

Falling Weight Deflectometer를 이용한 섬유보강 아스팔트 및 폴리머 개질 아스팔트 포장의 비용 효과 분석

Cost Analysis of Asphalt Pavements Reinforced with Glass Fiber and Polymer Modified Using Falling Weight Deflectometer

김 부 일 Kim, Booil
이 문 섭 Lee, Moon Sup
전 성 일 Jeon, Sung IL
김 상 규 Kim, Sang Kyu

정회원 · 한국건설기술연구원 도로연구실 선임연구원 · 공학박사 (E-mail : bikim@kict.re.kr)
정회원 · 한국건설기술연구원 도로연구실 연구원 · 공학석사 (E-mail : truepath@kict.re.kr)
정회원 · 한국건설기술연구원 도로연구실 연구원 · 공학석사 (E-mail : jeonsi@kict.re.kr)
정회원 · 국토해양부 간선도로과 담당주무관 (E-mail : ksg011@mltm.go.kr)

ABSTRACT

Falling Weight Deflectometer (FWD) tests were performed to evaluate the structural capacity of glass fiber reinforced (GFR), polymer modified (PM), and unmodified asphalt pavement in Korea-LTPP (Long Term Pavement Performance) section. FWD tests showed that the tensile strains of GFR and PM asphalt pavements at the bottom of asphalt layer were 29% and 21% less than that of unmodified asphalt pavement. The structural capacity was then used as a performance criterion for calculating the cost effect of GFR and PM asphalt pavements. From the results, 5cm of asphalt layer thickness was reduced by applying GFR asphalt, and 3cm by applying PM asphalt. However, construction cost of PM and GFR asphalt pavement were increased due to the higher GFR and PM asphalt price. Life cycle cost analysis showed that the initial construction cost of GFR and PM asphalt pavement were higher but the management and user cost were less than those of unmodified asphalt pavement.

KEYWORDS

FWD, glass fiber reinforced asphalt, polymer modified asphalt, cost analysis

요지

본 연구에서는 국내 LTPP 구간에서 수행된 FWD 시험의 결과를 바탕으로 섬유보강, 폴리머 개질, 일반 아스팔트 포장의 구조적 성능을 비교 평가하였다. FWD 시험 결과, 표층 하단부의 인장변형률이 섬유보강 아스팔트는 29%, 폴리머 개질 아스팔트는 21% 저감되는 것을 확인하였다. 또한 FWD 처짐량을 역산하여 각 층의 탄성계수를 추정한 후 이를 바탕으로 AASHTO 설계방법, 구조적 해석 방법 및 생애주기비용분석을 통해 섬유보강 및 폴리머 개질 아스팔트 포장의 비용 효과를 분석하였다. 분석 결과, 섬유보강은 약 5cm, 폴리머 개질은 약 3cm의 아스팔트 층 두께 감소 효과를 보여주었다. 그러나 섬유보강 및 폴리머 개질 아스팔트의 고가격으로 인하여 전체 시공재료비는 일반 아스팔트 포장에 비해 상승하는 결과를 보여주었다. 생애주기비용 결과는 초기 공사비는 섬유보강 및 폴리머 개질 아스팔트 포장이 높지만, 유지관리비용 및 사용자비용은 감소하는 것으로 나타났다.

핵심용어

FWD, 섬유보강 아스팔트, 폴리머 개질 아스팔트, 비용 효과 분석

1. 서론

아스팔트 포장의 주요 파손형태는 반복 주행하중에 의한 피로균열, 소성변형, 온도균열 등으로 분류할 수 있다. 특히 최근에 교통량의 증가로 이와 같은 파손형태가 증가하고 있

으며, 이에 따른 도로포장의 보수비용 또한 증가하고 있는 추세이다. 이를 개선하기 위해 골재입도 개선과 개질 아스팔트에 대한 연구가 꾸준히 이루어져 왔으며, 최근에 토목섬유 보강재에 대한 연구가 진행 중에 있다(Joel, 2000). 일반적으

로 시멘트 콘크리트 포장 보수 시 반사균열 억제를 위해 사용되었던 섬유보강재가 최근에는 신규 아스팔트 포장 시공 시 소성변형과 피로·반사균열의 억제를 위해 적용되고 있다(국토해양부, 2009). 그러나 현재까지 국내 적용사례가 많지 않고 공용기간도 길지 않아 정확한 성능 평가가 이루어지지 못하고 있다.

