

## 개질아스팔트 콘크리트 혼합물의 기계적 특성평가

An Evaluation of Mechanical Characteristics of

Modified Asphalt Concrete Mixture

김낙석<sup>†</sup> · 방산영<sup>\*</sup>

Kim, Nakseok · Bang, Sanyoung

**Abstract** Many researches have been conducted to evaluate the performance of modified asphalt concrete mixtures. The research was conducted to estimate the laboratory mechanical characteristics of Elvaloy-modified asphalt concrete mixture. To achieve its intended objective, indirect tensile test and resilient modulus test were performed. The test results revealed that indirect tensile strengths and resilient moduli of the Elvaloy-modified asphalt concrete mixture were higher than those of the conventional dense-graded. As a result, within the limits of the tests conducted in this research, it is predicted that the performance and stability of the Elvaloy-modified asphalt concrete mixture are better than that of the conventional dense-graded one.

**Keywords** Mechanical Characteristics, Modified Asphalt Concrete Mixture, Resilient Modulus, Conventional Dense-Graded

요 지 현재 개질 아스팔트 콘크리트 혼합물의 공용성을 평가하기 위한 많은 연구가 진행되었다. 본 연구는 개질 아스팔트 바인더 중에서 D사에서 개발된 Elvaloy개질 아스팔트 바인더를 사용한 아스팔트 혼합물의 기계적 특성을 평가하기 위하여 수행되었다. 연구의 목적을 달성하기 위하여 간접인장강도와 회복탄성계수 시험이 수행되었다. 시험결과, Elvaloy개질 아스팔트 콘크리트 혼합물의 간접인장강도와 회복탄성계수 값은 일반 밀입도 아스팔트 콘크리트 혼합물보다 높은 것으로 나타났다. 따라서, Elvaloy개질 아스팔트 혼합물의 공용성과 안정성은 일반 밀입도 아스팔트 혼합물보다 우수할 것으로 예상된다.

핵심어 : 기계적 특성, 개질아스팔트 혼합물, 회복탄성계수, 일반 밀입도

### 1. 서론

현대 산업사회에 있어서 도로의 역할은 실로 막중하다. 도로의 연장이나 포장율 등으로 그 나라의 경제력을 가늠하기도 하는데 그것에 대해 반론의 여지가 없을 정도로 잘 들어맞는다. 도로는 한 나라의 경제나 산업구조 전반에 커다란 영향을 미치는 사회기반시설로서, 그 가치나 중요성에 대해서 새삼스럽게 다시 강조할 필요는 없을 것 같다. 2010년 말 현재 우리나라 도로의 총 연장은 약 90,000km이고, 67,500km가 포장되어 포장율은 약 75% 정도이다. 포장된 도로 가운데 시멘트콘크리트포장 등을 제외한 아스팔트 포장도로는 총 연장이 56,000km로 포장도로의 약 83%에 달한다.

아스팔트 포장은 강성포장에 비해 주행성, 시공성, 경제성 등의 여러 가지 장점이 있으나, 중차량 교통의 증가로 덧씌우기 등 각종 유지보수 주기가 계속 빨라지고 있어 이 문제를 인식하고 대처해야 할 시기에 와 있다고 판단된다. 도로의 파

<sup>†</sup> 교신저자 : 정희원, 경기대학교 토목공학과 교수

E-mail : nskim1@kyonggi.ac.kr

TEL : (031)249-9710 FAX : (031)244-6300

<sup>\*\*</sup> 정희원, 대우건설 상무, 경기대학교 건설·산업대학원 석사과정

손원인은 아주 복잡하게 이루어져 있으며, 아직도 명확하게 밝혀지지 않은 부분이 상당히 남아있지만, 그간의 연구에 의해 얻어진 결과를 정리해 본다면 교통하중, 환경조건, 재료의 질적 저하 등으로 압축된다. 아스팔트 포장의 파손을 줄이는 방법으로는 여러 가지 관점에서 접근할 수 있겠지만 최근에는 재료적 관점으로 접근해서 아스팔트에 개질재를 첨가하는 방법 등으로 성능을 향상시키는 방법이 부각되고 있다(Goodrich et al., 1995; 아스팔트포장연구회, 1999).

본 연구도 이러한 방향에서 새로운 개념의 개질재인 D사의 Elvaloy라는 소재에 대해 알아보고자 한다. 국내에서는 아직까지 시공실적이 알려진 것이 없지만, 미국이나 다른 나라에서는 이미 약 10년 전부터 사용해 오고 있으며 그 성능에 대해 호평을 받고 있는 재료이다. 이러한 Elvaloy에 대해 일반적으로 알려진 SBS 같은 개질재와 다른 점을 비교 분석해서, 과연 성능이 확연히 구분되는 뛰어난 재료인지를 실험을 통해 알아보고 국내 적용 가능성까지도 조심스럽게 점검해보고자 한다. 연구방법으로는 국내에서 일반적으로 사용되는 13mm 일반 밀입도 아스팔트 혼합물과 D사의 Elvaloy를 첨가한 개질 아스팔트 혼합물에 대해 간접인장강도 실험과 회복탄성계수 실험(Resilient Modulus, Mr)을 통하여 Elvaloy 개질 아스팔트 혼합물의 온도변화에 따른 균열저항성 및 회복탄성계수의 변화를 파악하여 기존의 일반 아스팔트 혼합물과의 차이점을 비교해 보고자 한다.

