

간행물등록번호

11-1500000-001344-01

가열 아스팔트 혼합물 배합설계 지침

2005. 1.

건설교통부

머 리 말

미국에서 1950년 중반에 정립되어 국내에 적용되고 있는 현행 마셜 배합설계는 증가된 교통 조건 및 시공 기술의 변화에 의한 재료의 요구 조건들을 잘 반영하지 못하고 있어, 현행 도로 포장 품질관리와 포장의 수명을 저하시키는 원인이 되고 있습니다.

외국의 배합설계에 대한 기술 현황을 검토한 결과, 공극률을 우선적으로 고려한 용적 개념의 배합설계 방법이 폭넓게 적용되고 있는 것으로 파악되었으며, 배합설계 결과에 중요한 영향을 미치는 시험 기준에서도 세부적인 규정에 차이가 있는 것으로 확인되었습니다. 또한 배합설계 방법을 규정한 상세한 국가 지침이 발간되어있지 않아 배합설계 방법에 일관성이 없고 품질관리에 어려움이 되고 있었습니다.

현재 국내의 배합설계 방법은 공극률과 포화도, 강도 개념인 안정도와 흐름값을 모두 고려하는 배합설계 방법으로 최근의 아스팔트 포장에서 발생하는 소성변형 등의 파손 현상에 대처하기 위해서는 개선이 시급한 것으로 제기되었습니다. 따라서 아스팔트 플랜트 품질 시험실의 현장 여건을 고려하고, 포장 시공 현장에서의 품질관리에 용이한 배합설계 방법의 개선이 필요하게 되었습니다.

아스팔트 포장 재료의 배합설계와 관련하여 실무에서 발생하는 다양한 문제점을 해소하고 보다 간편하고 실용적인 배합설계를 위하여 이번에 『가열 아스팔트 혼합물 배합설계 지침』을 새롭게 발간하였습니다. 본 지침을 활용하는 과정에서 개선이 필요한 부분에 대하여는 지속적으로 보완해 나갈 계획이니 활용하시는 여러분의 많은 조언을 부탁드립니다.

끝으로, 본 지침 제정 작업에 참여하여 주신 한국건설기술연구원과 자문위원 및 관계 공무원 여러분의 노고에 감사의 마음을 표하는 바입니다.

2005년 1월

강영일

건설교통부 도로국장 강영일

지침 제정에 따른 경과 조치

이 지침은 발간시점부터 이미 시행중인 설계용역이나 건설공사에 대하여는 발주기관의 장이 필요하다 인정하는 경우에 적용할 수 있습니다.

목 차

1. 총 칙	1
1.1 적용 범위	1
1.2 용어의 정의	3
2. 재 료	9
2.1 일반 사항	9
2.2 아스팔트 바인더	9
2.2.1 침입도 분류에 의한 바인더	9
2.2.2 공용성 등급에 의한 바인더	11
2.3 골재	12
2.3.1 굵은골재	12
2.3.2 잔골재	14
2.3.3 포장용 채움재	16
3. 가열 아스팔트 혼합물의 종류	18
3.1 일반 사항	18
3.2 기층용 가열 아스팔트 혼합물	20
3.2.1 골재의 품질 및 입도	20
3.2.2 기층용 가열 아스팔트 혼합물의 품질	21
3.3 중간층용 가열 아스팔트 혼합물	22
3.3.1 골재의 품질 및 입도	22

3.3.2	중간층용 가열 아스팔트 혼합물의 품질	23
3.4	표층용 가열 아스팔트 혼합물	24
3.4.1	골재의 품질 및 입도	24
3.4.2	표층용 가열 아스팔트 혼합물의 품질	25
4.	배합설계	29
4.1	일반 사항	29
4.2	가열 아스팔트 혼합물의 다짐 온도 및 혼합 온도	30
4.3	배합설계 순서	31
4.4	골재 배합률 및 합성입도의 결정	33
4.5	추정아스팔트 함량 결정	35
4.6	마샬 시험용 공시체의 제작 및 마샬 특성치 시험	36
4.7	이론최대밀도의 산출	37
4.8	최적 아스팔트 함량 결정	38
4.9	품질 확인	39
4.10	기준값 부적합시 배합설계 방법	39
4.11	현장 배합	41
4.12	생산 및 시공 중 품질관리	43
부	록	47

1. 총 칙

1.1 적용 범위

본 지침은 도로법에 규정된 각종 아스팔트 콘크리트 포장도로(고속국도, 일반국도, 특별시도, 광역시도, 지방도, 시·군·구도)와 기타 일반 공중에 이용되는 중요 아스팔트 콘크리트 포장도로에 사용되는 가열 아스팔트 혼합물의 배합설계에 대한 것이다. 본 지침에 규정되어 있지 않은 사항은 「도로공사표준시방서」, 해당 기관의 아스팔트 포장 관련 「아스팔트 포장 설계·시공요령」 및 「전문시방서」에 따른다.

【해설】

아스팔트 혼합물 배합설계의 최종 목표는 포장되는 도로의 기준에 따라 사용되는 골재와 아스팔트 등의 품질을 파악한 후에 각 재료가 기준에 적합하고, 경제성 있게 최적의 성능을 얻을 수 있는 배합비율을 정하는 것이다. 따라서, 같은 기준에 따라 배합설계를 수행하여도, 아스팔트 종류, 골재의 입도와 비중 등과 같이 생산할 때의 재료 특성에 따라 아스팔트 혼합물의 성능에 영향을 미친다. 또한 기준과 재료가 동일하여도 각 재료의 비율에 따라 나타나는 성능은 매우 큰 차이가 있다.

아스팔트 혼합물의 성능은 내구성, 강도, 안정성, 강성, 연성, 피로 저항성, 수밀성, 작업성 등으로 파악할 수 있으며, 아래와 같은 아스팔트 혼합물이 생산되도록 하여야 한다. 그리고, 배합설계에 필요한 사용 장비는 부록에서 제시한 장비를 표준으로 한다.

- (1) 포장 목적에 따른 시방 기준을 충족시킬 수 있는 범위에서 내구성을 확보하기 위해 충분한 아스팔트 함량이 있어야 하지만, 과다한 아스팔트 함량은 포장의 소성변형을 유발할 수 있기 때문에 포장의 유동성이나 처짐을 최소화시키기 위해 배합설계를 통해 최적 아스팔트 함량을 구하여야 한다.
- (2) 배합설계시에는 아스팔트 혼합물의 다짐 후에 적절한 공극을 유지할 수 있도록 하는 것이 중요하다. 이는 공극이 공용중의 운하중에 의한 충격 흡수 기능을 하기 때문에 공극이 기준 보다 작을 경우에는 쉽게 소성변형이 발생할 수 있으며, 아스팔트가 표면으로 배어 나오는 현상이 발생한다. 그리고, 공극이 너무

클 경우에도 포장의 지지력이 약해져서 바퀴주행 방향으로 소성변형이 발생하기 쉽다.

- (3) 배수성 또는 투수성 포장은 포장 내부에 침투한 물이 쉽게 배수될 수 있도록 고려하여 설계를 하므로 문제가 없으나, 일반적인 아스팔트 포장은 교통하중을 지지할 수 있도록 충분한 공극을 확보하면서 내부에 공기나 물이 침투되지 않아야 한다. 만일 포장층 내부에 수분이 스며들 경우에는 포트홀과 같은 파손을 야기한다.
- (4) 재료 분리나 성능의 저감 없이 포설될 수 있도록 충분한 작업성이 있어야 하며, 개질아스팔트 혼합물과 같이 특수한 혼합물의 경우 시험포장 등을 통하여 적합한 다짐온도 조건 등을 결정하여야 한다.
- (5) 표층용 아스팔트 혼합물은 강우시에도 충분한 마찰 저항을 낼 수 있도록 적절한 골재 품질 및 골재입도를 확보하여야 한다.

1.2 용어의 정의

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

- 「가열 아스팔트 혼합물」이라 함은 굵은골재, 잔골재, 채움재 등에 적절한 양의 아스팔트와 필요시 첨가재를 가하여 이를 가열 혼합한 아스팔트 혼합물을 말한다.
- 「개립도(開粒度) 아스팔트 혼합물」이라 함은 가열 아스팔트 혼합물로서 합성 입도에 있어 2.5mm체 통과분이 5~20% 범위로 구성되며, 노면이 매우 거칠어 미끄럼 방지용 혼합물로 사용된다.
- 「개질(改質) 아스팔트」라 함은 포장용 석유아스팔트의 성질을 개선한 아스팔트. 60℃ 점도를 높인 세미블로우아스팔트, 저온에서 신도(伸度) 및 터프네스·테네시티를 향상시키고, 고온에서 유동저항성을 향상시키기 위해 각종 폴리머, 고무 등과 같이 개질재를 첨가한 다양한 종류의 개질 아스팔트가 있다.
- 「갭(Gap)입도 아스팔트 혼합물」이라 함은 가열 아스팔트 혼합물로서 합성 입도에 있어 2.5mm~0.6mm 또는 5mm~0.6mm의 입경 부분이 10% 정도 이내의 불연속 입도로 되어 있는 것이며, 내마모성, 내유동, 미끄럼 저항성 등을 향상시키기 위해 사용된다.
- 「고로 슬래그(BFS; Blast Furnace Slag)」라 함은 철강 슬래그의 일종으로 선철을 제조할 때 발생하는 부산물이다. 냉각방법에 따라 고로 서냉(徐冷) 슬래그와 고로 수쇄(水碎) 슬래그로 나누어지며, 고로 서냉 슬래그가 기층 또는 보조기층용 골재로 이용된다.
- 「고무 아스팔트」라 함은 스티렌 부타디엔(styrene butadiene) 공중합물(共重合物), 천연고무, 인조고무(페타이어고무), 크롤로프렌(chloroprene)중합물, 스티렌 이소프렌(styrene isoprene) 공중합물 등의 아스팔트 개질재를 3~8%정도 넣은 아스팔트를 말한다.
- 「골재의 최대치수」라 함은 골재 시료 입자의 100%가 통과하는 체 중에서 가장 작은 체로서 나타내는 최대치수를 말한다.

- 「공극률」 이라 함은 다져진 포장 혼합물의 전체 체적에 대한 다져진 포장 혼합물 전체를 통하여 코팅된 골재입자 사이의 작은 공기 주머니의 전체 체적에 대한 백분율을 말한다.
- 「굵은골재, 잔골재」 라 함은 2.5mm(No.8)체에 남는 골재를 굵은골재, 2.5mm체를 통과하고 0.08mm(No.200)체에 남는 골재를 잔골재라 한다.
- 「기준 시험」 이라 함은 사용 재료의 품질 확인, 사용 기계의 성능 확인, 혼합물의 배합설계 및 품질관리를 위해 필요한 기준치의 설정 등을 목적으로 실시하는 시험을 말한다.
- 「기층」 이라 함은 표층과 보조기층 사이에 위치하며, 표층에 가해지는 교통 하중을 지지하는 역할을 한다. 변형에 대해 큰 저항을 가진 재료를 사용한다.
- 「노상」 이라 함은 노체 위에 축조되는 것으로 노면의 교통 하중을 널리 분산시켜 노체에 이러한 응력의 영향을 적게하고 안전하게 전달하는 역할을 한다.
- 「동점도」 라 함은 절대 점도를 그 시료의 온도에서 밀도로 나눈값을 말한다. 단위는 센티스토크스(cSt, mm²/s)이며, 동점도의 측정에는 일반적으로 회전점도계가 사용된다.
- 「마모층」 라 함은 적설 한냉지에서 마모방지나 일반지역에서 미끄럼방지를 목적으로 표층 상부에 포설하는 두께 2~4cm의 아스팔트 혼합물 층이며, 보통 마모층의 두께는 구조설계에 있어 포장두께에는 포함하지 않는다.
- 「마찰 안정도 시험」 이라 함은 아스팔트 혼합물의 배합을 결정하기 위하여 실시하는 시험으로서, 시험 방법은 지름 101.6mm, 높이 약 63.5mm의 원통 공시체를 사용하고 원통을 옆으로 세운 상태로 하중을 걸어 공시체가 파괴되기까지 나타낸 최대 하중(마찰안정도)과 이 때의 변형량(흐름값)을 구한다.
- 「밀립도 갭 아스팔트 혼합물」 이라 함은 밀립도 아스팔트 혼합물과 유사한 가열 아스팔트 혼합물로서 5mm(No. 4)~0.6mm(No. 30) 입경의 골재를 거의 포함하지 않는 것이며, 미끄럼 저항성이 우수하여 미끄럼 방지를 겸한 표층에 사용한다.
- 「밀립도 아스팔트 혼합물」 이라 함은 가열 아스팔트 혼합물로서 합성 입도에 있어 2.5mm(No.8)체 통과량이 35~50%의 범위로 구성되며, 가장 일반적으로 사용되는 표층용 가열 아스팔트 혼합물이다.

- 「보조기층」이라 함은 기층과 노상 사이에 위치하며 기층에 가해지는 교통 하중을 지지하는 역할을 한다. 보조기층은 지지력이 큰 양질의 재료를 사용하든지, 이러한 재료가 대단히 비싸고 입수할 수 없는 경우에는 현지 재료에 시멘트나 아스팔트 등을 첨가·혼합하여 안정 처리한다. 또한, 보조기층의 기능으로서 노면을 통해 침투된 우수와 노상도 공극의 모세관 현상에 의해 올라온 모관수를 신속히 평단 배수시키어 포장체의 내구성 증진을 목적으로 한다.
- 「배합설계」라 함은 사용 예정 재료를 이용하여 소정의 품질, 기준치가 얻어지도록 골재의 하성 입도 결정과 아스팔트 함량이나 첨가재의 양 등을 결정하는 작업을 말한다. 일반적으로 가열 아스팔트 혼합물의 경우는 공극률 4%에 해당하는 아스팔트 함량을 결정하는 것을 말한다.
- 「VMA」라 함은 골재 간극률로서 아스팔트 혼합물에서 골재를 제외한 부분의 체적, 즉 공극과 아스팔트가 차지하고 있는 체적의 혼합물 전체 체적에 대한 백분율을 말한다.
- 「블랙베이스(BB : Black Base)」라 함은 아스팔트 포장의 기층으로 사용되는 가열 혼합식에 의한 아스팔트 기층이다.
- 「블리스터링(Blistering)」라 함은 아스팔트 포장의 표면이 시공중 또는 공용시(특히 여름철) 원형으로 부풀어 오르는 현상이다. 강상판, 콘크리트 슬래브 위의 포장의 내부에 남아있는 수분, 오일분이 온도상승에 의해 기화하여 이 때 발생하는 증기압이 원인이 되어 발생한다. 일반적으로 구스 아스팔트 혼합물이나 세립도 아스팔트 혼합물과 같이 치밀한 혼합물에서 많이 발생한다.
- 「세립도 겹 아스팔트 혼합물」이라 함은 가열 아스팔트 혼합물로서 겹입도를 갖는 세립도 아스팔트 혼합물을 말한다. 2.5mm(No.8)체 통과량은 45~65%의 연속 입도의 것과 거의 같으나 2.5mm~0.6mm의 입경 부분이 적고, 0.6mm 통과량은 비교적 많다. 연속입도의 것보다 내마모성이 우수하다.
- 「세립도 아스팔트 혼합물」이라 함은 가열 아스팔트 혼합물로서 밀립도 아스팔트 혼합물보다도 세립분이 많은 혼합물을 말한다. 2.5mm(No.8)체 통과량은 일반지역에서 50~65%, 적설 한랭 지역에서는 65~80%, 아스팔트 함량은 전자에서는 6~8%, 후자에서는 7.5~9.5%를 사용한다. 일반적으로 내구성은 우수하나 내유동성이 떨어지는 경향이 있다.

- 「수침 마찰안정도」라 함은 아스팔트 혼합물의 박리특성을 시험하기 위하여 물 속에 일정시간 수침한 혼합물에 대하여 실시하는 마찰 안정도시험값이다. 보통 안정도시험에 의한 값과 비교하기 위하여 시행한다.
- 「시멘트 안정처리」라 함은 현지재료 또는 여기에 보충재료를 가한 것에 시멘트를 첨가하여 혼합하고, 최적함수비 부근에서 다져 기층이나 보조기층을 만드는 공법이다. 사용되는 시멘트량은 일축압축시험에 의하여 정하나 일반적으로 기층에서 일축압축강도 $30\text{kg}/\text{cm}^2$ 일 때 시멘트량은 3~5%정도이다.
- 「아스팔트 바인더」라 함은 천연으로 또는 석유의 증류 잔사로서 얻어진 역청(탄화수소 혼합물)을 주성분으로 하는 반고체 또는 고체의 점착성 물질을 말한다. 석유 아스팔트 중에서 보통 포장에 쓰이는 것은 침입도 60~80(AP-3) 또는 침입도 80~100(AP-5)의 스트레이트 아스팔트(아스팔트 시멘트)이다.
- 「아스팔트 혼합물」라 함은 굵은골재, 잔골재, 채움재 및 아스팔트를 정해진 비율로 혼합한 재료이다. 도로에서는 아스팔트 포장의 기층, 표층 또는 중간층에 쓰인다.
- 「안정도」라 함은 안정도(Stability) 시험에 의하여 얻어지는 아스팔트 혼합물의 특성을 말하며, 보통 마찰 안정도를 말한다. 광의로는 교통 하중에 의한 아스팔트 혼합물의 유동변형에 대한 저항성을 의미하기도 한다.
- 「역청 재료」라 함은 2황화탄소에 용해되는 탄화수소의 혼합물로 상온에서 고체 또는 반고체의 것을 역청(Bitumen)이라 하며, 이 역청을 주성분으로 하는 재료를 말한다. 아스팔트 시멘트, 커트백 아스팔트, 유화 아스팔트 등의 종류가 있다.
- 「이론최대밀도」라 함은 다짐된 혼합물 속에 전혀 공극이 없는 것으로 가정했을 때의 밀도를 말한다.
- 「잔류안정도」라 함은 가열 아스팔트 혼합물의 박리 특성을 시험하기 위하여 60°C 물 속에 48시간 동안 수침한 공시체에 대하여 실시하는 마찰 안정도 시험을 말하며, 일반 마찰 안정도 값에 대한 48시간 수침 후 마찰 안정도 값의 비율로서 구한다.
- 「제강 슬래그」라 함은 철에서 강을 만들기 위해 쇳물에 녹아있는 탄소, 규소 성분 등을 제거하는 공정에서 발생하는 부산물이다. 고로에서 제조된 쇳물에

고압의 산소를 불어넣어 정련하는 공정에서 생성되는 고로제강슬래그(BOF Slag; Basic Oxygen Furnace Slag)와 고철 등을 전기로에서 정련할 때 생성되는 전기로슬래그(EAF Slag; Electric Arc Furnace Slag)로 크게 구별할 수 있다. 규격에 적합한 것은 파쇄하여 보조기층, 기층, 아스팔트 혼합물용 골재로 이용한다.

