간 행 물 등 록 번 호
11-1611000-001242-01

SMA 포장 생산 및 시공 지침

2011. 4.

국토해양부
Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs

지침 제정에 따른 경과 조치

이 지침은 발간시점(2011. 4)부터 적용하며, 이미 시행중인 설계용역이나 건설공사에 대하여는 발주기관의 장이 필요하다고 인정하는 경우에 적용할 수 있습니다.

머 리 말

1970년대 처음으로 경부고속도로에 밀입도 아스팔트 혼합물이 시공되면서 우리나라의 아스팔트 콘크리트 포장의 역사는 시작되었습니다. 지속적인 산업화에 따른 물동량의 증가로 인해 중차량 및 교통량이 급증하면서 1990년대 이후에는 아스팔트 콘크리트 포장의 소성변형이 급속하게 발생하여 도로이용자의 안전을 위협하는 문제로 대두되기 시작하였습니다.

이러한 아스팔트 콘크리트 포장 소성변형의 최소화를 위하여 국내에서는 아스팔트 혼합물의 골재입도 보완 및 고점도의 개질재 사용 등을 통하여 하절기 고온에서 발생하는 소성변형에 저항할 수 있도록 하였습니다. 그러나 이와 같은 개질 아스팔트 콘크리트 포장은 소성변형에는 어느 정도 효과가 있었지만, 약 5년 이상 공용 후에 균열이 발생하는 문제점이 나타났습니다. 이를 개선하기 위하여, 독일에서 개발된 SMA(Stone Mastic Asphalt) 혼합물이 국내에 도입되기 시작하였습니다. SMA포장은 1995년 고속도로에 시험시공을 실시한 이래, 1997년부터 고속도로 실무현장 적용을 시작으로 일반국도와 지방도 등에 확대되어 적용되고 있습니다.

본 지침은 국내에서 사용되는 SMA 포장 공법의 실무 적용을 위한 골재 생산방법, 배합설계, 아스팔트 플랜트 생산 및 시공 품질관리에 대한 내용을 수록하여 아스팔트 콘크리트 포장의 수명연장에 기여할 수 있도록 하였습니다. 앞으로도 개선이 필요한 부분은 지속적으로 보완할 예정이며, 활용하시는 여러분의 많은 조언을 부탁드립니다. 마지막으로 본 지침을 마련하는데 참여하신 한국도로공사 연구진, 자문위원 및 관계 공무원 여러분의 노고에 감사드립니다.

2011년 4월

국토해양부 도로정책관 김 형 렬 김 형렬

목 차

1. 총 칙

1.1 적용 범위 ····· 3
1.2 용어의 정의 ····· 4
1.3 SMA(Stone Mastic Asphalt) 혼합물의 원리 ····· 14
1.4 SMA 혼합물의 조성 ····· 15

2. SMA 포장용 재료

2.1 일반 사항 ····· 21
2.2 아스팔트 ····· 22
2.2.1 침입도 분류에 의한 아스팔트 ····· 23
2.2.2 공용성 등급(PG)에 의한 아스팔트 ····· 25
2.2.3 교통하중의 종류에 따른 공용성 등급(PG) ····· 29
2.3 골재 ····· 30
2.3.1 굵은 골재 ····· 31
2.3.2 잔골재 ····· 33
2.3.3 포장용 채움재 ····· 36
2.3.4 셀룰로오스 화이버 ····· 37

3. SMA 혼합물의 품질기준

3.1 일반 사항 ····· 41
3.2 SMA 혼합물 ····· 42
3.2.1 골재의 품질 및 입도 ····· 42
3.2.2 SMA 혼합물의 품질 ····· 44

4. SMA 혼합물 배합설계

4.1 일반 사항 ····· 49
4.2 SMA 혼합물의 단기노화, 다짐 온도 및 혼합 온도 ····· 50
4.3 실내 배합설계 ····· 52
4.3.1 골재 배합비 및 합성입도의 결정 ····· 54
4.3.2 시험용 공시체의 제작 및 물성 시험 ····· 54
4.3.3 이론 최대밀도의 산출 ····· 56
4.3.4 최적 아스팔트 함량 결정 ····· 58
4.4 콜드빈 골재 유출량 ····· 59
4.4.1 아스팔트 플랜트의 점검 ····· 60
4.4.2 드라이어 가열 및 콜드빈 골재 준비 ····· 61
4.4.3 콜드빈 골재 유출량 시험 ····· 61
4.4.4 콜드빈 골재 유출량 시험 절차 ····· 63
4.5 현장 배합설계 ····· 68

5. SMA 혼합물의 생산

5.1 재료관리 ····· 71
5.1.1 석산의 골재 생산 및 관리 ····· 71
5.1.2 입도 조절점 관리 ····· 72
5.1.3 골재 생산 설비 ····· 74
5.1.4 SMA 혼합물의 동적안정도 저하에 따른 개선 대책 ····· 77
5.2 아스팔트 플랜트 운영 ····· 78
5.2.1 아스팔트 플랜트 필수 시험장비 ····· 78
5.2.2 반입 골재 관리 ····· 80
5.2.3 콜드빈 골재 관리 ····· 81
5.2.4 콜드빈 골재 이송방식 관리 ····· 82
5.2.5 핫 스크린 관리 ····· 84
5.2.6 셀룰로오스 화이버 투입 ····· 86
5.2.7 채움재(Mineral Filler)의 취급 ····· 87
5.2.8 혼합 작업 ····· 88
5.2.9 계량장치 오차 관리 ····· 89
5.2.10 입도 관리 ····· 90
5.2.11 아스팔트 저장탱크 관리 ····· 92
5.3 아스팔트 플랜트 품질관리 ····· 93
5.3.1 아스팔트 플랜트 품질관리 목적 ····· 93
5.3.2 정기 시험 ····· 94
5.3.3 일상적인 품질관리 ····· 98
5.4 SMA 혼합물 관리 ····· 99
5.4.1 시험 생산 ····· 99
5.4.2 SMA 혼합물의 현장배합 오차 ····· 100
5.4.3 SMA 혼합물 생산 시 유의사항 ····· 102

6. SMA 포장의 시공

6.1 일반 사항 ····· 107
6.2 시험포장 ····· 108
6.3 SMA 포장의 포설 및 다짐 ····· 110
6.3.1 시공 전 사전 준비작업 ····· 110
6.3.2 SMA 혼합물의 운반 ····· 117
6.3.3 SMA 혼합물의 포설 ····· 120
6.3.4 SMA 혼합물의 다짐 ····· 121
6.3.5 SMA 혼합물의 포설 및 다짐 시 유의사항 ····· 123
6.3.6 현장 다짐도 조사 방법 ····· 126
6.4 SMA 포장의 품질저하 원인 ····· 126
6.4.1 SMA 포장의 플러쉬(Flush) 현상 ····· 127
6.4.2 SMA 포장의 온도 저하에 의한 시공 불량 ····· 128
6.4.3 택코팅제 유출에 따른 SMA 포장 표면 상태 불량 ····· 130
6.4.4 SMA 포장 시공이음부 부위의 우수 용출 ····· 130

7. SMA 혼합물의 품질검사

7.1 품질확인을 위한 샘플링 ····· 135
7.2 SMA 혼합물 품질관리 및 검사 ····· 137
7.2.1 일반 사항 ····· 137
7.2.2 품질관리 방법 ····· 138
7.2.3 선정시험 ····· 139
7.2.4 관리시험 ····· 142
7.2.5 검사시험 ····· 145

부 록

부록. SMA 배합설계 예제 ····· 151

총 칙 1

1. 총 칙

1.1 적용 범위

(1) 본 지침은 도로 포장에 사용되는 쇄석 매스틱 아스팔트(Stone Mastic Asphalt) 혼합물의 배합설계, 생산 및 시공에 적용한다.
(2) 본 지침에 규정되어 있지 않은 사항은 「도로공사 표준시방서」, 「아스팔트 혼합물의 생산 및 시공 지침」 및 해당기관의 「전문 시방서」에 따른다.

【해 설】

아스팔트 콘크리트 포장은 도로 건설 초기부터 현재까지 교통 환경의 변화에 따라 다소의 시행착오를 거치면서 지속적으로 발전해오고 있다. 과거부터 현재까지 가장 일반적으로 사용되고 있는 아스팔트 혼합물은 밀입도 아스팔트 혼합물이다. 이러한 밀입도 혼합물은 석산에서 생산된 골재의 전량을 소비할 수 있어서 저렴하다는 장점과 중차량의 통행이 비교적 적은 도로에서는 우수한 공용성을 나타내는 점에 기인하여 현재까지도 많은 국도와 지방도 등에서 사용되고 있다.

그러나 1990년 초반, 이상 고온 현상과 함께 교통량과 중차량이 급속하게 증가하고, 차량의 지체와 정체가 발생하기 시작하면서부터 여름철에 급속하게 발생하는 소성변형 현상으로 인하여 운전자의 주행 안전성을 위협하는 요소로 등장하였다. 기존의 밀입도 아스팔트 혼합물은 현대의 교통량 증가와 중차량 증가로 인하여 현재 그 한계를 드러내고 있다.

현재 발생하는 아스팔트 콘크리트 포장 소성변형의 대부분은 차량하중에 의한 전단력의 작용으로 인한 표층부 아스팔트 혼합물의 밀림(유동)에 의해 발생된다. 이러한 종류의 소성변형에 잘 저항하는 아스팔트 혼합물을 만들기 위해서 아스팔트 자체의 물성을 개선하는 아스팔트 혼합물의 개념보다는 골재의 맞물림 특성을 최대로 하여 소성변형에 대한 저항성을 높이고, 아스팔트는 가능한 많이 함유하도록 하여 차량 하중의 반복 작용에 의한 피로로 인하여 발생되는 균열의 발생을 저감시킨 아스팔트 혼합물이 바로 SMA(Stone Mastic

Asphalt) 혼합물이다.

본 지침에서는 골재의 맞물림 특성을 최대로 하여 소성변형에 저항하고 아스팔트를 가능한 한 많이 함유하도록 하여 아스팔트 혼합물의 물리적인 단점인 균열과 탈리에 대한 저항성을 높인 SMA 포장의 배합설계, 생산 및 시공에 관한 전반적인 품질관리에 대해 다루었다.

1.2 용어의 정의

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

- 가열 아스팔트 혼합물 (HMA, Hot-Mix Asphalt Mixture)

  굵은 골재, 잔골재, 채움재 등에 적절한 양의 아스팔트와 필요 시 첨가재료를 넣어서 이를 약 160℃ 이상의 고온으로 가열 혼합한 아스팔트 혼합물을 말한다.

- 감독자

  「건설기술관리법 제35조」의 규정에 의하여 발주청장이 임명한 감독자를 말한다. 다만 「건설기술관리법 제27조」의 규정에 의하여 책임 감리를 하는 공사에 있어서는 당해 공사의 감리를 수행하는 감리원을 말한다.

- 골재 맞물림 (Interlocking)

  굵은 골재와 굵은 골재 표면의 미세조직 맞물림 작용에 의해 아스팔트 혼합물에 작용하는 수직 압축력과 전단력에 저항하는 작용을 말한다. SMA 혼합물의 경우 굵은 골재의 함량을 높혀서 골재의 맞물림을 최대로 하여 소성변형에 저항할 수 있도록 최적화 한 혼합물이다.

- 골재간극률 (VMA, Voids in the Mineral Aggregate)

  아스팔트 혼합물에서 골재를 제외한 부분의 체적, 즉 공극과 아스팔트가 차지하고 있는 체적의 아스팔트 혼합물 전체 체적에 대한 백분율을 말한다.

- 골재분리 (Segregation)

  재료분리의 일종으로 아스팔트 혼합물의 생산, 운반, 포설 및 시공 중에 발생하는 것으로써, 굵은 골재 및 잔골재가 배합설계 입도에 맞게 혼합되어 있지 않고, 비슷한 골재 크기별로 모이게 되는 현상이다. 이 경우 아스팔트 혼합물의 내구성이 크게 낮아질 수 있다.

- 공극률 (Air Void)

  다져진 아스팔트 혼합물 전체 체적 중에 아스팔트로 피막된 골재입자사이 공극 체적의 백분율을 말한다.

- 공용성 등급 (PG, Performance Grade)

  포장 현장의 온도조건에 따른 아스팔트의 공용성을 평가한 등급으로 KS F 2389에 따라 시험하여 결정한다. 포장의 공용 중 온도조건과 관련한 노화 전·후의 고온과 저온에서의 아스팔트 성능을 다양하게 평가하므로, 침입도 등급에 비해 실제 거동 특성과 밀접한 상관성이 있다. PG XX-YY와 같이 표기하며, 이때 XX는 7일간 평균 최고 포장 설계 온도이며 소성변형 저항성과 상관성이 있고, -YY는 최저 포장 설계 온도로 균열 저항성과 상관성이 있다. 예를 들면 PG 76-22 76은 7일간 평균 최고 포장 설계 온도이며 소성변형 저항성과 상관성이 있고, -22는 최저 포장 설계 온도로 균열 저항성과 상관성이 있다.

- 구동륜 (Driving Wheel)

  다짐장비의 동력장치로부터 구동력을 전달받는 바퀴를 말한다.

- 굵은 골재 (Coarse Aggregate), 잔골재 (Fine Aggregate)

  굵은 골재는 2.5㎜체에 남는 골재이며, 잔골재는 2.5㎜체를 통과하고 0.08㎜체에 남는 골재이다.

- 굵은 골재의 최대치수 (Coarse Aggregate Maximum Size)

  특정한 입도를 가진 골재의 무더기에서 샘플링(Sampling)하여 체분석을 실시하였을 때 샘플링한 골재의 전체 무게에 대하여 90% 이상을 통과시키는 체 중에서 최소 치수의 체 눈금을 체의 호칭 치수로 나타낸 굵은 골재의 치수를 말한다.

- 기준 시험 (Testing for Criteria)

  사용 재료의 품질 확인, 사용 기계의 성능 확인, 아스팔트 혼합물의 배합설계 및 품질관리를 위해 필요한 기준치의 설정 등을 목적으로 실시하는 시험을 말한다.

- 기층 (Base)

  표층과 보조기층 사이에 위치하며, 표층에 가해지는 교통 하중을 지지하는 역할을 한다. 변형에 대해 큰 저항을 가진 재료를 사용한다.

- 노상 (Subgrade)

  포장층 아래 두께 약 1.0m의 거의 균일한 토층을 말하며, 포장층에 전달되는 교통하중을 지지하거나 원지반에 전달하는 역할을 한다.

- 다짐 (Compaction)

  아스팔트 페이버 및 다짐장비 등을 이용하여 아스팔트 혼합물을 적정 밀도가 되도록 다지는 과정이다. 다짐은 아스팔트 혼합물의 공극률을 감소시키고 밀도를 증가시킨다. 다짐의 결과로 아스팔트 혼합물의 아스팔트로 코팅된 골재들은 서로 밀착된다. 다짐은 골재 간의 맞물림과 마찰력을 증가시키고, 아스팔트 혼합물의 공극률을 감소시킨다.

- 다짐도 (Compactibility)

  아스팔트 포장 시공시 아스팔트 혼합물이 적합하게 다짐되었는지를 평가하는 기준으로 사용되고 있으며, 일반적 기준은 96~100% 이다. 아스팔트 혼합물의 현장 배합설계에서 최종적으로 결정된 공시체의 겉보기 밀도를 기준밀도로 적용하여 코어 공시체의 다짐 정도를 평가한다. 다짐도 계산 수식은 (코어시료 겉보기밀도 ÷기준밀도)×100 이다.

- 단기노화 (Short-term Aging)

  플랜트에서 제조, 운반과정에서 노화되는 상태를 말한다.

- 동적안정도 (Dynamic Stability)

  동적안정도는 아스팔트 혼합물을 롤러 다짐한 가로와 세로가 30cm인 공시체에 시험 차륜 하중을 분당 42회의 속도로 가하여 공시체의 표면으로부터 1mm 변형하는데

소요되는 시험 차륜의 통과횟수(cycle/mm)로서 구한다. 아스팔트 혼합물의 소성변형에 대한 저항성을 평가하기 위해 사용되며, 동적안정도 값이 높을수록 소성변형 저항성이 높다.

- 동점도 (Kinematic Viscosity)

  절대점도를 그 시료의 온도에서 밀도로 나눈 값을 말한다. 단위는 센티 스토크스(cSt, ㎟/s)이며, 동점도의 측정에는 일반적으로 회전 점도계가 사용 된다.

- 마모층 (Wearing Course)

  적설 한냉지에서 마모방지나 일반지역에서 미끄럼방지를 목적으로 표층 상부에 포설하는 두께 2~4cm의 아스팔트 혼합물 층이며, 보통 마모층의 두께는 구조설계에 있어 포장두께에는 포함하지 않는다.

- 매스틱 (Mastic)

  아스팔트, 부순모래, 채움재(Filler) 및 셀룰로오스 화이버(Cellulose Fiber)로 구성되는데 골재와 골재 사이의 공극을 채워주고, 결합시켜 주는 페이스트(Paste)로서 작용한다.

- 머캐덤롤러 (Macadam Roller)

  전륜이 2개이고 후륜이 1개인 2축 3륜 형식의 롤러이다. 외국에서는 아스팔트 포장에 잘 사용하지 않지만 국내에서는 아스팔트 콘크리트 포장의 1차 다짐에 많이 사용된다.

- 밀입도 아스팔트 혼합물 (Dense-Graded Asphalt Mixture)

  아스팔트 혼합물로서 합성 입도에 있어 2.5㎜(No.8)체 통과량이 35~50%의 범위로 구성되며, 가장 일반적으로 사용되는 표층용 아스팔트 혼합물이다.

- 박리현상 (Stripping)

  아스팔트 콘크리트 포장체나 아스팔트 혼합물 속의 골재 표면과 아스팔트 사이에 존재하는 물 또는 수분에 의하여 결합력이 없어지거나 약화되는 현상을 말한다. 일반적으로 포장 하부가 물로 장기간 포화되었을 경우 아스팔트의 결합력이 없어지며, 포트홀 등이 발생된다.

- 배합설계 (Mix Design)

  사용 예정 재료를 이용하여 소정의 품질, 기준치가 얻어지도록 골재의 합성 입도 결정과 아스팔트 함량이나 첨가재의 양 등을 결정하는 작업을 말한다. 배합설계는 콜드빈 배합설계(실내 배합설계), 골재 유출량 시험, 현장 배합설계 등을 포함한다. 일반적으로 표층용 SMA 혼합물의 경우는 시방서에 규정하는 아스팔트함량을 만족하는 범위의 합성입도를 결정하고 공극률 3%에 해당하는 아스팔트 함량을 결정하는 것을 말한다.

- 보조기층 (Subbase)

  기층과 노상 사이에 위치하며 기층에 가해지는 교통 하중을 지지하는 역할을 한다. 보조기층은 지지력이 큰 양질의 재료를 사용하나, 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 횡단 배수시켜서 포장체의 내구성 증진을 목적으로 한다.

- 부착방지제 (Release Agent)

  아스팔트 혼합물이 운반장비의 적재함이나 타이어롤러 및 기타 다짐기구 등에 붙는 것을 방지하기 위한 재료이다. 기존에는 경유 등을 사용하였으나, 아스팔트 콘크리트 포장의 파손을 촉진하므로 경유 등의 석유계 오일의 사용을 절대 금하고 있으며, 식물성 오일 등을 사용한다.

- 블리딩 (Bleeding)

  아스팔트 혼합물에서 아스팔트 함량 과다 또는 SMA 혼합물에서 셀룰로오스 화이버 첨가재 부족 등의 영향으로 운반 도중 여분의 아스팔트가 아스팔트 혼합물 속으로 흘러내려 다짐작업 시 아스팔트가 표면으로 용출되어 표면이 번질거리는 현상을 말한다. 택코팅 재료의 과다 사용에 의해서도 발생될 수 있다.

- 블리스터링 (Blistering)

  아스팔트 콘크리트 포장의 표면이 시공 중 또는 공용 시(특히 여름철) 원형으로 부풀어 오르는 현상이다. 강바닥판, 콘크리트 슬래브 위의 포장 내부에 남아있는 수분

및 오일분이 온도상승에 의해 기화하여 이때 발생하는 증기압이 원인이 되어 발생한다. 일반적으로 구스 아스팔트 혼합물이나 세립도 아스팔트 혼합물과 같이 치밀한 혼합물에서 많이 발생한다.

- **비파괴 현장밀도 측정 장비** (Non-destructive Density Gauge)

  다짐장비의 통과에 따른 아스팔트 콘크리트 포장의 밀도 변화를 현장에서 포장손상 없이 체크하기 위한 장비를 말하며, 방사선 또는 전기적 특성 등을 사용한다.

- **셀룰로오스 화이버** (Cellulose Fiber)

  많은 양의 아스팔트 흘러내림과 블리딩(Bleeding)을 방지하기 위한 식물성 섬유 첨가재로 SMA 혼합물에 첨가한다.

- **쇄석 매스틱 아스팔트 혼합물** (SMA, Stone Mastic Asphalt Mixture)

  골재, 아스팔트, 셀룰로오스 화이버(Cellulose Fiber)로 구성되며, 굵은 골재의 비율을 높이고 아스팔트 함유량을 증가시켜 아스팔트의 접착력은 골재의 탈리를 방지하는 역할을 담당하고, 압축력과 전단력에 저항하는 힘은 골재의 맞물림(Interlocking)이 담당하여 소성변형과 균열에 대한 저항성이 우수한 내유동성 아스팔트 혼합물을 말한다.

- **스크리드** (Screed)

  아스팔트 페이버의 끝에 부착된 부분으로 포장의 면을 평탄하게 만들어준다. 연료, 전기 등으로 가열할 수 있으며, 포장 폭에 따라 길이를 변화시킬 수 있다.

- **아스팔트** (Asphalt)

  천연 또는 석유의 증류 잔사로서 얻어진 역청(탄화수소 혼합물)을 주성분으로 하며 이황화탄소(CS_2)에 녹는 반고체 또는 고체의 점착성 물질을 말한다. 도로 포장에 쓰이는 아스팔트는 골재의 접착에 사용되며, 침입도 등급 또는 공용성 등급 기준에 따른다. 스트레이트 아스팔트(Straight Asphalt)는 별도의 첨가제 등으로 가공하지 않은 아스팔트이며, 폴리머 등으로 개질할 경우 개질 아스팔트로 칭한다. 그리고, '아스팔트(Asphalt)'와 같은 의미로 사용되는 용어로는 '아스팔트 바인더(Asphalt Binder)', '아스팔트 시멘트(Asphalt Cement)', '바인더(Binder)', '비투먼(Bitumen)' 등이 있으나, '아스팔트'

로 통칭한다.

- **아스팔트 페이버** (Asphalt Paver)

  아스팔트 피니셔라고도 불리며 아스팔트 혼합물을 포설하는 장비이다.

- **아스팔트 함량** (Asphalt Content)

  아스팔트 혼합물의 전체 질량에 대한 아스팔트 질량의 백분율을 말한다.

- **아스팔트 혼합물** (Asphalt Mixture)

  굵은 골재, 잔골재, 채움재, 아스팔트 등을 정해진 비율로 혼합한 재료이다. 도로에서는 아스팔트 콘크리트 포장의 기층, 중간층, 표층에 쓰인다.

- **안내륜** (Steering Wheel)

  다짐장비의 방향을 조정하는 바퀴를 말한다.

- **역청 재료** (Bituminous Material)

  이황화탄소에 용해되는 탄화수소의 아스팔트 혼합물로 상온에서 고체 또는 반고체의 것을 역청(Bitumen)이라 하며, 이 역청을 주성분으로 하는 재료를 말한다.

  스트레이트 아스팔트, 커트백 아스팔트, 유화 아스팔트 등의 종류가 있다.

- **운반 사이클** (Truck Cycle)

  아스팔트 혼합물을 운반장비 상차, 운송, 시공 현장 도착, 아스팔트 페이버의 호퍼에 하차 후 다시 아스팔트 플랜트로 돌아오는 과정이다.

- **이론 최대밀도** (TMD, Theoretical Maximum Density)

  다짐된 혼합물 속에 전혀 공극이 없는 것으로 가정했을 때의 밀도를 말하며, KS F 2366에 따라 구한다. 배합설계 및 시공 완료 후 포장의 다짐밀도 평가에 사용한다.

- **저온균열** (Low Temperature Cracking)

  온도변화에 따라 1~3m의 비교적 큰 블록 형태로 각을 이루어서 발생되는 균열을 말한다. 주로 아스팔트 혼합물의 아스팔트 노화로 인하여 점착력이 낮아져서 겨울철 등의 대기온도의 변화에 따라 발생하는 포장 내부의 힘에 견디지 못할 경우 발생한다.

- **중간층** (Intermediate Course)

  표층과 기층 사이에 위치하며, 기층의 요철을 보정하고 표층에 가해지는 하중을

기층에 균일하게 전달하는 역할을 한다. MC-1 또는 WC-5 아스팔트 혼합물을 사용한다.

- 채움재 (Mineral Filler)

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. 사용 시에는 먼지, 진흙, 유기물, 덩어리진 미립자 등의 아스팔트 혼합물 품질을 저감시키는 물질이 함유되어 있지 않아야 한다.

- 체의 호칭치수

KS A 5101-1 (ISO 3310-1)에서 규정하는 표준망체 눈의 실제 기준 크기를 부르기 쉽도록 만든 체의 눈 크기로서 아래의 표와 같이 대응된다.

체의 호칭크기 (mm)	80	50	40	30	25	20	13	10	5	2.5	0.6	0.4	0.3	0.15	0.08
체의 기준크기 (mm)	75	53	37.5	31.5	26.5	19	13.2	9.5	4.75	2.36	0.6	0.425	0.3	0.15	0.075

- 최적 아스팔트 함량 (OAC, Optimum Asphalt Content)

가열 아스팔트 혼합물의 사용 목적에 따라 특성이 가장 잘 발현될 수 있도록 결정된 아스팔트 함량으로 각 혼합물의 최적 아스팔트 함량은 배합설계로 결정된다.

- 침입도 등급 (Penetration Grade)

25℃에서 아스팔트의 굳기(硬度)를 나타내는 지수이다. 아스팔트에 규정된 치수의 바늘을 이용하여 100g의 힘으로 5초 동안 눌렀을 때 침의 관입 깊이를 0.1mm 단위로 나타낸 값으로 이 값이 작을수록 단단한 아스팔트를 의미한다.

- 타이어롤러 (Pneumatic Tire Roller)

바닥이 편평한 타이어 여러 개가 2축으로 부착된 다짐장비로서, 타이어의 공기압을 조절하여 다짐효과를 가감할 수 있다.

- 탄뎀롤러 (Tandem Roller)

2축으로 되어있는 롤러로 진동식과 무진동식으로 나뉜다. 진동식은 1차다짐에 사용할 수 있으며, 무진동식은 마무리 다짐에 사용된다.

- **택코트 (Tack Coat)**

  역청재료 또는 시멘트 콘크리트 슬래브 등을 사용한 아래 층과 아스팔트 혼합물로 된 윗 층을 결합시키기 위하여 아래 층의 표면에 역청재료를 살포하여 만든 막을 말한다. 일반적으로 유화아스팔트 RS(C)-4를 사용한다.

- **편경사 (Superelevation)**

  평면 곡선부에서 자동차가 원심력에 저항 할 수 있도록 하기 위하여 설치하는 횡단경사를 말한다.

- **평탄성 (Roughness)**

  포장면의 평탄한 정도를 말하며, 국내 시험방법으로는 7.6m 프로파일미터를 주로 사용하고, 포장 평가를 위해서는 트레일러에 부착하여 평탄성 조사에 사용하는 장비인 APL(Longitudinal Profile Analyzer)이 채택되고 있다. 측정된 종단 프로파일은 평탄성 지수인 PrI(Profile Roughness Index)로 계산된다. 포장의 준공 검사 시 PrI을 기준으로 적용하며, 포장의 유지관리에서는 현재 전 세계적으로는 차량의 주행한 거리동안에 차축의 수직운동 누적값을 나타내는 IRI(International Roughness Index)가 평탄성을 나타내는 값으로 주로 사용되고 있다.

- **포화도 (VFA, Voids Filled with Asphalt Cement)**

  골재 간극 중에 아스팔트가 채워진 체적 비율을 말한다.

- **표층 (Surface Course)**

  교통 하중에 접하는 최상부의 층으로 교통 하중을 하층에 분산시키거나, 빗물의 침투를 최소화하고 타이어에 마찰력을 제공하는 역할을 한다. 표층에는 표층용 아스팔트 혼합물이 이용된다. SMA 혼합물의 경우에는 골재최대치수 13mm 이하를 적용한다.

- **품질관리 (Quality Control)**

  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.

- 플러쉬, 플러싱 (Flush, Flushing)

  아스팔트 콘크리트 포장에 있어서 아스팔트와 세립의 골재로 구성된 매스틱(Mastic) 성분이 뭉쳐서 다짐 시 표층의 표면이 검은 반점으로 포화된 현상을 말한다.

- 현장 배합설계 (Job-Mix Formula)

  실내 배합설계를 기준으로 현장에 따라 사용하는 재료와 아스팔트 플랜트 등을 고려하여 최종적으로 결정한 실제로 사용하는 배합을 말한다.

- 혼합온도 (Mixing Temperature)

  일반적으로 배합설계 시 골재와 아스팔트의 혼합에 적용하는 온도이다. 아스팔트 혼합물을 아스팔트 플랜트에서 생산할 경우에는 도착지까지의 거리, 대기온도 등을 고려하여 결정한다.

- 회수더스트

  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.

- 횡단경사 (Cross Slope)

  도로의 진행방향에 직각으로 설치하는 경사로서 도로의 배수를 원활하게 하기 위하여 설치하는 경사와 평면 곡선부에 설치하는 편경사를 말한다.

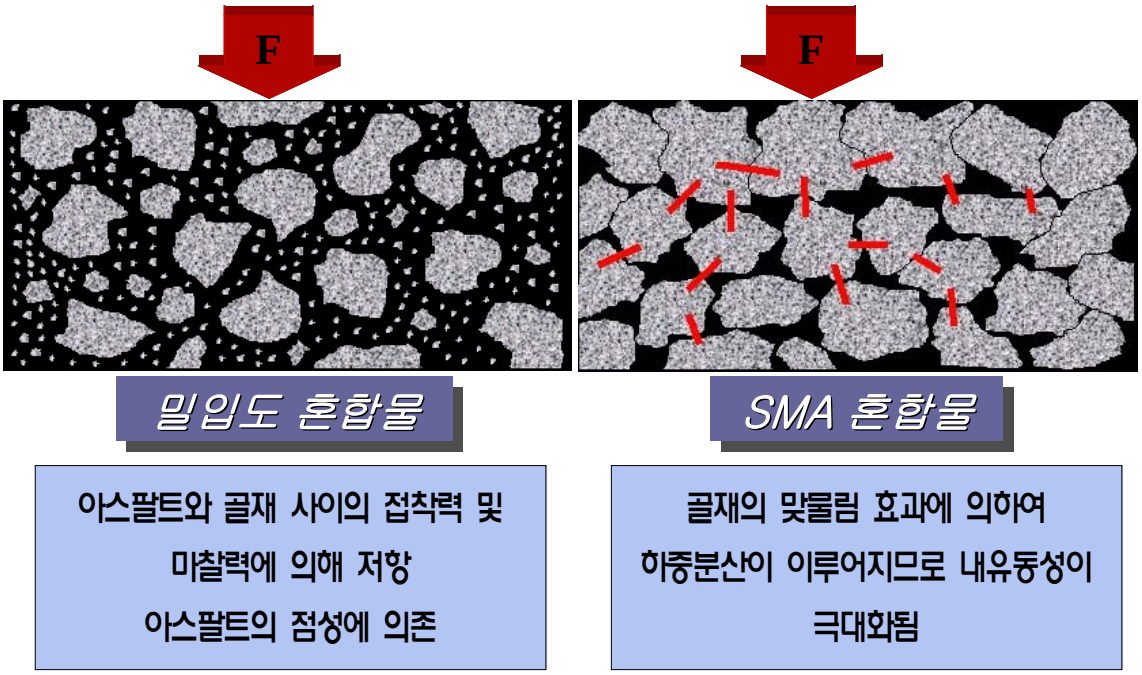
1.3 SMA(Stone Mastic Asphalt) 혼합물의 원리

(1) SMA 혼합물의 기본 원리는 아스팔트의 접착력은 골재의 탈리와 균열을 방지하는 역할만 하고, 교통하중에 의한 압축력과 전단력에 저항하는 힘은 전부 골재의 맞물림 현상에 의해서 발생한다는 개념이다.

【해 설】

- 아스팔트 혼합물은 크게 골재와 아스팔트로 구성되어 있다. 일반 아스팔트 혼합물의 경우 차량의 바퀴에 의해 가해지는 수직의 압축력과 전단력에 저항하는 힘은 아스팔트의 접착력과 골재 사이의 표면 접촉에 의한 마찰력, 그리고 골재간의 맞물림(Interlocking)에 의해서 발생된다. 골재의 접촉에 의한 마찰력은 골재의 고유한 파쇄 특성이기 때문에 이것을 증가시키는 것은 쉽지 않은 일이다. 이러한 목표를 달성하기 위하여 SMA 혼합물은 굵은 골재의 함량을 대폭적으로 증가시키고 잔골재의 함량을 감소시킨 골재의 합성입도로 구성되어진다. 그러므로 SMA 혼합물에 사용되는 골재는 맞물림 특성을 최대로 발휘하게 하기 위하여 골재의 파쇄면을 많게 하고 입형이 좋은 골재를 사용하여야 한다. 또한, 굵은 골재를 다량으로 사용하여 가장 양호한 전단 변형 특성을 확보토록 하는 것이다.

- <그림 1.1>은 밀입도 혼합물과 SMA 혼합물에 수직력이 작용하였을 때 아스팔트 혼합물의 응력 전달 개념을 보여준다. <그림 1.1(a)>는 밀입도 아스팔트 혼합물의 전단저항 특성은 골재의 맞물림보다는 골재 사이의 마찰력과 아스팔트의 점성에 의존한다는 개념을 보여준다. 이러한 개념으로 아스팔트의 점성을 증가시켜서 소성변형 저항성을 개선한 것이 개질 아스팔트 혼합물이다. <그림 1.1(b)>는 SMA 혼합물의 소성변형에 대한 저항성은 다량 함유된 굵은 골재에 기인하여 굵은 골재 사이의 맞물림에 의해서 발생되는 SMA 혼합물의 특성을 보여준다.



(a) 밀입도 혼합물 (b) SMA 혼합물

<그림 1.1> 밀입도와 SMA 혼합물의 응력전달 개념 비교

1.4 SMA 혼합물의 조성

(1) SMA 혼합물의 구성은 <그림 1.2>와 <그림 1.3>과 같이 골재, 아스팔트, 셀룰로오스 화이버(Cellulose Fiber)의 3종류로 나눌 수 있으며, 다량의 굵은 골재와 그 사이를 채워줄 수 있는 결합재로서 매스틱(Mastic)이 사용 된다.

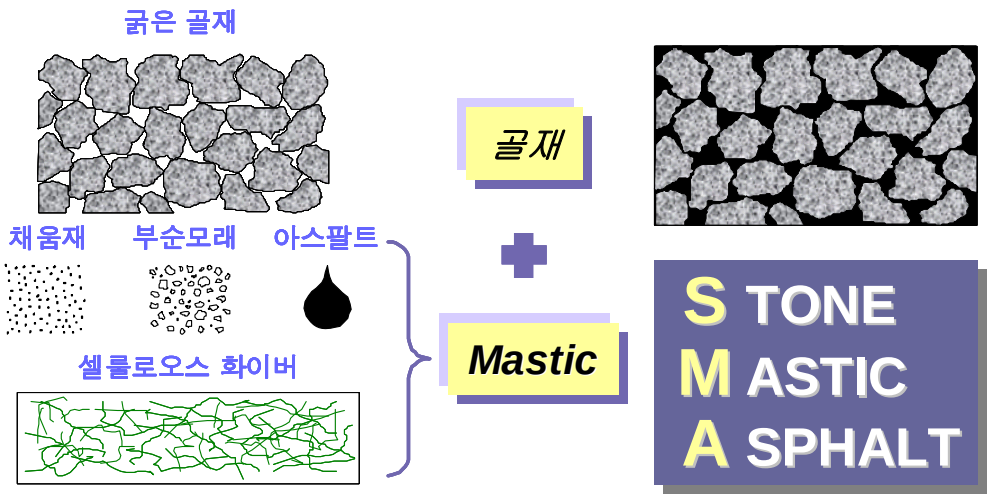
(2) 매스틱은 아스팔트, 부순모래, 채움재(Filler) 및 셀룰로오스 화이버(Cellulose Fiber)로 구성되는데 골재와 골재 사이의 공극을 채워주고 결합시켜 주는 페이스트(Paste)로서 작용한다.

【해 설】

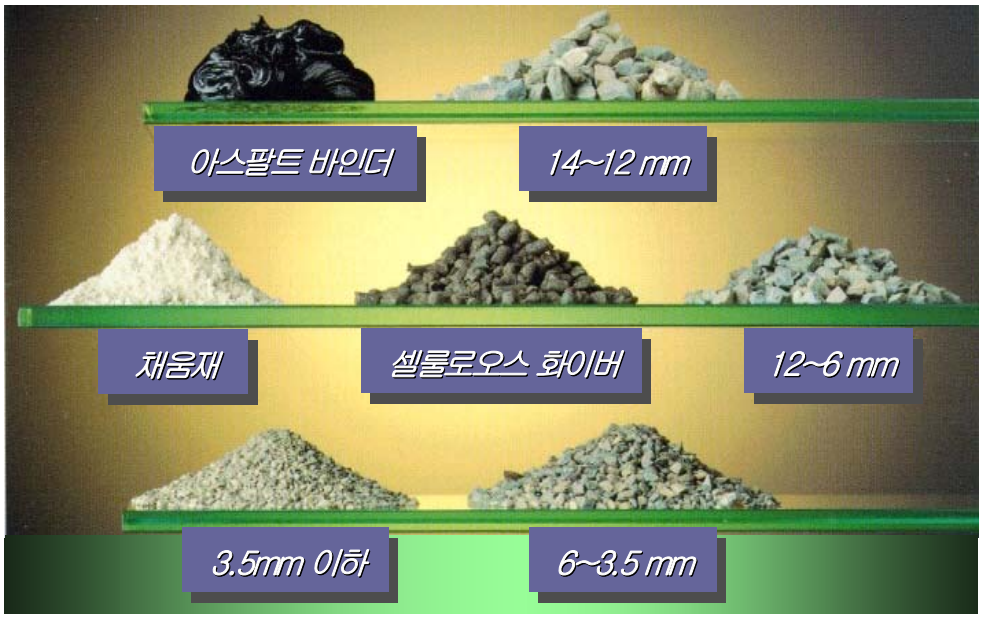
- 일반 밀입도 아스팔트 혼합물과 가장 대별되는 차이점으로는 골재의 사용 측면 에서는 굵은 골재가 상대적으로 다량으로 사용되고, 다량의 굵은 골재 사용에 따른 탈리 및 균열에 대한 저항성을 향상시키기 위하여 상대적으로 많은 양의 아스팔트가 사용된다는 것이다. 또한 많은 양의 아스팔트의 흘러내림과 블리딩(Bleeding)을 방지하기 위한 셀룰로오스 화이버

(Cellulose Fiber)가 추가되며 다량의 채움재(Filler)가 사용된다는 것이 SMA 혼합물의 구성상 특징이다.

