

아스팔트콘크리트 포장의 적절한 층별 두께 조합비교에 관한 연구

Comparison for Combination of the Reasonable Depth Layers about Asphalt Concrete Pavement

최민규* · 진정훈** · 손원표*** · 남영국****

Choi, Min Kyu · Jin, Jung Hoon · Sohn, Won Pyo · Nam, Young Kuk

1. 서론

선진국에서는 아스팔트 콘크리트 포장구조 설계법이 기존의 경험적인 설계방법에서 역학적 개념을 도입하여 합리적이고, 이론적인 설계법으로 전환되고 있는 경향이 있다. 국내에서 개발한 포장 설계법이 없는 관계로 '72 AASHTO 설계법과 일본의 T_A설계법을 혼용해서 사용하고 있으며, 경험적인 포장 구조 설계법에 의해서 설계하고 있는 실정이다.

본 연구에서는 아스팔트 콘크리트 포장의 구조해석에서 많이 사용하는 MFPDS(The Michigan Flexible Pavement Design System)라는 유한요소 해석프로그램을 사용하여 기존에 설계된 11개 구간의 고속도로 포장단면에 대하여 역학적인 해석을 하고, 210개의 단면 조합을 역학적인 해석기법을 통하여 국내 환경에 맞는 층별 두께의 범위를 설정하고, 경제적인 포장 단면을 설정하고자 한다.

2. 층별두께에 따른 아스팔트 포장체 해석

2.1 MFPDS 이용시 변수의 적용

포장단면에 작용하는 하중은 표 1과 같은 조건으로 고정시켰으며, 재료별 상대강도계수는 현재 국내 아스팔트콘크리트 포장 설계시 적용되는 값을 표 2와 같이 선정하였다. 탄성계수는 표 2의 상대강도계수를 표 3의 유도식에 대입하여 역산하여 구했으며, 포아슨비는 설계에서 사용하는 대표적인 값을 표 4와 같이 적용하였다.

* 정회원 · 인천대학교 토목환경시스템 공학과 석사졸업 · 032-770-8179 (E-mail: m_k_choi@hanmail.net)

** 정회원 · 인천대학교 토목환경시스템 공학과 박사과정 · 032-770-8915 (E-mail: jinrino@hitel.net)

*** 정회원 · 인천대학교 토목환경시스템 공학과 박사과정 · 02-509-4753 (E-mail: wpshon@samaneng.com)

**** 정회원 · 인천대학교 토목환경시스템 공학과 교수 · 032-770-8461 (E-mail: yknam@incheon.ac.kr)



표 1. 포장에 작용하는 하중

하중조건	입력자료
차량의 윤풍중	4.1t
차량 바퀴의 접지폭	15cm
차량 타이어의 압력	5.6 kg/cm ²

표 2. 국내 설계 적용기준 상대강도계수

구분	상대강도계수
표층	0.157
기층	0.11
보조기층	0.051

표 3. 탄성계수 유도식

구분	유도식	범위
표층	$a_1 = 0.16 \log(E_1 / (30584 \text{kg/cm}^2)) + 0.17$	$0.08 < a_1 < 0.17$
기층	$a_2 = 0.12 \log(E_2 / (30584 \text{kg/cm}^2)) + 0.04$	$0.04 < a_2 < 0.12$
보조기층	$a_3 = 0.16 \log(E_3 / (1617 \text{kg/cm}^2)) + 0.06$	$0.02 < a_3 < 0.08$

표 4. 탄성계수 및 포아손비

구분	탄성계수 (kg/cm ²)	포아손비
표층	25,365	0.4
기층	20,386	0.4
보조기층	1,400	0.45
노상	490	0.45

보조기층과 노상은 입상재료이므로 보다 합리적인 값을 대입하기 위하여 과거에 사용되던 CBR값을 적용하지 않고, 회복탄성계수(M_R) 값을 적용하였다.

2.2 국내 고속도로 아스팔트 포장단면과 포장두께 지수

국내 고속도로 아스팔트 콘크리트 포장의 11개 구간의 단면현황은 표5와 같으며, SN값은 3.4~6.75의 범위값에 있으며, 폭넓게 나타났고 각 층별두께도 매우 다양하게 나타나고 있는 것을 알수 있다.