- 「조립도 아스팔트 혼합물」이라 함은 가열 아스팔트 혼합물로서 합성 입도에 있어 2.5mm체 통과분이 20~35% 범위의 아스팔트 혼합물을 말한다. 일반적으로 아스팔트 콘크리트 포장의 중간층용 재료로 쓰인다.
- 「중간층」이라 함은 표층과 기층 사이에 위치하며, 기층의 요철을 보정하고 표층에 가해지는 하중을 기층에 균일하게 전달하는 역할을 한다. 보통 가열 아스팔트 혼합물을 사용한다.
- 「채움재」라 함은 KS F 3501의 입도 및 품질기준에 적합한 석회 석분, 포틀랜드 시멘트, 소석회, 플라이 애쉬, 회수 더스트, 전기로 제강 더스트, 주물 더스트, 각종 소각회 및 기타 적당한 광물성 물질의 분말을 말한다. 사용시에는 먼지, 진흙, 유기물, 덩어리진 미립자 등의 아스팔트 혼합물 품질을 저감시키는 물질이 함유되어있지 않아야 한다.
- 「최적 아스팔트 함량」이라 함은 가열 아스팔트 혼합물의 사용 목적에 따라 특성이 가장 잘 발현될 수 있도록 결정된 아스팔트 함량으로 각 혼합물의 최적 아스팔트 함량은 배합설계로 결정된다.
- 「침입도」라 함은 25℃에서 아스팔트의 굳기(硬度)를 나타내는 지수이다. 아스팔트에 규정된 치수의 바늘로 100g의 힘으로 5초 동안 눌렀을 때의 침의 관입 깊이를 0.01cm 단위로 나타낸 값으로 이 값이 작을수록 단단한 아스팔트를 의미한다.
- 「택코우트」라 함은 역청재료 또는 시멘트 콘크리트 슬래브 등을 사용한 아래 층과 아스팔트 혼합물로 된 윗 층을 결합시키기 위하여 아래 층의 표면에 역청 재료를 살포하여 만든 막을 말한다. 일반적으로 유화아스팔트 RS(C)-4를 사용한다.
- 「포화도」라 함은 골재 간극 중에 아스팔트가 차지하는 비율을 말한다.
- 「표층」이라 함은 교통 하중에 접하는 최상부의 층으로 교통 하중을 하층에

분산시키거나, 빗물의 침투를 막고 타이어에 마찰력을 제공하는 역할을 한다. 표층에는 표층용 가열 아스팔트 혼합물이 이용된다.

- 「품질관리」라 함은 재료의 품질 특성이 시공 또는 생산 공정 중에 해당 규정의 상한과 하한 범위 내에서 설계 도서에 명시된 규격에 만족하도록 적절한 시험 등을 시행하여 품질수준을 확인하고 조치를 취하여 관리하는 것을 말한다. 포장 결함을 사전에 방지하는 것을 목적으로 하여 시행하는 모든 수단을 의미한다.
- 「프라임코우트」라 함은 입상재료에 의한 보조기층 또는 기층의 방수성을 높이고, 그 위에 포설하는 아스팔트 혼합물 층과의 접착을 좋게 하기 위하여 보조기층 또는 쇄석기층 위에 역청재료를 살포한 막을 말한다. 또한 시멘트 콘크리트 포장에서 입상재료, 시멘트 안정처리 기층등의 양생용으로 역청재료를 살포하는 것을 말하기도 한다. 일반적으로 유화 아스팔트 RS(C)-3를 사용한다.
- 「플러쉬 현상(Flushing)」라 함은 아스팔트 포장에 있어서 아스팔트분이 블리딩(Bleeding)을 일으켜 표층의 표면이 검은 반점으로 포화된 현상을 말한다.
- 「현장배합」라 함은 실험실 배합설계를 기준으로 현장에 따라 사용하는 재료와 기계 등을 고려하여 최종적으로 결정한 실제로 사용하는 배합을 말한다.
- 「혼합온도」라 함은 아스팔트 혼합물 배합설계시 골재와 아스팔트를 혼합할 때의 온도이다.
- 「회수(回收) 더스트」라 함은 가열 아스팔트 혼합물을 제조할 때 드라이어에서 가열된 골재로부터 발생하는 분말상의 것(Dust)을 말하며, 백필터와 같은 건식 2차 집진 장치에서 포집(Collection)하여 혼합물의 채움재로 환원 사용하는 것을 말한다.

2. 재 료

2.1 일반 사항

가열 아스팔트 혼합물의 제조에 사용하는 골재, 아스팔트 바인더 등의 품질은 본 지침의 품질 규격을 만족하는 것을 원칙으로 하며, 본 지침에 규정되어 있지 않은 사항은 「아스팔트 포장 설계·시공요령」 및 「도로공사표준시방서」에 따른다.

2.2 아스팔트 바인더

2.2.1 침입도 분류에 의한 바인더

아스팔트 바인더는 KS M 2201(스트레이트 아스팔트)의 침입도 규격에 따라 <표 2.1>에 만족하는 것을 사용하여야 한다. 사용 목적에 따라 내구성을 요하는 경우에는 고무 아스팔트 또는 수지 혼합 아스팔트와 같은 개질 아스팔트 또는 첨가재를 사용하는 것도 필요하다. 아스팔트 혼합물의 혼합 및 다짐온도 결정을 위하여 시험성적서에는 <표 2.1>의 항목 외에 120℃, 150℃, 180℃에서의 각각 동점도 및 150cSt, 170cSt, 190cSt, 250cSt, 280cSt, 310cSt에서의 온도를 부기하여야 한다.

【해 설】

가열 아스팔트 혼합물에는 <표 2.1>의 침입도 60~80 또는 80~100의 스트레이트 아스팔트 바인더를 사용되며, 주로 침입도 60~80 아스팔트가 사용된다. 포장의 소성 변형에 대한 저항성을 향상시키기 위해서는 정유사에 침입도 65±5가 되는 아스팔트의 생산을 요청하여 사용하는 것이 좋다.

사용 목적에 따라 내구성을 요하거나 수분 침투에 의한 박리 특성을 보강하기 위해 고무 아스팔트 또는 폴리머 혼합 아스팔트와 같은 고점도의 개질 아스팔트 또는 첨가재를 사용하는 수도 있다. 이 경우에는 2.2.2항의 공용성 등급에 의한 바인더 기준에 따른다.

아스팔트의 동점도는 아스팔트 혼합물의 혼합 및 다짐온도를 구하기 위하여 반드시 필요한 시험값으로 cSt 또는 mm²/s 단위로 보고한다. 동점도의 시험은 KS M 2248

(아스팔트 동점도 시험 방법) 또는 KS F 2392(회전 점도계를 이용한 아스팔트의 점도 시험방법)에 따른다. 일반적으로 120℃, 150℃, 180℃에서의 동점도 시험값을 이용하여 혼합시의 동점도인 170±20cSt와 다짐시의 동점도인 280±30cSt에 해당하는 온도값을 구한다. 따라서, 동점도가 150cSt, 170cSt, 190cSt, 250cSt, 280cSt, 310cSt 일 경우의 온도를 구하여야 하며, 이 온도는 동점도 시험값을 이용하여 KS M 2014(원유 및 석유제품의 동점도 시험 방법 및 석유 제품 점도지수 계산 방법)에 따라 아래의 식으로 구하거나, X축에 온도, Y축에 log(log동점도)의 그래프로 구한다.

$$\log(\log Z) = A - B \log(273.15 + t)$$

여기서, Z = 동점도(cSt) + 0.7

A, B = 2가지 이상의 온도-동점도값으로 구하는 상수

t = 온도(℃)

〈표 2.1〉 침입도 분류에 의한 도로 포장용 아스팔트 바인더의 품질 기준

항 목	침입도 등급	
	60-80	80-100
침입도 (25℃, 100g, 5초)	61~80	81~100
연화점 (℃)	44~52	42~50
신도 (15℃, cm)	100 이상	100 이상
톨루엔가용분 (무게 %)	99.0 이상	99.0 이상
인화점 (℃)	260 이상	260 이상
박막가열 후		
질량변화율 (무게 %)	0.6 이하	0.6 이하
침입도잔유율 (%)	55 이상	50 이상
증발 후		
침입도 비 (%)	110이하	110이하
밀도(15℃, kg/m ³)	1000이상	1000이상

2.2.2 공용성 등급에 의한 바인더

침입도 등급에 의한 아스팔트 바인더는 고온 저항 특성을 적절히 반영하기 어려우므로 소성변형 발생의 위험이 높은 구간은 공용성 등급에 의하여 일정 등급 이상의 바인더를 사용하는 것이 좋다.

특히 교통량이 많은 교차로는 아스팔트 혼합물에 사용되는 아스팔트 바인더를 KS F 2389의 아스팔트의 공용성 등급 규정에 따라 PG 76-22 이상을 사용하여야 한다. 그리고, 신호대기 지역, 오르막 구간 및 자정체가 심한 도로와 중교통이 통행하여 소성변형 발생 위험이 높은 지역에도 아스팔트바인더를 PG 76-22 이상을 적용하는 것을 검토하여야 한다.

【해 설】

KS F 2389(아스팔트의 공용성 등급)에서 제안하고 있는 아스팔트 바인더 등급은 PG XX-YY로 표현되며, XX는 최고온도, -YY는 최저온도의 개념으로, 예를 들어 PG 64-22은 예상되는 포장의 최고온도가 64℃이고, 최저가 -22℃임을 나타낸다. 공용성 아스팔트 등급에서는 과거 20년 이상의 기상자료 중 고온등급은 연속되는 7일간의 온도가 최고인 기간을 결정하여 이 기간의 평균최고 대기온도를 사용하여 포장깊이 2cm의 온도를 추정하며, 저온등급은 년 최저 대기 기온을 포장의 저온 기준으로 규정하여 확률 98%의 온도를 이용하여 아스팔트 바인더의 등급을 결정한다. <표 2.2>는 공용성 아스팔트 바인더의 등급을 보여준다.

〈표 2.2〉 공용성 아스팔트 바인더 등급

고온 등급	저온 등급
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

【주】 공용성 등급에 의한 아스팔트 바인더는 PG 46-XX 보다 PG 82-XX 인 것이 소성변형에 대한 저항성이 더욱 크며, PG XX-10 보다 PG XX-46인 것이 저온 균열에 대한 저항성이 크다.

2.3 골재

가열 아스팔트 혼합물에 사용하는 골재로는 굵은골재, 잔골재가 사용된다. 골재의 품질이나 입도는 포장의 성능에 큰 영향을 주며, 산지에 따라 물리-화학적인 특성이 다르므로, 사용 전에 품질 시험을 수행하여 사용여부를 판단하여야 한다.

2.3.1 굵은골재

가열 아스팔트 혼합물에 사용하는 굵은 골재는 부순 골재(쇄석), 부순 슬래그, 부순 자갈 등으로서, 깨끗하고 강하고 내구적이어야 하며, 점토, 실트, 유기물 등의 유해 물질을 함유해서는 안된다.

골재 입도 기준은 <표 2.3>에 따르며, 품질은 <표 2.4>에 따른다.

【해설】

(1) 입도

- 가열 아스팔트 혼합물에 사용하는 굵은골재의 입도는 <표 2.3>과 같이 KS F 2357 (역청 포장 혼합물용 골재)의 규정에 따른다.
- 굵은 골재는 아스팔트 혼합물의 생산시 품질관리를 위하여 도로용 단입도 쇄석을 사용하는 것이 좋다. 즉, <표 2.3>의 골재번호 3, 4, 5, 6, 7, 8의 골재를 사용하는 것이 좋으며, 골재번호 467, 78, 67, 68 등의 혼합된 골재는 사용하지 않는 것이 좋다.

(2) 품질

- 골재는 모암의 암종에 따라 아스팔트와의 피복 특성이 다르게 나타나므로 지역적인 기후 조건에 의해 포장의 박리 현상이 우려되는 도로에서는 골재와 아스팔트 바인더 사이의 부착성이 양호한 골재를 선정해야 한다.

- 굵은 골재는 <표 2.4>의 품질규정을 만족해야 한다. 단, 현장 경험이나 실내 시험 등으로 소요품질의 포장이 얻어질 수 있을 경우에는 규정에 적합하지 않은 골재도 감독관의 판단에 의해 사용할 수 있으며, 사용 목적에 따라 경제성을 고려하여 선정한다.

〈표 2.3〉 굵은골재의 입도

골재 번호	체의 호칭치수 (mm)	각 체를 통과하는 질량 백분율 %									
		65	50	40	25	20	13	10	5	2.5	1.2
3	50~25	100	90~100	35~70	0~15	-	0~5	-	-	-	-
357	50~5	100	95~100	-	35~70	-	10~30	-	0~5	-	-
4	40~20	-	100	90~100	20~55	0~15	-	0~5	-	-	-
467	40~5	-	100	95~100	-	35~70	-	10~30	0~5	-	-
5	25~13	-	-	100	90~100	20~55	0~10	0~5	-	-	-
57	25~5	-	-	100	95~100	-	25~60	-	0~10	0~5	-
6	20~10	-	-	-	100	90~100	20~55	0~15	0~5	-	-
67	20~5	-	-	-	100	90~100	-	20~55	0~10	0~5	-
68	20~2.5	-	-	-	100	90~100	-	30~65	5~25	0~10	0~5
7	13~5	-	-	-	-	100	90~100	40~70	0~15	0~5	-
78	13~2.5	-	-	-	-	100	90~100	40~75	5~25	0~10	0~5
8	10~2.5	-	-	-	-	-	100	85~100	10~30	0~10	0~5

【주】 여기에서 체의 호칭치수는 각각 KS A 5101에 규정한 표준망체 63mm, 53mm, 37.5mm, 26.5mm, 19mm, 13.2mm, 9.5mm, 4.75mm, 2.36mm, 1.18mm에 해당한다.

〈표 2.4〉 굵은골재의 품질

구 분	시험 방법	규 정	
		기층	표층
밀도(절대건조)	KS F 2503	2.45 이상	2.45 이상
흡수율 (%)	KS F 2503	3.0 이하	3.0 이하
편장석률 (%)	KS F 2575	20 이하	20 이하
안정성 (%) ¹⁾	KS F 2507	12 이하	12 이하
마모율 (%)	KS F 2508	40 이하	35 이하

【주1】 안정성 시험은 황산나트륨으로 5회 반복 시험한다.

(3) 저장

- 굵은골재는 종류별, 크기별로 분리 저장하여 서로 혼합되지 않도록 하여야 하며, 먼지, 진흙 등 불순물이 혼입되지 않고, 재료분리가 일어나지 않도록 하여야 한다.
- 빗물 등에 의해 직접 노출되지 않도록 덮개를 씌우거나 상설 지붕이 있는 시설에 보관하여야 한다.

2.3.2 잔골재

가열 아스팔트 혼합물에 사용하는 잔골재는 암석, 자갈 등을 깨어 얻어진 부순 모래(스크리닝스), 자연모래 또는 이들의 혼합물로서, 깨끗하고 강하며 내구적이어야 하고, 먼지, 점토, 유기물 등의 유해 물질을 함유해서는 안된다.
골재 입도 기준은 <표 2.5>에 따르며, 품질은 <표 2.6>에 따른다.

【해 설】

(1) 입 도

- 잔골재의 입도는 KS F 2357(역청 포장 혼합물용 골재)의 규정에 따르며, <표 2.5>의 규정에 적합하여야 한다. 단, 현장 경험이나 실내 시험 등으로 소요품질의 포장이 얻어질 수 있을 경우에는 규정에 적합하지 않은 골재도 감독관의 판단에 의해 사용할 수 있으며, 사용 목적에 따라 경제성을 고려하여 선정한다.

(2) 품 질

- 가열 아스팔트 혼합물에 사용하는 잔골재는 <표 2.6>의 품질 규정을 만족하여야 한다.
- 잔골재의 입도 분포가 배합설계할 때 문제가 없다면 가능한 부순모래(스크리닝스)를 사용하고 자연 모래는 사용하지 않는 것이 혼합물의 품질 확보에 좋다.
- 점토나 먼지가 많이 함유되어있는 잔골재 또는 자연 모래를 가열 아스팔트 혼합물에 사용할 때는 모래당량(KS F 2340) 시험을 통해 규정을 만족하여야 한다. 모래당량 시험의 목적은 잔골재 또는 자연 모래의 청결성을 유지하기 위함이며, 소성입자 및 더스트의 상대 비율을 결정하는데 사용된다.

〈표 2.5〉 잔골재의 입도

체의 호칭치수 (mm)	각 체를 통과하는 질량 백분율 %				
	입도 No. 1	입도 No. 2	입도 No. 3	입도 No. 4	입도 No. 5
10	100	-	-	100	-
5	95~100	100	100	80~100	100
2.5	70~100	75~100	95~100	65~100	85~100
1.2	40~80	50~74	85~100	40~80	-
0.6	20~65	28~52	65~90	20~65	25~55
0.3	7~40	8~30	30~60	7~40	15~40
0.15	2~20	0~12	5~25	2~20	7~28
0.08	0~10	0~5	0~5	0~10	0~20

【주1】 여기에서 체는 각각 KS A 5101에 규정한 표준망체 9.5mm, 4.75mm, 2.36mm, 1.18mm, 0.6mm, 0.3mm, 0.15mm, 0.075mm에 해당한다.

〈표 2.6〉 잔골재의 품질

구 분	시 험 방 법	규 정
밀도(절대건조)	KS F 2504	2.50 이상
흡수율 (%)	KS F 2504	3.0 이하
안정성 (%) ¹⁾	KS F 2507	15 이하

【주1】 안정성 시험은 황산나트륨으로 5회 반복 시험한다.

(3) 저장

- 잔골재가 다른 골재와 서로 혼합되지 않도록 분리 저장하여야 하며, 먼지, 진흙 등 불순물이 혼입되지 않도록 하여야 한다.
- 잔골재는 빗물이 침투할 경우 입도의 변동이 발생하기 쉽고, 수분이 많아져서 가열에 문제가 발생할 수 있으므로 빗물 등에 의해 직접 노출되지 않도록 상설 지붕이 있는 시설에 보관하여야 하며, 감독관의 판단에 따라 천막이나 덮개를 씌워서 보관할 수 있다. 단, 어떠한 경우에도 지붕이나 덮개가 없이 보관하여서는 안된다.

2.3.3 포장용 채움재

가열 아스팔트 혼합물에 사용하는 채움재는 석회 석분, 포틀랜드 시멘트, 소석회, 플라이애쉬, 회수 더스트, 전기로 제강 더스트 및 기타 적당한 광물성 물질의 분말이어야 한다. 사용시에는 먼지, 진흙, 유기물, 덩어리진 미립자 등의 유해 물질을 함유하지 않아야 한다.

【해설】

(1) 입도

- 채움재의 입도는 KS F 3501(역청 포장용 채움재)의 규정에 따르며, <표 2.7>의 기준에 적합해야 한다.

