



# 차도용 칼라 아스팔트 콘크리트의 기본특성

## Fundamental Properties of Color Asphalt Concrete for Roadway Pavement

오성균\*, 김광우\*\*, 도영수\*\*\*, 정일권\*, 이성훈\*

### 1. 서론

칼라 아스콘은 유색골재나 결합재에 안료를 가하여 다양한 색채를 띤 아스팔트 콘크리트(아스콘)이다. 이러한 칼라 아스콘은 미관을 목적으로 보도, 공원내의 산책로, 운동경기장, 주차장에 주로 사용하고, 교통 안전대책을 목적으로 횡단보도, 교차점, 사고가 많은 지점, 학교 앞 도로, 터널 내 포장에 이용되며, 도로의 기능을 높이기 위해 도로의 분기점, 버스 정류장 등에 사용한다. 이런 칼라 아스콘은 매년 그 사용량이 증가하고 있으나 현재까지 대부분 국산 재료보다는 외국 재료를 수입하여 별도의 연구 없이 사용하고 있는 실정이다. 하지만 이는 국내 골재에 적용시 품질에 문제가 있어 국내에서의 실용화를 위해서는 경제적이고 성능이 우수한 재료의 개발이 필요하다.

투수성포장이란 포장체를 통하여 빗물을 노상에 침투시켜 흙 속으로 환원시키는 기능을 갖는 포장을 말한다. 투수성포장 아스팔트혼합물은 10<sup>-2</sup>cm/sec 정도의 높은 투수계수를 갖는 아스팔트혼합물로서 일반적으로 공극률을 높이기 위하여 잔골재를 적게 포함하는 비교적 단입도 형태인 개립도혼합물이다. 그리고 이러한 투수성 포장에 착색을 한 것을 투수성 칼라 아스콘이라 한다. 이러한 투수성 혼합물은 식생등의 지중 생태의 개선, 하수도의 부담 경감과 도시하천의 범람방지, 지하수 함양, 노면 배수시설의 경감하는 효과가 있다. 또한 차량 물보라를 최소화할 수 있고 소음저감과 양호한 주행성을 제공한다.<sup>3</sup> 반면 시공의 어려움, 투수성 포장의 구조적인 문제점으로 인해 사용이 제한되고 있다.

따라서 본 연구에서는 국산 재료를 이용하여 보다 성능이 우수한 고성능 투수성 칼라 아스콘을 개발하고자 하였으며 본 논문에서는 기본특성 규명을 주로 다루었다.

### 2. 시험 재료 및 방법

#### 2.1 사용 재료

\* 정회원 · 강원대학교 농공학과 석사과정 (0361) 250-7284

\*\* 정회원 · 강원대학교 농공학부 부교수 (0361) 250-6467

\*\*\* 정회원 · 강원대학교 토목공학과 박사 수료

### 1) 아스팔트

본 연본 연구에 사용된 아스팔트는 우리 나라에서 널리 사용되고 있는 AP-3 아스팔트와 함께 무색 바인더(Transparent binder)를 사용하였다. AP-3를 사용하면 암갈색만을 생산할 수 있기 때문에 다양한 색상을 제조하기 위하여 무색 바인더를 사용하였다. 무색 바인더는 국내 제품으로 이것의 품질시험 결과는 Table 1과 같다. Fig. 1은 AP-3와 무색 바인더에 대한 사진이다.

### 2) 골재

골재의 품질이나 입도는 아스팔트 콘크리트 혼합물의 강도에 중요한 영향을 미치며, 생산지별로 그 조건이 각기 다르기 때문에 사용전에 시방서 규정에 적합한지를 반드시 검토하여야 한다.