최근 국내에서는 국토해양부의 LTPP(Long Term Pavement Performance) 구간에서 차량재하 시험과 FWD(Falling Weight Deflectometer)시험을 수행하여 측정된 변형률, 응력 및 처짐량 데이터를 분석하여 섬유보강 아스팔트 포장의 구조적 성능을 평가하였다(국토해양부, 2007). 또한, 한국건설기술연구원에서 수행하고 있는 국토 PMS(Pavement Management System) 연구에서는 섬유보강 아스팔트 포장의 장기 공용성 평가를 위하여 시험시공을 통한 연구를 시행하고 있다(국토해양부, 2009). 이와 같은 연구결과, 섬유보강 아스팔트가 일반 아스팔트 포장보다 높은 공용성을 보여주는 것으로 보고되고 있다(이재준 등, 2009).

따라서 본 연구에서는 FWD를 이용하여 섬유보강 아스팔트 및 폴리머 개질 아스팔트 포장의 구조적인 성능을 평가하고 그에 따른 비용 효과를 비교 분석 하였다.

2. 실험개요

2007년 11월, 국도 1호선 원평-금구 현장에 일반, 섬유보강 및 폴리머 개질 아스팔트포장을 시험 시공하였다. 그림 1은 시험포장 단면을 보여주고 있다 (이후, 섬유보강재(Grid)를 적용한 아스팔트 포장을 'Grid-Pave'로, 폴리머 개질 아스팔트 포장을 'PMA-Pave'로 일반 아스팔트 포장을 '일반-Pave'로, 표기하였음).

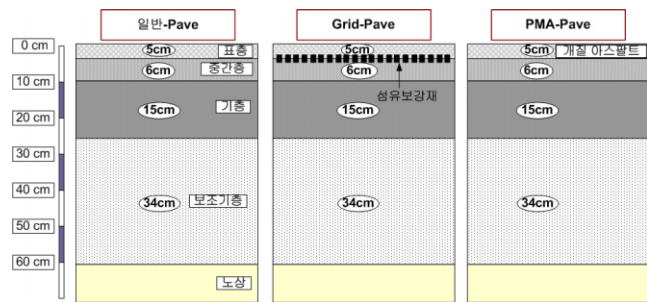


그림 1. 시험포장 단면

2.1. 섬유보강 아스팔트 및 폴리머 개질 아스팔트 포장 시공

2.1.1. 섬유보강 아스팔트 포장

섬유보강 공법은 고탄성을 갖는 탄소 및 유리섬유를 이용

하여 소성변형 억제 및 피로, 반사균열을 방지할 목적으로 개발된 공법이다. 유리 및 탄소섬유로 직조된 섬유보강재를 도포장비를 이용하여 도로 노면에 부착한 후 표층을 시공한다. 일반 아스팔트 혼합물에 섬유보강재의 인장력을 보강하는 새로운 아스팔트 포장 공법이다. 본 연구에서 사용된 섬유보강재는 유리섬유를 격자망으로 직조하여 아스팔트에 함침 시킨 후 보강재 상부 면에 규사를 살포하고, 하부에 폴리프로필렌 필름을 부착한 제품이다. 그림 2는 섬유보강재 형상을, 표 1은 섬유보강재의 특성을 나타내고 있다.

주요 적용 대상 구간은 중차량 통행이 잦은 노선에 교통하중 응력을 크게 받는 곳으로 다음과 같은 구간에 적용할 수 있다.