## 2. 국내외 연구동향

### 2.1 외국의 연구동향

미국의 FHWA(Federal Highway Administration)에서는 1987년부터 5년 동안 1억 5천 만 불을 투입하여 “신도로 연구계획(Strategic Highway Research Program, SHRP)”을 수행하였고 공용성(Performance)에 기초한 아스팔트와 아스팔트혼합물의 실험법 및 시방을 개발하였다. 이 연구의 결과로 만들어진 것이 슈퍼페이브(Superior Performing Asphalt Pavement, SUPERPAVE)인데, 여러 가지 분야를 포함하는 슈퍼페이브의 내용 중에 아스팔트가 공용성에 영향을 미치는 인자들을 얻기 위해 실험기와 실험방법에 대한 규정을 하였으며, 아스팔트 혼합물의 배합설계 과정에 있어서는 지금까지의 다짐방법과 다른 선회다짐기(gyratory compactor)를 사용하여 현장에서 발생하는 현장밀도를 실내에서 재현하고 아스팔트 혼합물의 물리적인 특성을 얻기 위한 방법으로 간접인장강도 실험과 회복탄성계수 실험을 제안하는 등 여러가지 구체적인 모델을 제시했다.

1999년 여름에 미국의 NCAT(National Center for Asphalt Technology)에서는 Elvaloy의 특성을 알아보기 위해 Loading Rolling Wheel Tester를 이용한 실험을 실시했다. SHRP의 슈퍼페이브 Mix로 만들어진 일반 포장체와 SBS 개질재와 Elvaloy를 비교하는 방법을 사용했는데, 결과를 보면 Elvaloy 혼합물이 바퀴패임(rutting)에 대해 뛰어난 저항성을 보이는 것으로 나타났다. 최근에 미국의 한 도로국에서는 Air blowing에 의해 개질된 혼합물과 Elvaloy에 의해 개질된 PG64-28 Grade의 두 가지 혼합물에 대해 Hamburg Wheel Test를 시행했는데, Elvaloy가 첨가된 혼합물이 명백하게 바퀴패임에 훨씬 잘 적응한다는 동일한 결과를 얻어냈다(Deme et al., 1995; Witczak et al., 1995).

### 2.2 국내의 연구동향

우리나라의 경우 현재까지 Elvaloy를 포함한 연구결과가 발표된 것이 없으나, 이와 유사한 개질재에 대한 연구는 계속되고 있다. 슈퍼페이브의 규정 등을 토대로 아스팔트와 아스팔트 혼합물의 연구가 진행중인데, 천연아스팔트(Trinidad Lake Asphalt, Gilsonite Asphalt), 고분자 화합물 등을 혼합하여 아스팔트의 성능향상을 위한 연구와 구스아스팔트(Guss Asphalt), 스톤 매스틱 아스팔트(Stone Mastic Asphalt, SMA), 페타이어를 첨가한 아스팔트 등의 개질 아스팔트를 이용하여 공용성과 안정성을 증가시키기 위한 연구 등이 진행 중이다(현대건설기술연구소, 1998).

김광우(김광우 등, 1997)은 결합재 개질을 통하여 아스팔트 포장의 소성변형을 감소시키기 위한 연구로서 LDPE(Low-density polyethylene), SBS(Styrene-butadiene-styrene), SBR(Styrene-butadiene-rubber), LLDPE(Linear low-density polyethylene)를 이용하여 혼합물의 변형 저항성 향상에 대한 연구를 수행하였다. 이 연구로부터 LDPE 및 SBR이 혼합물의 안정성, 인장강도 및 강성증가에 보다 효과적이며 소성변형에도 효과적임을 규명하였다. 남영국(남영국 등, 1997)은 소성변형 저하를 위해

미국 슈퍼페이브 배합설계 기법을 이용하기 위하여 (주)유공에서 개발한 PMA 결합재를 이용하여 국내공항 및 고속도로에 시험포장을 하고 그 성능을 연구했다.

### 3. 실험방법 및 결과.

#### 3.1 시료준비 방법 및 재료의 특성

##### 1) 골재

본 연구에 사용된 골재는 중부 지방의 아스팔트콘크리트 포장에 사용되고 있으며 KS규정의 품질 기준에 적합한 재료이다. 사용 골재의 품질시험 규정은 Table 1과 같다.

