

기열아스팔트 혼합물의 강도특성을 고려한 개량배합설계법 연구

Modified Mixing Design in Considering Strength Characteristics on Hot Mix Asphalt

남영국* · 황효섭** · 장재영*** · 유진명****

1. 서 론

아스팔트 혼합물의 배합설계는 포장공용성에 요구되는 역학적 거동에 관련하여 도로 특성을 최적화하는 아스팔트함량 결정, 아스팔트 적용등급 결정, 골재의 입도분포분석 등으로 구성된다. 기존의 아스팔트배합 설계를 위한 마샬안정도 시험은 아스팔트함량에 따른 공극률, 안정도, 밀도 등에 관련된 재료특성을 고려하면서 역학적 재료특성에 대하여 최적조건을 만족하는 아스팔트 함량결정으로 수행되어진다. 그러나 마샬시험법은 고전적 시험법으로서 그 당시의 교통하중과 관련하여 제정된 방법으로서의 타당성이 있었을지 모르나, 오늘날과 같이 산업의 발달로 인해 교통량이 증가하고 그 증가 교통량을 구성하는 차량이 대형화, 중량화된 현 실정에서는 포장체에 발생하는 내부응력과 상관성을 규명하기에는 부족한 점이 많다. 따라서 본 연구에서는 실제 교통하중 통과시 발생하는 외력과 내부응력유형과의 상관성을 고려한 압축강도, 인장강도, 전단강도시험 등을 통해 아스팔트 혼합물의 강도특성을 분석하고, 이와 관련된 시험법을 개발하여 현실적이고 체계적인 포장설계가 되도록 하고자 한다.

2. 차량하중에 의해 발생된 응력분포

아스팔트 혼합물의 역학적 특성은 포장구조체내에서의 입계응력과 변형도 해석에 사용되는 응력-변형률 또는 하중-변형특성과 파괴 형태를 결정하는 재료의 거동특성으로 구분할 수 있다. 아스팔트 혼합물은 점탄성재료이며, 역학적인 거동은 하중재하시간, 하중등급, 온도 등에 따라 달

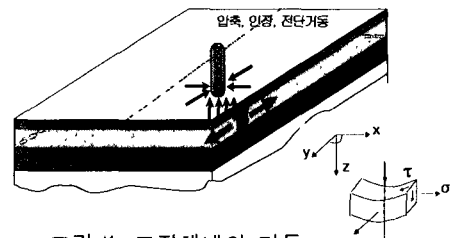


그림 1. 포장체내의 거동

* 인천대학교 토목환경시스템공학과 교수 (☎ 032-770-8461) (icuratri@lion.inchon.ac.kr)

** 인천대학교 토목환경시스템공학과 석사과정

*** 인천대학교 토목환경시스템공학과 석사과정

**** 인천대학교 토목환경시스템공학과 석사과정



라지게 된다.

- 포장층내에 발생하는 응력 : 압축, 인장, 전단등의 복합적 거동특성
- 마찰시험은 경험적인 방법이며, 신뢰성이 떨어지고, 역학적인 특성을 모사하지 못함.
- 역학시험으로 간접인장강도시험, 압축강도시험, 전단시험 등을 통한 포장구조체의 역학적 거동 분석이 필요함.

2.1 차량하중 작용시 포장체에 발생하는 응력

포장구조체내에서 차량하중 작용할 경우 임의의 지점에 대하여 그림 2와 같은 수직, 수평응력과 전단응력이 발생하게 된다. 그림 3은 이동 윤택중에 의한 응력 분포를 나타낸 것이다.

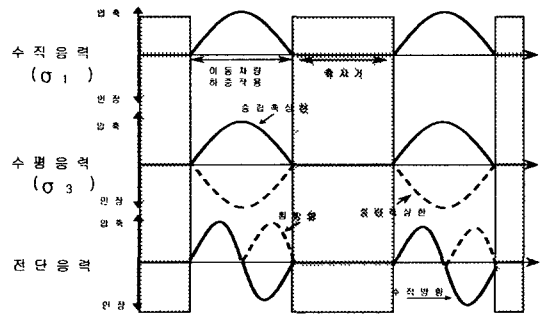
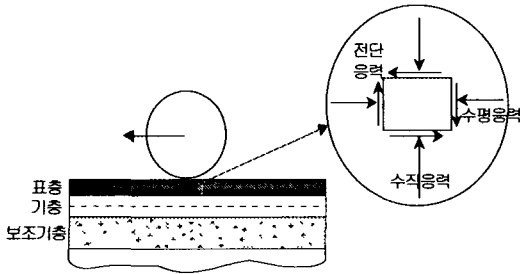


