

반강성 아스팔트 혼합물의 탄성계수와 푸아송비 평가

Elastic-modulus and Poisson's ratio of Semi-rigid Asphalt Concretes

백성현* · 김진철** · 유민용** · 김현환* · 김광우***

Sung H. Baek · Jin C. Kim · Min Y. Ryu · Hyun H. Kim · Kwang W. Kim

1. 서론

현재 도로 정비에 대한 사회의 수요는 사회 환경의 변화와 그에 상응하게 급속히 증가하는 도로의 교통 수요에 따라 다양화 되어가고 있다. 따라서 도로 포장의 양적인 충족뿐만 아니라 도로 이용자와 주변 환경 주민의 안정성과 쾌적성 등 질적인 기능도 충족해야 하는 것이 현실이다. 이러한 배경에서 신재료와 신공법이 지속적으로 개발 도입이 되어 지고 있다. 특히 최근의 도로교통 환경에 비추어 주목받고 있는 것이 아스팔트 포장의 연성과 콘크리트 포장의 강성을 복합적으로 활용한 반강성 포장이다. 본 연구는 반강성 아스팔트 콘크리트의 푸아송 비 및 탄성계수가 온도에 따라 어떻게 변화되는지 고찰하기 위하여 수행되었다.

2. 재료 및 방법

본 연구에 사용된 아스팔트 바인더는 침입도 등급 60-80인 AP-5와 PG76-22이다. 아스팔트 모체용 골재는 굵은골재 최대치수 13mm와 부순 잔골재, 채움재는 석회석분을 사용하였다. 배수성 혼합물 배합설계 기법을 통해 결정된 배합비로 슬래브 공시체를 제조하였으며 이때 롤러 콤팩터를 이용하였다. 시멘트 페이스트는 모체 아스팔트 혼합물의 공극을 채워 반강성 포장을 제조하는데 중요한 역할을 한다. 따라서 시멘트 페이스트는 아스팔트 혼합물의 공극을 충분히 채워주는 유동성을 가져야 함을 물론 충분한 강도를 가져야 한다. Ohama 등(1995)은 일반적으로 폴리머 시멘트 페이스트의 특성은 폴리머-시멘트 비와 물-시멘트 비에 의하여 많은 영향을 받는 것으로 보고하였으며 다음과 같은 것을 고려하였다.

- 1) 폴리머-시멘트 비율의 증가는 고점도 수용성 재료를 점진적으로 움직임을 어렵게 하는 결과 그 혼합수의 점도를 점진적으로 증가시키는 역할을 한다.
- 2) 시멘트 개질제의 수화작용의 특성을 고려하여야 한다.
- 3) 구축된 혼합수의 추출은 폴리머-페이스트 내에 침투할 수 없는 폴리머 피막효과와 채움량을 고려하여야 한다.

따라서 본 연구에서는 상기의 고려사항을 반영하고 채움율을 증가시키기 위하여 p-플롯 시험 값 10-11초가 되도록 w/c를 50%로 결정하였다.

푸아송 비 측정 방법은 여러 가지가 있다. 본 연구에서는 일축 반복 압축 모드에서 측정을 하였으며 사용된 공시체는 70mm×70mm×140mm의 각주형이다. 롤러 다짐기로 305mm×305mm×80mm의 아스팔트 모체 슬래브 공시체를 제조하여 컷터로 소정의 규격으로 절단하였다. 공시체 높이의 중앙에 그림 1과 같이 4개의 스트레인 게이지를 대칭이 되게 수직으로 2개 수평으로 2개씩 부착하고 각 온도별로 하중 재하에 따른 공시체의 변형률을 측정하였다

* 강원대학교 대학원 지역건설공학과 박사과정

** 강원대학교 대학원 지역건설공학과 석사과정

*** 강원대학교 지역건설공학과 교수 · 공학박사 · 033-250-6467(E-mail : asphalttech@hanmail.net), 교신저자

탄성계수는 3점 휨 시험을 이용하여 구하였으며 공시체는 배합설계를 통하여 결정된 각 혼합물의 최적 아스팔트함량을 슬래브 공시체 배합에 이용하였다. 롤러 콤팩터를 이용하여 70mm×305mm×305mm의 슬래브 공시체를 제조하고 이를 3점 휨 시험을 위한 보 (폭 B = 50mm × 높이 W = 50mm × 길이 L= 305mm)로 절단기를 이용하여 길이 방향으로 잘랐다. 공시체는 초기균열(a_0)대 보 높이의 비 ($\frac{a_0}{W}$)가 0.2가 되도록 폭 3mm, 깊이 15mm 초기균열을 절단기를 이용하여 만들었다.

