크리트 포장에 발생한 포트홀은 빠른 시간 내에 보수되어야 한다. 본고에서는 파손을 예방할 수 있는 방안으로 박리방지재 첨가 외에 예방적 유지보수를 통한 접근방법과 발생한 포트홀을 보수할 수 있는 재료와 보수방법에 대하여 살펴보고자 한다.



(a) 서울특별시 2010년도 3월-4월 보수결과



(b) 기상조건에 따른 교통사고 비율

그림 1. 기상조건에 따른 교통사고 및 서울특별시 동절기 보수결과

2. 포트홀 포장 파손의 유지보수 방법과 기대수명

2.1 포트홀 보수·보강 혼합물의 구분

포트홀 보수·보강 재료는 긴급 보수재료로 이미 완제품화 되어 있는 Pre-mixed 아스팔트 혼합물을 사용한다. Pre-mixed 아스팔트 혼합물은 생산 온도와 혼합장소에 따라 다음과 같이 3종류로 구분할 수 있다.

- ① Cold pre-mixed 아스팔트 혼합물 : 플랜트 믹싱 상온 아스팔트 콘크리트 혼합물로 국내에서는 포대 아스콘으로도 불리고 있다. 공장에서 재료를 최적 배합비로 계량한 후 유화아스팔트 또는 컷백 아스팔트로 믹싱 후 생산하여 포대에 담아 시공현장에서 가열할 필요없이 사용할 수 있다.

- ② Hot pre-mixed 아스팔트 혼합물 : 플랜트 믹싱 가열 아스팔트 혼합물로 플랜트에서 생산된 가열 혼합 아스팔트 혼합물을 포대에 담아 소규모 보수공사 현장에서 가열하여 시공하는 아스팔트 혼합물을 말한다.
- ③ Hot in-place 아스팔트 혼합물 : 현장 가열 아스팔트 혼합물로 시공현장에서 재료를 배합비로 가열하여 믹싱한 후 시공하는 방법이다. 주로 교량 조인트 공사에 적용하고 있다.

세 가지 포트홀 보수용 혼합물 중에서 상온 혼합물인 Cold pre-mixed 아스팔트 혼합물은 현장에서 혼합물을 가열할 필요가 없으며, 시공이 간편하고 작업이 용이한 장점을 갖고 있어 최근 국내에서 포트홀 보수를 위해 많이 사용되고 있다. 그러나 가열 아스팔트 혼합물에 비하여 내구성이 떨어지는 단점도 동시에 존재하기 때문에 적용할 경우 품질과 시공관리에 유의할 필요가 있다.

2.2 포트홀 보수재료용 바인더의 종류

국내에 적용되고 있는 상온 보수용 포트홀 보수재료의 경우 유화 아스팔트나 컷백 아스팔트 바인더가 적용되고 있다. 그러나 해외에서는 아스팔트 콘크리트 포장의 성능을 향상시키기 위하여 고무계, 열가소성 탄성체(elastomer) 또는 열가소성 수지를 사용하여 포트홀 보수용 아스팔트 바인더 혹은 아스

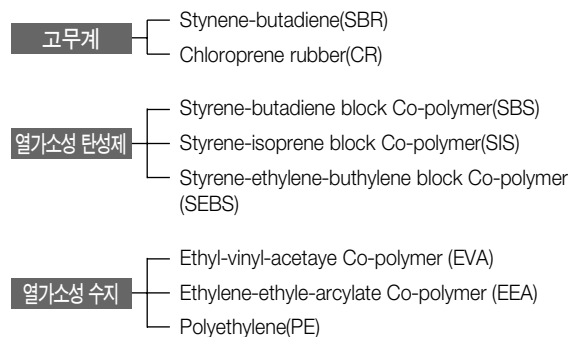


그림 2. 포트홀 보수재료용 바인더 개질재의 종류

팔트 혼합물을 생산하고 있다. 이러한 첨가 및 처리 공정을 거쳐 품질이 향상된 아스팔트 바인더를 포트홀 보수·보강용 혼합물로 적용하고 있으며, 각각의 첨가물(개질제)의 종류는 그림 2와 같다.

