

신설국도의 시험시공을 통한 표층용 개질 아스팔트 공용성 평가

Evaluation of Performance and Construction the New National Test Road Sites of
Modified Asphalt

조규태*
Cho, Gyu-Tae

Abstract

Asphalt pavements have to perform under the conditions of heavily-loaded vehicles due to the industrialization and large temperature variance between the summer and the winter. Due to these factors, a characteristics change of early permanent deformation becomes a big issue, and to remedy this problem many research to use modified asphalt are being widely conducted. However, most of the modified asphalt is being paved after milling the surface course and applying tackcoating, and it is being used mostly for the repair and maintenance purpose rather than pavement of new national road. The purpose of this investigation is to obtain some fundamental data for the evaluation of the performance and long-term performance of the construction material mixtures by the laboratory test and field experiments. For the field experiment, 200m of two-lanes national road, that is being paved for the new national road under the direction of Pusan Regional Construction Management Office, was paved with SBS PMA and PSMA asphalt mixtures, which are an modified asphalt mixtures used for the surface course, on top of the base course paved with other modified asphalt mixtures. The remaining section of the new national road was paved with dense grade mixture. The laboratory tests assessed and analyzed the mixture characteristics by Marshall's stability test, strength tests and wheel-tracking test. On the basis of the evaluation result of the temperature control and roughness of the newly constructed road at the field experiment site, it is desired to evaluate and identify the most economic modified asphalt mixtures by long-term performance evaluation and LCC(Life Cycle Cost) analysis in order to apply the test result to the design of new road construction in the future.

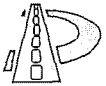
Keyword : *permanent deformation, modified asphalt, SBS PMA, PSMA,*

요 지

국내 아스팔트 포장은 중차량 교통량의 증가와 겨울철 및 여름철의 온도차이가 크게나는 환경조건하에서 공용되고 있다. 이러한 요인으로 인하여 포장 조기파손의 대부분인 소성변형의 문제점이 심각하며, 이에 대한 개선책으로 개질 아스팔트의 적용에 대한 연구들이 활발하게 진행되고 있다. 그러나, 대부분의 개질 아스팔트의 사용이 표층을 절삭하고 택코팅후 시공되고 있으며, 신설도로의 포장이 아닌 유지보수에서 많이 사용되고 있다. 본 연구는 부산지방국토관리청 산하의 신설국도의 도로포장현장에 개질 아스팔트 혼합물이 적용된 기층 위에 표층용 개질 아스팔트인 SBS PMA 혼합물과 PSMA 혼합물에 대하여 2차로로 200m를 시험 시공하였으며, 나머지 구간은 일반밀입도 아스팔트 혼합물로 시공하였으며, 시공에 사용된 재료에 대한 실내시험을 통한 공용성 및 장기 공용성 평가를 실시하고자 하였다. 실내 시험은 마찰안정도시험, 강도시험과 휠트래킹 시험을 하여 분석하였으며, 현장의 시험 시공 시 온도관리 및 평탄성에 대한 평가를 기초로 향후 장기 공용성 평가와 LCC분석을 실시하여 가장 경제적인 개질 아스팔트를 평가하여 설계에 반영하고자 한다.

핵심용어 : 소성변형, 개질 아스팔트, 시험포장, SBS PMA, PSMA

* 정회원 · 인천대학교 첨단 도로교통연구센터 선임연구원, ichogt@yahoo.co.kr



1. 서 론

국내의 아스팔트 포장은 여름철의 고온과 중차량 교통량의 증가 및 상승적인 정체구간의 발생으로 인하여 포장파손의 형태인 소성변형 및 피로균열 등 많은 문제점들이 발생 되고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위한 새로운 재료나 공법들이 연구 개발되어 사용되고 있지만, 개질 아스팔트에 대한 현장적용에 혼란을 겪고 있다. 기존의 표층용 개질 아스팔트의 경우 아스팔트 표층을 절삭 및 텍코팅 후에 개질아스팔트를 사용하는 보수방식으로 주로 사용해 왔던 방식에서 탈피하여 신설도로의 개질 아스팔트시험시공을 실시하고, 현장에서 사용된 재료에 대한 실내실험을 통하여 역학적 특성분석을 실시하고 포장의 공용성 증진과 경제성 분석을 실시하여, 장기공용성의 기초자료를 얻고자 한다.