Table 1. 골재의 품질시험 규정

시 험 항 목	시 험 법	시 험 규 정
비중	골재의 비중 및 흡수량 시험방법	KS F 2503 KS F 2504
흡수율	골재의 비중 및 흡수량 시험방법	KS F 2503 KS F 2504
단위중량	골재의 단위중량 시험방법	KS F 2505
마모율	로스엔젤스 시험기에 의한 굵은골재의 마모시험방법	KS F 2508
안정성	골재의 안정성 시험방법	KS F 2507
편평, 세장석함유량	골재의 형상시험방법	한국아스콘협동조합

##### 2) AP-5

아스팔트의 주성분은 탄화수소이고 이외에 황, 질소, 산소 및 미량의 금속원소 화합물로서 화학적으로는 극히 복잡한 구조를 갖고 있으며, 이러한 화학성분은 재료산지, 제조과정 등에 따라 다르다(The Asphalt Handbook, 1989). 우리나라에서 사용되는 아스팔트는 침입도, 연화점, 점도를 기준으로 분류하며, 본 연구에서는 인천정유사의 침입도가 60~70인 AP-5를 사용하였다. 본 연구에 사용된 AP-5의 침입도, 신도, 인화점 등의 실험 값은 아스팔트의 품질시험 규정(ASTM, 1995)에 따라 수행한 결과치이며, 그 값은 Table 2와 같다.

Table 2. 아스팔트의 물리적 성질(AP-5)

	기 준	시험결과
침 입 도 (25°C, mm)	61 - 70	71
연 화 점 (°C)	44.0 - 52.0	47.5
신 도 (15°C, cm)	100이상	150이상
톨루엔 가용분 (wt%)	99.0이상	99.59
인 화 점 (°C)	260이상	260이상
박막가열후 질량변화율 (%)	0.6이하	0.01
박막가열후 침입도 잔류율(%)	55이상	80.3
증발후의 침입도비 (%)	110이하	101
밀 도 (15°C, g/cm <sup>3</sup> )	1.000이상	1.029

2) 아스팔트 혼합물의 배합

본 연구에 사용된 아스팔트 혼합물의 종류는 국내 건설교통부 및 한국도로공사 등에서 사용되는 일반지역 표층용 13mm 일반 밀입도 아스팔트 혼합물이며 골재 입도는 상하한의 범위 중 중간 입도를 선택하였다. 아스팔트의 함량은 혼합골재 전체 중량비의 5.7%로 하였고, 밀입도 아스팔트 혼합물은 AP-5 아스팔트를 사용하였다. Elvaloy 개질 아스팔트 혼합물은 AP-5 아스팔트와 함께 AP-5 아스팔트 중량의 2%를 Elvaloy로 치환하였으며 아스팔트 함량은 동일하게 5.7%를 사용하였다. 밀입도 아스팔트 혼합물과 Elvaloy 개질 아스팔트 혼합물의 굵은 골재 최대치수는 13mm이고 비교평가를 위하여 동일한 입도를 적용하였다.

① 골재 입도

아스팔트 혼합물의 골재 입도는 Fig. 1과 같다.

② 배 합

밀입도 아스팔트 혼합물과 Elvaloy 개질 아스팔트 혼합물 공시체를 각각 12개씩 제작하였다.

③ 밀입도 아스팔트 혼합물

1개의 공시체에 골재량 1,200g과 전체 골재 중량비 5.7%에 해당하는 68.4g의 AP-5 아스팔트를 첨가하여 Table 3과 같이 공시체를 제작하였다.

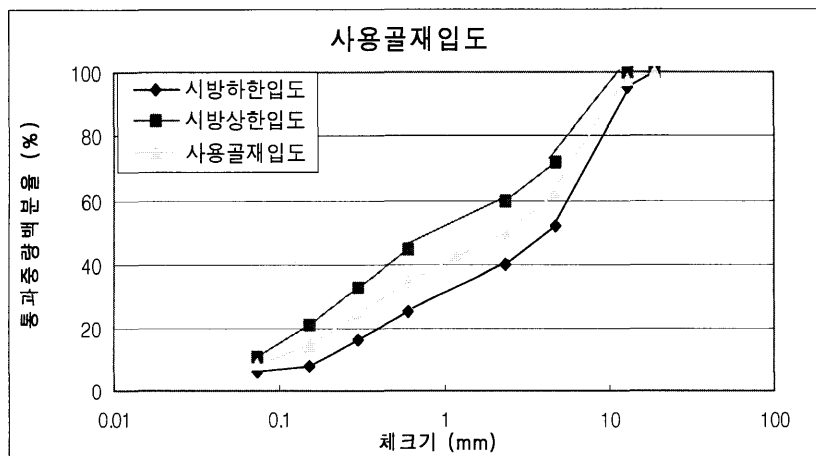


Fig. 1. 아스팔트혼합물의 사용골재 입도

Table 3. 밀입도 아스팔트 혼합물 공시체 제작 현황

아스팔트 함량(%)	아스팔트 무게(g)	공시체 (수량 : 개)	공시체중량 (g)	다짐횟수 (회)	다짐온도 (°C)
5.7	68.4	12	1,268.4	양면 50	160±5°C

공시체 제작에 사용한 몰드는 지름이 101.6mm이고, 높이가 76.2mm인 원통형 몰드이다. 마샬 자동 다짐기는 자유낙하 높이가 457.2mm이고 다짐용 해머의 중량은 4,536g인 편평하고 원형의 다짐면을 가진 KS F 2337 규정에 적합한 시험기구를 사용하였다.