- 기존 도로의 보수보강(반사균열 발생 우려 구간의 덧씌우기)
- 구조적인 문제에 의한 파손이 의심되는 아스팔트 덧씌우기 구간
- 신설도로(중차량이 많은 노선, 교차로 및 오르막차선)
- 산업지원도로 및 공단 연결로, 공항 계류장 등

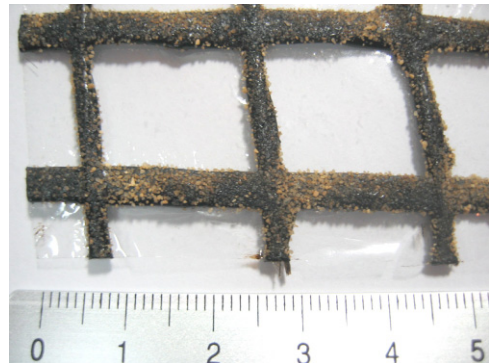


그림 2. 섬유보강재 형상

표 1. 섬유보강재 특성

섬유 특성치	탄성계수	73,000 MPa
	인장강도	2,400 MPa
	선형밀도	유리섬유(2,400텍스): 횡방향으로 배치 유리섬유(1,200×2텍스): 종방향으로 배치
	밀도	유리섬유 2.60gf/cm ³
	파단신율	4.5%
섬유인장력		유리섬유(위사 50KN) 유리섬유(경사 50KN)

그림 3은 섬유보강 아스팔트 포장 시공절차를 보여주고 있다. 그림에서 나타낸 것과 같이 중간층 상단에 폴리머 개질 유화 아스팔트로 텍코팅하고(텍코팅량 0.35l/m²), 섬유보강

재를 섬유가열장치와 압착롤러장치가 장착된 가열 압착식 도포장비를 사용하여 설치한다.



(a) 택코팅 (b) 섬유보강재 설치



(c) 장비 진입 (d) 포장

그림 3. 섬유보강 아스팔트 포장 시공 절차

2.1.2. 폴리머 개질 아스팔트 포장

본 연구에 사용된 폴리머 개질 아스팔트는 SBS(Styrene Butadiene Styrene) 개질 아스팔트이다. SBS 개질 아스팔트는 고온에서의 변형에 대한 저항성, 저온에서 균열에 대한 저항성을 증진시킬 목적으로 개발되었다. 표 2는 본 연구에 사용된 SBS 개질 아스팔트의 특성을 나타낸다.

표 2. SBS 개질 아스팔트의 특성

시험항목	규격	결과	시험방법
인화점 (°C)	230 이상	362	ASTM D-92
점도 (cp)	3,000 이하	2001	ASTM D-4402
$G^*/\sin\delta$, @76°C (KPa)	1.00 이상	1.86	AASHTO TP5
RTFO			
증발감량 (%)	1.00 이하	0.1	ASTM D-6
$G^*/\sin\delta$, @76°C (KPa)	2.20 이상	2.26	AASHTO TP5
PAV			
$G^*\sin\delta$, @31°C (KPa)	5,000 이하	1024	AASHTO TP5
Creep Stiffness @-12°C (Mpa)	300 이하	201	AASHTO TP1
m-Value @12°C	0.30 이상	0.42	AASHTO TP1
비중 @25°C		1.028	ASTM D-70

2.2. FWD 시험

포장체의 구조적인 성능을 평가하기 위해 FWD 시험을 수행하였다. FWD 시험을 통해 표면 처짐량 데이터를 수집하였고, 역산 해석 프로그램 'MODULUS 6.0'을 이용하여 각 층의 탄성계수를 추정하였다. 재하하중은 4톤, 8톤, 12톤으

로 하였으며, 각각의 포장단면별 각각 4개 지점에서 시험을 수행하였다. 그림 4는 FWD 장비 형상을 보여주고 있다.