2.3 현장 포트홀 파손구간의 예상 수명

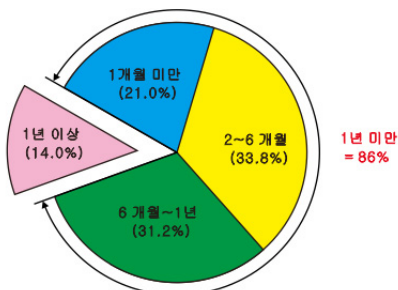
아스팔트 콘크리트 포장에 발생하는 포트홀은 그림 3(a)와 같이 30~40cm 면적과 5~10cm의 깊이로 발생하며 비연속적으로 발생한다. 이러한 포트홀



(a) 버스 정차대의 포트홀 파손



(b) 버스 정차대의 포트홀 파손보수 결과



(c) 포트홀 보수 수명 연장기간 설문 결과

그림 3. 포트홀 파손과 기대수명

은 앞에서 논의한 바와 같이 교통사고에 대한 잠재적인 위험성이 높기 때문에 최대한 신속하게 보수하고 다음 파손구간으로 이동한다. 따라서 포트홀 보수용 재료 또는 공법은 작업의 용이성이 확보되고, 유지보수 시 철저한 품질관리가 이루어져야 한다. 그러나 포장 유지보수 작업자들에게 수행한 한국도로공사의 설문조사 결과를 살펴보면 발생한 포트홀 파손 보수로 연장되는 도로의 수명은 그림 3(c)와 같이 보수구간의 약 50%가 6개월 미만으로 나타났으며, 20%는 1개월 안에 동일 위치에서 다시 포트홀 파손이 발생하는 것으로 나타났다. 따라서 포트홀 보수로 예상 수명은 1년 이상 되어야 하지만 한국도로공사 유지보수 작업자들은 현실적인 상황을 고려하여 6개월 이상 보장되어야 한다고 보고 있다.

3. 포트홀 포장 파손의 유지보수 방법

3.1 Trow-and-Roll 공법

일반적인 포트홀의 긴급 보수방법으로 포트홀 발생부위에 그림 4(a)와 같이 물이나 이탈된 골재 잔해물에 구애받지 않고, 그림 4(b)와 같이 보수재를 파손부위에 메운 후 트럭으로 다짐한 후 다음 보수 지점으로 이동한다. 여기서 주의할 점은 다짐된 부위를 봉우리 모양으로 0.3~0.9mm 정도 쌓아두어 교통이 개방되었을 때 교통하중에 의하여 추가 다짐이 이루어지도록 해야 한다.



(a) 보수 재료 투입



(b) 트럭 하중에 의한 다짐
그림 4. Trow-and-Roll 공법



(c) 휴대용 다짐장비를 이용한 다짐
그림 5. 반영구적인 보수공법

3.2 반영구적 보수공법 (Semi-permanent method)

Trow-and-Roll 공법보다 확실한 다짐에너지를 확보할 수 있지만 Trow-and-Roll 공법보다 많은 작업인원과 장비를 필요로 하므로 생산성이 낮은 단점을 갖고 있다. 반영구적 보수공법은 그림 5(a)와 같

이 보수 부위를 깨끗이 정리한 후 포장의 안정된 수직면이 나올 때까지 절단한 후 보수재를 포설하고 그림 5(c)와 같이 가급적 보수부위보다 작은 휴대용 다짐기 등으로 다짐을 하고 다음 보수지점으로 이동하면 된다.

3.3 분사-주입공법(Spray injection method)

이 공법의 특징은 보수부위를 덮은 후 다짐을 하지 않는다는 것이며, 포트홀에 수분과 잔 조각들을 공기를 불어 제거한 후 포트홀의 바닥면과 측면에 바인더를 분사해 텍코팅 한다. 아스팔트 바인더와 골재를 포트홀에 투입한 후 골재층으로 덧씌우기 면을 덮는다. 이때 보수재료는 그림 6과 같이 인력 및 자동분사차량을 이용하여 적용할 수 있으며, 보수재료 투입 후 보수 작업인원과 장비를 철수와 함께 바로 보수구간을 개방할 수 있다.