그림 2. 차량하중에 의해 포장구조체에 발생하는 응력

그림 3. 이동 윤택중에 의한 응력

2.2 포장체내 각 층에 미치는 응력분포

포장층은 표층, 기층, 보조기능, 노상으로 구성되어지며, 차량하중에 따라 포장구조체에 미치는 영향은 다소 차이가 있다. 그림 4는 차량하중에 의해 발생된 수직, 수평, 전단 응력이 포장 각 층에 미치는 영향을 나타낸 것이며, 표층에 있어서는 압축, 인장이 발생하지만, 표층 이하의 층에서는 압축의 영향이 가장 크게 미치며, 온도에 따른 영향도 표층 이하에서는 일정함을 알 수 있다.

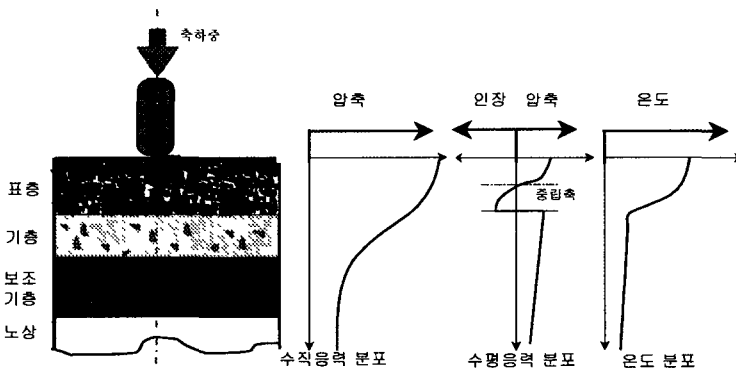


그림 4. 차량하중에 의해 발생된 응력이 포장구조체에 미치는 영향

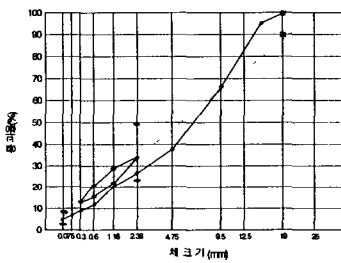


3. 역학시험

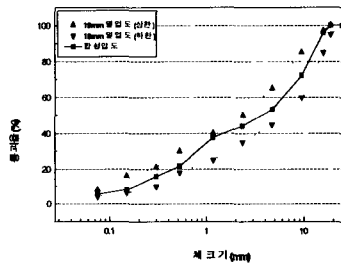
현재 국내에서 아스팔트 혼합물은 마찰기준(KS F 2349)에 의하여 성능이 평가되고 있다. 본 실험에서는 포장체에 영향을 미치는 압축, 인장, 전단강도 특성을 분석하기 위하여 19mm밀입도, 슈퍼페이브(19mm입도), 25mm입도에 대한 마찰안정도와 압축강도, 인장강도, 전단강도의 역학적 상관관계를 분석하였다.

3.1 입도분석

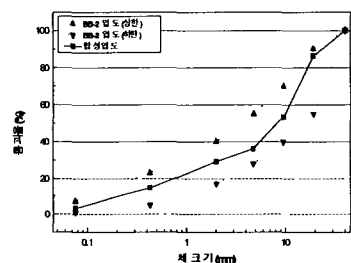
그림 5은 K사의 골재에 대한 입도시험결과이다. KS F 2502에 의거하여 19mm밀입도와 25mm입도에 대하여 입도분석을 하였으며, 슈퍼페이브입도에 대해서는 FHWA에서 규정한 0.45승 그래프로 나타내었다.



(a) 슈퍼페이브(19mm입도)



(b) 19mm 밀입도



(c) 25mm입도

그림 5. 입도시험결과

3.2 마찰안정도시험

현재 국내에서는 아스팔트 혼합물의 성능평가를 마찰특성치로 분석하고 있으며, 그림 6은 KS F 2349에 의거하여 실험한 마찰결과이다.

