



시험 공시체 제작은 19mm 밀입도 혼합물을 사용하였으며 최적 아스팔트 함량은 5.1%로 결정하였다. 혼합 방법은 건식 방법으로서 골재와 아스팔트 바인더를 혼합할 때 첨가제를 첨가시키는 방법을 사용하였다. 혼합시간은 KS F 2360 '아스팔트 골재 혼합물의 입자 피막 정도 시험 방법'에 따라 피막 비율을 고려하여 결정하였으며, 다짐 장비로는 Servopac 선회다짐기를 사용하였다. 다짐하기 전에 발포 효과 및 점도 특성을 극대화시키기 위해 120℃의 다짐온도에서 60분을 양생시킨 후 다짐을 수행하였다. 선회 다짐 횟수는 각 혼합물에 대해 동일한 다짐 효과 및 다짐 에너지를 나타내기 위해 60회로 결정하였으며, 이렇게 제작된 혼합물은 실측밀도(겉보기 비중), 간접인장강도, 회복탄성계수 시험을 통해 개질재의 최적 첨가비율을 결정하였다.

3. 시험결과

3.1 점도 시험을 통한 왁스 계열 선정

〈표 1〉과 같이 왁스 계열 3종을 회전점도시험을 통해 현재 상용중인 중온 왁스(UW)와 비슷한 성능을 갖는 왁스를 선정하였다. 시험 결과, W3의 점도가 가장 낮아 폴리머와 혼합할 기본 왁스로 결정하였으며, 이를 W_{am}이라고 하였다. 이렇게 선정된 W_{am}을 아스팔트 바인더에 2.5%를 혼합하여 점도 시험한 결과, 〈표 2〉와 같이 W_{am}의 점도가 100℃에서 상용중인 중온 왁스보다 약 0.5배 낮게 나타나 상용중인 중온 왁스보다 낮은 온도에서 작업성 및 다짐성 확보가 우수한 것으로 나타났다.

〈표 1〉 왁스의 점도 시험 결과

Wax 종류	W1	W2	W3	UW
120℃	255	435	22.5	17.5
130℃	200	340	20.0	12.5
140℃	165	237	17.5	12.5

〈표 2〉 왁스와 아스팔트 혼합 후 점도

종류	UW(2.5%)	W _{am} (2.5%)
70℃	128500	53600
80℃	41000	19000
90℃	17200	7400
100℃	6300	3200

또한, W_{am}에 폴리머 P1, P2를 혼합하여 PG시험한 결과 〈표 3〉과 같이 고온 등급은 70℃로 P1, P2가 동일하게 나타났지만 저온 등급은 P2가 -12℃에서의 기준을 만족하는 것으로 나타났다. 따라서 폴리머 P2가 첨가된 개질 첨가제를 WP_{am}으로 결정하였다.

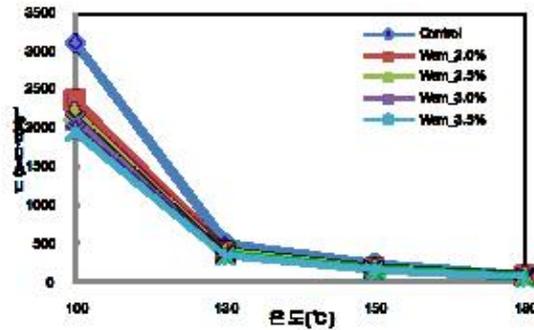
〈표 3〉 왁스에 폴리머를 첨가한 개질 첨가제의 PG시험 결과

구 분	폴리머	P1	P2	
	wax	W _{am} (2.5%)	W _{am} (2.5%)	
B.V (cP)	120℃	1216	1141	
	130℃	716.7	666.7	
	140℃	441.7	433.3	
DSR (g*/sinδ) (1.0kPa이상)	64℃	2.797	2.448	
	70℃	1.393	1.165	
	76℃	0.727	0.594	
DSR (g*/sinδ) (2.2kPa이상)	64℃	6.350	5.841	
	70℃	2.932	2.750	
	76℃	1.390	1.319	
DSR (g* sinδ) (5000MPa이하)	28℃	2646	2748	
BBR	E, S	-12℃	246	221
	m-value (0.3이상)	-12℃	0.287	0.301