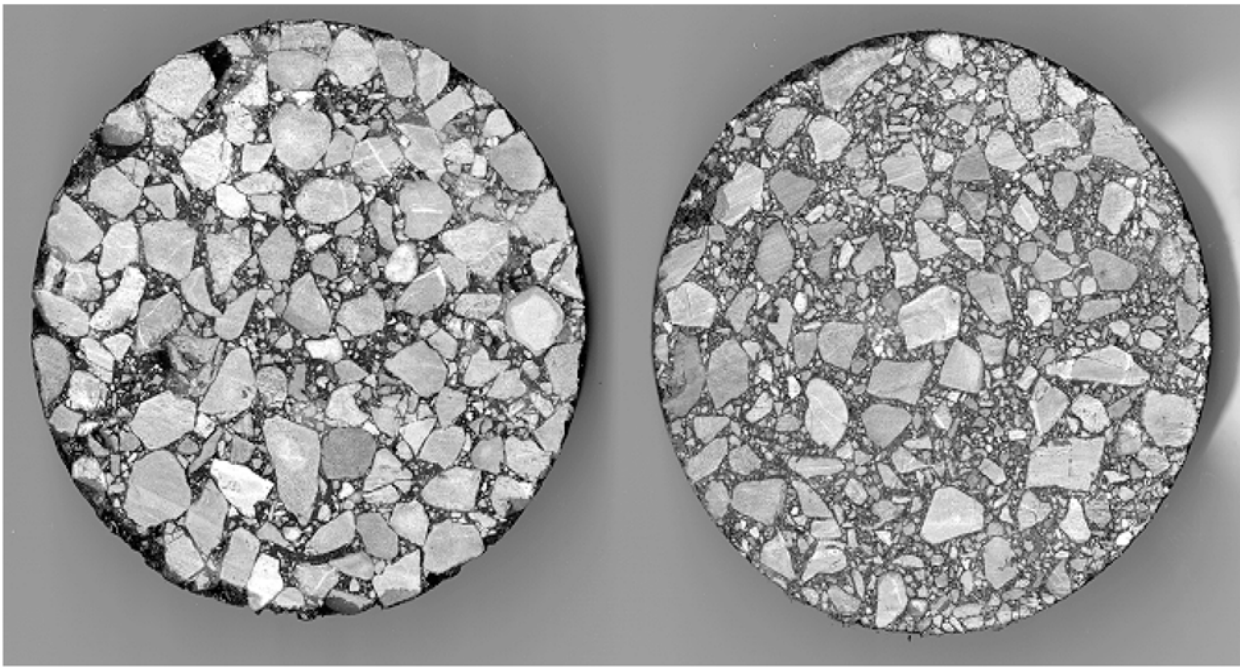
- <그림 1.4>에는 실제 아스팔트 혼합물의 시각적인 비교를 위하여 SMA 혼합물과 일반 밀입도 아스팔트 혼합물로 제작된 마샬공시체를 절단한 단면을 보여준다. <그림 1.4>에서 보는 것처럼 약 93%의 골재와 7%의 아스팔트로 이루어진 SMA 혼합물 단면이 약 95%의 골재와 5%의 아스팔트로 이루어진 밀입도 아스팔트 혼합물보다 골재가 더욱 많이 포함되어진 것 같은 착시 현상이 나타나는데 이러한 원인은 SMA 혼합물에는 상대적으로 굵은 골재의 함량이 높기 때문에 발생되는 현상이다.



<그림 1.2> SMA 혼합물의 조성



<그림 1.3> SMA 혼합물의 구성 성분



(a) SMA 혼합물 (b) 아스팔트 혼합물

<그림 1.4> SMA 혼합물과 일반 아스팔트 혼합물의 비교

SMA 포장용 재료 2

2. SMA 포장용 재료

2.1 일반 사항

(1) SMA 혼합물의 제조에 사용하는 골재, 아스팔트 등의 품질은 본 지침의 품질 규격을 만족하는 것을 원칙으로 하며, 본 지침에 규정되어 있지 않은 사항은「 도로공사 표준시방서」, 「아스팔트 혼합물의 생산 및 시공 지침」 및 해당 기관의 아스팔트 콘크리트 포장 관련 「전문시방서」에 따른다.

【해 설】

- 최근(약 4년) 사이에 아스팔트의 품질이 급격히 저하되고 있다. 아스팔트의 품질기준인 침입도와 PG 등급에서는 모두 품질기준을 만족하는 것으로 나타났으나, SMA 혼합물을 이용한 휠트랙킹 시험결과인 동적안정도는 SMA 포장의 기준치인 2000회/mm 이하로 측정된 사례가 빈번하게 발생되고 있다.

- 2008년과 2009년 아스팔트 콘크리트 포장 시공 현장에서 SMA 혼합물의 적용을 위해 배합설계 수행 시 나타난 문제점은 PG 64-22를 적용한 SMA 혼합물의 경우 동적안정도가 상당히 낮게 측정되는 경우가 나타났으나, 2008년 이전의 PG 64-22 아스팔트를 적용한 SMA 혼합물의 동적안정도는 언제나 2000회/mm 이상을 나타내었다. 그러므로 이러한 문제점이 나타나는 SMA 혼합물에 대하여 동적안정도를 상승시키기 위해서는 아스팔트에 폴리머 성분이 첨가된 개질 섬유 첨가재를 사용하거나, 개질아스팔트(PG 70-22) 이상을 사용하여야 SMA 혼합물의 동적안정도 품질 기준인 2000회/mm을 만족하는 것으로 나타났다. 이는 SMA 혼합물에 사용되는 암석종류, 입도 및 입형에 따라 다소 차이가 있을 수 있으나, 그보다 주된 원인은 아스팔트의 성능저하로 인하여 밀입도 아스팔트혼합물에 비해 아스팔트의 사용량이 1.5%~2.5% 이상 많이 첨가되는 SMA 혼합물의 성능이 크게 저하된 것으로 판단된다. 동일 회사의 아스팔트라도 생산일자에 따라 동적안정도를 만족하는 것과 그 이하로 나타난 사례도 발생하였는데, 이런 현상은 원유가의 상승에 따른 정유회사의 고도화 처리 기술의 확대적용에 따른 아스팔트의 품질저하로 추정된다.

- 이러한 문제를 방지하기 위해서는 근본적으로 정유사에 휠트랙킹 시험결과를 만족할만한 아스팔트를 요청하여 사용하여야 하며, 이것이 불가할 경우에는 개질 아스팔트의 사용 또는 개질재가 첨가된 섬유첨가제를 사용하여 동적안정도 품질기준을 만족하도록 하여야 한다. 이러한 방법을 사용하면 동적안정도가 크게 상승되어 내구성이 우수한 혼합물을 생산할 수 있으나 재료비의 상승이 동반되므로 생산단가 상승이 수반된다.
- 다른 개선 방안은 SMA 혼합물용 골재는 석회암과 화강암 골재가 주로 사용되고 있는데, 동일 편장석 함유량인 경우에는 화강암 골재의 표면 거칠기가 석회암보다 요철이 많아 전단 저항성이 크므로 석회암보다는 화강암 골재를 사용하면 동적안정도를 향상시킬 수 있다.

2.2 아스팔트

(1) 아스팔트는 KS M 2201(스트레이트 아스팔트)의 침입도 규격과 KS F 2389의 아스팔트의 공용성 규격(PG, Performance Grade)을 병행 하여 사용한다. 단, 개질재가 첨가된 개질아스팔트를 사용할 때는 공용성 규격(PG, Performance Grade)을 사용하여야 한다.

【해 설】

- 현재 정유사에서 공급되는 아스팔트의 정밀한 품질확인을 위하여 2004년 KS F 2389에 “아스팔트의 공용성 규격” 이 제정되었다. 현재까지 일부 정유사의 경우 이러한 공용성 규격을 사용하지 않고 있기 때문에 정유사에서 직접 공급하는 스트레이트 아스팔트의 경우는 침입도와 공용성 규격을 병용하도록 하였다. 그러나 스트레이트 아스팔트에 개질재(Modifier)를 약 3~10% 정도 첨가하여 공급하는 개질아스팔트의 경우는 침입도 만 으로는 개질아스팔트의 물성 개선 효과를 확인하기 어렵기 때문에 이러한 개질아스팔트를 사용할 경우에는 반드시 KS F 2389에서 규정한 시험을 통하여 공급하는 개질아스팔트의 공용성 등급(PG)을 제출받아 사용하며 수시로 개질아스팔트의 품질을 확인 하여야한다.

2.2.1 침입도 분류에 의한 아스팔트

(1) 아스팔트는 KS M 2201(스트레이트 아스팔트)의 침입도 규격에 따라 <표 2.1>의 침입도 60～80에 만족하는 것을 사용하여야 한다. 침입도 60～80은 등가단축하중으로 환산한 교통하중 등급(ADT) 1000대/일/Lane 이하에만 사용할 수 있다.

(2) 사용목적에 따라 내구성을 요하는 경우에는 고무 또는 수지 혼합 아스팔트와 같은 개질 아스팔트 또는 첨가재를 사용하며, 이 경우는 반드시 공용성 등급(PG) 시험성적서를 제출받아야 한다.

(3) 아스팔트 혼합물의 혼합 및 다짐온도 결정을 위하여 시험 성적서에는 <표 2.1>의 항목 외에 120℃, 150℃ 및 180℃에서 각각의 동점도 및 150cSt, 170cSt, 190cSt, 250cSt, 280cSt 및 310cSt에서의 온도를 부기하여야 한다.

【해 설】

- KS M 2201에는 침입도 20-40, 40-60, 60-80, 80-100 및 100-120의 스트레이트 아스팔트가 규정되어 있으며, 국내에서 가열 아스팔트 혼합물용으로는 <표 2.1>의 60-80과 80-100의 두 가지 아스팔트가 사용되나 이 중에서도 SMA 혼합물에는 침입도 60-80 만이 사용된다. 그러나 최근의 아스팔트 품질저하 문제를 최소화하기 위해서는 SMA 포장의 소성변형에 대한 저항성을 향상시키기 위해서 정유사에 침입도 65±5가 되는 아스팔트의 생산을 요청하여 사용하는 것이 좋다. 일반적으로 침입도 65±5 등급의 아스팔트는 PG 64-22 정도의 공용성 등급(PG)을 나타낸다.

- 스트레이트 아스팔트와 개질아스팔트는 시험을 실시하여 모두 침입도 등급과 공용성 등급(PG)으로 나타낼 수 있으나 정유사의 정유과정에서 직접 생산된 스트레이트 아스팔트의 경우 현재까지 공용성 등급(PG) 시험장비가 갖추어져 있지 않은 이유로 일부 정유사에서는 침입도 규격의 성적서 만을 제공하고 있는 경우가 많다. 감독자는 스트레이트 아스팔트를 공급받을 때 적극적으로 공용성 등급(PG) 시험성적서를 요구하여야 하며 여건이 허용하면 PG 규격을 제공하는 제품을 우선적으로 사용한다. 이는 정유사들이 공용성 등급(PG) 시험장비를 빨리 도입할 수 있도록 하기 위함이다. 그러나 해당지역에 납품이 가능한 정유사들이 침입도 규격만을 제공할 때는 이를 사용할 수가 있다.

- 사용 목적에 따라 내구성을 요하거나 수분 침투에 의한 박리 특성을 보강하기 위해 고무 또는 폴리머 혼합 아스팔트와 같은 고점도의 개질 아스팔트 또는 첨가재를 사용할 수 있다. 그러나 이 경우에는 반드시 2.2.2항의 공용성 등급(PG)에 의한 아스팔트 기준에 따른다.
- 아스팔트의 동점도는 아스팔트 혼합물의 혼합 및 다짐온도를 구하기 위하여 반드시 필요한 시험값으로 cSt 또는 ㎟/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℃ 및 180℃에서의 동점도 시험값을 이용하여 혼합 시의 동점도인 170±20cSt와 다짐 시의 동점도인 280±30cSt에 해당하는 온도 값을 구한다. 따라서, 동점도가 150cSt, 170cSt, 190cSt, 250cSt, 280cSt 및 310cSt 일 경우의 온도를 구하여야 하며, 이 온도는 동점도 시험 값을 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.

$$\log(\log Z) = A - B\log(273.15 + t) \qquad \text{<식 2.1>}$$

여기서, Z = 동점도(cSt) + 0.7

A, B = 2가지 이상의 온도-동점도 값으로 구하는 상수

t = 온도(℃)

<표 2.1> 침입도 분류에 의한 도로 포장용 아스팔트 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
톨루엔 가용분 (무게 %)	99.0 이상	99.0 이상
인화점 (℃)	260 이상	260 이상
박막가열 후		
질량 변화율 (무게 %)	0.6 이하	0.6 이하
침입도 잔유율 (%)	55 이상	50 이상
증발 후		
침입도 비 (%)	110 이하	110 이하
밀도 (15℃, kg/m^3)	1000 이상	1000 이상

2.2.2 공용성 등급(PG)에 의한 아스팔트

(1) 침입도 등급에 의한 아스팔트는 고온 저항 특성을 적절히 반영하기 어려우므로 소성변형 발생의 위험이 높은 구간은 공용성 등급에 의하여 일정 등급 이상의 아스팔트를 사용하는 것이 좋다.

(2) 특히 교통량이 많은 교차로는 아스팔트 혼합물에 사용되는 아스팔트를 KS F 2389의 아스팔트의 공용성 등급 규정에 따라 PG 76-22 이상을 사용하여야 한다.

(3) 신호대기 지역, 오르막 구간 및 지·정체가 심한 도로와 중(重)교통이 통행하여 소성변형 발생 위험이 높은 지역에도 아스팔트를 PG 76-22 이상 적용하는 것을 검토하여야 한다.

【해 설】

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

<표 2.2> 아스팔트 공용성 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 아스팔트는 PG 46-XX 보다 PG 82-XX 인 것이 소성변형에 대한 저항성이 더욱 크며, PG XX-10 보다 PG XX-46인 것이 저온균열에 대한 저항성이 크다.

- 아스팔트 공용성 등급에 대한 기준은 <표 2.3>에 나타낸 것과 같이 기후조건에 만족하는 아스팔트의 물성을 비교하여 정리한 것으로 아스팔트의 공용성 등급 기준은 공용성에 기초를 두고 있기 때문에 아스팔트 포장의 3가지 주요 공용성 변수인 소성변형, 피로균열 및 저온균열에 초점을 두고 있다.

<표 2.3> 아스팔트의 공용성 등급에 대한 기준

공용성 등급	PG 46			PG 52							PG 58					PG 64					
	−34	−40	−46	−10	−16	−22	−28	−34	−40	−46	−16	−22	−28	−34	−40	−10	−16	−22	−28	−34	−40
7일간 평균 최고 포장 설계 온도(℃)	<46			<52							<58					<64					
최저 포장 설계 온도(℃)	> −34	> −40	> −46	> −10	> −16	> −22	> −28	> −34	> −40	> −46	> −16	> −22	> −28	> −34	> −40	> −10	> −16	> −22	> −28	> −34	> −40
원아스팔트																					
인화점, KS M 2010(℃)	230																				
점도, KS F 2392 3Pa·초 이하 시험 온도(℃)	135																				
동적 전단, KS F 2393 : G*/sinδ, 1.0 kPa 이상 시험 온도@10rad/sec (℃)	46			52							58					64					
롤링 박막 오븐(KS M 2259) 또는 박막 오븐(KS M 2258) 노화 후 잔사																					
질량 손실, % (이하)	1.0																				
동적 전단, KS F 2393 : G*/sinδ, 2.2 kPa 이상 시험 온도@10rad/sec (℃)	46			52							58					64					
압력 노화 용기(PAV) 노화 후 잔사(KS F 2391)																					
압력 노화 온도(℃)	90			90							100					100					
동적 전단, KS F 2393 : G*/sinδ, 5000 kPa 이하 시험 온도 @10rad/sec(℃)	10	7	4	25	22	19	16	13	10	7	25	22	19	16	13	31	28	25	22	19	16
물리적 경화	보 고																				
휨 크리프 강성, KS F 2390 : S, 300 Mpa 이하 m값, 0.3이상 시험 온도@60초(℃)	−24	−30	−36	−0	−6	−12	−18	−24	−30	−36	−6	−12	−18	−24	−30	0	−6	−12	−18	−24	−30

<표 2.3> 아스팔트의 공용성 등급에 대한 기준 (계속)

공용성 등급	PG 70						PG 76					PG 82				
	−10	−16	−22	−28	−34	−40	−10	−16	−22	−28	−34	−10	−16	−22	−28	−34
7일간 평균 최고 포장 설계 온도(℃)	<70						<76					<82				
최저 포장 설계 온도(℃)	> −10	> −16	> −22	> −28	> −34	> −40	> −10	> −16	> −22	> −28	> −34	> −10	> −16	> −22	> −28	> −34
원아스팔트																
인화점, KS M 2010(℃)	230															
점도, KS F 2392 3Pa·초 이하 시험 온도(℃)	135															
동적 전단, KS F 2393 : G*/sinδ, 1.0 kPa 이상 시험 온도@10rad/sec (℃)	70						76					82				
롤링 박막 오븐(KS M 2259) 또는 박막 오븐(KS M 2258) 노화 후 잔사																
질량 손실, 최대, %	1.0															
동적 전단, KS F 2393 : G*/sinδ, 2.2 kPa 이상 시험 온도@10rad/sec (℃)	70						76					82				
압력 노화 용기(PAV) 노화 후 잔사(KS F 2391)																
압력 노화 온도, ℃	100(110)						100(110)					100(110)				
동적 전단, KS F 2393 : G*/sinδ, 5000 kPa 이하 시험 온도 @10rad/sec(℃)	34	31	28	25	22	19	37	34	31	28	25	40	37	34	31	28
물리적 경화	보 고															
휨 크리프 강성, KS F 2390 : S, 300 Mpa 이하 m값, 0.3이상 시험 온도@60초(℃)	0	−6	−12	−18	−24	−30	0	−6	−12	−18	−24	0	−6	−12	−18	−24

2.2.3 교통하중의 종류에 따른 공용성 등급(PG)

(1) 교통하중 등급에 따른 아스팔트 PG 등급 적용기준은 <표 2.4>에 따른다.

【해 설】

- 국내의 기후여건을 고려하여 교통하중 등급에 따라 아스팔트의 공용성 등급(PG) 적용기준을 <표 2.4>에 나타내었다.
- 교통하중 등급(ADT)에 따라 SMA 혼합물에 적용할 아스팔트의 공용성 등급(PG)은 <표 2.4>에 나타낸 기준을 적용한다.
- 신설 노선은 등가단축하중(ESAL)으로 환산한 20년 설계교통량을 평균일교통량(ADT) 변환하여 <표 2.4>의 기준을 적용한다.
- 유지보수 공사는 향후 20년 동안의 예상 교통량을 등가단축하중(ESAL)으로 환산하여 평균일교통량(ADT)을 산정하여 적용하는 것이 원칙이나, 교통량 예측이 어려운 경우나 향후 교통량의 변동이 거의 없을 것으로 판단되는 공사구간에는 해당년도의 교통량을 등가단축하중(ESAL)으로 환산하여 평균일교통량(ADT)을 산정하여 <표 2.4>의 기준을 적용할 수 있다.

<표 2.4> 교통하중에 따른 아스팔트 공용성 등급 적용기준

교통하중 등급(ADT)	교통하중 등급에 따른 PG 등급	동적안정도(회/mm)
4000 대/일/Lane 이상	PG 76-22 이상 (PG 82-22)*	2500 이상 (3000 이상)
2500~4000 대/일/Lane	PG 76-22 이상	2500 이상
1000~2500 대/일/Lane	PG 70-22 이상	2000 이상
1000 대/일/Lane 이하	PG 64-22 이상	2000 이상

【주】 표에서 아스팔트의 “교통하중 등급에 따른 PG 등급” 기준이 "PG XX-YY 이상"으로 설정된 값들은 6℃ 또는 12℃ 높은 상위 등급의 아스팔트와 가격이 동일할 경우에는 상위 등급의 아스팔트를 적용하도록 한다. “*” 는 소성변형 발생위험이 매우 높은 중교통 노선의 도로나 상습적으로 소성변형이 발생하는 교차로의 신호대기 지역에 적용한다. 이 때 심각한 소성변형이 발생하는 신호대기지역의 경우 중간층 및 기층 혼합물에도 PG 76-22 이상의 아스팔트를 적용할 수 있다.

2.3 골재

(1) SMA 혼합물에 사용하는 골재로는 SMA 혼합물용으로 별도로 생산된 5mm 이상의 함유량이 높은 굵은 골재 및 잔골재가 사용된다. 골재의 품질이나 입도는 포장의 성능에 큰 영향을 주며, 산지에 따라 물리·화학적인 특성이 다르므로 사용 전에 품질 시험을 수행하여 사용여부를 판단하여야 한다.

【해 설】

- SMA 포장은 전형적으로 아스팔트 콘크리트 포장에서 공용 초기에 발생하는 영구변형을 최소화 하는데 그 주안점을 두고 설계된 포장이다. 이러한 SMA 포장의 원리는 아스팔트 자체의 성능 보다는 골재의 맞물림(Interlocking) 효과를 극대화하여 혼합물의 유동에 대한 저항성을 최대로 확보하기 위한 것이다. 그러므로 SMA 혼합물에 사용되는 골재는 밀입도 아스팔트 혼합물용으로 사용되는 골재에 비하여 5mm 이상의 굵은 골재 함유량이 높기 때문에 맞물림 특성에 영향을 주는 골재의 입형이 상대적으로 매우 중요하다.
- 내부마찰각은 골재 입자의 모가 난 정도와 입형에 따라 증가하는 것으로 둥근 강자갈과 모래로 만들어진 아스팔트 혼합물은 쇄석 골재로 만들어진 아스팔트 혼합물보다 내부마찰각이 작게 된다. 일반적으로, 골재 중 쇄석 골재의 함유율이 높을수록 내부마찰각이 커지며 편장석 함유량이 낮을수록 즉, 입형이 좋을수록 내부마찰각이 증가하는 특성을 가진다. 또한 골재의 표면조직이 거칠면 내부마찰각이 커진다. 그러므로 내부마찰각은 골재의 고유한 특성이며 온도와 같은 환경적인 요인의 영향을 받지 않는다.
- 이러한 맞물림 효과를 최대로 발휘하게 하기 위해서는 편평 및 세장편의 함유량이 작아야 함은 물론 사용되는 골재의 입형이 좋아야 함은 명백한 사실이다. 또한 골재의 표면이 매끈한 것 보다는 거친 표면이 전단에 대한 높은 저항력을 제공한다.

2.3.1 굵은 골재

(1) SMA 혼합물에 사용하는 굵은 골재는 부순 골재(쇄석), 부순 슬래그, 부순 자갈 등으로 깨끗하고 강하고 내구성이 좋아야 하며 점토, 실트, 유기물 등의 유해 물질을 함유하지 않아야 한다.

(2) 굵은 골재 입도 기준은 <표 2.5>에 따르며, 품질은 <표 2.6>에 따른다.

【해 설】

(1) 입 도

- SMA 혼합물에 사용하는 굵은 골재의 입도는 <표 2.5>과 같이 단립도의 골재로서 20mm~13mm, 13mm~10mm, 10mm~5mm, 8mm~5mm 및 5mm~2.5mm로 분리된 골재를 사용한다.

<표 2.5> 굵은 골재의 입도

체의 호칭치수 (㎜)	각 체를 통과하는 중량 백분율(%)									
	65	50	40	25	20	13	10	5	2.5	1.2
20~13	–	–	–	100	85~100	0~25	0~5	–	–	–
13~10	–	–	–	–	100	85~100	0~25	0~5	–	–
10~5	–	–	–	–	–	100	80~100	0~25	–	–
8~5	–	–	–	–	–	–	100	0~25	0~5	–
5~2.5	–	–	–	–	–	–	100	90~100	0~25	0~5

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

(2) 품질

- 골재는 모암의 암종에 따라 아스팔트와의 피복 특성이 다르게 나타나므로 지역적인 기후 조건에 의해 SMA 포장의 박리 현상이 우려되는 도로에서는 골재와 아스팔트 사이의

부착성이 양호한 골재를 선정해야 한다.

- 굵은 골재는 <표 2.6>의 품질규정을 만족해야 한다.

<표 2.6> 굵은 골재의 품질

구 분	시험 방법	기준치
절대 건조밀도	KS F 2503	2.5 이상
흡수율 (%)	KS F 2503	3.0 이하
피막박리시험에 의한 피복 면적 (%)	KS F 2355	95 이상
편장석률 (%)[1)]	KS F 2575	10 이하
안정성 (%)[2)]	KS F 2507	12 이하
마모율 (%)	KS F 2508	30 이하
굵은 골재 파쇄면 비율(%)	ASTM 5821	85 이상

【주1】 편장석 함유량 시험은 KS F 2575에 따른 장비를 사용하며, 편장석은 골재의 최대길이에 대하여 1/3 길이의 시험기 간격을 통과하는 골재이다.

【주2】 안정성 시험은 황산나트륨으로 5회 반복 시험한다.

(3) 저장

- 굵은 골재는 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

(1) SMA 혼합물에 사용하는 잔골재는 암석, 자갈 등을 깨어 얻어진 부순 모래(스크리닝스) 또는 이들의 혼합물로서 깨끗하고 강하며 내구성이 좋아야 하고, 먼지, 점토, 유기물 등의 유해 물질을 함유해서는 안된다.

(2) 잔골재 입도 기준은 <표 2.7>에 따르며, 품질은 <표 2.8>에 따른다.

【해 설】

(1) 입도

- 잔골재의 입도는 KS F 2357(역청 포장 혼합물용 골재)의 규정에 따르며, <표 2.7>의 규정에 적합하여야 한다. 단, 현장 경험이나 실내 시험 등으로 소요품질의 SMA 포장이 얻어질 수 있을 경우에는 규정에 적합하지 않은 골재도 감독자의 판단에 의해 사용할 수 있으며, 사용 목적에 따라 경제성을 고려하여 선정한다.

(2) 품질

- SMA 혼합물에 사용하는 잔골재는 <표 2.8>의 품질 규정을 만족하여야 한다.
- 잔골재의 입도 분포가 배합설계 시 문제가 없다면 부순 모래(스크리닝스)를 사용하고, SMA 혼합물의 품질확보를 위해 자연 모래는 사용하지 않는다.
- 점토나 먼지가 많이 함유되어있는 잔골재를 SMA 혼합물에 사용할 때는 모래당량(KS F 2340) 시험을 통해 규정을 만족하여야 한다. 모래당량 시험의 목적은 잔골재의 청결성을 유지하기 위함이다.

<표 2.7> 잔골재의 입도

체의 호칭치수 (㎜)	각 체를 통과하는 중량 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

【주】 여기에서 체는 각각 KS A 5101에 규정한 표준망 체 9.5㎜, 4.75㎜, 2.36㎜, 1.18㎜, 0.6㎜, 0.3㎜, 0.15㎜, 0.075㎜에 해당한다.

<표 2.8> 잔골재의 품질

구 분	시험 방법	기준치
모래당량(%)	KS F 2340	50 이하
잔골재 입형(%)	KS F 2384	45 이하
절대 건조밀도	KS F 2504	2.5 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 분리하여 저장하여야 하며, 먼지, 진흙 등 불순물이 혼입되지 않도록 하여야 한다.

- SMA 혼합물에 사용하는 잔골재는 아스팔트포장용 골재 파쇄 시 발생되는 스크리닝스(6mm 이하)를 사용하여야 하며, 이때 주의할 사항은 동일한 모암을 사용하여 파쇄하여 발생하는 스크리닝스(6mm 이하)라 하더라도 입도가 변화하지 않도록 동일한 크기의 골재 생산 라인에서 발생되는 스크리닝스(6mm 이하) 한 종류만을 선택하여 사용하여야 한다. 예를 들면 석산에서 40mm, 25mm, 19mm 또은 SMA용 골재 파쇄라인에서 스크리닝스(6mm 이하)가 각기 발생한다. 이러한 경우 모암이 동일할지라도 각 골재의 생산라인에서 발생 되는 스크리닝스(6mm 이하)의 입도는 전혀 다르기 때문에 한 종류만 선택하여 사용하지 않고 섞어서 사용할 시에는 완전히 다른 혼합입도를 나타내게 되어 파손의 원인이 된다. 일반적으로 동일한 모암에서 발생되는 스크리닝스(6mm 이하)의 경우에 파쇄라인의 골재 최대크기가 작을수록 입형이 좋으며 세립의 특성을 나타내게 된다. 그러므로 가장 좋은 방법은 SMA용 골재의 파쇄라인에서 발생되는 스크리닝스(6mm 이하)를 사용하는 것이 가장 좋으며, 이것이 어려울 경우 19mm 골재의 파쇄라인에서 발생되는 스크리닝스(6mm 이하)를 사용하는 것이 좋다.
- 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, 감독자의 판단에 따라 천막이나 덮개를 씌워서 보관할 수 있다. 단, 어떠한 경우에도 지붕이나 덮개 없이 보관하여서는 안 된다.

2.3.3 포장용 채움재

(1) SMA 혼합물에 사용하는 채움재는 석회 석분이어야 한다. 사용 시에는 먼지, 진흙, 유기물, 덩어리진 미립자 등의 유해 물질을 함유하지 않아야 한다.

【해 설】

(1) 입도

- 채움재의 입도는 KS F 3501(역청 포장용 채움재)의 규정에 따르며, <표 2.9>의 기준에 적합해야 한다.

<표 2.9> 포장용 채움재의 입도

체의 호칭 치수(㎜)	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 표준망 체 0.6㎜, 0.3㎜, 0.15㎜, 0.075㎜에 해당한다.

(2) 품질

- 채움재는 수분 함량이 1.0% 이하이어야 한다.
- 채움재로 사용되는 재료는 0.075mm 이하의 입도가 중요하다. 미립의 입자가 많을 경우에는 SMA 혼합물에서 아스팔트 량이 증가되는 효과가 나타나거나, 아스팔트의 강성이 높아질 수 있다.
- 석회석분, 시멘트, 소석회 이외의 재료를 사용할 경우에는 <표 2.10>의 규정을 만족해야 한다.

<표 2.10> 채움재의 품질시험

항 목	시 험 방 법	기 준
소성지수	KS F 2303	6 이하
흐름시험	KS F 3501	50% 이하
침수팽창	KS F 3501	3% 이하
박리저항성	KS F 3501	1/4 이하

2.3.4 셀룰로오스 화이버

(1) 셀룰로오스 화이버는 SMA 포장 적용을 위해 생산한 것으로 저장 및 운반이 용이하며, 혼합조에서 분산이 잘 이루어지도록 식물성 섬유(셀룰로오스 화이버)에 일정량의 아스팔트나 다른 재료 등을 첨가하여 낱알 형태로 생산한 것을 사용한다.

【해 설】

- 일반적인 섬유 투입량은 순수 셀룰로오스 기준으로 SMA 혼합물 전체 무게의 0.3~0.5%를 기준으로 하며, 설계도서 또는 해당 아스팔트 플랜트에서 0.3~0.5% 기준 내에서 SMA 혼합물에 이상이 발생하지 않도록 결정하여 사용하여야 한다. 셀룰로오스 화이버 투입량의 허용 범위는 소요되는 섬유 무게의 ±10%이다.
- 예를 들면, 한 배치에 2톤을 생산하는 아스팔트 플랜트의 경우에 순수 셀룰로오스 화이버 함량을 0.4%를 적용한다면 골재와 아스팔트의 량 1992Kg에 셀룰로오스 화이버 8Kg을 사용하게 된다.
- 셀룰로오스 화이버는 순수 셀룰로오스 기준으로 0.5%를 첨가하여 드레인다운 시험을 실시하여 드레인다운 시험값 0.3% 이하를 만족하지 못할 경우에는 해당 셀룰로오스 화이버는 사용할 수 없다.

SMA 혼합물의 품질기준 3

3. SMA 혼합물의 품질기준

3.1 일반 사항

(1) SMA 혼합물의 종류별 적용기준은 <표 3.1>과 같으며, 교면포장용으로는 10mm 이하 혼합물만을 적용할 수 있다. 교면포장용 SMA 혼합물 적용기준은 <표 3.2>와 같다.

【해 설】

- <표 3.1>에서 보는 바와 같이 SMA 포장에 주로 사용되는 입도는 13mm, 10mm 및 8mm가 적용되고, 일반 표층부에는 주로 13mm와 10mm SMA 혼합물이 적용되며, 소음 감소가 필요한 구간에는 10mm 이하의 SMA 혼합물을 사용하면 효과가 크다. 교량의 교면포장 구간에는 주로 10mm와 8mm SMA 혼합물이 사용된다.

<표 3.1> SMA 혼합물 종류별 적용기준

SMA 혼합물 종류	사 용 장 소	비 고
20mm	중간층, 기층	
13mm	표층, 중간층	
10mm	표층, 교면포장 상부 및 하부층	시멘트 콘크리트 바닥판 상·하부층 및 강바닥판 상부층
8mm	표층, 교면포장 상부 및 하부층	시멘트 콘크리트 바닥판 하부층 및 강바닥판 하부층
5mm	볼트식 강바닥판 교면포장의 하부층	입형이 좋은 골재 선별 사용

<표 3.2> 교량 바닥판의 종류에 따른 SMA 혼합물 적용 기준

종류 / 층	시멘트 콘크리트 바닥판	강(Steel) 바닥판
상부층	10mm SMA (8mm SMA)	10mm SMA (8mm SMA)
하부층	10mm SMA (8mm SMA)	8mm SMA (5mm SMA)
비 고	- PG 76-22 이상의 아스팔트 적용 권장 - 하부층에 10mm SMA를 적용할 경우에는 상부층에 10mm SMA 적용	- 반드시 PG 76-22 이상의 아스팔트 적용 - 5mm SMA 적용 시 반드시 PG 82-22 이상의 아스팔트 사용

【주】( )는 병행 사용이 가능한 SMA 혼합물의 종류임

3.2 SMA 혼합물

3.2.1 골재의 품질 및 입도

(1) <2장>의 굵은 골재, 잔골재, 채움재를 합성한 골재를 사용하며, <표 3.3>의 표준배합 입도에 적합하여야 한다.

【해 설】

- SMA 혼합물은 굵은 골재, 잔골재, 채움재 등을 혼합하여 사용하며, 골재의 품질은 <표 2.6>, <표 2.8>, <표 2.10>의 규정을 만족해야 한다.
- 굵은 골재, 잔골재 및 채움재를 혼합하였을 때의 골재 합성 입도는 <표 3.3>를 표준으로 한다.

- <표 3.3>에 나타낸 SMA 혼합물의 합성입도 기준을 만족시키기 위해 사용하는 개별골재는 <2장>의 골재 중 20mm SMA 혼합물은 20mm, 13mm, 10mm 및 6mm 이하와 석회석분을 사용할 수 있고, 13mm SMA 혼합물은 13mm, 10mm 및 6mm 이하와 석회석분, 10mm SMA 혼합물은 10mm 및 6mm 이하와 석회석분, 8mm SMA 혼합물은 8mm 및 6mm 이하와 석회석분, 5mm SMA 혼합물은 5~3mm 및 3mm 이하와 석회석분을 사용하여 <표 3.3>의 합성입도 기준에 맞도록 개별 골재의 사용비율을 결정하여 사용한다.
- 상기에 기술한 방식으로 개별 골재를 준비하지 않고 더욱 단립도 형태로 골재를 파쇄 하였을 때는 <표 3.3>에 나타낸 SMA 혼합물의 합성입도 기준에 맞도록 개별 골재의 사용 비율을 결정하여 사용할 수 있다.

<표 3.3> SMA 혼합물의 합성입도 기준

SMA 혼합물의 종류 / 체크기		20mm	13mm	10mm	8mm	5mm
통과질량백분율(%)	25㎜	100	–	–	–	–
	20㎜	93~100	100	–	–	–
	13㎜	30~50	93~100	100	–	–
	10㎜	20~35	40~55	90~100	100	100
	5㎜	15~25	16~30	25~45	30~60	95~100
	2.5㎜	12~22	12~23	15~30	15~30	25~45
	0.60㎜	10~18	10~18	11~20	12~20	13~21
	0.30㎜	8~15	8~15	10~16	10~16	11~17
	0.15㎜	7~13	7~14	9~15	9~15	10~16
	0.08㎜	6~12	7~12	8~13	8~13	9~14

【주】 여기에서 체는 각각 KS A 5101에 규정한 표준망 체 26.5㎜, 19㎜, 13.2㎜, 9.5㎜, 4.75㎜, 2.36㎜, 0.6㎜, 0.3㎜, 0.15㎜, 0.075㎜에 해당한다.

3.2.2 SMA 혼합물의 품질

(1) SMA 혼합물은 본 배합설계 지침에 의하여 결정된 최적 아스팔트 함량으로 제조했을 때 <표 3.4>의 품질 기준에 합격해야 한다. 교면포장용 SMA 혼합물 배합설계 기준은 <표 3.5>를 사용하여 실시한다.