표 5. 국내 고속도로 11개 구간 단면 현황

고속도로명	단면 (cm)				SN
	표층	기층	보조기층	총두께	
서해안	10	25	45	80	6.5
경인	10	25	40	75	6.24
대전-전주	10	20	50	80	6.2
남해(냉정-구포)	10	25	50	85	6.75
경부	7.5	15	40	62.5	4.78
영동	5	15	30	50	3.9
동해	5	15	20	40	3.4
충양	10	20	57	87	6.56
구마 I	10	25	30	65	5.73
구마 II	10	20	30	60	5.18
효남	8	24	43	75	5.9

2.3. 국내고속도로 포장단면 해석

MFPDS프로그램으로 SN값, 표면처짐, 아스팔트층 하단 인장 변형율, 노상압축 변형율, 표층 전단 변형율, 아스팔트층 압축 변형율 등을 구하고 상호 비교하여 국내 고속도로 포장 단면을 검토하고 표



층, 기층, 보조기층의 두께에 대하여 다섯 가지 해석 요소로 분석하면 그림 1, 2와 같다.

(1) SN값을 기준으로 한 해석결과

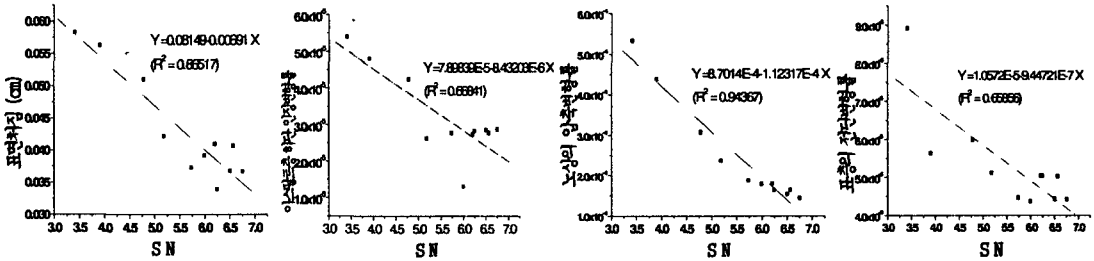


그림 1. SN값 기준의 비교

(2) 표면처짐을 기준으로 한 해석결과

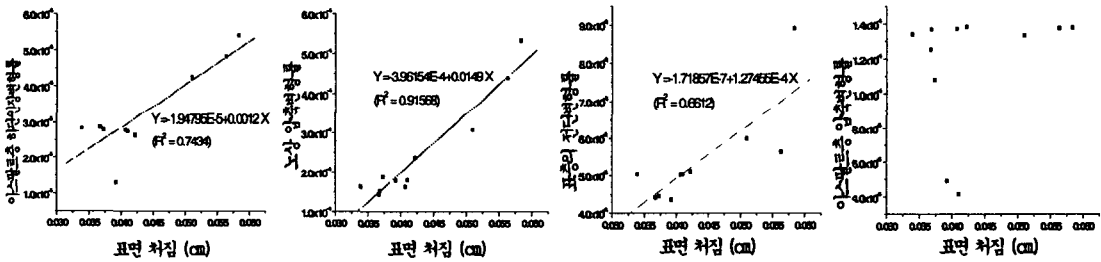


그림 2. 표면처짐 기준의 비교

3. 포장단면 조합에 의한 해석

3.1 층별 두께가 다른 포장 단면의 해석

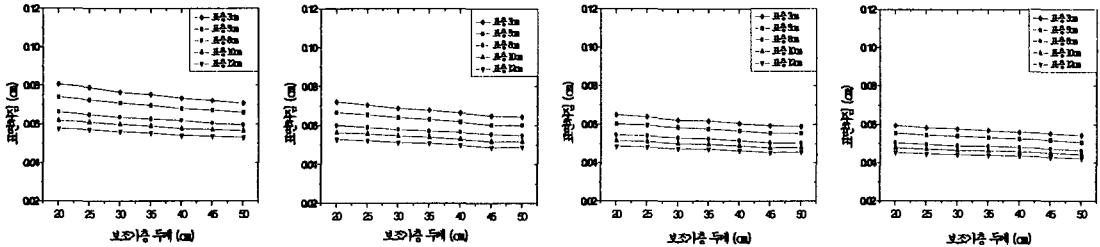
표 6. 우수한 SN을 산출하기 위한 각층의 조합(총 210개의 단면 조합)

	표 층 (cm)	기 층 (cm)	보조기층 (cm)
우수한 SN을 산출하기 위한 각 층의 조합	3	10	20
	5	13	25
	8	16	30
	10	19	35
	12	22	40
		25	45
			50



