

# PBSC 아스팔트 혼합물의 현장 적용 연구

## A Study on Application of PBSC Asphalt Mixture in Overlay Pavement

조신행\* · 박영열\*\* · 이석홍\*\*\* · 김완상\*\*\*\*

Jo, Shin Haeng · Park, Young Yeol · Lee, Suck Hong · Kim, Wan Sang

### 1. 서론

아스팔트 포장의 품질을 결정하는 요인 중 재료, 생산 및 시공의 품질관리는 포장의 공용성에 직접적인 영향을 줄 뿐만 아니라 충분한 관심과 주의로 전체적인 품질을 개선시킬 수 있기 때문에 체계적인 품질관리는 재료의 선정만큼이나 중요한 요소라고 할 수 있다.

대부분의 개질 아스팔트의 생산, 판매 업체는 제품의 성능을 극대화하기 위해 자체적인 품질관리와 기술 지원을 수행하고 있는데 PBSC 역시 생산 전, 중, 후에 따른 품질관리를 실시하고 있다. 이러한 품질관리 과정에서 보고 느낀 점을 토대로 품질 개선에 도움이 될 만한 사항들을 정리하였다. PBSC의 경우 퍼그밀(Pug mill)에서 골재를 건비법(Dry Mix)하는 과정에 폴리백으로 포장된 PBSC를 투입하는 Plant Mix Type으로 생산과 시공에 있어서 일반 아스팔트와 큰 차이가 없기 때문에 PBSC의 품질 관리 과정 중 나타난 품질 개선 방안은 일반 아스팔트 및 타개질 아스팔트의 품질개선에도 도움을 줄 것으로 보인다.

아스팔트 포장의 품질관리에 있어 개선시킬 사항은 많이 있겠지만 본 논문에서는 현실적으로 실현 가능한 방안과 일반 아스팔트에도 적용 가능한 방안을 중심으로 현장에서 느낀 점에 대해 논의해 보고자 한다.

### 2. 아스팔트 혼합물 생산 - 아스팔트 플랜트 및 Hot Bin 관리

생산과정에서의 품질관리는 주어진 여건에서 최선의 방법을 찾는 데 있다. 국내 아스팔트 플랜트와 석산의 현실을 감안할 때 아스팔트 혼합물의 생산은 공장에서 기계가 물건을 찍어내듯이 될 수 없다. 수많은 변수가 존재하며 그러한 변수들은 불과 몇 시간 만에 전혀 다른 상황을 만들 수도 있기 때문이다. 현재 국내의 골재 수급 상황은 그리 좋지 않은 상황이어서 양질의 골재를 확보하는데 어려움이 많으며 심지어 여러 곳의 석산과 골재 채취장에서 골재를 수급 받고 있는 곳도 있는 실정이다.

아스팔트 혼합물에서 골재의 입도는 공용성능에 커다란 영향을 미치기 때문에 아스팔트 플랜트에서 골재 입도 관리의 중요성을 누구나 인식하고 있다. 그러나 아스팔트 플랜트에서 골재 입도를 일정하게 유지하기는 어려운 현실이다. Cold Bin은 보통 4~5개 정도이며 이곳에 저장되어 있는 골재는 연속입도를 가지고 있다. 연속입도를 가진 골재를 일정한 합성입도를 가지도록 Cold Bin의 유출량을 조절하기 위해서 골재 파쇄, 분류, 저장 및 운반에 철저한 관리가 선행 되어야 한다. 하지만 앞서 설명한 바와 같이 골재의 품질을 일정하게 유지하기는 어렵다. 이러한 현실을 감안할 때 골재 품질관리를 위한 최적의 방안은 Cold Bin의 입도를 단 입도로 변경하는 방안으로 보인다. 하지만 이러한 방안은 추가적인 비용이 들기 때문에 혼합물의 가격이 상승 하겠지만 궁극적으로 안정된 품질을 확보하기 위해서는 앞으로 개선되어야 할 사항으로 생각된다.

