

새로운 아스팔트 포장의 시험법 및 분석체계 - SUPERPAVE

이 현 중*

1. 머리말

현행 아스팔트 포장의 품질관리와 관련된 제반 규격들은 거의 50년 전에 개발된 시험법들에 의존하고 있으며, 대부분 아스팔트의 취급이나 포장의 시공성에 초점을 맞춘 시험법들로서 포장의 공용성과는 거리가 있는 시험법들이다. 이러한 시험법들이 개발될 당시에는 교통량이 많지 않고 타이어 접지압도 오늘날에 비해 작아 아스팔트 포장의 품질관리에 큰 어려움은 없었다. 그러나, 1970년대 이후 급격한 교통량의 증가와 레디얼 타이어의 개발로 인한 타이어 접지압의 증가, 양질의 골재원 감소, 원유의 수입선 다변화로 인한 품질의 변동 등과 같이 아스팔트 포장의 공용성을 저하시킬 수 있는 여러 요인이 발생하여 50년 전에 개발된 품질규격으로는 이러한 외적 요인에 적절히 대응하는데 한계를 노출하고 있다. 1990년대 중반이후 급격히 증가하고 있는 소성변형의 발생도 여러 가지 원인이 있으나 이러한 비과학적이고 허술한 품질관리체계에도 그 원인이 있다고 하겠다.

미국에서의 사정도 우리와 비슷하여 1970년대 이후 도로의 품질은 계속 저하되었다. 이를 극복하고자 연방정부차원에서 단기간에 집중적인 연구개발을 실시하기로 계획하였으며, 이것이 소위

전략적도로연구사업(Strategic Highway Research Program: SHRP)이다. SHRP계획에 의하여 1987년부터 1993년까지 5년에 걸쳐 총 1억5천만 달러의 연구비를 투자하여 도로와 관련된 전반적인 연구를 실시하였다. SHRP의 연구성과중 아스팔트에 관련된 연구성과로서 아스팔트 및 아스팔트 혼합물에 대한 재료규격, 시험방법, 혼합물의 배합설계방법, 공용성 평가방법 등을 총칭하여 Superpave(Superior Performing Asphalt Pavement)라 명명하였다.

1993년 Superpave가 소개된 이후 다양한 검정 시험이 실내 및 현장에서 수행되었으며, 이러한 검정시험을 통하여 노출된 문제점을 분석하고 이를 보완하기 위한 연구가 지속적으로 수행되고 있다. 비록 현재의 Superpave 자체가 완벽한 것은 아니나 기존의 시험법들에 비해 보다 과학적이고 체계적이라는 인식하에 이미 미국의 3/4에 해당하는 주에서 새로운 공용성에 기초한 아스팔트 바인더 규격(Performance Graded Asphalt Binder Specification)을 채택하였으며, Superpave 규격에 의해 생산된 혼합물은 2000년도에는 약 80%에 달할 것으로 예상되고 있다.

미국에서뿐만 아니라 유럽과 일본 등 세계 각국에서 Superpave에 대한 다양한 검정시험이 실시되고 있으며, 도입의 필요성 여부에 대한 다각적인 검토가 이루어지고 있다. 우리 나라에서도 이에 대한 본격적인 검토 및 연구가 필요한

* 정회원, 강릉대학교 토목공학과 전임강사
hlee@knusun.kangnung.ac.kr

것으로 생각되어 Superpave의 아스팔트 바인더의 공용성 등급 및 혼합물의 배합설계법에 대한 개략적인 사항과 각국의 Superpave 현황에 대해 소개하고자 한다.

2. Superpave의 아스팔트 규격 및 혼합물의 배합설계법

2.1 공용성에 기초한 아스팔트 바인더 규격

종래의 아스팔트 바인더의 물리적 시험과 시방규정은 여러 가지 문제점을 내포하고 있으며, 그 중 중요한 몇 가지를 요약하면 다음과 같다.

- ① 침입도와 신도시험은 경험적인 시험으로 아스팔트 포장의 공용성과 직접적인 관계가 없다.
- ② 지역에 따라 기후조건이 변화함에도 불구하고 침입도시험은 25°C, 점도시험은 60°C에서 시험하는 것과 같이 하나의 표준온도에서 시험이 실시되어 현장에서 발생하는 포장온도의 전체범위를 고려하지 않는다.
- ③ 침입도 등급이나 점도 등급에 의해 분류된 아스팔트 바인더는 같은 등급이라도 온도에 따른 공용특성이 달라질 수 있다.

기존 침입도 규격에 비해 공용성에 기초한 아스팔트 바인더 규격(이하 PG등급으로 약칭)의 가장 큰 특징은 다음과 같다.

- ① 지역의 온도 및 교통조건에 따라 적절한 규격의 아스팔트를 선택할 수 있다.
- ② 아스팔트 포장의 대표적인 손상, 즉 피로균열과 소성변형, 저온균열과 관련된 시험이 포함되어 있고, 이러한 손상이 가장 많이 발생하는 포장의 온도조건에서 시험을 실시한다.
- ③ 아스팔트 바인더의 장기노화를 모사하는 시험법이 포함되었다.

- ④ 개질 아스팔트 바인더의 관리가 가능하다.

표 1. Superpave 아스팔트 바인더 시험장비 및 목적

시험장비	시험목적	공용성과의 관계
회전박막가열 시험기(RTFO, Rolling Thin Film Oven)	아스팔트 혼합물의 생산 및 시공단계에서 아스팔트의 노화를 모사	시공단계에서 아스팔트의 노화 저항성
압력노화 시험기(PAV, Pressure Aging Vessel)	공용중의 아스팔트 노화(장기노화)를 모사	공용과정에서 아스팔트의 노화 저항성
회전 점도계(RV, Rotational Viscometer)	시공시 고온에서 아스팔트의 물성 측정	아스팔트의 취급과 펌핑
동적전단 유동기(DSR, Dynamic Shear Rheometer)	고온과 중간 공용온도에서 아스팔트의 물성을 측정	소성변형과 피로균열에 대한 저항성
처짐보 유동기(BBR, Bending Beam Rheometer)	저온의 공용온도에서 아스팔트의 물성을 측정함	저온균열에 대한 저항성
직접전단 시험기(DTT, Direct Tension Tester)	저온의 공용온도에서 아스팔트의 물성을 측정함	저온균열에 대한 저항성

2.1.1 Superpave 아스팔트 바인더 시험

표 1은 Superpave에서 채택한 여러 종류의 바인더 시험장비와 이와 관련된 각각의 시험목적 및 아스팔트 바인더가 포장의 공용성에 미치는 영향 등을 보여주고 있다. 한가지 유의해야 할 사항은 아스팔트 바인더뿐만 아니라, 아스팔트 혼합물의 특성 및 포장의 구조 역시 아스팔트 포장의 공용성에 많은 영향을 미친다는 점을 간과해서는 안된다.