【해 설】

- 공시체의 공극률 계산 시에 적용되는 이론 최대밀도는 다져진 혼합물에 공극이 전혀 없다고 가정할 때의 밀도로써 SMA 혼합물의 공극률을 계산할 때에는 반드시 시험에 의하여 구한 이론 최대밀도 값을 사용하여야 한다.
- 상기의 이론 최대밀도 시험 방법은 KS F 2366에 따른다.
- SMA 혼합물의 표층 적용 시 배합설계 기준은 <표 3.4>에 나타내었으며, <표 3.5>는 교면포장에 적용하는 SMA 혼합물의 배합설계 기준을 상부층과 하부층으로 구분하여 적용한다.

<표 3.4> SMA 혼합물의 배합설계 기준

항 목		20mm	13mm	10mm	8mm	5mm
아스팔트 함량(%)		5.8 이상	6.2 이상	6.6 이상	7.0 이상	7.6 이상
공 극 률(%)		2.0~4.0				
골재 간극율 (%)	공극률 2~3% 미만	16 이상	17 이상	18 이상	19 이상	20 이상
	공극률 3~4% 미만	17 이상	18 이상	19 이상	20 이상	21 이상
포 화 도(%)		75 이상				
드레인다운 시험값(%)		0.3 이하				
동적안정도(회/mm)		2000 이상				
배합설계 다짐방법		마샬 다짐 75회				

<표 3.5> 교면포장용 SMA 혼합물의 배합설계 기준

항 목	기 준	
	상 부 층	하 부 층
아스팔트 함량(%)	6.8 이상	6.9 이상
공 극 률(%)	2.0~3.0	2.5~1.0
골재 간극률(%)	18 이상	17 이상
포 화 도(%)	75 이상	80 이상
드레인다운 시험값(%)	0.3 이하	
동적안정도(회/mm)	2000 이상	
배합설계 다짐방법	마샬 다짐 75회	

- 교면포장용 SMA 혼합물의 배합설계법을 교량의 종류에 따라 설명하면 다음과 같다.

(1) 시멘트 콘크리트 바닥판 : 상부층과 하부층에 동일한 골재최대치수의 혼합물을 사용할 경우 상부층과 하부층에 입도는 동일하게 사용하면서 아스팔트 함량만 변화시켜 교면포장용 SMA 혼합물의 배합설계 기준에 맞추어 사용한다. 상부층과 하부층이 최대 골재 크기가 다른 치수의 SMA 혼합물일 경우 별도로 배합설계를 실시하여야 한다.

(2) 강바닥판 : 시멘트 콘크리트 바닥판과 동일한 방법으로 배합설계를 실시하고 휨시험과 휠트랙킹 시험 등을 실시하여 가장 좋은 입도 조건과 아스팔트 함량에서 배합설계가 되도록 하여야 한다.

(3) 교면포장의 경우 가혹한 기상조건과 교통여건에 노출되며 구조적인 특성상 포트홀 발생 위험이 높기 때문에 사용되는 아스팔트의 등급을 가능하면 PG 76-22 이상을 적용하는 것이 좋다. PG 76-22 미만의 아스팔트 적용 시 배합설계 공극율은 상부층 3%, 하부층 2.5%를 적용하도록 하고 PG 76-22 이상의 아스팔트 적용 시는 상부층 약 2.5%, 하부층 약 1~2%의 배합설계 공극율을 적용하되 반드시 동적안정도가 2000회/mm를 상회하는지를 확인하여야 한다.

(4) 모든 교면포장용 SMA 혼합물은 현장 아스팔트 플랜트에서 현장 배합을 실시하여 시방 기준에 만족하는지의 여부를 확인한 후 포설하여야 한다.

SMA 혼합물의 배합설계 4

4. SMA 혼합물의 배합설계

4.1 일반 사항

(1) 본 배합설계는 SMA 혼합물을 제조하기 위한 배합설계에 적용한다. 배합설계는 SMA 포장이 시작될 때 수행하며, 재료를 변경할 경우나 품질의 변동 시 실시하여야 한다.

【해 설】

- SMA 혼합물의 배합설계는 소요 품질의 재료를 사용하여 소성변형과 균열 등에 대한 저항성과 내구성이 좋고 소요의 기준을 만족해야 한다.
- 배합설계 목적은 SMA 포장이 장기간 제 성능을 유지할 수 있도록 아스팔트, 골재 등의 배합을 결정하는 것이다.
- 배합설계 순서는 첫 번째로 실험실에서 혼합 입도 기준에 따라 굵은 골재, 잔골재, 채움재 등의 혼합 비율을 결정하고, 본 지침을 이용하여 최적 아스팔트 함량을 결정하는 실내 배합설계 과정과, 두 번째로 아스팔트 플랜트의 콜드빈 유출량 시험을 통한 재료의 유출량을 산정하는 과정이며, 세 번째로 콜드빈 유출량 시험을 통하여 결정된 콜드빈 RPM(회전수/분)으로 골재를 가열하여 핫 스크린을 통과시킨 후 핫빈에 저장된 골재를 샘플링하여 실내 배합설계 시 설정한 입도에 최대한 가깝도록 각 핫빈에서 채취한 골재의 배합 비를 결정하여 최적 아스팔트 함량을 도출하는 과정으로 정의된다. 마지막으로는 최종적으로 핫빈 골재를 대상으로 결정된 현장 배합비와 최적 아스팔트 함량을 이용하여 아스팔트 플랜트에서 SMA 혼합물을 시험 생산하여 배합설계의 적정성을 검사하여 수정하는 과정을 포함한다(<그림 4.1> 참조).
- 배합설계로 결정된 아스팔트 함량 및 골재입도와 다르게 생산될 경우에는 SMA 포장의 소성변형이나 포트홀 및 균열 발생 등이 조기에 발생할 수 있으므로, 배합설계로 확정된 골재 배합 비율과 최적 아스팔트 함량이 적용된 SMA 혼합물이 아스팔트 플랜트에서 생산될 수 있도록 콜드빈 골재 및 핫빈 골재 그리고 생산된 SMA 혼합물의 골재 입도 및 아스팔트

함량 등에 대한 지속적인 품질관리 절차가 강구되어야 한다. 또한 이러한 절차의 수행에 따른 기록은 보관하도록 한다.

- 반입되는 골재가 변동 되었거나, 시공된 SMA 혼합물의 품질이 변동 되었을 때 재배합 설계를 다시 수행하여야 한다.
- 배합설계 후에는 시험포장을 통해 다짐방법 등을 결정하고, 본 시공을 수행하게 된다.

<그림 4.1> 배합설계절차

4.2 SMA 혼합물의 단기노화, 다짐 온도 및 혼합 온도

(1) 배합설계를 할 때 SMA 혼합물의 상태는 아스팔트 플랜트 생산과정의 특성을 모사하기 위하여 단기노화 처리시킨다.

(2) 또한 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.

(3) 만일 아스팔트의 동점도 시험 값이 없을 경우에는 <표 4.2>의 값에 따를 수 있다.

【해 설】

- 공시체 제작 시 SMA 혼합물의 상태, 혼합 및 다짐 온도는 작업성과 물성치에 큰 영향을 미친다. 즉, SMA 혼합물을 서로 다른 온도에서 다짐할 경우 동일한 혼합물이라도 결국 최적 아스팔트 함량이 다르게 결정된다. 따라서 아스팔트의 품질시험 결과에 부기된 동점도에서의 온도 값을 확인하여 <표 4.1>에 따라 혼합 및 다짐 온도를 결정하여야 한다. 아스팔트 플랜트에서 생산된 SMA 혼합물의 혼합과 운반 중 노화 상태를 모사하기 위해서 혼합물을 혼합한 다음 해당 SMA 혼합물의 다짐 온도상태(열풍순환 오븐 내에서)로 1시간 동안 보관하여 단기노화 시킨 상태로 공시체 제작에 사용한다.
- SMA 혼합물에서 동점도를 구할 수 없는 특수한 경우에는 <표 4.2>에 따라 혼합 및 다짐 온도를 결정할 수 있다.

<표 4.1> SMA 혼합물의 혼합 동점도와 다짐 동점도 기준

혼합 동점도(cSt)	다짐 동점도(cSt)
170±20 (150~190)	280±30 (250~310)

【주】( )는 동점도의 실제적인 범위를 나타냄

<표 4.2> SMA 혼합물의 일반적인 혼합 온도와 다짐 온도

아스팔트 종류	혼합온도(℃)	다짐온도(℃)
침입도 등급 60-80(PG 64-22)	165 ± 5	145 ± 2
PG 70-22, PG 76-22	170 ± 5	150 ± 2
PG 82-22	175 ± 5	155 ± 2

4.3 실내 배합설계

(1) SMA 혼합물의 배합설계는 원칙적으로 용적특성과 마샬배합설계 방법을 이용하며, 배합설계 순서는 <그림 4.2>와 같다.

【해 설】

SMA 혼합물의 배합설계는 <그림 4.2>에 따르고 다음 사항에 유의한다.

① <표 3.1>과 <표 3.2>에 따라 적절한 종류의 SMA 혼합물을 선정한다.

② 재료의 선정에 있어서는 소요의 품질을 구비하고 필요한 양을 확보할 수 있는 것이어야 한다. 재료의 품질에 대해서는 재료 시험을 실시하여 확인한다.

③ SMA 혼합물에 자연 모래는 사용하지 않아야 한다.

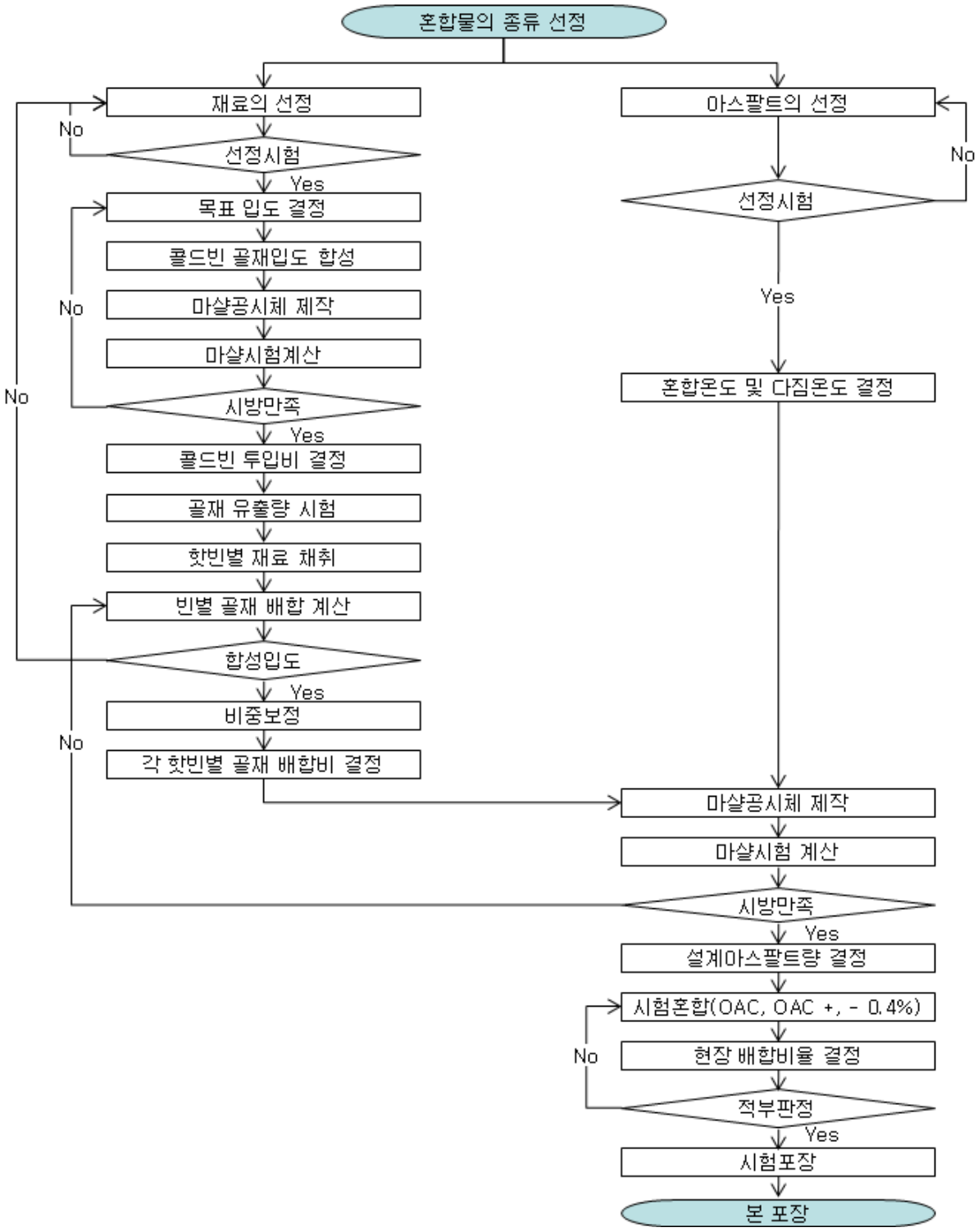
④ SMA 혼합물은 적용하는 층에 따라 <표 3.3>의 입도 범위에 들어가도록 예상 최적 아스팔트 함량을 고려하여 SMA 혼합물 시방입도의 상한, 중간, 하한에 가깝게 3종류의 입도를 선정한 다음 각 골재의 배합 비를 결정한다. 이때 No.8(2.36mm) 체를 기준으로 하여 다른 체의 통과율이 시방 입도기준을 벗어나지 않도록 3개의 입도곡선이 되도록 각 골재의 배합 비를 결정한다.

⑤ ④에서 선정한 3종류의 입도에 대하여 공시체를 제작한다. 이를 통해 배합설계 품질기준을 만족할 수 있는 입도기준을 선정하여야 한다.

⑥ 아스팔트 동점도가 170±20cSt 및 280±30cSt로 되는 때의 온도를 각각 혼합 온도, 다짐 온도로 한다.

⑦ SMA 혼합물의 배합설계는 물리적인 조절에 의존하므로, 투입량이 정확히 조절되지 않는 콜드빈 골재를 기준으로 하지 않고 정확한 계량에 의해서 생산되는 핫빈의 골재를 채취하여 배합설계를 수행한다. SMA 혼합물의 개략적인 배합설계 순서는 콜드빈 골재를 대상으로 실내 배합설계를 실시하여 콜드빈의 투입 비를 결정한다. 선정된 콜드빈 골재비로 골재를 콜드빈에서 드라이어로 공급하여 핫빈에 저장되는 골재를 채취하여 최종적으로 현장 배합설계를 통하여 합성입도와 아스팔트 함량을

결정한다. 다음으로 실제 사용될 아스팔트 플랜트에서의 시험생산을 통하여 현장 배합입도와 현장 포설 아스팔트 량을 최종적으로 결정한다.



<그림 4.2> SMA 포장 배합설계 흐름도

4.3.1 골재 배합비 및 합성입도의 결정

(1) SMA 혼합물에서는 골재의 균일한 배합과 입도 관리가 용이하도록 단입도로 생산된 몇 가지의 골재를 합성해서 사용한다. 따라서 SMA 혼합물의 종류가 선정되면 이의 표준입도 범위에 적합하도록 골재 배합비율을 결정해야 한다.

【해 설】

- SMA 혼합물에 사용되는 골재 배합비의 결정은 두 가지 이상의 단입도 골재를 혼합하여 원하는 골재입도를 기준 범위 안에서 선정하는 과정이다.
- 목표 합성입도는 SMA 혼합물의 종류에 따라 <표 3.3>의 입도 범위에서 선정한다.
- 공시체는 선정한 SMA 혼합물의 종류에 따른 예상 최적 아스팔트 함량을 고려하여 SMA 혼합물 시방입도의 상한, 중간, 하한에 가깝게 3종류의 합성입도를 선정하여 제작한다. 이를 통해 배합설계 품질기준을 만족할 수 있는 입도기준을 선정하여야 한다.

4.3.2 시험용 공시체의 제작 및 물성 시험

(1) SMA 혼합물의 최적 아스팔트 함량을 결정하고 소요의 품질을 가지고 있는지를 판정하기 위해 물성 시험을 실시한다.

【해 설】

- SMA 혼합물 제작을 위하여 낱알 형태의 셀룰로오스 화이버를 계량할 때는 석분을 제외한 모든 골재를 배합비 대로 계량한다. 다음으로 중앙 부분을 오목하게 파고 셀룰로오스 화이버를 계량하여 넣은 후 석분을 계량하여 덮어서 셀룰로오스 화이버 낱 알갱이를 골재의 중앙에 위치시켜서 건조로에 넣어야 한다.
- SMA 혼합물의 시험실 배합은 아스팔트 함량이 많기 때문에 손으로 배합하기 보다는 가능한 한 기계적인 방법을 사용하는 것이 오차를 줄일 수 있다.
- SMA 혼합물로 마샬공시체를 제작할 때도 아스팔트 함량이 많아서 몰드 밑판과 타격 햄머에

골재가 달라붙기 때문에 반드시 거름종이를 대고 타격하여야 한다.

- 공시체는 선정한 SMA 혼합물의 종류에 따른 예상 최적 아스팔트 함량을 고려하여 시방입도의 상한, 중간, 하한에 가깝도록 3종류로 합성입도를 선정하여 각각 공시체 4개씩 1조로 SMA 혼합물을 혼합한 후 공시체 제조 전 단기노화를 시킨다. 단기노화 방법은 혼합한 SMA 혼합물을 시료 팬에 5cm 두께로 펴서 다짐 온도상태(열풍순환 오븐 내에서)에 넣어 1시간 보관한다.
- SMA 혼합물 공시체 제작을 위해 몰드에 SMA 혼합물을 넣을 때는 밀입도 아스팔트 혼합물과는 달리 스페츌라 등으로 찔러서는 안되며 한 번에 집어넣고 다지며 몰드 1개당 혼합물량은 1180~1190g 정도가 적당하다. SMA 혼합물의 다짐 시 온도는 <표 4.2>에 나타낸 다짐온도 기준을 적용하고, 다짐전 건조로에서 공기에 의해 간접적으로 가열되어야 하며, 버너 등의 직접적인 가열방식은 국부적으로 과다한 온도상승을 가져오기 때문에 가능한 피해야 한다.
- 몰드 다짐을 끝낸 후 공기 중에서 식힐 때는 반드시 몰드 밑판 위에 다짐된 공시체가 담긴 몰드를 올려놓고 식혀야 한다. 그렇지 않을 경우 다짐된 SMA 혼합물이 자중에 의해서 아래로 처짐으로 인해 실제와는 다른 공극율을 나타내는 경우가 있다.
- 셀룰로오스 화이버 첨가량의 적정여부를 판단하는 드레인 다운 시험은 혼합한 직후에 바로 실시하며, PG 64-22와 PG 70-22의 경우에는 170±2℃, PG 76-22와 PG 82-22의 경우에는 180±2℃에서 1시간 동안 건조로에서 양생시킨 다음, 비이커를 꺼내어 한 번에 뒤집어 붓고 비이커의 무게를 측정하여 드레인다운 시험결과를 도출한다.
- 공시체는 양면 75회의 다짐을 실시한다.
- 다짐된 공시체를 24시간 상온에서 양생하고, 밀도, 공극률 등의 체적 특성을 측정한다.
- 이론최대밀도 측정을 위한 SMA 혼합물은 혼합직후 바로 건조로에 집어넣고 PG 64-22와 PG 70-22의 경우에는 155±2℃, PG 76-22와 PG 82-22의 경우에는 160±2℃에서 다짐 없이 건조로에서 2시간 동안 단기 노화 후 골재들이 서로 달라붙지 않도록 넓게 펼쳐서 상온으로 식혀준 후 이론최대밀도를 측정한다.

- 공시체는 50~70㎜의 두께로 제작하나, 가능한 63±0.5㎜의 두께가 되도록 제작한다.
- 시험이 완료되고 공극률, 포화도 등의 결과 값들이 계산되면 X축을 아스팔트 함량, Y축을 해당 시험 결과로 하여 그래프로 작성한다.
- SMA 혼합물의 경우 마샬안정도 시험은 큰 의미가 없으므로 시험을 수행하여 참고자료로 활용한다.

4.3.3 이론 최대밀도의 산출

(1) 이론 최대밀도는 SMA 혼합물에 이용되는 굵은 골재, 잔골재, 채움재 등의 각 재료의 비중을 이용한 식으로 구하지 않고 반드시 KS F 2366의 '역청 포장 혼합물의 이론적 최대 비중 및 밀도 시험 방법'에 따라 구하며, 3회 시험한 평균을 취한다.

【해 설】

- 이론 최대밀도 시험용 SMA 혼합물은 별도로 SMA 혼합물을 제조하여야 한다. 아스팔트 플랜트에서 고온의 SMA 혼합물 생산 후 덤프트럭으로 운반되어 포설되기까지 고온의 아스팔트가 골재 내부로 흡수되는 것을 모사하기 위해서 SMA 혼합물을 혼합한 후 해당 SMA 혼합물의 혼합 온도상태(열풍순환 오븐 내)로 2시간 동안 양생하고, 상온으로 온도를 식힌 후 이론최대밀도 시험용 시료를 제작한다. 이때, 상온으로 온도를 저감시킬 때 SMA 혼합물이 뭉치지 않도록 잔골재가 6mm 보다 크지 않게 분리시켜야 한다.
- 이론 최대밀도 시험을 위한 SMA 혼합물 제작은 밀입도의 경우는 최적 아스팔트 함량(OAC)에 해당하는 아스팔트 혼합물을 이용하여 이론최대밀도 시험을 수행하지만, SMA 혼합물의 경우는 밀입도 혼합물에 비해 아스팔트 함량이 1 ~ 2% 정도 높다. 이로 인하여 골재에 부착된 코팅 두께가 두꺼워서 2시간 양생 후 상온으로 식힐 때 잔골재들 사이에 공극이 형성되기 쉬워 이론 최대밀도 시험 시 큰 오차를 발생하는 경우가 많다. 그러므로 SMA 혼합물의 경우 이러한 오차를 방지하기 위하여 이론 최대밀도 시험을 위한 아스팔트 함량은 <표 4.3>에 따른다.

- <표 4.3>을 이용하여 KS F 2366 시험으로 구한 이론 최대밀도를 이용해 유효 혼합골재 비중을 구하여 나머지 아스팔트 함량의 이론 최대밀도를 <식 4.1>과 같이 계산한다.

$$D = \frac{100}{\frac{100-A}{G_{se}} + \frac{A}{G_b}}$$ <식 4.1>

여기서, D : 이론최대밀도 (g/㎤),

A : 아스팔트 함량(%),

G_{se} : 혼합골재 유효 비중

G_b : 아스팔트 비중

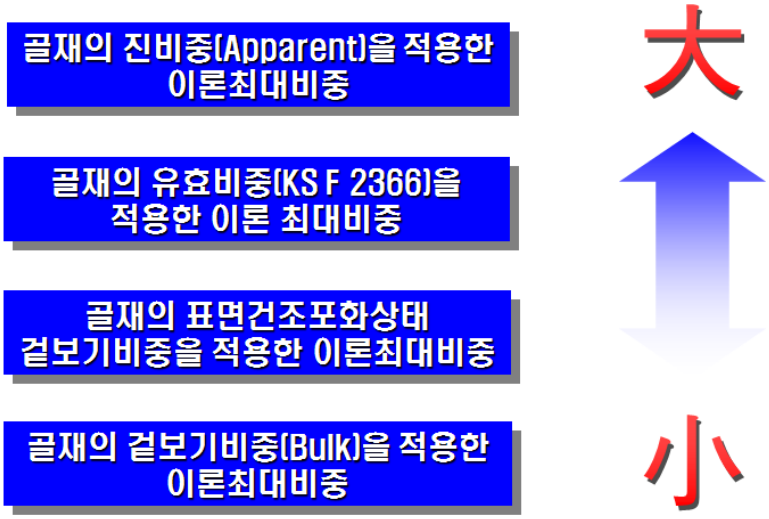
<표 4.3> 이론최대밀도 시험용 혼합물의 아스팔트 함량 결정

종류	SMA 혼합물	밀입도 아스팔트 혼합물
20mm	4.0	OAC
13mm	4.3	OAC
10mm	4.5	–
8mm	4.7	–

- 혼합골재 유효비중 적용 시 각 골재의 비중시험 결과로부터 골재 진비중(Apparent)을 사용하여 계산한 혼합골재 진비중과 골재 겉보기비중(Bulk)을 적용하여 계산한 혼합골재 겉보기비중 사이에 KS F 2366 시험으로 측정하여 구한 혼합골재 유효 비중 값이 존재하는 지를 반드시 확인하여 시험의 정확성을 확인한 후 이 값을 사용한다. 만일 만족시키지 않을 경우에는 KS F 2366에 의한 이론최대밀도 시험을 재 실시한다.<그림 4.3 참조>

혼합골재 겉보기비중(Bulk) < 혼합골재 유효비중(KS F 2366) < 혼합골재 진비중(Apparent)

- 또한, 국내 골재 대부분의 혼합골재 유효비중은 <그림 4.3>과 같이 대체적으로 혼합골재 진비중(Apparent)과 혼합골재의 표면건조포화상태 겉보기 비중 사이에 존재함을 참고하여 검토한다.



<그림 4.3> 시험한 혼합골재의 유효비중과 계산된 혼합골재비중과의 상관관계

4.3.4 최적 아스팔트 함량 결정

(1) SMA 혼합물의 최적 아스팔트 함량(Optimum Asphalt Content : OAC) 은 공극률을 이용하여 결정한다.

(2) 공극률 1~4%에 해당하는 아스팔트 함량을 선정하고, 선정된 아스팔트 함량에 해당하는 시험 결과가 <표 3.4>, <표 3.5>의 시험 기준 값에 합격하는지를 확인한다. 이 결과, 모든 시험 기준 값에 합격한다면 이를 최적 아스팔트 함량으로 결정한다.

【해 설】

- SMA 혼합물의 최적 아스팔트 함량은 시험 결과 그래프를 이용하여 다음의 절차를 통해 결정한다.

① SMA 혼합물의 공극률 1~4%에 해당하는 아스팔트 함량을 선택한다.

② 공극률 1~4%에 해당하는 아스팔트 함량에서 SMA 혼합물의 시험결과를 해당 시험 기준 값과 비교한다. 즉, <표 3.4>와 <표 3.5>에 의한다.

③ 비교결과가 해당 시험기준 값에 모두 만족할 경우, 이때의 아스팔트 함량을 예비 최적 아스팔트 함량으로 결정한다.

- 모든 시험 기준 값에 만족하더라도 현장 여건에 따라 품질확보를 위해 특별히 고려해야 할 사항이 필요할 경우에는 별도 규정을 강구하도록 한다.

4.4 콜드빈 골재 유출량

(1) 콜드빈 골재의 실내 배합설계 후 아스팔트 플랜트에서 콜드빈 피더 모터 속도에 따른 골재 유출량을 구하기 위해 콜드빈 골재 유출량 시험을 한다.

【해 설】

- 콜드빈 골재 유출량 시험은 콜드빈 골재에 대한 실내 배합설계 결과를 이용하여 아스팔트 플랜트에 적합하게 핫빈 배합설계를 하기 위한 중요한 과정이다.
- 콜드빈 골재 유출량 시험이 적합하게 되지 않을 경우에는 골재의 오버플로우가 많이 발생할 수 있으며, 이에 따라 콜드빈 피더 모터의 속도를 아스팔트 플랜트 오퍼레이터가 임의로 조정하는 경우가 대부분이다. 이 결과 SMA 혼합물의 입도가 변동 되는 원인이 된다.
- 콜드빈 골재 유출량 시험을 통하여 콜드빈 피더 모터 속도에 따른 골재 유출량과 핫빈 입도를 얻게 된다. 이 결과는 콜드빈 골재의 특성, 콜드빈 피더 속도, 핫 스크린의 크기 및 아스팔트 플랜트의 특성 등에 영향을 받게 된다.

4.4.1 아스팔트 플랜트의 점검

(1) 콜드빈 모터, 피더 및 컨베이어 벨트를 점검하여 이상이 없는지 확인한다.
(2) 핫 스크린의 체크기 및 체의 파손 등 이상여부를 확인한다.
(3) 콜드빈 유출 게이트의 고정위치 및 면적을 측정하여 관리하여야 한다.
(4) 아스팔트 플랜트 조정실의 기기 작동이 원활한지 확인한다.

【해 설】

- 콜드빈 골재 유출량은 현장 배합설계는 물론 SMA 혼합물 생산과도 직접적인 연관이 있으므로 아스팔트 플랜트는 SMA 혼합물을 원활하게 생산하기 위한 성능을 확보하여야 한다.
- 콜드빈 모터의 속도 변환이 원활한지 확인하고, 콜드빈 피더 또는 컨베이어 벨트의 파손 및 관리상태를 점검한다.
- 아스팔트 플랜트에서 SMA 혼합물을 생산하기 위하여 설치하는 핫 스크린의 체크기를 <표 4.4>에 나타내었다. 핫 스크린의 체크기는 생산하는 SMA 혼합물의 종류에 적합하여야 하며 체가 막히거나 파손된 부분이 없어야 한다.

<표 4.4> 각 치수별 SMA 혼합물 생산에 사용되는 핫 스크린 망

스크린 입경 (mm) / SMA 혼합물 종류	20	14.5	11, 12	9, 10	6	3.5
20mm SMA	사용	사용	선택사용	선택사용	사용	사용
13mm SMA	–	사용	사용	선택사용	사용	사용
10mm SMA	–	–	사용	선택사용	사용	사용
8mm SMA	–	–	–	사용	사용	사용
5mm SMA	–	–	–	–	사용	사용

4.4.2 드라이어 가열 및 콜드빈 골재 준비

(1) 콜드빈 골재 유출량 시험을 위해 실내 배합설계에서 사용한 골재를 콜드빈에 준비한다.
(2) 유출량 시험을 실시할 때에는 드라이어에서 골재를 가열하는 온도가 최소한 150℃ 이상이 되도록 하여야 한다.

【해 설】

- 콜드빈에 골재가 일정한 높이를 유지하도록 지속적으로 골재를 보충해 주어야 한다.
- 콜드빈 골재를 이용하여 유출량 시험을 실시할 때에는 드라이어의 골재 가열온도를 최소한 150℃ 이상으로 설정하여야 콜드빈 골재의 건조가 정상적으로 이루어진다. 이로 인하여 골재에 잔존하는 수분이 제거되어 미립분이 실제 생산 시의 조건과 같이 집진기로 배출되며 핫 스크린에서의 체가름도 정상적으로 이루어질 수가 있다.

4.4.3 콜드빈 골재 유출량 시험

(1) 콜드빈 실내 배합설계 후 아스팔트 플랜트에서 콜드빈 VS(Variable Speed) 모터 속도에 따른 골재 유출량을 구하기 위해 콜드빈 골재 유출량 시험을 한다.
(2) 콜드빈 골재 유출, 유출량 조사, 골재 채취, 체가름 시험 등의 순서로 이루어진다.
(3) 시험 후 콜드빈 골재 배합비를 기준으로 한 각 콜드빈의 분당 소요량을 산정하여 이에 해당하는 콜드빈 VS 모터 속도(RPM)를 결정한다.

【해 설】

- 시험실에서 실내 배합설계가 완료되면 콜드빈 골재의 배합 비에 따라 아스팔트 플랜트에서 콜드빈 골재 유출량 시험이 이루어진다. 시험실에서 결정된 콜드빈 골재의 배합 비는 아스팔트 플랜트의 여건을 고려하지 않았기 때문에 현장에서 항상 콜드빈 골재의 배합비대로 SMA 혼합물이 생산되지 않는다는 문제점이 있다.

- 실내 배합설계 시 결정된 배합비로 SMA 혼합물을 생산하기 위해 아스팔트 플랜트의 오퍼레이터는 콜드빈 게이트의 VS 모터 속도(RPM)를 경험에 근거하여 조정하는 것이 일반적이다. 이러한 경험에 근거하여 조정된 모터속도에 따라 배출된 콜드빈 골재는 드라이어를 통과하고 핫 스크린에서 다시 분류되어 핫빈에 저장될 때 오버플로우가 발생하거나 특정 핫빈의 골재가 부족하게 될 확률이 매우 높다.
- 또한 실제로 이러한 문제가 발생할 경우, 현장의 오퍼레이터는 오버플로우(Over-Flow)나 골재 부족에 의한 SMA 혼합물의 생산지체 현상을 방지하기 위해 콜드빈 게이트의 VS 모터 속도(RPM)를 임의대로 조정하고 있는 것이 현실이다.
- 이와 같이 실내 배합설계 시 결정된 SMA 혼합물의 입도 및 최적 아스팔트 함량의 변화로 인하여 실내 배합설계 결과와 다른 SMA 혼합물을 생산할 수 있다. 이는 SMA 포장의 조기 파손의 중요한 요인이 될 수 있다. 따라서, 실내 배합설계 시 아스팔트 플랜트의 여건을 고려한다면 오버플로우 현상이나 특정 핫빈의 골재 부족 등에 의해 발생되는 문제를 최소화 시킬 수 있다.

4.4.4 콜드빈 골재 유출량 시험 절차

(1) SMA 혼합물 생산 시 사용하는 콜드빈 VS 모터 속도 보다 넓은 범위에서 골재를 유출한다.

(2) 콜드빈 VS 모터 속도를 기존의 생산 자료를 참고하여 시험 전에 소요 유출 골재량 보다 적은 양과 많은 양이 유출될 수 있는 콜드빈 피더 모터 속도를 산정하고, 실험을 수행하면서 RPM을 보정하여 실험을 수행한다.

(3) 골재별로 콜드빈에서 설정한 VS 모터 속도로 총 골재 양이 해당 아스팔트 플랜트 1배치 용량의 최소 2배 이상이 유출될 수 있는 시간까지 콜드빈 골재를 유출한다. 콜드빈 골재의 가열 온도는 실제 SMA 혼합물 생산온도와 유사하도록 골재를 가열한다.

(4) 핫빈에 쌓여진 골재의 중량을 각 핫빈 별로 계량하여 중량을 기록한 후 설계 유출량을 결정한다.

(5) 각 콜드빈 피더모터의 RPM이 결정되면 결정된 각 핫빈의 RPM에 맞도록 세팅하여 실제 SMA 혼합물 생산 시와 동일하게 골재를 유출하여 드라이어에서 가열 후 각 핫빈 별로 저장되는 양을 계량하여 이전에 계산된 설계 유출량 시험결과와 비교하여 검증한다.

(6) 또한 (5)에서 저장된 핫빈 골재를 현장 배합설계를 위하여 채취한다.

(7) 채취한 골재를 체가름 시험하여 입도를 분석한다.

【해 설】

- 가급적이면 콜드빈별 소요 골재량의 골재가 유출될 수 있는 모터속도(RPM)에 가깝게 될 수 있도록 결정될 모터속도보다 하나는 빠르게 다른 하나는 다소 낮은 콜드빈 별 모터 속도를 결정하는 것이 좋다.

- 골재가 유출하는 시간은 총 골재 양이 해당 아스팔트 플랜트 1배치 용량의 최소 2배 이상이 유출될 수 있는 시간으로 결정하는 것이 좋다.

- 유출량 시험을 하기 위해서는 먼저 해당 아스팔트 플랜트의 분당 SMA 혼합물 생산능력을 계산 하여야 한다. 분당 SMA 혼합물 생산량은 <식 4.2>와 같이 아스팔트 플랜트에서 SMA 혼합물의 1배치 생산량에 사이클 타임 비를 곱하여 결정된다. 여기서 사이클 타임(Cycle

Time)이란 Dry Time과 Wet Time 및 SMA 혼합물 방출시간을 합한 시간이다. 즉, 골재 계량시간과 혼합 시간에 SMA 혼합물 방출시간을 더한 시간을 의미한다.

$$\text{분당 } SMA \text{ 혼합물 생산량} = \frac{60}{Cycle\ Time} \times SMA \text{ 혼합물의 1배치 생산량} \quad \text{<식 4.2>}$$

- <식 4.2>에서 보는 바와 같이 분당 SMA 혼합물 생산량은 아스팔트를 포함한 양이므로 <식 4.3>과 같이 아스팔트를 제외한 분당 총 소요 골재 량을 계산한다.

$$\text{분당 총소요 골재량} = \text{분당 } SMA \text{ 혼합물 생산량} \times \frac{(100 - \text{아스팔트 함량})}{100} \quad \text{<식 4.3>}$$

- 분당 총 소요 골재 양이 결정된 후에는 분당 콜드빈 별 소요 골재 량을 계산하여야 한다. 분당 콜드빈 별 소요 골재량 이란 분당 필요한 각 콜드빈 별 골재 양을 의미하며 <식 4.4>와 같이 계산될 수 있다.