본 연구에서는 일반 밀입도 아스팔트 혼합물과 두 가지 개질 및 특수 아스팔트혼합물을 시험포장하여 각종 재료의 역학적 강도특성과 실제 현장공용성능을 비교, 분석하여 가장 효과적인 개질 아스팔트를 선정하고자 한다.

2. 시험시공재료 및 현장 시험시공

2.1 시험시공재료의 특성

2.1.1 PMA(Polymer Modified Asphalt)공법

PMA공법은 SBS(Styrene Butadiene Styrene)바인더를 개질한 아스팔트로 생산공정에서 개질재의 배합을 완료한 후에 아스콘사에 공급되는 프리믹스(Pre-Mix) 방식으로 생산된 것으로 플랜트믹스(Plant-Mix) 방식과 다른 방법으로 생산된다. 표 1은 SBS 개질아스팔트의 배합기준을 나타낸 것이다.

표 1. SBS 개질아스팔트 일반배합표

품질기준	도로	교량	기층용
AP함량(%)	4.5~6.5	5.0~7.0	3.5~5.5
포화도(%)	65~85	70~85	-
공극률(%)	3.0~4.5	3.0~4.5	3.0~10.0
골재간극률(%)	13.0이상		
마찰안정도(kg)	1,200이상		600이상

2.1.2 PSMA (Polymer Stone Mastic Asphalt)

SMA혼합물은 유럽 중에서는 독일에서 많이 사용되고 있으며, 미국의 많은 주에서도 사용되고 있다. 그림 1은 위스콘신주에서 사용하고 있는 SMA와 일반밀입도 아스팔트 혼합물이다. 혼합물에 사용되는 골재의 맞물림 특성을 최대로 발휘하기 위해서 골재의 파쇄면이 많게 하고 입형이 좋은 골재를 사용하고 아스팔트 함량을 높이고, 섬유재를 사용하여 골재간의 맞물림 현상을 증대시켰다. 표 2와 3은 PSMA공법의 배합설계 및 골재규정을 나타낸 것이다.

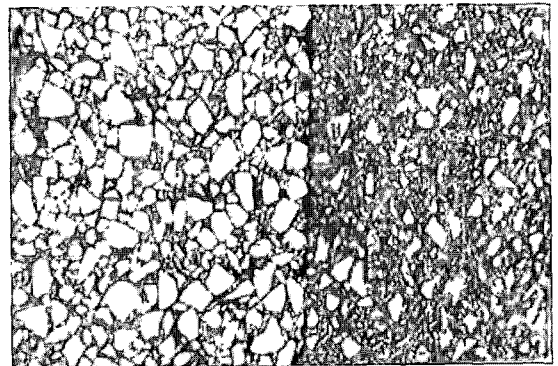


그림 1. PSMA(좌)와 일반밀입도혼합물(우)

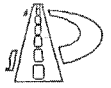


표 2. PSMA 배합설계표

아스팔트함량(%)	6이상
안정도(kg)	500이상
공극률(%)	2.5-4
골재간극률(%)	18이상
포화도(%)	75이상
드레인 다운시험치	0.3이하

표 3. PSMA 골재규정

비중(표건)	2.5이상
흡수량(%)	2.0이하
마모감량(%)	30이하
아스팔트박리시험에 의한 피복면적(%)	95이상
편평 및 세장편 함유량(%)	20이하

2.2 시험시공

2.2.1 현장 시험시공

현장시험시공은 2001년 10월 17일 국도 5호선 신설포장구간에서 실시 하였다. 국내 S사(SBS-PMA), I사(PSMA) 혼합물 포설을 시공했으며, 일반 밀입도 아스팔트혼합물은 G사가 시공했으며, 감리는 K사가 하였다.

2.2.2 포장단면계획 및 시공현장사진

표층두께는 SBS PMA 혼합물 5cm로 200m구간과 PSMA 혼합물 200m구간에 시험시공 하였으며, 그 밖의 구간은 일반 19mm 밀입도로 시공되었다. 기층은 챔크리트로 두께 25cm로 시공되어 있다. 차로수는 2차로로 포장시공 되었다. 그림 2와 3은 시험 시공현장의 다짐온도 계측 및 시공

전경이다.