본 연구에서는 강원 영서지방에서 생산되는 편마암(Gneiss) 쇄석을 굵은골재로 사용하였으며, 잔골재는 굵은골재를 생산하는 과정에서 발생하는 부순모래(Screenings)를 사용하였다. 굵은골재는 최대치수를 13mm로 하여 잔골재, 채움재와 혼합하여 건설교통부 표층용 투수 아스콘 규격에 적합한 입도로 조정하여 사용하였다. 또한 골재들은 KS규정에 따라서 품질시험을 실시하였으며 골재의 물리적 특성은 Table 2와 같다.

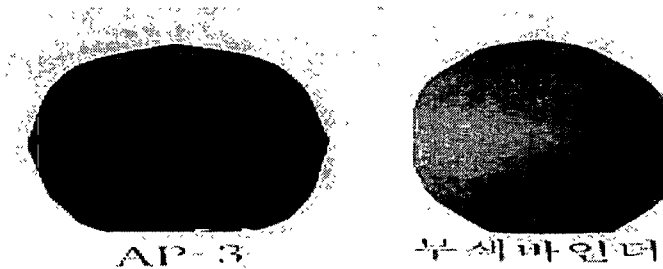


Fig 1. AP-3 and Transparent binder

Table 1. Physical properties of asphalt cement

| Classification                  | Spec.  | AP-3           | Transparent binder |
|---------------------------------|--------|----------------|--------------------|
|                                 |        | Measured value | Measured value     |
| Penetration 25°C (0.1mm)        | 85-100 | 94             | 92                 |
| Absolute viscosity 60°C (poise) | -      | 964            | 1061               |
| Ductility 25°C (cm)             | >100   | 150            | -                  |
| Flash point(°C)                 | >230   | 317            | -                  |
| Specific gravity                | -      | 1.03           | -                  |



Table 2. Properties of aggregates

| Test items       | Coarse aggregates |                | Fine aggregates | Filler      |                |
|------------------|-------------------|----------------|-----------------|-------------|----------------|
|                  | Spec. limit       | Measured value |                 | Spec. limit | Measured value |
| Specific gravity | >2.45             | 2.72           | 2.72            | >2.60       | 2.75           |
| Abrasion (%)     | < 35              | 18.1           | -               | -           | -              |
| Absorption (%)   | < 3.0             | 0.70           | 0.26            | -           | -              |

### 3) 첨가제

본 연구에서는 국내에서 생산되는 안료와 개질재 A, 개질재 B, 개질재 C를 사용하였다. 개질재의 첨가 방법은 현장에서 작업이 편리한 건식 혼합방법을 사용하였으며, 적정 첨가량을 결정하기 위하여 개질재 A는 아스팔트 중량의 5%, 7%, 9%, 개질재 B는 아스팔트 중량의 10%, 15%, 20%, 개질재 C는 아스팔트 중량의 5%, 10%, 15%를 사용하였다. 또한 안료의 색상은 green, blue, red, yellow, brown, white등이며, 안료 입자의 크기는 No. 200(0.075mm)를 거의 다 통과하는 매우 가는 분말이다. 안료에 대한 물리적 성질은 Table 3과 같다.

Table 3. Composition of color powder

| Item                               | Red | Yellow | Brown | White | Green | Blue |
|------------------------------------|-----|--------|-------|-------|-------|------|
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%) | 95  | 86     | 90    | -     | -     | -    |
| TiO <sub>2</sub> (%)               | -   | -      | -     | 93    | -     | -    |
| pH                                 | 5   | 5.2    | 6.2   | 7.5   | 10.1  | 9.8  |
| Moisture or volatility (%)         | 0.3 | 2.7    | 0.3   | 0.6   | -     | -    |
| Specific gravity                   | 4.8 | 4.5    | 5.0   | 4     | 2.3   | 2.2  |

## 2.2 실험방법

### 1) 배합설계 및 간접 인장강도시험

아스팔트 혼합물에 있어서 배합설계의 목적은 최적 아스팔트 함량(Optimum asphalt content : OAC)을 결정하고 적절한 골재입도를 선정하여 이로 제조한 혼합물이 공용중의 하중에 대해 충분히 저항할 수 있도록 하는데 있다. 본 실험에서는 마샬 배합설계를 사용하였으며, 배합설계시 개질재를 첨가할 때는 일반 혼합물을 제작할 때의 가열 온도보다 약 15°C 더 올려 다짐을 하였으며, 다짐횟수는 상하 양면을 각각 50회씩 다짐하였다. 또한 안료를 첨가하여 혼합할 때는 안료가 잘 혼합이 되도록 안료를 적절히 가열하였으며, 아스팔트가 골재에 충분히 도포된 다음 안료를 첨가하여 혼합물을 제작하였다.