3점 휨 시험을 위해 제조된 반강성 아스팔트 콘크리트 보는 약 24시간 동안 25℃ 온도에 놓아 둔 후, 이 공시체를 저온 조 (Environmental chamber)에 넣어 각각 -10℃, 0℃, 10℃에서 공시체를 24시간 보관 후 바로 꺼내어 같은 온도에서 시험을 수행하였다. 3점 휨 시험을 위해 이용된 장비는 만능 재료시험기로 이를 그림 2에서 보여주고 있다.

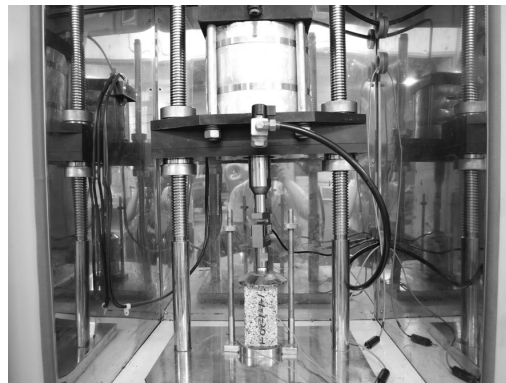


그림 1. Test setting for Poisson's ratio



그림 2. Loading frame, and computer for control 3-point bending instrument.

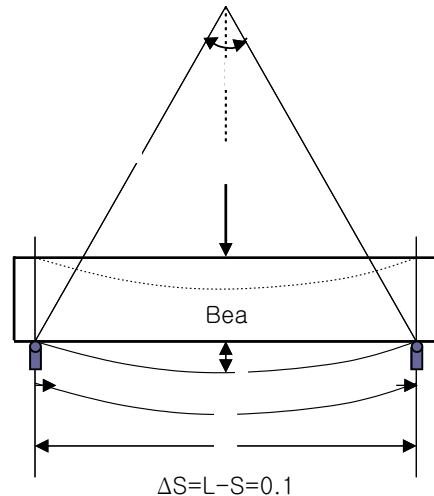


그림 3. Schematic diagram illustrating bending and length change at the bottom of beam.

하중재하 속도는 1분에 보의 바닥에서 0.1mm의 수평 변위가 생기도록 하중 재하속도 3mm/min 선정하였으며, 그림 3은 하중재하 상태에서 보의 휨에 따른 길이의 변화를 보여주고 있다.

3. 결과 및 분석

3.1 푸아송 비

반강성 아스팔트 혼합물이 시멘트 페이스트의 채움량 및 고형분 함량에 따라 온도 변화에 따른 푸아송 비 차이를 확인하기 위하여 3가지 온도에서 푸아송 비를 측정하였다. 표 1, 2는 측정된 푸아송비의 결과 값을 나타낸 것이며, 푸아송 비는 모체 아스팔트 혼합물의 바인더 종류에 영향이 낮은 반면 온도 차이에 따라 크게 변하는 것으로 나타났다. 특히 0℃ 이상에서는 별 차이를 발견할 수 없었으나 0℃ 이하에서는 커다란 차이가 나타남을 알 수 있었다.

표 1. Result of poisson's ratio test each mixtures(using AP-5 binder)

classification	Cement	C6:2:2			C5:3:2		
	Temp.	10℃	0℃	-10℃	10℃	0℃	-10℃
AP-5	111	0.32	0.33	0.19	0.48	0.33	0.20
	112	0.36	0.40	0.30	0.44	0.32	0.21
	113	0.28	0.25	0.16	0.38	0.25	0.18
	121	0.33	0.35	0.18	0.45	0.27	0.11
	122	0.26	0.26	0.18	0.39	0.34	0.24
	123	0.33	0.30	0.23	0.36	0.27	0.16
	131	0.36	0.35	0.18	0.36	0.29	0.15
	132	0.38	0.38	0.16	0.32	0.21	0.26
	133	0.34	0.31	0.12	0.38	0.31	0.24