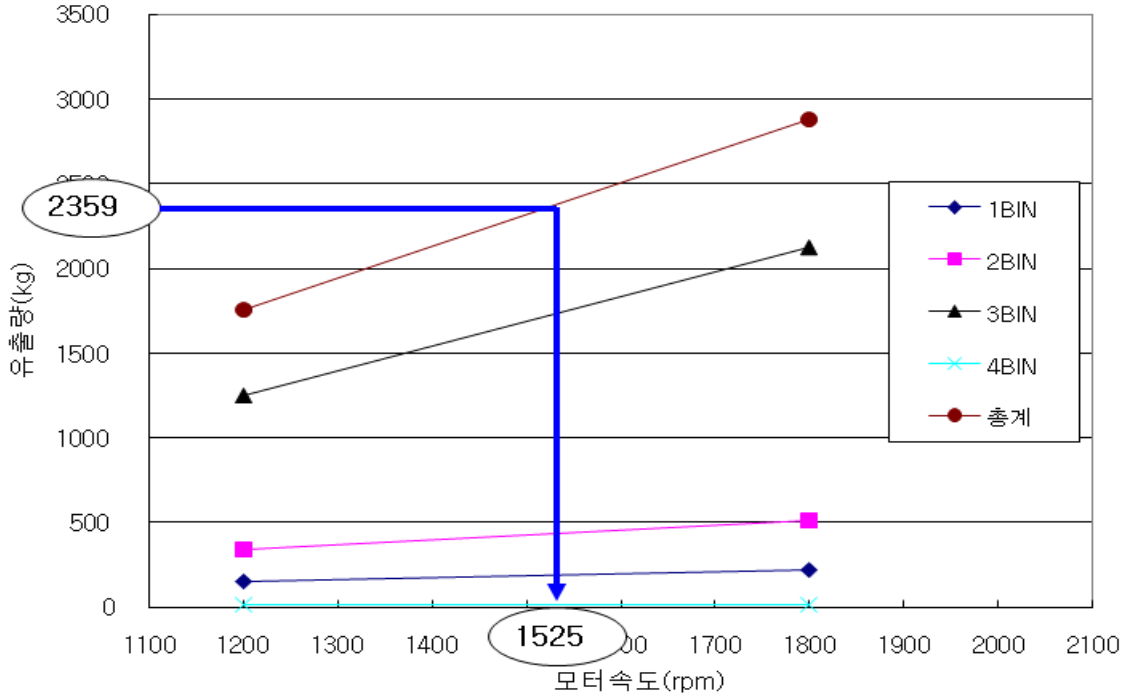
$$\text{분당 콜드빈별 소요 골재량} = \text{콜드빈 골재 배합 비} \times \text{분당 총 소요 골재량} \quad \text{<식 4.4>}$$

- 각각의 콜드빈 골재별로 분당 콜드빈 별 소요 골재 량이 결정되면 원하는 콜드빈 골재 소요량을 생산할 수 있는 콜드빈 게이트의 VS 모터 속도(RPM)를 결정하기 위한 작업을 수행하여야 한다. 먼저 앞서 계산된 분당 콜드빈 별 소요 골재량에서 총 골재 량이 해당 아스팔트 플랜트의 1배치 용량의 최소 2배 이상이 유출될 수 있도록 콜드빈 게이트의 VS 모터 속도(RPM)를 두 개 혹은 세 개(두 종류 이상의 SMA 혼합물을 생산할 경우)를 경험적으로 선정한 뒤 낮은 RPM에서 높은 RPM으로 콜드빈 골재별로 적절한 시간동안 유출하여 드라이어를 통하여 핫 스크린으로 보낸 후 4개의 핫빈에 저장되는 골재의 중량을 각 빈별로 누적계량 하여 <표 4.5>와 같은 양식을 작성한다. 이때 시험 시간은 VS 모터의 속도에 따라 달라지게 되는데 해당 아스팔트 플랜트 1배치 용량의 최소 2배 이상의 양을 생산할 수 있는 정도로 한다.

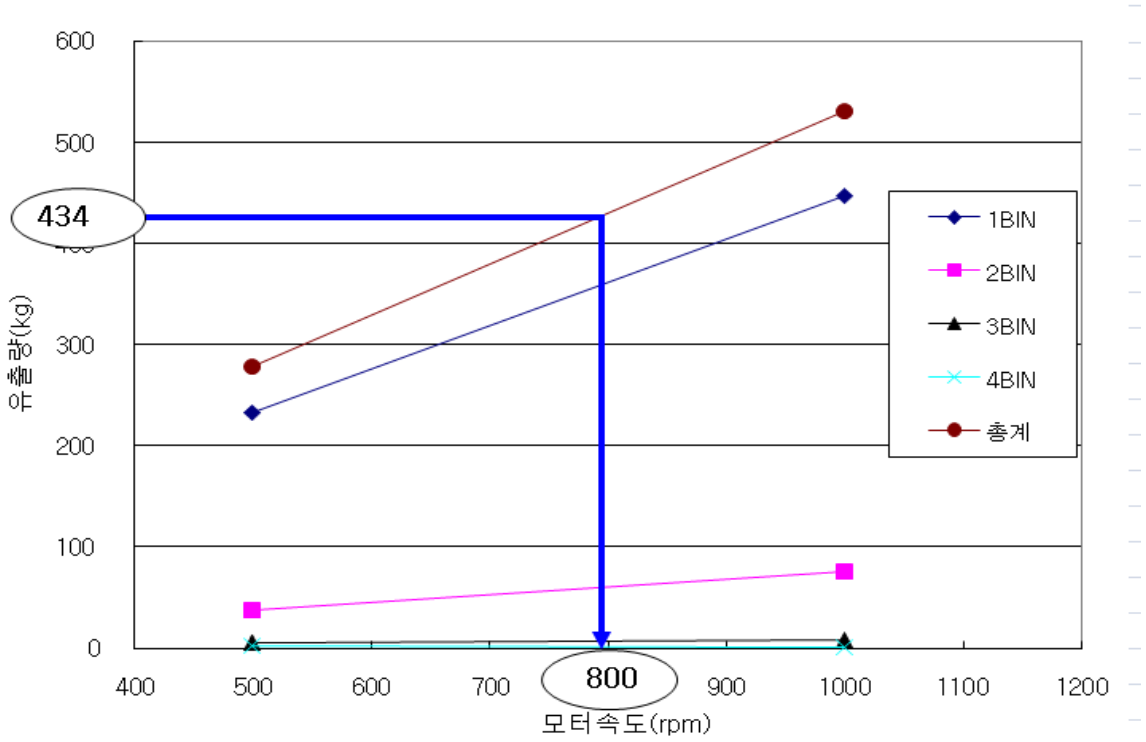
<표 4.5> 콜드빈 별 유출량 시험 기록표 일례

콜드빈	게이트 간격 (㎜)	투입 시간 (분)	모터 속도 (RPM)	총누계	1번 (kg)	2번 (kg)	3번 (kg)	4번 (kg)	계
10mm	400×300	3	1200	총 계량량	463	1011	3760	38	5272.0
				분당 계량량	154.3	337.0	1253.3	12.7	1757.3
		2	1800	총 계량량	443	1023	4250	39	5755.0
				분당 계량량	221.5	511.5	2125.0	19.5	2877.5
6mm 이하	400×100	12	500	총 계량량	2798	456	69	20	3343.0
				분당 계량량	233.2	38.0	5.8	1.7	278.6
		8	1000	총 계량량	3572	610	65	2	4249.0
				분당 계량량	446.5	76.3	8.1	0.25	531.1

- 그 다음 단계로는 작성된 <표 4.5>에 따라 <그림 4.4> 및 <그림 4.5>와 같이 VS 모터 속도(RPM)에 따른 콜드빈 골재별 유출량 그래프를 작성한다. 아래의 그래프가 작성되면 소요되는 골재의 양을 생산할 수 있는 VS 모터 속도(RPM)가 결정되게 된다. 시험의 오차를 줄이기 위해 주의해야 할 점은 시험시간을 충분히 해야 한다는 것과 선택된 두 개의 VS 모터속도 내에서 앞서 계산된 분당 콜드빈별 소요 골재량이 포함되어져야 한다는 것이다. 두 개의 VS 모터 속도(RPM)내에 소요 골재량이 포함되지 않는다 해도 필요한 골재량(설계 유출량)을 생산하기 위한 VS 모터의 속도를 추정해 낼 수는 있지만 그만큼 오차가 커지기 때문이다.
- 각 콜드빈에 대한 소요 골재 량이 결정되었다면, <그림 4.4> 및 <그림 4.5>와 같이 10mm 및 6mm 각 콜드빈 골재를 생산하는데 필요한 각각의 VS 모터속도를 결정한 뒤 아래의 <표 4.6> 과 같은 양식을 작성한다. 여기서 빈별 잔류비율은 채움재의 배합비율을 제외한 비율임을 주의해야 한다.
- 유출량 시험은 먼저 개별 콜드빈 골재에 대해 각각 유출량 시험을 실시한다. 이를 통해 설계 유출량에 대한 VS 모터속도를 산정한 후 검증시험으로 각각 결정된 콜드빈의 VS 모터속도로 SMA 혼합물 생산 시와 동일하게 유출량 시험을 실시한다. 여기서 산정된 핫빈 별 잔류율을 계산하고 이전에 실시한 설계 유출량과 비교 검토하여 유출량 시험결과의 적정성을 검증한 후 핫빈 골재 배합 비를 산정하게 된다.



<그림 4.4> 콜드빈 골재의 모터속도에 따른 유출량 차트의 예(10mm)



<그림 4.5> 콜드빈 골재의 모터속도에 따른 유출량 차트의 예(6mm 이하)

<표 4.6> 유출량 시험 결과 기록표 일례

콜드빈	게이트 간격 (㎜)	모터속도 (RPM)	설계 유출량 (kg)	1번 (kg)	2번 (kg)	3번 (kg)	4번 (kg)	계
10mm	400×300	1525	2359	191	431	1726	16	2364
6mm 이하	400×100	800	434	361	62	7	0	430
측정결과 (개별 측정)		빈별 총계(kg)		552	493	1733	16	2794
		빈별 잔류 비율(%)[1]		18.4	16.4	57.7	0.5	93.0
측정결과 (동시 유출)		빈별 잔류량(kg)[2]		1032	1011	3337	31	5411
		빈별 잔류 비율(%)[1]		17.7	17.4	57.4	0.5	93.0

【주1】 빈별 잔류비율은 채움재를 고려한 비율임.

【주2】 10mm 및 6mm 이하 콜드빈 골재를 콜드빈 모터속도 1525RPM 및 800RPM으로 SMA 혼합물 생산 시와 동일하게 동시에 골재를 아스팔트 플랜트로 유입하여 각 빈별로 누적된 양을 측정한 값.

- 이러한 유출량 시험결과를 사용하여 핫빈의 최종 배합비를 결정할 때는 우선적으로 빈별 잔류비율이 가장 낮은 핫빈을 우선적으로 고려하여야 한다. <표 4.6>의 예처럼 잔류 비율이 가장 낮은 핫빈의 경우는 잔류되는 양보다 많은 배합비를 사용하게 되면 틀림없이 SMA 혼합물을 생산하는 중에 골재가 부족하게 될 것이고, 부족한 골재가 핫빈에 쌓이기를 기다리는 동안 다른 빈에서는 오버플로우가 발생되기 때문이다. 핫빈의 잔류비율이 10% 이하로 낮은 핫빈의 경우는 특히 주의를 기울여야 한다. 반면 다른 빈에 비해 잔류량이 많은 골재는 잔류되는 골재의 양보다 사용량이 다소 많다 하더라도 골재의 생산 속도가 빠르고 상대적으로 다른 빈에 골재가 생산되는 속도가 느리기 때문에 오버플로우 문제는 발생되지 않는다.

4.5 현장 배합설계

(1) 콜드빈 골재 유출량 시험 후 핫빈 골재를 이용한 현장 배합설계를 실시한다. 현장 배합설계 결과, 아스팔트 함량, 골재 합성입도, 핫빈 골재 배합비율 등을 최종적으로 결정하여 기준 시험 결과로 한다.

【해 설】

- 현장 배합설계란 콜드빈 실내 배합설계에서 결정된 골재 배합비와 아스팔트 함량을 사용하여 본 시공 전에 콜드빈 골재로 배합설계 된 입도와 가장 가까운 핫빈 배합비율 및 아스팔트 함량을 결정하는 과정이다. 핫빈에서 골재를 채취하여 실내 배합설계와 동일한 온도 및 다짐조건으로 실내에서 마샬공시체를 만들어 SMA 혼합물이 품질 기준에 적합한지를 결정한다. 현장 배합설계는 다음의 순서에 따른다.

① 핫빈 골재를 체가름 시험하고, 유출량 시험을 통하여 결정된 핫빈 골재 중량비율로 골재입도를 합성한다.

② 핫빈 합성입도는 유출량 시험의 빈별 잔류비율를 참고하여 합성입도를 산정한다.

③ 핫빈 골재를 사용한 실내 배합설계는 최적 아스팔트 함량을 기준으로 ±0.4%로 3종류의 아스팔트 함량을 사용하여 공시체를 제작한다.

④ 공극률 등의 체적특성과 시험치가 기준 값을 만족하는 아스팔트 함량을 결정한다.

⑤ 현장 배합설계 결과가 기준을 만족하지 못할 경우, 핫빈 골재의 배합비율을 변경하거나 콜드빈 골재의 피더속도를 변경한다. 단, 핫빈 골재의 배합비율을 변경할 경우 핫빈에서 골재 오버플로우가 증가할 수 있다.

SMA 혼합물의 생산 5

5. SMA 혼합물의 생산

5.1 재료관리

5.1.1 석산의 골재 생산 및 관리

(1) SMA 혼합물은 골재의 맞물림 현상을 증가시키는 개념이기 때문에 쇄석골재의 입형 및 입도가 미치는 영향이 매우 크기 때문에 석산의 골재 관리가 특히 중요하다.

(2) 골재 생산 시 SMA 혼합물 전용으로 편장석 함유량 10% 이하의 SMA용 단립도 골재를 생산하여야 하며, 석산의 스크린 망과 아스팔트 플랜트의 핫 스크린 망 크기를 동일하게 하는 방법을 적극적으로 고려하여야 한다.

【해 설】

- SMA 혼합물은 골재간의 맞물림(Interlocking) 현상을 증가시키기 위해 골재의 입형과 입도 등의 골재 품질에 따라 SMA 혼합물의 품질에 직접적으로 영향을 주므로 골재의 생산 시부터 품질에 중점을 두어야 한다.
- 골재의 편장석 함유율을 낮추기 위하여 콘 크러셔의 내부에 골재를 가득 채운 상태에서 파쇄하여 골재 간에 맞물려 파쇄 될 수 있어야 하며, 파쇄기의 파쇄간격을 최소화하여 편장석 함유율을 낮추어야 한다.
- 골재의 생산량을 늘리기 위해 투입되는 골재량을 조절하는 호퍼 게이트(Hopper Gate)를 임의로 조절하는 조치는 골재입도의 심각한 변화를 초래하기 때문에 초기에 설정한 생산량과 동일한 상태로 호퍼 게이트의 조정없이 생산을 유지하도록 해야 한다.
- SMA 혼합물 생산 시 석산에서 반입되는 콜드빈 골재의 입도 변동에 기인하여 각 핫빈 별 유입량이 변동되기 때문에 특정한 핫빈 골재의 과·부족 현상이 발생된다. 이러한 원인으로 인해 발생되는 핫빈 골재의 과·부족 현상을 방지하기 위해 아스팔트 플랜트 운전자는 과·부족 현상이 발생된 핫빈과 관련된 크기의 골재가 공급되는 콜드빈의 유출속도를 조작함으로써 핫빈의 입도가 변화되는 현상이 초래되어 현장배합 시 결정된 입도와 전혀

다른 입도의 SMA 혼합물이 생산되게 된다. 이러한 문제를 최소화하기 위해서 석산의 스크린과 아스팔트 플랜트의 핫 스크린 망 크기를 동일하게 적용하여 SMA 혼합물의 입도변화를 최소화 할 수 있다.

- 올바른 골재의 야적을 위해서는 골재를 각 크기별로 야적해 두어야 한다. 그리고 어떤 경우라도 종류가 다른 골재를 혼합하여 야적하면 안 된다. 골재 야적은 성토 시 처럼 층별로 이루어져야 하며, 트럭으로 하차를 한다면 가능한 한 앞에 하차한 더미에 가깝게 하차하여 전체 바닥이 한 층을 이루게 해야 한다. 크레인의 버켓으로 퍼서 야적을 할 경우 버켓을 높이 들어 흩뿌리지 말고 바닥에 낮게 부어야 하며, 각 더미를 서로 붙여서 그 자체 두께가 고르도록 한 층을 이루게 해야 한다. 컨베이어 벨트를 사용하여 높은 곳에서 골재를 낙하시킬 때에는 골재가 떨어지는 위치를 최대한 낮추고 골재가 야적되는 위치를 수시로 바꾸어 골재 더미가 한 곳에 생기지 않도록 주의해야 한다.

5.1.2 입도 조절점 관리

(1) 규정된 입도에 맞는 골재를 생산하기 위해서는 모암의 종류, 크러셔의 종류, 크러셔 스크린의 배치 등 여러 가지 표준적인 생산을 저해하는 요소들이 있지만, 크러셔의 간극 조정 등을 통해 규정된 골재입도에 적합한 골재를 생산하여야 한다.

(2) 규정된 입도에 맞는 골재 생산을 위한 가장 중요한 요소는 조절점(Control Point)을 결정하는 일이다. 골재 생산을 위한 조절점의 크기는 <표 5.1>에 나타낸 석산의 진동스크린에 사용되는 스크린의 크기를 참고하여 결정한다.

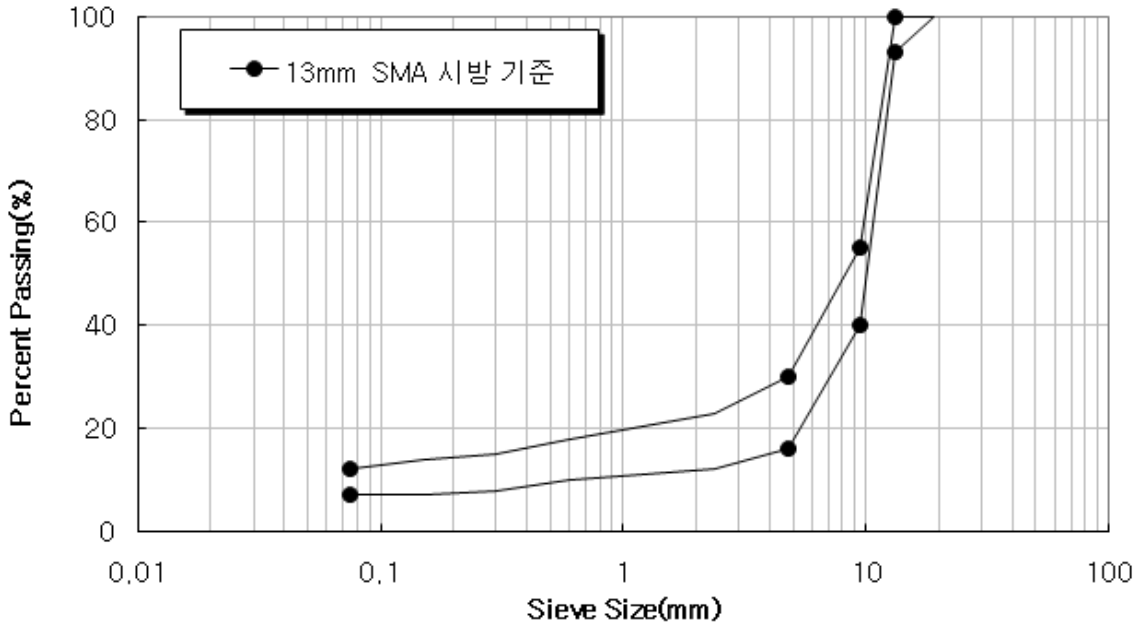
【해 설】

- SMA 혼합물을 생산하는 데 가장 중요한 것은 규정된 입도에 맞는 단입도 골재를 생산하는 것이다.

- <그림 5.1>은 13mm SMA 혼합물의 조절점을 보여준다. 이러한 조절점은 입도가 급격하게 변화하는 부분의 골재입경을 선택해야 한다. 본래 크러셔에서 파쇄된 골재는 입도분포가 양호한 연속 입도로 생산되어지기 때문에 두 조절점 사이에서 일반적으로 입도가 단절될

가능성이 거의 없는 경우는 조절점을 추가로 둘 필요가 없다.

- 이러한 조절점의 개수가 곧 사용되어야 할 콜드빈 개수를 의미하기 때문에 많은 조절점을 두는 것이 입도 합성을 자유자재로 할 수 있다는 장점이 있다. 그러나 국내 아스팔트 플랜트의 콜드빈 개수는 대부분 4~5개를 사용하기 때문에 조절점이 6개를 초과할 경우는 국내 적용성이 어려우므로 콜드빈 설비를 추가하고 아스팔트 플랜트 내의 스크린도 추가해야 한다.



<그림 5.1> 13mm SMA 입도의 조절점

- 조절점은 골재 최대입경과 No.200체 부근 2곳을 기본적으로 설정하고 이 사이에 추가적으로 설정하여 결정하나 비용절감 차원을 고려하여 그 수는 가능한 범위에서 작게 하는 것이 유리하다.
- 13mm SMA 혼합물의 조절점에 근거한 크러셔 스크린의 배치와 아스팔트 플랜트 스크린의 배치는 위로부터 14.5mm, 11.5mm, 6mm의 순으로 동일하다. 이렇게 크러셔 스크린과 아스팔트 플랜트 스크린을 동일하게 배치한 이유는 크러셔 스크린에서 생산되는 각 빈별 입도와 아스팔트 플랜트 스크린에서 생산되는 각 빈 별 입도를 거의 동일하게 유지함으로써

콜드빈 골재를 사용하여 계산된 합성 입도와 핫빈 골재를 사용하여 계산된 합성입도를 거의 같게 하기 위해서이다. 이와 같이 오버플로우(Overflow)의 발생을 최소화하여 균일한 입도의 SMA 혼합물 생산을 지속적으로 도모할 수 있다. 또한 투입되는 각 콜드빈 별 골재를 14.5~11mm, 11.5~6mm 및 6mm 이하로 단립화 하여 분류하게 되면 각 조절점에서 중복되는 골재의 양을 줄일 수 있으므로 입도 선정을 효율적으로 변화시킬 수 있으며 아스팔트 플랜트 운용자가 콜드빈을 조정하더라도 실제 생산되는 SMA 혼합물의 품질 변동을 최소로 할 수 있다.

- 크러셔와 아스팔트 플랜트 스크린의 입경 선택은 조절점보다 1~2mm 정도 큰 입경의 스크린을 선택하여 스크린의 막힘 현상을 방지하고, 스크린 내에서의 골재의 채류시간을 최소화 할 수 있다.

5.1.3 골재 생산 설비

(1) SMA 혼합물용 골재를 생산하기 위한 방법은 크게 2가지로 나눌 수 있다.
(2) 석산에서 골재를 파쇄할 때 밀입도 아스팔트 혼합물용 골재와 SMA 혼합물용 골재를 동시에 생산할 수 있는 골재 생산라인을 구성하거나 기존의 밀입도 아스팔트 혼합물을 생산하는 생산설비에서 크러셔 스크린을 <표 5.1>에서 규정하는 스크린으로 교체하여 생산하는 방법이다.
(3) 석산에서 SMA용 골재를 생산할 수 없는 경우에는 석산에서 생산된 최대골재 크기 40mm 또는 25mm 굵은 골재를 사용하여 SMA 혼합물을 생산하는 아스팔트 플랜트에서 SMA 혼합물용 골재를 전용으로 생산하기 위한 크러셔와 크러셔 스크린을 구성 및 생산할 수 있다.

【해 설】

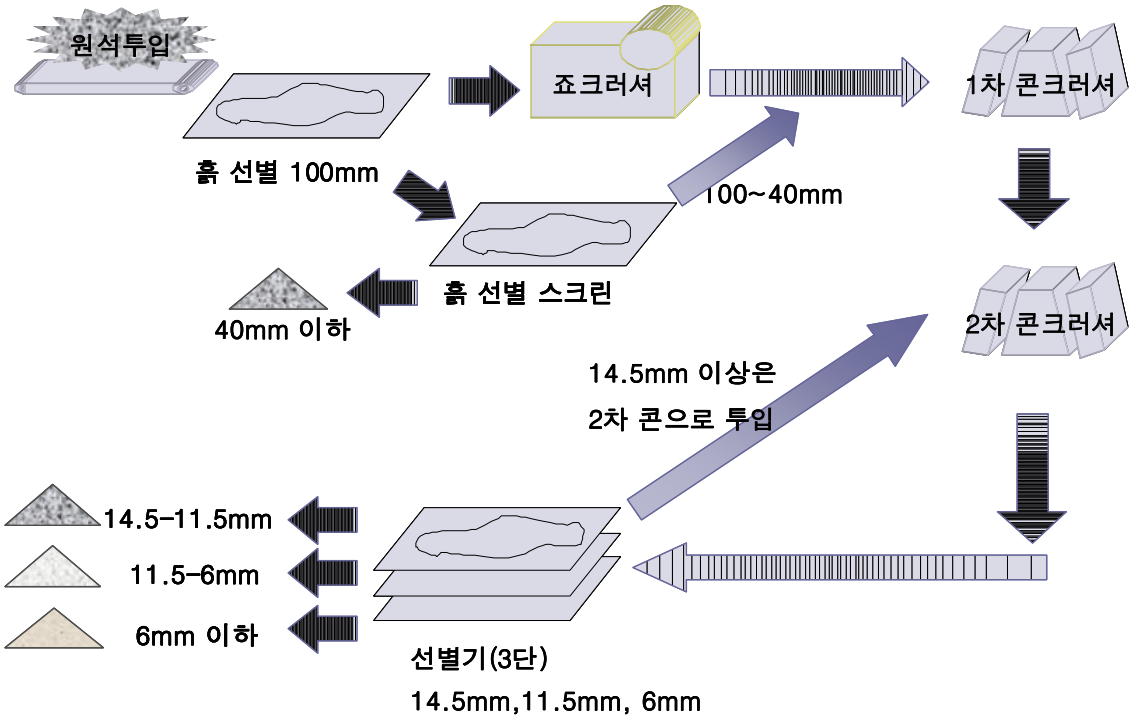
- 해당 아스팔트 플랜트의 현장 사정을 감안하여 결정될 수 있으며, 모암의 종류에 관계없이 가장 좋은 입형을 얻을 수 있는 방법은 두 번째 방법으로 SMA 혼합물용 골재 전용 생산방식을 채택하는 것이다. 이 두 가지 방법의 장단점을 차례대로 살펴보면 아래와 같다.
- (2)번 방법은 아스팔트 플랜트의 측면에서는 생산 원가 측면에서 가장 유리하지만 골재의

입형이 나쁘고 편장석의 함유량을 시방기준에 맞추기가 어려운 단점이 있으며 모암의 종류에 따라 SMA 혼합물용 골재의 입도를 맞추는 것이 불가능한 경우도 있다.(<그림 5.2> 참조) 이러한 경우 (3)번의 방법을 사용할 수 있다.

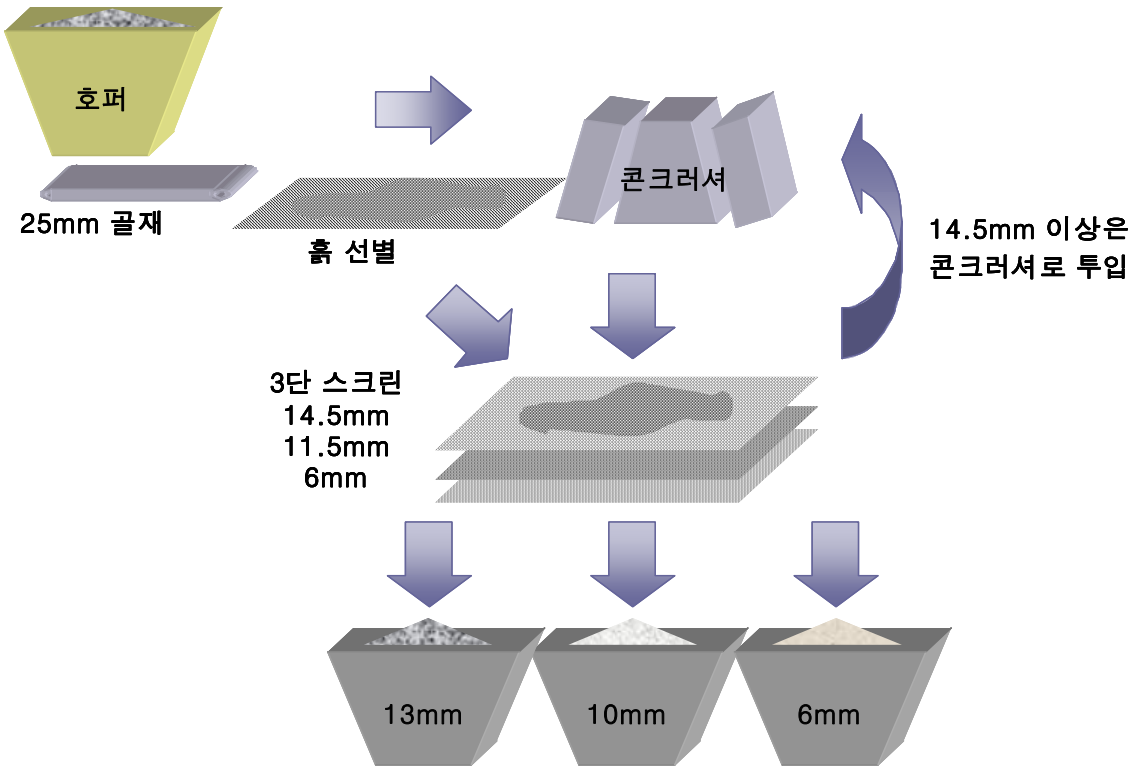
- (3)번 방법은 모암의 종류에 관계없이 가장 양호한 입형을 제공한다는 측면에서 SMA 혼합물용 골재 생산방식으로 가장 권장할 만한 방식이다. 하지만 SMA용 골재의 생산을 위해 아스팔트 플랜트에 별도로 골재 생산설비를 갖추어야 하는 경제적인 부담이 있다.(<그림 5.3> 참조)
- 각 골재 최대치수별 SMA 혼합물의 생산을 위하여 석산의 골재 파쇄장에서 사용할 스크린의 치수를 SMA 혼합물 종류별로 <표 5.1>에 나타내었다.
- 크러셔와 아스팔트 플랜트 스크린의 입경 선택은 조절점보다 1~2mm 정도 큰 입경의 스크린을 선택하여 해결할 수 있다. 특정한 골재의 경우 이러한 망의 배치로 생산된 골재의 입도 합성이 불가능할 경우는 해당 골재의 입도특성을 고려하여 조절점을 추가로 설정하여 사용하는 스크린 망을 증가시켜야 하는 경우도 발생할 수 있다.

<표 5.1> 각 치수별 SMA 혼합물용 골재 생산에 사용되는 스크린망

스크린입경 (mm) / SMA 혼합물 종류	20	14.5	11, 12	9, 10	6	3.5
20mm	사용	사용	선택사용	선택사용	사용	선택사용
13mm	–	사용	사용	선택사용	사용	선택사용
10mm	–	–	사용	선택사용	사용	선택사용
8mm	–	–	–	사용	사용	선택사용
5mm	–	–	–	–	사용	사용



<그림 5.2> 13mm SMA 골재 생산을 위한 크러셔 배치도(석산)



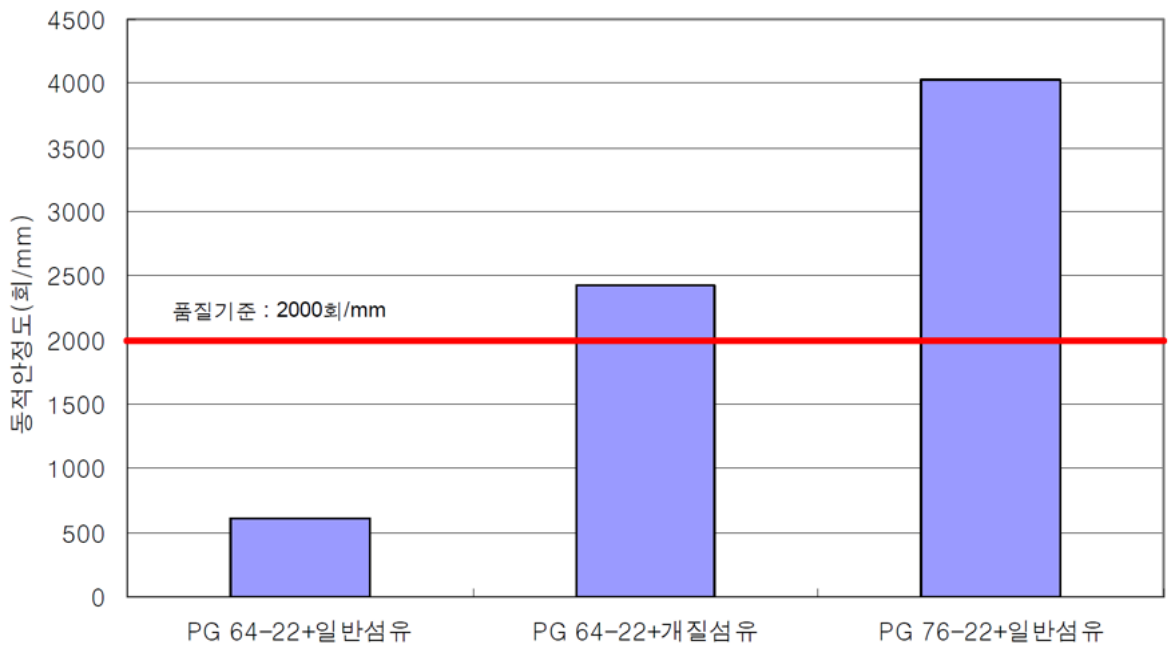
<그림 5.3> 13mm SMA 골재 생산을 위한 크러셔 배치도(아스팔트 플랜트)

5.1.4 SMA 혼합물의 동적안정도 저하에 따른 개선 대책

(1) 최근 아스팔트의 품질저하로 인하여 SMA 혼합물의 동적안정도가 급격히 저하되는 현상을 개선하기 위해서는 근본적으로 정유사에 휠트랙킹 시험결과를 만족할만한 아스팔트를 요청하여야 하며, 이것이 불가할 경우에는 개질 아스팔트의 사용 또는 개질재가 첨가된 셀룰로오스 화이버를 사용하여 동적안정도 품질기준을 만족하도록 하여야 한다.

【해 설】

- 최근 5년 사이에 아스팔트의 품질이 급격히 저하되고 있다. 그러나, 아스팔트의 품질기준인 침입도와 PG 등급에서는 모두 품질기준을 만족하는 것으로 나타났으나, SMA 혼합물을 이용한 휠트랙킹 시험결과인 동적안정도는 SMA 포장의 기준치인 2000회/mm 이하로 측정되는 문제가 발생되는 문제가 빈번하다.
- SMA 혼합물로 주로 사용되는 침입도 60~80의 아스팔트는 가능하다면 SMA 포장에 발생하는 소성변형의 저항성을 향상 시키기 위해 정유사에 침입도 65±5가 되는 아스팔트를 요청하여 사용하는 것이 좋다.
- 필요한 경우 <그림 5.4>와 같이 개질 아스팔트의 사용 또는 개질재가 첨가된 셀룰로오스 화이버를 사용하여 SMA 혼합물의 동적안정도 품질기준을 만족하도록 하여야 한다.
- 일반적인 셀룰로오스 화이버는 90%의 식물성 섬유와 10%의 스트레이트 아스팔트로 구성되어 있으며, 개질 셀룰로오스 화이버는 50%의 식물성 섬유와 50%의 개질 아스팔트로 구성되어 개질 셀룰로오스 화이버 투입만으로도 아스팔트의 결합력을 증진시킬 수 있다.
- SMA 혼합물용 골재는 석회암과 화강암 골재가 주로 사용되고 있는데, 동일한 편장석 함유량인 경우에는 화강암 골재의 표면조직(Texture)이 석회암보다 요철이 많아 전단 저항성이 크므로 석회암보다는 화강암 골재를 사용하면 동적안정도를 증가시킬 수 있다.



<그림 5.4> 휠트랙킹 시험결과 (예시)

5.2 아스팔트 플랜트 운영

5.2.1 아스팔트 플랜트 필수 시험장비

(1) SMA 혼합물의 배합설계, 품질관리 및 품질검사를 위한 아스팔트 플랜트의 필수 시험장비를 <표 5.2>에 나타내었다. SMA 혼합물의 생산 및 품질관리를 위해서는 <표 5.2>에 규정한 시험장비를 구비하여야 하며, 각각의 시험장비는 신뢰성이 확보되고 결과를 도출할 수 있는 장비이어야 한다.

【해 설】

- 아스팔트 플랜트의 필수 구비장비는 국가표준기본법 제3조 제17호의 규정에 의한 교정을 실시하여야 하며, 사용빈도, 측정기의 특성 등을 감안하여 회사의 실정에 맞는 장비 목록을 규정하고 이를 보유하여야 한다.
- 사용빈도가 낮아 외주하는 시험에 대하여는 그 장비를 보유하지 않을 수 있다.
- 이론최대밀도 시험기의 경우 SMA 포장의 공극률을 산정하는 기준으로 적용되는 물성으로

측정된 이론최대밀도 값이 오차 발생 시 배합설계에 중대한 오류를 발생할 수 있으므로 동일한 SMA 혼합물에 대해 공인시험기관에 이론최대밀도 시험을 의뢰하고, 그 결과를 아스팔트 플랜트에서 보유한 이론최대밀도 시험결과와 비교 검토하여 이론최대밀도 시험기의 정밀도를 검증하여야 한다.

<표 5.2> 아스팔트 플랜트 필수 시험장비

구분	장비명	시험기준	규 격
골재 시험용	표준망체	KS A 5101	26.5㎜, 19㎜, 13.2㎜, 9.5㎜, 4.75㎜, 2.36㎜, 0.6㎜, 0.3㎜, 0.15㎜, 0.075㎜
	굵은골재 비중 시험기	KS F 2503	수조, 저울(0.1g 정밀도)
	잔골재 비중 시험기	KS F 2504	원추형 몰도, 잔골재 비중병
	필러 비중 시험기	KS F 3501	아스팔트 필러측정용 비중병
	굵은골재 편장석 시험기	KS F 2575	1:3비율
	잔골재 입형 시험기	KS F 2384	잔골재 입형 시험용
	굵은골재 마모시험기	KS F 2508	로스앤젤레스 시험기
	골재 안정성 시험기	KS F 2507	황산나트륨 이용
	모래당량 시험기	KS F 2340	
아스팔트 혼합물 시험용	항온수조	KS F 2337	상온~60℃
	아스팔트 혼합물 믹서기	KS F 2337	주걱이 수직에서 60°각도 조절 가능 가변 속도 조절가능
	마샬안정도 시험기	KS F 2337	안정도 및 흐름치 측정
	자동다짐기	KS F 2337	추 무게 4.5kg, 낙하높이 45cm
	아스팔트 함량 측정기	KS F 2354 KS F 2490	추출식 또는 연소식
	열풍 순환식 건조기	KS F 2337	골재/혼합물 측정용 별도 온도센서 설치
	이론최대밀도 시험기	KS F 2366	용기 체적 일정하도록 견고할 것 진동 및 진공기능

5.2.2 반입 골재 관리

(1) SMA 혼합물의 품질변동에 큰 영향을 미치는 아스팔트 플랜트로 반입되는 아스팔트와 골재의 품질변동을 수시로 확인하고, 그에 따른 대응책을 수립하여 SMA 혼합물을 생산하여야 한다.