시험장비는 크게 세가지 부류로 구분할 수 있다. 첫째 아스팔트의 노화를 모사하는 회전박막가열시험기(RTFO, rolling thin film oven)와 압력노화시험기(PAV, pressure aging vessel), 둘째 아스팔트의 펌핑과 취급의 용이성을 측정하는데

사용되는 회전점도시험기(RV, rotational viscometer), 그리고 마지막으로 아스팔트 포장의 공용성 확보를 위한 목적으로 사용되는 동적전단 유동기(DSR, dynamic shear rheometer), 처짐보 유동기(BBR, bending beam rheometer), 직접인장시험기(DTT, direct tension tester) 등이다.

노화시험

표 1에서 보는바와 같이 노화시험은 아스팔트 혼합물의 생산 및 시공과정에서 발생하는 단기노화를 모사하기 위한 회전박막가열시험과 공용단계에서 수년동안 발생하는 장기노화를 모사하기 위한 압력노화시험으로 구성되어 있다.

회전박막가열시험의 주목적은 아스팔트 바인더의 물성시험을 위한 단기노화시료를 제공하고 노화과정에서 증발되는 휘발성 물질의 손실량을 측정하기 위한 것이다. 휘발성 물질의 양으로 가열 아스팔트의 생산과 시공중 발생하는 노화의 정도를 알 수 있다. 회전박막가열시험은 AASHTO T 240과 ASTM D 2872에 자세히 서술되어 있다.

압력노화시험은 5년에서 10년 정도 공용된 아스팔트 포장의 노화를 모사하기 위한 시험으로서 SHRP에서 개발되었다. 아스팔트 포장의 아스팔트는 생산과 시공단계에서 단기노화를 거쳤기 때문에 PAV시험에 사용되는 아스팔트 시료는 RTFO에서 노화된 아스팔트를 사용한다. RTFO에서 노화된 아스팔트는 장기노화를 모사하기 위하여 PAV에서 20시간동안 2,070kPa의 고압과 고온(90°C, 100°C, 또는 110°C)에 놓아둔다.

회전점도시험

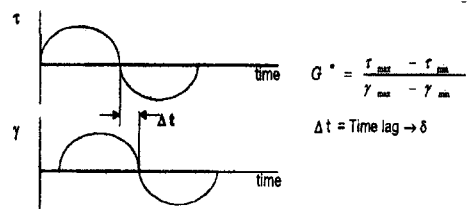
회전점도시험은 고온(100°C 이상)에서 아스팔트의 점도를 측정하는 시험으로서 아스팔트를 펄핑하고 골재와 혼합할 때 필요한 아스팔트의

유동성을 확보하기 위해 실시하는 시험이다. 대부분의 아스팔트는 이와 같은 고온에서는 뉴톤 유체(응력과 전단변형률이 선형관계)와 같은 거동을 보이며 점성거동을 한다.

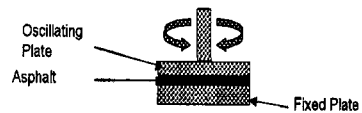
점도측정방법은 ASTM D 4402 혹은 AASHTO TP 48에 자세히 설명되어 있다. 회전점도시험은 원통형의 스피ن들을 일정 온도에서 아스팔트 샘플에 넣고 스피ن들이 일정한 회전속도(20rpm)를 유지하는데 필요한 토크를 측정하여 이를 점도로 환산한다. 회전점도시험기는 일반 모관 점도측정기에 비해 스피ن들과 챔버의 간격이 넓어 일반 아스팔트 및 개질 아스팔트 모두 시료로 사용할 수 있다.

동적전단 유동기

아스팔트는 점탄성 재료이기 때문에 거동은 하중재하 시간과 온도에 좌우되며 아스팔트 바인더의 점탄성 물성 측정시험은 이들 두 요소를 모두 포함해야 한다. 일반적으로 아스팔트와 같은 점탄성체에 그림 1과 같은 정현파 응력을 가하면 이로 인해 발생하는 변형률은 응력보다



(a) 점탄성 재료의 응력·변형률 관계



(b) DSR 모사도

그림 1. DSR 시험

(0° ~ 90°)만큼 뒤서게 되며, 이를 위상각(phase angle)이라 한다. 복소전단계수(G^*)는 다음과 같은 수식으로 표현된다.

$$G^* = G' + iG'' \quad (1)$$

여기서 G' 은 응력과 변형률과의 위상차가 없어서 에너지 손실이 없는 탄성계수로 저장계수(storage modulus)라고 하며, G'' 은 위상차가 90°로 에너지 손실이 있는 성분의 것으로 손실계수(loss modulus)라고 한다. 위상각이 0°이면 완전한 탄성체이고, 90°이면 완전한 점성체이다. 또한, 복소전단계수의 절댓값 $|G^*|$ 는 전단응력의 진폭(τ_{max})에 대한 전단변형률의 진폭(γ_{max})의 비로써 다음과 같이 정의된다.

$$|G^*| = \sqrt{(G')^2 + (G'')^2}^{1/2} = \frac{\tau_{max}}{\gamma_{max}} \quad (2)$$

Superpave에서는 τ_{max}/γ_{max} 을 G^* 로 표기하였는데 이는 엄밀하게 말하면 잘못된 표기이며, $|G^*|$ 로 표기하여야 한다. 본 기사에서는 편의상 Superpave의 표기방법을 따르도록 한다.

한편 아스팔트와 같은 고분자 물질의 점탄성 거동을 나타내는 중요한 파라미터 중의 하나인 위상각은 일반적으로 손실탄젠트(loss tangent)로 나타내는데, 이는 다음과 같이 정의된다.

$$\tan \delta = \frac{G''}{G'} \quad (3)$$

즉, $\tan(\delta)$ 는 점탄성 물질의 내부마찰을 나타내며, 이것은 응력이 가해지는 한 주기 동안의 저장 에너지에 대한 손실에너지의 비율이라고 알려져 있다.

Superpave에서는 아스팔트 바인더의 G^* 와 δ 를 측정하기 위한 시험도구로서 DSR를 사용하며, 그림 1에서 보는바와 같이 고정판 위에 아스팔트 바인더 시료를 놓고 회전판을 회전시켜

발생되는 토크를 측정하여 전단계수와 위상각을 계산한다. 시험기 자체에 아스팔트 시료의 온도를 조절할 수 있는 장치가 있으며, 자세한 시험 방법은 AASHTO TP 5에 규정되어 있다.

아스팔트 바인더의 G^* 가 크면 아스팔트의 굳기가 커져 소성변형에 대한 저항성이 커진다. 또한, δ 값이 작을수록 아스팔트 바인더는 탄성 거동을 하기 때문에 소성변형에 대한 저항성이 증가된다. SHRP 연구팀은 소성변형을 최소화하기 위해서는 매 하중주기에 대해 분산되는 일(에너지)의 양을 최소화시켜야 한다는 가정하에 $G^*/\sin\delta$ 를 Superpave 시방에서 소성변형의 매개변수로 선정하였다. G^* 가 증가하거나 $\sin\delta$ 가 감소하면 $G^*/\sin\delta$ 는 증가하기 때문에 $G^*/\sin\delta$ 가 큰 아스팔트 바인더일수록 소성변형에 대한 저항성이 크다고 할 수 있다.