〈표 2.7〉 포장용 채움재의 입도

체의 호칭 치수(mm)	체 통과 질량 백분율 (%)
0.6	100
0.3	95 이상
0.15	90 이상
0.08	70 이상

【주】 여기에서 체는 각각 KS A 5101에 규정한 표준망체 0.6mm, 0.3mm, 0.15mm, 0.075mm에 해당한다.

(2) 품질

- 채움재는 수분 함량이 1.0% 이하이어야 한다.
- 석회 석분, 시멘트, 소석회 이외의 재료를 채움재로 사용할 경우에는 <표 2.8>의 규정을 만족하여야 한다.
- 아스팔트 포장은 강우에 의해 물의 침투를 장기적으로 받으므로 박리 현상이 발생할 우려가 있다. 따라서 지역 특성에 따라 박리 방지 대책을 세워야 하며, 집중적인 강우가 발생하는 지역에서는 채움재 중량의 약 50% 이상을 소석회 또는 시멘트로 대체하여 사용하는 것이 강구되어야 한다.

〈표 2.8〉 채움재의 품질시험(KS F 3501)

항 목	시 험 방 법	기 준
소 성 지 수	KS F 2303	6 이하
흐 림 시 험 ¹⁾	KS F 3501	50% 이하
침 수 팽 창 ²⁾	KS F 3501	3% 이하
박 리 저항성 ³⁾	KS F 3501	1/4 이하

【주1】 흐름 시험은 KS L 5111에 규정된 플로테이블과 플로콘을 사용하며, 채움재를 물과 혼합했을 때 플로 지름이 20cm 되는 함수비이다. 시험시에는 물의 양을 플로 지름이 약 20±4cm 범위에 들어가도록 하며, 이 양은 보통의 석회 석분의 경우에는 약 350~450ml이다.

【주2】 침수 팽창 시험은 KS F 2337에 규정하는 다짐용 해머와 몰드를 사용하며, 다져진 채움재가 4시간 동안 물을 흡수하며 증가하는 비율이다. 침수팽창 값은 다음의 계산식을 이용하여 구한다.

$$B = \frac{M_2}{M_1 - M_3} \times 100$$

여기서, B : 침수 팽창률(%)

M_1 : 시료, 밀판, 몰드의 질량(g)

M_2 : 팽창한 시료의 건조 후 질량(g)

M_3 : 밀판, 몰드의 질량(g)

【주3】 박리 저항성은 채움재를 아스팔트와 혼합한 혼합물을 1분 동안 끓인 후 박리 정도를 측정하는 것이다. 비커에 증류수 또는 수돗물을 약 300ml 넣고 끓여 서, 여기에 혼합물을 20g 넣고 60초 동안 가열한 후 비커의 밑에서 관찰하여 표준 모래로부터 아스팔트의 박리 상태를 평가한다.

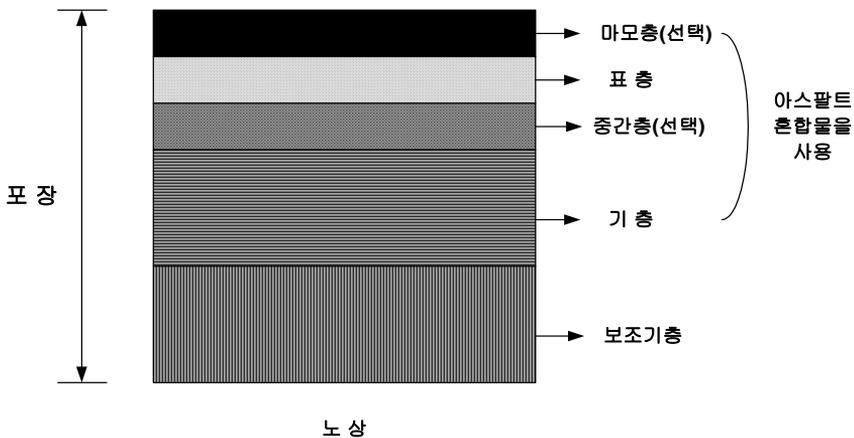
3. 가열 아스팔트 혼합물의 종류

3.1 일반 사항

- (1) 가열 아스팔트 혼합물의 종류는 <표 3.1>의 것을 표준으로 한다.
- (2) 가열 아스팔트 혼합물은 용도에 따라 기층용, 중간층용, 표층용 혼합물로 구분된다.

【해설】

- 아스팔트 포장의 구성 단면은 <그림 3.1>에 나타난다. 마모층과 중간층은 반드시 필요하지는 않으며, 선택적으로 사용가능하다.
- 가열 아스팔트 혼합물의 선정에 있어서는 기상 조건, 지역 조건, 지역 구분, 교통량 구분, 차선의 수, 재료 조건, 1층의 마무리 두께, 시공성 등을 고려한다.
- 표층에는 일반적으로 트럭 등의 대형차 교통량이 많은 도로에는 내유동성을 갖는 혼합물을, 교통량이 적은 도로에는 유연성과 내구성이 있는 혼합물을 선정하여 사용하며, 겨울철에 타이어 체인 등으로 표면이 마모될 수 있는 적설 지역의 도로는 내마모성을 증시한 혼합물을 사용한다.



<그림 3.1> 아스팔트 포장의 구성

〈표 3.1〉 표층용 가열 아스팔트 혼합물의 종류 및 특징

혼합물 종류	용도	특징
밀립도 아스팔트 콘크리트(13, 20) [WC-1, WC-3]	일반적인 포장의 표층에 사용	포장에 주로 사용되고 있으며, 비교적 내유동성, 미끄럼저항성이 좋다. 특히 최대입경 20mm의 혼합물은 내유동성이 좋다.
밀립도 아스팔트 콘크리트(13F, 20F) [WC-2, WC-4]	중교통량 이하 일반적인 포장의 내마모용 표층에 사용	내마모성이 우수함. 세립분이 많아서 내유동성이 비교적 낮음
내유동 아스팔트 콘크리트(13R, 20R) [WC-6, WC-5]	대형차 교통량이 많은 경우의 표층에 사용	내구성과 내유동성이 우수하며, 소성변형 발생가능성이 높은 지역에 사용

굵은골재의 비율과 입도분포에 따라 밀립도, 내유동 아스팔트 콘크리트로 나누어지며, 최대골재의 크기에 따라 13mm, 20mm 로 구분된다. 일반적으로 최대 골재크기가 클수록 생산과 포설시에 혼합물의 재료분리 가능성이 높아지고 승차감이 조금 낮아지지만, 내유동성이 증가되어 소성변형에 대한 저항성이 높아진다.

〈표 3.1〉에서 []안의 명칭은 혼합물 종류의 약칭이며, [] 및 () 안의 숫자는 혼합물의 최대 골재크기(mm)를 나타낸다. 그리고 「WC」는 표층에 적용됨을 나타내며, 「F」는 광물성채움재(석분)가 많이 함유된 혼합물, 「R」은 소성변형에 저항성이 높은 혼합물임을 나타낸다.

배합설계시 골재입도는 〈표 3.2〉, 〈표 3.4〉, 〈표 3.5〉를 표준으로 한다.

설계 아스팔트량은 마찰시험에 의해 결정하며, 〈표 3.3〉, 〈표 3.6〉의 마찰시험 기준치의 범위내에서 경제성을 고려하여 결정한다.

3.2 기층용 가열 아스팔트 혼합물

기층은 쇄석 기층, 시멘트 안정처리 기층 등이 있으나, 포장의 성능을 높이기 위하여 일반적으로 기층용 가열 아스팔트 혼합물로 시공하며, 혼합물은 <표 3.2>에 따른 혼합 입도의 골재와 아스팔트를 가열 혼합하여 생산한다.

3.2.1 골재의 품질 및 입도

굵은골재, 잔골재, 채움재 등을 <표 3.2>의 혼합 입도가 되도록 합성하여 사용한다.

【해 설】

- 기층용 가열 아스팔트 혼합물은 굵은 골재, 잔골재, 채움재 등을 혼합하여 사용하며, 골재의 품질은 <표 2.4>, <표 2.6>, <표 2.8>의 규정을 만족해야 한다.
- 굵은골재, 잔골재 및 채움재를 혼합한 합성입도는 <표 3.2>를 표준으로 한다.

<표 3.2> 기층용 가열 아스팔트 혼합물 표준 배합

혼합물의 종류		BB-1	BB-2	BB-3	BB-4
		40	30	25	25R
통과 질량 백분율 (%)	50mm	100	-	-	-
	40mm	95~100	100	-	-
	30mm	80~100	95~100	100	100
	25mm	70~100	80~100	90~100	95~100
	20mm	55~90	55~90	71~90	80~90
	13mm	40~80	46~80	56~80	60~78
	10mm	30~70	40~70	45~72	45~68
	5mm	17~55	28~55	29~59	25~45
	2.5mm	10~42	19~42	19~45	15~33
	0.6mm	5~28	7~26	7~25	6~18
	0.3mm	3~22	4~19	5~17	4~14
	0.15mm	2~16	2~13	3~12	3~10
	0.08mm	1~10	1~7	1~7	2~8

【주1】 여기에서 체는 각각 KS A 5101에 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.

【주2】 BB는 기층용 가열 아스팔트 혼합물(Black Base)의 약자이며, 혼합물의 최대 골재 크기 및 소성변형 저항성 등에 따라 4종으로 구분된다.

【주3】 「R」은 소성변형에 저항성이 높은 혼합물임을 나타낸다.

3.2.2 기층용 가열 아스팔트 혼합물의 품질

기층용 가열 아스팔트 혼합물은 KS F 2337(마살 시험기를 사용한 역청 혼합물의 소성 흐름에 대한 저항력 시험 방법)에 의하여 시험했을 때 <표 3.3>의 품질 기준에 합격해야 한다.

【해설】

<표 3.3> 기층용 가열 아스팔트 혼합물의 마살 시험 기준값

구 분		기 준 값
안 정 도	kN	3.5(4.9) 이상
	kgf	350(500) 이상
흐름 값 (1/100cm)		10 ~ 40
공극율 (%)		4 ~ 6
포화도 (%)		65 ~ 75
골재 간극률 (%)		<표 3.7> 참조
다짐회수 (회)		양면 각 50 (75)

【주1】 ()안은 대형차 교통량 1일 1방향 1000대 이상, 또는 20년 설계 ESAL > 10⁷인 경우로서 유동에 의한 소성변형이 우려되는 포장에 적용한다. 그리고 WC-5, WC-6은 ()안의 기준은 적용한다.

【주2】 이론최대밀도는 다져진 아스팔트 혼합물에 공극이 전혀 없다고 가정할 때의 밀도로서, 가열 아스팔트 혼합물의 공극율을 구할 때 반드시 KS F 2366에 따라 시험에 의해 구하여야 하며, 계산식으로 구하면 안된다.

【주3】 25mm를 넘는 골재는 같은 중량 만큼 25~13mm의 굵은 골재로 치환하여 공시체를 제작한다.

【주4】 골재의 혼합 입도가 세립 부분이 적어서 마찰 안정도가 규정 이하의 경우에는 채움재를 추가할 필요가 있다.

3.3 중간층용 가열 아스팔트 혼합물

중간층은 기층면 위에 택코우트를 시공한 후 표층과 기층의 사이의 층으로 적용하며, 포장에 반드시 필요한 것은 아니다.

3.3.1 골재의 품질 및 입도

중간층용 가열 아스팔트 혼합물은 <표 3.2>의 BB-4, <표 3.4>의 MC-1, <표 3.5>의 WC-5의 입도를 사용할 수 있으며, 기층 및 표층 혼합물의 종류 및 교통량 조건 등을 고려하여 선정한다.

【해설】

- 중간층은 기층의 요철을 보정하고 표층에 가해지는 하중을 기층에 균일하게 전달하는 역할을 한다.
- 중간층용 가열 아스팔트 혼합물은 굵은 골재, 잔골재, 채움재 등을 혼합하여 사용하며, 골재의 품질은 <표 2.4>, <표 2.6>, <표 2.8>의 규정을 만족해야 한다.
- 중간층용 가열 아스팔트 혼합물은 <표 3.4>의 MC-1과 기층용 기준인 <표 3.2>의 BB-4, 표층용 기준인 <표 3.5>의 WC-5를 사용할 수 있다.
- 기층용 및 표층용 아스팔트 혼합물의 최대 골재 크기를 고려하여, 최대 골재크기가 중간정도인 아스팔트 혼합물을 선정하는 것이 좋다. 즉, 예를 들어 기층을 BB-2(30mm), 표층을 WC-1(13mm)를 사용할 경우 중간층은 WC-5(20mm)를 적용할 수 있고, 기층을 BB-1(40mm), 표층을 WC-3(20mm)를 사용할 경우 중간층은 BB-4(25mm)를 적용할 수 있다.

〈표 3.4〉 중간층용 가열 아스팔트 혼합물 표준 배합

혼합물의 종류		MC-1
체의 호칭치수		25
통과 과 질 량 백 분 율 (%)	25mm	100
	20mm	90~100
	13mm	70~90
	5mm	35~55
	2.5mm	20~35
	0.6mm	11~23
	0.3mm	5~16
	0.15mm	4~12
	0.08mm	2~7

【주1】 여기에서 체는 각각 KS A 5101에 규정한 표준망체 26.5mm, 19mm, 13.2mm, 4.75mm, 2.36mm, 0.6mm, 0.3mm, 0.15mm, 0.075mm에 해당한다.

3.3.2 중간층용 가열 아스팔트 혼합물의 품질

중간층용 가열 아스팔트 혼합물은 혼합물의 종류에 따라 기층용 또는 표층용 품질기준을 적용한다.

KS F 2337(마살 시험기를 사용한 역청 혼합물의 소성흐름에 대한 저항력 시험 방법)에 의하여 시험했을 때 BB-4는 〈표 3.3〉의 기층용 아스팔트 혼합물 기준을 만족하여야 하며, MC-1과 WC-5는 〈표 3.6〉의 표층용 아스팔트 혼합물 기준을 만족하여야 한다.

【해설】

- 중간층은 표층과 기층의 중간에 위치하며, 표층 또는 기층의 품질기준을 적용한다.
- 기층용 아스팔트 혼합물 종류인 BB-4를 사용할 경우에는 〈표 3.3〉의 기층용 아스팔트 혼합물 품질 기준을 적용하여 배합설계를 수행하여야 하며, 표층용 아스팔트 혼합물 종류인 WC-5과 MC-1을 사용할 경우에는 〈표 3.5〉의 표층용 아스팔트 혼합물 품질 기준을 적용하여 배합설계를 수행하여야 한다.

3.4 표층용 가열 아스팔트 혼합물

아스팔트 포장의 기층면 위에 텍코우트로 시공한 후 가열 아스팔트 혼합물을 사용한 표층에 적용한다.

3.4.1 골재의 품질 및 입도

〈2장〉의 굵은골재, 잔골재, 채움재를 합성한 골재를 사용하며, 〈표 3.5〉의 표준 배합 입도에 적합하여야 한다.

【해 설】

- 중간용 가열 아스팔트 혼합물은 굵은 골재, 잔골재, 채움재 등을 혼합하여 사용하며, 골재의 품질은 〈표 2.4〉, 〈표 2.6〉, 〈표 2.8〉의 규정을 만족해야 한다.
- 굵은골재, 잔골재 및 채움재를 혼합하였을 때의 골재 합성 입도는 〈표 3.5〉를 표준으로 한다.

〈표 3.5〉 표층용 가열 아스팔트 혼합물의 표준 배합

혼합물의 종 류 체의 호칭치수		WC-1	WC-2	WC-3	WC-4	WC-5	WC-6
		밀립도	밀립도	밀립도	밀립도	내유동성	내유동성
		13	13F	20	20F	20R	13R
통과 질 량 백 분 율 (%)	25mm	-	-	100	100	100	-
	20mm	100	100	90~100	95~100	90~100	100
	13mm	90~100	95~100	72~90	75~90	69~84	90~100
	10mm	76~90	84~92	56~80	67~84	56~74	73~90
	5mm	44~74	55~70	35~65	45~65	35~55	40~60
	2.5mm	28~58	35~50	23~49	35~50	23~38	25~40
	0.60mm	11~32	18~30	10~28	18~30	10~23	11~22
	0.30mm	5~21	10~21	5~19	10~21	5~16	7~16
	0.15mm	3~15	6~16	3~13	6~16	3~12	4~12
	0.08mm	2~10	4~8	2~8	4~8	2~10	3~9

- 【주1】 표의 아스팔트 혼합물 종류명은 <표 3.1>에서 제시한 약칭이다.
- 【주2】 여기에서 체는 각각 KS A 5101에 규정한 표준망체 26.5mm, 19mm, 13.2mm, 9.5mm, 4.75mm, 2.36mm, 0.6mm, 0.3mm, 0.15mm, 0.075mm에 해당한다.
- 【주3】 WC는 표층용 가열 아스팔트 혼합물(Wearing Course)의 약자이며 아스팔트 혼합물 기층의 구분 기호인 BB와 구분하기 위하여 사용된 기호이다.
- 【주4】 「F」는 광물성채움재(석분)가 많이 함유된 혼합물, 「R」은 소성변형에 저항성이 높은 혼합물임을 나타낸다.

3.4.2 표층용 가열 아스팔트 혼합물의 품질

가열 아스팔트 혼합물은 KS F 2337(마살 시험기를 사용한 역청 혼합물의 소성 흐름에 대한 저항력 시험 방법)에 의하여 시험했을 때 <표 3.6>의 품질 기준에 합격해야 한다.

<표 3.5>의 입도 중 일반지역의 경우 WC-1, WC-2, WC-3, WC-4의 입도를 적용하며, 소성변형 발생 가능성이 높은 지역에는 내유동성 입도인 WC-5와 WC-6 입도를 적용한다.

【해설】

- 공시체의 공극률 계산시에 적용되는 이론최대밀도는 다져진 혼합물에 공극이 전혀 없다고 가정할 때의 밀도로서, 가열 아스팔트 혼합물의 공극률을 계산할 때에는 반드시 시험에 의하여 구한 이론최대밀도값을 사용하여야 한다.
- 상기의 이론최대밀도 시험 방법은 KS F 2366에 따르며, 본 지침의 부록 【이론최대 밀도 측정 시험】에 수록하였다.

〈표 3.6〉 표층용 가열 아스팔트 혼합물의 마찰 시험 기준값

아스팔트 혼합물종류		WC-1, WC-3 WC-5, WC-6	WC-2, WC-4
다짐회수 (회)		50 (75) ²⁾	50
안정도	kN	4.9 이상 (7.4) 이상 ²⁾	4.9 이상
	kgf	500 이상 (750) 이상 ²⁾	500 이상
흐름값 (1/100cm)		20~40	
공극률 (%)		3~6	3~5
포화도 (%)		70~85 [65~80] ²⁾	75~85
골재 간극률 (%)		〈표 3.7〉 참조	

【주1】 표의 아스팔트 혼합물 종류명은 〈표 3.1〉에서 제시한 약칭이다.