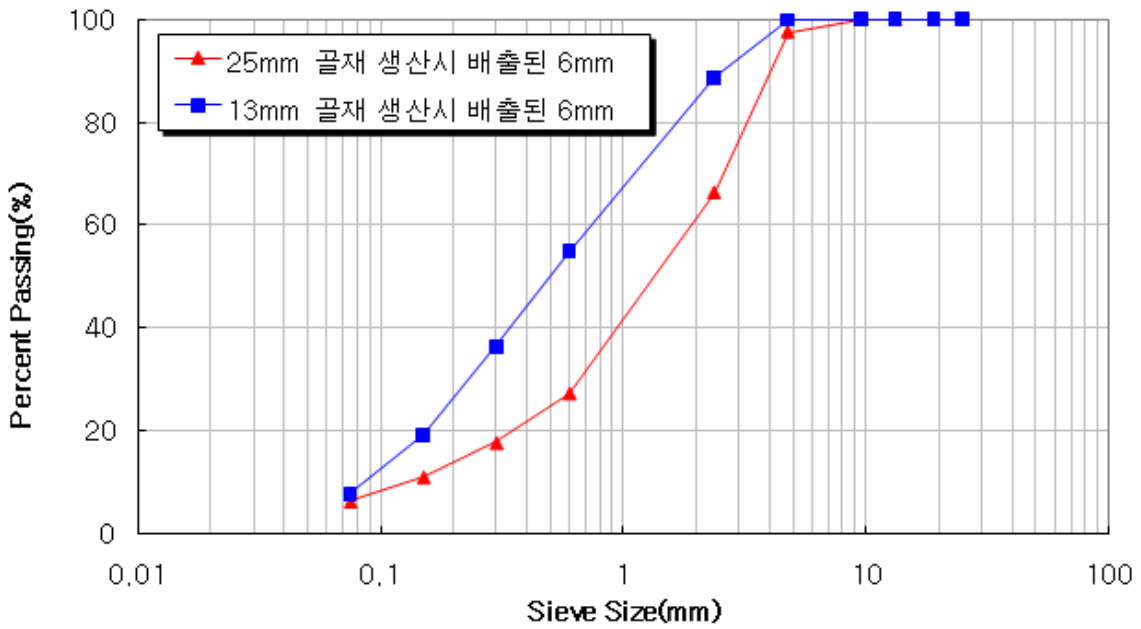
(2) 특히 석산에서 생산되는 6mm 이하(스크리닝스) 골재는 골재의 반입 시 반드시 배합설계 시 사용된 골재와 동일한 것인지를 철저히 확인해야 한다.

【해 설】

- 석산에서 골재 생산 시 일반적으로 골재 종류에 따라 가장 상단의 진동스크린이 40mm, 25mm, 20mm체 크기로 구성되고, 가장 하단스크린은 일반적으로 6mm 체크기(시멘트 콘크리트용 골재의 경우 8mm)로 구성된다. 이렇게 생산된 6mm(시멘트 콘크리트용 골재의 경우 8mm) 이하의 골재가 스크리닝스라 부르는 잔골재이다. 그러나 동일한 6mm 이하라 하더라도 가장 상단의 진동스크린이 40mm, 25mm, 20mm체 크기 일 때 각각 생산된 6mm 이하의 골재의 입도는 전혀 다르다. 일반적으로 40mm체 라인에서 생산된 6mm 이하의 골재의 입도가 가장 조립이며, 25mm체 라인에서 생산된 6mm 이하의 골재가 중간 정도이며, 20mm체 라인에서 생산된 6mm 이하의 골재가 가장 세립이다. 그러므로 SMA 혼합물용으로 사용될 잔골재는 입도변동의 방지를 위하여 반드시 석산의 생산량에 대한 면밀한 검토를 통하여 반드시 한 종류의 라인에서 생산되는 골재만을 사용하여야 한다. 특히 시멘트 콘크리트용 골재를 생산할 때 발생되는 8mm 이하의 골재는 재료분리 현상이 심하기 때문에 가급적이면 사용하지 않는 것이 좋다. 그러므로 SMA 포장에 사용되는 잔골재는 SMA용 골재 전용 파쇄라인에서 생산되는 6mm 이하의 골재를 사용하는 것이 잔골재의 입도변동을 최소화 할 수 있는 장점이 있다.

- <그림 5.5>는 25mm 골재 생산 시 발생된 6mm 골재와 13mm 골재 생산 시 발생된 6mm의 입도를 비교한 것으로, 25mm 골재 생산 시 발생된 6mm 골재는 조립의 입도 분포를 보이며, 13mm 골재 생산 시 발생된 6mm 골재의 입도는 세립의 입도 분포로 나타났다. 그러므로 아스팔트 플랜트에서 6mm 이하 골재의 반입 시 어느 생산 라인에서 발생된 6mm 인지를 확인하여야 하며, 반입된 6mm 골재에 대해서도 수시로

입도 확인을 통한 품질관리가 필요하다. 6mm 입도의 관리가 적절히 수행되지 않을 경우에는 배합설계 시 와는 전혀 다른 골재 합성입도로 변동되므로 SMA 포장의 조기파손의 원인이 될 수 있다.



<그림 5.5> 2종류의 골재 생산 시 배출된 6mm 이하 잔골재 입도 비교

5.2.3 콜드빈 골재 관리

(1) SMA 혼합물용 골재의 저장 및 아스팔트 플랜트 내로 투입하는 콜드빈의 골재는 우수를 차단하는 지붕이 설치되어야 하며, 종류가 다른 골재와 혼합되지 않도록 칸막이가 설치되어야 하고 재료분리가 되지 않도록 골재를 보관하여야 한다.

【해 설】

- 골재 저장소는 생산된 골재가 혼재되어 있지 않도록 칸막이를 설치하여 상이한 종류의 골재가 혼합되는 것을 방지하여야 하며, 배수가 원활하도록 저장소 전면부의 바닥이 안쪽으로 물이 흐르지 않도록 경사를 이루거나, 배수시설이 있어야 한다. 또한, 콜드빈은 빗물에 의해 젖지 않도록 지붕이 설치되어야 한다.

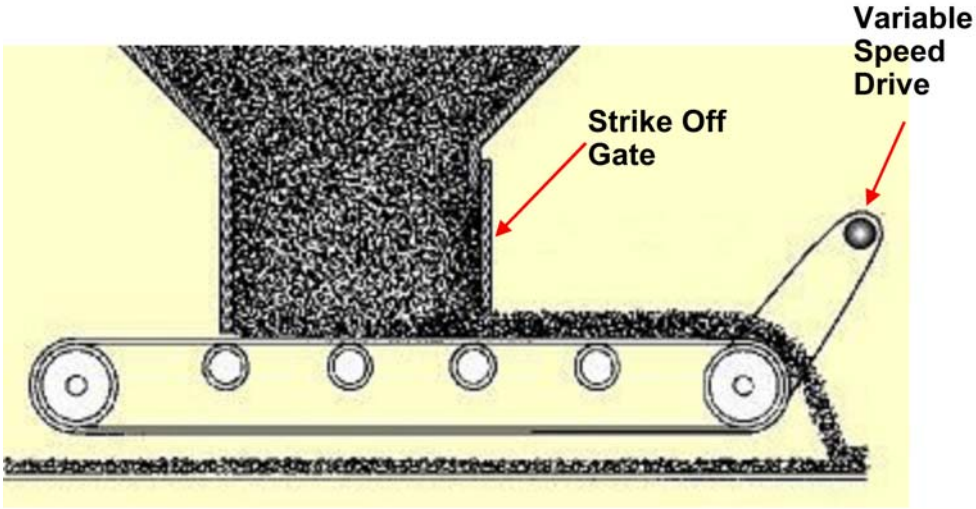
- 골재 저장소의 바닥은 골재와 섞이는 재질이 아닌 재료로 포장되어야 한다.
- 콜드빈의 골재가 항상 일정한 높이를 유지하여야 하며, 아스팔트 플랜트 오퍼레이터가 상시 확인할 수 있는 모니터가 설치되어 있어야 한다.
- 골재의 야적 시 재료분리가 발생하지 않도록 골재 야적관리가 수행되어야 한다.
- SMA 혼합물 생산 시에는 각 콜드빈에서 골재의 부족이 발생되지 않도록 하여야 하며, 골재의 야적 높이를 일정하게 하여 골재의 유출 속도의 변동이 없도록 골재를 지속적으로 공급하여야 한다.

5.2.4 콜드빈 골재 이송방식 관리

(1) 아스팔트 플랜트에 기 설치된 콜드빈 게이트의 개폐 높이가 조절이 가능하도록 개선하고, 핫빈에 공급되는 골재의 입도변동을 최소화하기 위하여 콜드피더를 VS(Variable Speed) 모터로 컨베이어 피더를 회전시켜서 콜드빈 골재를 이송 컨베이어로 공급하는 방법을 사용하여야 한다.

【해 설】

- 과거에 설치된 콜드빈은 일반적으로 콜드빈 유출구에 설치된 게이트의 개폐 위치를 조절하여 배합설계 시 결정된 배합비 대로 유출하는 방법을 사용하였다. 이러한 유출방식은 골재의 자중에 의존하는 방법으로 골재의 함수상태 영향을 많이 받았으며, 적절한 유출량을 도출하기 위하여 많은 시행착오를 겪어야 했다. 이러한 방식은 호퍼에 적재된 골재의 양에 영향을 받기 때문에 정확한 양의 유출이 어렵다.
- 이러한 콜드빈 유출 문제의 개선을 위하여 최근에는 <그림 5.6>과 <그림 5.7>에 나타낸 것처럼 콜드빈 게이트의 높이 조절과 더불어 VS 모터로 컨베이어 피더를 회전시켜서 콜드빈 골재를 이송 컨베이어로 공급하는 방법이 많이 보급되어져 있다.
- 콜드빈 골재의 안정적인 공급을 통한 적정 품질의 SMA 혼합물 생산을 위해서는 이러한 형태의 콜드빈 유출시스템을 갖추지 않은 아스팔트 플랜트는 개선 후 사용하도록 하여야 한다.



<그림 5.6> VS 모터 방식의 컨베이어 피더 이송 장치

<그림 5.7> VS 모터 방식의 컨베이어 피더와 콜드빈 게이트 높이 조절장치 전경

5.2.5 핫 스크린 관리

(1) 콜드빈의 종류별 골재가 이송되어 드라이어를 통해 가열되고 혼합된 골재가 핫 스크린을 통해 다시 골재 크기별로 나누게 되는데, 핫 스크린의 체질 능력과 핫 스크린의 막힘 현상 등에 의해 핫빈 입도가 달라지므로 주기적인 핫 스크린 육안조사와 점검이 필요하며, 석산의 골재생산 시 스크린 망을 동일하게 사용하여 SMA 혼합물의 입도변동을 최소화하여야 한다.

【해 설】

- SMA 혼합물의 생산 시 핫 스크린의 망에 걸려있는 골재에 의해 핫 스크린의 체질능력이 감소하게 된다. 이로 인해 예상되는 핫빈의 골재 크기별로 저장되어야 하는 핫빈에 세립의 골재가 쌓이게 되므로 결국 배합설계 시 예상되는 골재입도보다 세립의 SMA 혼합물이 생산되어 품질을 저하시킬 수 있다. 그러므로 핫 스크린에 골재로 인한 막힘 현상을 수시로 조사하고 유지 보수하여 SMA 혼합물 생산 시 동일한 입도를 유지할 수 있도록 하여야 한다.
- 핫 스크린 망이 파손되어 조립의 골재가 핫빈의 세립 저장소에 유입될 수도 있으므로 수시로 육안조사를 수행하고 보수를 수행하여야 한다.
- 석산의 골재생산 시 스크린 망을 동일하게 사용하여 SMA 혼합물의 입도변동을 최소화하여야 한다.

(1) SMA 혼합물의 공용성에 가장 큰 영향을 미치는 2.5mm(No.8체)와 5mm(No.4체)에 해당하는 입경의 정확한 조절을 위하여 아스팔트 플랜트에 설치하는 핫 스크린을 하단부터 3~4mm 체, 6mm 체 순으로 설치하여 SMA 혼합물을 생산하여 입도를 관리하여야 한다.

【해 설】

- 아스팔트 혼합물에 사용되는 체크기 가운데 아스팔트 혼합물의 공극 특성에 가장 큰 변동을

주는 체가 2.5mm(No.8) 체이다. 2.5mm(No.8) 체의 가적 통과율의 변동은 아스팔트 혼합물의 공용성에 가장 큰 영향을 미치는 공극율을 크게 변화시키는 결과를 초래한다. 또한 과거에 최하단의 핫 스크린에 설치하던 6mm체를 그대로 사용할 경우는 입도의 변동뿐만 아니라 8~2.5mm 와 2.5mm 이하의 골재의 크기 차이에 기인한 재료분리 문제가 심각하여 혼합물의 공극율을 크게 변동시키는 결과를 초래하였다.

- 이러한 문제를 방지하기 위해서는 반드시 최하단에 설치하는 핫 스크린의 체크기를 2.5mm 크기의 골재를 기준으로 분리할 수 있도록 3~4mm 사이의 체로 반드시 설치하여 아스팔트플랜트의 체질 성능에 맞게 갖추도록 하여야 한다.
- 과거와는 달리 현재 아스팔트 플랜트에서는 밀입도 아스팔트 혼합물 이외에 많은 특수한 공법의 아스팔트 혼합물이 생산되고 있다. 그러나 현재의 아스팔트 플랜트의 핫 스크린과 핫빈의 규격은 밀입도 아스팔트 혼합물의 생산에만 적합하게 만들어져 있어서 다양한 종류의 아스팔트 혼합물 생산을 위해 핫 스크린 체크기의 변화 뿐 만 아니라 핫빈의 크기도 여러 가지 아스팔트의 생산에 적합하도록 변화시켜 나가야 한다.
- SMA 혼합물의 공용성 향상을 위해 현재의 4단 스크린을 사용하여 다양한 종류의 SMA 혼합물을 생산하기 위하여 추천 가능한 핫 스크린의 배치는 하단부터 3.5mm, 6mm, 14mm(20mm), 40mm의 구성을 추천할 수 있다. 또한, 이러한 목적의 달성을 위하여 현재의 4단 스크린과 4개의 핫빈 시스템을 5단 스크린과 5개의 핫빈 시스템으로 변화시키는 것이 SMA 혼합물의 품질향상을 위해 취해져야 할 조치이다.
- 기존 4단 스크린과 4개의 핫빈 시스템의 아스팔트 플랜트를 5개의 핫빈으로 개조하는 것은 거의 불가능하기 때문에 아스팔트 플랜트 제조회사에서 새로운 아스팔트 플랜트 건설 시에 5단 스크린과 5개의 핫빈 시스템 적용을 우선적으로 검토하여야 한다.

5.2.6 셀룰로오스 화이버 투입

(1) 셀룰로오스 화이버를 저장할 수 있는 적당한 건조 저장소가 준비되어야 하며 요구되는 양을 일정하게 공급할 수 있도록 장치가 되어 있어야 한다. (2) 배치식 아스팔트 플랜트의 경우, 낱알형태의 섬유가 골재 계량조나 혼합조(Pugmill) 내에 자동으로 계량 및 기록되어 투입될 수 있도록 별도의 투입장치를 설치하여 투입하여야 한다.

【해 설】

- SMA 혼합물을 생산하는 아스팔트플랜트에는 낱알형태의 섬유가 골재 계량조나 혼합조(Pugmill) 내에 자동으로 계량하여 투입할 수 있는 장치가 설치되어 있어야 하며 계량된 양을 확인할 수 있도록 자동으로 기록되는 장치도 구비하여야 한다. 안정적인 품질확보 및 안전사고 방지를 위하여 인력에 의한 수동 투입은 금지한다.
- 셀룰로오스 화이버 투입은 골재 계량조나 혼합조에 가열된 골재가 채워지는 동안 이루 어지도록 한다. 낱알 형태의 셀룰로오스 화이버를 사용할 경우 마른 비빔을 생략할 수 있으며, 이때 균일한 SMA 혼합물이 될 때까지 40초 이상 계속 혼합하여야 한다. 필요한 경우 포설 현장과의 SMA 혼합물의 수급 상황을 고려하여 가능하면 혼합시간을 늘려주면 좋다.
- 낱알 형태의 셀룰로오스 화이버는 혼합물 생산 시 잘 녹아서 분산되도록 일반 혼합물보다 높은 온도로 생산되어야 한다. 일반적으로 170℃ 이상이 적합한 것으로 판명되었으며, 기온과 운반거리에 따라 증감하여야 한다.
- 낱알 형태의 셀룰로오스 화이버를 투입하는 장치는 <그림 5.8>에서 보여준다.

(a) 투입장치

(b) 제어장치

<그림 5.8> 낱알 형태의 셀룰로오스 화이버 투입장치 전경

5.2.7 채움재(Mineral Filler)의 취급

(1) 채움재를 저장할 수 있는 적당한 건조 저장소가 준비되어야 하며, SMA 혼합물에 요구되는 양을 일정하게 공급할 수 있도록 일반 밀입도 혼합물에 비하여 상대적으로 많은 양의 채움재를 정확하게 계량하여 투입할 수 있도록 공급 장치를 반드시 갖추어야 한다.

【해 설】

- 회수 더스트(Dust)는 절대 사용해서는 안된다.
- SMA 포장 현장 포설공사에서는 많은 양의 채움재가 사용되므로 상대적으로 작은 채움재 사일로(Filler Silo)를 가진 아스팔트 플랜트에서는 포설 중간에 사일로에 저장된 필러가 모두 소모될 수 있다. 따라서, 혼합물 생산에 차질을 빚는 사태가 발생하지 않도록 미리 소요가 예상되는 양을 확보하는 것이 중요하다.
- 또한 간혹 채움재 사일로에서 계량조로 투입되기 전 임시로 저장되는 저장조의 용량이 부족하여 SMA 혼합물의 연속 생산이 이루어지지 않는 경우가 있으므로 이러한 저장조의 용량을 반드시 확인하여야 한다.

5.2.8 혼합 작업

(1) 믹서에 투입된 골재와 아스팔트의 온도는 감독자가 지시하는 것으로 하여야 하며 지시온도에서 ±10℃의 범위를 넘어서는 안된다. 감독자는 현장의 기후, 운반거리 등 현장조건을 감안하여 믹서에서 배출되는 SMA 혼합물 온도를 가변적으로 결정하여야 한다.

【해 설】

- 일반적으로 믹서에서 배출 시 SMA 혼합물의 온도는 170±15℃의 범위 내에 있어야 한다. 믹서에 투입하는 골재온도는 아스팔트 온도보다 10℃ 이상 높아서는 안된다.
- 감독자는 현장의 기후, 온도, 운반거리 등 현장여건을 감안하여 SMA 혼합물 온도를 가변적으로 결정하여야 한다. 현장 감독자는 전술한 여건을 감안하여 운반트럭에서 페이버(Paver)에 적재되는 온도가 약 160~165℃가 될 수 있도록 아스팔트 플랜트에서 SMA 혼합물의 생산온도를 작업자에게 지정해 주어야 한다.
- 하절기에는 페이버로 포설한 후 다짐이 수행될 때 SMA 혼합물의 온도가 잘 떨어지지 않기 때문에 페이버 포설온도가 약 150~160℃, 봄·가을에는 약 160~165℃ 정도가 좋다. PG 76-22 이상의 아스팔트를 사용할 경우는 이보다 약 5~10℃ 높은 온도를 적용하는 것이 좋다.
- 기온이 5℃ 이하 일때는 SMA 포장의 시공이 금지되어 있지만 현장 여건상 불가피하게 동계시공을 할 경우에는 생산온도를 가능한 범위 내에서 최대한 높여 생산하고 운반트럭의 보온 대책을 철저히 강구하여야 하며 피니셔로 포설한 후 급격히 온도가 떨어지기 때문에 다짐 장비를 가능한 한 많이 배치하여 피니셔가 포설한 직후에 바로 연속적으로 신속하게 다짐을 실시하여 요구하는 다짐도를 달성할 수 있도록 하여야 한다.

5.2.9 계량장치 오차 관리

(1) KS F 2356에 규정된 아스팔트 플랜트의 자동배합장치 허용오차(%) 기준을 <표 5.3>과 같이 개선하여 적용한다.

【해 설】

- KS F 2356에는 아스팔트 플랜트의 자동배합장치 허용오차(%) 기준을 SMA 혼합물의 전체 배치 무게(%) 로 규정하고 있어서 이러한 정밀도를 골재에 적용할 경우 2ton 배치를 생산할 경우 ±30kg의 오차를 허용하게 되므로 실제로 골재 계량 시에만 골재의 무게가 최고 60kg 까지 차이를 나타낼 수 있다. 특히 이러한 오차 기준을 골재 전체 계량 량에 적용하지 않고 각각의 핫빈에 대하여 적용한다면 실제로 오차는 이론적으로 100kg 이상도 될 수가 있다. 또한, 각 핫빈 별로 골재의 배합비가 일반적으로 상이하기 때문에 특히 적은 양이 사용되는 골재의 개별오차(%)는 크게 확대되어 나타난다. 이러한 기준에 맞는 정밀도가 낮은 계량 저울을 사용할 경우 배합설계 시에 의도한 SMA 혼합물과 전혀 다른 SMA 혼합물을 생산하게 될 수가 있다.
- 이러한 문제와 더불어 현재 KS에서 규정된 아스팔트 플랜트의 장비 규정은 많은 개선을 필요로 한다. 현재의 규정이 대부분 과거에 제작된 아스팔트 플랜트 장비들에 대한 기준으로 되어있기 때문에 현재의 장비와 맞지 않는 부분이 다수 있다. 특히 계량장치의 경우 현재 대부분의 아스팔트 플랜트에서는 전자식 로드셀이 사용되어 정밀도와 핫빈 게이트 개폐장치의 많은 개선이 이루어져서 과거보다 훨씬 오차가 작게 골재를 계량할 수 있다.
- 이러한 장비의 발전추세에 맞추어 계량의 정밀도가 생산혼합물 품질의 척도가 되는 만큼 계량장치의 정밀도 기준을 상향 조정하여 관리하여야 한다.

<표 5.3> 아스팔트 플랜트의 자동 배합장치 허용 오차(KS F 2356)

항 목	자동 배합장치 허용 오차		
	기존		개선
	SMA 혼합물의 전체 배치무게		개별 계량 목표치에 대한 허용 오차(%)
	허용 오차(%)	2000kg 가정 시 허용 오차량(kg)	
골재	± 1.5	± 30	± 1.5(각 핫빈별로 적용)
광물성 채움재	± 0.5	± 10	± 1
아스팔트	± 0.1	± 2	± 1
영점 회귀(골재)	± 0.5	± 10	± 0.3
영점 회귀(아스팔트)	± 0.1	± 2	± 0.1

5.2.10 입도 관리

(1) 현장 아스팔트 플랜트의 콜드빈과 핫빈의 입도관리는 일 3회 이상 지속적으로 행하여 입도변동 상황을 점검하여야 한다.

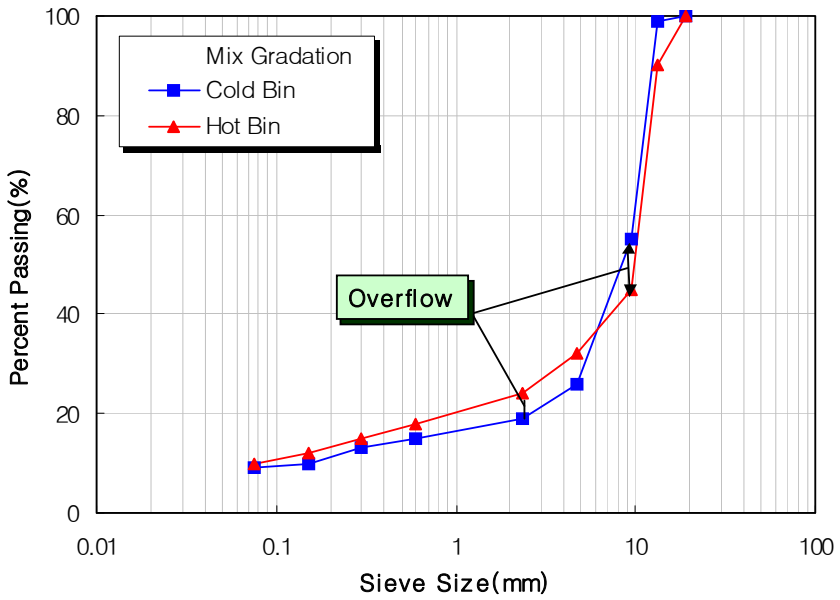
(2) SMA 혼합물의 내구성에 영향을 미칠 정도의 입도변동 발생 시에는 실내 배합설계 상의 합성입도와 동일하게 다시 입도합성을 실시한 후 콜드빈 투입비를 다시 결정하고 핫빈의 배합비 결정을 위한 현장 배합을 다시 실시한다.

【해 설】

(1) 콜드빈의 입도관리

- 콜드빈의 입도관리는 석산에서 크러셔에 의해 생산되는 골재의 입도관리를 포함한다. 석산에서 크러싱(Crushing)을 통하여 골재를 생산할 때 배합설계 시에 사용된 입도와 동일한 입도 유지를 위한 최대한의 노력을 기울여야 한다. 정기적으로 크러셔와 스크린 망의 이상 유무를 점검하고 이상 발생 시에는 즉각적인 조치를 해주어야 한다.

- 콜드빈 골재의 입도 변동은 핫빈의 입도변동 뿐만 아니라 오버플로우(Overflow) 문제까지 야기하므로 아스팔트 플랜트 운영자는 오버플로우 문제를 개선하기 위하여 콜드빈 게이트 또는 VS 모터의 임의적인 조작을 하게 되고, 결국은 핫빈 골재의 더욱 심각한 입도 변경을 발생시켜 설계된 SMA 혼합물과는 전혀 다른 혼합물이 생산되는 결과를 불러올 수 있다. <그림 5.9>에 나타난 바와 같이 입경별 통과율의 차이가 곧 오버플로우로 발생된다. 이러한 오버플로우의 발생을 최소화하기 위해서는 콜드빈에 투입되는 골재의 입도변동 방지에 노력하고, 단립화 된 골재를 사용하며 콜드빈의 유출량을 일정하게 유지할 수 있어야 한다.



<그림 5.9> 콜드빈과 핫빈의 입도차이에 의한 오버플로우 발생 예

(2) 핫빈의 입도관리

- SMA 혼합물의 입도관리를 위해 정기적으로 핫빈에서 골재 샘플을 채취한 후 체분석을 실시하여 입도변동을 검사하여야 한다. 핫빈에서의 입도변동은 바로 콜드빈에서 공급되는 골재의 입도 변동이나 핫 스크린의 구멍 막힘 또는 파손을 의미하기 때문에 핫빈 입도의 변동이 심할 때는 핫 스크린의 이상 유무를 점검하고, 콜드빈 골재에 대한 체분석 시험과

각 콜드빈의 유출량 조사를 통하여 문제를 해결하여야 한다.

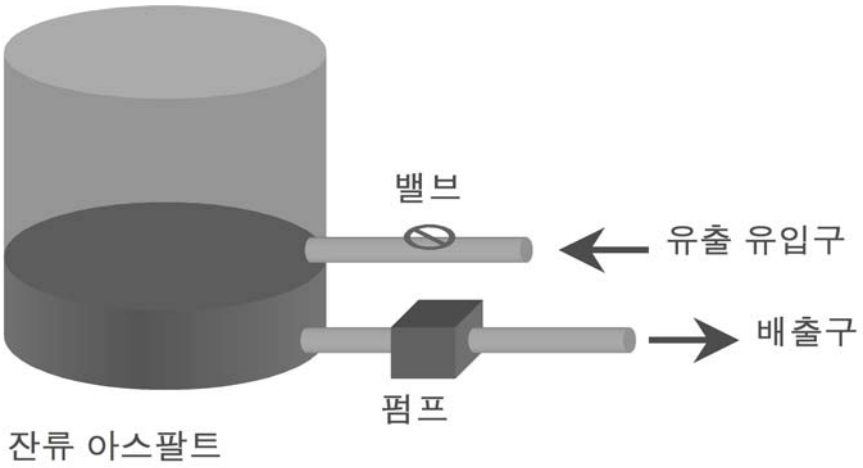
- 핫빈의 입도변동이 문제가 되어 콜드빈 골재에 대한 체분석을 다시 실시하여 각 콜드빈 골재의 입도가 심하게 변동되었을 때는 실내 배합설계 상의 합성입도와 동일하게 다시 입도합성을 실시한 후 콜드빈 투입비를 다시 결정하고 핫빈의 배합비 결정을 위한 현장배합을 다시 실시하여 작업 기준을 다시 설정하여야 한다.

5.2.11 아스팔트 저장탱크 관리

(1) 프리믹스(Pre-mix)된 형태의 개질 아스팔트를 사용하여 SMA 혼합물을 생산할 때에는 기존 아스팔트 잔류분과 개질 아스팔트가 혼합되는 것을 방지하기 위하여 <그림 5.10>과 같이 개질 아스팔트 반입 시 기존 아스팔트를 완전히 제거하는 데 사용할 수 있도록 아스팔트 저장 탱크 하단에 배출 펌프 시설을 설치한다.

【해 설】

- 대부분의 아스팔트 플랜트에 설치된 아스팔트 저장 탱크에서 아스팔트 계량 버켓으로 이송하는 관이 저장탱크 하단에서 일정한 높이 위에 설치되어 있기 때문에 기존에 사용하던 일반 아스팔트를 모두 빼낸다 하여도 설치된 이송관 하부의 아스팔트를 제거하지 못하는 구조로 되어 있다. 이러한 구조로 인하여 공용성 등급(PG)이 높은 개질 아스팔트의 반입 시 기존의 아스팔트와 섞이게 되어 초기에 요구하는 성능에 미치지 못하는 SMA 혼합물이 생산될 가능성이 높다.
- 이러한 문제의 해결을 위하여 다른 아스팔트 반입 시 기존 아스팔트 제거에 사용할 수 있도록 아스팔트 저장 탱크 하단에 배출 펌프 시설을 설치하여야 한다.



<그림 5.10> 개질아스팔트를 위한 아스팔트 저장 탱크 개선

5.3 아스팔트 플랜트 품질관리

5.3.1 아스팔트 플랜트 품질관리 목적

(1) 발주자가 요구하는 SMA 혼합물의 품질을 만족하고 동시에 경제적으로 제조할 수 있도록 하는 것으로 제품의 품질시험을 통해 확인하는 것뿐만 아니라 생산공정에서 품질을 관리하는 것도 중요하다.

【해 설】

- 아스팔트 플랜트의 각 제조 공정별로 정기 시험(기준 시험)과 일상 관리로 나누어 정리할 수 있으며, 이를 정리하면 <표 5.4>에 나타내었다.

<표 5.4> 제조 공정과 품질 관리 방법

제조 공정	혼합 설비의 성능·정밀도 확인	재료	현장배합 결정	SMA 혼합물제조	출하
정기 점검 (기준시험)	각 설비 및 장치 ↓ 아스팔트 플랜트 점검	품질관리	실내배합 시험 ↓ 현장배합 선정 ↓ 시험혼합 ↓ 현장배합 결정 (기준 밀도 결정)	—	—
일상 관리 (작업표준)	제조 개시 전의 각 설비 점검	인수검사 공정검사 (육안관찰 포함) ↓ 품질 확인	재료 품질점검 관리목표 수치 확인 ↓ 현장배합 조정 (제조조건 수정)	일상 공정관리 ↓ SMA 혼합물의 품질 확인 (제조조건 확인)	출하기록 품질관리

5.3.2 정기 시험

(1) 정기 시험이란 아스팔트 플랜트에서 <표 5.6>과 같은 빈도로 정기적으로 하는 시험을 의미한다. 단, 재료 변경이나 기계 설비 변경(특히 체를 바꾸는 것)을 했을 경우에는 재시험을 실시해야 한다.

【해 설】

- 아스팔트 플랜트의 사양 점검항목은 <표 5.5>에 나타내었으며, 정기 시험항목과 빈도는 <표 5.6>에 나타내었다.

<표 5.5> 아스팔트 플랜트 사양 점검항목

구분	조사 내용
형식 및 명칭	제조업체, 형식, 제조능력(t/hr)
골재공급설비 – 골재의 입도구분 – 골재 저장시설 – 콜드빈 – 피더장치 – 제어 – 계량장치	 구분단계, 구분별 입도범위(○~○㎜, ○~○㎜) 덮개형식(지붕·천막), 개수, 용량(㎥), 배수시설 지붕의 유무, 개수, 용량(㎥) 벨트, 진동, 에이프런, 레시프로케이팅 원격제어의 유무 용적식·중량식
본체설비 – 골재투입장치 – 드라이어 또는 가열장치 – 체가름 장치 – 핫빈 – 계량장치 – 믹서	 엘리베이터식·벨트콘베이어식 형식, 버너(전기, 가스, 연료종류)능력, 골재 체류시간(초), 드라이어 경사 각도 형식(수평식·경사식), 체의 종류, 체 교환주기 입도범위(○~○㎜, ○~○㎜, ○~○㎜, ○~○㎜) 개수, 용량(㎥) 제어방식(기계식·전자계량식), 교정검사, 정밀도 형식, 용량(kg/배치)
아스팔트저장설비 – 저장장치 – 계량장치	개수, 용량(㎥), 가열방식(간접가열·직접가열식) 용해방식(버너식·전기식) 계량용량
배풍기	형식, 능력
집진기 – 1차집진기 – 2차집진기	 유무, 형식(싱글·더블) 유무, 형식(건식·습식)
혼합물저장설비	유무, 종류(일시저장빈·가열저장사일로), 개수 용량(t), 가열방식, 열화방지방식
관리기록 – 온도기록 – 중량기록	 설치장소, 감온부설치수량 중량기록 장치 유무, 계량능력
트럭스케일(전자계량식)	형식(지상식, 지중식, 지하식), 용량(t)

<표 5.6> 정기 시험항목과 빈도

항 목	정기 시험의 빈도	비 고
설 비 점 검	1회/년 이상	
재료의 기준 시험	2회/년 이상	재료변경 시 추가실시
혼합물의 기준 시험	2회/년 이상	재료변경 시 추가실시

- 설비 점검항목 중 정기 시험(1회/년 이상)을 실시해야 하는 항목과 목표 수치는 <표 5.7>과 같다. 단, 골재 공급설비에 대해서도 정기적으로 점검하고 점검을 실시한 후에 성적표를 작성해 두어야 한다.

<표 5.7> 아스팔트 플랜트의 정기 점검항목과 목표 수치

항 목		목표 수치
골재 및 아스팔트의 계량기	표준량의 1/2 미만	1눈금 또는 표준량의 ±0.5% 이내
	표준량의 1/2 이상	2눈금 또는 표준량의 ±1% 이내
각 부분의 온도계	표준 온도계와의 차이	±5℃ 이내
	타임래그	6분 이내
아스팔트의 분사 장치		±0.5% 이내

- 아스팔트 플랜트 구성요소 별 점검사항은 다음과 같다.

(1) 골재 및 아스팔트의 계량기

분동(20kg, 10kg과 1kg)을 가능한 편심 하중이 가해지지 않도록 호퍼 중심에 두고 다이얼 또는 디지털 방식의 정확한 판독에 의해 검사한다. 분동 재하 단계는 <표 5.8>과 같은 간격으로 정지 상태와 아스팔트 플랜트 공 운전 상태일 때 각각 왕복하며,

계량기의 전체 하중까지 시험한다. 또한 프린트 장치에 기록된 계량 수치와 계량기의 지시수치를 비교한다.

<표 5.8> 계량기 점검을 위한 하중 재하 단계

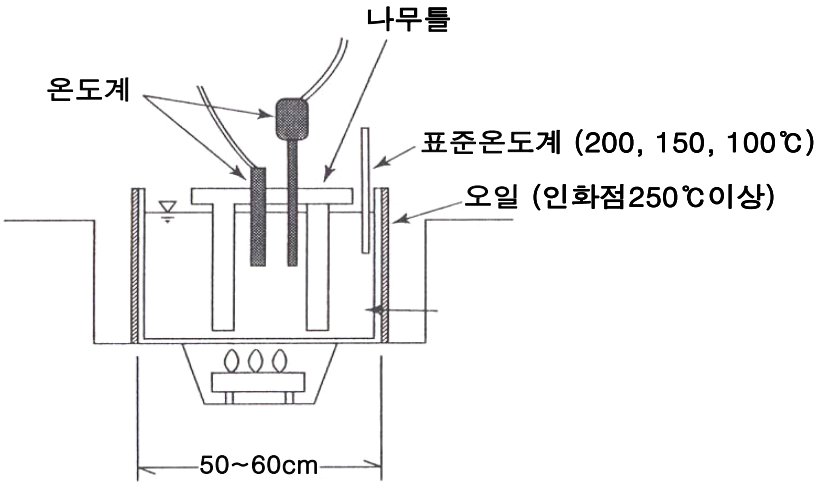
항 목	재하 단계
골재 계량기	100kg
채움재 계량기	10kg
아스팔트 계량기	10kg

(2) 아스팔트의 살포 장치

아스팔트의 살포량 검사는 소정의 계량 수치를 설정하고, 스프레이바 또는 테스트 라인으로부터 파이프를 통해서 토출한 양을 질량 용기에 받아 계량한다. 또한, 동시에 각 배치마다 계량 수치의 계량 질량 판독과 원점 판독을 기록한다. 검사는 표준적인 사용량에 대해서 원칙적으로 3회 이상 실시한다. 설정량과의 오차는 평균 ±0.5% 이내여야 한다.

(3) 온도계

아스팔트 플랜트에 설치되어 있는 온도계를 모두 떼어낸다. 측정은 <그림 5.11>에 나타낸 것처럼 미리 가열해 둔 오일(인화점 250℃ 이상의 실린더 오일) 속에 감온부를 넣고 동시에 스톱워치를 작동시켜서 30초마다 표준 온도계와 조사 온도계의 온도를 0.5℃ 단위로 읽으며, 이 조작을 8분간 실시한다. 검사는 원칙적으로 100, 150, 200℃에 하고, 각 점의 타임레그(그 온도를 나타낼 때까지의 시간, 초)도 기록한다. 표준 온도계와의 오차는 측정한 각 점에서 ±5℃ 이내, 타임레그(Time Lag)는 6분 이내여야 한다.