(a) 콘크리트 커터를 이용한 단부 정리



(b) 밀링 장비를 이용한 단부 정리



(a) 포트홀 보수재료 스프레이 장비



(b) 자동분사차량
그림 6. 분사 - 주입공법

3.4 Edge Seal 공법

Edge Seal 공법은 재료를 포트홀이 발생한 부분에 포설하며, 이때 수분 또는 잔골재(포장 파손에서 발생된 조각들)가 포트홀이 발생한 부분에 존재할 수 있다. 이후 트럭 타이어를 이용해 덧씌우기 면을 다지고, 다진 덧씌우기 높이가 3mm~6mm 이내인지 확인한 후 다음 포트홀 발생위치로 이동한다. Edge Seal 공법은 보수영역을 2회에 걸쳐 작업인원이 물을 제거하고 텍코팅을 적용하기 전에 수분을 건조시켜야 한다. 비록 Edge Seal 공법은 다른 공법에 비하여 생산성은 낮지만 텍코팅 재료를 적용함으로써 보수구간의 단부를 통해 수분이 유입되는 것을 방지하고 주변 포장에 고착시켜 덧씌우기에 대한 지지력을 개선시켜 준다.

4. 포트홀 파손을 위한 예방적 유지보수 공법

4.1 예방적 유지보수 개념

예방적 유지보수 또는 유지관리는 AASHTO의 정의에 의하면 “예방적 유지관리란 기존의 도로를 실

제적으로 구조적 능력을 증가시키지 않으면서 도로에서 추후 발생할 파손을 지연시키고, 도로의 기능을 유지 또는 향상시키며, 도로를 보존하는데 비용효과적 처리방법들의 준비된 전략”으로 정의하고 있다. 1991년에 건설부에서 발간한 도로포장설계시공지침에서는 “포장이 아직 파손되지는 않았으나 표면이 마모되어 우수의 침투로 균열 발생이 예상되거나 약간의 균열이 발생된 상태에서 그것이 커다란 파손으로 발전되지 않도록 시행하는 유지보수”로 정의하고 있다. 즉, 예방적 유지보수 공법은 포장의 파손을 근본적으로 수리하는 것이 아니고, 일상적으로 유지보수하는 보수개념을 갖고 있다. 그림 7은 예방적 유지관리와 일반적(또는 정통적) 유지관리의 차이점을 포장상태에 대한 유지보수 적용시기를 통해 설명해 주고 있다. 예방적 유지보수는 포장에 발생할 수 있는 여러 종류의 포장 파손이 발생 초기단계에서 유지보수를 수행하여 발생 가능성이 있는 포장 파손의 발생을 지연시키는 것을 목적으로 크게 균열처리공법과 표면처리공법으로 구분할 수 있다.

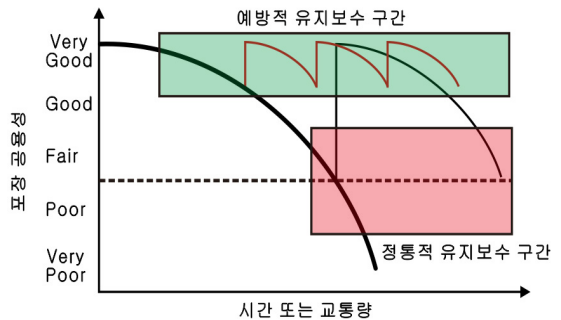


그림 7. 예방적 및 보수적 유지관리

4.2 균열처리공법

균열처리공법으로 균열실링(sealing), 균열충진(filling) 및 균열전면처리(full-depth crack repair)공법이 있다. 균열실링은 일반적으로 폭이 2cm 보다 적은 경우에 적용되며, 균열 틈으로 물이

침입하는 것을 막기 위하여 포장체 균열을 원하는 보수형태로 잘라내고 균열 틈을 깨끗이 청소한 후 특수한 재료로 채운다. Smith와 Romine은 그림 8과 같이 8종류의 균열 채움 형태에 대하여 평가를 수행하였으며, 아스팔트 콘크리트 포장에 발생한 균열에 대하여 그림 8(a)와 같이 단순균열 채움 형태

보다 그림 8(c) 또는 8(d)와 같은 채움용 홈을 갖고 있는 형태로 보수하는 것이 보수 후 공용성이 더 우수한 것으로 보고하였다. 최근 균열실링 재료는 폴리머 계열의 바인더 계열을 적용하기 위한 연구도 진행되고 있다. 또한 균열충진은 비교적 큰 선상의 균열 또는 시멘트 콘크리트 포장 위 아스팔트 층에 나타나는 반사균열 등에 아스팔트계 혼합물을 균열에 충전하여 보수하는 공법이다. 균열전면처리는 소파보수에 해당한다고 볼 수 있다.