\* 정회원 · 삼덕특수아스콘(주) 대리 · 공학석사 · 02-573-8036 (E-mail: asphalt@samduksac.com)

\*\* 정회원 · 삼덕특수아스콘(주) 부사장 · 02-573-8036 (E-mail: yypark@samduksac.com)

\*\*\* 정회원 · 현대건설기술연구소 팀장/책임연구원 · 공학박사 · 031-280-7451 (E-mail: 2000hynudai@hanmail.net)

\*\*\*\* 정회원 · 현대건설기술연구소 주임연구원 · 031-280-7085 (E-mail: kimws@hdec.co.kr)

Hot Bin에 설치된 스크린의 현재 KS 규격은 수평과 경사 스크린을 모두 사용할 수 있도록 되어 있으나 수평 스크린의 경우 골재에 의해 체구멍이 막힐 확률이 높아지게 된다. 따라서 앞으로 새로 만들어지는 아스팔트 플랜트는 경사 스크린만을 사용하도록 할 필요가 있다.

Hot Bin에 사용되는 스크린의 크기와 규격에 대한 세부 지침이 없는 상태에서 아스팔트 플랜트마다 다른 크기와 규격의 스크린을 사용하고 있다. 골재 채취장에서 사용되는 스크린은 크기가 Hot Bin에 사용되는 스크린 보다 크다. 따라서 골재의 충분한 통과를 위해서 Hot Bin내의 스크린은 골재 채취장에서 쓰이는 스크린 크기보다 한 치수 큰 것을 사용하는 것이 바람직하다. 예를 들면 19mm 스크린으로 석산에서 분류를 했다면 Hot Bin의 스크린을 1~2mm 큰 20~21mm의 스크린을 사용하여야 한다.

가능하다면 석산에서 사용하는 스크린의 치수를 규격화 하고 아스팔트 플랜트 Hot Bin의 체구격을 규정함으로써 가능한 균일한 골재 입도를 유지 할 수 있을 것으로 보인다.

스크린은 가느다란 철사로 이루어져 있다. 골재를 분류하다 보면 마모와 충격에 의해 파손이 발생하게 되고 파손 된 스크린을 교체 하는 데에는 비용과 시간이 소요된다. 따라서 스크린에 사용되는 철사를 좀 더 굵은 것을 쓰게 되면 더 오랜 시간 스크린을 사용할 수 있기 때문에 아스팔트 플랜트 입장에선 가능한 굵은 철사로 된 스크린을 사용하려 할 것이다. 그림 1과 같이 동일한 치수의 체를 서로 다른 굵기의 철사를 사용하여 제작 하였을 경우 총 구멍의 수에서 차이가 발생 할 것이다. 가느다란 체의 경우에는 그 차이가 더 심하게 발생할 것이다. 체의 치수에 따라 사용되는 철사의 굵기를 정해 놓는 것이 아스팔트 플랜트에 따른 Hot Bin 입도의 차이를 줄이고 요구되는 함성입도를 얻는데 도움이 될 것이다. 예를 들어 13mm~15mm 스크린의 경우 사용되는 철사의  $\phi$ 를 3mm로 정한다면 아스팔트 플랜트마다 같은 종류의 체를 사용 하게 되어 Hot Bin배합설계 시에 좀 더 용이할 것이다.