아스팔트 바인더의 소성변형 저항성을 결정하기 위한 DSR시험에는 노화시키지 않은 원시료와 RTFO에서 단기노화된 아스팔트 시료를 사용하며, 설계최고온도에서 시험한다. 아스팔트 콘크리트 층에서 발생하는 소성변형은 대부분 시공후 2내지 3년 이내의 단기간에 발생하는 경우가 많으며, 공용이 될수록 아스팔트 바인더의 노화로 인해 아스팔트 콘크리트의 스티프니스가 증가하기 때문에 소성변형의 발생 가능성은 줄어든다. 따라서, 원시료와 단기노화 시료에 대해서만 DSR시험을 실시하는 것이다.

피로균열 또한 분산되는 에너지의 양을 최소화하여 피로균열을 억제할 수 있다는 가정 하에 $G^*\sin\delta$ 를 피로균열에 대한 매개변수로 선정하였다. 아스팔트 바인더의 피로균열 저항성을 결정하기 위한 DSR시험에는 RTFO와 PAV에서 노화된 아스팔트 시료를 사용하며, 중간설계온도에서 시험을 실시한다. 피로균열은 아스팔트 포장에 적어도 4년 내지 5년 정도 공용한 이후 발생되기 때문에 이러한 현장에서 발생하는 장

기노화를 모사한 아스팔트 바인더에 대해 DSR 시험을 실시하여 $G^*\sin\delta$ 를 측정하는 것이다.

처짐보유동기(Bending Beam Rheometer, BBR)

처짐보유동기는 저온균열에 대한 아스팔트 바인더의 저항성을 측정하기 위하여 바인더를 매우 낮은 온도에서 시험한다. 기온이 갑자기 낮은 온도로 급강하하였을 때 아스팔트 포장 층은 수축하게 되고 이로 인해 인장응력이 유발된다. 저온균열은 이러한 인장응력이 아스팔트 혼합물의 자체 인장강도를 초과하게 되어 발생한다. 저온균열은 온도가 임계온도보다 매우 낮은 경우에는 1회의 온도주기에 도 발생하며 임계온도보다 낮지 않아도 온도주기가 반복되면서 발생한다.

BBR은 그림 2의 모사도와 같이 하중지지대, 온도조절 수조, 데이터 수집 시스템으로 구성되어 있다. 데이터 수집 시스템은 적용하중과 처짐결과를 기록하고, 다음 두 가지 사항을 계산한다. 즉, 크리프 스티프니스(creep stiffness) $S(t)$ 와 m 값이다. $S(t)$ 는 일정한 하중하에서 시간에 따른 아스팔트의 강성을 나타내는 물성이며, 스티프니스가 낮은 재료일수록 저온균열에 유리한 것으로 평가되고 있다. 반면, m 은 그림

2에서와 같이 $S(t)$ 와 하중재하시간간의 대수관제곡선의 기울기를 나타내는 인자로서 재료가 탄성적인 거동을 할수록 하중재하시간의 변화에 따른 스티프니스의 변화가 적기 때문에 m 은 0에 가까운 값을 갖게 된다. 따라서, m 값이 큰 재료일수록 보다 점성에 가까운 거동을 하게 되고 저온균열에 유리하다고 할 수 있다. 따라서, Superpave 공용성 등급에서는 최대 $S(t)$ 와 최소 m 값을 300MPa 및 0.3으로 규정하고 있다.

직접인장시험기

저온에서 아스팔트 바인더가 끊어지지 않고 늘어나는 정도(연성, ductility)와 스티프니스(강성)는 서로 밀접한 관계가 있다. 대표적으로 연한 아스팔트 바인더는 연성(延性, ductile)이 더 많고, 딱딱한 아스팔트는 취성(脆性, brittle)이 더 많다(즉 늘어나지 않고 끊어진다). BBR시험에 의해 바인더의 저온 거동을 완벽하게 특성 지우기에는 부족하다. 특히, 몇몇 개질 아스팔트 바인더의 경우 높은 크리프 스티프니스(300MPa 이상)를 가지고 있으나, 끊어지기 전까지 훨씬 더 늘어나기 때문에 균열이 생기지 않는다. 따라서, 이러한 스티프니스는 크지만 연성인 아스팔트 바인더를 시험하기 위해서 직접인장시험(DTT)이 개발되었다. DTT시험은 저온에서 아스팔트 시편을 직접 잡아당겨 발생하는 최대 인장응력과 이 때의 변형률(failure strain)을 측정하는 시험으로서 시험절차는 AASHTO TP 3에 규정되어 있다. DTT는 최저 포장온도에서 BBR에 의한 크리프 스티프니스가 300MPa부터 600MPa 사이의 값을 갖는 아스팔트 바인더에만 적용하고, 최소 변형률을 1%로 규정하고 있다. 바인더의 크리프 스티프니스가 최저포장설계온도에서 시험하였을 때 300MPa 이하일 경우에도 DDT시험을 실시할 필요가 없다.

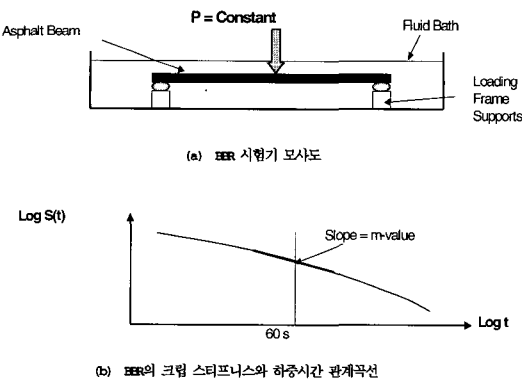


그림 2. BBR 시험

2.1.2 공용성 등급 시방기준

공용성에 기초한 Superpave 아스팔트 바인더 등급은 현장의 기후조건에 기초하여 선정한다. 다음의 표 2와 같이 아스팔트 바인더 등급은 고온 등급이 46°C에서 82°C까지 6°C씩 증가하여 총 7개의 등급으로 되어 있고, 저온 등급은 최저 -46°C부터 최고 -10°C까지의 온도로 구성되어 있다. 고온등급은 현장의 7일간 평균 최고포장설계온도에 해당하며, 저온등급은 최저포장설계온도에 해당한다. 이러한 고온 및 저온등급을

표 2. 공용성 바인더 등급

고온등급 (°C)	저온등급 (°C)
PG 46	-34, -40, -46
PG 52	-10, -16, -22, -28, -34, -40, -46
PG 58	-16, -22, -28, -34, -40
PG 64	-10, -16, -22, -28, -34, -40
PG 70	-10, -16, -22, -28, -34, -40
PG 76	-10, -16, -22, -28, -34
PG 82	-10, -16, -22, -28, -34

조합하여 아스팔트 바인더의 등급을 분류하는데, 이를 표기하는 방법은 PG 다음에 고온등급과 저온등급(예, PG 64-22)을 표기하여 나타낸다. 즉, PG 64-22 등급은 7일간 평균 최고포장설계온도가 64°C이며 최저포장설계온도가 -22°C인 기후조건에 사용되는 아스팔트 등급이다.