4.3 표면처리공법

표면처리는 아스팔트 포장이 표면에 부분적인 균열, 변형(소성변형 또는 종방향 요철), 마모 및 붕괴(라벨링, 박리 및 노화)와 같은 파손이 발생하는 경우에 기존 포장에 2.5cm 이하의 얇은 층으로 실링층을 시공하는 공법을 말한다. 우기 또는 한냉기 전에 표면처리공법을 공용 중인 포장면에 적용하면 양호한 상태로 포장을 유지할 수 있으므로 예방적인 조치로서 매우 효과적이다. 기존포장에 표면처리를 실시할 경우 요철이 발생하는 것을 예방할 수 있으며, 발생한 균열 등의 보수를 통하여 일정 수준 이상의 평탄성을 확보할 수 있다. 표면처리공법에는 실코트(seal coat) 및 아머코트(armor coat), 카펫코트(carpet coat), 포그실(fog seal), 슬러리실(slurry seal), 칩실(chip seal), 스크럽실(scrub seal), 마이크로서피싱(micro-surfacing), 박층공법(thin hot-mix asphalt overlay)이 있다.

- ① 실코트 및 아머코트 : 실코트는 포장 표면에 살포한 역청재료 위에 모래와 부순돌을 살포하여 부착시키는 공법이다. 이 공법을 2회 이상 반복하여 두께를 두껍게 하는 공법을 아머코트 또는 다중역청표면처리라고 한다. 이 공법은 노면이 마모된 경우와 노면에 초기의 망상균열이 발생된 경우에 포장의 수명을 연장시키는 공법으로 유효하다.
- ② 카펫코트 : 포장의 표면에 아스팔트 혼합물을 얇

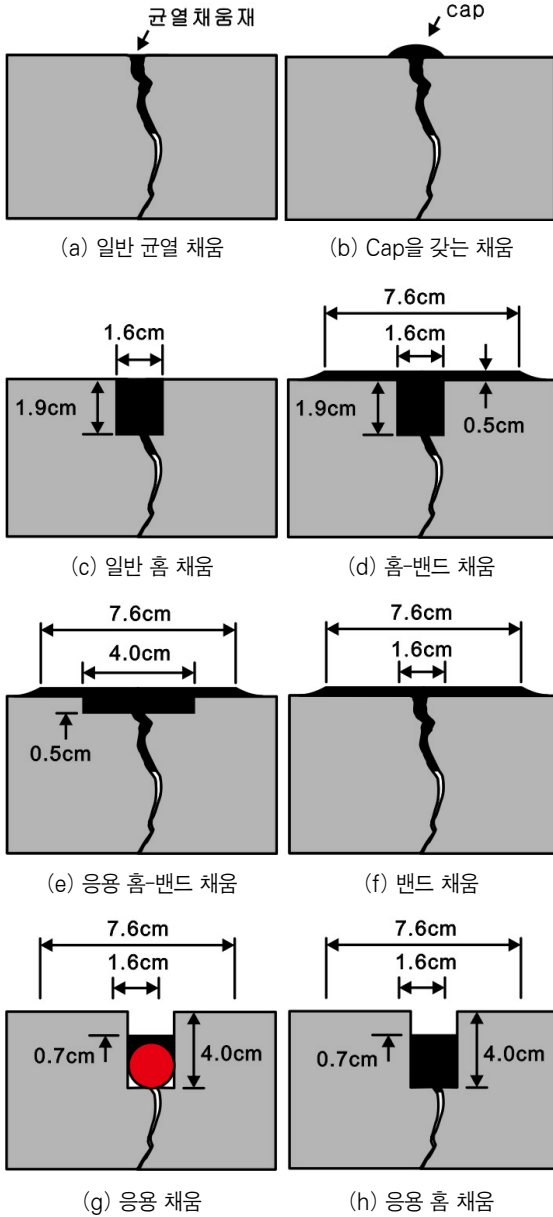


그림 8. 여러 가지 균열 채움 형태

게 포설하여 다지는 공법으로 일반적으로 쇄석, 스크리닝스, 모래, 광물성채움재(석분) 및 아스팔트를 혼합하여 두께 1.5~2.5cm로 포장한다. 표면처리로서는 효과가 크다. 카펫코트용 혼합물은 일반적인 가열혼합식공법과 꼭 같이 포장완료 후 초기에 교통을 개방할 수 있다. 특수한 용도로 미끄럼방지효과를 얻기 위한 실리카 샌드 아스팔트 혼합물과 내마모용 혼합물의 갭 아스팔트 혼합물을 사용하는 경우도 있다.