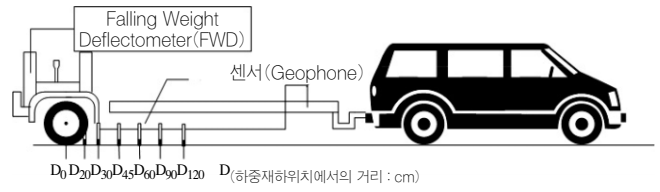


그림 4. FWD 장비 형상

3. 시험결과

3.1. FWD 시험 결과

각 단면별 FWD 시험을 통해 표면 처짐량을 측정하였다. 그림 5는 각 포장공법별 FWD 표면 처짐량을 비교한 것이다. 그림에서 나타난 것과 같이, Grid-Pave와 PMA-Pave가 일반-Pave에 비해 처짐량이 작게 발생하는 것을 알 수 있다. 특히 하중 재하판에서 발생한 처짐량 값인 D_0 는 Grid-Pave에서 약 29.3%, PMA-Pave가 21.0% 감소하는 것으로 나타났다. 또한, Grid-Pave가 PMA-Pave보다 약 10.5% 감소하는 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는 표층과 중간층 사이에 설치된 섬유보강재가 응력을 흡수하여 표면에서 발생하는 처짐을 억제시켰기 때문인 것으로 판단된다.

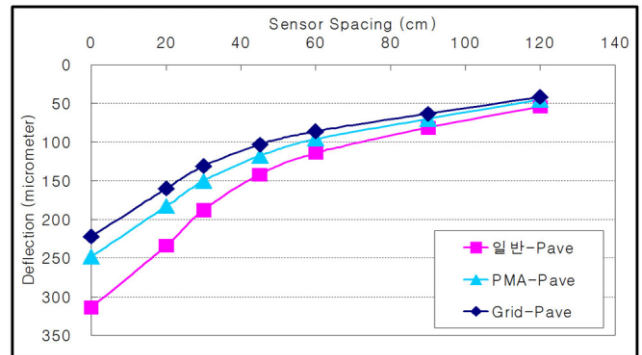


그림 5. FWD 처짐량 데이터 추이

측정된 처짐곡선을 바탕으로 다층탄성 역산해석 프로그램인 'MODULUS 6.0'을 이용하여 각 포장체의 층별 탄성계수를 추정하였으며, 그 결과를 그림 6~그림 8에 나타내었다. 본 결과는 단면별 4개 지점에서 수집된 결과를 평균한 것이다. 아스콘층의 탄성계수는 Grid-Pave, PMA-Pave, 일반-Pave 순으로 크게 나타났다. 또한 보조기층과 노상의 탄성계수는 3개 단면에서 유사하게 나타났으며, 이는 본 연구가 수행된 구간은 보조기층까지 동일하게 시공된 구간으로 보조기층 이하의 조건이 유사함을 보여주는 결과이다. 반면 아스콘층의 탄성계수는 처짐량 경향과 마찬가지로 Grid-

Pave가 일반-Pave보다 약 27.3% 높게 나타났으며, PMA-Pave는 약 14.9% 높게 나타났다. 역산해석을 통해 나타난 탄성계수는 각 포장단면의 비용 분석을 하는데 사용되었다.