그림 3은 PG 규격의 일부를 나타낸 것으로서 시방규격에 있는 물리적 성질들은 모든 공용성 등급에 대하여 일정하게 유지되지만 이러한 물성에 대한 시험온도는 아스팔트 바인더가 공용되는 곳의 기후에 따라 등급별로 달라진다. 즉, 소성변형을 나타내는 인자에 대한 시험온도는 포장의 최고설계온도에서 실시하고 저온균열을 나타내는 인자들에 대한 시험(BBR 및 DTT)은 포장의 최저 설계온도보다 10°C 높은 온도에서 시험을 실시한다. BBR과 DTT 시험을 최저포장설계온도보다 10°C 높은 온도에서 시험을 실시하는 이유는 시험시간을 단축하기 위해서이다. 즉, 아스팔트는 시간-온도 중첩원리(time-temperature superposition principle)를 적용할 수 있는 점탄성 재료이기 때문에 저온에서 장시

Performance Grade	PG 64		
	-10	-16	-22
Average 7-day Max Pavement Design Temp., °C	< 64		
Minimum Pavement Design Temperature, °C	> -10	> -16	> -22
Original Binder			
Flash Point Temp, T48: Minimum °C	230		
Viscosity, ASTM D4402: Maximum, 3 P.a.s, Test Temp, °C	135		
Dynamic Shear, G*/sinδ, Min, 1.0 kPa, Test Temp @ 10rad/s, °C	64		
Rolling Thin Film Oven Residue			
Dynamic Shear, G*/sinδ, Min, 2.2 kPa, Test Temp @ 10rad/s, °C	64		
Pressure Aging Vessel Residue			
PAV Aging Temperature, °C	100		
Dynamic Shear, G*/sinδ, Max, 5000 kPa, Test Temp @ 10rad/s, °C	31	28	25
Creep Stiffness: S, Max, 300 Mpa; m-value, Min, 0.3 Test Temp @ 60 sec, °C	0	6	-12
Direct Tension: Failure Strain, Min, 1.0% Test Temp @ 60 sec, °C	0	6	-12

그림 3. 아스팔트 바인더 PG 규격의 일례

간 하중을 재하하는 것은 고온에서 짧은 시간동안 하중을 재하하는 것과 동일한 효과가 있다.

PG 규격은 공용성에 기초를 두고있기 때문에 아스팔트 포장의 세 가지 주요 공용성 변수인 영구변형(소성변형), 피로균열 및 저온균열에 초점을 두고 있다. 또한, 본 규격은 아스팔트 바인더의 안전, 펌핑, 취급 및 장기노화에 대해서도 고려하고 있다.

그림 3에서와 같이 소성변형에 대처하기 위한 시방은 원시료와 RTFO에서 단기노화된 아스팔트 시료에 대해 각각 최고설계포장온도에서의 $G^*/\sin\delta$ 의 값을 최소 1.0kPa 및 2.2kPa로 규정하고 있다. 피로인자의 경우 RTFO와 PAV에서 노화를 거친 아스팔트 바인더에 대해 포장의 중간온도에서 시험한 $G^*\sin\delta$ 의 값이 최대 5000kPa로 규정하고 있다. 중간포장온도의 예를 들면 PG 64-22 등급의 중간포장온도는 25°C이다.

저온균열의 경우 RTFO나 PAV에서 노화된 아스팔트 바인더를 최저포장설계온도에서 BBR시험을 할 경우 크리프 스티프니스(S)는 300MPa를 초과하면 안되고, m-값은 적어도 0.3 이상이 되어야 한다. 하지만 만약 크리프 스티프니스가 300MPa와 600MPa 사이 값으로 DTT시험에 의한 파괴변형률이 1.0% 이상인 아스팔트 바인더의 경우도 인정된다. 두 가지 경우 모두 m-값은 시방규정을 만족하여야 한다.

기타 일반적인 Superpave 바인더 시방은 안전을 고려하여 모든 공용성 등급에 대하여 인화점을 230°C 이하로 규정하고 있다. 노화가 안된 아스팔트 바인더의 인화점을 결정하기 위해서는 AASTO T 48(클리브랜드 오픈컵에 의한 인화점 시험방법)을 사용한다. 또한, 가열 아스팔트 혼합물의 생산에서 아스팔트 바인더(특히 개질 아스팔트)의 펌핑과 취급을 보장하기 위해서 135°C에서의 점도를 최고 3Pa.s로 규정하고 있다.

2.1.3 공용성 등급의 선정

공용성 등급은 현장 기후조건(엄밀히 말하면 아스팔트 포장의 온도)에 기초하여 선정되며, 앞에서 제시한 표 2와 같다. PG 76과 82는 차량이 저속이나 정지해 있는 구간(교차로 부근), 또는 중차량이 많은 포장구간에 적용한다.

특정 현장에 적합한 바인더 등급은 먼저 7일 연속 평균최대기온을 사용하여 Superpave에서 제안한 이론적 모델식을 사용하여 포장의 최고 설계온도로 전환한다. 최저포장온도의 경우에는 최저기온과 같은 것으로 고려하고 있으나 현장 실측자료에 의해 향후 변경될 가능성이 많다. 일반적으로 최저포장온도는 최저기온보다는 높을 것으로 예상된다. 포장의 7일간 최고온도와 최저온도가 산정되면 이를 바탕으로 신뢰도 수준을 고려하여 아스팔트 바인더의 등급을 선정하게 된다. 이러한 온도결정과 이에 따른 바인더의 등급선정은 SHRP에서 개발한 소프트웨어를 사용하여 실시할 수 있다.

Superpave에서는 포장을 건설할 지역의 교통 특성(차량의 속도와 교통량)에 따라 아스팔트 바인더의 고온등급을 조정하도록 되어있다. 시간-온도 중첩원리에 의하면 하중재하속도가 느려지면 포장의 온도가 상승하는 것과 동일한 효과가 있다. 따라서, 차량의 주행속도가 감소하면 소성변형을 유발할 수 있는 가능성이 증가된다. 이러한 이유로 Superpave에서는 차량의 속도가 느린 지역은 설계최고포장온도보다 1등급 고온인 바인더를 선정한다. 예를 들어 PG58 대신 PG64를 선택하는 것이다. 만약 주차장과 같이 차량이 거의 정지해 있는 조건일 경우에는 두 단계 고온등급을 상향시켜야 한다. 또한, 포장의 설계 ESAL(equivalent single axle load)이 10,000,000에서 30,000,000대 사이이면 고온등급을 1단계 상향시키는 것이 선택사항이나 30,000,000대 이상이면 반드시 1등급 상향시키도록 규정하

고 있다.