표 2. Result of poisson's ratio test each mixtures(using PG binder)

classification	Cement	C6:2:2			C5:3:2		
	Temp.	10℃	0℃	-10℃	10℃	0℃	-10℃
PG76-22	211	0.40	0.30	0.28	0.34	0.32	0.21
	212	0.46	0.23	0.14	0.37	0.35	0.18
	213	0.31	0.32	0.12	0.49	0.39	0.22
	221	0.40	0.33	0.29	0.31	0.31	0.19
	222	0.33	0.40	0.17	0.24	0.22	0.18
	223	0.34	0.35	0.25	-	0.31	0.14
	231	0.24	0.30	0.20	0.39	0.40	0.16
	232	0.30	0.34	0.12	0.43	0.42	0.16
	233	0.29	0.30	0.16	0.47	0.45	0.27

3.2 탄성계수 시험

탄성 계수는 초기 균열(노치)을 가진 보의 정적 3점 휨시험에서 온도에 따른 푸아송 비를 고려한 탄성계수 구하였다 (권승준, 1999) 그림 4~7은 채움재로 사용된 시멘트의 종류와 모체 아스팔트 혼합물에 사용된 바인더로 구분하여 각각의 혼합물에 대하여 고형분 및 공극 온도에 대하여 비교하였다. 그 결과 모체 아스팔트 혼합물에 사용된 바인더의 종류에는 큰 차이를 발견할 수 없었으며, 채움재로 사용된 시멘트 페이스트의 양과 폴리머 고형분의 함량에 따라 약간의 차이를 가지는 것으로 나타났다. 그러나 이러한 차이는 포장 혼합물에 있어서 무시 될 수 있을 것으로 판단된다. 하지만 모든 혼합물에서 온도변화에 대한 탄성계수는 커다란 영향을 받는 것으로 나타났다. 이는 시멘트 페이스트의 영향은 매우 낮고 모체인 아스팔트가 온도에 민감한 점이 반영되어 나타나는 현상임을 보여주는 것이다. 즉, 전체 체적의 약 80%를 차지하는 아스팔트 혼합물이 비록 시멘트 페이스트보다 강도는 낮아도 반강성 아스팔트 콘크리트의 온도 특성에 큰 영향을 미치는 재료임을 보여주는 것이다.

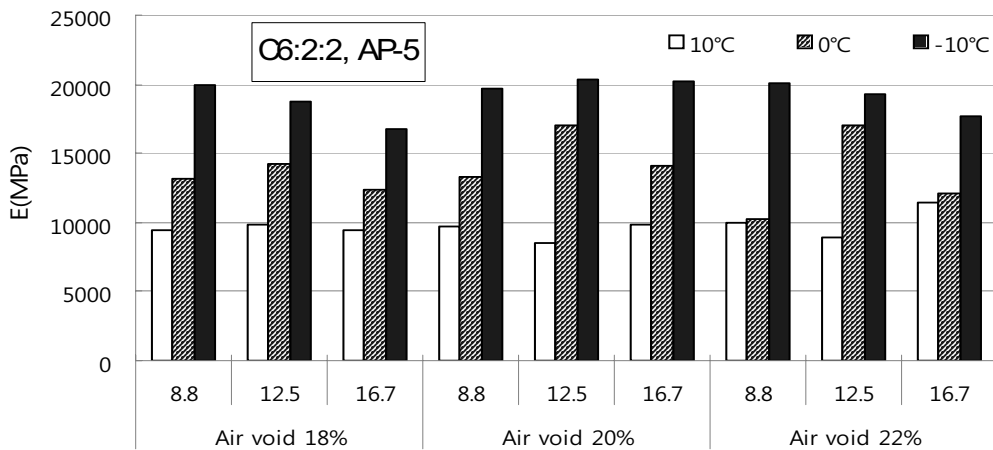


그림 4. Elastic modulus of semi-rigid asphalt concrete for each temperature (C6:2:2, AP5)