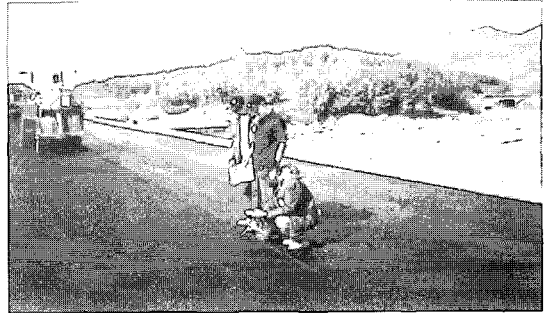


그림 2. PSMA 시험 시공현장 온도계측

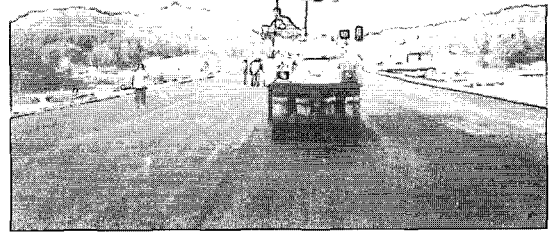


그림 3. SBS PMA 시험 시공현장

3. 실내시험 및 현장시험 평가

3.1 실내시험

3.1.1 합성입도

현장에서 사용한 각각의 혼합물에 대한 골재의 입도는 표 4와 같다. 개질 아스팔트의 경우 현장에서 1시간정도 떨어진 거리의 아스콘공장에서 생산된 것을 사용하였으며, 일반밀입도의 경우에는 현장과 가까운 거리에 위치한 레미콘 공장에서 생산된 것이다.

그림 4~6은 각 혼합물별 골재의 합성입도를 나타내고 있다.

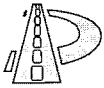


표 4. 골재 합성 입도

종류 골재	SBS PMA	종류 골재	PSMA	종류 골재	밀입도
19mm	40%	15-13mm	62%	19mm	39%
13mm이하	51%	13mm이하	26%	13mm	14%
모래	5%	석회석	12%	석분	28%
석회석	4%	-	-	모래	14%
-	-	-	-	석회석	5%

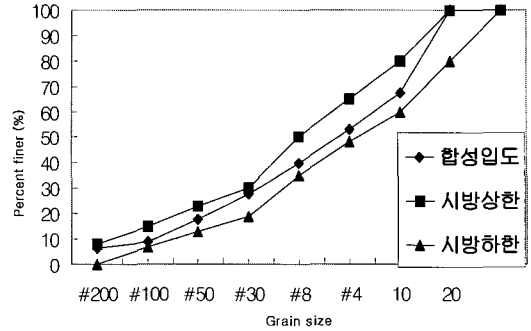


그림 6. 일반밀입도 골재합성입도

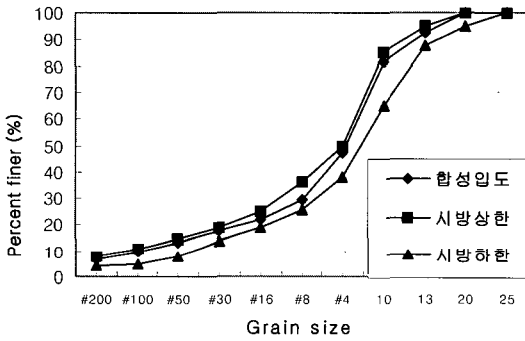


그림 4. SBS PMA 골재합성입도

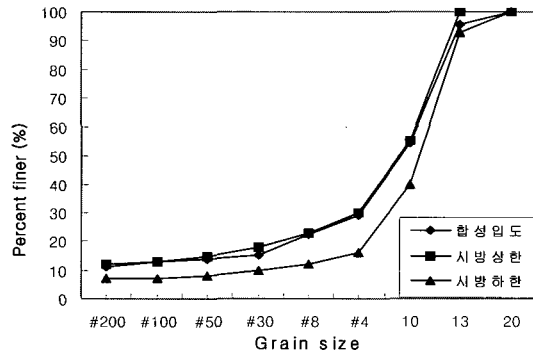


그림 5. PSMA 골재합성입도

표 5는 공법 종류별 혼합물의 배합설계표를 나타낸 것이다. 공법중 아스팔트 바인더 함량은 PSMA가 가장 높다.

표 5. 종류별 혼합물 배합설계

종류	AP 함량 (%)	밀도(kg/cm ³)		공극 률	VMA (%)	포화 도 (%)	안정도 (kg)	흐름 값 (0.01 cm)
		실측	이론					
SBS PMA	5.6	2.343	2.423	3.32	16.14	79.445	1292.8	40.3
PSMA	6.9	2.328	2.392	2.66	18.36	85.51	1004.7	28.1
19mm 밀입도	5.4	2.369	2.491	4.89	17.29	71.78	1079.4	25.3

3.1.2 강도특성 분석

1) 각 혼합물별 마찰시험 결과

본 연구에 사용된 각 혼합물별의 안정도 시험 결과는 그림 7, 8과 같이 나타났다. 3종류 혼합물은 시방규정을 모두 만족하였다.