배합설계에서 결정된 OAC로 공시체를 9개씩 제작하고, 탈형하여 3개는 25°C에 24시간 양생 후 같은 온도에서 간접 인장강도시험을 하였으며, 나머지는 투수계수 시험 및 동결융해 시험을 하였다.

## 2) 최적색상의 결정

칼라 아스콘 제조시 무색 바인더를 사용할 경우에는 바인더의 함량과 안료의 함량에 따라서 가격의 차이가 발생된다. 따라서 값비싼 안료의 함량을 적정 수준으로 첨가하는 것이 경제적이라 할 수 있다.

최적의 색상을 나타내는 안료의 함량을 구하기 위해 아스팔트 함량을 고정시키고 안료의 양을 변화시켰다. AP-3에 첨가하는 적색 안료의 경우 3%, 5%, 7%, 9%로 변화시켰고, 무색 바인더에 안료를 첨가하는 경우 1% ~ 5%로 변화시켜가며 색상의 변화를 평가하였다. 또한 원하는 색상이 없을 경우 기본 안료를 섞어 새로운 색상을 개발하였다.

## 3) 투수계수 시험 및 동결융해 시험

칼라 아스콘은 보도나 주차장에 많이 사용되기 때문에 강우시 배수가 잘 되어야 한다. 투수 아스콘의 경우 투수계수 기준은  $1.0 \sim 10^{-2}$  cm/sec 이상이다. 혼합물의 투수계수를 구하기 위해 Fig. 2에 나타난 투수시험기를 사용하였으며, 변수위 투수법을 이용하여 투수계수를 측정하였다.

동결융해 시험은 Fig. 3의 동결융해기를 사용하였다. 이 동결융해기의 사용시 공시체 내부 온도가 실제로 +4°C에서 -26°C로 변화하는 cycle을 구하기 위하여 공시체 내부의 온도를 측정할 수 있는 장치를 설치하고 동결융해 시험기내부의 온도를 측정하는 실험과정을 통하여 시험기 내 온도 변화 주기를 Fig. 4와 같이 결정하였다. 그리고 동결융해를 걸친 공시체에 대해서 간접인장강도 시험을 인장강도비(Tensile Strength Ratio: TSR)을 통하여 동결융해 영향을 받지 않은 공시체와 비교하였다.