【주2】 ()안은 대형차 교통량 1일 1방향 1000대 이상, 또는 20년 설계 ESAL > 10⁷ 인 경우로서 유동에 의한 소성변형이 우려되는 포장에 적용한다. 그리고 WC-5, WC-6은 ()안의 기준을 적용한다.

【주3】 물의 영향을 받기 쉽다고 생각되는 혼합물 또는 그와 같은 장소에 포설되는 혼합물에 대하여는 다음 식으로 구한 잔류안정도가 75% 이상인 것이 바람직하다.

$$\text{잔류안정도 (\%)} = \frac{\text{60℃, 48시간수침(水浸)후의 안정도 (kN)}}{\text{안정도 (kN)}} \times 100$$

【주4】 이론최대밀도는 다져진 아스팔트 혼합물에 공극이 전혀 없다고 가정할 때의 밀도로서, 가열 아스팔트 혼합물의 공극율을 구할 때 반드시 KS F 2366에 따라 시험에 의해 구하여야 하며, 계산식으로 구하면 안된다.

〈표 3.7〉 최소 골재 간극률(VMA) 기준

골재최대치수 (mm)	설계 공극률 (%)			
	3.0	4.0	5.0	6.0
13	13.0 이상	14.0 이상	15.0 이상	16.0 이상
20	12.0 이상	13.0 이상	14.0 이상	15.0 이상
25	11.0 이상	12.0 이상	13.0 이상	14.0 이상
30	10.5 이상	11.5 이상	12.5 이상	13.5 이상
40	10.0 이상	11.0 이상	12.0 이상	13.0 이상

【주】 설계공극률이 3.0~4.0%, 4.0~5.0%, 5.0~6.0% 이면, 각 기준값을 보간하여 사용한다. 예를 들어 최대입경이 20mm이며, 설계공극률이 4.5%이면, VMA 기준은 「13.5% 이상」 이다.

4. 배합설계

4.1 일반 사항

기층과 중간층 및 표층에 사용하는 가열 아스팔트 혼합물을 제조하기 위한 배합설계에 적용한다. 배합설계는 일정 기간 마다 또는 재료를 변경할 때마다 실시하여야 한다.

【해설】

- 가열 아스팔트 혼합물의 배합설계는 소요 품질의 재료를 사용하여 소성변형과 균열 등에 대한 저항성과 내구성이 좋고, 소요의 기준을 만족하는 혼합물을 얻도록 하여야 한다.
- 배합설계 목적은 아스팔트 포장의 장기간 제 성능을 유지할 수 있도록 아스팔트, 골재 등의 배합을 결정하는 것이다. 즉, 실험실에서 혼합 입도 기준에 따라 굵은골재, 잔골재, 채움재 등의 혼합 비율을 결정하고, 마찰특성치를 이용하여 최적 아스팔트 함량을 결정하는 과정과, 아스팔트 플랜트에서 적합한 배합비율로 아스팔트 혼합물을 생산할 수 있도록 현장 배합을 결정하는 과정을 포함한다.
- 배합설계로 결정된 아스팔트 함량과 골재입도와 다르게 생산할 경우에는 포장의 소성변형이나 균열 발생 등이 조기에 발생할 수 있으므로, 배합설계로 확정된 골재 배합 비율과 최적 아스팔트 함량이 적용된 혼합물이 아스팔트 플랜트에서 생산될 수 있도록 플랜트의 콜드빈 골재 및 하트빈 골재 그리고 생산된 아스팔트 혼합물의 골재 입도 및 아스팔트 함량 등에 대한 지속적인 품질 관리 절차가 강구되어야 한다. 또한 이러한 절차의 수행에 따른 기록은 보전하도록 한다.

4.2 가열 아스팔트 혼합물의 다짐 온도 및 혼합 온도

마샬 배합설계할 때 아스팔트 혼합물의 다짐 온도는 최적 아스팔트 함량을 결정하는데 가장 중요한 요소인 공극률에 큰 영향을 미치므로 아스팔트의 품질시험 결과에 부기된 동점도를 확인하고 <표 4.1>의 기준을 확인하여 혼합 및 다짐온도를 결정한 후 이에 따라 공시체를 제작하여야 한다. 만일 재생아스팔트 혼합물과 같이 아스팔트의 동점도 시험값이 없을 경우에는 <표 4.2>의 값에 따를 수 있다.

【해설】

마샬 공시체 제작 시 혼합물 혼합 및 다짐 온도는 작업성과 마샬 물성치에 큰 영향을 미친다. 즉, 아스팔트 혼합물을 서로 다른 온도에서 다짐할 경우 동일한 혼합물이라도 결국 최적 아스팔트 함량이 다르게 결정된다. 따라서 아스팔트의 품질시험 결과에 부기된 동점도에서의 온도값을 확인하여 <표 4.1>에 따라 혼합 및 다짐 온도를 결정하여야 한다.

만일 아스콘 순환 골재를 재활용한 재생아스팔트 혼합물과 같이 아스팔트 동점도를 구할 수 없는 특수한 경우에는 <표 4.2>에 따라 혼합 및 다짐 온도를 결정할 수 있다.

마샬 공시체 다짐시에 혼합물의 온도 저하를 방지하기 위하여 공시체 몰드와 밀판 및 다짐판과 스펙클러 등과 같은 부속 기구 역시 다짐 온도와 동일하게 가열하여 사용하여야 한다.

<표 4.1> 아스팔트 혼합물의 혼합 동점도와 다짐 동점도 기준

혼합용 동점도 (cSt)	다짐용 동점도 (cSt)
170±20 (150~190)	280±30 (250~310)

<표 4.2> 아스팔트 혼합물의 일반적인 혼합 온도와 다짐 온도

AP 종류	혼 합 온 도(℃)	다 짐 온 도(℃)
침입도 등급 60~80	150 ± 2	140 ± 2
침입도 등급 80~100	145 ± 2	135 ± 2

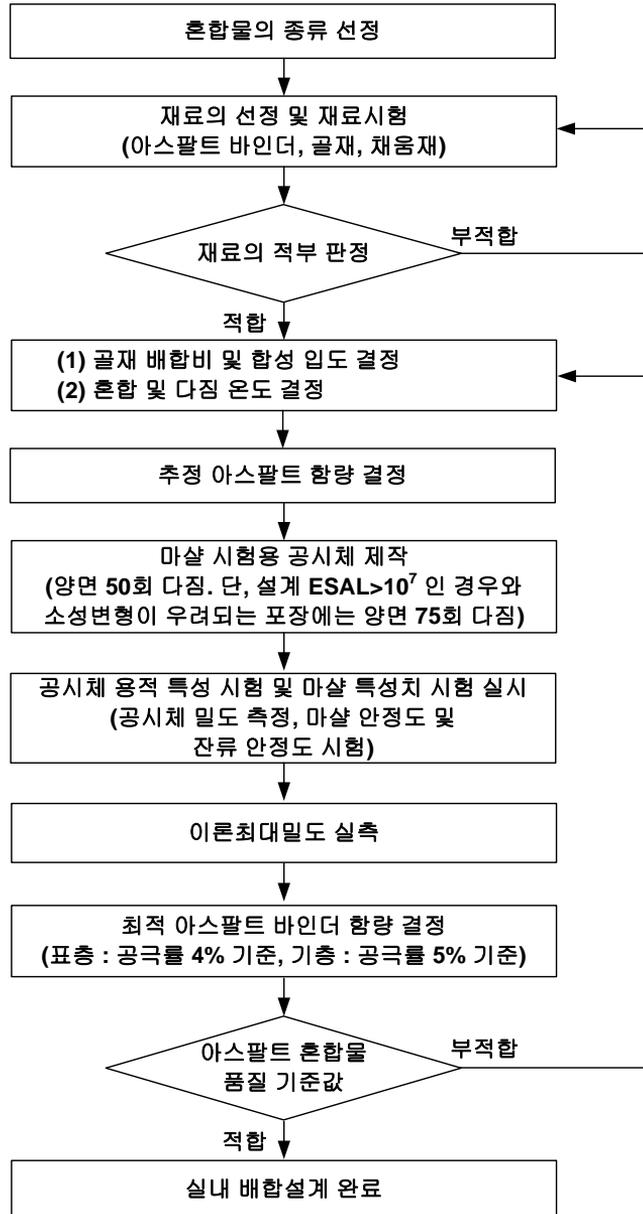
4.3 배합설계 순서

가열 아스팔트 혼합물의 배합설계는 원칙적으로 마찰 시험을 이용하며, 배합설계 순서는 <그림 4.1>과 같다.

【해설】

가열 아스팔트 혼합물의 배합설계는 <그림 4.1>에 따르고 다음 사항에 유의한다.

- ① 가열 아스팔트 혼합물의 선정은 <표 3.1>에 따라 적절한 종류를 선정한다.
- ② 재료의 선정에 있어서는 소요의 품질을 구비하고 필요한 양을 확보할 수 있는 것이어야 하다. 재료의 품질에 대해서는 재료 시험을 실시하여 확인한다.
- ③ 아스팔트 혼합물은 적용층에 따라 <표 3.2>, <표 3.4>, <표 3.5>의 표준 배합 범위에 들어가며, 원활한 입도 곡선이 얻어지도록 선정된 각 골재의 배합비를 결정한다.
- ④ 물의 영향을 받기 쉬운 곳에 사용하는 혼합물은 0.08mm체 통과량 중 50% 이상을 소석회로 치환하면 좋다.
- ⑤ 가열 아스팔트 혼합물에 자연 모래는 사용하지 않는 것이 좋다.
- ⑥ 마찰 시험용 공시체는 선정한 아스팔트 혼합물의 종류에 따른 아스팔트 바인더 함량 범위를 감안하여 0.5% 간격으로 제작한다.
- ⑦ 아스팔트 바인더의 동점도가 170 ± 20 cSt 및 280 ± 30 cSt로 되는 때의 온도를 각각 혼합온도, 다짐 온도로 한다.
- ⑧ 배합설계에 사용하는 골재 시료는 플랜트에서 오버 사이즈로 제거되는 것과 생산 중 집진시설에서 제거되는 것 등의 양을 추정해서 이들을 고려한 입도의 것으로 하는 것이 좋다.
- ⑨ <그림 4.1>과 같은 실내 배합설계 후에 플랜트의 하트빈 골재를 이용하여 현장 배합을 설정하고, 시험배합하여 현장배합 비율을 결정하여야 한다. 상설 플랜트에서 실내 배합설계 후에 재료의 변동이 없을 경우에는 일상적인 품질관리 자료를 참고하여 4.11 항의 현장배합을 실시한다.



〈그림 4.1〉 가열 아스팔트 혼합물의 배합설계 절차

4.4 골재 배합률 및 합성입도의 결정

가열 아스팔트 혼합물에서는 골재의 균일한 배합과 입도 관리가 용이하도록 몇 가지의 골재를 합성해서 사용한다. 따라서 혼합물의 종류가 선정되면 이의 표준 입도 범위에 적합하도록 골재 배합비율을 결정해야 한다.

【해설】

- 가열 아스팔트 혼합물에 사용되는 골재 배합비의 결정은 두 가지 이상의 골재를 혼합하여 원하는 입도를 입도 기준에 범위안에서 선정하는 과정으로 주로 시행 오차 계산 방법을 이용하거나 도표에 의한 방법과 수학적인 방법이 사용될 수 있다.
- 목표 합성입도는 아스팔트 혼합물의 종류에 따라 <표 3.2>, <표 3.4> <표 3.5> 등의 입도 범위에서 선정한다. 일반적으로 해당 입도범위의 중간 또는 5mm 이하가 입도 범위의 중간에서 아래로 약간 처진 S자 형태의 입도로 선정하는 경우가 많다. 기존 자료가 있을 경우 참조하여 목표 합성입도를 정하는 것이 좋다.
- 사용되는 골재 종류의 갯수와 각 골재의 혼합 비율을 결정하는 방법에 관계없이 입도 합성을 나타내는 식은 다음과 같다.

$$P(i) = A(i) \times a + B(i) \times b + C(i) \times c + \dots$$

여기서, $P(i)$: i 체에 해당하는 혼합 골재의 통과 중량 백분율

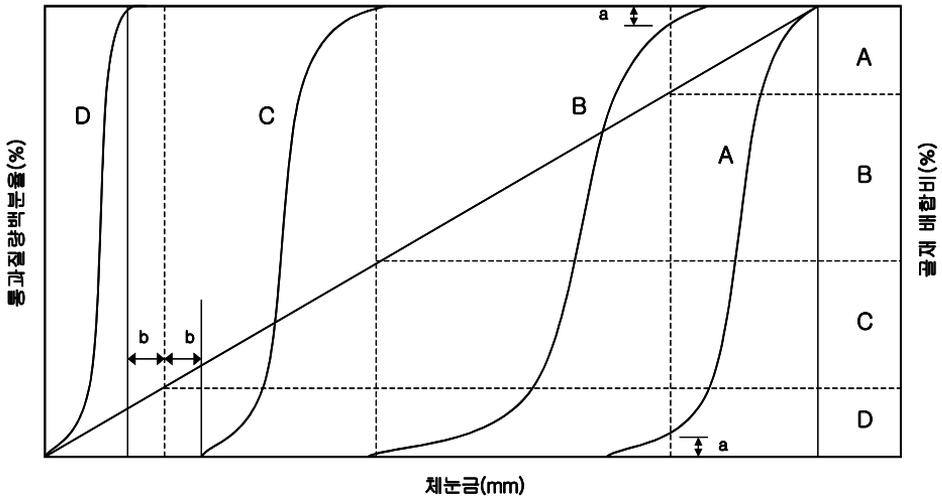
i : 체의 크기(예: 13mm, 10mm 등)

$A(i)$, $B(i)$, $C(i)$, ... : 사용되는 각 골재의 i 체의 통과 중량 백분율

A , B , C , ... : 사용되는 골재 종류(예: 굵은골재 6호, 7호, 잔골재 No.1 등)

a , b , c , ... : 합성에 사용된 각 골재의 비율, 전체 합은 1.0

- 골재의 최적 합성 입도 분포를 결정하는 수학적 방법은 선정한 목표 합성입도 범위에 가까운 비율을 찾기 위한 다양한 최적화 기법이 사용될 수 있으며, 컴퓨터(스프레드시트) 프로그램 등을 사용하여 계산할 수 있다.
- 이 외에 원하는 합성 입도 분포를 결정하는 도표에 의한 방법은 <그림 4.2>와 같은 방법으로 구하는 방법이 대표적이며, 혼합 골재의 수가 증가할수록 점점 복잡해진다. 아래는 도표에 의한 방법을 설명한 것이다.



〈그림 4.2〉 골재의 배합비 결정

- ① <표 3.2>, <표 3.4> <표 3.5> 등에 나타난 표준 배합의 입도 범위에서 적합한 목표 골재 입도를 선정한다.
- ② 사용 예정인 굵은골재, 잔골재, 채움재 등을 체분석하여 각각의 입도를 구한다. 이 경우 입도 분석 시험은 각 골재별 10회 이상 실시한 평균값으로 하며 정확도를 기해야 한다.
- ③ <그림 4.2>와 같이 1mm의 방안지를 준비하여 세로 10cm, 가로 20cm의 직사각형의 운곽을 그리고 종축은 통과 백분율로서 0에서 100까지 기입한다.
- ④ 직사각형의 대각선으로 그어 소망 입도 곡선을 정한다. 횡좌표에 입경을 정한다. 즉, 각 체의 표준 입도 범위의 중앙값을 정하고 통과 백분율의 횡축을 정하여 대각선과 만나는 점에서 종축을 그리면 이것이 그 체의 입경이 된다. 다른 모든 체의 입경도 이와 같은 방법으로 정하고 입도 곡선을 그린다.
- ⑤ 인접한 골재의 입도 곡선의 상관성을 이용하여 다음과 같은 요령으로 수직선을 긋는다. 즉, A 골재와 B 골재 입도곡선이 서로 겹쳐있을 때는 투명한 자를 종축으로 이동시켜서 이 축으로 인하여 A 곡선의 하단과 B 곡선의 상단이 같은 길이로(그림에서 a) 절단되는 축을 찾아 이 축과 소망 입도와 교점에서 횡으로 연장시킨다. 다음 B와 C 곡선과 같이 상·하단이 같은 종축이 있으면 이 축과

소망입도와 교점을 횡으로 연장시킨다. 끝으로 C와 D 곡선처럼 서로 떨어져 있을 때는 그 간격의 2등분선과 소망입도와 교점에서 횡으로 연장시킨다. 이와 같은 각 수평선으로 나누어지는 간격이 각 골재의 배합비가 된다.(A%, B%, C%, D%)

- ⑥ 결정된 각 골재의 배합비로부터 골재의 합성 입도를 계산하고, 합성 입도 곡선을 그린다. 단 각 골재 사이의 비중 차이가 0.2 이상 되면 배합비를 보정한다.

4.5 추정아스팔트 함량 결정

재생 가열 아스팔트 혼합물에 필요한 추정 아스팔트의 소요량은 재생 가열 아스팔트 혼합물의 종류에 따라, 합성한 골재의 입도로부터 계산식을 이용하여 구한다.

【해설】

- 추정 아스팔트 함량은 배합설계 전에 골재 합성입도를 이용하여 대략적으로 아스팔트 혼합물에 필요한 아스팔트 바인더 함량을 정하는 것이다.
- 가열 아스팔트 혼합물에 필요한 추정 아스팔트 함량은 아래의 식으로부터 골재의 합성입도를 이용하여 구한다.

$$P_b = 0.035a + 0.045b + Xc + F$$

여기서, P_b : 전체 혼합물 중량에 대한 추정 아스팔트의 비율(%)

a : 2.5mm(No.8)체에 남은 골재의 중량비(%)

b : 2.5mm체를 통과하고 0.8mm체에 남은 골재의 중량비(%)

c : 0.8mm(No.200)체를 통과한 골재(채움재)의 중량비(%)

X : c 값이 11~15%일 경우 0.15 사용

c 값이 6~10%일 경우 0.18 사용

c 값이 5%이하일 경우 0.20 사용

F : 0~2%로서 자료가 없을 경우 0.7~1% 사용. 이는 비중이

2.6~2.7인 보통 골재인 경우에 근거한 값임.

위에 사용되는 %는 모두 정수를 사용함.

4.6 마샬 시험용 공시체의 제작 및 마샬 특성치 시험

가열 아스팔트 혼합물의 최적 아스팔트 함량을 결정하고 소요의 품질을 가지고 있는지를 판정하기 위해 마샬 시험을 실시한다.