③ 포그실 : 포그실은 물로 묽게 한 유화아스팔트 MS(C)-2, MS(C)-3 또는 MS(A)-2, MS(A)-3(증발잔유물의 침입도 100 이하의 것)을 얇게 살포하여 작은 균열과 표면의 공극을 채워 노면을 소생시키는 공법이다. 특히 교통량이 적은 곳에 사용하면 효과가 있다. 유화아스팔트를 같은 양의 물로 희석하여 포장의 표면조직에 따라 0.5litter/m²~0.8litter/m²을 살포한다. 시공후 1시간~2시간이 지나면 교통개방을 할 수 있으며, 교통 개방시간을 줄일 경우 모래를 0.2m³/100m²~0.3m³/100m²을 살포하여 두면 좋다.

④ 슬러리실 : 슬러리실 공법은 상온혼합식에 의한 표면처리공법의 일종으로 미끄럼 방지 증대, 방수효과 및 기존 도로의 내구성 증대 효과를 얻을 수 있다. 슬러리실 재료는 유화 아스팔트, 골재, 물 등을 사용하여 기존 노화된 표면과 새로운 슬러리와 접착력을 강화시키며, 경우에 따라 소량의 포틀랜드 시멘트, 석화화 같은 성분을 안정 재료로서 첨가하여 사용한다.

⑤ 칩실 : 칩실공법은 아스팔트 살포, 골재살포, 다짐의 순서로 시공절차가 간단하다는 장점을 갖고 있다. 칩실용 아스팔트 바인더는 유화 아스팔트 바인더와 개질 아스팔트 바인더가 주로 사용되고 있으며, 싱글 칩실(single chip seal), 더블 칩실(double chip seal), 락인실(racked-in seal), 케이프실(cape seal)등이 있다(그림 9 참조).

⑥ 마이크로서피싱 : 포장의 예방적 보수와 일반 보

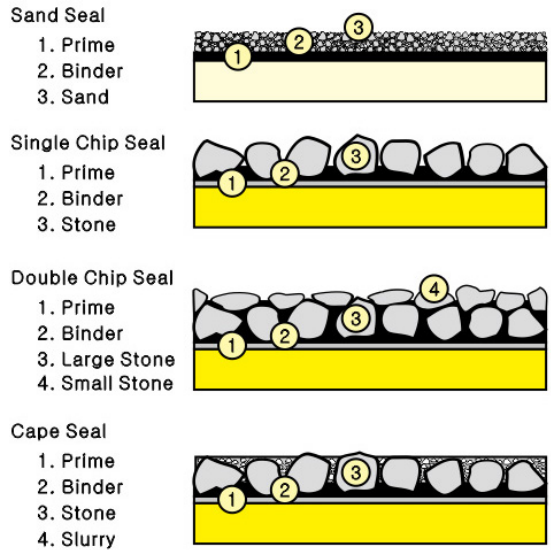
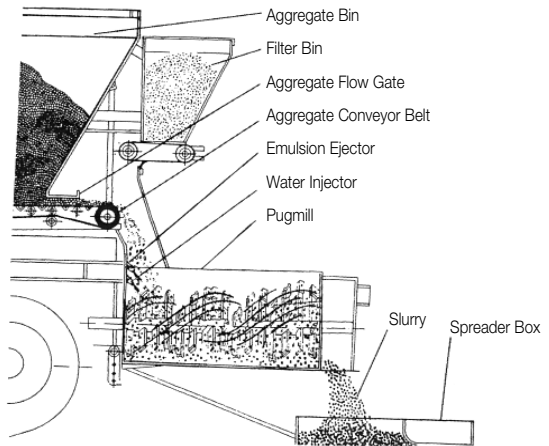


그림 9. 칩실공법의 종류



(a) 시공 차량 개념도



(b) 시공 전경

그림 10. 마이크로서피싱

수 모두에 적용가능한 포장공법이다. 마이크로서 피싱 혼합물은 폴리머 개질 유화 아스팔트 바인더와 골재, 세립분, 물과 기타 첨가제로 구성되며, 그림 10(a)와 같은 특수장비를 통해 시공된다. 시공장비의 기본 개념은 각 재료들을 뿌리는 상자(spreader box)를 통해 포장 표면에 그림 10(b)와 같이 시공된다(그림 10 참조).