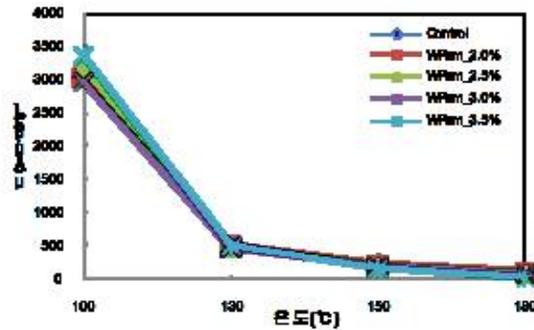


3.2 Wam/WPam 첨가비율에 따른 점도 시험 결과

WP_{am}, W_{am} 개질제 첨가비율을 0, 2, 2.5, 3, 3.5%로 변화시켜 시험한 결과는 <그림 1>과 <그림 2>와 같다. 그림에서와 같이 두 개질 첨가제의 첨가비율이 3% 이후에는 점도 값의 차이가 거의 나타나지 않아 최적 비율을 3%로 결정하였다.



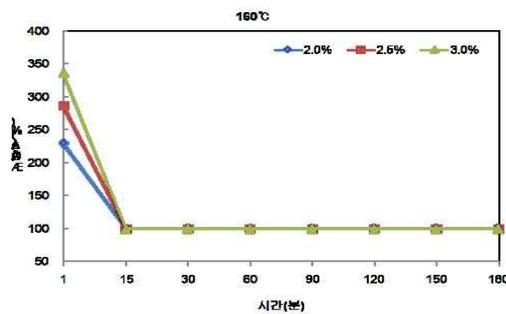
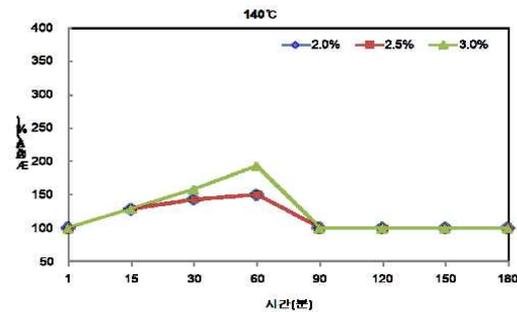
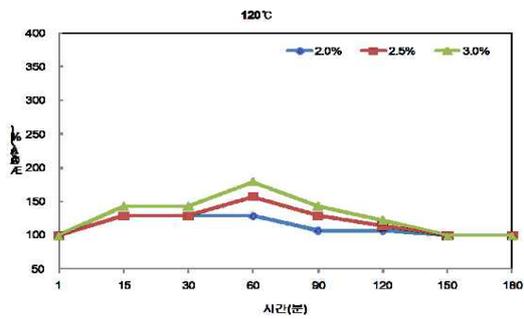
<그림 1> 시험온도에 따른 WP_{am}의 점도 특성



<그림 2> 시험온도에 따른 W_{am}의 점도 특성

3.3 C_{am} 첨가비율에 따른 팽창률 시험 결과

화학 발포제 C_{am}의 첨가비율을 2, 2.5, 3% 첨가한 아스팔트 바인더의 팽창률 시험 결과, <그림 3>에서와 같이 160°C에서는 15분 정도까지 최대 300% 발포 후 발포가 종료되었으며, 120°C에서는 모든 첨가비율에서 60분까지 발포가 지속적으로 증가되었다가 감소되는 현상을 나타냈다. 또한 첨가비율 3%일 경우, 팽창률이 180%까지 증가되어 거의 두 배 정도의 팽창률을 나타내어 본 연구에서는 C_{am}의 첨가비율을 3%로 결정하였다.