④ Elvaloy 개질 아스팔트 혼합물

1개의 공시체에 골재량 1200g과 전체 골재중량비 5.7%에 해당하는 68.4g의 AP-5 아스팔트 중 Elvaloy의 치환분인 1.4g을 첨가하였고, AP-5는 67.0g을 혼입하여 Table 4와 같이 공시체를 제작하였다. 공시체 제작에 사용한 몰드는 지름이 101.6mm 이고, 높이가 76.2mm 인 원통형 몰드이다. 마샬 자동 다짐기는 자유낙하 높이가 457.2mm이고 다짐용 해머의 중량은 4,536g 인 편평하고 원형의 다짐 면을 가진 KS F 2337 규정에 적합한 시험기구를 사용하였다.

Table 4. Elvaloy 개질 아스팔트 혼합물 공시체 제작 현황

아스팔트 무게 (g)	Elvaloy 무게(g)	공시체 (수량 : 개)	공시체중량 (g)	다짐횟수 (회)	다짐온도 (°C)
67.0	1.4	12	1,268.4	양면 50	160±5°C

3.2 실험 결과

1)간접인장강도 실험

① 간접인장강도 실험 환경

각 온도변화에 따른 간접 인장강도 실험을 수행하기 위하여 자동온도 조절장치를 사용하였다. 사용된 온도 조절실은 -3 0°C ~60°C까지 온도조절이 가능하며, 일정 온도로 장시간 유지할 수 있는 특징을 가지고 있다. 특히 자동온도 조절장치는 저온관리에 있어서 액화질소(liquid nitrogen)의 사용 없이 자동으로 저온을 유지할 수 있어 실험온도의 정확성에 많은 기여를 하였다. 실험시료는 16~18시간의 일정시간 동안 실험온도로 정하였고 실험 전, 후에 온도차가 발생하지 않게 하기 위하여 실험온도에 적합한 경우에만 수행하였다. 재하 하중은 앞서 언급한 바와 같이 50.8mm/분(0.85mm/초)으로 제어하고 밀입도 아스팔트 혼합물과 Elvaloy 개질 아스팔트 혼합물의 모든 실험시료에 동일하게 적용하였다.

② 아스팔트 혼합물의 각 온도별 실험 결과

간접 인장강도는 각 온도별로 3개씩 측정하여 평균값을 구하였다. Toughness의 값은 최대하중에서 20%의 하중이 제거된 부분까지의 값을 나타내고 파괴시 변위량은 재하 하중이 최대치 즉, 아스팔트 혼합물 시료가 파괴에 이르기까지의 변위량이다. 밀입도 아스팔트 혼합물의 각 온도별 실험결과는 Table 5와 같으며, Elvaloy 개질 아스팔트 혼합물의 각 온도별 실험결과는 Table 6과 같다.

2)회복탄성계수 실험

① 회복탄성계수 실험 환경

각 온도변화에 따른 간접인장강도 실험을 수행하기 위하여 온도조절장치를 사용하였다. 사용된 온도조절 실은 -30°C ~6 0°C까지 온도조절이 가능하며, 일정온도로 장시간 유지할 수 있는 특징을 가지고 있다. 특히 온도조절장치는 저온관리에 있어서 액화질소(liquid nitrogen)의 사용없이 저온을 유지할 수 있어 실험온도의 정확성에 많은 기여를 하였다. 실험시료는 16~18시간의 일정시간 동안 실험온도로 정하였고 실험 전, 후에 온도차가 발생하지 않게 하기 위하여 실험온도에 적합

Table 5. 밀입도 아스팔트 혼합물의 각 온도별 실험결과

실험온도 (°C)	시료번호	실험결과 (N/mm <sup>2</sup> )	평균값 (N/mm <sup>2</sup> )	Toughness (N·mm)	평균값 (N·mm)	파괴시변위량 (mm)	평균값 (mm)
5	n-5-1	4.53	4.56 (46.5kgf/cm <sup>2</sup> )	50,000	50,833	1.80	1.83
	n-5-2	4.41		52,500		2.00	
	n-5-3	4.74		50,000		1.70	
25	n-25-1	1.01	1.00 (10.2kgf/cm <sup>2</sup> )	24,000	22,833	1.90	1.93
	n-25-2	1.01		22,500		1.90	
	n-25-3	0.98		22,000		2.00	
40	n-40-1	0.35	0.32 (3.3kgf/cm <sup>2</sup> )	7,000	6,958	1.70	2.43
	n-40-2	0.30		6,750		2.80	
	n-40-3	0.32		7,125		2.80	