그림 6. 역산해석을 통한 아스콘층의 탄성계수

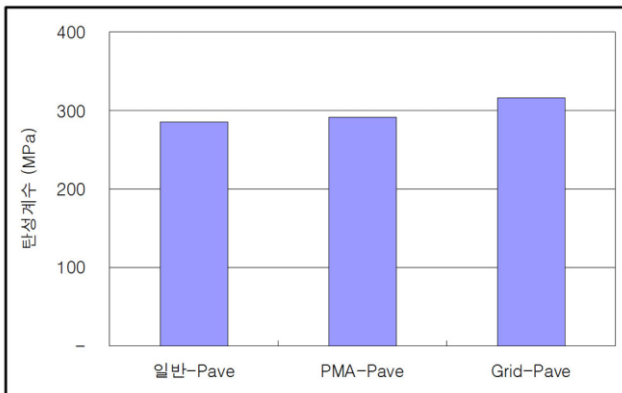


그림 7. 역산해석을 통한 보조기층의 탄성계수

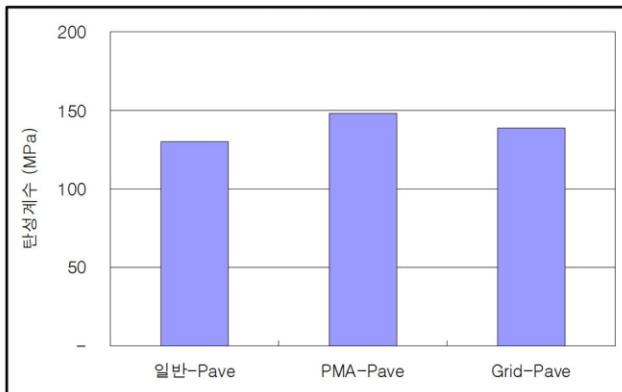


그림 8. 역산해석을 통한 노상층의 탄성계수

3.2. 비용 효과 분석

섬유보강 아스팔트 포장 및 폴리머 개질 아스팔트 포장의 비용 효과 분석을 위해 아래와 같은 세 가지 방법이 이용되었다.

- AASHTO 설계법의 두께 설계를 이용한 비용 효과 분석

- 구조해석을 이용한 비용 효과 분석
- 생애주기비용분석(LCCA)을 이용한 비용 효과 분석

3.2.1. AASHTO 설계법의 두께 설계를 이용한 비용 효과 분석

각 포장체의 비용 효과 분석을 위하여 그림 9와 같이 (1) 일반 아스팔트를 사용한 단면(일반-Pave), (2) SBS 개질 아스팔트를 사용한 단면(PMA-Pave), (3) 섬유보강재를 사용한 단면(Grid-Pave)을 형상화 하였다. 각 포장체는 아스콘층, 보조기층 및 노상으로 구성된 3층 구조로 구성하였다. AASHTO 두께 설계를 위해 사용된 교통량은 High traffic, Medium Traffic, Low Traffic으로 나누어서 각각 50×10^6 ESALs, 10×10^6 ESALs, 3×10^6 ESALs를 사용하였다. AASHTO 두께 설계 절차에 필요한 각 층의 상대강도계수 (a_i)는 FWD 역산 결과로 얻어진 탄성계수(그림 6~그림 8)를 AASHTO에서 제시한 아스콘층의 탄성계수와 상대강도계수 관계 도표를 이용하여 환산하였다(AASHTO, 1993). 또한 보조기층의 배수계수 (m_i)는 1.2로 결정하였으며, 신뢰도(R)는 95%, 표준편차(S_0)는 0.4, 그리고 설계공용성손실(ΔPSI)은 2.0으로 가정하여 설계를 수행하였다. 표 3은 AASHTO 두께 설계를 위한 입력값을 보여주고 있다.

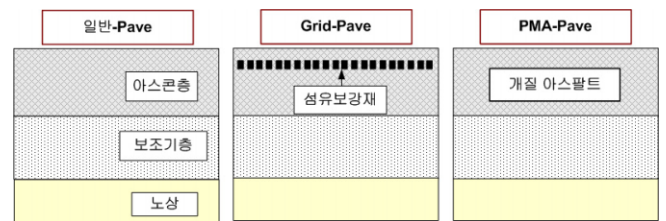


그림 9. 교통량별 도로포장 두께 설계에 따른 경제성 분석

표 3. 교통량별 도로포장 두께 설계 입력값

		Modulus (PSI)	a_i	설계 입력변수
일반	아스콘층	195,700	0.30	<ul style="list-style-type: none"> • 보조기층 배수계수 (m_i): 1.2 • 신뢰도(R): 95% • 표준편차(S_0): 0.4. • 설계공용성손실 (ΔPSI): 2.0
	보조기층	43,118	0.21	
	노상	20,157		
PMA	아스콘층	230,050	0.32	
	보조기층	43,118	0.21	
	노상	20,157		
Grid	아스콘층	269,320	0.35	
	보조기층	43,118	0.21	
	노상	20,157		

표 4는 교통량별 두께 설계 결과를 보여주고 있다. 두께 설계 결과, Grid-Pave가 일반-Pave와 비교해 교통량별로

2~5cm(14~17%) 감소하며, PMA-Pave와 비교해 1~2cm(7~8%) 감소하는 것으로 나타났다. 이와 같은 두께 설계 결과를 가지고 비용 효과 분석을 수행하였으며, 그 결과를 그림 10에서 보여주고 있다.