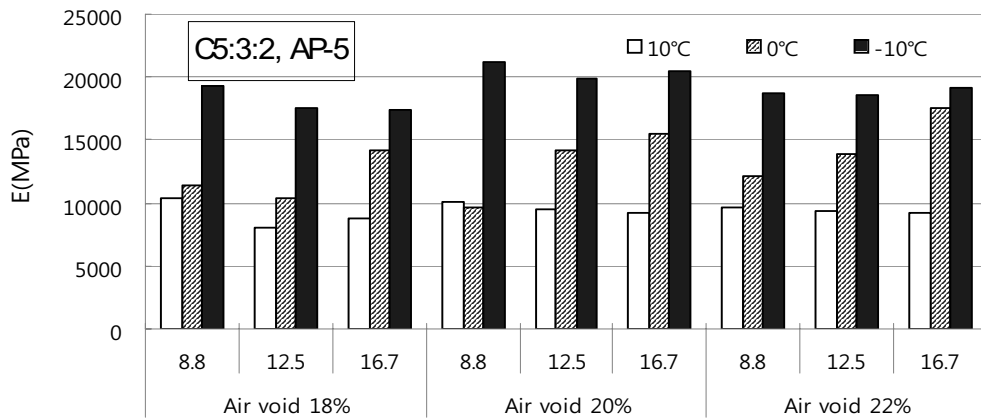


그림 5. Elastic modulus of semi-rigid asphalt concrete for each temperature (C5:3:2, AP5)

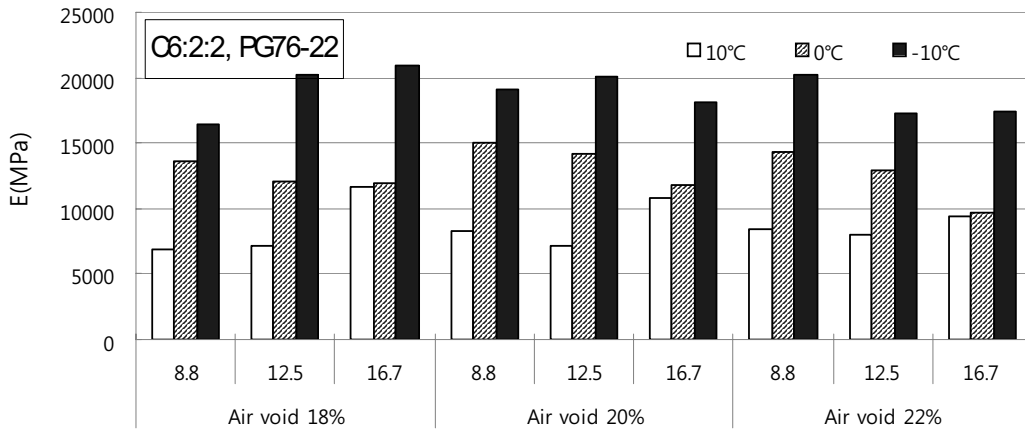


그림 6. Elastic modulus of semi-rigid asphalt concrete for each temperature (C6:2:2, PG76-22)

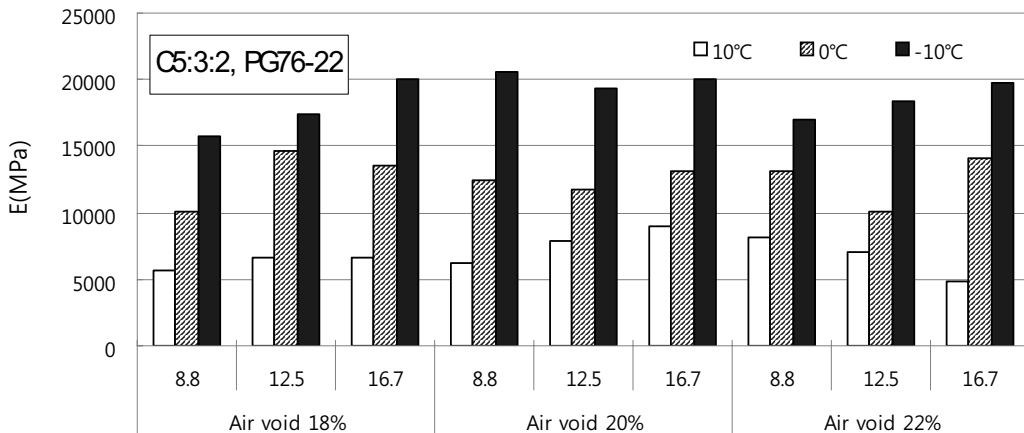


그림 7. Elastic modulus of semi-rigid asphalt concrete for each temperature (C5:3:2, PG76-22)

4. 결론

본 연구의 결과로 다음의 결론을 얻었다.