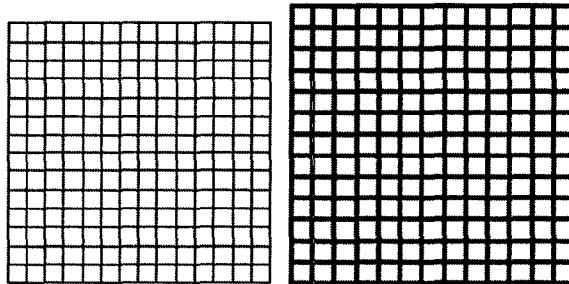


그림 1. 굵기가 다른 철사를 사용한 동일 규격의 체

### 3. 시공 - 평삭작업과 포설/다짐관리

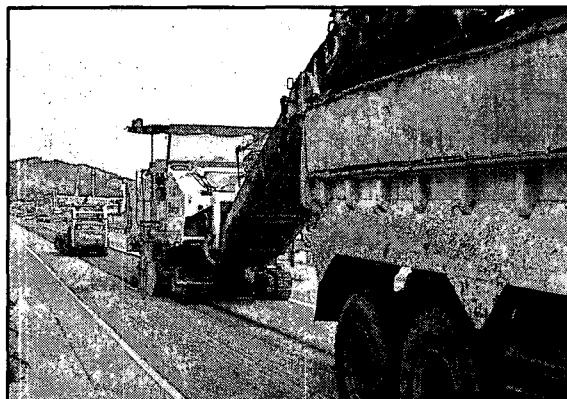


그림 2. 노면파쇄기를 사용한 평삭작업



아스팔트 포장의 유지보수에서 가장 많이 사용되는 방법은 노면 평삭 후 덧씌우기 공법이다. 이를 위해 사용되는 노면파쇄기는 단단한 다이아몬드 팁(날)을 이용해 평삭을 하게 된다. 일반적으로 그림 2와 같은 방식으로 기존 포장을 5cm깊이로 평삭하고 그 위에 아스팔트 포장을 덧씌우기 하게 된다. 이 때 다이아몬드 팁의 불규칙한 마모, 노면파쇄기의 구조적 문제 및 운전방법 등으로 인해서 평삭면이 매끄럽지 못하고 요철이 발생하게 되면 포장 품질에 영향을 미치게 된다.

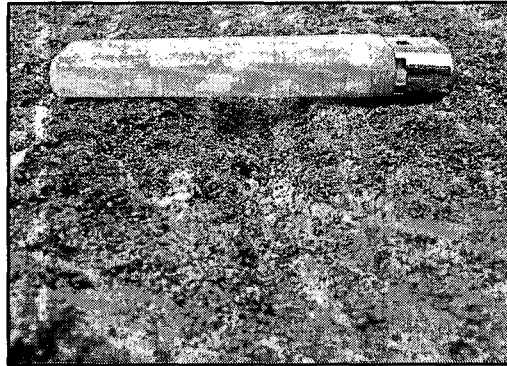


그림 3. 평삭 후 기존 포장면

그림 4와 같이 요철이 심할 경우 혼합물의 굵은 골재가 요철의 산과 산 사이에 걸치게 되고 기존 포장면과 공간을 만들게 된다. 기존 포장면과 신규 포장의 접촉 불량과 골 사이에 수분의 침투가 용이하게 되어 이후 포장 파손의 원인이 될 수 있으며 시공사 입장에서는 정확한 물량을 예측할 수 없게 된다.

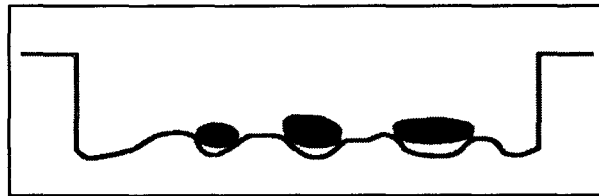


그림 4. 불규칙한 요철이 발생한 평삭면

현장에서 평삭된 노면의 평탄성을 확보하기 위해서는 주기적으로 다이아몬드 팁을 교체해 주어야 하는데 다이아몬드 팁을 자주 교체하게 되면 팁 교체 비용과 교체에 필요한 시간으로 인해 경제성이 떨어지게 된다. 따라서 평삭시 요철의 깊이를 규정하여 그 이상이 되지 않게 평삭면을 관리할 수 있도록 제도를 정비하여야 할 필요가 있다.

아스팔트 혼합물을 포설할 때 사용되는 아스팔트 피니셔의 경우 현재 사용되는 장비는 대부분 진동을 줄 수 있도록 되어 있다. 아스팔트 피니셔의 진동은 굵은 골재를 아래쪽으로 잔골재를 위쪽으로 떠오르게 하여 표면의 편탄성을 높이게 되고 진동에 의해 혼합물이 안정적인 구조를 이루게 되어 1차 전압 시 롤러 자국이 심하게 생기는 것을 방지 할 수 있다. 즉, 초기전압의 효과가 있다. 이러한 효과를 위해 아스팔트 피니셔의 진동을 충분히 주는 것이 좋지만 대부분의 피니셔 기사들은 진동이 장비의 내구성을 손상시킬 것을 우려하여 진동을 거의 주지 않거나 약하게 주려고 한다. 따라서 혼합물의 포설 상태를 관찰하여 적절한 진동을 줄 수 있도록 관리 하여야 한다. 하지만 피니셔 장비의 진동 또는 진동 롤러를 사용한 1차 전압은 아스팔트 혼합물의 종류에 따라 그 영향이 달라질 수 있어 신중히 결정해야 할 사항이다.