4.4 기타 공법

도로 포장에 대한 예방적 유지보수공법 중 균열 및 표면처리공법 외에도 절삭, 플러쉬 대책 및 타이어 체인에 의한 마모의 보수공법을 들 수 있다. 포장면 절삭은 아스팔트 콘크리트 포장의 표면에 연속적으로 또는 단속적으로 요철이 발생하여 평탄성이 불량하게 된 경우 이 부분을 기계로 절삭하여 노면의 평탄성과 미끄럼저항성을 회복시키는 공법이다. 특히 소성변형에 대해서 효과적으로 가열식과 상온식이 있다. 플러쉬 대책은 플러쉬 현상이 발생한 도로 표면에 건조시킨 쇄석골재(입경 13mm 또는 5mm)를 살포하고 철륵 롤러로 다짐하여 노면에 압입하는 공법으로 노면의 미끄럼 저항성을 회복시킬 수 있다. 쇄석은 커트백 아스팔트 또는 유화 아스팔트로 프리 코팅한 것을 사용하면 효과적이다. 응급적인 방법으로는 왕사를 살포하여 플러쉬되어 있는 아스팔트 부분을 흡수하여 안정시키는 수도 있다. 타이어 체인에 의한 마모의 보수방법은 적설 한랭지에서의 타이어체인에 의한 마모 정도에 따라 적설기간이 끝나면 정기적으로 실시하는 공법을 말한다. 타이어 체인에 의한 표층의 마모는 전면에 걸치는 일이 적으며, 보통 차륜이 통과하는 부분만이 바퀴자국이 생기는 일이 많으며, 그 정도에는 표층의 종류, 교통량 및 하중 등에 의해서 달라진다.

4.5 예방적 유지보수공법 선정 예시

예방적 유지보수공법을 적용하기 위해서는 다음과

같은 사항이 공법 결정을 위하여 고려되어야 한다.

- ① 공법 적용의 명확한 목적 : 공법의 적용목적이 명확하여야 한다. 즉, 어느 정도 손상이 발생된 상태에서 더 이상의 손상진전을 방지하기 위함인지, 손상의 사전적 방지를 위함인지 등에 관한 판단이 이루어져야 한다.
- ② 적용성 : 적절한 공법의 선정은 현재의 포장상태와 교통조건, 환경조건 등을 종합적으로 검토하여 이루어져야 한다.
- ③ 시공성 : 각 지역별 특성 때문에 공법이나 재료를 적용하기 힘들거나, 적용하더라도 시공비가 많이 소모되는 경우 등에 대한 검토가 이루어져야 한다.
- ④ 기대수명과 비용 : 비용대비 기대수명 및 공용성이 만족할만한지에 대한 검토가 이루어져야 한다. 이는 다양한 적용 가능공법들에 대한 상대적인 비교를 통해 최적의 대안을 선정함을 의미하며, 이를 위해서는 과거의 보수실적이나 전문가의 판단 등을 토대로 공법별 기대수명 및 공용특성에 대한 자료가 축적되어야만 한다.
- ⑤ 사용자 만족 : 도로를 이용하는 사용자들의 안전