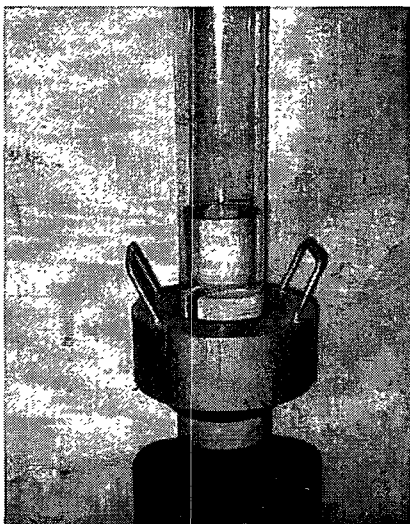


Fig 2. 투수계수 시험



Fig 3. 동결융해 시험기

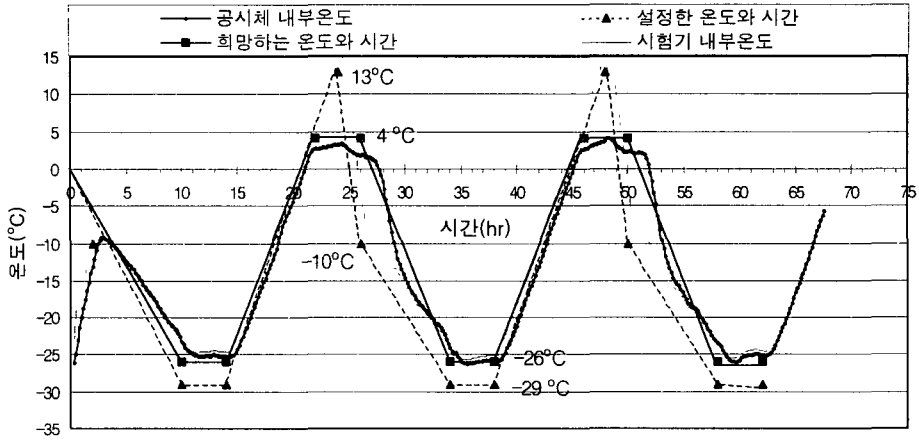


Fig 4. 동결융해 주기

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 골재의 입도 선정

투수성 아스콘의 골재 입도 규정에 맞도록 골재를 혼합하여 이 입도를 가지고 혼합물을 제작하였다. 그리고 마샬 특성시험 등을 통해서 공극률, 포화도, 안정도 및 흐름치를 구하였다. 그리고 이 특성치들이 규정에 맞지 않는 경우 다시 골재의 입도를 변경하여 규정에 맞는 입도를 결정하였다.

Fig 5는 마샬 특성치 규정에 부합도록 결정된 골재의 혼합 입도를 보여 주고 있다.

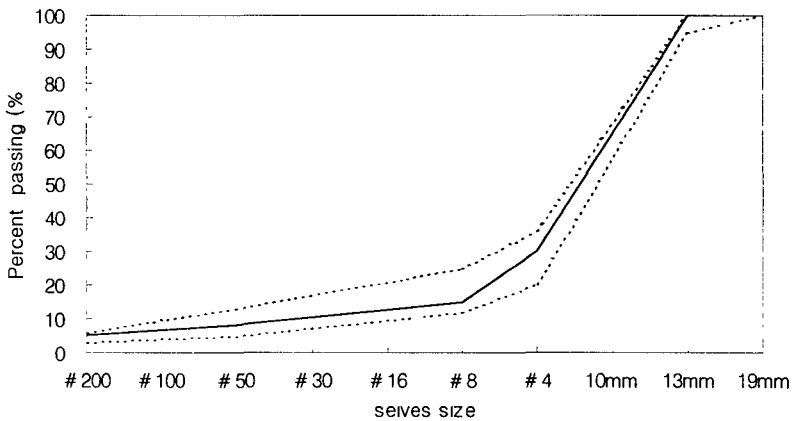


Fig 5. Combined gradation of porous asphalt mixture

### 3.2 최적 색상

혼합물의 색상은 도로 주행 및 보행자의 시각에 큰 영향을 준다. 따라서 안료의 함량을 변화시켜가며 각 안료별로 최적의 색상을 나타내는 안료함량을 구하고 배합설계한 결과는 Table 4과 같다. Table 4에서 보듯이 AP-3에 첨가되는 적색 안료의 경우, 상대적으로 무색 바인더에 첨가되는 안료의 경우보다 그 함량이 높음을 알 수 있다.