표 4. 교통량별 도로포장 두께 설계 결과

(단위 : cm)

		Low Traffic	Medium Traffic	High Traffic
일반	아스콘층	14	24	29
	보조기층	60	60	60
PMA	아스콘층	13	22	26
	보조기층	60	60	60
Grid	아스콘층	12	20	24
	보조기층	60	60	60

각 포장 단면별 비용 산정을 위하여 표층은 5cm로 고정하였으며, 두께 감소는 아스콘 기층에 반영하였다. 보조기층 이하는 동일한 두께로 가정하였다. 또한, 비용 산정에는 시공인건비, 장비 대여료 등 포장 재료비용 이외의 비용은 모든 포장에서 동일하게 적용된다고 가정하였다. 포장 재료비용은 2009년 11월 물가정보의 도로포장재에 나와 있는 표층용 일반 아스콘 61,000원/톤, 표층용 PMA 아스콘 93,000원/톤, 기층용 일반아스콘 56,000원/톤을 적용하였다(한국물가정보 2009). 그림 10에서 보여주는 바와 같이, Grid-Pave는 일반-Pave보다 시공재료비가 18~40% 증가하고, PMA-Pave보다 19~32% 증가하는 것으로 나타났다. 즉, Grid-Pave가 섬유보강재의 사용으로 포장체의 구조적인 성능을 향상시키고 이로 인해 두께 감소 효과를 보여주었지만, 섬유보강재의 가격이 일반 아스콘 가격에 비해 상대적으로 높아 전체 포장체의 단가가 상승하는 결과를 보여주었다. 또한 PMA-Pave는 일반-Pave보다 포장 재료비용이 3~11% 증가하는 것으로 나타났다. 이는 PMA-Pave가 폴리머 개질제

의 사용으로 포장체의 구조적인 성능을 향상시키고 이로 인해 두께 감소 효과를 보여주었지만, 폴리머 개질제의 가격이 일반 아스콘 가격에 비해 상대적으로 높아 전체 포장체의 단가가 상승하는 결과를 보여주는 것이다.

3.2.2. 구조해석을 이용한 비용 효과 분석

그림 5에서 보는 바와 같이 Grid-Pave, PMA-Pave, 일반-Pave 순으로 FWD 처짐량이 커짐을 알 수 있다. 이는 Grid-Pave나 PMA-Pave가 동일한 두께의 포장에서 일반-Pave보다 더 좋은 구조적 효과를 보인다는 것이다. 따라서 Grid-Pave나 PMA-Pave의 포장 두께를 감소하여도 일반-Pave와 동일한 구조적 효과를 보여줄 수 있음을 의미한다. 따라서 Grid-Pave와 PMA-Pave의 포장 단면을 감소시켜 구조해석을 수행하였으며, 구조해석 결과를 이용하여 단면 감소에 따른 Grid-Pave와 PMA-Pave의 비용 효과 분석을 수행하였다.

구조해석 프로그램은 한국형 포장 설계법 프로그램에 적용한 다층탄성 프로그램을 사용하였다. 구조해석에 적용한 아스팔트의 탄성계수는 그림 6~그림 8의 값을 사용하였으며, 아스콘층 하단의 인장변형률이 동일하게 나타나는 아스콘층의 두께를 결정하였다. 그림 11~그림 12는 단면 두께 변화에 따른 변형률을 보여주고 있으며, 아스콘 기층 두께를 2.5cm(17%) 감소시켰을 때, Grid-Pave와 PMA-Pave 모두에서 일반-Pave와 동일한 변형률을 나타내었다. 이와 같이 기층 두께를 감소한 단면과 기존 단면에 대하여 비용분석을 수행하였으며, 그 결과를 그림 13에서 보여주었다. 비용 분석 방법은 AASHTO 두께 설계법을 이용한 비용 분석과 동일하게 포장 재료비용으로만 분석하였으며, 각각의 재료 산정비용도 동일하게 적용하였다.

