환경친화를 고려한 폐아스팔트 재활용공법 연구

박 태 순
서울산업대학교 토목공학과

1. 서 론

1995년 현재 국내 폐아스팔트의 발생량은 237,000톤으로 이미 국내에서는 1990년 초반부터 폐아스팔트 재활용에 대한 고민이 시작되었다. 재활용의 차원에서 아스팔트 재활용은 귀중한 자원의 보호는 물론 수입에 의존하고 있는 값비싼 건설자재이기 때문에 재활용에 대한 압박은 타 분야에 비하여 심화되고 있는 실정이다.

현재 국내에서는 현장 재생공법, 플랜트 재생공법, 현장 연속식 재생공법 등 여러 가지 방법이 소개되었고, 일부 공법은 실용화되어 있기는 하지만 이들 공법은 모두 폐아스팔트를 가열하여 재생하는 공법을 사용하고 있다. 그러나, 가열 재생공법은 가열 중에 발생하는 연기와 가열에 필요한 에너지의 소모가 커서 환경적으로는 수정이 필요한 공법으로 평가되고 있다.

이러한 점을 감안하여 본 연구에서는 폐아스팔트를 사용하여 현장에서 즉시 혼합물 제조가 가능하고, 제조한 혼합물을 수일에서 수 주일까지 노상에서 저장이 가능한 환경친화적이며 매우 경제적인 폼드아스팔트 공법을 국내에 적용하기 위해 아스팔트의 거품특성을 이용한 혼합물을 제작하여 간접인장강도(indirect tensile test), 회복탄성계수(resilient modulus test), 크리프 시험(creep test), 휠 트래킹 시험(wheel tracking test) 및 마샬 안정도시험(marshall stability test) 등과 같은 역학적시험(mechanical test)을 일반 및 보강혼합물에 대하여 실시하고 시험결과를 비교·분석하였다.

2. 환경친화형 폐아스팔트 재생공법(폼드 아스팔트)이란?

<그림 1> 폼드 아스팔트 생산장치

폼드아스팔트(foamed asphalt) 공법은 1950년대 중반 Iowa State University의 L. H. Csanyi 교수에 의해 최초로 개발된 공법으로 아스팔트를 고온(160~180℃)으로 가열하여 팽

창실(expansion chamber)내부에서 6~8bar의 일정한 압력으로 노즐로 분사하고 동시에 상온의 물과 결합하여 발생하는 거품의 비표면적을 이용하여 젖은 골재와 혼합하는 방법이다. [그림 1]은 폼드아스팔트 생산장치를 보인 것이다.

3. 폐아스팔트 혼합물 시험

재생 폼드아스팔트 혼합물은 국내 교통량 분류기준인 C, D교통량의 안정처리 기층에 적용을 목표로 정하고 3종류의 시료를 제작하여 시험을 실시하였다. 시험된 3종류의 시료는 다음과 같다.

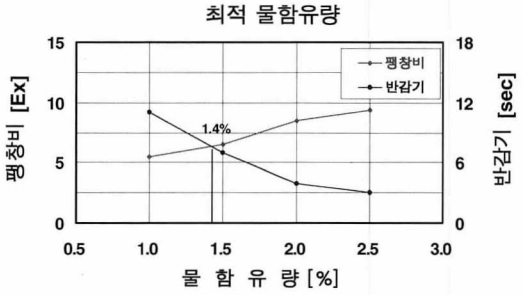
① 보강재가 첨가되지 않은 일반 폼드재생아스팔트

② 첨가제를 전체 혼합물에 2%를 첨가한 시멘트 폼드재생아스팔트

③ ②혼합물에 폴리프로필렌(화이버) 보강재를 첨가한 폼드재생아스팔트

시험에 사용된 재료는 서울 시내 아스팔트 보수공사에서 채취한 폐아스팔트를 사용하여 KS의 관련 규격에 따라 점도, 침입도, 아스팔트비 및 입도시험을 실시하였다. 회수아스팔트 혼합물의 물리적특성은 <표 1>과 같다.