2.2 공용성에 기초한 아스팔트 혼합물의 배합설계법

Superpave 배합설계법은 지역의 교통량에 따라 표 3과 같이 세 등급의 배합설계를 실시하도록 제안하였다. 교통량이 적은 지역에 적용되는 배합설계 등급 1(Level 1)에서는 재료(아스팔트 및 골재)의 선정시험과 용적 배합설계(volumetric mix design), 혼합물의 수분손상시험만으로 배합설계가 가능하나 교통량이 보통이거나 많은 경우에는 등급 1에서 실시하는 시험에 추가하여 공용성 시험을 실시하도록 규정하였다. 현재 미국의 경우 등급 1 배합설계법은 많은 점정시험을 거쳐 거의 정착단계에 접어들었고, 등급 2와 등급 3 배합설계법은 공용성 시험에 대한 수정보완작업이 진행중이며 향후 수년 이내에 완성이 될 것으로 예상된다. 따라서, 등급 1에 대해서 그 내용을 간략히 설명하고자 한다.

표 3. Superpave 배합설계 등급

Superpave 설계등급	교통량 (ESALs)	시험방법
1	ESALs < 10 ⁶	재료선정시험 체적배합설계
2	10 ⁶ < ESALs < 10 ⁷	등급 1 + 공용성 시험
3	ESALs > 10 ⁷	등급 1 + 강화된 공용성 시험

2.2.1 재료의 선정

아스팔트의 선정시험 및 규정과 관련된 사항은 이미 2.1에서 설명하였기 때문에 여기서는 골재의 선정시험과 관련된 사항을 간략히 서술한다. 골재의 품질시험과 관련한 새로운 시험법

이 개발되지는 않았고, 기존의 시험법을 일부 수정 보완하였다. Superpave에서는 크게 두 가지의 골재물성을 규정하고 있다. 먼저 아스팔트 혼합물의 공용성을 극대화시키는데 필요하다고 판단하여 SHRP 연구자들간 합의에 의해 선정된 골재의 물성으로서 조골재 및 세골재의 모남(angularity), 편평세장비(flat and elongated particle), 점토분 함량 등이 이에 해당한다. 두 번째로는 기존의 골재원 선정시험시 필요한 골재의 물성들로서 LA 마모시험기에 의한 마모감량, 안정성(soundness), 유해물질 등이다. 두 번째 물성들은 이미 국내에서도 일상적으로 시험이 실시되고 있는 항목이기 때문에 더 이상의 설명은 생략하고, 첫 번째 물성에 대해 간략한 언급을 하고자 한다.

조골재 및 세골재의 모남은 골재와 골재간의 내부 맞물림(interlocking)을 좌우하는 중요한 인자로서 결국 혼합물의 내유동성과 밀접한 관계가 있다. 조골재의 모남은 4.75mm보다 큰 골재에 대해 깨어진 면이 하나 이상인 골재의 비율로 정의되며, 시험법은 미국 펜실베이니아주 교통국 시험법 No. 621에 규정된 것을 따르도록 권고하고 있다. 세골재의 모남은 2.36mm보다 작은 느슨한 골재의 간극률로 정의되며, 골재의 간극

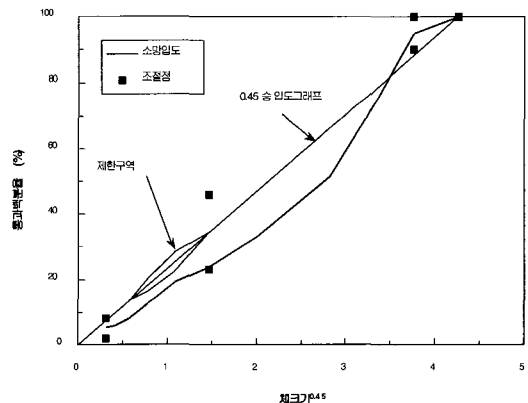


그림 4. 최대입경 19mm 골재의 Superpave 입도규격

률이 높을수록 파쇄된 면이 많은 것을 뜻한다. 자세한 시험절차 및 방법은 AASHTO TP 33에 규정되어 있다.

편평세장비는 골재의 최대 및 최소치수의 비가 5배가 넘는 골재의 비율을 뜻하며, 편평세장 골재는 시공 및 공용도중 깨어질 우려가 있어 바람직하지 않다. 시험은 ASTM D 4791에 따라 실시한다. 또한, 토분함량은 4.75mm보다 작은 잔골재에 포함된 점토분의 함량을 뜻하며, 모래당량시험 (ASTM D 2419)을 실시하여 이를 확인한다.

2.2.2 골재의 입도

골재의 입도를 규정하기 위하여 Superpave에서는 0.45승 입도그래프에서 소위 조정한계(control limit)와 제한구역(restricted zone)을 설정하여 관리하고 있다. 시방에서 골재의 입도는 반드시 조절점(control point)를 통과하되 제한구역은 벗어나도록 규정하고 있다. 그림 4는 최대입경 19mm Superpave 혼합물에 적용되는 입도기준을 나타내고 있다. 제한구역은 최대밀도 곡선을 따라 중간 체와 0.3mm 체 사이에 밴드 형태로 위치하고 있다. 이러한 제한구역을 통과하는 입도는 혼합물의 모래함량을 과다하게 만들거나 전체 모래함량중 잔모래의 함량이 지나치게 많게 만든다. 따라서, 시공중 다짐에 문제가 발생할 수 있어 공용도중 소성변형이 발생할 우려가 있다.

제한구역은 잔골재 체크기에서 골재의 입도가 최대밀도곡선을 벗어나게 유도하는 역할을 한다. 입도곡선이 최대밀도곡선에 근접할 경우에는 골재의 간극률(VMA)이 작게 되어 충분한 아스팔트 함량을 확보하기가 불가능하며, 혼합물의 내구성을 저하시킨다. 또한, 아스팔트 함량에 대단히 민감하여 약간의 아스팔트 함량이 변화되어도 쉽게 혼합물이 유동적(plastic)이 된다.

2.2.3 Superpave 1단계 배합설계

① Superpave 선회다짐기

기존의 배합설계에 비해 Superpave 배합설계의 가장 핵심적인 새로운 사항은 실내다짐과 공용성시험이다. 혼합물의 다짐에는 Superpave 선회다짐기(Superpave gyratory compactor, SGC)가 사용된다. SGC는 혼합물의 다짐에 사용될 뿐만 아니라 다짐 도중 획득한 데이터의 분석을 통해 특정 혼합물의 담집성에 대한 정보를 얻을 수 있다. 기존의 마샬다짐에 비해 SGC에 의한 다짐의 장점은 다짐도중 골재가 파쇄될 우려가 적고 다짐방법이 현장의 다짐을 비교적 잘 모사하여 골재의 배열 등이 마샬다짐에 비해 현장조건과 비교적 잘 일치한다.