<그림 5.11> 온도계의 검사 방법

5.3.3 일상적인 품질관리

(1) 일상적인 품질 관리는 소정의 품질을 확보하기 위하여 SMA 혼합물의 제조 공정을 관리한다. 아울러 각 공정의 품질 관리는 자체적으로 실시한다.

【해 설】

- 관리 수단으로 이후의 대응 조치를 취할 수 있고, 공정에 반영할 수 있도록 관리하여야 한다. 따라서 소정의 품질을 확보하기 위해서 정기 시험 등을 토대로 표준화한 공정을 관리한다.
- SMA 혼합물이 정상적으로 제조되었는지를 확인하기 위해서 품질 확인시험을 한다. 확인시험을 할 경우에는 공정에 반영할 수 있는 신속한 시험이어야 한다. 이 때 기록의 분석은 일부 부적합한 배치의 SMA 혼합물을 찾는 것이 아니라, 관리도나 히스토그램과 같은 통계적인 방법을 이용한 해석을 통하여 SMA 혼합물의 품질관리에 이용하여야 한다.
- 일상적인 관리를 공정 점검과 품질확인 시험으로 나누어서 수행하며, 아스팔트 플랜트에서의 일상적인 품질 관리 항목의 주된 요점은 사용할 재료의 품질, SMA 혼합물의 기본적인 성상을 충족시키기 위한 아스팔트 량과 입도 및 온도 등으로, 이러한 항목에 대해서 중점적으로 관리한다.

(1) 일상적인 공정 점검

일상적인 공정 점검은 작업에 착수하기 전이나 작업을 진행하면서 자체적으로 작업 표준을 정한 각 설비와 제조 시 관리 요점을 육안으로 관찰하여 점검한다.

(2) 품질 확인시험

아스팔트 플랜트의 SMA 혼합물에 대한 품질 확인시험은 아스팔트 플랜트의 제조 설비, 기록 장치의 유무 및 인원 편성 등에 따라서 자체적으로 품질 확인시험 항목, 빈도 및 관리 한계를 정해야 한다. 특히 유의해야 할 점은 입하한 골재의 입도가 변동되면 핫빈의 입도에 큰 영향을 미친다는 점이다. SMA 혼합물 입도 관리의 한계를 지키기 위해서는 각 골재의 입도 관리에 주의해야 한다.

5.4 SMA 혼합물 관리

5.4.1 시험 생산

(1) 긴급 보수에 해당하지 않는 모든 SMA 혼합물에 대하여 현장 배합설계 후 시험생산을 반드시 실시하여 실제 아스팔트 플랜트에서 생산되는 SMA 혼합물의 품질을 미리 확인하고 현장배합 입도와 아스팔트 함량 및 공극률 등의 품질 기준을 결정한 후에 현장시공을 실시한다.

【해 설】

- 현장 배합설계 결과를 이용하여 아스팔트 플랜트에서 SMA 혼합물을 시험 생산하여 SMA 혼합물의 품질을 확인하고 SMA 포장에 적용한다.
- 시험 생산된 SMA 혼합물 시료를 채취하여 밀도, 공극률, 골재 간극률, 포화도, 아스팔트 함량, 골재입도 등이 현장 배합설계 결과에 적합한지 검토한다. 만일 적합하지 않다면 그 원인을 분석하고 조치한 후 다시 시험 생산한다.
- 아스팔트 플랜트의 검사결과 각 성능에 대해서 합격 판정이 얻어지면 현장배합 입도와 현장

아스팔트함량을 결정해야 한다. 현장배합을 결정하기 위해서는 SMA 혼합물 배합설계서에 명시된 핫빈별 배합비로 골재를 투입하여 최초 핫빈에 저장되는 골재에 대해서는 일부를 폐기한다. 그 이유는 최초에 콜드빈 게이트를 통해서 컨베이어 벨트를 타고 올라온 골재는 전체 골재에 대한 대표성이 작기 때문이다. 다음으로 설계 아스팔트 함량 −0.4%, 설계 아스팔트 함량 그리고 설계 아스팔트 함량 +0.4%의 순으로 아스팔트 플랜트에서 SMA 혼합물을 생산하여 현장배합을 결정하기에 충분한 시료를 채취한다.

- 채취된 다져지지 않은 SMA 혼합물을 실내 배합설계와 같은 조건에서 마샬공시체를 제작하고 각 공시체에 대하여 공기중 중량, 수중 중량 및 표건 중량을 측정하고 공극율과 포화도 골재공극율(VMA)을 계산한다. 이렇게 계산되어진 현장 마샬 공시체들의 물성치들은 현장 조건이 실내 배합설계 시험 시의 조건과는 상이하기 때문에 일반적으로 배합설계서에 명시된 물성치와 차이를 보이는 경우가 많다. 이러한 문제 때문에 반드시 현장배합을 실시하는 것이며 현장 아스팔트 함량을 확인하고 필요시 수정해야 한다. 배합설계서 상의 아스팔트 함량의 수정이 요구될 때는 현장 아스팔트 플랜트에서 생산된 3가지의 아스팔트 함량에 대한 시료를 사용하여 실내시험에서 결정하는 것과 같은 방식으로 다시 최적 아스팔트 함량을 결정하여 실제 혼합물 생산에 사용한다.
- 따라서 현장배합 오차를 결정하는 기준이 되는 입도곡선은 최종적으로 결정된 아스팔트 함량을 사용하여 현장 배합설계에서 결정된 핫빈 배합비를 합성한 입도곡선이 사용된다.

5.4.2 SMA 혼합물의 현장배합 오차

(1) SMA 혼합물의 현장배합 오차는 현장 배합설계에서 최종적으로 결정된 아스팔트 함량 및 입도를 기준으로 <표 5.9>에 따라 결정한다.

【해 설】

<표 5.9>는 시방서에 규정된 SMA 혼합물의 현장배합 오차 범위를 나타낸다. 이러한 현장배합 오차기준은 배합설계 시 적용된 합성입도와 최적 아스팔트 함량에 대하여 적용된다.

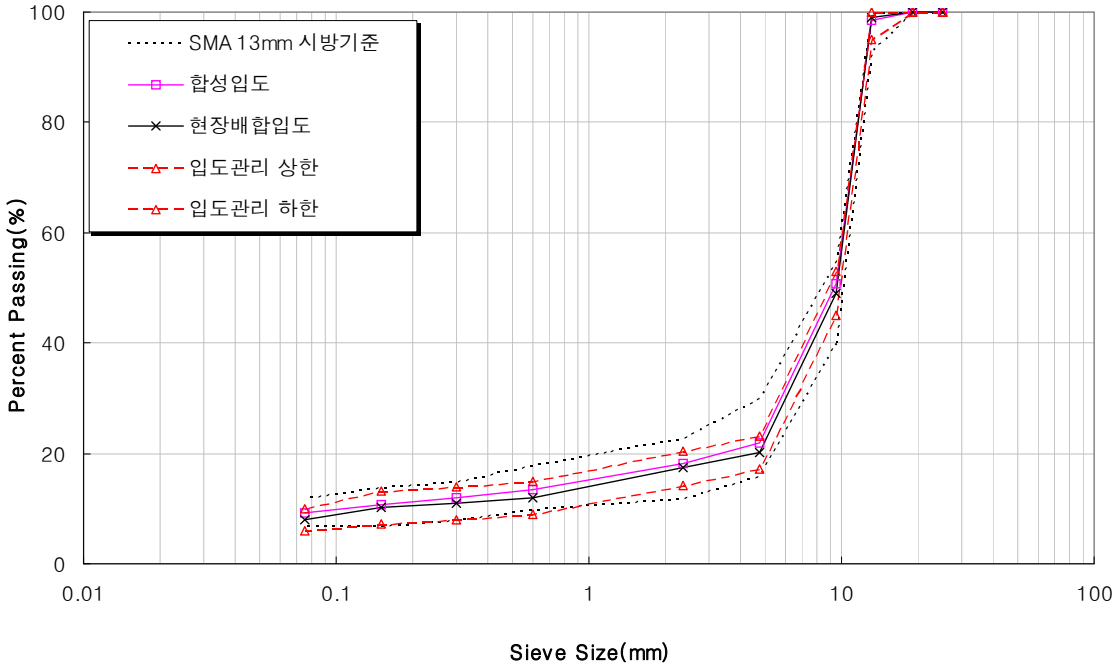
<표 5.9> SMA 혼합물의 현장배합 오차

항 목		현장배합 오차범위
골재 체통과 중량 백분율	13mm, 10mm	±4%
	5mm(No. 4), 2.5mm(No. 8) 0.6mm(No. 30), 0.3mm(No. 50), 0.15mm(No. 100)	±3%
	0.08mm(No. 200)	±2%
아스팔트 함량		±0.3%
온 도		±15℃

예를 들면, <표 5.10>은 13mm SMA 혼합물의 생산을 위하여 입도기준을 적용한 것이다. 이렇게 결정된 목표입도가 SMA 혼합물의 품질관리의 기준이 되는 입도가 된다. 이렇게 결정된 기준입도에 <표 5.9>의 현장배합 오차 범위를 적용한 "입도관리-상한"과 "입도관리-하한"을 적용한 범위가 아스팔트 플랜트에서 최종적으로 입도관리에 사용할 범위가 되는 것이다. 시험 생산된 SMA 혼합물의 추출 입도는 모두 이 범위 내에 있어야 하며, 극단적인 경우 이 범위가 시방서 상에 나타낸 규정 밖에 존재할 수 있다. (<그림 5.12> 참조)

<표 5.10> 13mm SMA 현장배합 입도곡선의 설정 예

체크기(mm) / 구 분	13	10	5	2.5	0.6	0.3	0.15	0.08
13mm SMA 입도기준	100	100	100	55	30	23	18	15
	100	100	93	40	16	12	10	8
합성입도	100	100	98.5	50.8	21.8	18.2	13.5	11.9
현장배합입도	100	100	99.0	49.0	20.1	17.3	12.0	11.0
입도관리-상한	100	100	100	53.0	23.1	20.3	15.0	14.0
입도관리-하한	100	100	95.0	45.0	17.1	14.3	9.0	8.0



<그림 5.12> 현장배합 오차의 적용 예

5.4.3 SMA 혼합물 생산 시 유의사항

(1) 낱알 형태의 셀룰로오스 화이버 첨가 시 투입장치의 이상으로 첨가재가 투입되지 않거나 결정된 투입량보다 적게 들어가는 경우가 종종 발생되므로 감독자는 셀룰로오스 화이버의 정상적인 투입에 주의를 기울여야 한다.

【해 설】

- 낱알 형태의 셀룰로오스 화이버 첨가 시 투입장치의 이상으로 소정의 섬유가 투입되지 않거나 결정된 투입량보다 적게 들어가는 경우가 종종 발생되므로 감독관은 셀룰로오스 화이버의 정상적인 투입에 주의를 기울여야 한다. 또한, 셀룰로오스 화이버가 첨가되지 않은 SMA 혼합물은 현장 포설시 블리딩 현상이 발생하는데 이 경우 SMA 혼합물은 제거하고 재시공하여야 한다. 또한, 셀룰로오스 화이버가 골고루 분산되지 않을 경우에는 포장 표면에 군데 군데 무더기로 다짐되어 고른 표면 형상을 기대할 수 없으므로 이 또한 주의를 기울여야 한다.

- 낱알 형태의 셀룰로오스 화이버는 SMA 혼합물 생산 시 잘 녹아서 분산되도록 밀입도 아스팔트 혼합물보다 높은 온도로 생산되어야 한다. 일반적으로 170℃ 이상이 적합한 것으로 판명되었으며, 개질아스팔트 사용 유무, 기온과 운반거리에 따라 증감하여야 한다.
- 아스팔트 플랜트에서 SMA 혼합물의 혼합시간(Mixing Time)은 마른비빔(Dry Mixing) 5초, 젖은비빔(Wet Mixing) 40초가 적당하다.
- SMA 혼합물의 당일 처음 생산된 혼합물에서 혼합물의 플랜트 믹서 배출시의 온도 조정을 위하여 200℃ 이상의 혼합온도로 혼합되는 경우에 현장에서 포장면이 떡처럼되어 번들거리는 플러싱(Flushing) 현상이 발생하는 경우가 많으므로, 첫차에 상차되는 혼합물의 온도가 200℃가 넘는 경우 이 혼합물은 폐기시키는 것이 바람직하다.

SMA 포장의 시공 6

6. SMA 포장의 시공

6.1 일반 사항

(1) SMA 포장 시공 관리는 시공 전 사전 준비 작업과 SMA 혼합물의 운반, 포설 및 다짐으로 이루어지는 순차적 공정을 모두 포함한 것으로 각 시공 공정에 따른 적정한 장비 및 방법 등이 적용될 수 있도록 관리되어야 한다.

(2) 본 포장의 시공 전 반드시 시험포장을 실시하여 적정 장비를 선정하고, 포설 두께 및 다짐 방법, 다짐 횟수, 다짐 밀도 등을 확인하여 적용한다.

(3) 본 지침에 규정되어 있지 않은 사항은 「국토해양부 도로공사표준시방서」, 「아스팔트 콘크리트 포장설계·시공 요령」, 「아스팔트 콘크리트 포장의 현장 다짐관리 매뉴얼」 등을 적용한다.

【해 설】

SMA 포장 시공은 SMA 혼합물의 운반, 포설, 다짐 등 순차적인 공정으로 이루어진다. SMA 혼합물의 운반 작업은 아스팔트 플랜트에서 생산된 SMA 혼합물을 현장(포설 전)까지 운반하는 공정으로 SMA 혼합물의 재료분리(골재 분리와 온도 분리)와 SMA 혼합물의 온도 관리에 중점적인 품질관리가 이뤄져야한다. 포설 작업은 정해진 포설 속도를 일정하게 유지하며 SMA 혼합물이 균일하게 포장될 면에 포설되어야 한다. 포설작업 중에 가장 중요한 문제는 세로 이음부의 다짐밀도 저감이 최소화될 수 있도록 포설하고, 옆 차로와의 시공 이음부 간에 결합력이 확보될 수 있도록 한다. 또한 가로 이음부의 발생을 줄이고 균질한 포설면 확보를 위해서는 연속적인 포설 작업이 이루어지도록 품질관리가 되어야 한다. 다짐 작업에서 롤러는 페이버와 적당한 거리 범위 내에서 움직여야 하고, 포설된 SMA 혼합물이 과도하게 식기 전에 적정 온도에서 다짐작업이 진행되어야 하며, 특히 동절기 공사인 경우에는 이 점이 더욱 중요하다.

6.2 시험포장

(1) 시험포장은 최적 아스팔트 함량, 시공 전 표면처리 방법, 다짐 전 포설 두께, 다짐도, 다짐방법, 다짐 후 밀도 및 포장두께, 아스팔트 플랜트 배합 및 현장 포설 온도 등을 검토할 목적으로 시행한다.

(2) 시험포장을 시행할 장소와 SMA 혼합물의 배합, 포설 두께, 다짐장비, 다짐 방법 등이 포함된 시험포장 계획서는 시험포장 일을 기준으로 15일 전에 제출하여 발주자의 승인을 받은 후 시행하고 시험포장 결과보고서는 시험 포장 후 15일 이내에 제출하여야 한다.

【해 설】

(1) 시험포장 계획의 사전협의

① 시험포장 일정 및 구간 선정, 포장업체 선정, 장비 선정, 다짐 공정 등을 시공사와 감리, 발주자의 협의를 통해 결정한다.

② 시험포장 예정구간 아스팔트 기층의 레벨이 기준에 맞는지 반드시 확인되어야 한다.

③ 시험포장은 종단경사가 심하지 않은 직선구간으로 선정하도록 하고 종단 경사는 2% 이내가 바람직하다.

④ 시험포장의 구간은 일반적으로 3종 이상의 포설 두께 변화구간과 3종 이상 다짐 횟수 변화구간으로 최소 9구간이 있어야 한다.

⑤ 시험구간 연장은 각 구간 당 10m 이상, 각 구간 사이의 조정구간은 최소 20m 이상으로 한다. 만약 조정구간에서 포설 높이 확인 시 다음 시험 구간 포설 전 최소 2m내에 포설 높이가 일정하지 않을 경우 조정 구간의 연장을 늘이도록 한다.

⑥ 시험포장의 폭은 본 포장 시 포설 폭으로 한다.

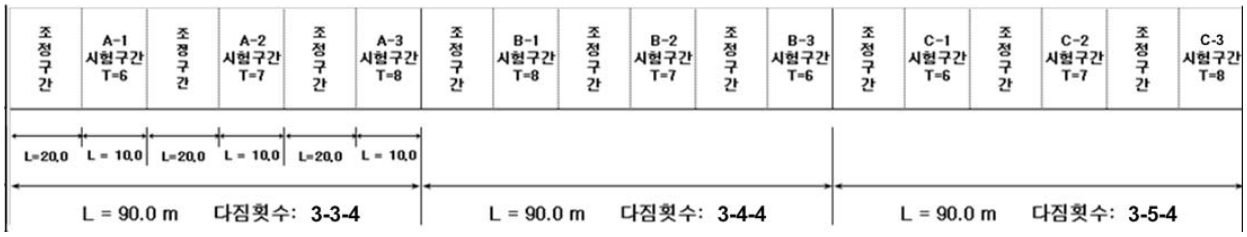
⑦ 다짐횟수의 변화는 1종의 다짐장비에 대해서만 한다.

⑧ 시간당 SMA 혼합물 생산량 및 시간당 소요량을 미리 파악하여 운반장비 대수 등을 결정한다.

⑨ 다짐 패턴 및 다짐 중복방법을 사전에 결정하여야 한다.

⑩ 시험포장 전 페이버 기사와 다짐 장비 기사에게 시험포장 계획에 대해 설명하여 충분히 숙지하도록 하여야 한다.

⑪ 다짐장비 운행 관련 집중 교육 및 안전 교육, 시공 시 주의 사항 등에 관한 교육을 하여야 하다.



<그림 6.1> 시험포장 구간 선정 예

【주】 타이어롤러는 고무 타이어에 의해 SMA 혼합물의 부착이 발생할 수 있어 SMA 포장 표면의 탈리 방지를 위해 타이어롤러는 사용하지 않으며, 대신 머캐덤롤러를 1대 추가로 다짐 작업에 투입하여야 한다.

【주】 여기에서 시험구간별 포설두께는 T로 표기하였으며 단위는 cm이다. 또한 다짐 횟수에서 예)3-3-4는 머캐덤-머캐덤-탄덤롤러의 순으로 다짐을 실시하며, 다짐 횟수는 왕복 다짐횟수이다.

시험포장에서는 본 포장에 적용될 표준적인 포장 방법을 구하게 되는데 포설 높이에 따른 다짐 횟수 변화를 통해 적정 소요밀도를 확인한다. 시험포장의 선정 구간은 최대한 경사가 심하지 않고 거의 평지에 가까운 구간으로 선정하는 것이 좋다. 종단경사가 심하면 다짐장비의 표준적인 다짐 평가에 어려움이 있다. 따라서 종단 경사가 평지로 볼 수 있는 2% 이내가 바람직할 것이다. 포설 두께 변화에 있어서도 최소 3종 이상 변화시키고 변화폭은 최소 1cm로 하는 것이 바람직하다. 포설두께는 종단 경사를 고려하여 <그림 6.1>과 같이 변화시키도록 한다. 시험구간의 연장은 각 구간당 10m 이상으로 하는 것이 일반적이나 시험 구간의 전체 연장이 짧을 경우 연장을 줄일 수도 있다. 각 시험 구간 사이에 조정구간을 두게 되는데 이 조정 구간은 시공장비가 시험 구간을 완전히 벗어나 다음 시험 구간까지 진입이 되지 않을 만큼의 연장을 확보해야한다. 따라서 시공장비의 전장에 따라 조정 구간의 연장은

조정될 수 있다. 다짐 횟수 변화의 경우 주 다짐장비를 선정하여 다짐장비의 다짐 횟수를 변화시키는 것이 다짐장비 관리를 최소화 할 수 있다.

6.3 SMA 포장의 포설 및 다짐

6.3.1 시공 전 사전 준비작업

(1) SMA 포장 시공 전 기존 포장면에 대한 표면처리를 실시하여야 한다.

(2) 표면처리로는 택코팅을 포함한다. 시공 장비는 SMA 혼합물의 포설에 앞서 시공 중에 지장이 없도록 필요한 장비, 기구의 수량, 가동 상태, 장비 및 부품의 마모 상태, 예비품의 유무 등을 점검해 둔다.

(3) 특히 시공 장비는 시공과정에서 고장으로 인하여 공사에 중대한 영향을 미치므로 사전에 점검하여 양호한 상태로 정비해 두어야 한다.

(4) 시공 전 장비의 기사 교육은 시공 중 야기될 수 있는 작업 오류, 안전 사고 등을 최소화 시키는 방안이므로 반드시 사전에 작업 지시 교육 및 안전 교육 등을 실시하여야 한다.

【해 설】

SMA 포장 공사 이전에 신규 포장(이 경우는 중간층), 또는 아스팔트 표층 덧씌우기 공사에 관계없이 기존 포장면에 대한 표면처리를 실시해야 한다. 교통 상황 하에서 SMA 포장의 공용성은 포장층 위 표면의 상태에 직접적으로 연관되어 있다. 기존 아스팔트 콘크리트 포장층 위에 SMA 혼합물을 포설할 시에는 기존 포장 층의 표면은 적절하게 처리되어야 한다. 즉 포트홀 보수, 균열 실링, 표면 청소 등이 시공 이전에 미리 보수되어야 한다. 또한 기존 포장 표면과 신규 SMA 포장 덧씌우기 사이의 접착을 확실히 하기 위해 택코팅 시공이 이루어져야 한다.

(1) 택코트

(1) 시공된 아스팔트 콘크리트 포장 층이나 시멘트 콘크리트 슬래브 위에 포설하는 SMA 혼합물과의 부착을 좋게 하기 위하여 택코팅을 실시하여야 한다.
(2) 택코트에 사용되는 역청재의 사용량 및 살포 온도는 <표 6.1>을 따른다.
(3) 두 층의 신규 아스팔트 콘크리트 층이 연속으로 시공되는 경우에는 두 층 사이를 부착할 수 있는 충분한 양의 아스팔트가 존재하므로 택코트는 필요하지 않다.

【해 설】

택코트는 적합한 재료의 필요한 양을 균일하게 살포하는 것이 중요하며, 적정량을 살포하기 위해서는 시험 살포를 시행하여 디스트리뷰터의 속도와 살포 량과의 관계를 파악하여 두는 것이 중요하다. 택코트에 사용되는 역청재의 사용량 및 살포온도는 설계도서 또는 시험시공 결과에 따른다. 택코트에 사용되는 역청재의 사용량 및 살포온도는 <표 6.1>의 범위에서 결정할 수 있다.

<표 6.1> 택코트로 사용되는 역청재의 사용량 및 살포 온도의 표준

역 청 재	사 용 량	살 포 온 도
RS(C)-4 (또는 개질 유화아스팔트)	0.3~0.6 L/㎡	가열할 필요가 있을 때에는 감독자가 지시하는 온도

가. 택코트 재료의 선정 조건

① 택코트에 사용되는 역청재료는 유화 아스팔트 RS(C)-4로서, RS(C)-4는 KS M 2203(유화 아스팔트)의 기준에 맞는 것이어야 한다.

② 기존 아스팔트 콘크리트포장 층과의 접착력을 더욱 요구하는 구간에서는 폴리머 계열의 개질 유화 아스팔트를 사용하여야 한다.

나. 택코트의 시공

① 택코트를 시공할 표면은 뜬돌, 먼지, 점토 및 기타 이물질이 없어야 한다. 이물질이 있을 경우 파워 브룸(Power Broom)이나 파워 블로워(Power Blower) 등으로 제거하고 감독자의 승인을 받아야 한다.

② 역청재료의 살포에는 역청재료를 균일하게 살포할 수 있는 아스팔트 디스트리뷰터를 주로 사용하며, 규모가 작은 공사의 경우는 감독자의 승인을 받아 엔진 스프레이어 또는 핸드 스프레이어도 사용한다.

③ 택코트는 기온이 5℃ 이하일 때는 시공하여서는 안된다. 또한 우천 시에 시공 하여서는 안되며, 작업도중 비가 내리기 시작하면 즉시 작업을 중지하여야 한다.

④ 일몰 후 역청재를 살포 시에는 사전에 감독자의 확인을 받아야 한다.

⑤ 시멘트 콘크리트 포장 면에 택코트를 살포할 때는 시멘트 콘크리트 노면이 역청재를 흡수하지 않으므로 과잉 살포가 되지 않도록 특히 주의하여야 한다.

⑥ 역청재 살포 시에는 교량의 난간, 중앙분리대, 연석 등 포장 완성 후 노출될 부분이 더럽혀지지 않도록 주의하여야 한다.

⑦ 살포량은 과잉 살포가 되지 않도록 특히 주의하여야 하며, 적정 살포량은 현장 시험을 거쳐 결정한다. 살포량 시험은 미리 무게를 확인해둔 1㎡ 크기의 면포를 포장 면에 부착시키고 디스트리뷰터의 속도를 변화시켜가면서 4~5개 정도로 살포한 후 즉시 무게를 달아 적정 살포량을 결정한다.

⑧ 역청재는 사전에 결정된 양 이상으로 살포되어 SMA 포장의 결합에 유해하다고 판단되면 역청재를 제거하고 재시공하여야 한다.

⑨ 역청재 살포 후 수분이 건조할 때까지 충분히 양생하여야 한다.

⑩ 도심지 포장, 야간작업 현장 등에서 충분한 택코팅 양생이 이루어질 수 없다고 판단될 경우 택코팅의 손상을 방지하여 SMA 혼합물 층의 일정한 접착력을 발휘할 수 있는 동시포설 페이버를 사용하여야 한다.

(2) 장비의 선택 및 점검

(1) SMA 포장 시공을 위한 장비는 기존 층에 대한 표면처리를 위한 역청 재료 살포장비인 아스팔트 디스트리뷰터(Asphalt Distributor)와 스프레이어(Sprayer)등이 사용된다.

(2) 또한 SMA 혼합물의 운반을 위한 운반 트럭과 포설 장비인 페이버 그리고 다짐 장비인 머캐덤롤러, 탄뎀롤러, 진동 탄뎀롤러 등을 사용할 수 있다.

【해 설】

가. 아스팔트 살포 장비

역청재료의 살포에는 역청재료를 균일하게 살포할 수 있는 아스팔트 디스트리뷰터를 사용하여야 한다. 이 디스트리뷰터에는 시간당 주행거리를 표시하는 회전속도계와 노즐에서 나오는 역청재량을 표시하는 역청 살포량의 기록장치가 설치되어 있어야 한다. 디스트리뷰터의 출입이 곤란하거나 협소한 곳에는 감독자의 승인을 받아 엔진 스프레이어 또는 핸드 스프레이어를 사용할 수 있다. 아스팔트 디스트리뷰터는 역청재료를 트럭 또는 트레일러의 보온탱크에 채워 일정속도로 주행하면서 후부(後部)의 스프레이 바(Spray Bar)에서 역청재료를 노면에 균일하게 살포하는 장비이다. 탱크용량은 1,500~4,000ℓ의 것이 많이 사용되고 있으며 살포 폭은 1.5~4.7m 정도로 조절이 가능하다. 이 장비를 사용하면 살포량이 정확하고 균일하게 되며 능률적이므로 넓은 면적의 시공에 적합하다.

디스트리뷰터의 점검 사항은 다음과 같다.

① 장비의 가동 상태
② 회전 속도계의 장착 및 작동 상태
③ 노즐의 상태
④ 살포량 기록 장치의 장착 유무 및 작동 상태

나. SMA 혼합물 운반 장비

SMA 혼합물의 운반 중에 SMA 혼합물 상부의 온도와 내부의 온도에 차이가 생길 경우 포장 후에 조기 파손을 일으킬 수 있다. 따라서 SMA 혼합물의 생산 온도를 유지하며 시공 현장까지 운반할 수 있도록 운반 장비에 장착되어 있는 보온 덮개의 상태가 중요하다. 일반 토공 재료 운반용으로 제작된 자동 덮개의 경우 SMA 혼합물과 밀착되지 않아 보온기능이 낮으므로 보온의 효과를 높이기 위해 내부덮개가 있어야 한다. SMA 혼합물의 전면에 밀착될 수 있는 내부덮개를 덮은 후, 위에 자동 덮개를 사용토록 한다. 내부덮개는 자동 또는 수동의 방식을 사용할 수 있다.

운반 장비의 점검 사항은 다음과 같다.

① 장비의 가동 상태
② 보온 덮개의 장착 유무 및 파손 상태 유무
③ 적재 바닥의 상태

다. SMA 혼합물 포설 장비

SMA 혼합물의 포설은 아스팔트 페이버에서 포설될 때 가능한 한 높은 선다짐을 주는 것이 유리한데 85% 정도 이상의 선다짐이 가능한 장비를 반드시 사용하여야 한다.

포설장비의 점검 사항은 다음과 같다.

① 장비의 가동 상태
② 포설량 자동 조절 장치의 장착 유무 및 작동 상태
③ 스크리드의 작동 상태 및 가열 판의 작동 상태
④ 진동 탬퍼의 작동 상태
⑤ 호퍼와 컨베이어의 작동 상태

라. 다짐 장비

SMA 포장의 다짐 장비는 기준을 만족하는 밀도의 확보와 포장면의 평탄성을 확보하기 위해 사용된다. SMA 혼합물의 특성상 포설 후 즉시 다짐을 실시하여야 한다.

전압다짐장비는 12ton 이상의 머캐덤롤러 2대와 10톤 이상의 진동 가능한 탄뎀롤러 1대 또는 12톤 이상의 머캐덤롤러 1대와 10톤 이상의 진동 가능한 탄뎀롤러 2대를 1조로 갖추어야 하며, 현장여건 상 필요한 경우 계약상대자는 다짐 장비를 추가하여 갖추어야 한다.

다짐 장비의 점검 사항은 다음과 같다.

① 장비의 가동 상태
② 최소 다짐 장비 중량 통과 유무
③ 철륜롤러의 부착 방지제 분사 노즐 상태
④ 진동 철륜롤러의 진동 장치 가동 상태
⑤ 출발·정지 시 롤러의 유연성 상태

(3) 장비 기사 및 작업자 교육

(1) SMA 포장 시공에 투입되는 장비 기사 및 관련 보조 작업자의 교육은 SMA 포장 시공 전까지 2회 이상 실시하도록 하여야 한다. 교육 후 교육 내용 및 결과를 반드시 발주처에 제출 · 보고하여야 한다.

【해 설】

SMA 포장 시공에 투입되는 장비인 운반 트럭, 페이버, 다짐장비(머캐덤롤러, 탄뎀롤러, 진동 탄뎀롤러 등) 등의 장비 기사와 관련 보조 작업자에 대한 교육을 반드시 실시하여야 한다. 시험 포장 전일까지 1회 이상의 교육을 실시하고 시험 포장 당일 시작 전 1회 이상의 재교육을 실시하여야 한다. 교육에 요구되는 내용은 다음과 같다.

가. 일반적인 교육 내용

① 작업장의 안전 교육
② 시험 포장에 관한 작업 지시 교육
③ 기타 주의 사항

나. 운반 장비 기사 교육

① 시공 중 장비의 대기 장소

② SMA 혼합물 하차 후 잔여분 투기하는 장소의 지정

③ SMA 혼합물 운반 전·후 트럭에 바르는 부착 방지제의 사용

④ 기타 작업 교육

다. 포설 장비 기사 교육

① 포설 두께 변화 구간

② 포설 속도

③ 기타 작업 교육

라. 다짐 장비 기사 교육

① 다짐 횟수 변화 구간

② 다짐 방법

③ 다짐 속도

④ 부착 방지제 사용 최소화

⑤ 기타 작업 교육

마. 보조 작업자 교육

① 갈퀴(Rake)질 작업

② 삽, 작업화 등에 부착 방지제 사용 최소화

③ 기타 기본 작업 교육

6.3.2 SMA 혼합물의 운반

(1) 아스팔트 플랜트에서 포설현장까지 SMA 혼합물 운반에 사용할 트럭의 적재함은 바닥이 깨끗하고 평편해야 한다.

(2) SMA 혼합물의 양은 계획시간 이전에 포설 및 다짐이 연속적으로 이뤄질 수 있도록 그 양을 고려하여 현장에 운반하여야 한다.

(3) SMA 혼합물은 운반도중 오물이나 기타 불순물이 유입되거나 SMA 혼합물의 온도가 떨어지는 것을 방지하기 위하여 반드시 SMA 혼합물 위에 덮개를 씌워야 한다.

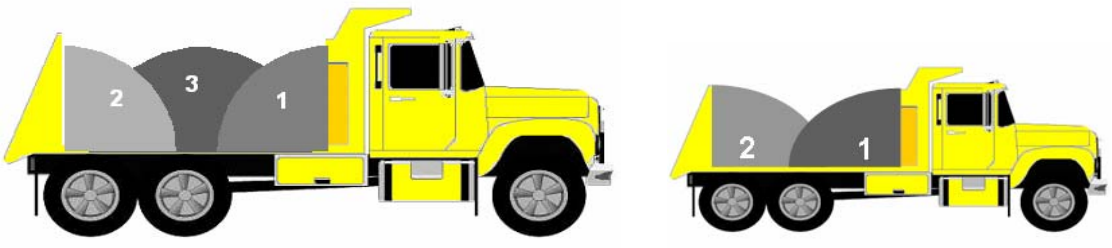
(4) SMA 혼합물 덮개는 파손이 없는 방수와 내열성이 우수한 재질로 된 것이어야 하며, 운반 및 포설 대기 중에 외기 순환에 의한 온도 저하를 방지할 수 있는 구조이어야 한다.

【해 설】

(1) SMA 혼합물의 적재 방법

① SMA 혼합물의 골재 분리가 최소화되도록 적재하여야 하며, 운전석 방향을 기준으로 상부, 하부, 중앙 순으로 SMA 혼합물을 적재하도록 하여야 한다.

② SMA 혼합물의 적재 방법은 아래의 <그림 6.2>와 같다. SMA 혼합물의 트럭 적재 시 하나의 더미로 쌓을 경우 운반 중 재료 분리가 발생될 수 있기 때문에 더미를 아래 그림과 같이 나누어 적재하는 것이 바람직하다.



(a) 대형 운반장비 적재 시 (b) 소형 운반장비 적재 시

<그림 6.2> SMA 혼합물의 적재 방법

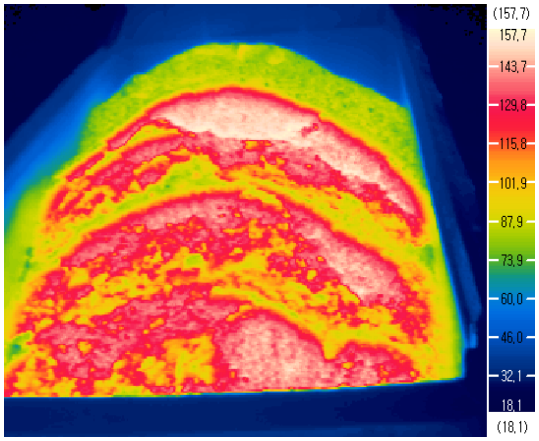
(2) SMA 혼합물의 온도 관리

① 운반 장비가 포장 시공 지점에 도착하였을 경우 <그림 6.3>과 같이 운반장비에 상차된 SMA 혼합물의 온도를 반드시 측정하도록 하여야 한다.

② SMA 혼합물의 온도는 표면에서 약 2cm 하부의 온도와 내부의 온도 등을 측정한다.

③ 표면의 SMA 혼합물 온도저하가 클 경우 온도 분리로 인한 SMA 포장의 조기 파손이 발생할 수 있다.

<그림 6.3> 운반장비에 상차된 SMA 혼합물의 온도 측정 전경



<그림 6.4> 운반장비에 상차된 SMA 혼합물의 온도 분리(적외선 카메라)

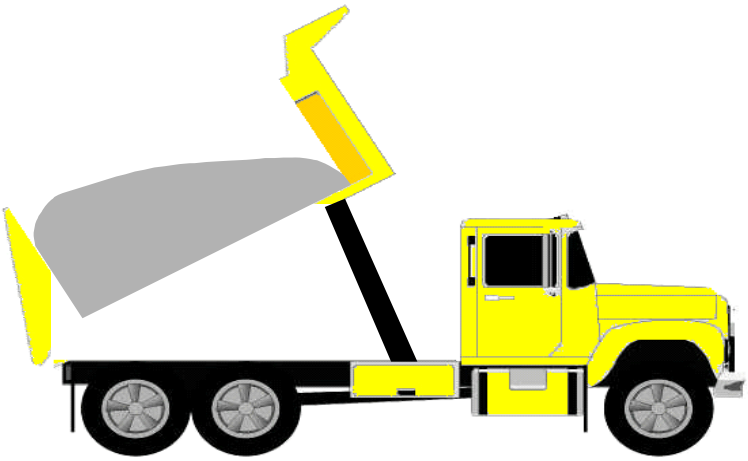
(3) SMA 혼합물의 하차 방법

① SMA 혼합물 하차 시 아스팔트 페이버 전면에서 중앙을 일치시킨 상태에서 후진으로 접근하되, 일정 거리 앞에서 멈추도록 하여야 한다.

② 페이버가 전진하여 운반 장비 후미에 천천히 붙여서 충격을 최소화 한다.

③ SMA 혼합물의 하차를 위하여 운반 장비의 적재함을 올릴 때 까지 적재함 뒤에 있는 문을 열지 않고, 자동으로 SMA 혼합물이 약간 흐르도록 하여 <그림 6.5>와 같이 후미에 모이도록 조치한다. 운반 장비의 종류에 따라 적용이 어려울 경우에는 적용하지 않는다.

④ 아스팔트 페이버의 호퍼에 SMA 혼합물을 부드럽게 투입하여 투입 과정에서의 SMA 혼합물의 재료 분리를 최대한 방지한다.



<그림 6.5> SMA 혼합물의 하차 방법

(4) 하차 후 운반장비 점검

① 아스팔트 페이버에 하차 후 운반 장비의 바닥상태를 점검한다.

