

아스팔트 포장의 시공 포설두께에 따른 투수계수 변화특성

박상현¹, 문준호¹, 배석일², 김영옥^{*}

¹명지대학교 토목환경공학과

²삼성 C&T

Permeability Variation With Lift Thickness of Asphalt Pavement

Park, Sang Hyun¹, Moon, Jun Ho¹, Bae, Seok II², Kim, Young Uk^{*}

¹Department of Civil and Environmental Engineering, Myongji University

²Samsung C&T

요약 아스팔트 포장의 투수성은 포장의 장기적 공용성에 아주 큰 영향을 미친다. 특히, 시공 시 포설 두께에 따른 투수계수가 크게 변화하는 것으로 알려져 있다. 이 연구에서는 많이 사용되고 있는 밀입도 아스팔트 포장의 시공 시 포설두께에 따른 물성치와 투수계수를 실내에서 측정하여 포설두께에 따른 물성치의 상관관계를 도출하고자 하였다. 실제 포설 현장에서 직접 시편을 코어 채취하여 실내시험을 수행하였다. 포설되는 포장의 두께, 다짐횟수가 다른 위치에서 시료를 채취하였으며 각각의 조건에 따른 실험결과를 비교/분석하였다. 연구결과 겉보기밀도와 t/NMAS가 감소할수록 투수계수는 증가하였고, 공극률이 증가할수록 투수계수가 증가하는 것으로 나타났다. 따라서, 현재 사용되고 있는 일률적인 포설두께에 대한 시공법을 투수계수 변화를 고려하여 다소 조정 할 필요가 있는 것으로 나타났다.

Abstract The permeability of HMA(hot mixed asphalt) is a major influencing factor for long-term performance of the pavement. Especially, the lift thickness of the pavement during construction causes a wide range of physical properties of HMA. This study investigates the relationship between the lift thickness and the physical properties of HMA through a series of laboratory experiments. The specimens were cored from a construction site of the dense graded asphalt pavement. The cored samples have various lift thickness and the number of compaction for the study. The results of the study show that the permeability of the sample decreases with the apparent density and t/NMAS, and the air void ratio. Therefore, the commonly used construction method as a constant lift thickness regardless of conditions needs to be reconsidered.

Key Words : Asphalt, Pavement, Permeability, Bulk density, Nominal maximum aggregate size, Air void, Lift thickness

1. 서론

1968년 경부고속도로 건설로 인하여 우리나라 도로건설 산업은 국가경제성장과 함께 비약적으로 발전하였다.

국내 도로 총연장은 1968년 35,025km에서 2012년 말 105,703km로 양적으로 증가되었고 특히 아스팔트포장의 비율이 크게 증가하였다. 도로의 보수는 포장 노면에 균열, 변형, 노화되었을 경우 이를 재생하기 위하여 아스팔

이 연구는 2014년도 명지대학교 교직원연구지원으로 연구되었음.

이 논문은 2013년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. 2013R1A1A2013078).

*Corresponding Author : Young-Uk Kim(Myongji Univ.)

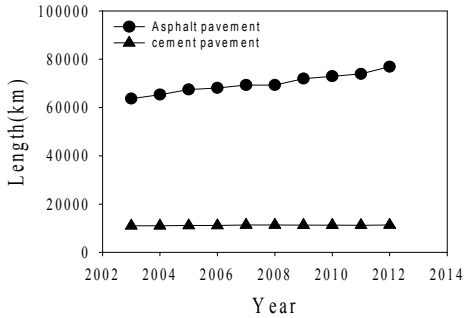
Tel: +82-31-330-6417 email: yukim@mju.ac.kr

Received October 29, 2014 Revised (1st December 2, 2014, 2nd December 8, 2014)

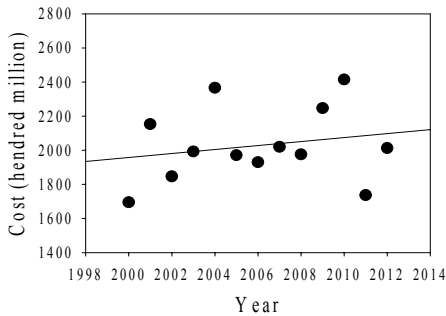
Accepted March 12, 2015

Published March 31, 2015

트 노면에 시공하게 된다. 국내의 도로 보수현황을 최근 10년간의 자료를 조사해보면 대체적으로 증가하는 추세를 보인다. 연도별 도로현황을 Fig.1에, 보수처리 비용을 Fig.2에 나타내었다.