표 1. 예방적 유지보수 목적 및 공법 구분

적용 목적	적용 공법	공용성 지표
평탄성 개선	<ul style="list-style-type: none"> • 슬러리실 • 박층 표면처리 • 칩실 	<ul style="list-style-type: none"> • IRI • PrI
소음 저감	<ul style="list-style-type: none"> • 슬러리실 	<ul style="list-style-type: none"> • dB
마찰력 증진	<ul style="list-style-type: none"> • 칩실 • 슬러리실 • 박층 표면처리 	<ul style="list-style-type: none"> • Skid Number • Mean Texture Depth • IFI
포장수명 연장	<ul style="list-style-type: none"> • 균열실링 • 포그실 • 칩실 • 슬러리실 • 박층표면처리 	<ul style="list-style-type: none"> • 표면손상정도 • 소성변형량
우수침투 방지	<ul style="list-style-type: none"> • 균열실링 • 칩실 • 슬러리실 • 박층표면처리 	<ul style="list-style-type: none"> • 표면손상정도 • 소성변형량

성 및 쾌적성에 대한 요구사항으로 소음저감, 승차감 개선, 안전성 증대, 도로 보수에 따른 지정체 최소화 등을 들 수 있으며, 공법선정 시에 이러한 요소들을 감안하는 것이 필요하다.

이러한 고려사항들을 토대로 아스팔트 콘크리트 포장에 대하여 미국에서 적용하고 있는 예방적 유지보수공법의 적용목적, 방법 및 적용을 위한 공용성 지표는 표 1과 같다.

5. 결론

포트홀 파손에 대한 보수를 위해 여러 방법들이 적용되고 있으며, 대부분의 방법들이 단시간에 빠른 보수를 수행할 수 있는 것을 목표로 하고 있다. 그러나 아무리 뛰어난 보수공법을 제시한다고 하더라도 제시된 공법에 맞는 수행절차를 지키지 않는다면 완벽한 보수가 이루어 질 수 없다. 예를 들어 포트홀 보수공법 중 반영구적 보수공법과 분사주입공법의 경우 강우 시에 보수를 수행하거나 보수부위에 수분이나 골재파편과 같은 이물질이 정확히 제거하지 않고 작업을 수행할 경우 보수 시 계획한 공용수명을 기대할 수 없을 것이다. 또한 앞에서 제시된 포트홀 보수공법 및 예방적 보수공법들은 각각의 재료 및 공법 특성에 따라 장점과 단점을 갖고 있기 때문에 아스팔트 콘크리트 포장의 포트홀을 예방하기 위한 공법선정 시 경제성과 중요도 및 긴급성의 정도에 따라 적절한 보수공법을 선정하고, 선정된 보수공법에 맞는 절차를 최대한 지켜 보수를 수행해야 할 것으로 사료된다.

참고 문헌

건설부(1991), 도로포장설계시공지침.
 국토해양부(2012), 도로설계편람 -04편 도로포장.
 최준성(2006), 예방적 유지관리의 필요성 및 예방적 유

지보수공법 소개, 한국도로학회학회지, Vol. 8 No.1, 한국도로학회.

한국건설기술연구원(2003), 도로포장 장수명화를 위한 설계시공 기술 고도화: 아스팔트 포장의 포트홀 방지를 위한 재료 및 시공 기술 개발, 건설교통부 한국건설교통기술평가원.

홍기윤, 김태우, 이현중, 박희문, 함상민(2013), 유화아스팔트바인더와 골재 특성이 칩셀 포장의 공용성에 미치는 영향 연구, 한국도로학회논문집, Vol. 15 No.2, 한국도로학회.

김준범(2006), PMS를 활용한 예방적 유지관리의 적용 방안, 한국도로학회학회지, Vol. 8 No.1, 한국도로학회.

Asphalt Institute(2009), Asphalt in Pavement Preservation and Maintenance 4th Edition.

Overby, C. and Pinard M.I.(2013), A Practical and Economic Alternative to Traditional Bituminous Surface Treatments, Transportation Research Board 2013 Annual Meeting.

Smith, K.L. and Romine, A.R.(1993), Innovative Materials Development and Testing: Volume 3-Treatment of Cracks in Asphalt Concrete Surface Pavements, Report No. SHRP-H-354, Strategic Highway Research Program.

Wilson, T.P. and Romine, A.R.(1999), Materials and Procedures for Repair of Potholes in Asphalt Surface Pavements: Manual of Practice, Report No. FHWA-RD-99-168, Federal Highway Administration.

Hossain, M., Rahman, S., Manepalli, V.S., Musty, H.Y.(2010), Extending Pavement Life Using Thin Surfacing To Counter the Effect of Increased Truck Traffic Due to Freight Movements on Highway, Mod-America Transportation Center.