먼저, 아스팔트 바인더의 거품제조에 필요한 팽창비와 반감기를 결정하여 최적 함수비를 결정했다. 본 연구에서는 온도 180℃ 및 압력을 6~8bar로 하여 최적함수비를 1.4%로 결정하였다. [그림 2]는 온도가 180℃에서 아스팔트의 최적함수비 관계를 나타낸 시험결과이다



<그림 2> 아스팔트의 최적함수비

폼드아스팔트공법에서는 폼드아스팔트 바인더와 골재간의 최적 결합은 골재 내에 적절한 수분이 포함되어 있을 때 얻어지기 때문에 배합시험 전에 골재의 다짐시험을 실시하였다. 다짐시험 결과 최적함수비는 6.9%와 5.9%로 나타났다.

<표 1> 회수아스팔트의 물리적특성

채취 장소	년령	점도(poise)	침입도(1/10mm)	회수아스팔트 비(%)
신내동	4년	5372	39	4.2
압구정동	미상	2211	57	7.1
삼호APT	미상	4124	40	5.1
삼풍APT	10년	6860	27	5.3
세종로	미상	147	시험 불가[1)]	6.5

주) 1) 회수당시 장비의 오일등의 혼입으로 측정되는 물질이 아스팔트와 혼합되어 침입도를 측정하기 곤란하였음.

4. 역학시험

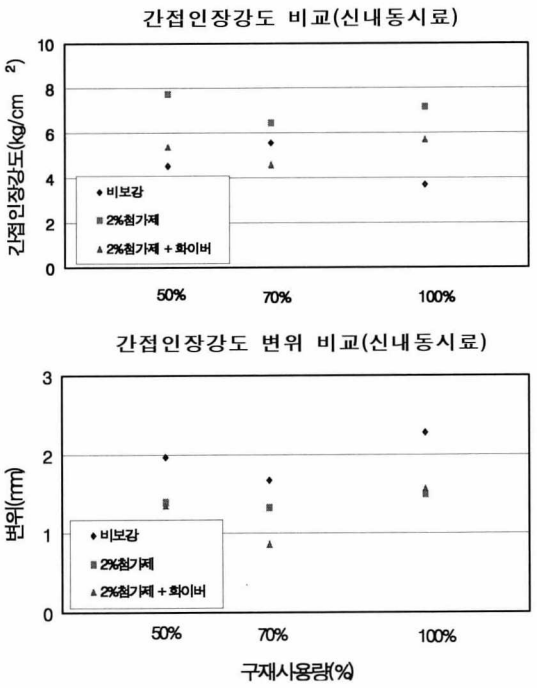
재생 폼드아스팔트 혼합물은 국내에서 처음 실시되는 새로운 혼합물 제작 방법이다. 따라서, 재생 폼드아스팔트 혼합물의 성능을 평가하기 위해서 마샬안정도시험 이외에 국내에서 시험이 가능한 간접인장강도시험, 회복탄성계수시험, 크리프시험 및 휠트래킹시험을 실시하였다.

이러한 역학시험은 혼합물의 소성변형, 교통하중 재하시의 탄성 복원력 및 균열특성과 같은 역학적 특성을 분석하기 위하여 영국 노팅햄 대학의 S. F. Brown 교수가 개발한 Nottingham Asphalt Tester를 사용하여 크리프 시험, 회복탄성계수 및 간접인장강도 시험을 실시하였다.

5. 시험결과 및 분석

두 가지 시료에 대한 마샬안정도는 모두 국내 시방기준을 만족하고 있으며 습윤상태에서 측정된 마샬안정도는 모든 시료에서 최소 250kg 최대 450kg이 감소하는 것으로 나타나 일반 가열 아스팔트 혼합물과 유사한 수준을 보여서 마샬안정도는 매우 만족할 만한 시험결과를 나타냈다.