3.1.1 기층두께에 따른 포장단면 해석

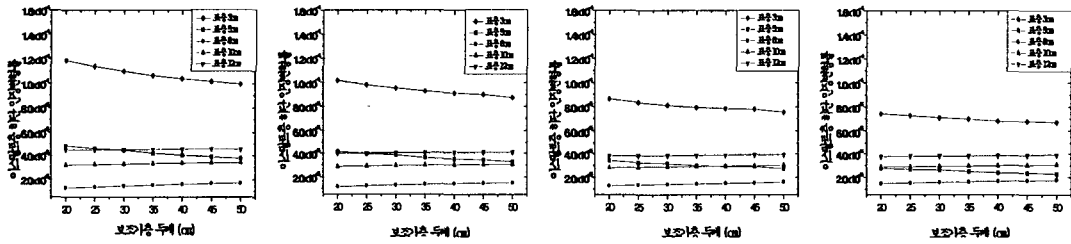
(1) 기층 두께를 기준으로 층별 두께에 따른 표면처짐은 기층두께가 16cm 이상일 때 안정적이며, 19cm 두께 이상에는 변화가 크지 않았다.



(a) 기층 16cm일 경우 (b) 기층 19cm일 경우 (c) 기층 22cm일 경우 (d) 기층 25cm일 경우

그림 3. 기층두께에 따른 표면처짐 해석 비교

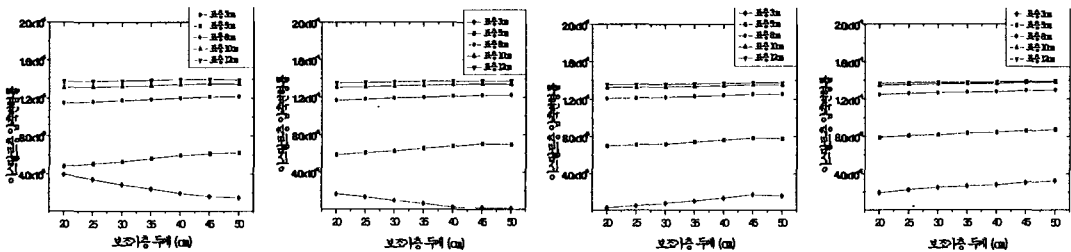
(2) 기층두께가 기준으로 층별 두께에 따른 아스팔트층의 하단 인장 변형률은 표층이 두꺼워 질수록 커지는 경향을 나타내고 있다.



(a) 기층 16cm일 경우 (b) 기층 19cm일 경우 (c) 기층이 22cm일 경우 (d) 기층 25cm일 경우

그림 4. 기층 두께에 따른 아스팔트층 하단 인장변형률 해석 비교

(3) 기층두께를 기준으로 층별 두께에 따른 아스팔트층 압축변형은 기층이 16cm 이상일 때 안정한 경향을 보이며, 표층과 기층의 두께의 합이 20cm 이상이면 안정적이었다.

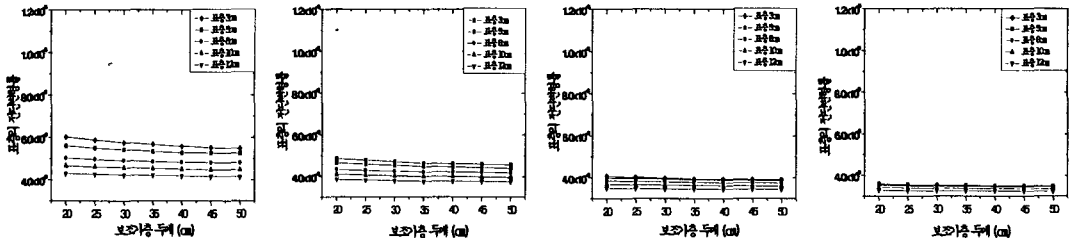


(a) 기층 16cm일 경우 (b) 기층 19cm일 경우 (c) 기층 22cm일 경우 (d) 기층 25cm일 경우

그림 5. 기층 두께에 따른 아스팔트층 압축변형률 해석 비교



(4) 기층두께를 기준으로 층별 두께에 따른 표층의 전단변형율은 기층의 두께가 16cm 이상 돼야 안정적으로 나타나며 19cm 이상에서는 비슷한 경향을 보인다.