[Fig. 1] Length of constructed road per year during 2002 and 2012



[Fig. 2] Road maintenance cost per year during 2000 and 2012

아스팔트 포장에서 발생하는 수분손상은 우수 등에 의한 수분 침투로 아스팔트 혼합물 내의 점착력과 점착력이 손상되면서 발생하는 현상으로서, 아스팔트 포장의 주요 파손에 영향을 미치는 원인의 하나로 알려져 있다. 지구온난화의 영향에 의해 최근 우리나라의 하절기 강수 특성은 지역적인 집중호우의 반복과 더불어 장기적인 강수일수 증가라 할 수 있다.

이러한 강수 특성에 의한 도로 포장의 장기적인 수분 포화 상태는 아스팔트 포장의 수분손상을 발생시키는 원인이 되고 있다. 현행 국내의 아스팔트 혼합물에 대한 수분손상의 평가 기준은 단기적인 수침과 단일 재료 물성 등을 근거로 마련되어 최근의 기후 변화에 따른 혼합물의 수분손상 특성을 평가할 수 있는 개선된 품질 기준에 대한 연구가 필요한 실정이다.

설계 후 시공 시에 포설두께에 따라 포장의 거동특성이 매우 달라지는 것으로 알려져 있다. 미국의 경우, 주별로 규정한 믹스의 최대골재입경의 크기에 따른 아스팔트 포설다짐 두께 또는 그의 범위가 제시되고 있지만 국내의 경우 발주처에서 제시하거나 시방서에 일률적으로 적용하도록 되어있는 포설두께를 그대로 시공하는 실정이다. 포설 시에도 최대골재입경 포설두께의 비율이 3배라는 경험적인 내용을 일괄적으로 적용하고 있다. 골재의 입경 및 믹스타입에 합당한 포장설계두께 산정은 최적의 다짐도 및 투수저항성을 보장하게 되며, 변화된 기후조건을 극복하고 아스팔트 포장의 공용성 확보가 가능할 수 있도록 한다고 알려져 있다. 따라서, 아스팔트 포장의 장기적인 공용성 확보를 위해서는 최초 포설 시에 포설 두께와 이에 따른 물성치의 변화를 고찰하여 목표 물성치를 달성하도록 하여야 한다.

배수성 아스팔트는 우천 시 빠른 물의 배수로인해 수막현상과 소음을 감소시키는 장점이 있는 반면 투수성을 갖기 위해 잔입도의 골재가 생략된 혼합물이므로 역학적으로 문제가 있으며, 물과 공기가 쉽게 통하는 혼합물이므로 포장체가 노화하기 쉽고 물의 작용을 받기 쉬우며 골재의 박리가 쉽게 일어나며 시공 후 먼지와 토사등이 공극을 메울 우려가 있어 공극률과 투수기능이 저하된다.

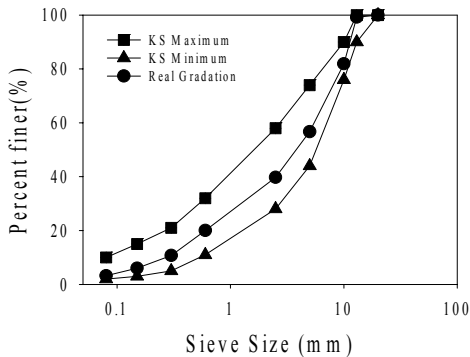
결론적으로 현재 국내의 아스팔트 포장의 선진화를 위해서는 포설두께와 시공포장의 물성치에 대한 연구가 선행되어야 한다고 할 수 있다. 이 연구에서는 이에 대한 목적의 하나로 현재 시공중인 아스팔트 포장의 물성치를 포설두께를 달리하여 시료를 준비하고 이에 따른 포장의 물성변화를 고찰하였으며 아스팔트 포장의 장기적인 공용성 확보를 최적포설다짐 두께결정의 기초 자료로의 활용을 목적으로 하였다.