【해 설】

- 추정 아스팔트 함량을 기준으로 가열 아스팔트 혼합물의 아스팔트 함량(P_b)을 0%, $\pm 0.5\%$, $\pm 1.0\%$ 등 5종류로 변화시켜서 각각 공시체 3개씩 1조로 마샬 안정도 시험용 공시체를 만들어 하룻밤 동안 상온에서 양생을 한다. 공시체는 적용되는 포장구간의 교통량이 중교통량 이상이면 양면 75회 다짐을 하며, 그 이하이면 양면 50회 다짐한다.
- 다짐된 공시체를 하룻밤 동안 몰드에 있는 상태로 양생하고, 몰드의 탈형 후에 밀도, 공극율 등의 체적 특성과 안정도 및 흐름값 등의 마샬 특성치를 측정한다.
- 이론최대밀도 측정을 위한 아스팔트 혼합물은 다짐없이 골재들이 서로 달라붙지 않도록 섞어주면서 상온으로 식혀준 후 이론최대밀도를 측정한다.
- 안정도는 같은 아스팔트 혼합물이라도 공시체의 높이에 따라 영향을 받으므로 측정 후 <표 4.3>에 따라 공시체 높이에 대하여 보정된 안정도 값을 계산한다.
- 공시체는 43.5~76mm의 두께로 제작하며, 가능한 63.5mm의 두께가 되도록 제작한다. 만일 공시체의 두께가 위의 범위를 벗어난다면 폐기하고 다시 제작한다. 단 감독관이 승인한 경우에는 이에 따르지 않을 수 있다.
- 시험이 완료되고, 안정도, 흐름값, 공극율, 포화도 등의 결과 값들이 계산되며, X축을 아스팔트 함량, Y축을 해당 마샬 시험 결과로 하여 그래프로 작성한다.

〈표 4.3〉 안정도 보정 계수

공시체 높이 (mm)	보정 계수	공시체 높이 (mm)	보정 계수
43.5	2.06	60.3	1.09
44.4	1.92	61.9	1.04
46.0	1.79	63.5	1.00
47.6	1.67	65.1	0.96
49.2	1.56	66.7	0.93
50.8	1.47	68.3	0.89
52.3	1.39	69.9	0.86
53.9	1.32	71.4	0.83
55.5	1.25	73.0	0.81
57.1	1.19	74.6	0.78
58.7	1.14	76.0	0.72

4.7 이론최대밀도의 산출

이론최대밀도는 아스팔트 혼합물에 이용되는 굵은골재, 잔골재, 채움재 등의 각 재료의 비중을 이용한 수식으로 구하지 않고 반드시 KS F 2366의 ‘역청 포장 혼합물의 이론적 최대 비중 및 밀도 시험 방법’에 따라 구하며, 3회 시험한 평균을 취한다. 이론최대밀도를 구하기 위하여 가열 아스팔트 혼합물을 별도로 제조하여 시험하는 것이 좋다.

【해설】

도로에서 채취한 코어를 이용할 경우에는 코어를 크고 평평한 용기에 넣고 쉽게 다룰 수 있을 때까지 건조기에서 $105\pm 5^{\circ}\text{C}$ 로 가열한다. 골재 입자가 부서지지 않도록 시료와 입자를 될 수 있는 한 균일하게 분리하여, $105\pm 5^{\circ}\text{C}$ 온도의 건조기에서 3시간 이상 건조시킨 후 KS F 2366(역청 포장 혼합물의 이론적 최대 비중 시험 방법)에 따라 이론최대밀도를 구한다.

그리고, KS F 2366에 의해 이론최대밀도가 아래의 상관관계와 같이 골재의 겉보기비중으로 계산한 이론최대밀도 보다 크고 골재의 표면건조겉보기비중을 이용한 이론최대밀도보다 작은지 검토하여야 하며, 이를 만족시키지 않을 경우에는 KS F 2366에

의한 이론최대밀도 시험을 재실시한다.

(표면건조겉보기비중으로 계산값) < (KS F 2366 실험 결과값) < (겉보기비중으로 계산값)

배합설계시 모든 아스팔트 함량의 혼합물에 대하여 이론최대밀도 시험을 하여 구하지 않아도 미리 예상한 적정 아스팔트함량을 갖는 시료의 이론최대밀도를 구하고, 이것의 전·후로 되는 다른 아스팔트함량의 공시체에 대하여는 아스팔트 함량 비율의 차이로부터 계산하여 구해도 된다. 단, 이론최대밀도는 상기와 같이 골재의 표면건조겉보기비중, 겉보기비중과의 상관관계에 따라 적합여부를 검토하여야 한다.

4.8 최적 아스팔트 함량 결정

가열 아스팔트 혼합물의 최적 아스팔트 함량(Optimum asphalt content : OAC)은 공극률과 마찰 특성치 등을 이용하여 결정한다.

(1) 표층용 아스팔트 혼합물

공극률 4%에 해당하는 아스팔트 함량을 선정하고, 선정된 아스팔트 함량에 해당하는 마찰 시험 결과가 <표 3.5>의 설계 기준값에 합격하는지를 확인한다. 이 결과, 모든 설계 기준값에 합격한다면 이를 최적 아스팔트 함량으로 결정한다.

(2) 기층용 아스팔트 혼합물

공극률 5%에 해당하는 아스팔트 함량을 선정하고 선정된 아스팔트 함량에 해당하는 마찰 시험 결과가 <표 3.3>의 설계 기준값에 합격하는지를 확인한다. 이 결과, 모든 설계 기준값에 합격한다면 이를 최적 아스팔트 함량으로 결정한다.

【해 설】

- 가열 아스팔트 혼합물의 최적 아스팔트 함량은 표층은 공극율 4%, 기층은 공극율 5%를 기준으로 마찰 시험 결과의 그래프를 이용하여 다음의 절차를 통해 결정한다.
 - ① 표층용은 공극률 4%, 기층용은 5%에 해당하는 아스팔트 함량을 선택한다.
 - ② 공극률 4% 또는 5%에 해당하는 아스팔트 함량에서 가열 아스팔트 혼합물의 마

살 시험 결과를 해당 층의 설계 기준값과 비교한다. 즉, 기층은 <표 3.3>, 표층은 <표 3.6>에 의한다.

③ 비교결과가 해당 설계 기준값에 모두 만족할 경우, 이 때의 아스팔트 함량을 최적 아스팔트 함량으로 결정한다. 단, 각 해당 설계 기준값에 만족하지 않을 경우에는 목표 공극률에 만족하도록 아래의 4.10항에 따라 아스팔트 함량을 조정하거나 가열 아스팔트 혼합물을 다시 배합설계하여야 한다.

- 모든 설계 기준값에 만족하더라도 현장 여건에 따라 품질확보를 위해 특별히 고려해야 할 사항이 필요할 경우에는 별도 규정을 강구하도록 한다.

4.9 품질 확인

<4.8> 항에서 구한 최적 아스팔트 함량을 근거로 가열 아스팔트 혼합물을 제작하고, 마샬 시험을 실시하여 목표 공극률 및 <표 3.3>, <표 3.6>의 기준값을 만족하는지 확인한다.

【해 설】

- 품질 확인 결과 목표 공극률(표층: 4%, 기층: 5%)과 마샬 특성치 등의 기준값을 만족하지 않을 경우에는 아래의 4.10 항에 따라 아스팔트 함량을 재조정하거나 재배합설계 한다.

4.10 기준값 부적합시 배합설계 방법

<4.8>항에서 마샬 기준치를 만족하지 못하면 아스팔트 함량을 재조정하거나 재배합설계를 실시한다.

【해 설】

(1) 아스팔트 함량 재 조정의 경우

- 마샬 시험을 실시한 후 목표 공극률(표층: 4%, 기층: 5%)에서 마샬 특성치가 기준값을 만족시키지 못할 경우에 골재의 합성입도를 조정하지 않고도 품질 기준을 만족시

킬 수 있을 경우 아스팔트 함량만 조정하여 품질 확인을 한다.

- 일반적으로 아스팔트 함량을 낮추면 공극률이 높아지고, 아스팔트 함량을 높이면 공극률은 적어지고, 안정도는 낮아지며, 흐름값은 높아진다. 따라서, 이에 따라 아스팔트 함량을 기존 배합설계 값을 참조하여 조정한 후 4.9항 따라 품질확인을 한다.

(2) 재 배합설계를 실시하는 경우

- 재 배합설계를 실시하는 경우에는 아래의 공극률과 안정도를 이용한 아스팔트 혼합물의 적절한 처리 방법을 참고하는 것이 좋다.

① 공극률이 낮고 안정도가 낮은 경우

- 보다 많은 양의 굵은골재나 잔골재를 첨가해서 골재 입도 분포를 조정해야한다. 그리고 적당한 VMA가 되도록 아스팔트 함량을 조정해야 한다.

② 공극률이 낮지만 안정도가 적절한 경우

- 공극률이 낮으면 궁극적으로 골재 입자의 위치 변화와 그에 의한 부가적인 다짐 효과 때문에 교통이 개통된 후 얼마 지나서 소성변형이나 플러싱과 같은 문제점을 야기시킨다. 이러한 이유로 공극이 적은 혼합은 초기에 안정도가 만족스럽게 보인다 하더라도 ①에서 제시된 방법에 의해 조정되어야한다.

③ 공극률은 적절하나 안정도가 낮은 경우

- 공극과 골재 입도가 만족스러운데도 안정도 값이 낮다면 골재의 어떤 부분에 문제점이 있다고 볼 수 있다. 이런 경우에는 골재의 최대 입자를 증가시키거나 혼합물 중 굵은골재의 부분을 증가시키거나 혹은 골재를 파쇄시에 굵은골재의 입형을 증진시키는 방법 등을 고려할 수 있다.

④ 공극률은 높으나 안정도는 적절한 경우

- 투수성이나 배수성 포장이 아니면서 공극률이 클 경우에는 물이 포장체에 침투하여 아스팔트의 조기 노화, 골재의 라벨링 또는 골재로부터 아스팔트가 탈리되는 박리 현상을 야기시킬 수 있다. 따라서 공극률 저감을 위해서 혼합물에 아스팔트

와 석분의 양을 증가시키거나 골재 입도를 잘 조절하여 혼합 입도가 최대 밀도 입도 곡선에 접근하도록 한다.

⑤ 공극률이 높고 안정도가 낮은 경우

- 공극률이 높고 안정도가 낮은 경우에는 2가지로 접근할 수 있다. 공극률은 ④에 설명된 방법으로 조절하고, 안정도는 위의 ①과 ②에서 논의된 골재의 성능을 고려하여야 한다.

4.11 현장 배합

현장 배합이란 실내 배합설계를 통해 결정된 아스팔트 함량과 골재의 입도 및 각 골재의 배합비율을 이용하여 플랜트에서 아스팔트 혼합물을 생산하기 위한 배합비율을 결정하기 위하여 수행된다.

【해설】

현장배합은 실내 배합설계를 통해 결정된 아스팔트 함량과 골재의 입도를 이용하여 플랜트에서 생산하기 위해 핫빈 골재를 이용하여 3종의 아스팔트 함량으로 배합하고 최적 아스팔트 함량과 골재비율 결정하는 현장배합 설정 과정과 실제 플랜트에서 아스팔트 혼합물을 생산하여 확인하는 시험배합 과정으로 나누어진다.

(1) 현장배합 설정

- ① 골재를 콜드빈에서 채취하여 함수량시험, 체가름시험을 수행한다.
- ② 플랜트 제조능력과 실내시험 및 정기시험 등으로 결정된 골재배합율 및 골재함수비에 따라 각 콜드빈의 문열림 또는 피이더의 속도를 조정한다. 각 골재의 크기 및 함수비에 따른 골재 유출량과 콜드빈의 문열림 또는 피이더의 속도의 관계를 캘리브레이션하여 관계도를 작성하여 둔다.
- ③ 드럼에서 가열되어 일정한 입도로 체가름된 후 각 하트빈에 들어간 골재 시료를 하트빈 별로 채취하여 체가름 시험하고, 목표한 합성입도를 얻을 수 있도록 하트빈 골재 및 채움재, 회수더스트, 아스팔트 등의 배합비율을 구한다. 이때 아스팔트 함량은 실내 배합설계에서 결정된 아스팔트 함량과 이것의 $\pm 0.5\%$ 등으로 설정하여

총 3 배치의 혼합물을 만들 수 있도록 결정하고, 각각 3개의 공시체를 제작한다.

- ④ 마찰시험을 실시하여 각 시험값을 배합설계시 시험결과와 비교하여 목표 공극률이 얻어질 수 있고, 설계 기준값을 만족하는 아스팔트 함량을 최종적으로 결정한다.

(2) 시험배합

시험배합은 현장배합 설정에서 결정한 배합비율과 아스팔트 함량을 이용하여 플랜트에서 생산한 아스팔트 혼합물을 채취하여 적합여부를 검토하는 과정이다.

- ① 현장배합 설정 과정에서 결정된 아스팔트 함량과 골재 배합비율을 이용하여 플랜트에서 아스팔트 혼합물을 생산한다.
- ② 생산된 아스팔트 혼합물을 채취한다. 이 때, 첫 번째 배치의 아스팔트 혼합물이 아니라 2배치 이후의 아스팔트 혼합물을 채취하여야 생산 초기의 변동성으로 인한 오차를 줄일 수 있다.
- ③ 아스팔트 혼합물을 이용하여 아스팔트 추출시험을 실시하여 입도와 아스팔트함량을 확인한다. 이때 용매를 이용한 추출시험과 아스팔트 성분만을 태우는 시험장비를 이용한 시험 등을 이용할 수 있다.
- ④ 시험결과가 목표하는 입도 및 아스팔트 함량에 적합하지 않을 경우에는 원인을 파악하고 이에 따라 배합비율을 조정하는 등의 조치를 취한 후에 시험배합을 다시 한다.
- ⑤ 시험 결과가 목표하는 골재입도 및 아스팔트 함량을 만족시킬 경우 시험배합을 종료한다.

4.12 생산 및 시공 중 품질관리

가열 아스팔트 혼합물의 생산과 시공시 점검사항은 아래와 같다.

- (1) 콜드빈 골재에 대한 편장석 비율 시험은 정기적으로 실시하며, 육안 관측으로 변화가 의심되는 경우, 크러셔 장비의 변경, 개조, 수리 또는 스크린 교체시에 실시한다.
- (2) 핫빈 골재를 정기적으로 채취하여 체분석 시험을 실시하여 각 빈별 입도 변화를 검사하고 변동 시 핫빈 별 배합비를 조정하며, 스크린 교체 등으로 입도의 변동이 발생할 경우 원인을 파악하여야 한다.
- (3) 정기적으로 아스팔트 추출 시험을 통한 아스팔트 함량을 검사한다.
- (4) 시공 후 현장 코어 채취를 통한 현장 다짐도의 검사를 철저히 한다. 이를 위하여 감독원은 품질 관리 시험표를 만들어 각각의 항목에 대해 전 시공 공정에 대하여 품질 변화를 살펴볼 수 있는 차트를 만들어 관리하고, 개별적인 목표치에서 일정한 경향을 보이며 오차를 보이는 항목에 대해서는 그 오차 원인을 분석하여 수정하여야 한다.
- (5) 가열 아스팔트 혼합물의 품질관리를 위하여 <표 4.5>에 규정된 품질 규격 시험을 반드시 실시한다.

【해 설】

(1) 아스팔트 혼합물의 생산 관리

가. 골재입도 및 아스팔트 함량 확인

아스팔트 혼합물의 생산 관리에 사용되는 골재입도 및 아스팔트 함량은 현장배합으로 결정된 배합 비율을 이용한다. 결정된 배합비율에 대하여 <표 4.4>의 허용 오차 기준에 따라 허용 범위를 산정하고, 생산된 아스팔트 혼합물의 추출시험을 통하여 범위를 만족하는지 확인한다. 즉, 아스팔트 혼합물의 품질관리에 사용되는 골재입도는 <표 3.2>, <표 3.4>, <표 3.5> 등의 표준배합 입도가 아니라 현장배합에 의해 결정된 골재입도에 따라 <표 4.4>의 허용오차를 이용하여 재산정한 범위이다.

〈표 4.4〉 아스팔트 혼합물의 현장배합 허용오차

항 목		현장배합 허용오차범위
골재 체통과 중량 백분율	4.75 mm (No. 4) 이상	±5%
	2.36 mm (No. 8)	±4%
	600µm (No. 30), 300µm (No. 50), 150µm (No. 100)	±3%
	75µm (No. 200)	±2%
아스팔트 함량		±0.3%
온 도		±15℃

【주1】 골재 체통과 중량 백분율의 허용오차범위는 전체 골재 중량에 대한 비율이다.

【주2】 아스팔트 함량의 허용오차범위는 전체 아스팔트 혼합물에 대한 비율이다.

나. 혼합상태 확인

아스팔트 혼합물의 골재 피복상태로부터 혼합상태를 확인한다. 적당치 않을 경우에는 혼합시간을 변경하고, 육안으로 판단하여 모든 골재가 아스팔트로 피복된 상태를 양호한 혼합상태로 판정한다.

다. 혼합온도 확인

- ① 아스팔트의 동점도가 $170 \pm 20 \text{cSt}$ 로 되는 때의 온도를 혼합온도로 한다. 일반적으로 침입도 60~80 아스팔트의 혼합온도는 $160 \pm 5^\circ\text{C}$ 정도이며, 침입도 80~100의 아스팔트의 혼합온도는 $145 \sim 160^\circ\text{C}$ 범위이다. 목표로 하는 혼합온도는 운반과 포설에 있어 온도저하를 고려하는 것이 좋으며, 일반적으로 여름철에 비하여 겨울철의 혼합온도를 $5 \sim 10^\circ\text{C}$ 높게 한다. 다만 185°C 를 초과해서는 안된다. 또한 아스팔트의 가열온도는 혼합온도를 표준으로 한다.
- ② 목표로 하는 혼합온도를 확보할 수 있도록 골재의 가열온도를 설정한다. 또한 이 방법에서는 골재의 함수비에 따라 골재의 가열온도를 높게 하지 않으면, 혼합물이 목표로 하는 혼합온도로 가열되지 않는 경우가 있으므로 주의하여야 한다.
- ③ 가열 아스팔트 혼합물의 온도가 목표로 설정한 혼합온도에 대하여 〈표 4.4〉의 허용오차 범위 이내인지 확인한다.

(2) 아스팔트 혼합물의 품질 시험

- 아스팔트 포장의 공용 성능은 가열 아스팔트 혼합물의 품질에 따라 결정되므로 포설 될 혼합물은 시방서에 제시된 품질 조건을 만족해야 한다. 따라서 공사를 시작하기 전 또는 재료나 배합을 변경할 경우는 실내 배합설계 또는 현장배합 시험 등을 실시하여 품질 확인을 철저히 하여야 한다.
- 기층, 중간층, 표층에 사용하는 가열 아스팔트 혼합물은 사전에 <표 4.5>에 따라 재료의 규격 시험 및 혼합물 배합설계를 하고 품질이 규격에 적합한지를 지속적으로 관리 확인할 필요가 있다.