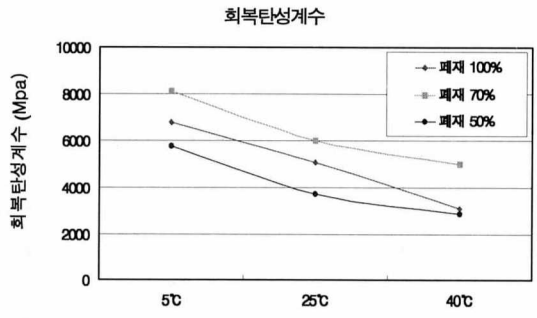
간접인장강도 역시 모두 시방기준을 만족하고 있다. [그림 3]는 신내동시료에 대한 간접인장강도 시험결과를 보인 것이다. 첨가제 C를 2% 혼합함으로써 비보강혼합물에 비하여 약 2배 정도의 간접인장강도가 향상되었으며(구재 50% 혼합물 및 100% 혼합물) 구재를 70% 혼합한 혼합물은 소폭 향상되었다.



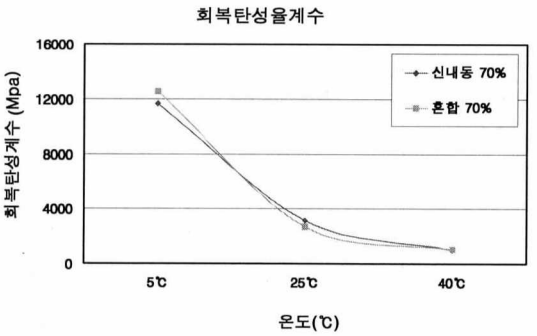
<그림 3> 폐재 사용량에 따른 간접인장강도 비교(신내동)

회복탄성계수 시험으로부터 나타난 분석결과는 재생 가열아스팔트 혼합물에 비하여 감온성이 적은 것으로 나타나서 온도변화에 의한 회복탄성계수의 변화율이 크지 않기 때문에 안정된 혼합물로 평가된다. [그림 4]는 신내동시료의 회복탄성계수 시험결과를 비교 도시한 것이다.

소성변형 특성을 분석하기 위해서 실시된 크리프시험에서는 구재를 70% 사용한 혼합물이 소성변형에 가장 높은 저항성을 갖는 것으로 나타났으며, 첨가제를 2% 혼합함으로서 영구변형률은 첨가제를 투입하기 전에 비하여 약 2배 정도 감소하는 효과를 보임으로서 동일한 조건으로 제작한 가열재생 아스팔트 혼합물은



일반+첨가제 2%



재생가열

<그림 4> 회복탄성계수 시험결과(신내동)

영구변형량에 비하여 작게 나타났다. 보강하지 않은 재생폼드아스팔트 혼합물은 0.05%, 첨가제 2%가 혼입된 혼합물은 0.02%와 0.01%로 나타나서 재생 폼드아스팔트 혼합물의 소성변형저항성은 매우 클 것으로 기대된다. 이러한 크리프 시험결과는 휠 트래킹 시험결과와도 일치하고 있는데 동적안정도는 8,418회/mm로 나타났다.

6. 결 론

이상의 실내 시험결과에서 나타난 결과를 종합하여 볼 때 구재 70% 혼합물이 간접인장강도를 제외하고는 구재 50% 혼합물에 비하여 우수한 결과를 나타내고 있으며 첨가제 2%를 혼합함으로써 각종 역학적 성능을 크게 향상시킬 수 있는 것으로 나타났다. 따라서, 폼드아스팔트 공법은 가열 재생공법에 비하여 폐아스팔트의 재활용율을 크게 증가시키는 것은 물론 환경친화적으로도 안정한 재활용공법으로 기대된다. 특히, 첨가제 C를 혼합함으로써 각종 역학적인 성능의 향상이 뚜렷하기 때문에 C 및 D 교통량의 안정기층으로 충분히 사용할 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

1. K. M. Muthen "Foamed Asphalt Mixes Mix Design procedure" CR-98/Draft 1998. 2
2. Luis Humberto Castedo-Franco and Leonard E. Wood "Laboratory Properties And Mix Design Procedures for Foamed Asphalt Mixtures" 1985. 12
3. M. Brennen, M. Tie, A. Altschaeffl, and L. E. Wood(1983) "Laboratory Investigation of the use of Foamed Asphalt for Recycled Bituminous Pavements" TRB No. 911, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D. C, pp.80~103
4. British Standards Method for "Determination of the indirect tensile stiffness modulus of bituminous mixtures" Draft for development DD 213
5. Tony Lewis, 1997 "Foamed Bitumen : Expanding Use Worldwide" 1997