1. 반강성 아스팔트 콘크리트의 푸아송 비는 채움재로 사용된 시멘트의 종류 및 폴리머 고형분에 따른 채움재 종류 및 양의 차이에 의한 영향보다는, 아스팔트 바인더의 종류에 더 많은 영향을 받는 것을 알 수 있었다.
2. 탄성계수는 모체 아스팔트 혼합물 바인더 종류에 따라 적정 페이스트의 폴리머 고형분 함량을 가지는 것으로 나타났다.
3. 반강성 아스팔트 콘크리트의 탄성계수는 시멘트 페이스트 채움재의 양과 종류보다는 온도에 더 큰 영향을 받는 것을 알 수 있었다. 이는 모체 아스팔트 혼합물의 바인더가 온도에 민감하기 때문에 나타난 결과라 할 수 있다.
4. 이상의 연구결과를 볼 때 반강성 아스팔트 콘크리트의 푸아송비와 탄성계수는 시멘트 페이스트 보다는 모체인 아스팔트의 온도 민감성에 크게 좌우됨을 보여주는 것이다. 즉, 체적의 약 80%를 차지하는 아스팔트 혼합물이 반강성 아스팔트 콘크리트의 특성에 큰 영향을 미치는 재료임을 보여주는 것이다.



감사의 글

본 연구는 BK21 대학원 친환경 건설전문가 양성사업팀의 일부지원에 의하여 이루어진 것임.

참고 문헌

1. 권승준(1999) “폴리머 개질 역청 콘크리트의 저온 파괴거동”, 강원대학교 대학원 박사학위논문
2. 김광우(1995) “아스팔트 콘크리트의 저온 손상 규명”, 전자제 창간호, pp 156-163.
3. 김진근, 이철성(1995) “강모래와 부순모래 콘크리트의 파괴특성에 관한 연구”, 한국콘크리트 학회지, 제7권 4호.
4. Anderson, K. O. and Hahn, W. P., (1968) “Design and evaluation of asphalt concrete with respect to thermal cracking,” Proceedings, Association of Asphalt Paving Technologists, Minneapolis, Minnesota.
5. Fabb, T. R. J. (1974) “ The influence of mix composition, binder properties and cooling rate on asphalt cracking at low temperatures,” Proceedings, Association of Asphalt Paving Technologists, Minneapolis, Minnesota.
6. Gaw, W. J., Burgess, R. A., and Young, F. D., (1974) “Ste. anne test road-performance after five years and laboratory predictions of low temperature performance,” proceedings, Canadian Technical Asphalt Association.
7. Haas, R. C. G. (1973) “ A method for designing asphalt pavements to minimize low-temperature shrinkage cracking,” Research Report No. 73-1, The asphalt Institute, College park, Maryland.
8. Kandhal, p. s., (1980) “Evaluation of low- temperature pavement cracking on Elk county research project,” Transportation Research Record 777, Transportation Research Board, Washington D. C.
9. Karihaloo, B. L. and Nallathambi, P., (1990) “Effective crack model for the determination of fracture toughness of concrete”, Engineering fracture Mechanics, Vol 35, No. 4/5, pp 637-645.
10. Mai, Y. W., (1991) “ Proceeding of the third international rilem conference on fracture processes in brittle disordered materials: concrete, rock, ceramics”, Vol 1, pp 3-26.
11. Majidzadeh, K. (1967) “Asphalt fractures,” AAPT, Vol. 36, pp. 51-79.
12. Moavenzadeh, F., (1967) “Asphalt fracture”, AAPT 36, PP 51-79.
13. Nallathambi and Karihaloo, (1986) “Stress intensity factor and energy release rate for three-point bend specimens,” Engineering Fracture Mechanics of Concrete Vol. 25, No. 3, pp 315-321.
14. Selvadurai, A. P. S., Joseph, P. E. and Halim, A. O. A., (1993) “Evaluation of fracture resistance of bituminous materials”, Canadian, Society for Civil Engineering Annual Conference, pp 287-296.