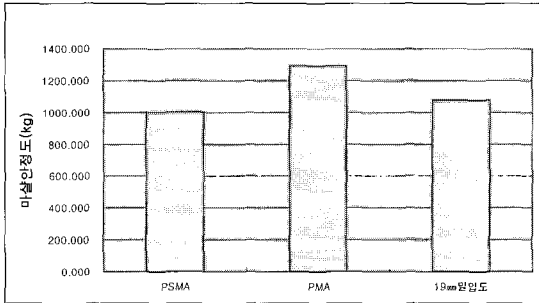
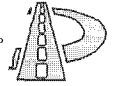


그림 7. 마살안정도 시험결과

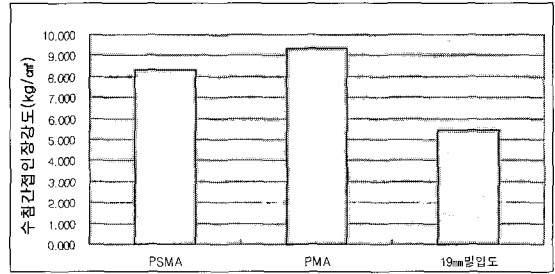


그림 10. 수침 간접인장시험 결과

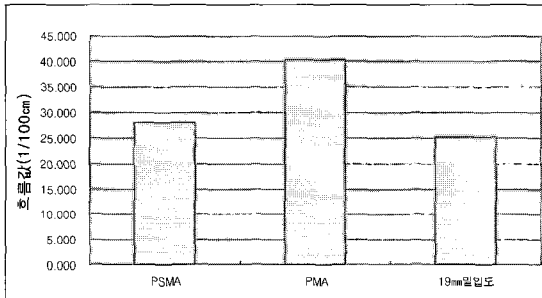


그림 8. 흐름값 결과

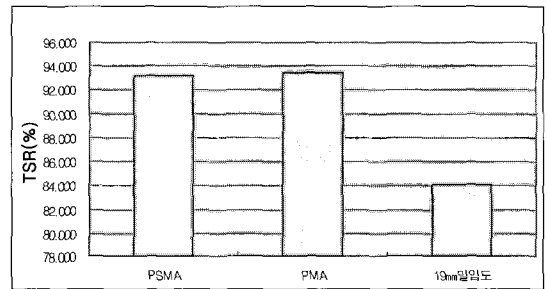


그림 11. TSR 시험 결과

2) 간접인장시험, 수침간접인장 TSR시험 결과
 본 연구에 사용된 혼합물의 간접인장강도 시험 결과 그림. 9와 같이 SBS PMA, PSMA, 19mm 밀입도의 순으로 나타났다. 그림 10, 11과 같이 수침간접인장시험 및 TSR시험결과도 19mm 밀입도 혼합물 보다 SBS PMA 혼합물과 PSMA 혼합물이 강도값이 크게 나타났다.

3) 각 혼합물별 압축강도시험 결과

압축강도 시험은 포장공용성에 있어서 소성변형에 미치는 포장체의 거동을 분석하기 위해 실시하였으며, 본 연구에서는 CBR2.5 관입시 하중강도를 아스팔트 혼합물의 강성(Stiffness)으로 나타내었다. 시험조건은 재하속도를 1mm/분, 60°C에서 30분간 수침시킨 후 실시하였다. 그림 12와 같이 19mm밀입도 혼합물 보다 SBS PMA 혼합물과 PSMA 혼합물이 강도 값이 크게 나타났다.