2. 실내실험

기후변화로 인한 강우량의 증가는 아스팔트 포장의 공용기간 이전에 조기파손을 초래하고 있어 골재의 입경 및 믹스타입에 합당한 포장설계 두께 산정은 최적의 다짐도 및 투수 저항성 보장을 위하여 매우 중요하며 변화된 기후 조건을 극복하는 공용성 확보의 전제조건이다. 또한 동일 Air-Void의 믹스일 지라도, 최대골재 입경이 다르면, 투수성이 다른 것으로 알려있어 골재입경에 따

른 다짐두께를 다르게 적용해야 한다. 이 연구에서는 투수 공용성을 고려한 아스팔트 믹스벨 최적 다짐두께를 파악하고자 하였다. 이를 위하여 국내에서 자주 활용되는, 표층, 중간층, 기층 아스팔트 재료에 대한, 최적 다짐두께를 평가하였는데 이를 통하여 현행 포설방법에 근거, 공용성을 개선할 수 있는 다짐두께를 제시하기 위한 기초자료 확립에 그 목적을 두었다. 국내 시방규정에 따라 시공된 균장대교 현장에서 기층, 중간층, 표층의 시료를 코어 채취하여 물성을 파악하였고, 시화MTV 현장은 포설두께와 롤러 다짐횟수를 다르게 하여 아스팔트 혼합물의 물성에 미치는 영향을 비교/분석하기 위하여 실내에서 투수시험 및 겔보기밀도시험을 수행하였다.

다음 Fig.3 같이 현장은 국내 시방규정 20mm 밀입도의 입도분포 규정을 사용하였고 골재는 KS F에 따라 물성 시험을 실시하여 시공하였다.



[Fig. 3] Gradation curves of used aggregates

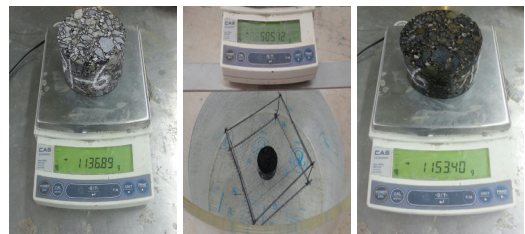
다음 Table.1은 구간별 두께 및 다짐횟수를 나타내었다.

[Table 1] Construction conditions

section	length (m)	thickness (cm)	number of compaction		
			macadam	tire	tandem
A	20	7.0	4	9	4
B	20	7.0	4	10	4
C	20	7.0	4	11	4
D	20	6.5	4	11	4
E	20	6.5	4	10	4
F	20	6.5	4	9	4
G	20	6.0	4	10	4

아스팔트 포장의 일반적인 정수위 투수시험기는 공극률 15% 이상인 아스팔트 시편에 대해 시험이 가능하다.

그러므로 공극률이 10% 미만의 시편인 경우 투수계수를 측정할 수 있는 장비가 없는 것이 현실이다. 상기 채취한 시료의 투수계수를 측정하기에는 현재 사용되고 있는 정수위 시험 및 변수위 시험기의 적용이 불가하여 밀입도 아스팔트의 투수계수를 측정할 수 있도록 투수계수 측정 장치를 직접 고안, 제작하여 투수계수를 측정하였다. 아스팔트 공시체의 공극률을 구하기 위해 필요한 겔보기밀도(G_{mb})는 건조중량, 수중중량, 표면건조포화중량을 측정하여 구하였다. Fig. 4와 5는 겔보기 밀도 측정실험 장치와 투수계수 측정실험 장치를 보여주고 있다.