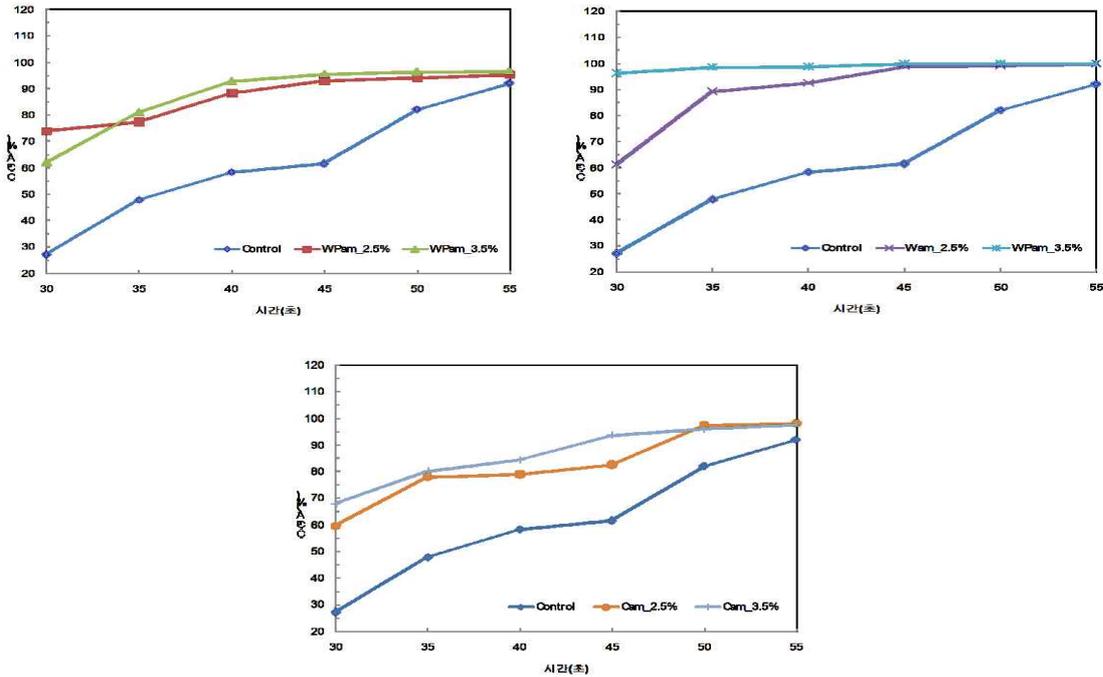


<그림 3> C_{am} 첨가비율에 따른 팽창률



3.4 골재 피복을 시험 결과

KS F 2360에 따라 골재 피복을 시험 결과, <그림 4>와 같이 개질제를 사용하지 않은 일반 아스팔트는 55초 혼합하여도 90% 정도의 피복하였으나, W_{am} 은 50초 혼합시 100% 골재와 피복되었다. 또한, WP_{am} 은 폴리머가 포함되어 있으므로, 일반 아스팔트와 비교하면 피복률이 높았지만, 55초까지 100% 피복하지는 못하였고, C_{am} 은 W_{am} 보다 낮은 피복율을 나타내었다.



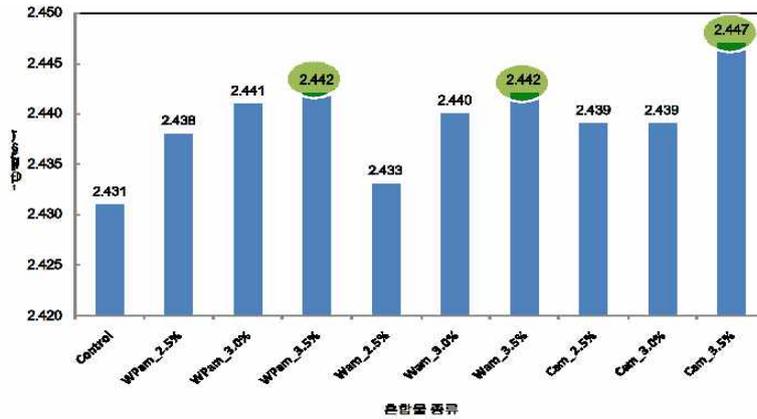
<그림 4> 혼합시간에 따른 골재 피복률

3.5 다짐 특성 시험 결과

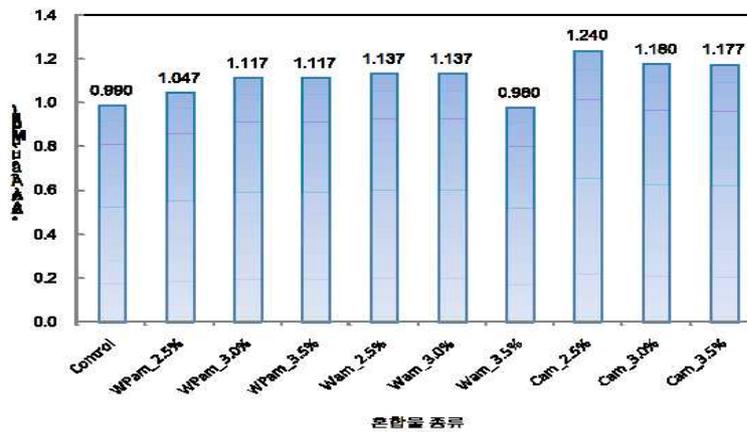
각 첨가제를 첨가한 아스팔트 혼합물의 다짐 밀도를 측정하기 위해 혼합 후, 120℃로 60분 동안 양생하고 이를 Servopac 선회 다짐기를 이용하여 60회로 동일하게 다짐하였다. <그림 5>는 각 혼합물의 밀도 측정 결과를 나타내며 그림에서와 같이 개질 첨가제를 첨가한 혼합물의 밀도가 일반 아스팔트 혼합물보다 높은 다짐 밀도를 나타내었다. 각 혼합물의 첨가비율에 따른 밀도는 첨가비율이 증가하는 것으로 나타났지만 WP_{am} 과 W_{am} 은 3%이상에서는 거의 유사한 다짐 밀도를 가지는 것으로 나타났다.