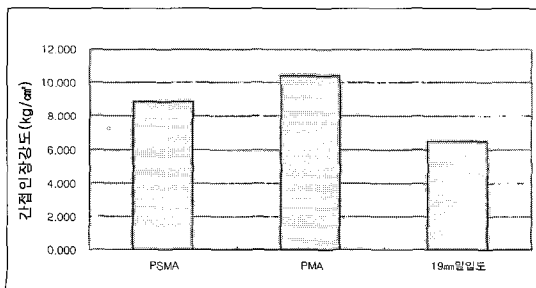


그림 9. 간접인장시험 결과

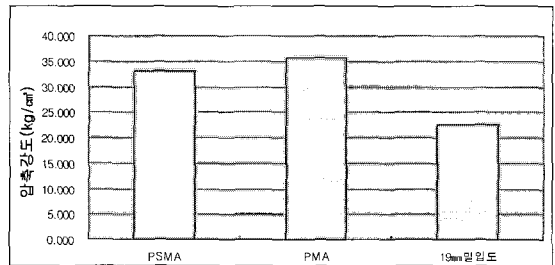


그림 12. 압축강도시험 결과



4) 각 혼합물별 전단강도시험 결과

전단변형은 아스팔트 혼합물의 하부에서 측방향으로 발생한다는 특징이 있다. 본 연구에서는 전단변형을 모사를 마샬공시체로 인천대에서 제작한 전단시험기를 사용하여 압축강도 시험과 동일한 조건으로 실시하였다. 전단강도 시험으로 각 혼합물의 전단저항성을 비교하여 본 결과 그림 13과 같이 19mm밀입도 혼합물 보다 SBS PMA 혼합물과 PSMA 혼합물의 전단강도가 우수하다고 할 수 있다.

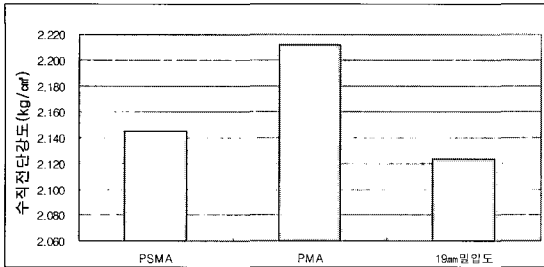


그림 13. 전단시험 결과

5) 각 혼합물별 휠트랙킹시험결과

소성변형에 대한 공용성을 예측하기 위하여 휠트랙킹 시험을 실시한 결과 표 6과 그림 14와 같은 결과를 얻었다. 19mm밀입도 혼합물에 비하여 SBS PMA 혼합물과 PSMA 혼합물이 동적안정도 값이 크게 나타났다. 그림 14와 15는 휠트랙킹 시험한 공시체의 평면 및 횡이 지나간 부분을 자른후의 공시체의 모습을 나타내고 있다.

표 6. 각 혼합물별 휠트랙킹 결과

종류	동적안정도 (회/mm)	변형률 (mm/min)
PSMA	7355.4	0.006
SBS PMA	7964.3	0.005
19mm밀입도	2017.0	0.021

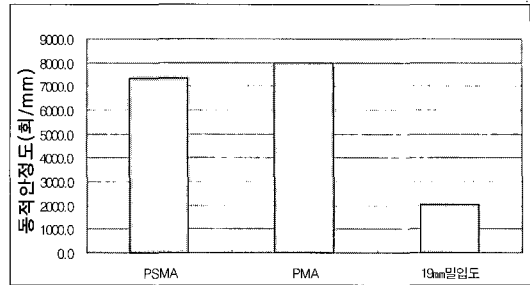


그림 14. 휠트랙킹 시험 결과

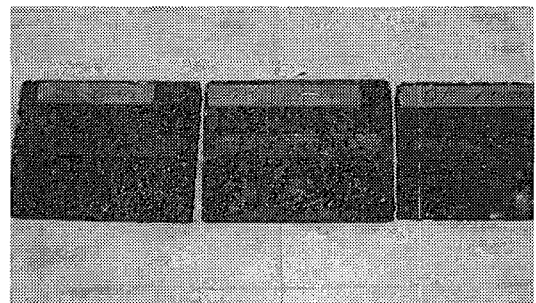


그림 15. 휠트랙킹 시험후 공시체

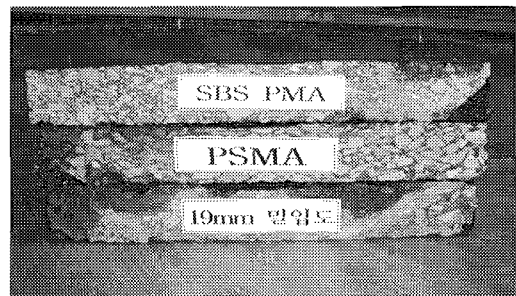
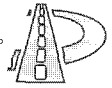


그림 16. 휠트랙킹 시험후 자른 공시체

3.2 현장 평탄성 측정 결과

포장의 서비스수준은 노면의 평탄성, 소성변형, 균열 및 미끄럼저항 등의 수준으로 표현할 수 있다. 따라서 도로포장의 공용성을 평가하기 위해서는 이들 포장의 시간적 변화를 파악해야한다.