SGC는 직경 150mm의 원통형 몰드를 사용하여 혼합물을 다지며, 최대입경 50mm 까지의 골재를 사용할 수 있다. 다짐시 가해지는 수직압력은 600kPa이며, 1분당 30회의 속도로 1.25° 기울어진 상태로 몰드가 선회하면서 다짐이 진행된다. 결국 몰드가 기울어짐에 따라 발생하는 전단력에 의해 혼합물이 다져지게 된다. 혼합물이 다져지는 동안 시편의 높이가 실시간으로 측정되어 표시되며, 이를 바탕으로 다짐회수에 따른 혼합물의 밀도를 계산할 수 있다.

SGC에 의한 다짐회수는 표 4와 같이 교통등급과 고온조건의 평균설계대기온도에 의해 결정된다. 표에서 N_{des} 은 배합설계과정에서 최적 아스팔트 함량을 결정할 때 사용되는 다짐회수로서 N_{des} 의 선회다짐으로 혼합물을 다졌을 때 4%의 공극률이 얻어지는 아스팔트의 함량을 선택하게 된다.

N_{lim} 은 초기 다짐횟수의 약자이며 혼합물의 다짐도를 측정하는 것이다. 혼합물이 너무 빨리 다져지면 연한 혼합물(tender mix)이 되기 쉬우며, 교통하중을 받을 때는 불안정한 상태가 되기 쉽

다. N_{des} 값에서 4%의 공극률로 제작된 혼합물은 N_{ini} 값에서는 최소한 11%의 공극을 가져야 한다.

N_{max} 는 실험실에서 시편을 제작할 때 적용되는 다짐횟수로서 현장에서 지속적인 교통하중에 의해 혼합물이 다져졌을 때 발생 가능한 최대 밀도를 얻기 위해 적용한다. N_{max} 에서 혼합물의 공극률은 최소 2% 이상이 되어야 하며, N_{max} 에서 2%보다 낮은 공극률을 가지게 되면 소성 변형이 발생하기 쉬운 혼합물로 간주된다.

표 4. Superpave 선회다짐기의 선회다짐횟수 선정

설계 ESALS (백만대)	설계 평균 고온											
	39°C 이하			39~40 °C			41~42 °C			43~44 °C		
	N_i	N_d	N_m	N_i	N_d	N_m	N_i	N_d	N_m	N_i	N_d	N_m
<0.3	7	68	104	7	74	114	7	78	121	7	82	127
<1	7	76	117	7	82	129	7	88	138	8	93	146
<3	7	86	134	8	95	150	8	100	158	8	105	167
<10	8	96	152	8	106	169	8	113	181	9	119	192
<30	8	109	174	9	121	185	9	128	208	9	135	220
<100	9	126	204	9	139	228	9	146	240	10	153	253
>100	9	143	233	10	158	262	10	165	275	10	172	288

② 시료의 다짐

아스팔트 혼합물 시료는 SGC를 사용하여 N_{max} 다짐횟수 만큼 다져 제작한다. 다져진 시료는 체적특성, N_{ini} 및 N_{max} 에서 공극률을 평가한다. 현장의 혼합물 생산 및 시공과정에서 발생하는 단기노화를 모사하기 위하여 모든 시료는 건조로에서 135°C로 4시간 동안 노화시킨 다음 다짐을 실시한다. 건조로에서 노화되는 동안 아스팔트 바인더는 골재의 간극 속으로 흡수된다. 이러한 노화과정을 거치지 않으면 최적 아스팔트 함량이 낮게 결정될 수 있으며, 공용중포장의 내구성을 저하시키는 결과를 초래할 수 있다.

배합설계시 모든 시료는 N_{max} 값까지 다져진

다. 시료의 높이는 다짐이 진행되는 동안 측정되며 시료의 체적을 산정할 수 있는 자료가 된다. 시료의 중량과 체적을 사용하여 겉보기비중 (bulk specific gravity)을 계산할 수 있다. 시료의 상, 하단 및 측면에 존재하는 공극을 시료의 체적으로 계산하기 때문에 계산한 겉보기비중은 약간의 오차가 있으며, 다짐후 실측한 겉보기비중을 사용하여 보정계수를 산정한다. 이러한 보정계수를 사용하면 임의의 다짐횟수에서 시료의 비중을 계산할 수 있다. 다지지 않은 시료를 사용하여 이론최대밀도를 구하고, 이론최대밀도와 전체비중을 알면 임의의 다짐횟수에서 시료의 공극률을 계산할 수 있다.

③ 최적 아스팔트함량의 선정

품질기준을 만족하는 골재와 아스팔트 바인더를 선정한 다음 적절한 골재구조를 형성하는데 필요한 골재의 입도분포를 결정하고, 최적 아스팔트 함량을 선정한다. N_{des} 값에서 4%의 공극률을 갖는 함량을 최적 아스팔트 함량으로 결정한다. 이렇게 설계된 혼합물은 N_{ini} 에서 혼합물의 밀도가 89% 이하이어야 하며, N_{max} 에서 혼합물의 밀도는 최대 98%를 초과하지 않아야 한다. 또한, 최적 아스팔트 함량에서 혼합물의 VMA와 VFA 기준도 만족하여야 한다. 혼합물의 배합설계를 마친 후 혼합물의 수분에 대한 저항성을 AASHTO T-283 방법으로 검토한다.

예상되는 최적 아스팔트 함량과 예상함량±0.5%, 예상함량보다 1.0% 많은 아스팔트량을 배합한 시료를 2개씩 준비한다. 앞서 언급한 다짐 방법과 공극률 계산방법에 따라 각 시료의 공극률과 VMA, VFA 등을 계산한다.

N_{des} 값에서 공극률이 4%가 되는 아스팔트 함량을 찾아 이를 최적 아스팔트 함량으로 한다. 이때 혼합물의 VMA와 VFA는 표 5와 6의 조건을 만족하여야 한다. 또한, 혼합물내의 다스트

(dust) 함량[아스팔트함량에 대한 No.200체 통과 골재량의 비율]은 0.6~1.2를 만족하여야 한다.

표 5. 골재 간극률(VMA)의 기준

골재 공칭치수(mm)	VMA (%)
9.5	15.0 이상
12.5	14.0 이상
19.0	13.0 이상
25.0	12.0 이상
37.5	11.0 이상

표 6. 교통량에 따른 포화도(VFA)의 기준

교통량 ESALs (백만대)	VFA (%)
< 0.3	65 ~ 80
< 1	65 ~ 78
< 3	65 ~ 78
< 10	65 ~ 75
< 30	65 ~ 75
< 100	65 ~ 75
≥ 100	65 ~ 75

3. Superpave의 현황과 전망

3.1 미국

3.1.1 현황

Superpave 중 바인더 규격과 혼합물 배합설계에 대해서는 이미 AASHTO의 규격화가 이루어졌다. 특히 바인더 규격에 대해서는 3/4의 주가 이미 도입하였으며, FHWA는 2000년에 전미에 도입을 완료하는 것을 목표로 하고 있다. 또, 주에 따라서는 오레곤주, 캘리포니아주와 같이 도입 검토를 하지 않는 주도 있다. 2000년에는 Superpave 혼합물의 시장점유율이 약 80%를 차지할 것으로 예상된다. Superpave의 보급 촉진을 위해 FHWA를 중심으로 많은 시도가 이루어

어졌다. Superpave의 성과를 평가하고 기술지원과 교육 등의 목적을 위해 미국의 5개 지역에 Superpave 센터가 설치되어 운영되고 있다. 그 이외에도 미국 아스팔트협회 산하에 국립아스팔트교육센터를 설치하여 Superpave와 관련한 각종 교육 및 훈련을 실시하고 있다.