아스팔트 포장의 중요한 장점 중 하나는 교통개방 시간이 짧다는 것이다. 하지만 도심지에서의 포장공사나 왕복 2차로의 국도 포장에서는 일반적인 아스팔트의 양생시간 조차도 긴 시간이다. 통행량이 많은 도심지에서나 교차로의 경우 포장과 거의 동시에 교통 개방을 하게 되는 경우도 빈번히 발생하게 된다. 이때 포장의 온도를 낮추기 위해서 살수를 하게 되는데 아스팔트 포장에 물을 뿌리는 것이 포장에 어떠한 영향을 미치게 될 지 알아보려고 간단한 실험을 수행하였다.

일반적으로 살수는 타이어 롤러에 부착된 살수기를 통해 실시되며, 도심지에서의 소규모 포장의 경우는 물통으로 물을 뿌리기도 한다. 살수를 통한 포장의 냉각은 현장 상황에 따라 다르게 진행 된다. 탠덤 롤러를 사용한 마무리 전압까지 완료된 후 하기도 하고, 2차 타이어 롤러의 전압이 끝난 뒤 실시하기도 한다. 특히, 2차 전압 후 살수를 하는 경우는 다짐이 완료되지 않은 상태이기 때문에 더 큰 문제가 있을 것으로 예상되며, 이러한 경우 대부분 교통개방이 매우 시급한 경우로 1차 및 2차 전압이 서둘러 진행되며 살수 후 곧장 교통이 개방되는 경우가 많다.

PBSC의 경우 교통개방 온도를 아스팔트 온도가 60℃ 이하가 되었을 때로 지방에서 규정하고 있는데 이는 아스팔트 혼합물 실험에서 여름철 최고 온도로 가정되는 것과 같은 온도이다. 하지만 PBSC는 60℃에서 소성 변형 저항성이 우수하기 때문에 빠른 교통 개방을 위해 60℃이하만 되면 초기변형의 발생이 거의 없기 때문이다.

아스팔트 혼합물이 포설되는 온도는 약 140℃ 이며 살수를 할 정도로 긴급히 교통을 개방해야 하는 경우 다짐 역시 신속히 이루어지기 때문에 온도가 그리 많이 식지는 않는다. 이럴 경우 살수를 한 후의 포장 표면 온도는 약 80℃정도가 된다. 따라서 실험은 4가지 경우를 가정하였다.

1. N : 아스팔트 혼합물을 제작한 후 상온에서 충분히 양생 후 간접인장강도 실험을 위해 온도챔버에 넣어 40℃에서 아스팔트 혼합물 전체가 균일한 온도가 되도록 한 뒤 간접인장강도 실험을 수행
2. NC : 혼합물 제작 후 상온에서 식혀 표면온도가 40℃가 될 때까지 기다린 후 간접인장강도 측정
3. MC : 탠덤 롤러의 마무리 전압 전에 또는 충분히 다짐이 되지 않은 상태에서 살수한 경우를 모사하기 위해 50회 다짐 후 물을 뿌려 표면 온도를 80℃로 낮추고 나머지 다짐을 하고 상온에서 양생하여 표면온도 40℃에서 측정
4. RC : 다짐이 완료된 후 살수를 하여 냉각시키는 것을 모사하기 위하여 양면 75회 다짐이 완료된 후 물에 넣어 급속히 냉각 시킨 다음 측정

실험결과는 다음 표 1과 같다.