Table 6. Elvaloy 개질 아스팔트 혼합물의 각 온도별 실험결과

실험온도 (°C)	시료번호	실험결과 (N/mm <sup>2</sup> )	평균값 (N/mm <sup>2</sup> )	Toughness (N·mm)	평균값 (N·mm)	파괴시변위량 (mm)	평균값 (mm)
5	e-5-1	4.87	4.98 (50.8kgf/cm <sup>2</sup> )	52,500	54,167	1.65	1.65
	e-5-2	4.95		57,500		1.70	
	e-5-3	5.11		52,500		1.60	
25	e-25-1	1.14	1.17 (11.9kgf/cm <sup>2</sup> )	27,500	29,167	1.90	2.07
	e-25-2	1.13		30,000		2.10	
	e-25-3	1.23		30,000		2.20	
40	e-40-1	0.56	0.53 (5.4kgf/cm <sup>2</sup> )	10,800	11,367	1.80	1.95
	e-40-2	0.52		11,000		2.00	
	e-40-3	0.52		12,300		2.05	

한 경우에만 수행하였다. 재하 하중은 간접인장강도의 5~20%의 하중으로 가하는 데, 본 연구에서는 밀입도 아스팔트 혼합물과 Elvaloy 개질 아스팔트 혼합물의 비교실험을 위한 것으로서, 모든 실험시료에 초기하중 200N과 최대하중 2,000N의 동일한 하중으로 재하 하였다. 이 값은 상온인 25°C 간접 인장강도의 20%에 해당하는 하중 값이다. 재하 하중은 100회 동안 일정하게 반복하여 가하였고 실험결과는 마지막 5회의 평균값을 사용한 것으로 모든 데이터는 컴퓨터에 자동 입력된 것이다.

② 아스팔트 혼합물의 각 온도별 실험 결과

회복탄성계수 실험의 경우 각 온도별로 측정하였다. 또한 초기 측정 방향과 수직한 방향에 대하여 다시 실험을 진행하여 평균값을 얻었으며, 정리된 결과 값의 시료번호 중 끝의 짝수는 초기 측정 방향과 수직한 방향에서의 실험을 의미한다. 밀입도 아스팔트 혼합물의 각 온도별 실험 결과는 Table 7과 같으며, Elvaloy 개질 아스팔트 혼합물의 각 온도별 실험 결과는 Table 8과 같다.

Table 7. 밀입도 아스팔트 혼합물의 각 온도별 실험결과

실험온도 (°C)	시료번호	실험결과 (N/mm <sup>2</sup> )	평균값 (N/mm <sup>2</sup> )	Poisson's ratio	평균값
5	n-5-1	8,956	8,639 (88,118kgf/cm <sup>2</sup> )	0.09	0.09
	n-5-2	8,322		0.08	
	n-5-3	9,274	8,763 (89,383kgf/cm <sup>2</sup> )	0.12	0.10
	n-5-4	8,251		0.07	
25	n-25-1	3,302	3,472 (35,414kgf/cm <sup>2</sup> )	0.30	0.36
	n-25-2	3,642		0.41	
	n-25-3	3,872	3,833 (39,097kgf/cm <sup>2</sup> )	0.39	0.40
	n-25-4	3,794		0.40	
40	n-40-1	1,537	1,526 (15,565kgf/cm <sup>2</sup> )	0.71	0.77
	n-40-2	1,515		0.82	
	n-40-3	1,475	1,400 (14,280kgf/cm <sup>2</sup> )	0.69	0.71
	n-40-4	1,324		0.73	

Table 8. Elvaloy 개질 아스팔트 혼합물의 각 온도별 실험 결과

실험온도 (°C)	시료번호	실험결과 (N/mm <sup>2</sup> )	평균값 (N/mm <sup>2</sup> )	Poisson's ratio	평균값
5	e-5-1	7,001	7,074 (72,155kgf/cm <sup>2</sup> )	0.05	0.03
	e-5-2	7,146		0.01	
	e-5-3	8,167	8,286 (84,517kgf/cm <sup>2</sup> )	0.07	0.08
	e-5-4	8,404		0.09	
25	e-25-1	4,025	3,883 (39,607kgf/cm <sup>2</sup> )	0.35	0.35
	e-25-2	3,741		0.34	
	e-25-3	4,123	3,951 (40,300kgf/cm <sup>2</sup> )	0.42	0.39
	e-25-4	3,778		0.36	
40	e-40-1	1,669	1,617 (16,493kgf/cm <sup>2</sup> )	0.66	0.70
	e-40-2	1,564		0.74	
	e-40-3	1,793	1,831 (18,676kgf/cm <sup>2</sup> )	0.58	0.64
	e-40-4	1,869		0.70	

#### 4. 시험결과 및 분석

##### 4.1 간접인장강도 실험결과 분석

간접인장강도 실험 결과 Elvaloy 개질 아스팔트 혼합물이 밀입도 아스팔트 혼합물보다 온도별 영역에서 간접인장강도 값이 컸으며, Toughness의 경우에도 Elvaloy 개질 아스팔트 혼합물이 큰 것으로 나타났다. 저온인 5°C의 경우 간접인장강도는 Elvaloy 개질 아스팔트 혼합물이 밀입도 아스팔트 혼합물보다 19%이상 증가하였고, Toughness는 7% 증가, 파괴시 변위량은 10%가 감소한 것으로 나타났다. 25°C 상온에서는 Elvaloy 개질 아스팔트 혼합물의 간접인장강도가 밀입도 아스팔트 혼합물보다 17% 이상 증가하였고, 이에 따라 Toughness도 28%증가하였다. 파괴 시 변위량은 7% 증가하였다. 높은 온도범위인 40°C에서는 간접인장강도의 증진이 66%에 달하였고 Toughness 또한 63% 정도 증가하였으나 파괴시 변위량은 20% 감소하였다.