3.1.2 Superpave의 적용경험

① 재료 선정에 관한 과제

골재에 대해서는 Superpave의 골재성상 규격, 골재의 입도분포에 존재하는 제한구역이나 VMA 규정 등으로 인해 사용 가능한 골재가 한정되어 있어 골재의 운반거리가 멀어질 것이 예상되므로 비용이 증대된다. 골재 입도는 2.36mm체 통과량이 크게 변동된다. 이는 천연사의 사용량을 제한하고 스크리닝스를 많이 사용하는 것이 원인이라고 할 수 있다. Superpave를 적용할 경우 중전에 비해 약 80% 가량이 조립이거나 40%는 다짐밀도기준을 만족시키는데 문제가 있는 것으로 평가되었다. 재생혼합물의 경우에도 Superpave를 적용할 수 있다. 재생혼합물에 포함된 구재 아스팔트는 바인더의 공용성 등급에 미치는 영향은 적으나 혼합물 특성에 미치는 영향에 대해서는 좀더 연구가 필요하다.

아스팔트 바인더에 관해서는 개질 아스팔트 바인더의 사용 필요성에 대한 의문과 Superpave 규정에 적합한 바인더의 생산비용이 증가되는 문제점 등이 지적되고 있다. Superpave용 바인더를 제조하기 위해 원유를 선정하거나 제조공정을 변경할 필요가 있다. 또, 각 PG마다 별도의 바인더 저장탱크가 필요하므로 새로운 설비투자가 필요하다. 바인더 품질관리에 중전보다 시간이 많이 소요되므로 바인더의 생산비용이 고가가 된다. 현재, 개질 아스팔트의 사용량은 아스팔트 전체 사용량의 약 10~15%를 차지하고, Superpave 도입에 의해 수요가 증가되고 있

는 추세이다. Superpave 혼합물의 생산단가는 기존 혼합물의 생산단가에 비해 증가되었는데 이는 아스팔트 가격이 상승하고 각 회사별로 시험기를 새로 구입하는 비용이 추가되어 발생한 것으로 파악되었다.

② 배합설계

골재의 입도는 VMA 확보를 위해 제한구역의 아래를 통과하는 S자 곡선 형태의 입도가 되는 경우가 많다. 배합설계에 있어서는 마샬다짐에서 SGC 다짐으로 방법을 변경한 이외에는 과거의 마샬배합설계에 비해 큰 차이가 없기 때문에 큰 어려움은 겪지 않는 것으로 인식되고 있다. Superpave에 대해 FHWA가 시공회사를 대상으로 설문조사를 실시한 결과, 아스팔트 함량은 종전과 동일하거나 적어졌다는 답변이 80% 이상인데 비해, 혼합물의 아스팔트 함량이 많아졌다는 보고도 있으며, 전압의 어려움이나 PG 선정 착오로 인해 소성변형 발생이 우려된다고 보고한 경우도 있다.

③ 혼합물의 제조

특별히 큰 문제점은 없으나 개질 아스팔트의 사용량이 증가하게 됨에 따라 혼합온도를 종전보다 약 8~14°C 높게 설정하고 있어 바인더의 관리가 중요한 것으로 파악되었다.

④ 시공

시공에서는 골재의 입경이 크고 조립 골재를 적용함에 따라 아스팔트 혼합물의 온도저하 문제나 그에 따른 다짐 부족이 발생하는 점이 문제점으로 파악되었으며, 해결책으로서 대형롤러를 사용하고 롤러의 전압횟수를 증가시키거나 진동롤러를 도입할 필요가 있다. 또, Tender Zone이라고 하는 93-115°C의 온도범위에서 다짐 부족현상과 바인더가 롤러에 부착되는 경우가

많으므로 이 온도범위 이외에서 다지거나, 타이 어롤러의 사용 등을 권장하고 있다.

⑤ 공용성

Superpave를 적용한 포장과 종전의 규격을 적용한 포장에 대한 공용성 비교에 대한 결론은 아직 내려지지 않았다. 시공회사에 대한 조사에 의하면 Superpave에 의해 설계된 혼합물의 공용성은 현재 양호한 편인데 몇 가지 문제점이 있으며 향후 추적조사를 할 필요가 있다고 밝혔다.

현재 PG 규격은 저온균열에 어느 정도 잘 대처하고 있는데, 간혹 소성변형이 발생한 것으로 보고되고 있다. PG 규격이 연질의 아스팔트를 선정하는 경향이 있으며, 메릴랜드주에서는 소정의 PG 등급보다 경질의 아스팔트를 사용하여 효과를 거두었다.

3.1.3 현시점의 과제

Superpave는 아스팔트를 역학적으로 평가하고 포장의 공용성과의 관계를 높이는 것을 가장 큰 목표로 삼고 있는데, 그 성과는 현재까지 명확하지 않다. 그 원인중의 하나는 Superpave에 의한 시공후 공용성 평가에 시간이 걸린다는 점인데, 가장 큰 원인은 Superpave 혼합물의 평가 방법이 명확하지 않다는 점에 있다. 또한, 아스팔트 바인더의 규격중 피로균열과 관계된 인자 $G^* \sin \delta$ 에 대한 신뢰성에 문제가 많이 제기되고 있으며, 이에 대한 연구가 진행중이다. 아스팔트 바인더의 시험법, 규격 모두 AASHTO에서 정식 규정으로 채택하였는데 혼합물의 시험법에 대해서는 아직 확립되어 있지 않다. 그렇기 때문에 바인더는 Superpave 규격으로, 혼합물의 평가는 종전의 방법으로 시행하는 경우가 발생한다.

현시점은 Superpave의 도입 효과를 실제 도로에서 검증하고 있는 단계이다. 시험법의 개선

에 대해서도 검토가 이루어지고 있으며, RTFO 시험의 경우 고점도 개질 아스팔트는 점도가 너무 높고 시험중에 시료를 박막 형상으로 하기 어려우므로 시료 용기중에 스틸 로드를 넣고 시험중에 교반하는 것을 검토중이다. DTT시험은 그 시험의 필요성에 대해 문제가 제기되고 있는 단계이며, 저온성상은 BBR만으로도 가능하다고 하는 DTT시험 불필요론도 일부 주에서 제기되고 있다.

Superpave에서 포장온도 결정은 포장의 온도 추정모델을 사용하여 대기온도로부터 추정하여 산정한다. 당초 개발된 SHRP모델은 최저노면온도가 실제보다 낮게 산정된다는 이유에 의해 그 후 캐나다(C-SHRP)에서 새로운 모델이 제안되었다. 그런데, 이 C-SHRP모델에 의해서도 고위도지역 이외에서는 동일한 문제가 발생한다는 것이 판명되었으며, LTPP조사 결과에서 LTPP 모델이 제안되었다.