표 1. 양생방법에 따른 간접인장강도 실험결과

	ITS(N/mm <sup>2</sup> )	Displace(mm)	Toughness(N-mm)
N	0.337	1.04	5891
NC	0.337	1.47	5347
MC	0.297	1.17	4904
RC	0.303	1.26	5078

그림 5와 같이 간접인장 강도의 경우 상온에서 충분히 양생한 시료인 N-혼합물과 상온에서 양생시켜 표면온도 40℃에서 측정한 NC-혼합물이 큰 차이가 없으나 파괴시 변형은 NC-혼합물이 N-혼합물에 비해 141%로 크게 나타났다. 하지만 터프니스는 도리어 N-혼합물이 크다. 이는 상온에서 냉각시킨 NC-혼합물의 경우 내부 온도가 표면 온도보다 높아 유동성이 커서 파괴시 변형량이 크게 나온 것으로 판단된다. 터프니스의 경우 파괴시 변형량과는 다른 결과가 나왔는데 이는 하중-변위 곡선을 보면 그 이유를 알 수 있다. N-혼합물의 경우 그래프가 상승할 때 위로 볼록한 모습으로 증가하다 정점에 이른 후 다시 완만히 하중이 줄어들지만 NC-혼합물의 경우 아래로 볼록한 모습으로 상승하여 급격히 떨어짐을 알 수 있다. 터프니스가 더 작



은 NC의 경우 균열저항성도 충분히 양생한 상태 보다 떨어지며 파괴시 변형량이 큰 만큼 초기 변형의 발생도 클 것으로 보인다.

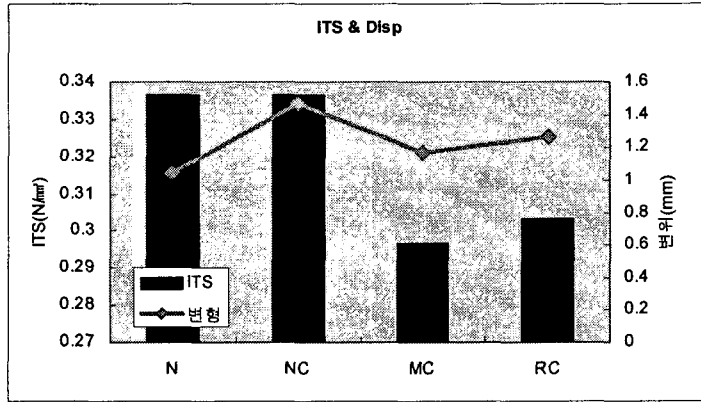


그림 5. 간접인장강도와 파괴시 변형량

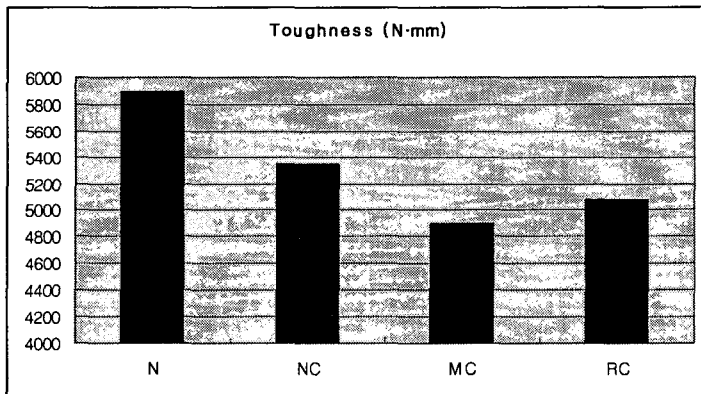


그림 6. 양생방법에 따른 Toughness

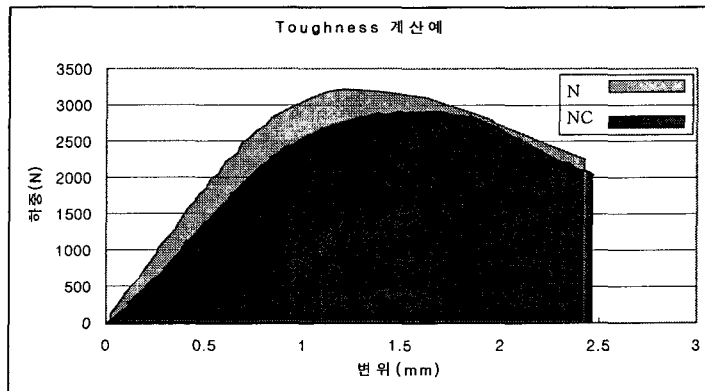


그림 7. Toughness 계산예 (N,NC-혼합물)