그림 13에서 보듯이 Grid-Pave를 일반-Pave와 동일하게 포장 두께를 적용하였을 때 일반-Pave 보다 30%, PMA-Pave 보다 23% 정도 높은 초기 시공비용을 보여주고 있다.

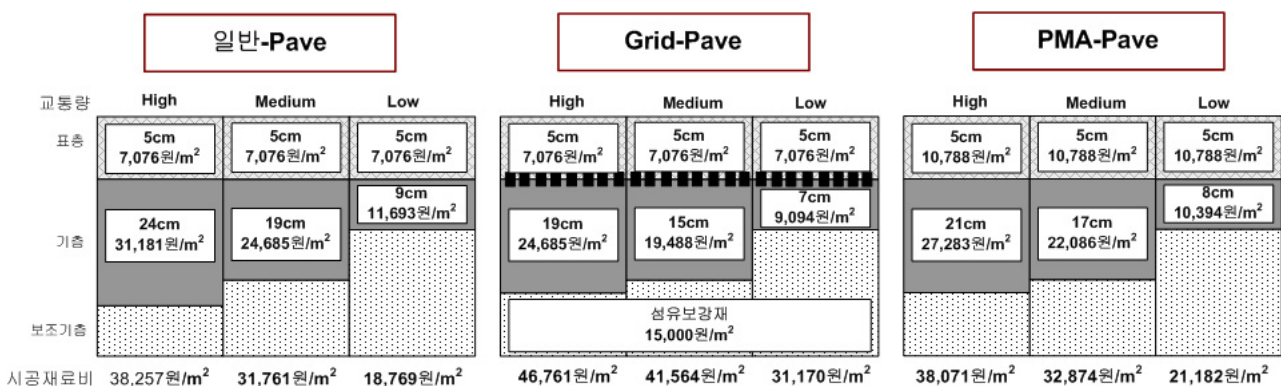


그림 10. AASHTO 두께 설계에 따른 비용 효과 분석

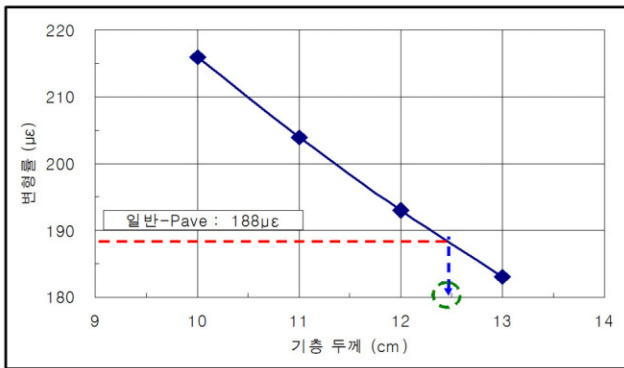


그림 11. Grid-Pave의 기층 두께 단면에 따른 아스콘층 변형률

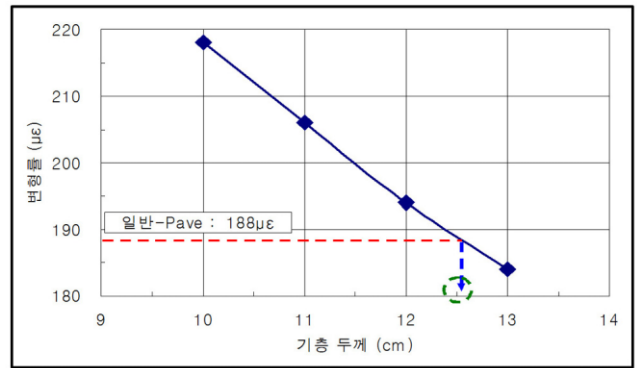


그림 12. PMA-Pave의 기층 두께 단면에 따른 아스콘층 변형률

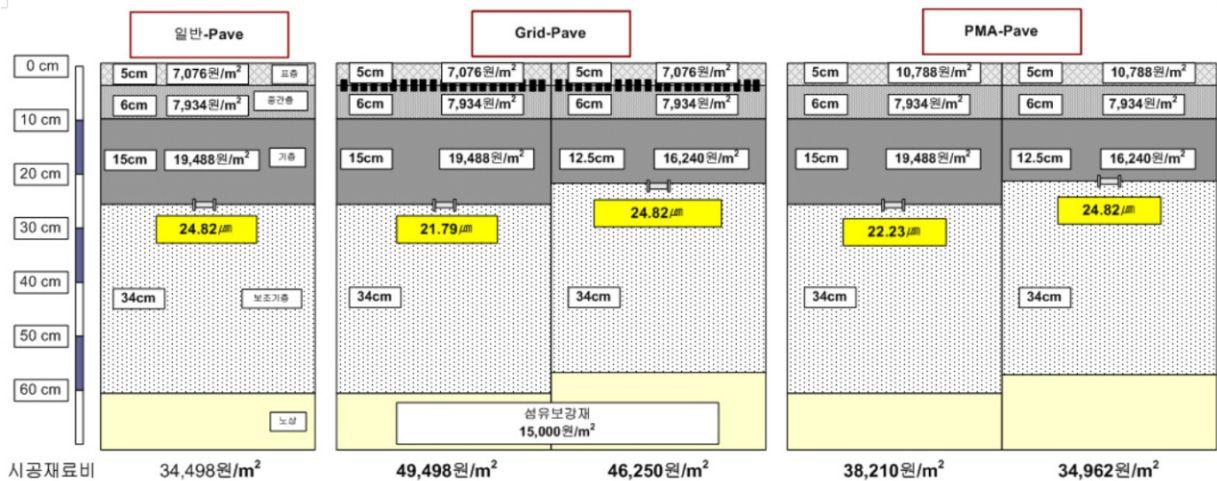


그림 13. 구조해석을 통한 단면 감소에 따른 비용 효과 분석

그러나 기층 두께를 감소시켜 일반-Pave와 동일한 구조적 효과가 있게 할 경우, 2.5cm 두께 감소로 인해 약 6.5%의 비용 감소효과를 가져온다. 그러나 아스콘층의 재료 감소로 인하여 시공단가는 감소하였지만, 섬유보강재의 단가로 인하여 전체 단가는 일반-Pave보다 25% 높은 시공단가를 보여주고 있다. 이는 교통량별 AASHTO 두께 설계에 따른 비용분석과 유사한 결과이다.