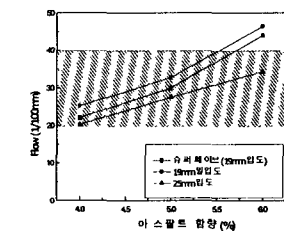
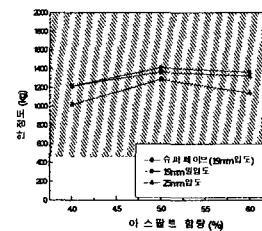
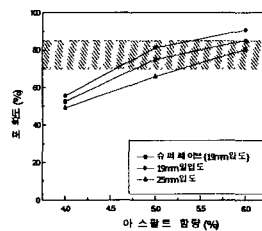
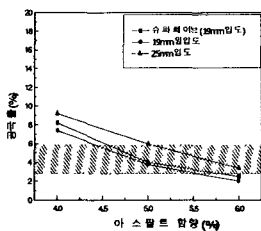


그림 6. 마찰안정도 시험결과

3.3 압축강도시험

그림 7은 ASTM D 1074를 응용한 CBR2.5 관입시험을 통해 아스팔트 혼합물의 변형에 대한 저항성



의 결과이며, KS F 2349에 의한 설계아스팔트함량에서 영구변형에 대한 아스팔트 혼합물의 강성을 고찰하였다.

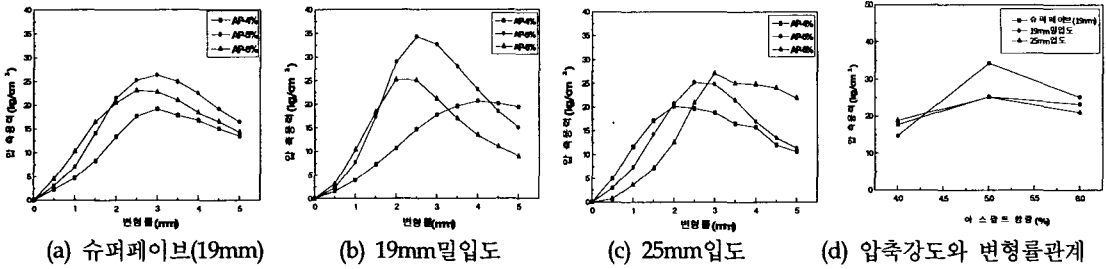


그림 7. 압축강도 시험결과 (60°C)

3.4 간접인장강도시험

간접인장강도시험은 교통하중 작용시 또는 표층에서 온도 변화가 심한 지역에서 아스팔트 콘크리트 층의 아래부분 즉, 인장영역의 응력상태를 모사한 시험이며, 그림 8은 각각의 입도에 대한 간접인장강도 시험결과이다.

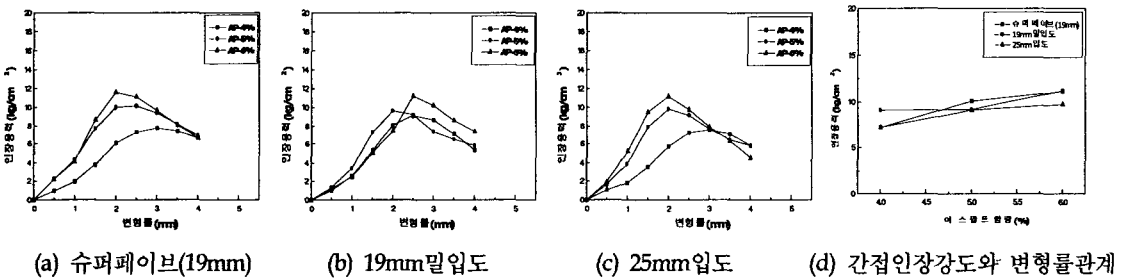


그림 8. 간접인장강도 시험결과 (25°C)

3.5 전단강도시험

아스팔트 혼합물에서의 골재는 맞물림 작용을 통하여 하중을 지탱하는 역할을 하며, 포장구조체가 차량하중을 지지할 경우 포장면에서는 압축력, 인장력, 전단력 서로 연계되어 발생하게 된다.

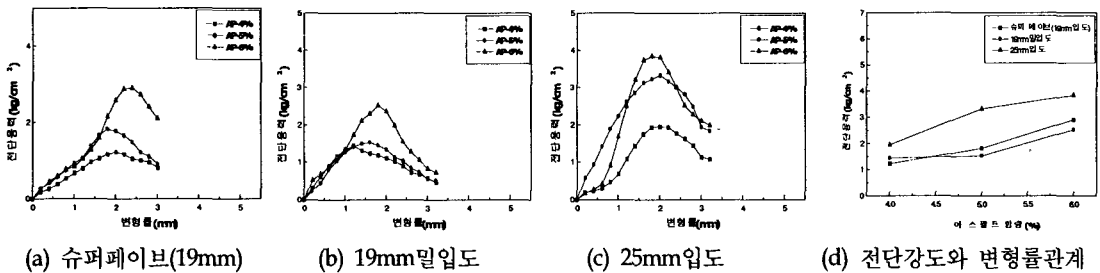


그림 9. 전단강도 시험결과 (60°C)



4. 개량배합설계법

본 연구에서 제시한 배합설계법은 역학적 강도시험(압축, 인장, 전단, 마찰안정도)을 통해 이를 분석한 후, 각각의 강도값을 이용하여 최적아스팔트함량을 구하는 설계방법이다. 그림 10은 배합설계 그래프이며, x축의 상단은 전단강도, 하단은 간접인장강도를 나타내며, y축의 오른쪽은 마찰안정도, 왼쪽은 압축강도를 나타낸다. 또한 대각선은 아스팔트 함량을 나타낸다.