Fig. 2에 나타낸 간접인장강도 실험결과는 간접인장강도 값과 Toughness 값을 밀입도 아스팔트 혼합물과 Elvaloy 개질 아스팔트 혼합물을 비교하여 볼 수 있다.

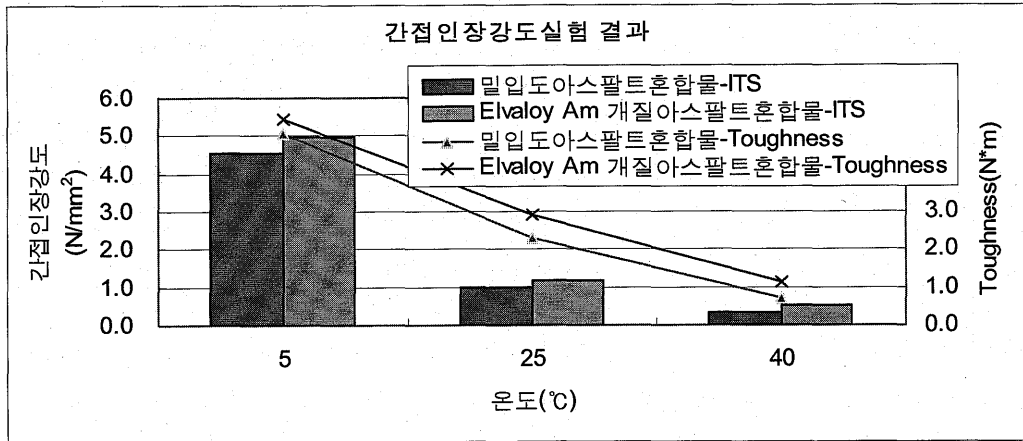


Fig. 2. 간접인장강도 실험 결과

Fig. 3에 나타난 밀입도 아스팔트 혼합물의 하중-변형곡선은 온도변화에 따른 하중과 변형과의 관계를 나타낸다. 또한 간접인장강도 개질 아스팔트 혼합물의 하중-변형곡선(Fig. 4)은 온도변화에 따른 하중과 변형과의 관계를 나타낸다.

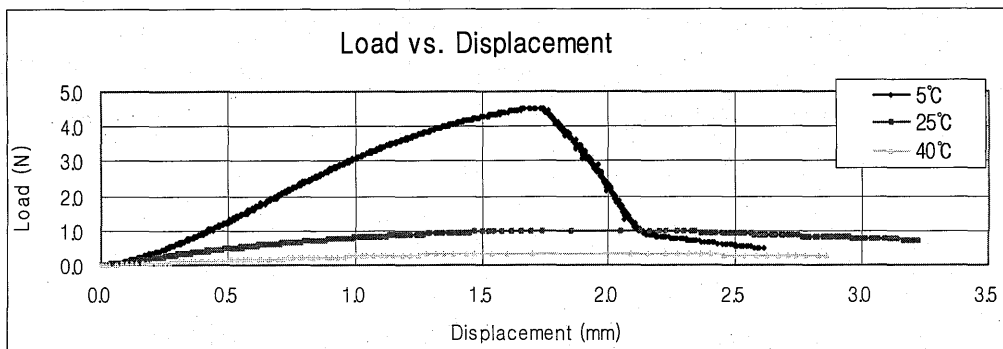


Fig. 3. 밀입도 아스팔트 혼합물, 하중-변형곡선

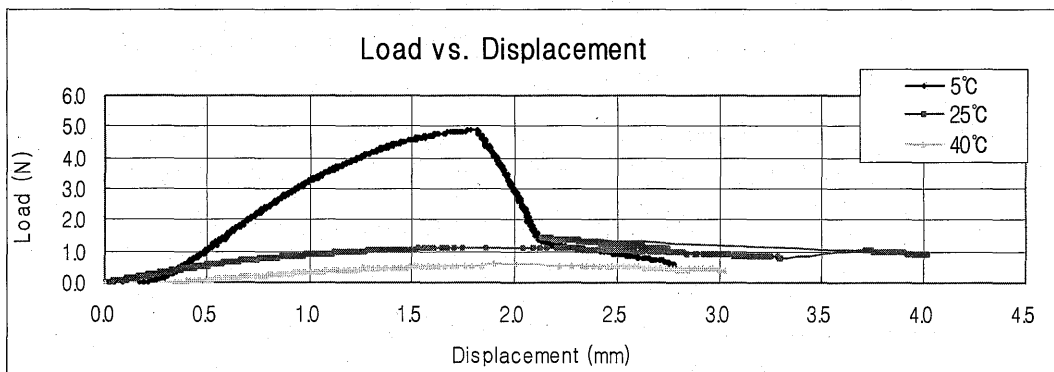


Fig. 4. Elvaloy 개질 아스팔트 혼합물, 하중-변형곡선



Fig. 5는 밀입도 아스팔트 혼합물과 Elvaloy 개질 아스팔트 혼합물의 하중-변형곡선으로 이 결과로 보면 하중은 Elvaloy 개질 아스팔트 혼합물이, 변위량은 밀입도 아스팔트 혼합물이 대체적으로 크다.