[Fig. 4] Gmb measurement



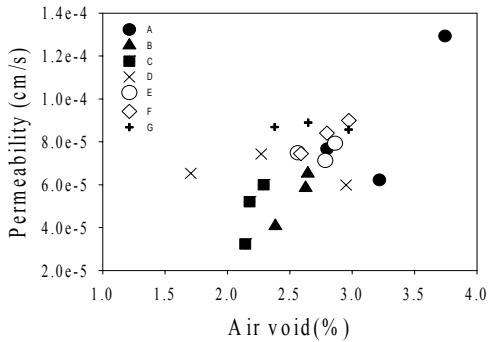
[Fig. 5] permeability measuring device

고안된 투수계수 측정 장치는 크게 상부와 하부의 캡으로 구성되어 있으며 상/하부에 시료의 중앙으로 유체의 흐름을 유도할 수 있도록 실링(sealing)부를 두었다. 또한 유입부는 유체 저장탱크에 연결되어있고 컴프레서를 활용하여 유체의 유입압을 조절 할 수 있도록 하였다. 고압의 유입수가 아스팔트 시편을 통과하여 배출되는 유출량을 측정하여 투수계수를 산출하였다. 유체의 유입압

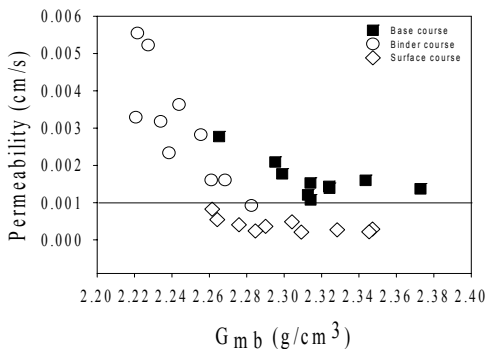
을 시험 수행 중 일정하도록 유지하여 $0.1kg/cm^2$ 의 높은 수압을 활용한 정수위 시험을 모사하였다. 각 시료에서의 모든 실험은 세 번 이상 수행하여 실험자의 작동 오차를 최소화 하도록 하였다.

3. 실험결과 및 고찰

공극률에 따른 투수계수의 변화를 Fig. 6에 도시하였다. 그림에서 알 수 있듯이 시편의 공극률이 증가할수록 투수계수가 증가하는 것을 나타내고 있다. 이는 겉보기 밀도(G_{mb})가 클수록 공극률은 작고 이에 따라 투수계수는 대체로 감소하는 추세를 예측 할 수 있는데, 이를 Fig. 7에 다시 도시하였다. 일반적으로 포장의 투수계수가 0.001 cm/sec 보다 크면 투수성이 있다고 판단을 하는데 [4] 그림에서 알 수 있듯이 표층은 대부분 불투수 특성을 보이거나 기층 및 중간층은 투수계수가 현저히 높게 나타났다. 이에 따르면 투수에 따른 공용성 확보 수준이 매우 낮은 것으로 볼 수 있다.

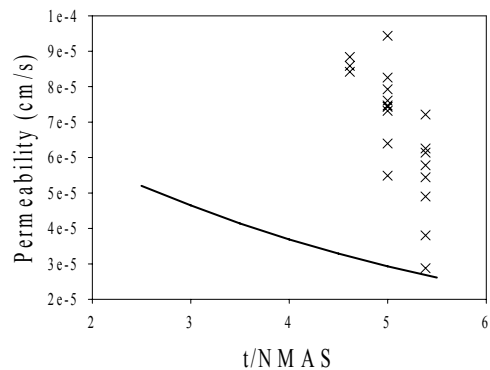


[Fig. 6] air void-permeability



[Fig. 7] Gmb-permeability

Cooley et al. (2001)은 포설두께/최대골재입경 비 ($t/NMAS$)의 변수에 따른 투수계수의 변화를 고찰하고 최적화에 대한 함수를 제시하였다. Fig. 8은 연구의 결과를 Cooley가 제시한 함수와 비교하였는데, 그림에서 알 수 있듯이 대부분 시편의 투수계수가 제시한 함수의 범위에서 크게 벗어나는 결과를 보여주고 있다. 따라서 상기의 결과를 토대로 현재 활용하고 있는 일률적인 포설두께에 대한 시방규정이 수정되어 포장의 투수저항성이 증가되고 이에 따른 공용성 확보수준을 증가시킬 필요가 있다는 판단된다.