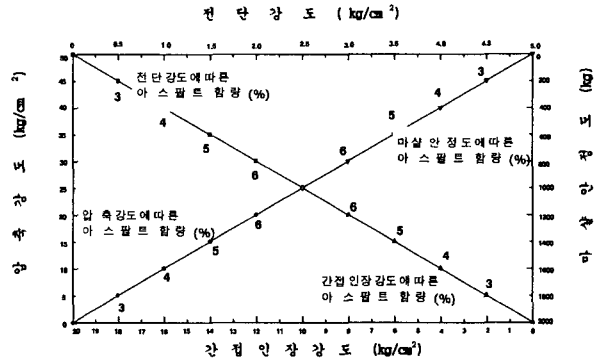


그림 10. 배합설계 그래프

4.1 배합설계 그래프 적용방법

- ① 각각의 역학시험에서 최대값을 갖는 극한강도와 아스팔트함량을 연결한 후, 수직, 수평으로 선을 긋는다.
- ② 4개의 수직, 수평 연직선으로부터 강도제한구역을 설정한다.
- ③ 강도제한구역에서 대각선을 그어 만난 점에서 다시 수직, 수평의 강도값을 찾은 후, 이 각각의 강도값에 대한 아스팔트 함량을 구한다.

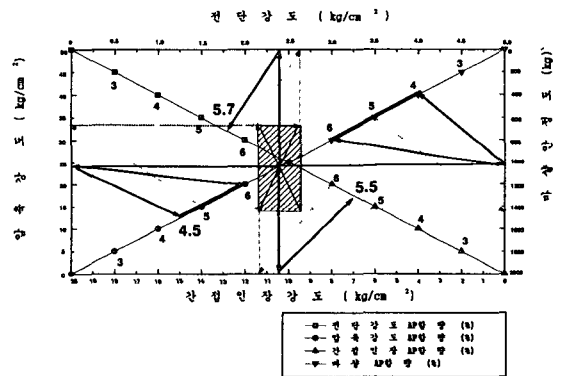


그림 11. 배합설계 그래프 적용

4.2 최적아스팔트 함량 결정

배합설계 그래프에서 구한 각각의 강도값에서 아스팔트 함량의 공통범위를 구한다. 이때 아스팔트 함량은 압축강도, 인장강도, 전단강도, 마찰안정도를 모두 만족하여야 한다.

5. 개량배합설계 적용

그림 13은 슈퍼페이브(19mm입도), 19mm밀입도, 25mm입도에 대하여 개량배합설계법을 이용하여 최적아스팔트 함량을 구한 것이다.