MC와 RC-혼합물의 경우 상온에서 천천히 냉각시킨 경우에 비해 더 작은 간접인장강도를 보이며 터프니



스 또한 작다. 균열 저항성이 떨어짐을 알 수 있었다. MC-혼합물의 경우 다짐 중간에 물을 뿌려 80℃로 냉각시킨 후 마저 다짐을 수행하였기 때문에 다짐밀도가 충분히 나오지 않아서 이와 같은 결과가 나타날 것으로 예측 하였으나 RC 혼합물의 경우 일반적으로 완전히 다진 상태에서는 물을 뿌려도 영향이 그리 크지 않을 것으로 예상하였으나 의외의 결과를 보였다.

본 실험은 실험여건상 충분히 현장을 모사하는데 한계가 있으며 실험온도, 실험 방법 등이 단순하여 실험의 신뢰도 역시 그리 높다고 할 수 없다. 하지만 분명한 사실은 다짐작업이 완전히 완료되지 않은 상태에서 살수를 통한 포장의 냉각은 공용성능에 나쁜 영향을 미친다는 것이며 또한, 마무리 전압이 끝난 상태에서의 살수 역시 포장의 성능에 영향을 줄 수 있다는 사실이다. 현장여건상 조기 교통 개방을 위해 물을 뿌리는 것은 어쩔 수 없는 선택이다. 하지만 그러한 행위가 포장의 공용성에 어떠한 영향을 미치게 되는가는 충분히 연구되어야 할 것이다. 특히, 부득이하게 포장을 살수를 통해 냉각시키고자 할 때에는 마무리 전압까지 완전히 끝난 후에 수행하는 것이 그나마 살수에 의한 급격한 냉각으로 인한 포장 공용성능의 저하를 막는 방법으로 판단된다.

#### 4. 결론

1. 아스팔트 플랜트 간에 그리고 Hot Bin에서 좀 더 균일한 입도를 얻고 Over Flow되는 양을 줄이기 위해서는 Cold Bin 입도의 단입도화와 Hot Bin에 설치된 스크린의 규격을 규정하는 것이 필요할 것으로 판단된다.
2. 노면과쇄기를 써서 기존 포장면을 평삭할 때 발생하는 요철은 기존포장과 덧씌우기 포장간의 부착력을 감소시키고 수분의 통로를 제공하게 된다. 따라서 평삭면에 발생한 요철의 크기를 규정함으로써 주기적으로 다리아몬드 탑을 교환하고 평삭면에 대한 품질관리를 수행 하도록 하여야 한다.
3. PBSC 아스팔트와 일반 아스팔트의 경우 포설시 아스팔트 피니셔의 진동을 주게 되면 평탄성이 향상되고 초기 전압의 효과를 얻을 수 있다.
4. 조기교통개방을 위한 살수는 다짐작업 중간(타이어 롤러 다짐 후)에 하면 다짐효율이 떨어지게 된다. 간단한 실험결과 다짐이 완료된 상태에서 살수를 통한 급격한 냉각은 아스팔트 혼합물에 영향을 미치는 것으로 보였다. 현실적으로 교통소통을 위한 살수는 어쩔 수 없는 부분이기 때문에 추가적인 연구를 통해 살수가 포장에 미치는 영향을 살펴볼 필요가 있다.

위에 언급한 내용들은 현장에서 느낀 점을 간단히 서술한 것으로 앞으로 충분한 검토와 논의가 필요하며 추가적인 연구가 진행되어야 할 것이다. 아스팔트 혼합물의 품질관리가 단순히 온도를 측정하고 포장두께를 검측하는 데 그치는 것이 아니라 전체적인 도로포장의 공용성능 개선으로 이어질 수 있도록 끊임없는 관심과 노력이 필요할 것이다.

#### 참고문헌

1. 건설교통부, 한국건설기술연구원, 아스팔트 플랜트의 품질관리 요령(안), 2003.06