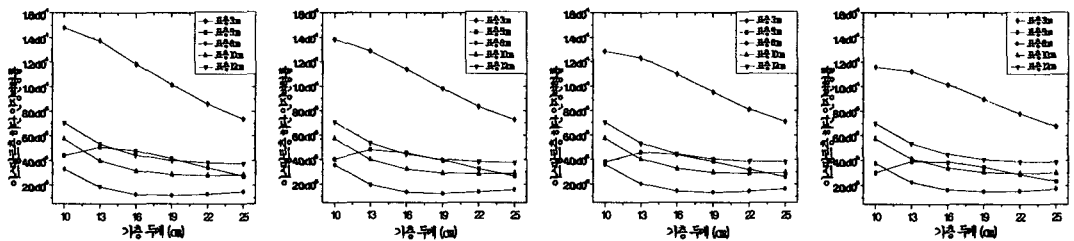


(a) 기층 16cm일 경우 (b) 기층 19cm일 경우 (c) 기층 22cm일 경우 (d) 기층 25cm일 경우

그림 6. 기층 두께에 따른 표층 전단변형률 해석 비교

3.1.2 보조기층의 두께에 따른 포장단면 해석

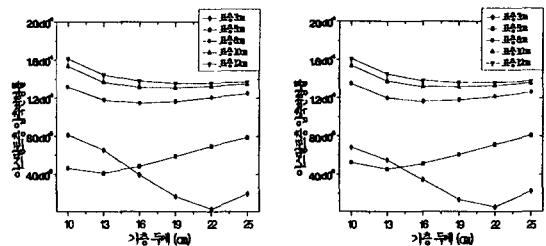
- (1) 보조기층의 두께에 따른 표면처짐과의 관계는 상관성이 없고, 표면처짐은 기층두께와의 상관성이 큰 것으로 나타났다.
- (2) 보조기층 두께를 기준으로 층별 두께에 따른 아스팔트층 하단 인장변형율은 표층이 5cm, 8cm일 때가 표층의 두께가 가장 적합하다.



(a) 보조기층 20cm일 경우 (b) 보조기층 25cm일 경우 (c) 보조기층 30cm일 경우 (d) 보조기층 35cm일 경우

그림 7. 보조기층 두께에 따른 아스팔트층 하단 인장변형률 해석 비교

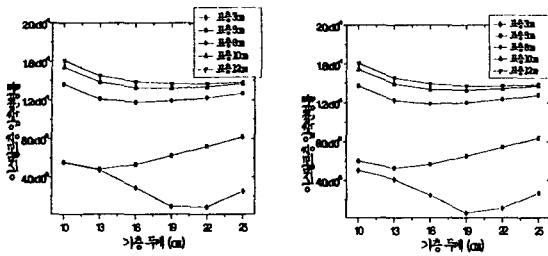
- (3) 보조기층 두께를 기준으로 층별 두께에 따른 아스팔트층 압축변형율은 아스팔트층의 두께가 두꺼울수록 안정적일 것이라는 예상과 달리 표층 5cm에서 가장 작은 값을 가진다.



(a) 보조기층 20cm일 경우 (b) 보조기층 25cm일 경우

그림 8. 보조기층 두께에 따른 압축변형률

- (4) 보조기층 두께를 기준으로 층별 두께에



(c) 보조기층 30cm일 경우 (d) 보조기층 35cm일 경우

그림 8. 보조기층 두께에 따른 압축변형률

다른 표층의 전단변형율은 보조기층의 두께에 따른 표층의 전단변형율과는 무관하였다.

(5) 보조기층 두께를 기준으로 층별 두께에 따른 ESAL은 기층 두께에 따른 경향과 유사한 반응을 나타냈고 각층과의 관계는 특별히 나타나지 않았다.

3.1.3 최적단면 해석결과 분석

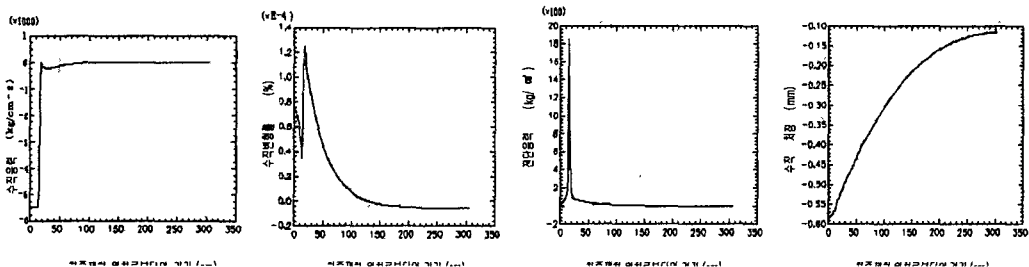
210가지 단면을 조합해서 종합적으로 분석시 표층 8cm, 기층 19cm, 보조기층 30cm, 총두께 57cm 인 단면경제적이면서 해석적으로도 안정한 결과를 얻었다.