<표 4.5> 품질 규격 시험 항목

포장 종류	재 료 명		규격시험항목	참조 규격
기 층 중 간 층 표 층	골 재		편장석률	KS F 2575
			입 도	KS F 2502
	아스팔트	스트레이트 아스팔트	물리성상	KS M 2201
		개질아스팔트	물리성상	KS F 2389
	가열 아스팔트 혼합물		안정도, 흐름값, 공극률, 포화도	KS F 2337
			아스팔트 함량	KS F 2354
			피막박리	KS F 2355

부 록

부록1. 용적(Volumetric) 개념

부록2. 마샬 다짐 장비의 표준 제원

부록3. 이론최대밀도 측정 시험 방법

부록4. 마샬 공시체 제작 방법

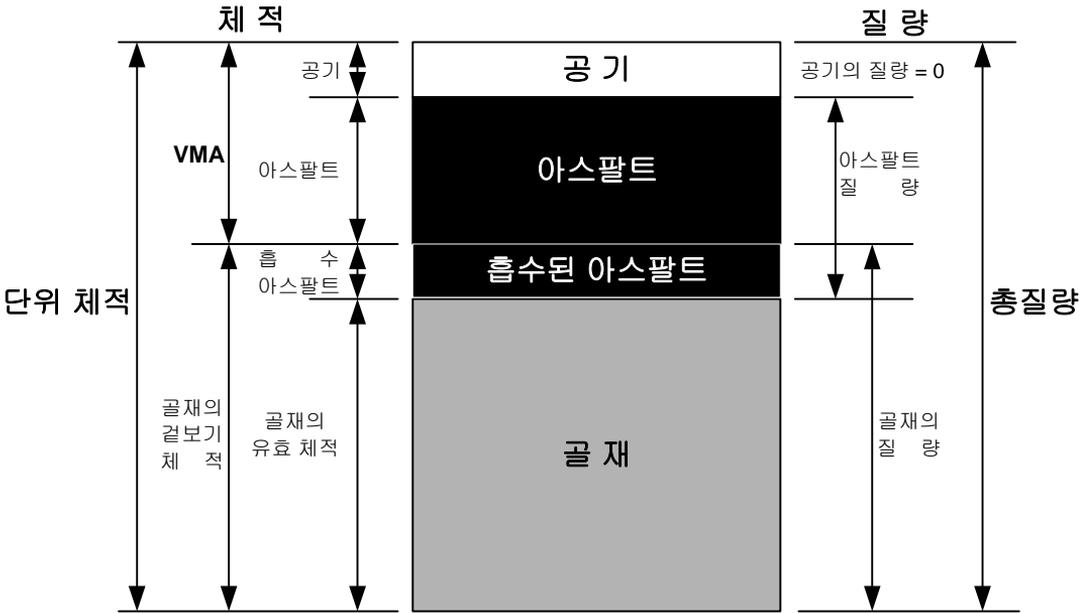
부록5. 마샬 배합설계 Data Sheet

부록6. 마샬 배합설계에 의한 최적 아스팔트 함량 결정 예

부록7. 아스팔트 바인더의 혼합 및 다짐 온도 결정 방법

부록 1. 용적(Volumetric) 개념

- 본 가열 아스팔트 혼합물 배합설계 지침의 기본은 용적(체적구성비율) 설계 개념이다. 현재 이 개념은 외국의 배합설계 규정에서도 매우 중요하게 고려하고 있으며, 아스팔트 포장의 공용성과도 밀접한 관련이 있다.
- 가열 아스팔트 혼합물의 중량 및 체적에 관련된 성질을 설명하기 위하여 사용되는 모델이 삼상 구조도(三相構造圖)이다. 삼상 구조도는 다져진 가열 아스팔트 혼합물 시료의 공극, 아스팔트 바인더 및 골재의 세가지 요소로 구분된 구조도이다.(〈그림 1〉 참조)



〈그림 1〉 다져진 가열 아스팔트 혼합물 시료의 삼상 구조도

• 겉보기 밀도(G_{mb})

삼상 구조도는 밀도, 즉 다져진 재료의 단위 체적에 대한 중량 정의를 명확하게 제공해 준다. 겉보기 밀도는 전체 무게를 시료의 부피로 나누어 구할 수 있다.

$$G_{mb} = \frac{W_D}{W_{SSD} - W_{Su}} \times \gamma_w$$

여기서, W_D : 건조 중량(g)

W_{SSD} : 표면 건조 포화 상태의 중량(g)

W_{Su} : 표면 건조 포화 상태의 수중 중량(g)

γ_w : 물의 밀도

• 이론최대밀도(G_{mm})

주어진 아스팔트 함량에 대하여 이론최대밀도는 골재와 아스팔트의 중량을 골재와 아스팔트가 차지하는 체적으로 나눈 것으로서 공기가 차지하고 있는 체적은 포함시키지 않는다. 이론최대밀도는 공극률과 같은 성질을 포함하여 여러 가지 매우 중요한 성질을 계산할 수 있는 참고치로 사용되기 때문에 매우 중요하다. 아래는 이론최대밀도를 계산으로 구하기 위한 수식이며, 실험에 의한 이론최대밀도의 검증에 사용된다.

$$G_{mm} = \frac{P_{MM}}{\frac{P_S}{G_{SE}} + \frac{P_B}{G_B}}$$

여기서, P_{MM} : 혼합물의 전체 중량

P_S : 골재의 중량

P_B : 아스팔트의 중량

G_{SE} : 아스팔트로 코팅된 골재의 유효 비중

G_B : 아스팔트의 비중

- 아스팔트 비(또는 량, %)

아스팔트 비는 전체 혼합물의 중량 또는 전체 골재의 중량에 대한 아스팔트 바인더의 중량비를 백분율로 나타낸다. 대부분의 기관에서는 전체 혼합물 중량에 대한 백분율을 사용한다. 유효 아스팔트 비는 골재에 흡수되지 않고 남아있는 아스팔트 바인더의 중량비이며 흡수 아스팔트 비는 골재에 의해서 흡수된 아스팔트 바인더의 중량비로서 골재의 중량에 대한 백분율로 표시한다.

- 공극률(Voids in Total Mix)

공극률은 다져진 시료 내에 존재하고 있는 공기의 체적으로 혼합물의 전체 체적에 대한 백분율로서 표시한다.

$$VTM = \frac{V_V}{V_T} \times 100 = 100 \left(1 - \frac{G_{mb}}{G_{mm}} \right)$$

여기서, V_V : 공극의 체적

V_T : 다져진 공시체의 전체 체적

- 골재 간극률(Voids in the Mineral Aggregate)

다져진 가열 아스팔트 혼합물 내의 아스팔트와 공기가 차지하고 있는 공간을 골재 간극률이라 부르며 VMA로 표시한다. 삼상 구조도에서 공기의 체적과 유효 아스팔트 체적의 합을 전체 체적에 대한 백분율로 나타낸 것이 VMA이다. 흡수된 아스팔트의 체적은 VMA 계산에서 제외한다.

$$VMA = \frac{V_V + V_{EAC}}{V_T} \times 100 = 100 - \left[\frac{(G_{mb}P_s)}{G_{sb}} \right]$$

여기서, V_{EAC} : 유효 아스팔트의 체적

P_s : 혼합물 전체 중량에 대한 골재 비율(%)

G_{sb} : 합성된 골재의 겉보기 비중

최소 VMA는 골재 크기에 따라 달라지며, <표 3.6>에 골재 공칭 크기와 설계 공극률에 따른 최소 VMA(%)를 나타내고 있다.

- 포화도(Voids Filled with Asphalt)

아스팔트로 채워진 공극을 포화도(VFA)라 하며, 포화도는 아스팔트의 체적을 VMA의 체적으로 나누어 계산할 수 있다.

$$VFA = \frac{V_{EAC}}{V_{EAC} + V_V} \times 100 = 100 \left(1 - \frac{V_a}{VMA} \right)$$

여기서, V_a : 공기의 체적

부록 2. 마샬 다짐 장비의 표준 제원

- 마샬 다짐 장비의 바닥부분 표준 제원은 “콘크리트 바닥 + 1cm 고무판 + 20cm 콘크리트 판 + 통나무”로 하며 경제적인 측면과 구입의 용이성 측면에서 받침나무를 나무로 사용한다.

- 다짐대

305×305×25mm 크기의 철재판으로 상부를 둘러싼 200×200×460mm의 받침 나무 (받침 나무는 건조무게 670~770kg/m³의 나무 통나무), 받침 나무는 20cm 콘크리트 판 위에 4개의 모난 블래킷으로 단단하게 보호 되어야하며 다짐 도중에 움직임이 발생 하지 않도록 확고하게 고정되어야 한다.(〈그림 1〉 참조)



〈그림 1〉 공시체 제작에 사용되는 마샬 다짐기의 예

- 다짐 몰드

다짐 몰드는 저판, 성형 몰드, 칼라로 구성되어 있다. 성형 몰드의 크기는 직경 101.6mm, 높이 76.2mm이며, 저판과 칼라는 성형 몰드 어느 위치에서라도 상호 부착이 가능하도록 설계되어 있다.

- 다짐 해머

낙하고 457mm가 되도록 제조되었으며 직경 98.4mm, 무게 4.5kg으로 다짐이 가해지는 다짐면이 둥굴납작한 것이다.

- 다짐 속도

분당 65 ± 5 회를 기준으로 하며 이는 다짐 온도 손실을 예방하기 위함이다.

- 몰드 홀더

다짐 몰드가 다짐대의 중앙에 위치하도록 설계된 스프링 인장 장치로 이루어져 있다.

부록 3. 이론최대밀도 측정 시험 방법

3.1 일반사항

이론최대밀도는 다짐된 혼합물 속에 공극이 전혀 없는 것으로 가정했을 때의 밀도를 말하며, 아스팔트 혼합물의 공기중 중량과 내부의 공극을 물로 포화시킨 후의 수중 중량을 이용하여 구한다.

시험방법은 수중에서 진공하여 아스팔트 혼합물의 공기를 제거하는 ‘수중 진공 방법’과 공기중에서 진공하는 장비와 특수 비닐백을 이용하여 공기를 제거하는 ‘진공백 방법’으로 나눌 수 있다. 수중 진공 방법은 KS F 2366의 ‘역청 포장 혼합물의 이론적 최대 비중 및 밀도 시험 방법’에 따르고, 진공백 방법은 미국의 ASTM D 6857 ‘Standard test method for maximum specific gravity and density of bituminous paving mixtures using automatic vacuum sealing method’에 따른다.

3.2 수중 진공 방법

KS F 2366에 따르면 수중 진공 방법은 A, B, C, D의 4가지의 방법에 따라 측정할 수 있다. 여기서는 A, B, C 용기에 따른 시험 방법을 설명한다.

1) 시료의 준비

시료는 KS F 2350에 따라 채취하거나, 골재 및 아스팔트 등의 재료를 계량한 후 혼합하여 아스팔트 혼합물을 만들어 준비하며, 시료의 최소 질량은 <표 1>과 같다.

<표 1> 이론최대밀도 시험용 시료 질량

혼합용 골재의 최대 치수(mm)	시료 질량 (g)	혼합용 골재의 최대 치수(mm)	시료 질량 (g)
50	6000이상	20	2000이상
40	4000이상	13	1500이상
25	2500이상	10	1000이상

- ① 상온의 아스팔트 혼합물은 서로 붙어있는 골재를 분리할 수 있도록 가열하여야 한다.
- ② 가열된 아스팔트 혼합물을 장갑을 낀 손으로 부수어서 굵은골재가 서로 떨어지고, 잔골재가 6mm 보다 크지 않게 부순다. 단, 골재입자가 파괴되어서는 안된다.
- ③ 아스팔트 혼합물을 상온으로 생각하면서 가끔 손으로 부수어서 다시 서로 붙지 않도록 한다.

2) A형 용기를 이용한 시험 방법

A형 용기를 이용한 방법은 용량이 2L 이상되는 플라스틱 또는 금속제의 주발형 용기, 용기 내부의 아스팔트 혼합물을 진공할 수 있도록 밀폐 시킬 수 있는 고무 개스킷, 진공 연결 호스, 진공 장치 등으로 구성되어 있다.

시험 방법은 용기에 아스팔트 혼합물을 넣고, 진공한 후에 뚜껑을 제거하고, 수중 중량을 측정하여 이론최대밀도를 구하며, 가장 간단한 방법이다.

- ① 시료 용기의 공기중 중량(I)과 수중 중량(J)을 측정한다.
- ② 시료를 <표 1>의 중량 이상으로 용기에 넣고 계량한다(K).
- ③ 용기에 25℃의 물을 채운 후에 뚜껑을 닫고 진공 감압하며 진동을 가한다.
- ④ 10±1분 후에 용기에서 뚜껑을 제거하고, 수중에서 중량을 측정한다(C). 이 때 혼합물이 용기의 물속에 모두 잠겨 있어야 한다.
- ⑤ 아래의 식에 의해 이론최대밀도를 계산한다.

$$G_{mm} = \frac{A}{A - (C - J)} \times 0.997$$

여기서, G_{mm} : 이론최대밀도(g/cm³)

A : 공기중의 건조 시료 중량(g)

(시료를 넣은 용기의 공기중 중량(K) - 용기의 공기중 중량(I))

C : 시료를 넣은 용기의 수중 중량(g)

J : 용기의 수중 중량(g)

3) B 또는 C형 용기를 이용한 시험 방법

B 또는 C형 용기는 용적이 일정한 용기를 이용하여 측정하는 방법으로써, B형 용기는 용량이 2L 이상이고, C형 용기는 4L 이상으로 금속제의 용적 측정용 플라스틱 나 비중병 등이 사용된다. 이 용기를 진공계이지 개방 밸브, 튜브 접속구, 고무 스톱퍼와 진공장치 등과 함께 사용하여 이론최대밀도를 측정한다.

시험 방법은 용기에 아스팔트 혼합물을 넣고, 진공한 후에 용기의 전체에 물을 채운 후 공기중에서 용기의 중량을 측정하여 이론최대밀도를 구한다. 진공 후 용기에 물을 가득 채우는 것에 숙련이 필요하다.

- ① 시료 용기에 $25 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 물을 가득 채우고 용기 주변의 물을 닦은 후에 중량을 측정(D)한 후, 용기를 건조시키고 공기중 중량(I)을 측정한다.
- ② 시료를 <표 1>의 중량 이상으로 용기에 넣고 계량한다(K).
- ③ 용기에 25°C 의 물을 채운 후에 뚜껑을 닫고 진공 감압하며 진동을 가한다.
- ④ 10 ± 1 분 후에 용기의 상단까지 물을 가득 채우고 공기중에서 무게를 측정한다(E).
- ⑤ 아래의 식에 의해 이론최대밀도를 계산한다.

$$G_{mm} = \frac{A}{A - (E - D)} \times 0.997$$

여기서, G_{mm} : 이론최대밀도(g/cm^3)

A : 공기중의 건조 시료 중량(g)

(시료를 넣은 용기의 공기중 중량(K) - 용기의 공기중 중량(I))

E : 시료를 넣고 물을 가득 채운 용기의 공기중 중량(g)

D : 25°C 물을 채운 용기의 중량(g)



<그림 1> 시험 용기

3.3 진공백 방법

ASTM D 6857에 따라 특수한 비닐백과 진공장비를 사용하여 이론최대밀도 시험을 할 수 있다.

1) 시료의 준비

3.2의 1)항의 시료의 준비 방법과 동일하다.

2) 시험 방법

- ① 한쪽 면에 요철이 있는 내부 비닐백과 외부 비닐백의 총무게(A)를 측정한다.
- ② 시료를 <표 1>의 중량 이상을 계량하여(B) 내부 비닐백에 넣는다.
- ③ 내부 비닐백의 요철면이 아래쪽을 향하도록하여 외부 비닐백에 넣고, 진공 챔버에서 진공을 한다. 진공 챔버의 문을 닫으면 자동으로 공기가 제거되고 밀폐된다. <그림 2>는 공기를 모두 제거한 밀폐된 시료이다.
- ④ 밀폐된 시료를 챔버에서 꺼내고 즉시 25℃의 수조에 넣은 후 외부 비닐백의 상단을 자른 후에 시료의 입자를 비닐백안에서 흔든다. 단, 비닐백이 완전하게 수중에 있는 상태에서 잘라야 하며, 자른 부분은 2.5~4cm 정도 끝부분이 비닐백에 붙어있어야 한다.
- ⑤ 10±1분 후에 비닐백의 수중중량을 측정(C)한다.
- ⑥ 아래의 식에 의해 이론최대밀도를 계산한다.

$$G_{mm} = \frac{B}{(A+B-C) - (A/V_C)} \times 0.997$$

여기서, G_{mm} : 이론최대밀도(g/cm^3)

A : 비닐백의 중량

B : 공기중 시료의 중량

C : 비닐백과 시료의 수중중량

V_C : 비닐백의 밀도



〈그림 2〉 공기를 제거한 후 비닐백 내부의 아스팔트 혼합물

부록 4. 마샬공시체 제작 방법

4.1 일반사항

배합설계시에는 사용되는 골재별 입도와 비중 등의 물성시험 후에, 입도 기준에 따라 적합한 골재 혼합 비율과 입도를 결정한다. 그리고, 결정된 골재 입도에서의 최적 아스팔트 함량을 결정하기 위하여 마샬 공시체를 제조한다.

공시체의 제조는 아스팔트 함량에 따른 혼합물의 특성을 파악하기 위하여 예상되는 최적 아스팔트 함량을 기준으로 0.5%, 1.0% 증감시켜서 총 5배치의 혼합물을 만들어 각 배치별 3개씩 제작한다. 또한, 이론최대밀도 시험을 위하여 최적아스팔트 함량으로 약 1.0kg의 혼합물을 3개씩 제작한다.

예상되는 최적 아스팔트 함량은 경험에 의하거나 골재 입도에 따른 계산값을 기준으로 하여 결정할 수 있다.

4.2 재료

사용되는 재료는 굵은골재, 잔골재, 채움재, 아스팔트 등을 사용하며, 아스팔트는 스트레이트 아스팔트 또는 개질아스팔트 등을 사용할 수 있다. 일반적으로 공시체의 제조시 필요한 최소 수량은 아래와 같다.

- 골재와 채움재의 무게 : 약 21kg
 - 공시체용 : 18kg(1.2kg×15개)
 - 이론최대밀도용 : 3kg(1.0kg×3)
- 아스팔트 무게 : 약 1.3kg

4.3 장비

아래는 공시체의 제작에 필요한 최소 장비 종류 및 장비 수량임.