### 3.3 개질재 첨가

개질재의 적정 첨가량을 결정하기 위하여 개질재 A는 아스팔트 중량의 5%, 7%, 9%를 첨가하였고 그 결과는 Fig 6에 나타내었다. 개질재 A 7%를 첨가할 때 안정도가 가장 높게 나타나는 것을 알 수 있다. 따라서 개질재 A 첨가량은 5~7%로 결정하였다. 여기서 결정된 개질재 A 5~7%와 개질재 B, C를 각각 아스팔트 중량의 10%, 15%, 20%와 5%, 10%, 15%를 첨가하여 마찰 안정도 값을 구하여

Table 4. OAC of various porous color mixture

| Type of binder     | Target color    | Powder content by wt. of mixtures (%) | OAC (%) |
|--------------------|-----------------|---------------------------------------|---------|
| AP-3               | dark brown      | 3                                     | 4.8     |
|                    | red             | 5                                     | 4.4     |
| Transparent binder | green           | 2                                     | 4.6     |
|                    | sky-blue        | 2                                     | 4.6     |
|                    | yellowish green | 1.5                                   | 4.6     |
|                    | grey            | 1.5                                   | 4.6     |
|                    | yellow ocher    | 1                                     | 4.6     |
|                    | yellow          | 1                                     | 4.6     |

개질재 A 5~7%와 같이 첨가할 개질재 B와 개질재 C의 첨가량을 결정하였다. Fig 7은 결정된 개질재 A 5~7%와 개질재 B, C를 첨가하여 실험한 마찰 안정도에 대한 그래프이다.

Fig 7에서 개질재 A 5~7%와 같이 개질재 B를 첨가할 때 안정도가 급격히 증가하는 것을 알 수 있다. 하지만 개질재 B를 20%이상 첨가하는 것은 경제적인 문제상 실험을 하지 않았다. 그리고 개질재 C를 첨가함에 따라 안정도가 다소 떨어지는 경향을 보였으며 첨가량의 증가에 따라 변화양상이 별로 없었다. 따라서 개질재 C는 실험에서 제외 시켰다.

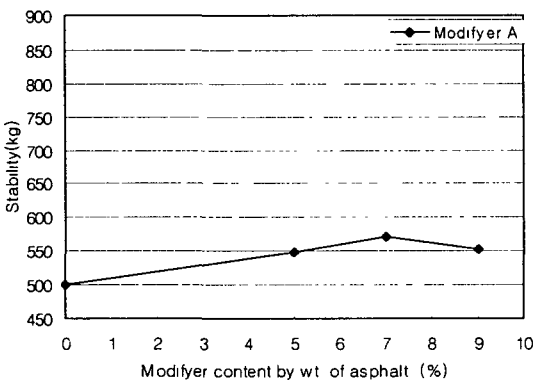


Fig 6. Stability by modifier A content (kg)

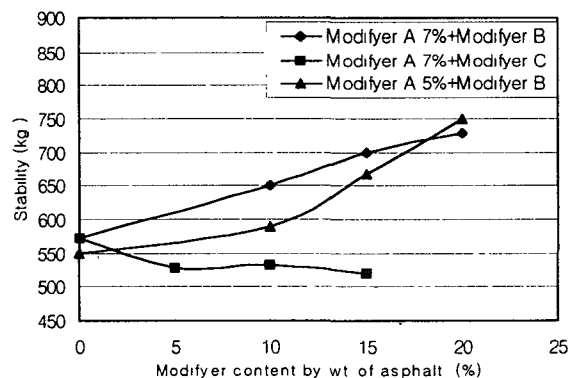


Fig 7. Stability by modifier B,C content



### 3.4 투수성 아스콘의 기본 특성

결정된 개질재 첨가량으로 마샬 공시체를 제작하여 안정도 시험을 하였으며 그 결과는 Fig 8과 같다. 여기서 T-binder란 무색바인더를 뜻한다. 무색바인더에 개질재 A 5%와 개질재 B 20%를 첨가한 것이 가장 높은 안정도 값을 보였다. Fig 9은 동결융해 처리 전 ITS와 처리 후의 ITS 및 처리 전과 처리 후의 인장강도비(TSR)를 보여주고 있다. 이 그래프에서 또한 간접인장강도가 개질재 B의 첨가량이 증가할수록 높은 값을 나타내었으며 마샬안정도 증가비율에 비하여 ITS의 증가율이 획기적으로 크게 나타났다. 그리고 인장강도비는 개질재 A를 첨가함으로써 높아짐을 알 수 있다.