② 운반 장비의 바닥과 적재함에 바르는 부착방지제는 경유와 등유 등의 석유계 연료를 사용하지 않도록 하여야 한다. 반드시 식물성 오일(Oil)류 또는 부착 방지제(Release Agent)를 사용토록 하여야 한다.

③ 운반 장비의 바닥에 남은 잔여 SMA 혼합물을 포장 면 위에 털어 버리지 않아야 하며, 반드시 아스팔트 플랜트나 지정된 장소에 버리도록 하여야 한다.

6.3.3 SMA 혼합물의 포설

(1) SMA 혼합물의 포설에 앞서 기존 면을 점검하여 손상된 부분이 있으면 이를 보수하고, 표면상의 먼지 및 기타 불순물은 완전히 제거하여야 한다.

(2) 택코트가 충분히 양생되기* 전에는 SMA 혼합물을 포설하여서는 안 된다.

(3) 감독자는 포설온도범위를 지정하여야 하며, 지정된 포설온도보다 20℃이상 SMA 혼합물의 온도가 낮을 경우에는 그 혼합물을 폐기하여야 한다.

(4) SMA 포장의 최소 포장 두께는 적용 SMA 혼합물의 공칭 최대치수의 3배 이상이여야 한다.

(5) 포설작업이 작업도중 장시간 중단되지 않도록 아스팔트 플랜트의 생산능력과 운반 사이클을 고려하여 포설 속도를 조절하여야 하며 반드시 연속적인 포설이 이뤄질 수 있도록 한다.

(6) SMA 혼합물을 페이버로 포설시 페이버의 스크리드 플레이트 통과 후 선다짐이 85% 이상 되도록 탬퍼와 진동을 85% 이상으로 반드시 설정하여 운영하여야 한다.

(7) 페이버의 속도는 SMA 혼합물의 포설 두께와 종류에 따라 조정하며, 스크리드는 포설작업 전 반드시 150℃ 이상으로 예열하여야 한다.

(8) 편경사가 있는 구간에서는 도로 중심선에 평행하게, 노면이 낮은 곳에서 높은 곳으로 포설하여야 한다. 또한 직선구간에서는 도로 중심선에 평행하게 길어깨 쪽에서 도로 중심선 쪽으로 포설하여야 하며, 종단 방향으로는 낮은 곳에서 높은 곳으로 포설해야 한다.

(9) 페이버 뒤에는 삽과 레이크(Rake) 작업자를 고정 배치하여 페이버의 마무리가 불완전한 곳을 수정토록 한다. 포설 중에 SMA 혼합물의 재료 분리가 발생 할 경우 페이버의 운행을 즉시 중지하고, 원인을 파악하여 포설불량 구간을 즉시 보수토록 한다.

※ '택코트가 충분이 양생되었다'는 것은 수분이 완전히 증발된 상태로 육안으로 보았을 때 갈색의 택코트재가 검정색으로 변색되었을 경우로 본다.

【해 설】

- SMA 포장의 포설에서 가장 중요한 것은 일관성 있는 포설작업을 유지하는 것이다. 일정한 페이버의 진행 속도를 유지해야 균질한 포설 면이 생성되고 이는 균질한 다짐 작업을 진행하는데 필수적이다. 특히 SMA 혼합물 운반 트럭의 현장 도착 시간을 잘 조절하여 연속성 있는 작업을 진행하도록 한다.

- 아스팔트 페이버의 경우 도로공사 표준시방서에 규정되어 있는 85% 이상의 선다짐 기능이

있는 것을 사용하여야 하며 페이버 운영 시 감독자는 페이버의 템퍼와 진동의 크기가 85% 이상으로 설정되어 포설하는 지를 반드시 확인하여야 한다.

6.3.4 SMA 혼합물의 다짐

(1) 다짐은 SMA 포장의 장기 공용성을 좌우하는 가장 중요한 시공 공정 중의 하나로서, SMA 혼합물의 특성이나 대기온도 등에 따라 적합한 다짐을 하여야 한다. 따라서 다짐 장비의 종류와 다짐횟수 및 다짐방법은 사전에 일률적으로 결정하는 것이 아니라 반드시 현장의 조건을 고려하여 시험 포장 등을 실시하여 결정하여야 한다.

(2) 다짐밀도는 마샬시험법에 의한 75회 다짐에서 기준밀도의 97% 이상이어야 한다. SMA 혼합물의 다짐특성상 다짐밀도는 최대한 높게 하는 것이 유리하다.

(3) 타이어롤러는 아스팔트가 타이어의 표면에 접착되므로 사용하지 않는다.

(4) 다짐 장비는 반드시 감독자 입회하에 포장 시공 전까지 각 다짐장비 중량을 측정하여야 한다.

【해 설】

- SMA 포장의 현장 다짐작업은 아스팔트 페이버에 의해 포설된 SMA 혼합물에 다짐장비를 이용하여 소요의 밀도 및 공극률을 확보하도록 다지는 시공 공정의 하나이다. 따라서 현장 다짐작업이 성공적으로 이루어지기 위해서는 SMA 혼합물과 대기온도 등의 현장 조건에 다짐장비와 다짐횟수가 적합하여 최적의 공극률과 밀도가 구현되어야 한다. 이를 통해 SMA 포장은 차량 하중 및 환경 조건에 의한 파손에 저항할 수 있고, 최상의 공용 특성을 나타낼 수 있다.
- SMA 혼합물 다짐기는 비교적 용량이 큰 롤러를 사용하여야 하는데 시방규정보다 높은 것을 사용하여도 골재끼리의 맞물림 특성상 과잉 다짐이 발생하지 않으므로 가능한 한 다짐에너지가 큰 다짐 장비를 사용하는 것이 좋다.
- 전압절차는 규정된 포장의 기준밀도가 확보되도록 설정하여야 한다. 롤러는 페이버의 접근위치에서 5m/min를 초과하지 않는 속도로 초기 다짐을 하여야 하며, 타이어롤러는 아스팔트가 타이어의 표면에 접착되므로 사용하지 않는다.

- <표 6.2>는 롤러 철륜 내부에 물을 채운 무게와 물이 제거된 상태의 롤러 중량차를 나타낸 것으로 SMA 혼합물의 다짐 시 다짐에너지의 극대화를 위해 다짐용 롤러의 앞·뒤 철륜 내부에 오일 또는 물로 완전히 채워 다짐작업을 수행하여야 한다.

<표 6.2> 다짐장비의 중량차 비교

구분	머캐덤롤러	탄뎀롤러
최대중량(kg)[1]	12,120	10,070
최소중량(kg)[2]	9,490	9,140
중 량 차(kg)[3]	2,630	930

【주1】 롤러에 물을 가득 채운 롤러 무게
【주2】 롤러에 물을 모두 빼낸 롤러 무게
【주3】 롤러에 들어가는 물 무게

- SMA 혼합물의 특성상 표면은 즉시 다짐을 실시하여야 한다. 전압 다짐은 머캐덤롤러 12톤 이상과 탄뎀롤러 10톤 이상의 롤러를 조합하여 이용하며 머캐덤 2대 + 탄뎀 1대 (진동가능), 머캐덤 1대 + 탄뎀 2대 (1대 진동가능) 또는 머캐덤 2대 + 탄뎀 2대 (1대 진동가능)의 조합으로 구성할 수 있다. 전압절차는 규정된 포장 밀도가 확보되도록 설정되어야 한다. 롤러는 페이버에 최대한 근접 위치에서 5m/min가 초과되지 않은 속도로 초기 다짐을 한다. 타이어롤러는 사용치 않는다. 전압은 롤러 자국이 제거되고 최소 규정 밀도가 될 때까지 계속한다.
- 롤러에 혼합물이 부착되는 것을 방지하기 위해 미량의 세제나 그와 유사한 승인된 재료로 혼합한 물로 철륜을 적셔 주어야 한다.
- 다짐밀도는 마샬시험법에 의한 75회 다짐에서 기준밀도의 97% 이상이어야 한다. SMA 혼합물의 다짐특성상 다짐밀도는 최대한 높게 하는 것이 유리하다.
- SMA 혼합물의 가장 양호한 다짐온도는 145~165℃ 정도가 적합하며 일반적으로 150℃ 이하에서는 연속적으로 다짐을 실시하여야 하고, 135℃ 이하에서는 온도저하에 따른

다짐효과를 증가시키기 위해 초기 1회 진동을 실시하여야 하며, 170℃이상의 온도에서는 170℃ 이하로 온도가 하강할 때 까지 대기하다가 롤러를 투입하여 다짐하여야 한다.

- SMA 혼합물의 특징은 페이버 포설 직 후 바로 롤러를 투입하여 다짐을 실시하는 것이다. 그러나 페이버로 포설한 직후의 혼합물의 온도가 170℃ 이상일 때는 온도가 170℃ 이하로 떨어질 때까지 대기하다가 온도가 떨어진 후에 초기다짐을 실시하여야 한다. 170℃ 이상의 고온에서의 다짐은 아스팔트 페이스트의 점성저하로 인한 플러쉬 현상을 유발할 수 있다.

<표 6.3> 다짐에 영향을 미치는 요소

영향 요소	고려 항목	검토 사항
사용 재료 물성	– 골재물성(입도, 표면 거칠기, 입형, 흡수율 등) – 아스팔트 물성(침입도 등)	– 롤러의 무게 및 구성 – 다짐온도 및 시간 등
기후 환경	– 대기 온도 – 바람세기 – 태양열의 복사수준	– 롤러의 작업온도 – 롤러의 투입시간 – 다짐속도 및 온도 등
현장 특성	– 기존포장 상태(표면온도, 표면 상태) – 포설두께 및 도로의 경사 – 하부구조의 지지력 – SMA 혼합물의 온도	– 다짐방향 – 롤러의 무게 – 다짐시간 등

6.3.5 SMA 혼합물의 포설 및 다짐 시 유의사항

(1) 아스팔트 페이버의 경우 일반시방서에 규정되어 있는 85% 정도의 선다짐 기능이 있는 것으로 가능한 한 확보하여 시공하여야 한다.

(2) SMA 포장은 굵은 골재의 함유량이 대부분이어서 일반 혼합물에 비하여 다짐밀도가 잘 나오지 않는 특성이 있다. 또한, 일반혼합물의 다짐은 머캐덤롤러, 타이어롤러, 탄뎀롤러 순으로 진행하면서 실제적인 다짐 효과는 타이어롤러에 의존하고 탄뎀롤러의 역할은 면마무리의 역할만 수행하는 것이 대부분이다. 그러나, SMA 포장에서는 탄뎀

롤러가 가장 중요한 다짐 장비가 된다. 따라서 머캐덤롤러와 탄뎀롤러는 다짐에너지가 최대한 높은 롤러를 확보하여야 한다. 롤러는 시방서에 규정되어 있는 것보다 가능한 한 큰 용량의 롤러를 확보하는 것이 바람직하며 탄뎀롤러의 경우 진동이 가능하여야 한다. 온도가 식은 경우 진동다짐을 할 수 있다.

(3) SMA 혼합물의 다짐 시 일반적인 롤러의 투입 순서는 머캐덤, 머캐덤, 탄뎀의 순서가 바람직하다.

(4) SMA 혼합물 시공 시 시공 당일 처음 생산된 혼합물의 포설과 다짐 시에 플러쉬 현상의 발생이 빈번한 경우가 많다. 이러한 현상을 방지하기 위하여 SMA 혼합물의 초기 포설시 반드시 포장 시작 전에 스크리드 히터로 스크리드 플레이트를 약 150℃ 이상으로 가열하여 페이버 포설 작업 시 SMA 혼합물의 페이스트가 스크리드 플레이트의 밑면에 달라붙지 않도록 하여야 한다.

(5) 다짐 작업 시 시방서에 규정된 롤러별 다짐온도는 최소규정이며 170℃ 이하의 가능한 높은 온도에서 다짐작업이 이루어지는 것이 유리하며 롤러 간 연속적으로 신속하게 이루어져야하며, 탄뎀롤러는 바퀴자국이 없어질 때까지 다짐을 계속하여야 한다.

(6) SMA 포장 시 시공이음 부분이 있을 때에는 포설시 특별한 주의를 기울여야 한다. 기존의 일반 혼합물 공사 시에도 이음부분의 외형과 편평한 마무리에 과도한 주의를 기울인 나머지 이음부분의 다짐밀도 부족으로 이음부 종방향 균열이 발생한 사례가 있다. SMA 포장에서는 특히 시공이음 부분의 다짐에 주의를 기울여야 하며, 페이버가 진행하는 동안 기존 포장 위에 포설된 겹침부의 혼합물을 걷어 내거나 쓸어버리지 말고 래키 등으로 밀어서 이음(Joint) 부분에 두툼하게 쌓아서 롤러를 우선적으로 태워 소정의 다짐밀도가 되도록 하여야 한다. 겹침부의 혼합물을 걷어낼 경우 매끈한 이음이 되는 것으로 보이나 SMA의 경우는 소정의 밀도를 얻지 못할 수 있다. 이러한 과정은 <그림 6.6>에서 보는 바와 같다. <그림 6.6(a)>에서 보여주는 그림은 이음부 시공 시 외형적으로 편평한 마무리에만 중점을 둔 것으로 시공이음부 부위에서 균열이나 탈리가 생길 수 있다. <그림 6.6(b)>의 경우처럼 이음부를 시공하면 다짐도가 증가하게 되어 이음부에서 발생되는 문제를 최소화 할 수 있다. 특히 SMA혼합물의 이음부 다짐에는 반드시 (b)와 같은 방법을 사용하여 우수의 투수, 탈리 및 균열 발생을 최소화할 수 있도록 하여야 한다.

(a) 기존 포장 포설 시 이음부 시공

(b) SMA 포장 포설 시 이음부 시공

<그림 6.6> SMA 포장의 이음부 시공

(7) SMA 포장의 절삭 덧씌우기 공사 시에 기존 포장부와 SMA 포장부의 시공이음부 부위에 위의 (6) 항에서 설명한 것처럼 다짐부족으로 인하여 우수가 침투하여 도로의 종·횡단 경사를 따라 우수가 흘러서 경사가 가장 낮은 부분에서 물이 용출되는 사례가 빈번히 발생하고 있다. 근본적으로 콜드조인트 부위의 시공과 다짐을 철저히 하여 이러한 사례가 없도록 하여야 하지만, 야간 및 동계 시공 등의 유지보수 공사를 감안하면 이러한 우수의 용출이 있는 적소에 교면포장에 침투한 우수의 배출에 사용되는 유도 배수관(Drain Pipe) 등을 매설하여 노견 외측의 비탈면으로 배수시키도록 하여야 한다.

(8) 야간 또는 동절기(11월~3월)의 SMA 혼합물의 시공은 혼합물의 온도저하에 따른 다짐 불량에 대비하기 위하여 신속한 시공을 위한 특별한 대책을 강구하여 시공에 임하여야 한다. SMA 혼합물은 일반 아스팔트 혼합물에 비하여 아스팔트 함량이 1% 이상 높기 때문에 골재와 골재의 접착이 좋고 골재에 비하여 아스팔트의 온도저하가 빠르기 때문에 신속하게 포설하고 다짐할 수 있는 계획을 사전에 수립하여야 한다.

6.3.6 현장 다짐도 조사 방법

(1) SMA 포장의 현장 다짐도를 평가하기 위한 기준밀도는 핫빈[본] 배합설계 시 최종적으로 결정된 마샬 공시체의 겉보기 밀도를 기준밀도로 적용한다.

【해 설】

아스팔트 콘크리트 포장의 현장 다짐도는 현장 배합설계에서 결정된 공시체의 겉보기 밀도(Bulk)를 기준 밀도로 하여 코어시료의 밀도를 확인한다. 이 때 기준밀도 측정을 위해 사용되는 아스팔트 공시체는 반드시 핫빈[본] 배합설계에 의해 최종적으로 결정된 것이어야 한다. 만일 골재입도의 변화 등으로 골재 합성입도 또는 배합비율이 변화될 경우에는 핫빈[본] 배합설계를 재실시하여 기준밀도를 다시 결정하여 적용한다.

SMA 포장의 현장 다짐도 기준은 기준밀도의 97%이상이며, 다음의 식에 따라 구한다.

$$\text{현장 다짐도}(\%) = \frac{\text{코어시료 겉보기밀도}(g/cm^3)}{\text{기준밀도}(g/cm^3)} \times 100 \qquad \text{<식 6.1>}$$

여기서,

기준밀도 : 핫빈[본] 배합설계 시 최종적으로 결정된 공시체의 겉보기 밀도(g/㎤)
(최적아스팔트함량으로 결정된 마샬 공시체 3개의 평균값)

코어시료 겉보기 밀도 : 포장 현장에서 시공 후 채취한 코어의 겉보기 밀도(g/㎤)

6.4 SMA 포장의 품질저하 원인

(1) SMA 혼합물의 생산 및 시공 시 발생할 수 있는 품질저하 원인 규명 및 발생 원인을 사전에 인지하여 품질저하의 원인을 제거하여야 한다.

6.4.1 SMA 포장의 플러쉬(Flush) 현상

(1) 정 의

플러쉬(Flush) 현상은 주로 SMA 포장에서 발생하는 현상으로 아스팔트, 셀룰로오스 화이버, 채움재(Filler) 및 잔골재의 세립분들이 굵은 골재에 코팅(Coating) 되지 않고 서로 뭉쳐 표면에 노출되어 다짐 시 2~20cm 정도의 원형의 떡처럼 뭉친 면으로 나타난다. 심할 경우에는 기존포장의 과잉 아스팔트 함량에 기인한 아스팔트 블리딩(Bleeding)과 외형적 으로 유사하게 번들거리는 면으로 나타나는 현상이다. 그러나 블리딩과 플러싱은 근본적으로 전혀 다른 현상이다.

(2) 발생원인

- 셀룰로오스 화이버 투입장치 불량 작동에 의한 셀룰로오스 화이버 함량 부족
- 최근 셀룰로오스 화이버 질 저하에 의한 사용량 부족
- 셀룰로오스 화이버의 분산 불량
- 아스팔트 믹서에서의 혼합 불량(특히 초기 생산 혼합물)
- 너무 높은 혼합물 생산 온도(185℃ 이상)
- 아스팔트 플랜트 생산 혼합물의 입도 변동
- 혼합물 운반 트럭의 혼합물 부착방지제 과잉 사용31
- 초기 포설 시 페이버의 스크리드 플레이트 가열 온도(약 150℃)의 미확보로 인하여 혼합물의 매스틱(Mastic) 성분이 스크리드 플레이트에 달라 붙었다가 덩어리로 떨어지면서 발생
- 다짐 시 포설 포장면의 온도(170℃ 이상)가 너무 높을 때 발생 가능
- 스크리드 플레이트의 불량으로 인하여 매스틱 성분들이 뭉쳐서 소규모로 발생
- 택코팅제 과다 사용 및 양생 불량

<그림 6.7> SMA 포장면에 발생된 플러싱 현상

6.4.2 SMA 포장의 온도 저하에 의한 시공 불량

SMA 혼합물 시공 시 시공 당일 처음 생산된 혼합물의 포설과 다짐 시에 <그림 6.8> 및 <그림 6.9>에 나타낸 것과 같이 페이버 후면에서 포설 표면 손상이 빈번히 일어나는 경우가 많다. 이러한 현상을 방지하기 위하여 SMA 혼합물의 초기 포설시 반드시 포장 시작 20~30분 전에 페이버의 스크리드 히터로 스크리드 플레이트를 약 150℃ 이상으로 가열하여 페이버 포설 작업시 SMA 혼합물의 페이스트가 스크리드 플레이트의 밑면에 달라붙지 않도록 하여야 한다.

<그림 6.8> 페이버 후면에서 발생된 SMA 포장 포설 표면 손상 현상

<그림 6.9> 페이버 후면에서 발생된 SMA 포장 포설면 불량 현상

6.4.3 택코팅제 유출에 따른 SMA 포장 표면 상태 불량

SMA 혼합물 시공 시 하부층과 SMA 포장의 접착을 위하여 택코팅을 실시하게 되는 데 일반적으로 현장에서 택코팅제의 살포에 사용되는 디스트리뷰터의 노후화 또는 관리 불량으로 인하여 노즐이 새는 경우가 빈번히 발생되고 있다. <그림 6.10>에는 최종적으로 시공된 SMA 포장 표면에 디스트리뷰터의 노즐에서 택코팅제가 유출되어 표면이 오염된 경우의 전경을 보여준다. 이러한 표면은 미관상 좋지 않을뿐더러 미끄럼 저항성을 감소시키는 결과를 유발하게 된다. 그리고 이렇게 오염된 포장 표면의 경우 절삭 재포장 이외에는 방법이 없기 때문에 사전에 주의를 요한다.

<그림 6.10> 디스트리뷰터에서 택코딩제가 유출되어 표면이 오염된 경우의 전경

6.4.4 SMA 포장 시공이음부 부위의 우수 용출

SMA 포장의 절삭 덧씌우기 공사 시에 기존 포장부와 SMA 포장부의 시공이음 부위에 <그림 6.11>에서 보여주는 것처럼 콜드조인트 시공방법 불량 및 다짐부족으로 인하여 우수가 침투하여 도로의 종횡단 경사를 따라 우수가 흘러서 경사가 가장 낮은 부분에서 물이 용출되는 사례가 빈번히 발생하고 있다. 근본적으로 콜드조인트 부위의 시공과 다짐을 철저히 하여 이러한 사례가 없도록 하여야 한다.

그러므로 SMA 포장 시 시공이음 부분이 있을 때에는 포설 시 특별한 주의를 기울여야 한다. 기존의 일반 혼합물 공사 시에도 이음부분의 외형과 편평한 마무리에 과도한 주의를 기울인 나머지 이음부분의 다짐밀도 부족으로 이음(Joint)부 종방향 균열이 발생한 사례가 있다. SMA 포장에서는 특히 시공이음 부분의 다짐에 주의를 기울여야 하며, 페이버가 진행하는 동안 기존 포장 위에 포설된 겹침부의 혼합물을 걷어 내거나 쓸어버리지 말고 래키 등으로 밀어서 이음 부분에 두툼하게 쌓아서 롤러를 우선적으로 태워 소정의 다짐밀도가 되도록 하여야 한다. 겹침부의 혼합물을 걷어낼 경우 매끈한 이음이 되는 것으로 보이나 SMA의 경우는 소정의 밀도를 얻지 못할 수 있다. 이러한 과정은 앞에서 설명한 <그림 6.6>에서 보는 바와 같다. <그림 6.6(a)>에서 보여주는 그림은 이음부 시공 시 외형적으로 편평한 마무리에만 중점을 둔 것으로 시공이음부에서 균열이나 탈리가 생길 수 있다. <그림 6.6(b)>의 경우처럼 이음부를 시공하면 다짐도가 증가하여 이음부에서 발생되는 문제를 최소화 할 수 있다. 특히 SMA 혼합물의 이음부 다짐에는 반드시 <그림 6.6(b)>와 같은 방법을 사용하여 우수의 침투, 탈리 및 균열 발생을 최소화 할 수 있도록 하여야 한다.

<그림 6.11> 시공 이음부 시공방법 불량 및 다짐부족으로 물이 용출되는 전경

SMA 혼합물의 품질검사 7

7. SMA 혼합물의 품질검사

7.1 품질확인을 위한 샘플링

(1) SMA 혼합물의 품질확인을 위해 실시하는 샘플링은 소요의 품질을 확인할 수 있는 충분한 분량을 채취해야 하고, 다짐 완료된 포장에서 코어를 채취할때에는 포장면의 파손이 최소화 되도록 샘플링을 실시해야하며, KS F 2350 [아스팔트 콘크리트 포장 혼합물의 시료채취 방법]에 따른다.

【해 설】

SMA 혼합물의 품질을 확인하기 위한 기본적인 시험으로는 아스팔트 함량, 골재입도, 밀도 및 이론최대밀도 등이 있으며, 이를 수행하기 위한 시료가 필요하므로 대표적인 시료를 채취하도록 주의하여야 한다. 시료 채취량은 SMA 혼합물중의 골재 최대 치수에 따라 <표 7.1>과 같다.

<표 7.1> 시료 채취 최소량

골재의 최대입자 크기 (mm)	다져지지 않은 혼합물의 최소중량 (kg)	다져진 혼합물의 최소면적(㎠)
5	2	232
8	3	232
10	4	232
13	6	413
20	8	645

(1) 아스팔트 플랜트에서 SMA 혼합물의 시료채취

① 아스팔트 플랜트에서 배출되는 생산 배치로부터 시료를 채취할 때는 서로 180˚되는 2점에서 삽 또는 스쿠프로 퇴적의 밑에서 위로 긁어 올리면서 채취하여 재혼합 및 4분법에 의하여 소요량의 시료를 얻는다. 만일, 시료가 1배치 이상을 대표해야 할 때는 위와 같은 방법으로 각 배치에서 규칙적인 시간 간격으로 시료를 채취한다.

② 퇴적되어 있는 SMA 혼합물에서 시료를 채취할 때는 퇴적부의 정점부, 중앙 및 하부에 구멍을 파고 같은 양의 시료를 채취하여 혼합하여 ①의 방법에 따라 소요량을 취한다.

③ 차량에서 SMA 혼합물을 시료 채취할 때는 전 차량에 걸쳐서 차량의 길이를 2개의 횡단선으로 3등분하고, 주행 방향으로 중간선을 그어 만든 차량표면적의 1/6을 대표하는 중간점 표면의 약 30㎝에서 6개 이상의 시료를 채취한다.

(2) 현장에서 SMA 혼합물의 시료 채취

① SMA 혼합물의 품질을 확인하기 위하여 시공된 포장에서 시료를 채취할 때는 <표 7.1>의 면적보다 넓게 하여 포설된 총 두께까지 취한다.

② 시료는 1일 작업에 대하여 1개 이상 채취한다. 밀도를 결정하기 위한 시료는 밀도의 변화가 일어나지 않도록 절단하여 견고하게 포장해서 운반해야 한다.

③ 시공 후 SMA 포장 면에서 이론최대밀도 시험을 위한 코어를 채취할 때에는 150mm 직경의 시료를 채취하여 골재의 파쇄 면이 최소화되는 SMA 혼합물의 량을 확보하여야 한다.

7.2 SMA 혼합물 품질관리 및 검사

7.2.1 일반 사항

(1) SMA 혼합물의 품질관리는 선정시험, 관리시험, 검사시험 등으로 나눈다. 선정시험은 실시단계에 따라 설계자, 시공자, 감독자가 참여하게 되고, 관리시험은 시공과정을 통해 시공자, 감독자 책임으로 실시하며, 검사시험은 감독자 책임으로 실시되는 것이 일반적이며, 상호 기술적인 협조가 이루어지도록 한다.

【해 설】

(1) 선정 시험

선정시험은 대체적으로 공사에 사용하기 전 재료와 장비가 설계 및 시방조건을 충족시킬 수 있는가를 확인하고 시공관리에 필요한 기준치를 설정하는 것이므로 제조원 또는 공급원이 바뀔 때마다 실시하여야 한다.

(2) 관리 시험

관리시험은 동일제품이라도 운송, 저장, 사용 시에 취급하는 정도에 따라 변질, 변형이 생기므로 시험빈도가 선정시험보다 월등히 많이 실시되어야 하고 포장시공이 완료된 후에도 포장의 관리시험을 실시해야 한다. 관리시험은 시공자가 통계적인 기법을 적용하여 시공초기 또는 기준 변경 초기에 집중관리를 실시하여 품질 변동 폭을 줄이고 품질의 안정상태가 확보되면 그 후로는 빈도수를 대폭 감소시켜 주기적으로 점검 및 확인 하면 된다.

(3) 검사 시험

검사시험은 설계, 시방서에서 제시한 품질기준 이상으로 견실시공을 실시하여 설계자가 의도대로 포장수명을 확보하고 그 기능을 유지할 수 있는가를 발주자 또는 감독자가 직접

확인하는 과정이 된다. 검사시험은 선정된 지점의 샘플검사이므로 샘플채취의 위험 부담률이 높기 때문에 발주자 또는 감독자의 입장에서는 매우 중요한 수단이며 과정이 된다.

7.2.2 품질관리 방법

(1) 품질관리란 설계서 및 시방서에 요구하고 있는 규격을 만족하는 포장을 경제적으로 만들기 위해서 취해지는 수단으로써 포장의 결점을 미연에 방지하고 품질의 변동이 최소화하여 공사에 대한 신뢰성을 향상시키며, 새로운 문제점을 발견하여 개선하는 것이 목적이다.

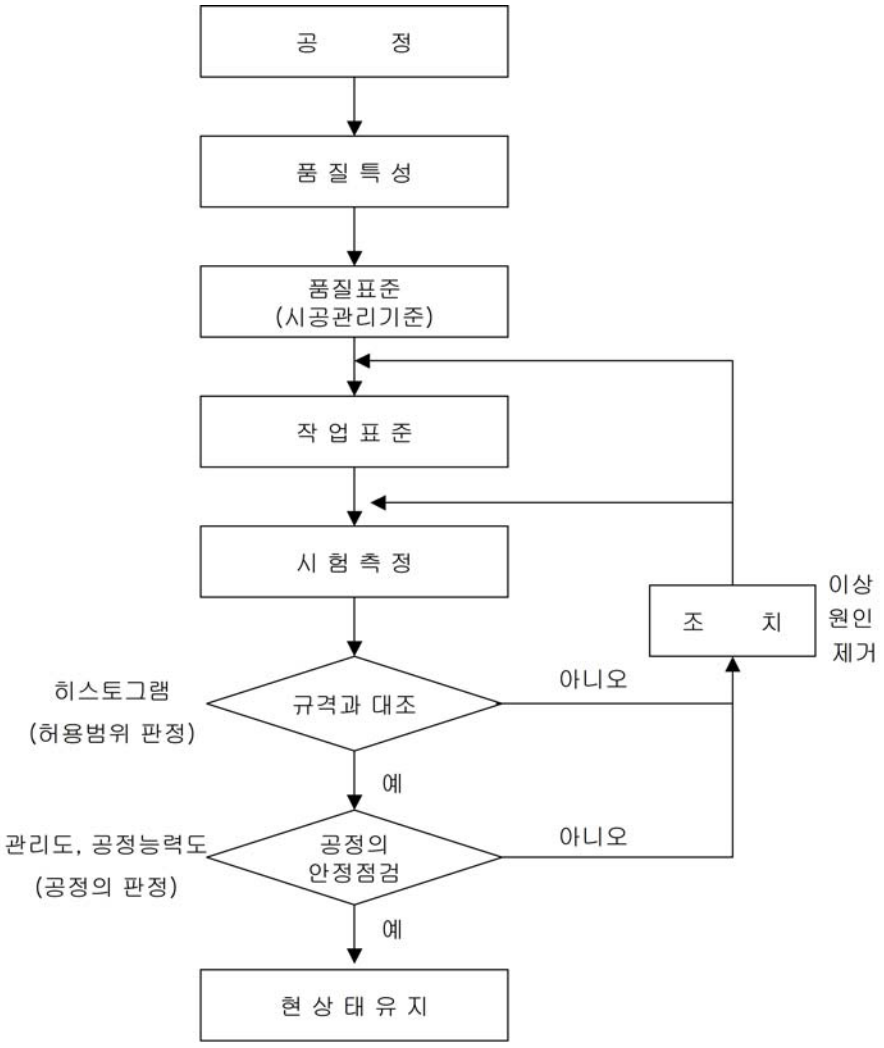
【해 설】

품질관리란 SMA 포장의 품질을 객관적으로 평가하는 각종 시험을 공사 중 일정 간격으로 연속하여 시행한 후, 그 결과를 통계적으로 처리하여 이후의 공사에 유용하게 하는 것이다. 그러나 포장의 품질항목 중 시험에 의해 평가할 수 없는 항목이 있고, 국부적인 특이성은 소수의 시험으로는 발견할 수 없는 것도 있으므로 현장기술자가 항상 공사의 세부 사항에 대하여 관찰해 두는 것도 품질관리의 일환으로써 매우 중요하다. 품질관리의 시행에 있어서는 다음의 두 가지 조건을 만족시켜야 한다.

· 제품 규격이 허용 범위 내에 들 것

· 작업 공정이 안정 상태에 있을 것

작업 공정의 안정 상태 여부를 점검하기 위해서는 관리도가 이용되며, 이는 현재까지 입수된 데이터를 근거로 하여 이후의 작업 공정에 대한 안정 상태를 점검하는 기준이 된다. 규격이 어느 허용 범위에서 만족하고 있는가를 조사하는 것으로는 히스토그램(Histogram)이 이용된다. 일반적으로 공정이 불안정한 상태에서는 2가지 변동요인이 존재한다. 이러한 변동 원인을 이상 원인과 우연 원인인데 이들을 분리시켜 이상 원인을 찾아내어 조치함으로써 우연 원인에 의한 변동만을 허용하여 품질을 관리하게 된다.



<그림 7.1> 통계적 품질관리 방법 계통도

7.2.3 선정시험

(1) SMA 포장용 재료인 골재와 아스팔트 등의 재료가 소요품질을 가지고 있는가를 공사 시작하기 전에 또는 재료나 배합을 변경하기 전에 시험을 실시하여 확인해 두어야 한다.

(2) SMA 혼합물의 선정시험의 종목은 <표 7.2>에 따른다.

(3) 공사도중 재료 원을 변경한 경우와 품질의 변동이 이상하게 큰 경우에도 선정시험을 실시할 필요가 있다.

【해 설】

<표 7.2> 선정시험의 종목

종별		시험종목	시험방법	시험빈도 (측정빈도)	비고
아스팔트	침입도	당해 제품의 KS규격에 규정된 시험종목	KS M 2201	제조회사 마다	침입도규격 및 공용성(PG)규격
	PG		KS F 2389		
골재		체가름	KS F 2502	1) 공사개시 전 1회 2) 골재원 마다	
		200번체 통과량	KS F 2511		
		비중 및 흡수량	KS F 2503		굵은 골재
			KS F 2504		잔골재
		마모	KS F 2508		
		안정성	KS F 2507		
		피막박리	KS F 2355		
채움재		입도 및 수분	KS F 3501	제조회사 마다	기타, 석분은 별도 시험방법 적용
		비중	KS F 3501		
SMA 혼합물	배합설계시	아스팔트 함량	KS F 2354 KS F 2490	재료가 다른 각 배합마다	
		입도	KS F 2502		
		공극률	KS F 2364		
		골재간극률	KS F 2349		
		포화도	KS F 2349		
		동적안정도	KS F 2374		
셀룰로오스 화이버		드레인다운 시험	KS F 2489	제조회사 마다	
아스팔트 플랜트		계량기의 눈금 점검 자동계량장치 점검	KS F 2455	1) 공사개시 전 1회 2) 필요 시 마다	

선정시험의 목적은 다음 두 가지이다.

(1) 사용재료 및 혼합물이 시방서 기타에 정해진 소요의 품질을 구비하고 있는가를 확인한다.

(2) 관리단계에서 필요한 수치를 구한다. 예를 들면 SMA 혼합물의 다짐도를 구하기 위한 기준밀도 또는 공극률 계산을 위한 이론최대밀도 등을 결정한다.

또한, 주요한 사용 장비인 아스팔트 페이버, 다짐장비 등의 성능을 확인하는 시험도 미리 실시해 두어야 한다.

(1) 아스팔트 플랜트에서 SMA 혼합물을 생산 시 품질관리의 중요한 수단이 되는 공극율을 구하기 위하여 최종배합설계 시에 품질관리에 사용 할 이론 최대 밀도를 결정하여야 한다. 또한, SMA 포장 시공 시 다짐도 산정의 기준이 되는 SMA 혼합물의 기준밀도를 설정한 후 본 시공에 임한다.

【해 설】

- 아스팔트 플랜트에서 SMA 혼합물을 생산할 때 사용되는 골재 원과 반입되는 골재의 입도의 변동이 없을 시 매일 생산되는 SMA 혼합물의 품질 변동을 파악하는 데 사용되는 가장 유용한 수단이 공극률이다. 이러한 공극율을 산정하기 위해서는 배합설계 시 최종적으로 결정된 합성입도와 최적 아스팔트함량을 사용하여 측정된 이론최대밀도가 공극률 산정의 기준이 된다. 그러므로 계약자는 품질관리에 사용될 이론최대밀도를 측정하여 감독원의 승인을 받아야 한다.
- 또한, SMA 혼합물의 현장 시공 시 다짐도 산정의 기준이 되는 기준밀도는 현장 배합설계 시 최종적으로 결정된 합성입도와 최적 아스팔트함량을 사용하여 공시체를 만들고 기준밀도를 산정하여 감독원의 승인을 받아야 한다. 이러한 기준밀도는 현장에 시공된 SMA 혼합물에서 코어를 채취하여 현장밀도를 측정한 값과 비교하여 현장 다짐도를 산출함으로써 현장 다짐에 대한 품질관리를 실시한다.

7.2.4 관리시험

(1) 관리시험은 선정시험을 통하여 구해진 SMA 포장용 재료인 골재와 아스팔트 등의 재료의 변동을 조사하여 변동 발생 시 변동 원인을 파악하여 즉각적인 조치를 취하여 변동 발생 요인을 제거하는 행위를 말한다.

(2) SMA 혼합물의 관리시험의 종목은 <표 7.3>에 따른다.

(3) 관리시험 주요항목은 입도, 아스팔트함량, 온도 등이다.

(4) 시공 시 시방에 규정된 SMA 포장의 적정한 다짐도 달성을 위하여 반드시 시험시공을 통하여 로울러의 다짐에너지, 다짐횟수 및 아스팔트 혼합물의 적정 다짐온도 등을 확인하여 표준 시공기준을 설정한 후 본 시공에 임한다.

(5) SMA 포장의 시공 시 공용성에 가장 큰 영향을 미치는 요소가 다짐도 이기 때문에 적정한 다짐도의 달성을 위하여 방사선 등을 이용한 비파괴 시험 장비를 적극적으로 도입하여 다짐이 진행되는 동안 실시간으로 다짐도를 확인하여 관리하는 방법을 고려한다

【해 설】

관리시험의 주요항목에 대해 살펴보면 다음과 같다.

(1) 입도

SMA 혼합물용 입도 관리는 아스팔트 플랜트로부터 배출된 혼합물 또는 코어에 대한 것이 있으므로 관리는 채취방법에 따라 실시하는 것을 원칙으로 하며, 핫빈에서의 합성입도의 관리도 동시에 실시하여야 한다. 핫빈 골재를 정기적으로 채취하여 체분석 시험을 실시하여 각 빈별 입도변화를 검사하고 변동 시 핫빈 별 배합비를 조정하며, 입도의 변동이 발생할 만한 사건 발생 시에도 이와 같이 시행한다.