3.2 최적 포장단면의 특성분석

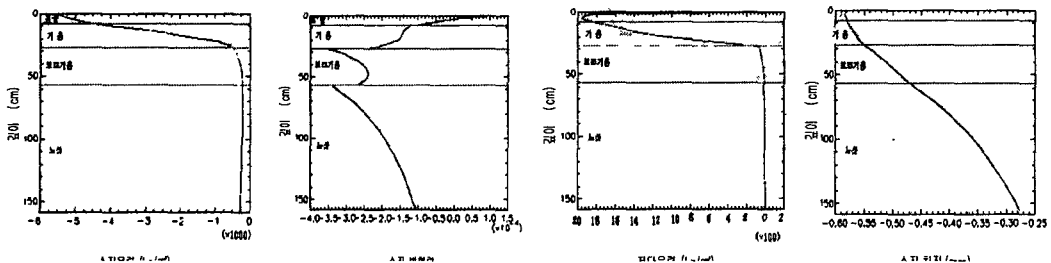
표층 8cm, 기층 19cm, 보조기층 30cm, 총두께 57cm의 단면을 가지고 특성분석을 하였다.

3.2.1 수평단면 해석

채하 위치로부터 25cm 이내의 거리에서 최고점이 나타났으며, 전단응력이 민감하게 반응하였다.



3.2.2 수직단면 해석





수직단면에서는 표층과 기층에서 대부분의 응력을 분산하므로 보조기층과 노상에서는 거의 무시할 수 있을 정도의 응력이 작용하였다.

4. 결론

포장의 층별 두께가 표층 8cm, 기층 19cm, 보조기층 30cm인 경우가 해석적으로 안정하고 경제적이었으며, 수평단면과 수직단면으로 나누어서 검토한 결과 대부분의 응력을 아스팔트 층에서 분산시키는 것으로 나타났다. 보조기층의 두께가 30cm 이상 사용할 경우 포장에 미치는 효과가 적은 것으로 판단된다. 소성변형에 관여하는 전단변형율은 표층에서 Peak Point가 발생했으며, 전단변형율에 대한 저항성이 큰 재료의 사용이 포장파괴를 줄일 수 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

1. AASHTO (1986), "AASHTO Guide for Design of Pavement Structures", pp. 8-17.
2. C.J. Van Til, B.F. McCullough, B.A. Vallerga, and R.G. Hicks. (1972), "Evaluation of AASHO Interim Guides for Design of Pavement Structures", NCHRP, Report.128, pp.19-38
3. NCHRP Report 128, TRB (1972), "Evaluation of AASHO Interim Guides for Design of Pavement Structures"
4. Hofstra, S. (1977), Permanent Deformation of Flexible Pavements Under Simulated Road Traffic Condition, Proceedings, of Third International Conference on the Structural Design of Asphalt Pavements, Vol.1, London
5. Eisenmann, J. and Hilmer, A. (1987), "Influence of Wheel Load and Inflation Pressure on the Rutting Effect at Asphalt-Pavements-Experiments and Theoretical Investigations", Proceedings of Sixth Design of Asphalt Pavements, Vol.1, Ann Arbor, pp.392-403.
6. Uge, P. and van de Loo, P.J. (1974), "Pavement Deformation of Asphalt Mixes", Koninklijke/Shell Laboratorium, Amsterdam
7. Burmister, D.M. (1943), "The Theory of Stresses and Displacements in Layered Systems and Application to the Design of Airport Runways", Proceedings, Highway Research Board., pp.126-148
8. Michelow, J. (1963), "Analysis of Stresses and Displacements in an N-layered Elastic System under a Load Uniformly Distributed on a Circular Area", California Research Corporation, California
9. H.M. Westergaard. (1925), "Computation of Stresses in Concrete Roads", (Proc. Vol. 5, Part 1), HRB, pp. 90-112.
10. Pickett, Gerald, and Ray, G.K., (1951), "Influence Charts for Rigid Pavements", Transactions, ASCE..