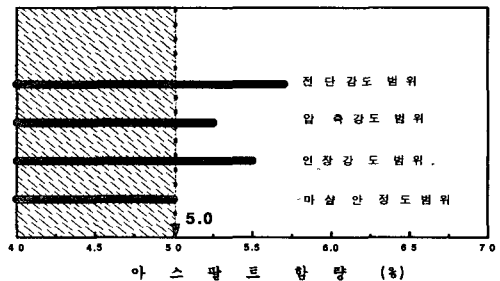


그림 12. 최적아스팔트 함량 결정

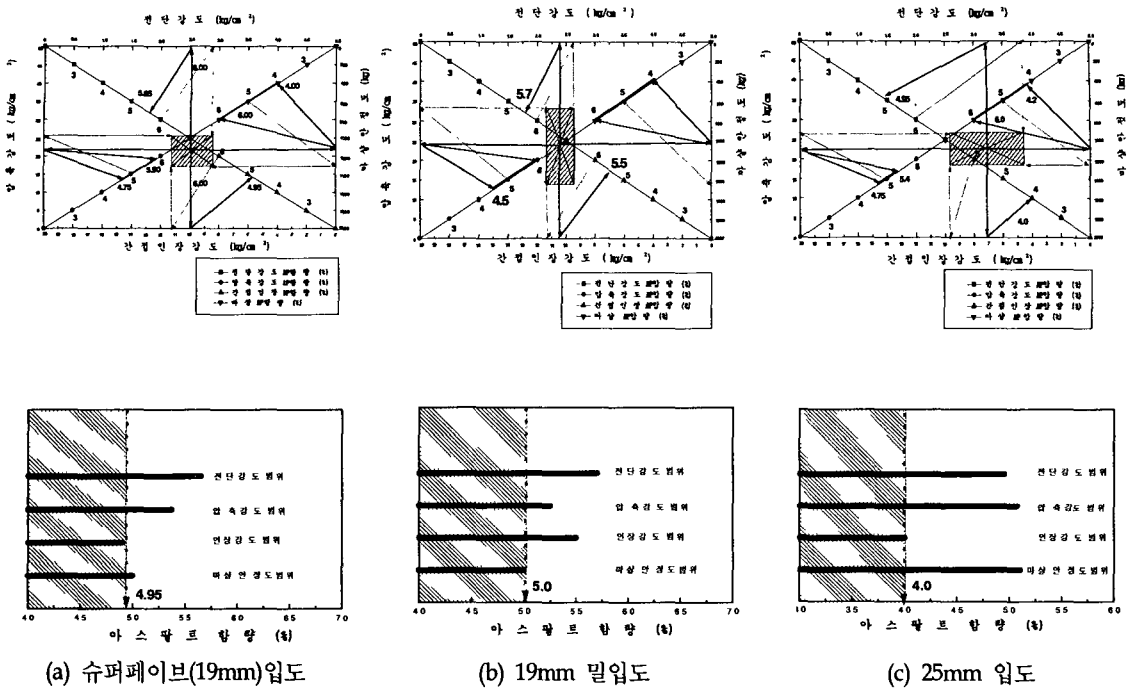


그림 13. 개량 배합설계 적용예

5.1 강도특성에 의한 개량배합설계법과 마찰시험과의 비교 분석

아스팔트 함량과 마찰시험에 의한 최적아스팔트함량을 비교한 것이며, 개량배합설계법에 의한 값이 작게 측정된다. 표 2는 강도특성분석에 의해 구한 최적아스팔트로 설계할 경우 기존 KS F 2349 시방기준의 만족여부를 평가한 것이며, 강도특성기준으로 설계할 경우 국내 시방기준을 만족할 수 있다.

표 1. 최적아스팔트함량의 비교

입 도	마찰시험에 의한 OAC (KS F 2349)	강도특성분석에 의한 OAC
슈퍼페이브입도 (19mm)	5.1 %	4.95%
19mm 밀입도	5.55%	5.0%
25mm 입도	4.35%	4.0%



표 2. KS F 2349에 의한 시방기준 평가

구 분	밀도 (kg/cm ³)	공극 률 (%)	포화 도 (%)	안정도 (kg)	효용값 (1/100m m)	분석결과
(표층 : 19mm밀입도) (기층 : 25mm 입도)	- -	3~6 3~10	70~ 85 -	500kg이 상 350kg이 상	20~40 10~40	
슈퍼페이브 (19mm입도)	2.375	5.72	72.5	1320	28.50	표층 시방기준만족
19mm 밀입도	2.346	4.8	78	1364	31.75	표층 시방기준만족
25mm 입도	2.344	7.38	62.4	1018	22.65	기층 시방기준만족

6. 결 론

공용기간중에 아스팔트 혼합물 포장은 다양한 하중과 환경조건에 노출되며, 이러한 조건에 대한 반응은 복잡하고, 재료의 탄성적, 점성적 및 소성적 특성들이 복합적으로 발생한다. 따라서 포장체내에서 발생하는 응력분포나 변형률등을 분석할 경우 압축강도시험, 전단강도시험, 인장강도시험등의 상관관계를 연계하여 분석하여야 한다. 본 연구에서 제시한 배합설계법은 현행 가열아스팔트혼합물의 성능 규격과 선정방법 및 외력에 대하여 발생하는 내부응력(압축, 전단, 인장)을 감안한 것이며, 아스팔트 함량, 변형 및 강도의 상관성등을 복합적으로 고려한 설계방법이다.

참고문헌

1. 아스팔트포장연구회, (1999) "아스팔트 포장공학 원론", 경성문화사, pp 151~157, 209~214, 271~296
2. 한국도로공사 도로연구소, (1998) "아스팔트포장의 내유동성 증진방안 연구", 도로연 98-67-20, pp5~22
3. Hudson, W, R and Kennedy, W. W (1968) "An Indirect Tensile Test for Stabilized Materials", SHRP-A/IR-90-001, pp34~62
4. Harold, L. Von Quintus. and Thomas, W. Kennedy.(1989) "AAMAS Mixture Properties Related to Pavement Performance", AAPT, Vol. 58, pp553~570