- ① 마샬 다짐기(1개) : 하부는 305×305×25mm의 강철판에 고정된 200×200×460mm의 통나무로 되어 있으며, 상부는 4.5kg의 다짐 해머가 457±2mm의 높이를

분당 65 ± 5 회 속도로 왕복할 수 있어야 함

- ② 열풍 건조기(1개), 가열판(1개) : 건조기는 최대 200°C 로 가열이 가능하여야 하며, 골재, 채움재, 아스팔트 바인더 가열함. 가열판은 다짐봉 바닥판 또는 다짐전의 몰드를 올려 놓고 온도유지가 가능하여야 함. 내부에 접촉식 온도계가 있어 혼합과 다짐시 실제 아스팔트 혼합물의 온도를 측정할 수 있어야 함.
- ③ 전자식 저울(1개) : 0.1g의 민감도와 20kg 용량의 수중 중량 측정 가능한 저울이 일반적임
- ④ 다짐 몰드(30개) : 내부 직경은 101.6mm, 높이는 대략 75mm이며, 바닥판과 칼라는 몰드의 양쪽 끝단 어디서나 교체할 수 있어야 함.
- ⑤ 기계 믹서기(1개) : 손비빔으로 골재와 아스팔트 혼합할 경우는 필요없음.
- ⑥ 온도계(레이저식 1개, 스틱형 디지털 1개, 바이메탈 1개) : 측정범위 10°C 에서 200°C , 혼합물 온도(레이저식 온도계), 아스팔트 내부 온도(스틱형 디지털 온도계), 건조기 온도(바이메탈 온도계)
- ⑦ 시험 공시체 추출기 : 전동식 및 수동식이 있으며, 몰드내의 공시체를 탈형하기 위한 장비임
- ⑧ 팬, 용기, 보울(각 20개 정도) : 골재, 아스팔트의 가열과 재료의 혼합용
- ⑨ 혼합용 스푼과 손삽(각 2개) : 재료의 계량과 혼합용
- ⑩ 스페츨라(2개) : 몰드에 혼합물을 넣고 고르기 위함
- ⑪ 몰드용 깔데기(2개) : 몰드에 혼합물을 넣기 위한 기구로 하부는 몰드의 칼라에 들어갈 수 있어야 함.
- ⑫ 가열 장비를 다루기 위한 보호 장갑 및 보호 용구
- ⑬ 시험 공시체 표기를 위한 필기도구

4.4 사전 준비

1) 골재의 준비

일정한 중량의 골재를 105℃~110℃ 온도 사이에서 열풍 가열기를 이용하여 건조시킨 후 실온으로 냉각한다.

2) 혼합과 다짐 온도의 결정

아스팔트 바인더는 혼합 시 170±20 cSt 동점도와 다짐 시 280±30 cSt 동점도를 발휘하기 위하여 충분한 온도로 가열해야 한다. 일반적으로 AP-5 아스팔트는 150℃로 혼합하며, 140℃에서 다짐한다.

3) 재료의 계량 및 가열

- 공시체의 기준 높이는 63.5mm이며, 43.5mm~76mm의 범위 안에 들도록 골재의 총 중량을 결정하여야 한다. 일반적으로 골재의 총중량은 1200g 이다. 만일 사전에 제작한 공시체의 높이가 기준에 맞지 않을 경우 아래와 같은 식을 사용하여 골재의 총중량을 보정한다.

$$\text{골재의 전체 무게}(g) = \frac{63.5(mm) \times \text{사용된 골재의 무게}(g)}{\text{측정된 공시체 높이}(mm)}$$

- 입도 기준에 따라 결정한 골재 혼합 비율과 입도에 따라 각 배치별 골재의 중량을 계산하고, 이에 따라 계량하여 혼합용 보울에 모은다.
- 사전에 결정한 혼합온도 보다 28℃ 이상 넘지 않도록 건조기의 온도를 맞추고, 골재와 아스팔트를 넣어 가열한다. 골재는 최소 4시간 이상 가열하는 것이 좋고, 아스팔트는 1시간 이하로 가열한다.

4) 부속 장비의 준비

- 몰드와 해머 등의 가열

공시체 제작에 사용되는 몰드, 칼라, 스페툴러, 몰드용 깔데기 등은 청결하게 유지하여야 하고, 건조기에 넣어 미리 가열한다. 그리고, 다짐 해머는 가열판으로 미리 가열하여 90℃~150℃ 온도를 유지하도록 한다.

- 몰드용 종이 등

몰드의 하단 및 상부에 깔기 위한 직경 98mm 정도의 얇은 종이를 공시체 개수의 2배 수량으로 준비한다.

4.5 공시체 제작

1) 재료의 혼합

각 혼합용 보울을 저울에 올려놓고, 영점을 맞춘 후, 아스팔트를 계량한 후, 아스팔트와 골재를 혼합한다. 아스팔트 바인더가 골재 표면에 거의 대부분이 도포될 수 있도록 혼합 온도 범위 내에서 기계 비빔 또는 손비빔을 시행한다. (<그림 1> 참조)

2) 몰드에 혼합물 넣기

- 보울에 있는 아스팔트 혼합물을 미리 결정된 총배합 중량(일반적으로 1200g)에 따라 재료분리가 없도록 3등분으로 나누어 시험팬에 넣는다.
- 몰드 위에 칼라를 조합한 후, 몰드용 종이를 아래에 깔고, 몰드용 깔데기를 위에 놓는다.
- 시험팬의 아스팔트 혼합물을 재료분리가 없도록 몰드 깔데기에 일시에 쏟아 넣는다.
- 몰드용 깔데기를 제거하고, 스페툴라를 이용하여 주변을 가볍게 15회 정도 찌르고, 몰드 표면을 가운데가 약간 볼록하게 마무리한다.
- 몰드용 종이를 몰드의 상부에 올려 놓는다.

3) 공시체 다짐

- 공시체로 다지기 직전 가열 아스팔트 혼합물의 온도가 다짐 온도 제한 범위 내에 있는지를 확인하고 범위를 벗어나는 경우에는 가열 아스팔트 혼합물을 건조기에 넣어 조정한다.
- 다짐 몰드를 마샬 다짐기 몰드 장착기에 거치시킨다. 해당 포장에 요구되는 설계 교통량에 따라 양면 각각 50회 또는 75회로 다짐한다. 설계 $ESAL > 10^7$ 이면 양면 75회로 다짐하며, 그 이하는 양면 50회로 다짐한다.
- 한쪽면의 다짐이 완료되면, 몰드의 칼라를 제거하고, 몰드를 뒤집은 후 다시 칼라를 조립하고 다짐한다.
- 다짐이 완료되면 몰드의 바닥판을 제거하고, 변형이 발생하지 않도록 하루밤 정도 양생한 후 몰드에서 공시체를 탈형한다. 더 빠른 양생이 필요하다면 선풍기 등이 사용될 수 있지만 물을 사용해서는 절대 안된다. 탈형시에서는 전동식 또는 수동식 공시체 추출기를 사용하며, 추출한 후에는 시험을 위해 평편한 바닥에서 보관한다.



〈그림 1〉 골재와 아스팔트 바인더 혼합



〈그림 2〉 아스팔트 혼합물을 몰드에 넣기

부록 5. 마샬 배합설계 Data Sheet

5.1 아스팔트 혼합물의 겉보기비중과 밀도

공시 체 No	아스팔트 함량 (%)	공기중 무게 (A), g	수중 무게 (C), g	표건 무게 (B), g	용적 (B-C)	겉보기 밀도 {A/(B-C)}, g/cm ³
1						
2						
3						
평균						
1						
2						
3						
평균						
1						
2						
3						
평균						
1						
2						
3						
평균						
1						
2						
3						
평균						
1						
2						
3						
평균						

부록 6. 마샬 배합설계에 의한 최적 아스팔트 함량 결정 예

「밀립도 아스팔트 혼합물(20)」의 기준에 따라 WC-3을 생산하기 위해 굵은골재, 부순모래, 채움재를 사용한다. 굵은골재는 20mm, 13mm, 10mm, 5mm로 입도 조절을 하고 부순모래는 0.3mm에서 잔류하는 것과 0.3mm를 통과하는 것으로 나누어 입도 조절을 하였다. 아스팔트 바인더는 침입도 등급 60-80의 범위를 갖는 AP-5를 사용하였으며 품질 시험 결과는 아래와 같다.

마샬 다짐 횟수는 중간 정도의 교통량을 가정하여 50회의 다짐 횟수를 적용하여 마샬 배합설계를 실시하고, 최적 설계아스팔트 함량을 구하여야.

(1) 아스팔트 바인더 : 침입도 등급 80-100

- 침입도(25℃, 1/10mm) : 73

- 비중 : 1.02

(3) 골재 입도 : <표 1> 참조

【해 설】

<표 1> 골재 입도

체의 호칭치수		20mm	13mm	잔골재	채움재
통 과 질 량 백 분 율 (%)	25mm	100.0	100.0	100.0	100.0
	20mm	95.0	100.0	100.0	100.0
	13mm	37.5	95.0	100.0	100.0
	10mm	16.3	80.0	100.0	100.0
	5mm	7.5	55.5	90.0	100.0
	2.5mm	2.5	7.5	75.0	100.0
	1.2mm	0	2.5	50.0	100.0
	0.60mm		2.0	35.0	100.0
	0.30mm		0	23.5	99.0
	0.15mm			11.0	94.6
0.08mm			5.0	86.6	

6.1 골재 배합률 및 합성 입도 결정

컴퓨터(스프레드시트) 프로그램을 이용하여 WC-3의 기준에 맞는 골재 배합률과 합성 입도를 결정한 결과, 아래와 같이 배합 비율 및 합성 입도를 얻을 수 있었다.

【주】 합성 입도는 2가지 방법을 통해 구할 수 있다. 도표법을 이용하여 구할 수 있고, 컴퓨터 프로그램(스프레드시트)등을 이용하여 시행 착오법으로 기준 입도 범위에 맞도록 조정하여 구할 수 있다.

〈표 2〉 20mm 밀립도 혼합물의 골재 배합률 및 합성 입도

구 분		기 준	굵은골재		잔골재	채움재	합성 입도
			6호 (20~10)	7호 (13~15)	입도 No. 1		
		WC-3	23%	36%	37%	4%	
통 과 질 량 백 분 율	25mm	100	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	20mm	90~100	95.0	100.0	100.0	100.0	98.9
	13mm	72~90	37.5	95.0	100.0	100.0	83.8
	10mm	56~80	16.3	80.0	100.0	100.0	73.0
	5mm	35~65	7.5	55.5	90.0	100.0	58.8
	2.5mm	23~49	2.5	7.5	75.0	100.0	35.0
	0.60mm	10~28	0	2.0	35.0	100.0	17.7
	0.30mm	5~19		0	23.5	99.0	12.7
	0.15mm	3~13			11.0	94.6	7.9
	0.08mm	2~8			5.0	86.6	5.3

6.2 공시체 제작

골재 무게를 1200g으로 결정한 후 아스팔트 함량 5.5%를 기준으로 $\pm 0.5\%$, $\pm 1.0\%$ 로 아스팔트 함량을 변화시키면서 공시체를 제작한다. 각 아스팔트 바인더량에 대한 재료의 소요량은 〈표 3〉과 같다.

〈표 3〉 공시체 1개에 필요한 재료량

재료		공시체(g)				
종류	골재 배합비(%)	4.5%	5.0%	5.5%	6.0%	6.5%
20mm	23	265.0	263.6	262.2	260.8	259.4
13mm	36	414.7	412.6	410.4	408.2	406.1
잔골재	37	426.2	424.0	421.8	419.6	417.4
채움재	3.5	46.1	45.8	45.6	45.4	45.1
골재량	-	1,152	1,146	1,140	1,134	1,128
아스팔트 바인더량	-	48	54	60	66	72
혼합물 무게	-	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200

6.3 이론최대밀도 결정

아스팔트 혼합물의 이론최대밀도는 실측을 통해 결정한다. 4.5%~6.5%까지 아스팔트 함량을 변화시키면서 제조된 혼합물에 대하여 이론최대밀도 시험을 수행한 결과는 다음 〈표 4〉와 같다.

〈표 4〉 이론최대밀도

아스팔트 함량	4.5%	5.0%	5.5%	6.0%	6.5%
이론최대밀도(g/cm^3)	2.479	2.460	2.442	2.424	2.407

6.4 공시체의 겉보기 밀도 및 마샬 안정도 시험

공시체의 겉보기 밀도 및 마샬 안정도 시험 결과를 통해 아스팔트 함량을 4.5%에서 6.5%까지 0.5%씩 변화시켜가며 제작한 공시체에 대한 시험 결과는 〈표 5〉에 나타나 있다. 〈표 5〉에 나타난 시험 결과를 통해 공시체 특성치를 정리한 결과는 〈표 6〉에 나타나 있다.

〈표 5〉 마살 배합설계 시험결과

시험번호: 혼합물종류: WC-3
 다짐횟수: 양면 50회
 혼합물 사용장소: 시험목적: 마살 배합설계 시험자:
 200 년 월 일

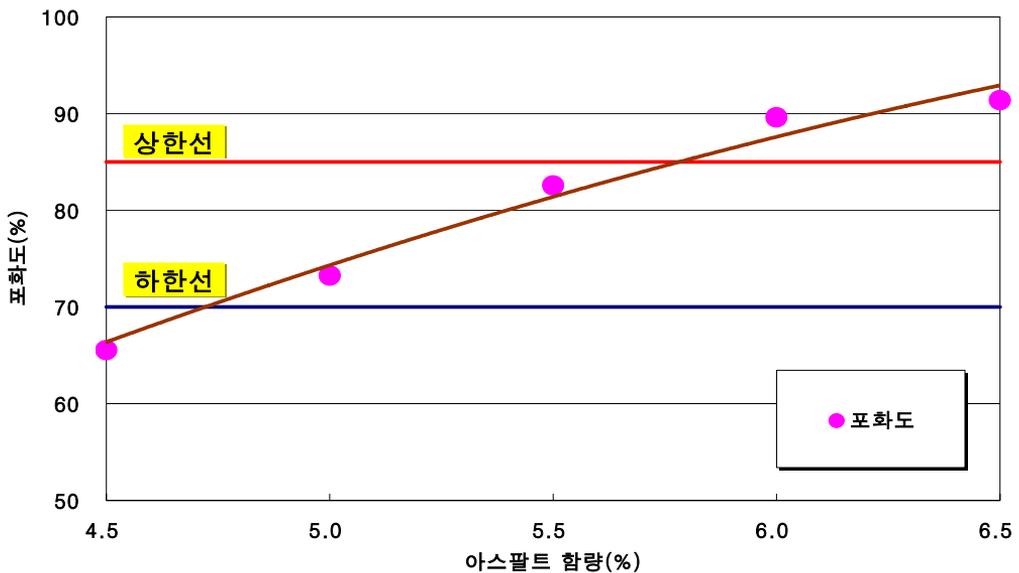
AP 함량 (%)	No	두께 (mm)	증량(g)			용적	밀도(g/cm ³)		AP 용적 (%)	공극률 (%)	VMA (%)	포화도 (%)	안정도(kg)		흐름값 (0.01cm)
			공기중	수중	SSD		실측	이론					실측치	보정치	
4.5	1	62.98	1177.1	678.2	1180.3	502.1	2.344		10.32	5.44	15.78	65.50	1786.7	1815.4	38
	2	65.75	1200.7	692.5	1207.9	515.4	2.329	2.479	10.26	6.03	16.31	62.98	1633.4	1536.6	43
	3	65.56	1197.5	689.4	1200.1	510.7	2.345		10.32	5.42	15.76	65.59	1697.1	1604.8	38
	평균	64.76	1187.3	683.8	1190.2	506.4	2.344		10.32	5.43	15.77	65.54	1741.9	1710.1	38
5.0	1	63.77	1164.1	672.8	1164.9	492.1	2.365		11.57	3.87	15.46	74.96	1417.9	1408.7	34
	2	66.43	1216.4	702.4	1218.8	516.4	2.355	2.460	11.52	4.27	15.82	72.95	1646.0	1520.7	36
	3	64.29	1174.6	677.7	1175.7	498.0	2.358		11.54	4.15	15.71	73.56	1410.2	1380.7	42
	평균	64.83	1195.5	690.1	1197.3	507.2	2.357		11.53	4.21	15.76	73.25	1528.1	1450.7	39
5.5	1	64.03	1175.1	682.0	1175.9	493.9	2.379		12.80	2.59	15.42	83.16	1440.2	1420.5	37
	2	65.55	1202.1	696.8	1202.7	505.9	2.376	2.442	12.79	2.72	15.53	82.47	1579.7	1494.1	43
	3	63.49	1166.1	676.0	1167.1	491.1	2.374		12.78	2.79	15.59	82.09	1367.8	1369.7	45
	평균	64.36	1181.1	684.9	1181.9	497.0	2.376		12.79	2.70	15.51	82.58	1462.6	1428.1	42
6.0	1	61.13	1154.0	673.9	1154.9	481.0	2.399		14.08	1.05	15.16	93.06	1528.7	1639.3	42
	2	63.46	1190.7	692.4	1191.3	498.9	2.386	2.424	14.01	1.57	15.60	89.94	1489.8	1493.2	47
	3	61.58	1132.6	658.7	1133.8	475.1	2.384		13.99	1.68	15.70	89.28	1270.8	1344.8	45
	평균	62.06	1161.7	675.6	1162.6	487.0	2.385		14.00	1.62	15.65	89.61	1380.3	1419.0	46
6.5	1	61.83	1170.1	680.5	1170.6	490.1	2.387		14.02	1.53	16.02	90.14	1300.1	1365.7	37
	2	62.83	1154.1	672.1	1154.9	482.8	2.390	2.407	14.03	1.41	15.92	90.86	1563.1	1595.1	46
	3	63.73	1194.0	695.8	1194.4	498.6	2.394		14.06	1.23	15.77	91.93	1483.7	1475.7	46
	평균	62.80	1174.1	684.0	1174.7	490.7	2.392		14.04	1.32	15.85	91.39	1523.4	1535.4	46

〈표 6〉 공시체의 특성치

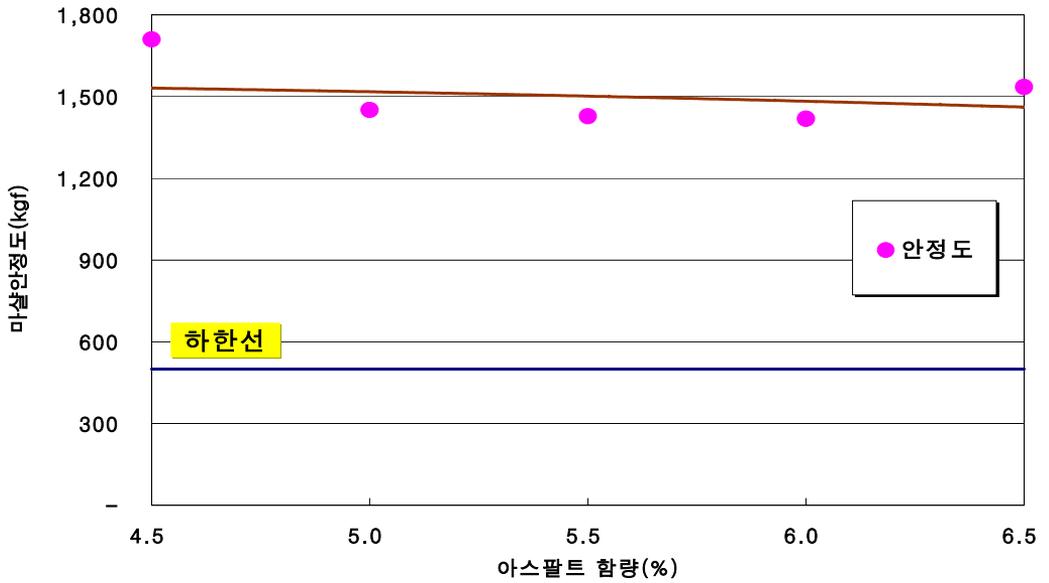
특성치 \ AP 함량(%)	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5
겉보기밀도(g/cm ³)	2,344	2,357	2,376	2,385	2,392
이론최대밀도(g/cm ³)	2,479	2,460	2,442	2,424	2,407
아스팔트용적(%)	10.32	11.53	12.79	14.00	14.04
공극률(%)	5.43	4.21	2.70	1.62	1.32
VMA(%)	15.77	15.76	15.51	15.65	15.85
포화도(%)	65.54	73.25	82.58	89.61	91.39
안정도(kg)	1,710.1	1,450.7	1,428.1	1,419.0	1,535.4
흐름값(1/100cm)	38	39	42	46	46