3.2 유럽과 일본의 현황

유럽은 유럽표준화기구가 중심이 되어 포장용 아스팔트를 위한 공용성에 의거한 유럽의 통일된 규격의 개발을 추진하고 있다. 2001년에 공용성 규격의 초안 완성을 목표로 초기단계로서 각국의 바인더 규격을 침입도 및 연화점에 의해 세 가지로 구분하여 정리하였다.

Superpave의 아스팔트 바인더 규격은 개질 아스팔트 등을 다룰 경우에 유용한 것으로 평가하였다. 단, Superpave 바인더 시험법의 대부분은 반복성이나 재현성에 문제가 있으며, 시공관리에 적합한 실용적이고 간편한 시험기나 시험방법의 개발이 필요한 것으로 보고 있다. 아스팔트 혼합물 시험법에 대해서는 유럽의 시험법과 비교하여 우수한 것이라고는 보지 않고 있다.

일본의 경우에 있어서는 현재 두 가지의 큰 흐름이 있으며, 첫 번째로는 Superpave로 일본

내의 재료를 평가하는 것과 두 번째는 종전의 시험방법으로는 평가할 수 없는 재료성상을 Superpave로 평가하는 것이다. 즉, Superpave를 시험해 보고 우수한 점만을 부분적으로 도입하려는 것이다. 향후 진행될 연구에 의해 유효하다고 확인된 시험방법에 한하여 표준화 작업이 진행될 것으로 예상된다. 신재료 도입이나 성능의 규격화 등은 재료나 배합에 구애받지 않는 평가시험이 필요하며, 이러한 의미에서도 Superpave에 관한 향후의 연구가 기대된다.

4. 맺음말

이상에서 살펴본 바와 같이 기존의 아스팔트와 관련된 규정에 비해 Superpave 바인더 규격의 가장 큰 특징은 아스팔트 포장의 공용성과 관계 있는 물성을 사용하여 아스팔트 바인더의 품질을 관리하고자하는 데 있으며, 이러한 물성 또한 경험적인 방법이 아닌 역학적인 방법으로 측정 가능하다는데 있다. 또한, Superpave의 1단계 용적배합설계법은 아스팔트 및 골재의 체적과 관련된 물성을 사용하여 혼합물의 균열과 소성변형에 대한 저항성을 동시에 만족할 수 있는 최적 아스팔트 함량을 구하는데 주목적이 있으며, 기존의 마살배합설계법에 비해 Superpave 선화다짐기를 사용하는 것이 가장 큰 특징이다.

Superpave의 바인더 규격이나 1단계 배합설계법은 미국에서 활발히 보급되어 2000년도에는 그 보급률이 약 80%에 달할 것으로 예상되고 있다. 반면, 유럽에서는 포장용 아스팔트의 공용성에 의거한 독자적인 규격의 개발을 목표로 하고 있다. Superpave에 대해서는 바인더 시험법에 대해 관심을 가지고 있으나, 혼합물 시험에 대해서는 유럽의 우위성을 강조하고 있다. 일본의 경우에는 자체의 연구를 통하여 Superpave중장점을 골라 규격화하는 방안이 검토되고 있다.

서론에서도 언급하였지만 비록 현재의 Super-

pave 자체가 완벽한 것은 아니나 기존의 시험법이나 규격에 비해 보다 체계적이고 과학적인 것으로 평가받고 있으며, 아스팔트 포장의 품질향상 및 내구성 증진에 크게 기여할 것으로 기대된다. 따라서, 우리 나라에서도 Superpave에 대한 보다 체계적이고 종합적인 연구 검토가 수행되어야 하겠으며, 이를 바탕으로 각계 전문가의 증지를 모아 우리 실정에 적합한 아스팔트 관련 규격을 새로이 정비할 때가 온 것으로 판단된다.

참고문헌

1. "아스팔트 포장공학 원론", 한국도로포장공학회, 1998.
2. "Performance Graded Asphalt Binder Specification and Testing: SP-1," Asphalt Institute, 1995.
3. "Superpave Level 1 Mix Design: SP-2," Asphalt Institute, 1995.

토막 지식

특수 아스팔트 포장 소개

◆ 롤드 아스팔트 포장(Rolled Asphalt Pavement)

영국의 추운 지방에서 많이 사용하는 포장종류로 모래와 아스팔트를 섞은 아스팔트 모르타르에 쇄석을 혼합하여 포설한다. 그 위에 아스팔트로 코팅한 쇄석, 일명 프리코트 칩(precoated chip)을 표면에 뿌리고 롤러로 전압하는 포장이다. 따라서 표면으로 돌출한 쇄석으로 인해 미끄럼을 방지할 수 있다. 그러나 보통의 밀입도 아스팔트 혼합물보다는 쇄석이 적게 사용되기 때문에 골재 맞물림에 의한 안정성이 떨어지는 단점이 있다.

◆ 반강성 포장(半剛性鋪裝, Semi-Rigid Pavement)

일명 살비아심(Salviacim)포장이라 불리기도 하는 이 포장은 프랑스에서 약 40년 전에 개발된 포장이다. 반강성 포장은 개립도 아스팔트 혼합물에 침투용 시멘트 밀크를 주입하여 굳어져 콘크리트 처럼 되는 포장이다. 골재와 골재의 결합은 원래 아스팔트로 연결되어 있어서 침투용 시멘트 밀크의 온도에 따른 팽창이나 수축은 아스팔트가 흡수한다. 따라서 시멘트 콘크리트 포장과 같은 줄눈은 넣을 필요가 없다.

◆ 풀덱스 아스팔트 포장(Full depth Asphalt)

풀덱스(전단면) 포장은 노상 위에 쇄석처리층을 두지 않고 직접 아스팔트 안정처리와 아스팔트 혼합물층을 포설하는 포장이다. 따라서 공기를 단축할 수 있어서 시가지 등의 교통량이 많은 장소에 사용되고 있다. 그러나 두께가 두꺼워서 포설 후에 온도가 빨리 식지 않아 교통개방 후 초기에 소성변형 현상이 발생하기 때문에 시공에 주의해야 한다.

◆ 명색(明色)포장

터널 등에서 쇄석의 일부분을 밝은 색 골재로 사용함으로써 포장의 표면색을 밝게 하여 운전자에게 시각적인 도움을 주는 포장이다. 그러나 명색골재가 가격이 일반골재에 비해 고가이기 때문에 시공된 포장 표면에 명색골재를 뿌리고 롤러로 전압하는 방법도 사용되고 있다. 명색골재는 일반적으로 규사, 석회, 돌로마이트 같은 재료를 녹여서 글래스질의 인공골재를 만드는데 빛의 반사율이 높은 장점이 있다.

『중앙대학교 도로 및 교통 연구실 김진선』