Table 5는 각 혼합물에 대한 투수계수를 나타낸 것으로 투수계수가 우수하게 나타났다.

Table 5. 혼합물에 대한 투수 계수(단위: cm/sec)

| Spec.              | Control | AP-3<br>+ A 7% | T-binder<br>+ A 7% | T-binder<br>+ A 7%+B 10% | T-binder<br>+ A 7%+B 15% | T-binder<br>+ A 7%+B 20% |
|--------------------|---------|----------------|--------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1~10 <sup>-2</sup> | 0.180   | 0.181          | 0.179              | 0.176                    | 0.180                    | 0.178                    |

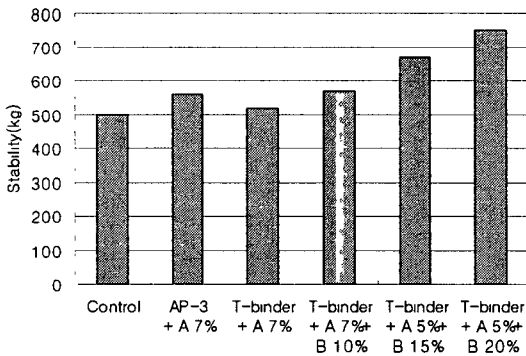


Fig 8. 각 혼합물에 대한 안정도 비교

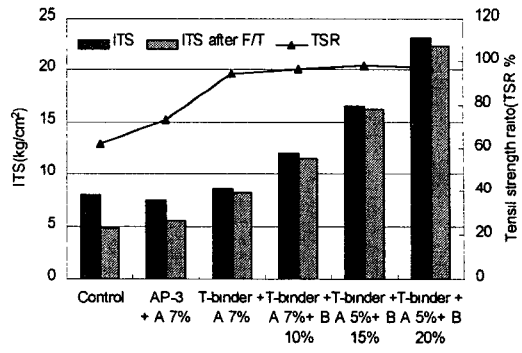


Fig 9. 각 혼합물에 대한 ITS와 동결융해 후 ITS 및 인장강도비

## 4. 결론 및 추후 연구방향

투수성 아스콘에 대한 실험결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 본 연구에서 제조한 투수성 아스콘의 모든 기본 특성은 시방규정을 만족하였으며 특히 투수계수가 우수한 것으로 평가되었다.
2. 개질재 A의 첨가량은 5~7%가 적정 함량으로 결정되었으며 개질재 B의 첨가량이 증가할수록 혼합물의 안정도는 완만히 그리고 간접인장강도는 급격히 증가하는 것을 알 수 있었다.
3. 동결융해 시험결과 개질재 A를 첨가한 혼합물이 개질재를 첨가하지 않은 혼합물에 비해 인장강도비가 훨씬 높게 나와 동결융해 저항성이 향상됨을 알 수 있었다.



4. 최적의 색상을 얻을 수 있는 안료의 함량은 AP-3를 사용한 혼합물이 무색 바인더를 사용한 혼합물보다 높게 나타났으나, 무색바인더가 AP-3보다 가격이 비싼 점을 감안하면 경제적인 면에서 비슷할 것으로 생각된다.
5. 차량의 윤택중으로 인한 소성변형 저항성을 판단할 수 있는 반복주행(Wheel tracking)시험 및 반복 하중에 의한 구조적 파괴를 판단할 수 있는 피로시험(Fatigue test) 등을 통하여 투수성 아스콘을 일반 도로 포장용으로서의 적용 가능성을 규명할 필요성이 있다.

## 참고문헌

- 建設部, (1996), "道路鋪裝設計·施工指針", pp201~207
- 아스팔트포장연구회, (1997), "가열 아스팔트 혼합물의 배합설계지침"
- Dr Robert N. Hunter, (1994), "Bituminous mixtures in road construction", pp 60~63
- KS F 2322, "Testing Method for Permeability of soils"