6.5 아스팔트 함량과 혼합물의 마샬 특성치

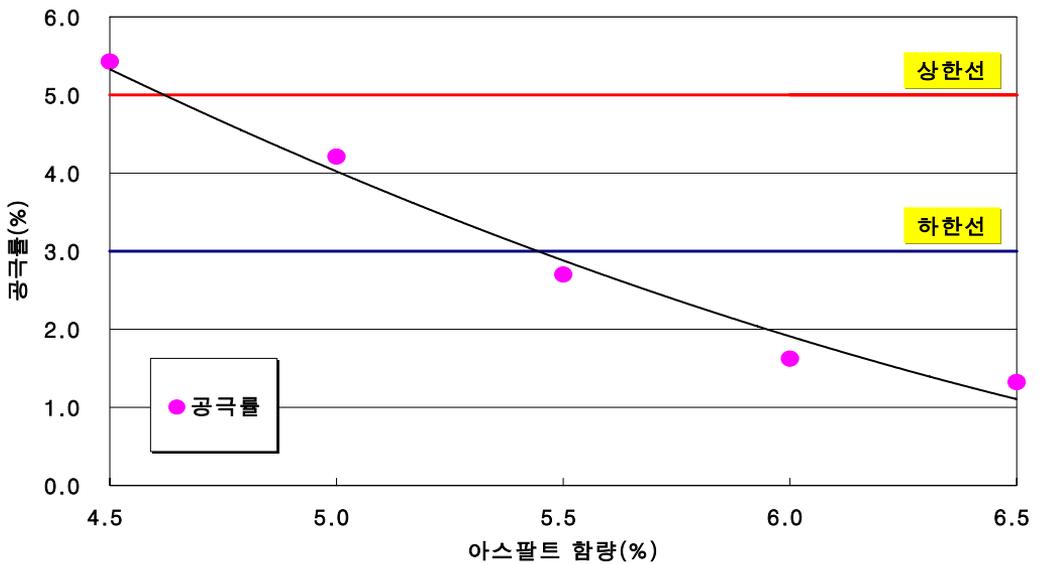
각 공시체의 아스팔트 함량과 밀도, 안정도, 흐름값 및 공극률, 포화도 관계를 나타내면 〈그림 1〉~〈그림 5〉와 같다.



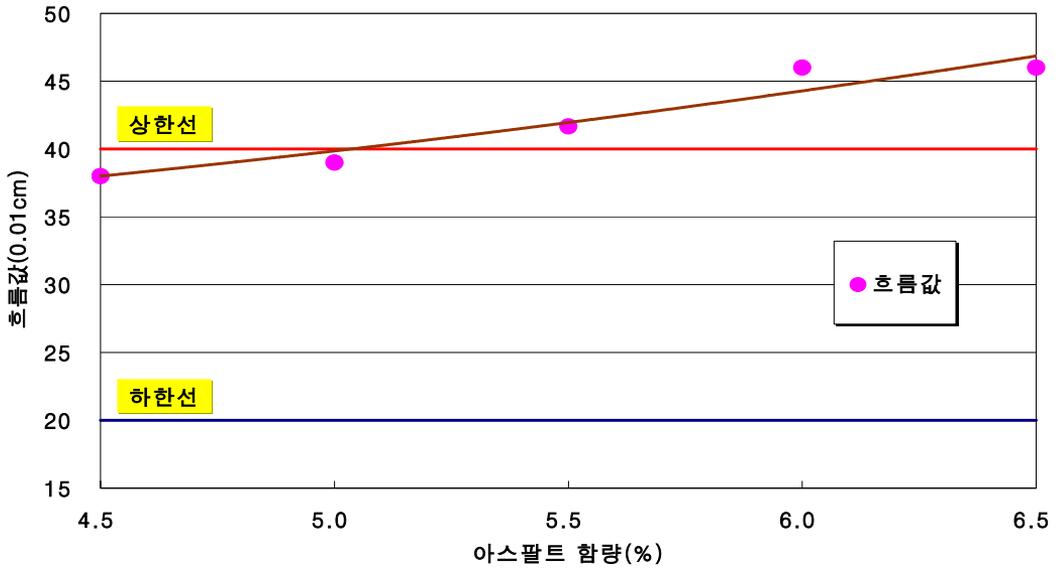
〈그림 1〉 포화도와 아스팔트 함량과의 관계



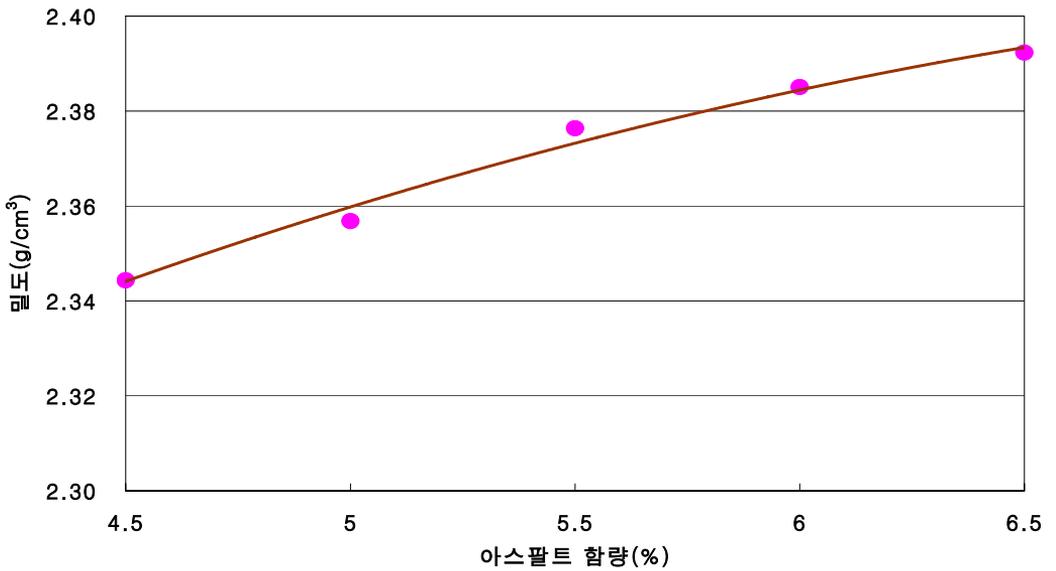
〈그림 2〉 마셜안정도와 아스팔트 함량과의 관계



〈그림 3〉 공극률과 아스팔트 함량과의 관계



〈그림 4〉 흐름값과 아스팔트 함량과의 관계



〈그림 5〉 밀도와 아스팔트 함량과의 관계

6.6 예비 최적 아스팔트 함량의 결정

공극률 4%에 해당하는 아스팔트 함량을 예비 최적 아스팔트 함량으로 정하고 안정도, 흐름값, 포화도, VMA가 기준값을 만족하는지를 검토한다. <그림 3>을 통해 공극률 4%에 해당하는 아스팔트 함량을 구하면 5.0%이며, 이 때 <표 7>에 서와 같이 안정도, 흐름값, 포화도, VMA값이 기준을 만족하므로, 예비 최적 아스팔트 함량을 5.0%로 결정한다.

<표 7> 예비 최적 아스팔트 함량에 대한 혼합물의 성질

혼합물 성상	기준 범위	예비 최적 아스팔트 함량에 해당하는 값	비 고
공극률(%)	4	4	
안정도(kg)	500이상	1,518	합격
흐름값(1/100cm)	20~40	40	합격
포화도(%)	70~85	74.48	합격
VMA(%)	13이상*	15.70	합격
예비 최적 아스팔트 함량(%)		5.0	

* VMA 20mm 4% : 기준으로 하였을 때 13 .(< 3.7>)

6.7 배합비율의 결정

예비 최적 아스팔트 함량 5.0%일 때의 혼합물로 마샬 공시체를 제조하고, 체적 특성 및 안정도 시험 등을 실시하고, 기준치와 비교·검토한다. 이 결과 <표 8>과 같이 기준치의 범위에 있으므로 최적 아스팔트 함량을 5.0%로 결정되며, 혼합물의 배합비율은 <표 2>와 같다.

〈표 8〉 최적 아스팔트 함량에 대한 혼합물의 성질

종 류	시험값
아스팔트 함량(%)	5.0
다짐 밀도(g/cm^3)	2.359
안정도(kg)	1518
흐름값(1/100cm)	40
공극률(%)	4
포화도(%)	74.48
VMA(%)	15.70

부록 7. 아스팔트 바인더의 혼합 및 다짐 온도 결정 방법

아스팔트 바인더의 혼합 및 다짐 온도를 결정하는 방법은 다음과 같다.

(1) 아스팔트 대표 시료의 채취

(2) 아스팔트 동점도 시험

- 동점도 측정은 KS M 2248의 아스팔트 동점도 시험 방법 또는 KS F 2392의 회전 점도계를 이용한 아스팔트의 시험방법에 따름
- 시험온도 : 120℃, 150℃, 180℃ 등 3개의 온도에서 시험함
- 동점도를 cSt 단위로 기록

(3) 아스팔트 혼합물의 혼합 및 다짐온도 계산

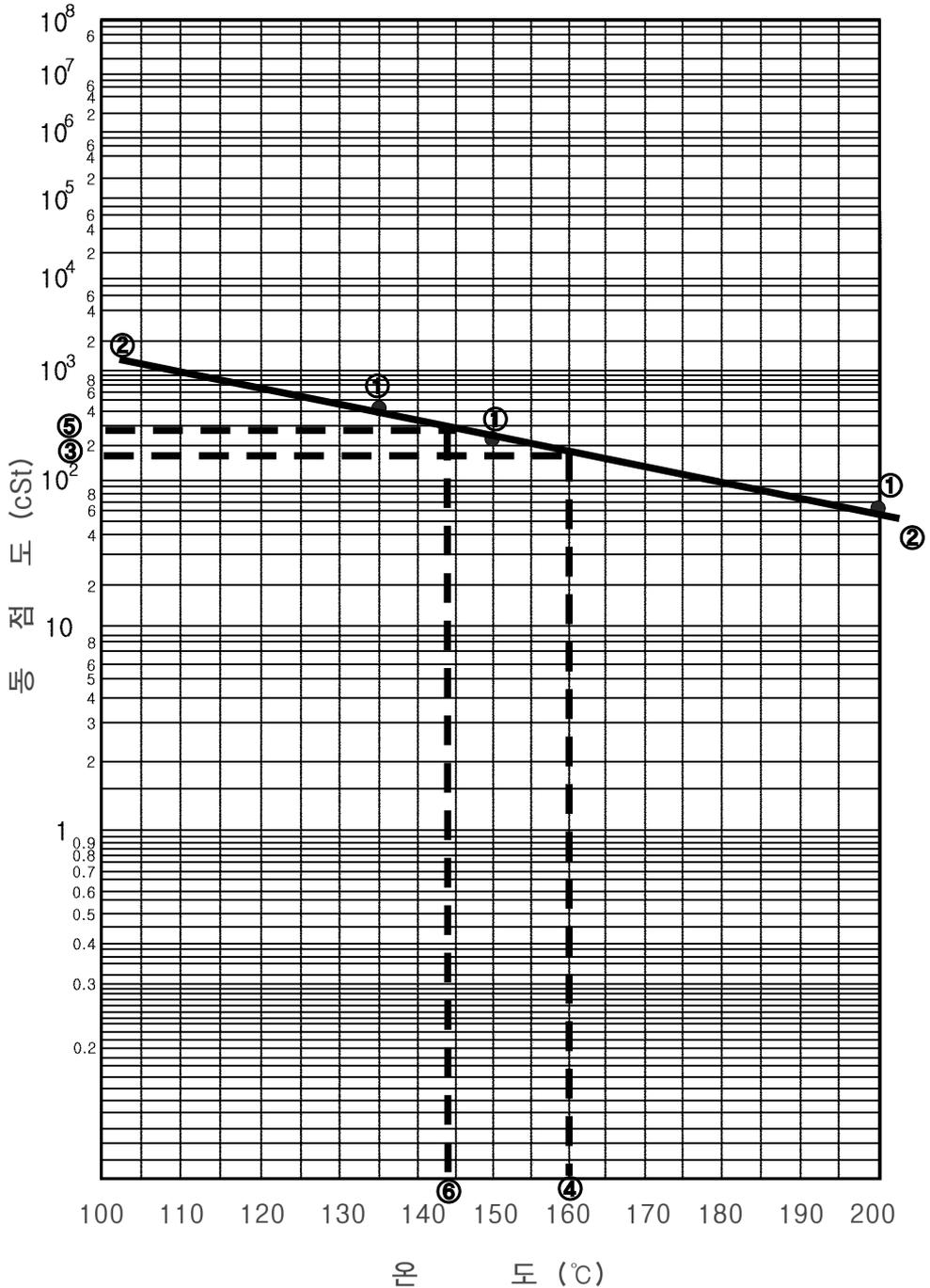
- KS M 2014의 원유 및 석유제품의 동점도 시험 방법 및 석유 제품 점도지수 계산 방법에 따라 혼합 및 다짐 온도 계산
- 혼합온도 : 150cSt, 170cSt, 190cSt에서의 온도
- 다짐온도 : 250cSt, 280cSt, 310cSt에서의 온도

만일 아스팔트 시료의 동점도 측정값이 아래의 표와 같을 때 아스팔트 바인더의 아스팔트 혼합물을 제조하기 위한 적정 혼합 및 다짐 온도를 구하여라.

시험결과	온도 (℃)	동점도 (cSt, mm ² /s)
시험1	135	420
시험2	150	225
시험3	200	60

【해 설】

7.1 도표로 혼합 및 다짐온도 구하는 방법



〈그림 1〉 아스팔트 바인더의 혼합 및 다짐온도 결정을 위한 도표

- (1) <그림 1>과 같이 Y축이 LogLog 인 도표를 이용하여 X축에는 온도, Y축에는 동점도 값에 해당하는 점을 그림
- (2) 각 점을 연결한 선을 그림(회귀곡선)
- (3) 구하고자 하는 동점도에 해당하는 값을 Y축에서 찾아 직선과 만나는 점의 X좌표 온도값을 읽고 <표 1>과 같이 기록함
- (4) 혼합 및 다짐온도
 - 시험 결과 배합설계에서 아스팔트 혼합물의 혼합용 기준 온도는 160℃ 이며, 다짐용 기준 온도는 144℃임
 - 온도 허용범위는 혼합할 때는 156~164℃이고, 다짐할 때에는 142~148℃임.

<표 1> 아스팔트 바인더의 혼합 및 다짐온도

구분		동점도 (cSt, mm ² /s)	목표온도 (℃)
혼합용 온도 (℃)	최소	190	156
	기준	170	160
	최대	150	164
다짐용 온도 (℃)	최소	310	142
	기준	280	144
	최대	250	148

7.1 수식을 이용하여 혼합 및 다짐온도 구하는 방법

(1) 아래의 식에 의해 Z 값을 구함

$$Z = \text{동점도} + 0.7$$

시험결과	온도 (°C)	동점도 (cSt, mm ² /s)	Z (cSt, mm ² /s)
시험1	135	420	420.7
시험2	150	225	225.7
시험3	200	60	60.7

(2) Z 및 시험온도를 아래의 식에 대입하여 연립방정식을 풀음

$$\bigcirc \log \log Z = A - B \log(273.15 + t)$$

여기서, Z = 동점도(cSt) + 0.7

A, B = 2가지 이상의 온도-동점도값으로 구하는 상수

t = 온도(°C)

$$\bigcirc \text{계산 결과} : A = 7.161, B = 2.583$$

(3) 상수 A, B를 식에 대입하고, 필요한 동점도를 대입하여 해당 온도값을 구함

$$\bigcirc \text{계산식} : \log \log (\text{동점도} + 0.7) = 7.161 - 2.583 \log(273.15 + t)$$

〈표 2〉 아스팔트 바인더의 혼합 및 다짐온도

구분		동점도 (cSt, mm ² /s)	목표온도 (°C)
혼합용 온도 (°C)	최소	190	156
	기준	170	160
	최대	150	164
다짐용 온도 (°C)	최소	310	142
	기준	280	144
	최대	250	148

참여연구진

◆ 집필진

김연복	한국건설기술연구원 연구위원
권수안	한국건설기술연구원 수석연구원
황성도	한국건설기술연구원 선임연구원
김부일	한국건설기술연구원 선임연구원
정규동	한국건설기술연구원 연구원
이문섭	한국건설기술연구원 연구원
전성일	한국건설기술연구원 연구원

◆ 자문위원(가나다 순)

곽동근	서영기술단 부사장	(중앙건설기술심의위원)
김주원	성원기술사무소 소장	(KPRP 평가심의위원)
남영국	인천대학교 교수	(KPRP 평가심의위원)
박상욱	한국도로공사 도로처 부장	
박태순	서울산업대학교 교수	(중앙건설기술심의위원)
이석홍	현대기술연구소 책임연구원	
조규태	인천대학교 수석연구원	(중앙건설기술심의위원)
천석현	서울특별시 기술심사담당관	(KPRP 평가심의위원)
최계식	건설안전기술연구원 원장	(KPRP 평가심의위원)

◆ **건설교통부**

강영일(前/남인희)	건설교통부 도로국장
정내삼	건설교통부 도로건설과 과장
김인수(前/노성열)	건설교통부 도로건설과 사무관
이승엽(前/이영우)	건설교통부 도로건설과 담당

이 지침에 대하여 궁금한 사항이 있으시면 건설교통부 도로건설과 (02-2110-8224 / <http://www.moct.go.kr>), 한국도로공사 도로교통기술원 포장연구그룹(031-371-3361 / <http://research.freeway.co.kr>)로 문의하시기 바랍니다.