[Fig. 8] permeability-t/NMAS

4. 결론

이 연구는 변화된 기후조건을 극복하고 아스팔트 포장의 공용성 확보를 위한 기초자료 구축을 위해 포설두께에 따른 포장의 물성치 변화를 고찰하였다. 국내 시방규정에 따라 밀입도 아스팔트 포장을 시공 중인 현장에 시험구간을 정해 아스팔트 포장의 시편을 코어 채취하여 물성치를 조사하는 실내시험을 수행하였다. 이를 활용하여 분석한 결과 다음과 같은 결론을 도출하였다. 현장의 다짐횟수가 증가할수록 밀도는 증가하였고 표층인 경우 모든 구간에서의 투수계수가 투수저항성 기준보다 보다는 큰 것으로 측정되었다. 공극률 측정결과 겉보기 밀도가 클수록 공극률이 감소하였으며 투수계수도 같이 감소하였다. 모든 시료에서 포설두께/최대골재입경의 비 $t/NMAS$ 를 구하여 미국 아스팔트 기술연구소의 2001년 연구결과와 비교하였는데 모든 구간에서 이 연구에 사용된 시편의 투수계수가 큰 것으로 나타났다. 따라서, 일률

적 포설두께를 적용하고 있는 현재의 시공법에 대한 기준이 새롭게 다소 수정되어야 할 것으로 판단되며 이에 대한 기초자료로 이 연구의 결과가 활용 될 수 있을 것으로 사료된다.

References

[1] Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, "Asphalt mixture production and installation instructions", 2009,

[2] Hwnag, S. and Rhee, S., "Evaluation on Laboratory Moisture Damage Characteristics of the Asphalt Mixtures using Indirect Tensile Test", Journal of the Korean Society of Civil Engineering, Vol.28 No.2, pp.243~248, 2008

[3] Brown, E. R., Hainin, M. R., Cooley, A., and Hurley, G, "Relationship of Air Voids, Lift Thickness, and Permeability in Hot Mix Asphalt Pavements" National Cooperative Highway Research Program, 2004

[4] Brown, E. R., Hainin, M. R., Cooley, A., and Hurley, G, "Relationship of Air Voids, Lift Thickness, and Permeability in Hot Mix Asphalt Pavements" National Cooperative Highway Research Program, 2004

[5] Cooley, L. A., Brown, E. R., and Maghsoodloo, S, "Development of Critical Field Permeability and Pavement Density Values for Coarse-Graded Superpave Pavements", National Center for Asphalt Technology, 2001

[6] Cooley, L. A., Prowell, B. D., Brown, E. R, "Issues Pertaining to the Permeability Characteristics of Coarse-Graded Superpave Mixes" National Center for Asphalt Technology, 2002

박 상 현(Sang hyun Park) [준회원]



- 2012년 8월 : 명지대학교 토목환경 공학과 (공학사)
- 2014년 8월 : 명지대학교 토목환경 공학과 (공학석사)

<관심분야>
토질역학, 기초공학

문 준 호(Jun Ho Moon) [준회원]



- 2013년 3월 : 명지학교 토목환경 공학과 (공학사)
- 2013년 3월 ~ 2015년 2월 : 명지 학교 토목환경공학과 (공학석사)
- 2015년 3월 ~ 현재 : 명지학교 토 목환경공학과 박사과정

<관심분야>
토질역학, 지반공학

배 석 일(Seok Il Bae) [정회원]



- 1999년 2월 : 고려대학교 토목환경 공학과 (공학사)
- 2001년 3월 ~ 현재 : 고려대학교 토목환경공학과 (공학석사)
- 2006년 5월 : The Pennsylvania State University 토목환경공학과 (공학박사)
- 20010년 4월 : 미국 루이지애나 도 로연구소 연구원
- 20010년 4월 ~ 현재 : 삼성물산 Civil 사업부, Civil ENG 본부, 차장

<관심분야>
토질역학, 도로공학

김 영 옥(Young Uk Kim) [정회원]



- 1991년 2월 : 고려대학교 토목환경 공학과 (공학석사)
- 2000년 5월 : The Pennsylvania State University 토목환경공학과 (공학박사)
- 2001년 3월 ~ 현재 : 명지대학교 토목환경공학과 교수

<관심분야>
토양오염 복원, 환경공학, 토질역학