간접인장강도 실험 결과 Elvaloy 개질 아스팔트 혼합물의 간접인장강도는 각 온도영역에서 밀입도 아스팔트 혼합물보다 크게 나타났다. 강성이 크다는 것은 저온에서는 취성파괴의 요인으로 온도균열이 발생할 수 있으나, 상온에서는 피로파괴 및 소성변형에 저항성이 있음을 알 수 있다. Toughness의 경우도 각 온도영역에서 Elvaloy 개질 아스팔트 혼합물이 크게 나타났으며, Toughness가 큰 경우 에너지 흡수율이 크다는 것을 의미하므로 소성변형 및 온도균열에 큰 저항성을 가지게 된다. 파괴시 변위량은 저온과 높은 온도범위에서 밀입도 아스팔트 혼합물이 큰 것으로 나타났다. 그러므로 균열에 대한 저항성 면에서 Elvaloy 개질 아스팔트 혼합물보다 우수한 것으로 판단된다.

#### 4.2 회복탄성계수 시험결과 분석

Fig. 6의 회복탄성계수 실험결과는 각 온도별 밀입도 아스팔트 혼합물과 Elvaloy 개질 아스팔트 혼합물의 회복탄성계수 평균값과 포아송비 평균값을 이용하여 작도한 그림으로 실험 결과를 보면 저온인 5°C의 경우 회복탄성계수는 Elvaloy 개질 아스팔트 혼합물이 밀입도 아스팔트 혼합물보다 약 22%이상 감소하였고, 포아송비는 60% 감소하였다. 25°C 상온에서는 Elvaloy 개질 아스팔트 혼합물의 회복탄성계수가 7%이상 증가하였고, 포아송비는 비슷한 값을 나타냈다. 높은 온도범위인 40°C에서는 회복탄성계수가 18% 감소하였고, 포아송비도 10%정도 감소하였다. 회복탄성계수 값의 크기를 균열저항성과 직접적으로 연관지어 생각하기는 어려우나 저온에서 회복탄성계수의 증가는 전체적인 아스팔트 혼합물의 거동이 깨지기 쉬운 상태(brittle)가 되게 한다. 직접적인 회복탄성계수의 비교보다는 온도변화에 따른 회복탄성계수비의 측정이 의미 있는 일이라 생각된다.

실험결과로 비춰볼 때 Elvaloy 개질 아스팔트 혼합물의 경우 밀입도 아스팔트보다 큰 공용성이 예상된다. 또한 저온과 상온의 회복탄성계수의 비인 탄성계수비가 작게 나타나, 온도변화에 따른 아스팔트 혼합물의 물리적 성질의 변화(아스팔트 혼합물의 온도 감온성)가 개선되었음을 알 수 있다. 포아송비는 일반적인 아스팔트 혼합물의 해석시 상온인 25°C의 경우 0.3정도의 값을 사용하는데, 실험결과 유사한 결과를 얻을 수 있었다.

### 5. 결론

(1) 간접인장강도 실험결과 Elvaloy 개질 아스팔트 혼합물의 간접인장강도는 전 온도영역에서 밀입도 아스팔트 혼합물보다 크게 나타났다. 이는 Elvaloy 개질 아스팔트 혼합물이 전 온도영역에서 인장균열에 대한 저항성이 우수함을 의미한다. Toughness의 경우 저온에서는 밀입도 아스팔트 혼합물이, 상온에서는 Elvaloy 개질 아스팔트 혼합물이 상대적으로 크게 나타났으며, Toughness가 큰 경우 에너지 흡수율이 크다는 것을 의미하므로 소성변형 및 온도균열에 큰 저항성을 가지게 된다.

(2) 회복탄성계수 실험결과 상온 및 고온의 온도영역에서는 Elvaloy 개질 아스팔트 혼합물의 회복탄성계수가 밀입도 아스팔트 혼합물에 비해 증가한 것으로 나타났고 저온에서는 반대의 현상이 일어나, Elvaloy 개질 아스팔트 혼합물의 회복탄성계수 값이 온도변화에 따른 변화 폭이 작음을 알 수 있다. 특히, 겨울철에 지나치게 회복탄성계수 값이 증가하지 않음은 큰 장점이 될수 있을것으로 판단된다.

(3) 포아송비의 경우는 Elvaloy 개질 아스팔트 혼합물이 각 온도영역에서 밀입도 아스팔트 혼합물보다 작은 것으로 나타났다. 이는 수평변위 및 수직변위에서 Elvaloy 개질 아스팔트 혼합물이 밀입도 아스팔트 혼합물보다 적은 값의 변위를 보였기 때문으로, Elvaloy의 첨가가 아스팔트 혼합물을 Brittle한 상태로 만드는 것을 알 수 있다.