3.6 역학적 거동 특성

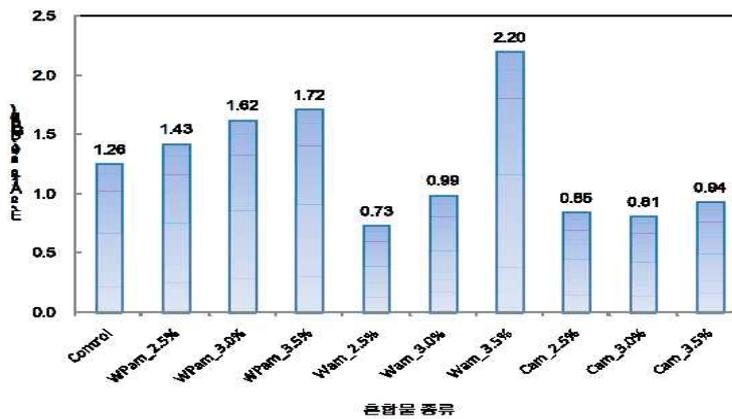
<그림 6>은 각 첨가제 별 간접인장강도를 나타내고 있으며 그림에서와 같이 개질제를 사용한 혼합물이 일반 아스팔트 혼합물보다 높은 인장강도 값을 나타내었다. 또한 첨가제 별 인장강도의 크기는 C_{am} 이 가장 높은 값을 나타내었지만 값의 크기는 거의 유사한 것으로 나타났으며 첨가비율에 따른 값의 차이 역시 거의 유사한 것으로 나타났다. <그림 7>은 각 첨가제 별 회복탄성계수를 나타내고 있으며 그림에서와 같이 WP_{am} 가 일반 아스팔트 보다 높은 값을 보였다. 그러나, W_{am} 과 C_{am} 은 일반 아스팔트 보다 회복탄성계수가 다소 낮은 값을 나타내었다.



〈그림 5〉 각 첨가제 별 다짐 밀도 측정 결과



〈그림 6〉 각 첨가제 별 간접인장강도 측정 결과



〈그림 7〉 각 첨가제 별 회복탄성계수 측정 결과



4. 결론

본 연구에서는 개질 첨가제를 이용한 중온형 아스팔트 혼합물의 특성 평가를 위한 시험 결과, 다음과 같은 결과를 도출하였다.

■ 중온 개질제를 이용한 연구 결과 화학 발포제 C_{am} 은 현장 시공을 고려할 경우 2시간이상 발포가 지속되어야 하지만, 시험 결과 발포시간이 1시간 정도 밖에 유지를 못하고, 역학적 특성에서도 일반 아스팔트 혼합물보다 낮은 결과를 나타내어 중온형 아스팔트 혼합물을 생산하기에는 부적합 한 것으로 판단된다.

■ 왁스에 폴리머를 첨가한 개질 첨가제(WP_{am})의 최적첨가비율은 아스팔트 바인더의 3%였으며, 왁스는 폴리머와 혼합하여 중온형 아스팔트 혼합물을 생산 및 시공하는 것이 가능하고, 일반 아스팔트 혼합물의 비해 공용성능이 개선 되는 효과를 나타내었다. 그러나 폴리머를 첨가한 아스팔트 혼합물임에도 불구하고 가열 개질 아스팔트 혼합물의 성능에는 미치지 못하는 결과를 나타내어 향후 다양한 폴리머를 이용한 연구가 필요할 것으로 판단되었다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부에서 지원하는 “장수명·친환경 도로포장재료 및 설계시공기술개발” 의 세세부 과제입니다. 본 연구를 지원하여 준 장수명·친환경 연구단에 감사드립니다.

참고문헌

1. Brits, C.H. Sasobit Inverstigation, Report No. 100035/S9/2004/11/05/CHB/av/1, Geostrada Engineering Materials Laboratory, South Africa, 2004.
2. Arnold, J.C. “Sasobit: Characterization of Properties and Effects on Binder and Asphalt.” " 41st Conference of the Association of Road and Traffic Engineers, Saxonia, Leizig, Germany, 2005.
3. U. S. Department of Transportation Federal Highway Administration. “Warm Mix Technologies and Research.” " <http://www.fhwa.dot.gov/pavement/wma.html>, Accessed February 17, 2004.