도로의 평탄성을 측정방법으로 국내 시공현장에서 대부분 사용하고 있는 7.6m Profile Meter로



측정하였다. 현장의 시험포장 후 7일이 경과한 시점(2001년 10월23일)에서 측정하였다. 측정 구간은 시험포장구간 전구간에 걸쳐 실시하였다.

일반 국도의 신설포장에 사용하고 있는 평탄성 기준은 콘크리트 포장의 경우 PRI = 16cm/km 이하 이고, 아스팔트 포장의 경우 PRI = 10cm/km로 규정하고 있다.

PRI 측정결과 PSMA 포장은 1, 2차로 모두 기준치를 만족하였으나, SBS PMA 포장은 2차로에서 기준치를 만족하지 못한 것으로 나타났다. 이와같은 결과는 시공이음 구간에서 평탄성이 좋지 못하여서 발생한 것이다. 그림 17은 PRI를 측정하고 있는 광경이며, 결과는 표 7과 같다.

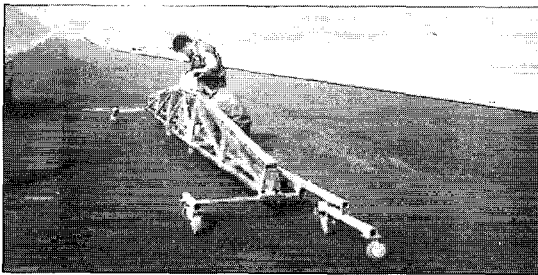


그림 17. PRI 측정

표 7. PRI 측정결과

구 분		거 리(m)	PRI (cm/km)
PSMA	1차로	122	0
	2차로	138	3.6
SBS PMA	1차로	209	0
	2차로	149	11.8

1차 PRI 측정을 기준으로 앞으로 공용후에 장기적인 조사를 통하여 포장의 평탄성을 비교 분석하는 기초자료로 활용하고자 한다.

4. 결 론

신설국도 현장에 개질 아스팔트의 시험시공 및

실내시험을 통하여 얻은 결과는 다음과 같다.

1) 마찰안정도, 간접인장, 압축시험, 전단시험 결과가 각 혼합물에 따라 다소의 차이를 보이나, 마찰안정도는 시방규정을 만족하는 것으로 나타났다. 그 밖의 강도시험에는 19mm 밀입도 아스팔트 혼합물에 비하여 SBS PMA 혼합물과 PSMA 혼합물이 강도가 좋게 나왔다.

2) 휠트래킹 시험을 통하여 소성변형에 대한 저항성을 시험한 결과 19mm밀입도 혼합물에 비하여 SBS PMA 혼합물과 PSMA 혼합물이 동적 안정도 값이 크게 나왔다.

3) 신설국도의 현장시험 시공후 공용기간이 짧아서 장기간(적어도 향후 5년간)추적조사와 시험포장에 대한 장기 공용성 평가를 지속하여야 할 것이다.

4) 현장시험시공시 초기 건설 비용이 19mm 일반 밀입도에 비하여 1.5~2배가량이 표층용 개질 아스팔트가 고가이다. 장기적인 공용성 평가를 계측후 평가시에 투자비용 대비 유지보수비간의 관계를 LCC분석을 통하여 평가할 수 있을 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. 한국건설기술연구원, 비용절감을 위한 도로재료 연구사업 (1-1-A단계 : 아스팔트의 물성연구), pp45-80 (1996)
2. 한국건설기술연구원, 비용절감을 위한 도로재료 연구사업 (1-1-B단계 : 개질 아스팔트의 물성 연구), pp25-34, pp42-56, (1996)
3. 한국건설기술연구원, 시험시공(포장) 및 사후관측, pp15-23, (1999)
4. 한국도로교통협회, 아스팔트포장 설계·시공 요령 pp32-58, (1997)
5. E. J. Yoder and M. W. Witezak, (Second Edition) *Principles of Pavement Design*
6. YANG H. HUANG , *Pavement Analysis and Design* pp240-310, (1993)
7. NAPA, *Hot Mix Asphalt Materials, Mixture Design And Construction* ,pp24-76, (1996)

(접수 : 2002. 8. 16)