(2) 아스팔트 함량

아스팔트 함량은 아스팔트 플랜트에서 생산된 혼합물 또는 포장체에서 채취하여 아스팔트 함량 시험을 수행하며, 이 측정치와 최종 배합설계 시 아스팔트 플랜트에서 생산되어 결정된

아스팔트 함량과의 차로서 관리한다.

(3) 온도

아스팔트 및 골재 온도는 아스팔트 플랜트에서 설치되어 있는 온도계로 수시로 검사하고, 혼합물 온도는 믹서에서 배출된 시점에서 측정한다.

(1) SMA 포장의 최적 다짐도 달성을 위하여 반드시 시험시공을 통하여 롤러의 다짐에너지, 다짐회수 및 SMA 혼합물의 적정 다짐온도 등을 확인하여 표준 시공기준을 설정한 후 본 시공에 임한다.

【해 설】

SMA 포장의 시공 시 포장의 공용성에 가장 큰 영향을 미치는 요소는 SMA 혼합물의 다짐이다. 요구되는 다짐도를 얻는 데 가장 큰 영향을 미치는 요소 중의 하나가 SMA 혼합물의 온도 관리이다. 그러므로 SMA 포장 시공 시 적정한 다짐도를 얻기 위해서는 시공계획을 체계적으로 수립하여 SMA 혼합물 적재트럭의 지연이나 과도한 대기 없이 적시에 포설할 수 있게 조치하는 것이 필수적이다.

SMA 포장의 다짐도 부족이나 과다짐 방지를 위하여 시험시공을 반드시 실시하여 적정한 다짐장비 조합, SMA 혼합물의 운반시간, 다짐횟수, 페이버 포설두께, 다짐온도 등에 대한 검토를 반드시 실시한 후에 체계적인 계획을 수립하고 SMA 포장 시공에 임하여야 한다. 이렇게 하기 위하여 적정 규모 이상의 SMA 포장공사 시행 시 반드시 시험시공을 실시하여야 한다.

<표 7.3> 관리시험의 종목

종별		시험종목		시험방법	시험빈도 (측정빈도)	비고
아스팔트	침입도	당해 제품의 KS규격에 규정된 시험종목		KS M 2201	1) 제조회사 마다 2) 입고 시 마다	침입도규격 및 공용성(PG)규격
	PG			KS F 2389		
컷백 아스팔트		당해 제품의 KS규격에 규정된 시험종목		KS M 2202	1) 제조회사별, 제품 규격 마다 2) 반입 시 마다	
유화 아스팔트				KS M 2203		
채움재		입도, 수분		KS F 3501	1) 제조회사 별, 2) 반입 시마다	
		비중		KS F 3501		
부순골재		체가름		KS F 2502	1) 생산지 마다 2) 재질(암질)이 변할 때 마다	
		비중 및 흡수율		KS F 2503 KS F 2504		
		마모		KS F 2508		
아스팔트 플랜트		계량기의 눈금 점검		KS F 2508	작업개시 전 1회	
		아스팔트의 온도			1시간에 1회 이상	가열 시
		골재의 온도				가열 후
		골재의 체가름		KS F 2502	1일 1회 이상	가열 전·후
SMA 혼합물		혼합물 온도		온도계에 의함	운반차량 마다	
		아스팔트 함량		KS F 2354 KS F 2490	1일 3회 이상	
		이론적최대비중		KS F 2366		
		체가름		KS F 2502		
		공극률		KS F 2364		
		골재간극률		KS F 2349		
		포화도		KS F 2349		
		드레인다운 시험		KS F 2489		
		동적안정도		KS F 2374	1회/1000ton	
SMA 혼합물의 포설		밀도		KS F 2353	1) 1일 1회 이상 2) 포설1층당 3,000 ㎡ 마다	
		두께		KS F 2367	매 차로 당 500m 마다	
		평탄성	종방향	7.6m 측정기	차로 마다 전 구간	
				3.0m 측정기		7.6m 측정 불능 시
			횡방향	직선자	200m 마다	

(1) SMA 포장의 시공 시 공용성에 가장 큰 영향을 미치는 요소가 다짐도 이기 때문에 적정한 다짐도의 달성을 위하여 방사선 등을 이용한 비파괴 시험장비를 적극적으로 도입하여 다짐이 진행되는 동안 실시간으로 다짐도를 확인하여 관리하는 방법을 고려한다.

【해 설】

SMA 포장 공사가 끝난 후 포장의 두께, 평탄성, 다짐도에 대해 반드시 점검 하도록 하여야 한다. 실제로 현재의 검사방법이 코어채취 등의 포장을 손상시키는 검사이기 때문에 철저하게 검측이 시행되지 않는 문제점이 있으므로 방사선 장비를 이용한 다짐도 측정 방법과 GPR(Ground Penetration Radar) 장비 등을 통한 포장 두께 확인을 하는 비파괴 시험법을 활성화하여야 한다. 또한, 현재 검측 시 SMA 포장의 다짐도가 불합격이 발생하더라도 전면 재시공 등의 조치를 취하기가 어려운 점을 감안하여 이전에 언급한 비파괴 시험장비의 사용을 적극적으로 고려한다.

이러한 비파괴 시험 장비를 사용할 경우 현장에서 SMA 혼합물의 다짐이 시행되는 실시간에 다짐도를 검사할 수 있어서 다짐이 부족할 경우 즉각적인 조치가 가능하기 때문에 시공 시 SMA 포장의 공용성에 가장 큰 영향을 미치는 다짐도를 능동적으로 관리할 수 있다.

7.2.5 검사시험

(1) 일반사항

(1) 검사 목적은 완성된 포장이 설계서, 시방서를 만족하는 것인지, 아닌지를 결정하는데 있다. 검사 방법은 포장완성 시의 규격, 품질검사 외에 선정시험의 적합성여부를 확인한다. 외관으로 확인할 수 없는 부분의 검사는 시공의 각 공종단계에서 확인해야 한다.

(2) 검사 시험의 종목 및 빈도는 <표 7.4>에 따른다.

【해 설】

공사 중의 품질관리와 완공 후 검사는 생각하는 방법이 근본적으로 차이가 있다. 품질관리에서는 어느 모집단 분포에서 측정치를 얻어서 그 측정치가 뜻하는 것이 무엇인가를 인지하고, 그 공정에 대하여 조치를 취한다. 그런데 검사는 시료채취과정은 품질관리와 흡사하나, 그 결과에 의해 해당 로트의 합격여부를 결정하게 되므로 품질관리와는 전혀 다르다.

검사에 합격하는 것은 도급자 측으로부터 발주자에게 인도될 때의 포장이 품질보증이 되는 것을 뜻하므로, 검사에 있어서는 발주자 측이나 도급자 측이나 공정한 태도로 임해야 하고 재료의 채취, 측정, 시험 등에는 이에 정통한 숙련자 또는 전문 시험기관을 이용하여 만전을 기하여야 한다.

<표 7.4> 검사 시험의 종목

<table>
<tr><th>종별</th><th colspan="2">시험종목</th><th>시험방법</th><th>시험빈도
(측정빈도)</th><th>비고</th></tr>
<tr><td rowspan="8">SMA 포장
완성면</td><td colspan="2">아스팔트 함량</td><td>KS F 2354
KS F 2490</td><td rowspan="5">매 차로 당 500m 마다</td><td rowspan="5">코어채취</td></tr>
<tr><td colspan="2">이론적 최대비중</td><td>KS F 2366</td></tr>
<tr><td colspan="2">체가름</td><td>KS F 2502</td></tr>
<tr><td colspan="2">다짐도</td><td>KS F 2353</td></tr>
<tr><td colspan="2">두께</td><td>KS F 2367</td></tr>
<tr><td rowspan="2">평탄성</td><td>종방향</td><td>7.6m 측정기</td><td>차로 마다 전 구간</td><td></td></tr>
<tr><td>횡방향</td><td>직선자</td><td>200m 마다</td><td></td></tr>
</table>

(2) 평가 및 조치

(1) SMA 혼합물의 공용성 향상을 위해서 현장 아스팔트 플랜트에서 생산된 혼합물에 대한 검사를 철저히 행하고 시공 시 다짐온도와 다짐도에 대한 즉각적인 평가를 통하여 시공불량의 원인을 분석한 뒤 신속한 조치를 취하여야 한다. 불량 시공된 SMA 혼합물의 경우 불량원인을 제공한 주체가 아스팔트 플랜트인지 시공사인지 책임소재를 명확히 함으로써 고품질의 SMA 혼합물을 시공할 수 있다. 불량 시공된 SMA 혼합물에 대해서는 즉각적인 하자 보수 조치를 취한다.

【해 설】

- 과거에는 일단 SMA 혼합물이 시공되고 나서 파손이 발생하였을 경우 파손 원인의 규명에 큰 비중을 두지 않았으며 파손 원인을 규명하는 기술 수준도 낮은 상황이었다. 그러나 최근에는 SMA 혼합물에 대한 적극적인 투자와 연구의 결과로 기술 수준이 높아져서 실제로 현장에서 발생한 SMA 포장의 파손 원인의 대부분을 명확히 밝힐 수 있는 수준이 되었다.
- 그러므로 SMA 포장이 조기 파손이 발생하였을 경우는 반드시 현장 조사와 시험을 통하여 파손 원인을 규명하고 포장 파손의 책임이 시공사에 있는지 아스팔트 플랜트에 있는지에 대한 책임 소재를 분명히 하여 하자에 대한 책임을 물어야 한다.
- 이러한 조치가 시행되면 시공사와 아스팔트 플랜트 양자가 각기 책임이 있는 부분에 대하여 품질 개선을 위한 노력 및 품질 관리에 대한 관심을 크게 증대시킬 것으로 기대된다. 한편, 시공회사는 아스팔트 품질 불량에 따른 하자 발생 원인을 줄이기 위해 고품질의 아스팔트 혼합물을 생산하는 아스팔트 플랜트를 선호하게 됨으로써 자연스런 SMA 포장용 재료의 품질경쟁을 유도할 수 있다.

부 록

SMA 배합설계 예제

부록. SMA 배합설계 예제

10mm SMA(Stone Mastic Asphalt) 혼합물 결과 총괄표

<표 1> 배합설계 시험결과

시 험 항 목	10mm SMA	시 방 기 준	비 고
최적 아스팔트함량 (%)	6.8	6.6 이상	
공극률 (%)	2.9	2~4	
골재공극률(VMA) (%)	19.0	18 이상	
포화도(VFA) (%)	84.7	75 이상	
동적안정도 (회/mm)	4846.2	2000 이상	
드레인다운 (%)	0.27	0.3 이하	

※ 셀룰로오스 화이버 사용량: 0.4%

※ 사용된 아스팔트 바인더: PG 64-22 사용

골재 비중시험 결과

<표 2> 골재 비중시험 결과

종 류	비 중	1	2	평 균
11~6mm	겉보기비중	2.798	2.820	2.809
	표건 겉보기비중	2.816	2.830	2.823
	진 비 중	2.851	2.849	2.850
6mm 이하	겉보기비중	2.589	2.625	2.607
	표건 겉보기비중	2.623	2.658	2.640
	진 비 중	2.679	2.715	2.697
석 분	비 중	2.752	2.765	2.759

※ 배합설계 시 이론최대밀도 계산에 사용된 혼합골재 유효비중(Gse): 10mm SMA: 2.811

(배합설계 시 이론최대밀도 계산에 사용된 아스팔트의 비중 : 1.03)

골재의 편명 및 세장편 함유량 시험 결과

<표 3> 골재의 편명 및 세장편 함유량 시험 결과

구 분	시방 조건	11~6mm
평균 편장석율 (%)	10% 이하	2.6

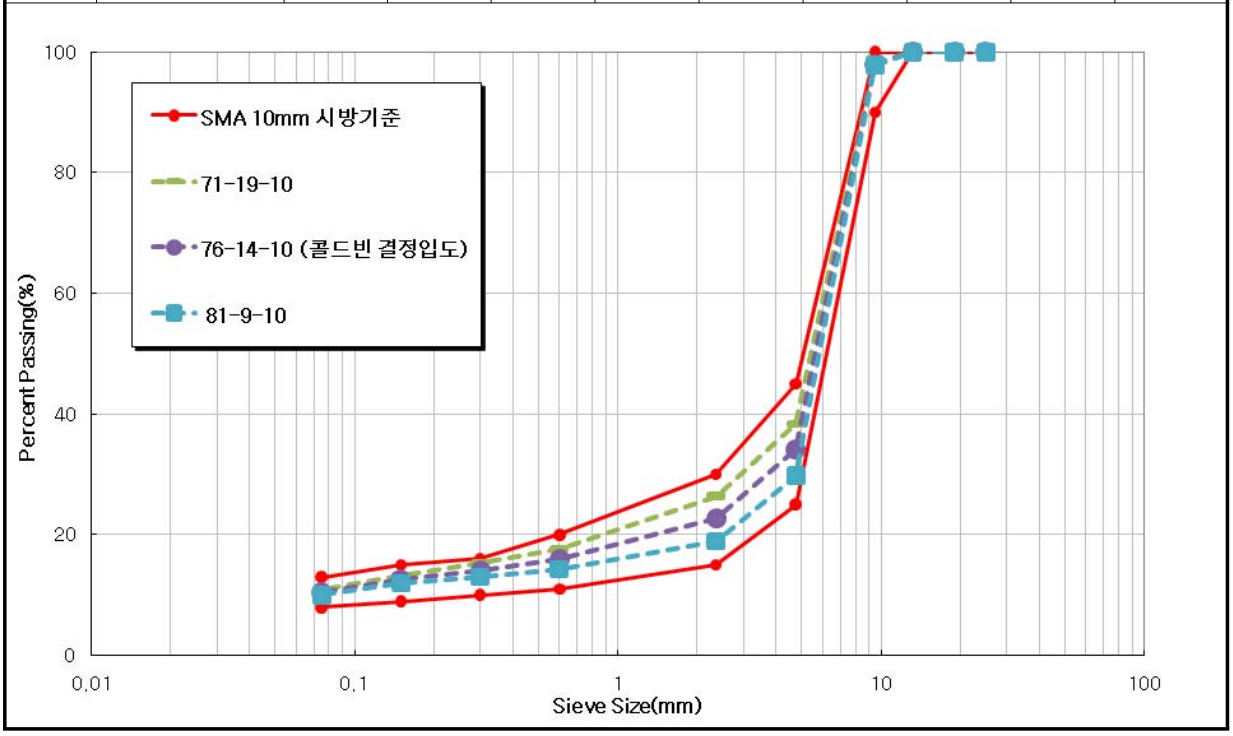
Cold Bin 배합설계 결과

<표 4> 빈별 입도분석(Cold Bin)

각 골 재 부 분	각 골 재 입 도								
	20㎜	13㎜	10㎜	5㎜	2.5㎜	0.6㎜	0.3㎜	0.15㎜	0.08㎜
11~6mm	100	100	97.3	13.4	2.4	1.3	1.1	1.0	0.8
6mm 이하	100	100	100.0	99.1	77.6	35.7	23.7	13.8	9.0
filler	100	100	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.5	85.5

<표 5> 10mm SMA(Stone Mastic Asphalt) Cold Bin 합성입도

구분	각 골재 비율	체크기 통과백분율								
		20㎜	13㎜	10㎜	5㎜	2.5㎜	0.6㎜	0.3㎜	0.15㎜	0.08㎜
합성 입도	71-19-10	100.0	100.0	98.1	38.4	26.4	17.7	15.3	13.3	10.8
	76-14-10 (콜드빈 결정입도)	100.0	100.0	97.9	34.1	22.7	16.0	14.2	12.6	10.4
	81-9-10	100.0	100.0	97.8	29.8	18.9	14.3	13.0	12.0	10.0
입도 기준	상한	100	100	100	45	30	20	16	15	13
	하한	100	100	90	25	15	11	10	9	8



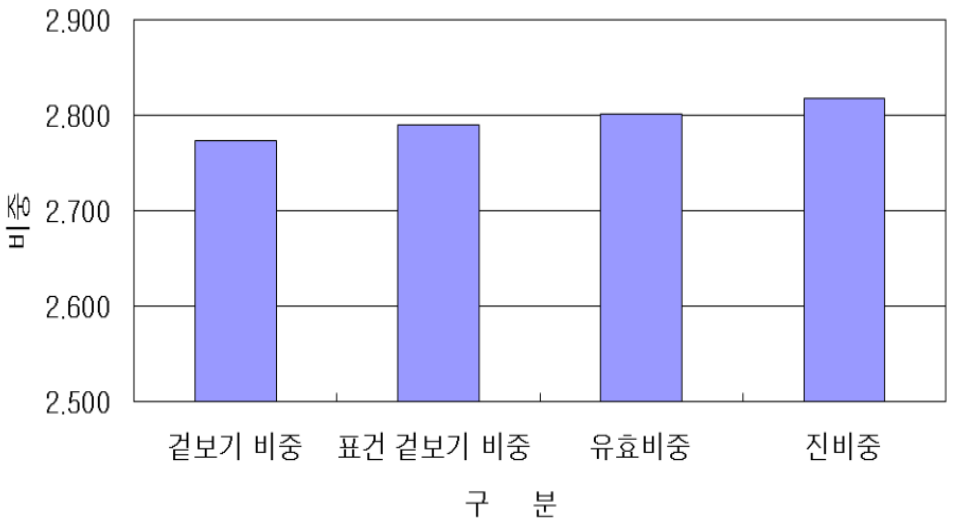
<표 6> 이론최대밀도 시험결과

※ AP비중 : 1.03

구분	10mm SMA (76-14-10)		
아스팔트 함량(%)	4.5	4.5	4.5
건조시료의 공기 중 무게(g)	2000.3	2000.3	2000.2
용기+물 무게(g)	18325.8	18325.8	18325.8
용기+물+시료 무게(g)	19558.1	19558.7	19558.4
건조시료 부피에 해당하는 물 무게(g)	1232.3	1232.9	1232.6
이론적 최대비중 (G_{mm})	2.605	2.607	2.606
유효비중(G_a)	2.806	2.809	2.808
평균 유효비중	2.808		

<표 7> 각 골재의 비중시험 결과

골재명 / 구분	겉보기 비중(G_{sb})	표건 겉보기비중	진비중 (G_{sa})	흡수율(%)	평균비중	배합비(%)
11~6mm	2.809	2.823	2.850	0.52	2.829	76.0
6mm 이하	2.607	2.640	2.697	1.28	2.652	14.0
석분 (Filler)	2.759				2.759	10.0
배합비를 고려한 혼합골재 물성	겉보기 비중	표건 겉보기비중	진비중	평균 흡수율(%)		배합비 합계(%)
	2.774	2.790	2.818	0.61		100.0



<그림 1> 골재의 유효비중 검토

※ 이론최대밀도 시험을 통한 혼합골재 유효비중(2.808)값이 혼합골재 진비중(2.818)값과 혼합골재 겉보기비중(2.774)값 사이에 존재하므로 이론최대밀도 시험값의 신뢰성이 검증됨.

〈표 8〉 10mm SMA(Stone Mastic Asphalt) Cold Bin 아스팔트 혼합물 배합설계 결과

배합비	아스팔트 함량	두께 (mm)	공기 중량 (g)	수중 중량 (g)	표면건조 중량 (g)	실측밀도 (g/cm^3)	이론밀도 (g/cm^3)	아스팔트 용적 (%)	공극률 (%)	포화도 (%)	골재 공극률 (%)
71-19-10	6.9	56.3	1102.4	655.3	1103.8	2.458	2.514	16.5	2.2	88.0	18.7
	6.9	58.5	1116.6	661.2	1117.9	2.445	2.514	16.4	2.8	85.6	19.1
	6.9	57.7	1125.8	667.6	1126.8	2.452	2.514	16.4	2.5	86.8	18.9
	평균	57.5				2.452			2.5	86.8	18.9
76-14-10	6.9	56.8	1116.9	664.5	1118.2	2.462	2.514	16.5	2.1	88.7	18.6
	6.9	57.7	1121.7	667.5	1123.0	2.463	2.514	16.5	2.1	88.9	18.6
	6.9	57.4	1117.4	668.5	1119.7	2.477	2.514	16.6	1.5	91.7	18.1
	평균	57.3				2.467			1.9	89.8	18.4
81-9-10	6.9	57.3	1123.3	671.4	1124.0	2.482	2.514	16.6	1.3	92.8	17.9
	6.9	55.5	1116.0	666.7	1116.9	2.479	2.514	16.6	1.4	92.2	18.0
	6.9	58.2	1134.4	675.1	1135.0	2.467	2.514	16.5	1.9	89.7	18.4
	평균	57.0				2.476			1.5	91.6	18.1

※ 다짐횟수: 75회, 사용된 아스팔트 바인더: PG 64-22사용

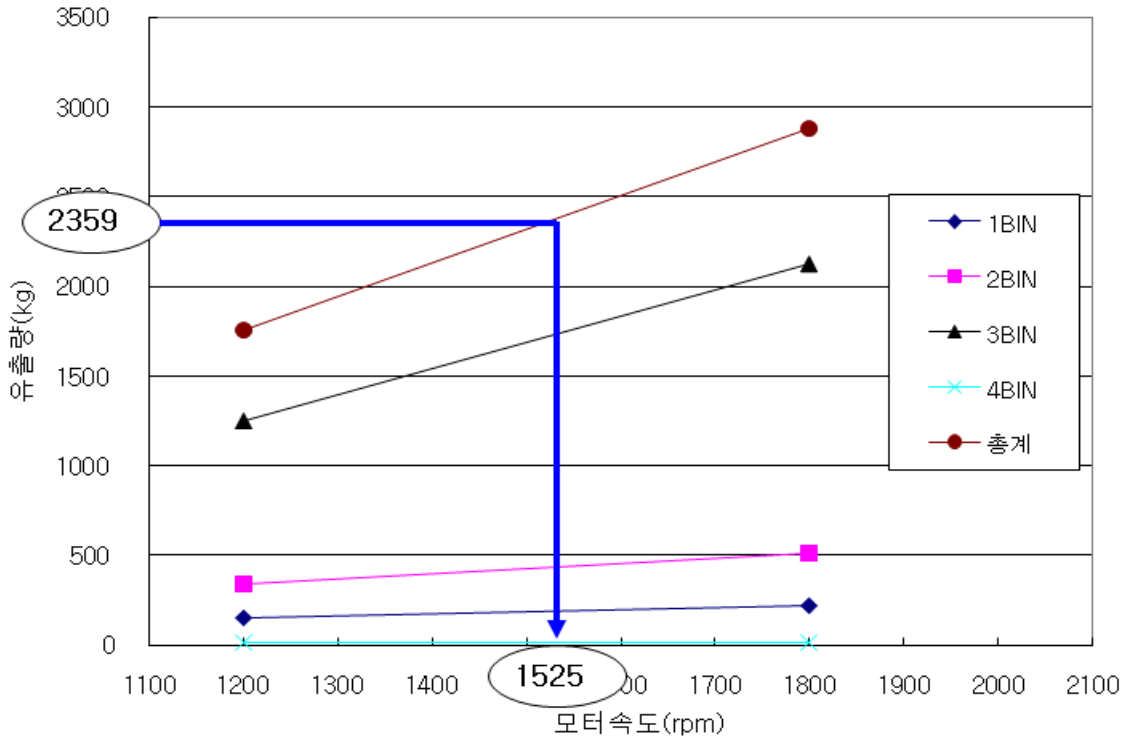
<표 9> 유출량 시험을 위한 소요 골재량 계산

AP 함량 (%)	6.9
1 batch 생산량 (kg)	3000
Dry Time (sec)	5
Wet Time (sec)	40
Gate Open Time (sec)	7
Loss Time (sec)	2
Cycle Time (sec)	54
분당 혼합물 생산량	3333
분당 총 소요 골재량 (Filler포함)	3103
혼합물 배합비	
11~6mm (%)	76
6mm 이하 (%)	14
Filler (%)	10
총 계	100
분당 콜드빈 총소요 골재량	
11~6mm (kg)	2359
6mm 이하 (kg)	434
총 계 (Filler제외)	2793

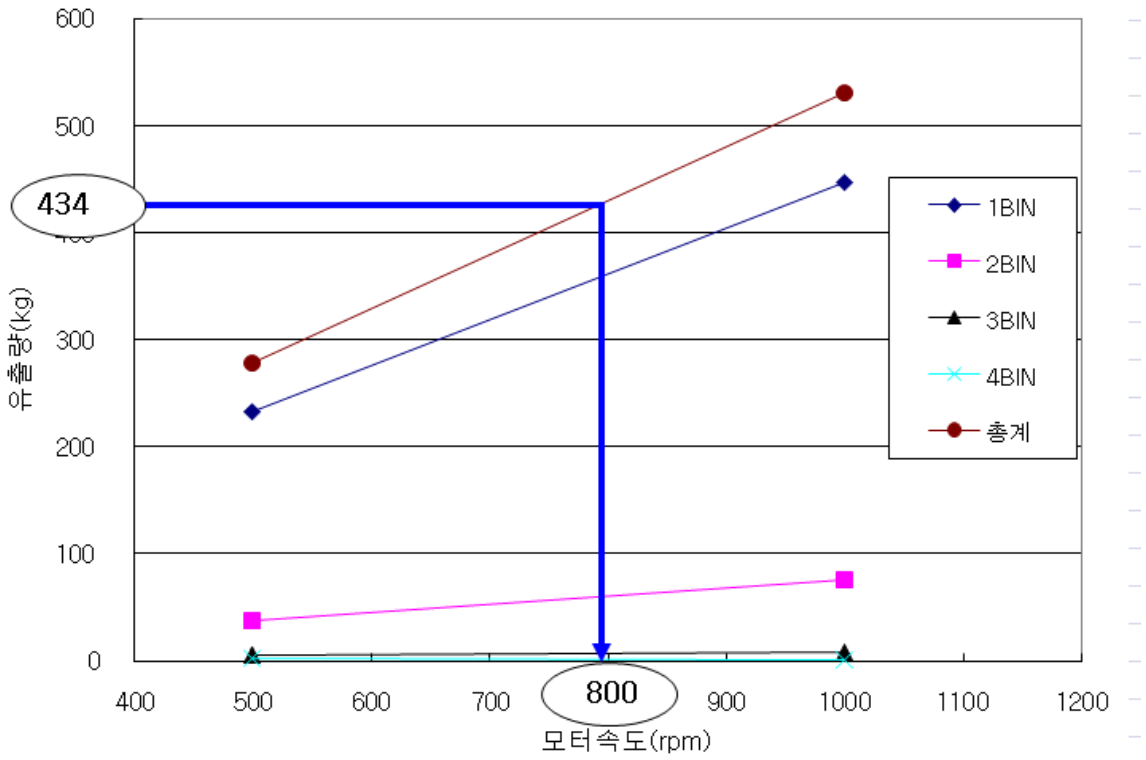
10mm SMA(Stone Mastic Asphalt) 유출량 시험

〈표 10〉 10mm SMA(Stone Mastic Asphlat) 유출량시험

콜드빈	콜드빈 간격 (cm)	투입 시간 (분)	모터 속도 (rpm)	총 누계	1BIN (kg)	2BIN (kg)	3BIN (kg)	4BIN (kg)	5BIN (kg)	계
11~6mm	40×30	3	1200	총 계량량	463	1011	3760	38		5272.0
				분당 계량량	154.3	337.0	1253.3	12.7		1757.3
		2	1800	총 계량량	443	1023	4250	39		5755.0
				분당 계량량	221.5	511.5	2125.0	19.5		2877.5
6mm	40×10	12	500	총 계량량	2798	456	69	20		3343.0
				분당 계량량	233.2	38.0	5.8	1.7		278.6
		8	1000	총 계량량	3572	610	65	2	1	4250.0
				분당 계량량	446.5	76.3	8.1	0.25	0.25	531.4



<그림 2> 콜드빈 골재의 모터속도에 따른 유출량 차트의 예(10mm)



<그림 3> 콜드빈 골재의 모터속도에 따른 유출량 차트의 예(6mm 이하)

〈표 11〉 10mm SMA(Stone Mastic Asphalt) 유출량시험 결과

콜드빈	콜드빈 간격 (cm)	모터속도 (rpm)	설계 유출량 (kg)	1 BIN (kg)	2 BIN (kg)	3 BIN (kg)	4 BIN (kg)	5 BIN (kg)	계
11~6mm	40×30	1525	2359	191	431	1726	16	0	2364
6㎜ 이하	40×10	800	434	361	62	7	0	0	430
측정결과 (개별 측정)		빈별 총계 (kg)		552	493	1733	16	0	2794
		빈별 잔류 비율 (%)		17.8	15.9	55.8	0.5	0.0	90.0
측정결과 (동시 유출)		빈 별 잔류량 (kg)		1032	1011	3337	31	3	5414
		빈 별 잔류 비율 (%) – 1차		17.2	16.8	55.5	0.5	0.0	90.0
		빈 별 잔류량 (kg)		1350	1303	5125	48	0	7826
		빈 별 잔류 비율 (%) – 2차		15.5	15.0	58.9	0.6	0.0	90.0

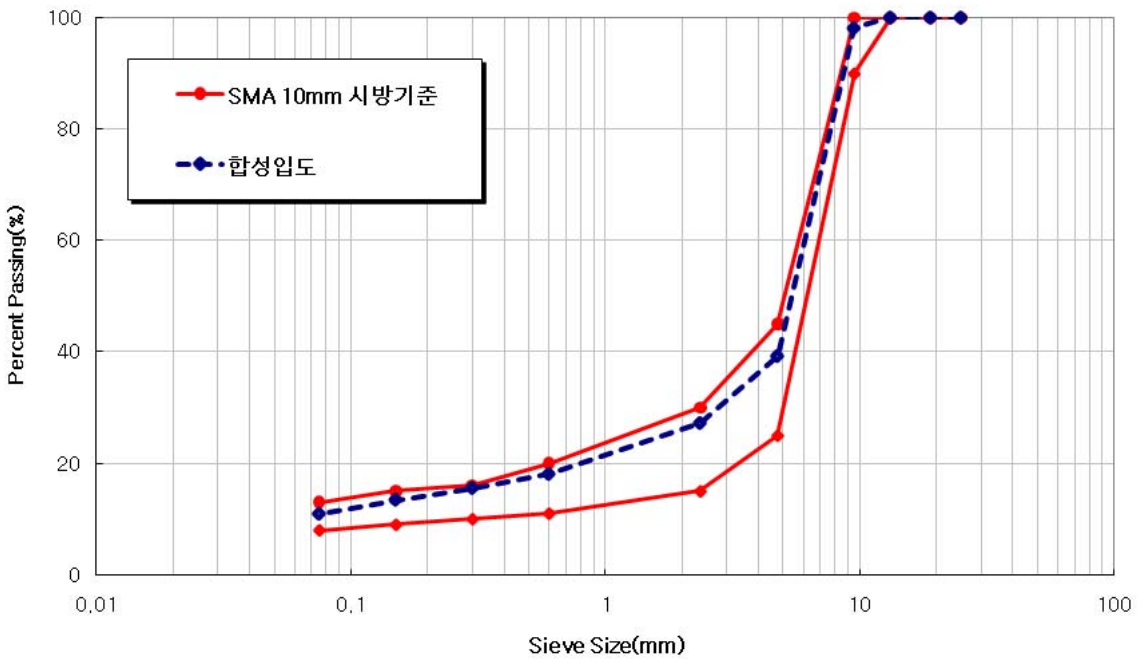
Hot Bin 배합설계 결과

<표 12> 빈별 입도분석(Hot Bin)

각 골재 구분	각 골재입도								
	20㎜	13㎜	10㎜	5㎜	2.5㎜	0.6㎜	0.3㎜	0.15㎜	0.08㎜
3 Bin	100.0	100.0	98.4	5.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0
2 Bin	100.0	100.0	100.0	75.8	13.4	6.8	5.5	3.9	2.1
1 Bin	100.0	100.0	100.0	97.2	78.5	39.4	30.8	20.3	9.9
Filler	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.5	85.5

<표 13> 10mm SMA(Stone Mastic Asphalt) Hot Bin 합성입도

각 골재 구분	사용 백분율	체크기 통과백분율								
		20㎜	13㎜	10㎜	5㎜	2.5㎜	0.6㎜	0.3㎜	0.15㎜	0.08㎜
3 Bin	61	61.0	61.0	60.0	3.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0
2 Bin	15	15.0	15.0	15.0	11.4	2.0	1.0	0.8	0.6	0.3
1 Bin	15	15.0	15.0	15.0	14.6	11.8	5.9	4.6	3.1	1.5
Filler	9	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	7.7
합성입도		100.0	100.0	99.0	38.1	22.9	16.0	14.5	12.6	9.5
입도기준	상한	100	100	100	45	30	20	16	15	13
	하한	100	100	90	25	15	11	10	9	8



〈표 14〉 10mm SMA(Stone Mastic Asphalt) Hot Bin 아스팔트 혼합물 배합설계 결과

아스팔트	두께 (mm)	공기 중량 (g)	수중 중량 (g)	표면건조 중량 (g)	실측밀도 (g/cm^3)	이론밀도 (g/cm^3)	아스팔트 용적 (%)	공극률 (%)	포화도 (%)	골재 공극률 (%)
6.5	57.1	1091.5	647.1	1094.5	2.440	2.523	15.6	3.3	82.5	18.9
6.5	56.2	1079.1	641.9	1081.4	2.455	2.523	15.7	2.7	85.4	18.4
6.5	57.5	1077.0	639.3	1080.6	2.441	2.523	15.6	3.3	82.7	18.9
6.5	55.6	1070.0	636.4	1072.9	2.451	2.523	15.7	2.8	84.7	18.6
평균	56.6				2.447			3.0	83.8	18.7
6.9	57.9	1096.8	650.1	1099.7	2.440	2.511	16.3	2.9	85.1	19.2
6.9	57.0	1074.8	640.9	1077.4	2.462	2.511	16.5	2.0	89.4	18.4
6.9	57.7	1094.2	648.2	1096.9	2.439	2.511	16.3	2.9	84.9	19.2
6.9	56.8	1078.8	641.0	1080.8	2.453	2.511	16.4	2.3	87.6	18.8
평균	57.4				2.448			2.5	86.8	18.9
7.3	57.4	1092.4	648.7	1095.6	2.444	2.500	17.1	2.2	88.5	19.3
7.3	56.5	1077.0	640.6	1079.9	2.452	2.500	17.1	1.9	89.9	19.1
7.3	56.5	1083.1	642.9	1085.4	2.448	2.500	17.1	2.1	89.1	19.2
7.3	57.8	1091.1	645.7	1093.9	2.434	2.500	17.0	2.6	86.7	19.6
평균	57.1				2.445			2.2	88.6	19.3

※ 다짐횟수: 75회, 사용된 아스팔트 바인더: PG 64-22사용

10mm SMA(Stone Mastic Asphalt) Hot Bin 아스팔트 혼합물 배합설계 결과

〈표 15〉 10mm SMA(Stone Mastic Asphalt) Hot Bin 아스팔트 혼합물 배합설계 결과

아스팔트	두께 (mm)	공기 중량 (g)	수중 중량 (g)	표면건조 중량 (g)	실측밀도 (g/cm^3)	이론밀도 (g/cm^3)	아스팔트 용적 (%)	공극률 (%)	포화도 (%)	골재 공극률 (%)
6.8	56.3	1056.5	627.2	1059.4	2.444	2.515	16.1	2.8	85.2	19.0
6.8	54.9	1076.7	637.2	1079.1	2.437	2.515	16.1	3.1	83.7	19.2
6.8	54.2	1059.6	629.0	1062.3	2.445	2.515	16.1	2.8	85.3	18.9
평균	55.1				2.442			2.9	84.7	19.0

※ 다짐횟수: 75회, 사용된 아스팔트 바인더: PG 64-22사용

현장 배합설계 지시서

<표 16> 현장 배합설계 표

구 분	배합비율 (%)	배합량 (kg)	누적량 (kg)	비 고
1 Bin	15	139	139	
2 Bin	15	139	278	
3 Bin	61	566	844	
4 Bin	0	0	844	
Filler	9	84	928	
셀룰로오스 화이버	0.4	4	932	
아스팔트	6.8	68	1000	
계	골재 : 100	1000	1000	

<표 17> 현장배합 지시서

구 분	1Bin	2Bin	3Bin	4Bin	Filler	셀룰로오스 화이버	아스팔트	합 계
배 합 량	139	139	566	0	84	4	68	1000
누 적 량	139	278	844	844	928	932	1000	1000
비 고								

참 여 진

집필진

이광호	한국도로공사 도로교통연구원 연구위원
옥창권	한국도로공사 도로교통연구원 과장
김진환	한국도로공사 도로교통연구원 선임연구원
이종섭	한국도로공사 도로교통연구원 연구원
서주원	한국도로공사 도로교통연구원 연구원

자문위원(가나다순)

김부일	한국건설기술연구원 수석연구원
노성열	한국건설교통기술평가원 건설사업본부장
이석근	경희대학교 교수
임광수	4대강 살리기 추진본부공사 2과장

국토해양부

김형렬(전/박기풍)	국토해양부 도로정책관
손종철(전/권오성)	국토해양부 간선도로과 과장
박덕호(전/이경재)	국토해양부 간선도로과 사무관
김태호(전/김상규)	국토해양부 간선도로과 담당

SMA 포장 생산 및 시공 지침

■ 행정간행물 등록번호/ 11-1611000-001242-01

■ 발행일 / 2011. 4

■ 발행처 / 국토해양부

■ 인쇄처 / 프린트하우스

◈ 국민으로부터 신뢰받는 청렴한 국토해양부가 되겠습니다. ◈

국토해양부 부조리신고센터

국토해양부 공무원의 부패행위 또는 부실공사를 알게 되었거나 부패행위를 강요 또는 제의 받은 때에는 국토해양부에 신고할 수 있습니다.

- 인터넷신고 : 국토해양부 홈페이지(www.mltm.go.kr) 부조리신고센터
- 우편신고 : 경기도 과천시 중앙동 1번지 국토해양부 감찰팀
- 전화상담 : ☏ 02) 2110-8045 FAX : 02)504-9146