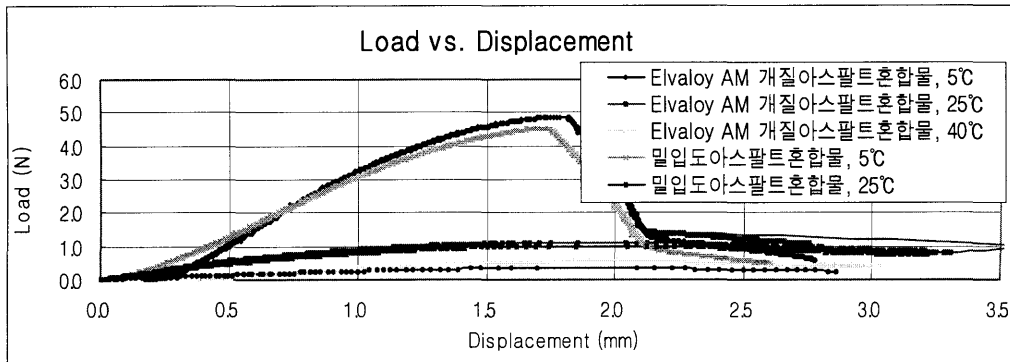


Fig. 5. 밀입도 아스팔트 혼합물 및 Elvaloy 개질 아스팔트 혼합물, 하중-변형 곡선

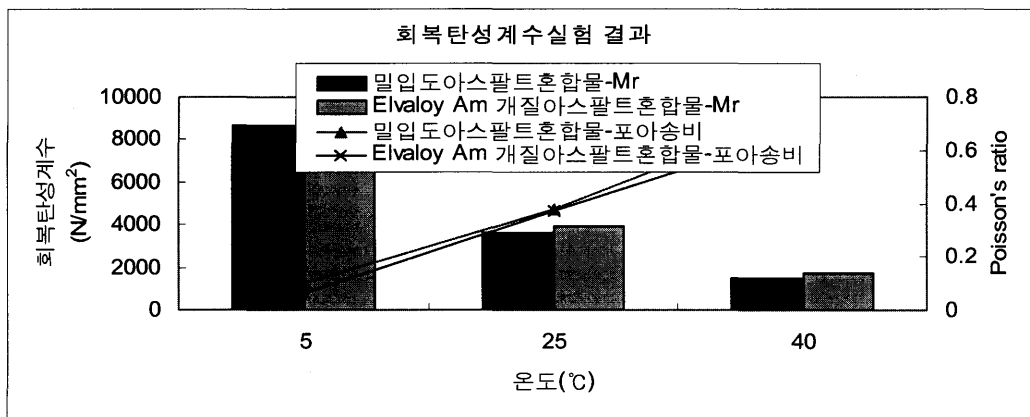


Fig. 6. 회복탄성계수실험결과

### 참고문헌

- [1] ASTM D2872-88 (1995), Standard Test Method for Effect of Heat and Air on a Moving Film of Asphalt(Rolling Thin-Film Oven Test).
- [2] ASTM D4896-95 (1995), Standard Guide for Use of Adhesive-Bonded Single Lap-Joint Specimen Test Result.
- [3] Deme, I.J., Deserres, M.C., Lenters, J.R. (1995). "Effectiveness of multigrade type bitumens in preventing pavement cracking and rutting." Proceedings Canadian Technical Asphalt Association.
- [4] Goodrich, J.L, (1991). "Asphaltic binder rheology, asphalt concrete rheology, and asphalt concrete mix properties." Journal Association of Asphalt Paving Technologists.
- [5] Asphalt Institute Engineering Office (1989). The Asphalt Handbook - Manual Series No. 4 (MS-4).
- [6] Witczak, M.W., Hafez, I., Qi, X. (1995). Laboratory Characterization of DuPont Elvaloy Modified Asphaltic

Mixtures. DuPont.

- [7] 김광우, 조희원, 이상범, 이지용, 안경애 (1997). "폴리머(LDPE, SBS) 개질 아스팔트 혼합물의 특성연구." 1997 국제심포지엄 논문집, 강원대학교 석재복합 신소재 제품 연구센터.
- [8] 남영국, 이정조, 최경일, 이광호, 차순만, 김종현, 유재승 (1997). "Superpave 배합설계 및 Binder를 이용한 공항 고속도로 시험포장 사례 연구." 1997 국제심포지엄 논문집, 강원대학교 석재복합 신소재 제품 연구센터.
- [9] 아스팔트포장연구회 (1999). 아스팔트포장공학 원론.
- [10] 현대건설기술연구소 (1998). 아스팔트 포장도로의 소성변형 저감대책 방안 연구.

- ▶ 논문접수일 : 2011년 03월 10일
- ▶ 심사의뢰일 : 2011년 03월 11일
- ▶ 심사완료일 : 2011년 03월 23일