또한, PMA-Pave는 일반-Pave와 동일한 포장 두께를 적용 하였을 때, 약 10% 정도 높은 초기 시공비용을 나타내었다. Grid-Pave와 마찬가지로 PMA-Pave의 기층 두께를 감소하였을 때 약 9%의 감소효과를 나타내 일반-Pave와 유사한 초기 시공단가를 나타내었다.

3.2.3. 생애주기비용 분석(LCCA)

위에서 기술한 두 가지 방법은 유지보수비용과 사용자비용을 고려하지 않은 포장체의 구조적인 성능만을 기준으로 비교 분석한 것이다. 따라서 유지보수비용과 사용자비용을 고려할 수 있도록 그림 14에서와 같은 방법에 따라 생애주기비용 분석을 실시하였다. 생애주기비용 분석을 위한 조건은 표

5와 같다. 그림 14에서 보는 바와 같이 세 가지 대안의 중요요인 초기시공비, 유지보수비용, 사용자비용에 대해 순현재가치(NPV, Net Present Value)를 적용하여 전체 비용을 비교 분석하였다. 생애주기비용 분석에 사용된 RealCost 2.2는 FHWA에서 보수/보강 공법에 따른 경제성 분석을 위해 개발된 프로그램이다(www.fhwa.dot.gov).

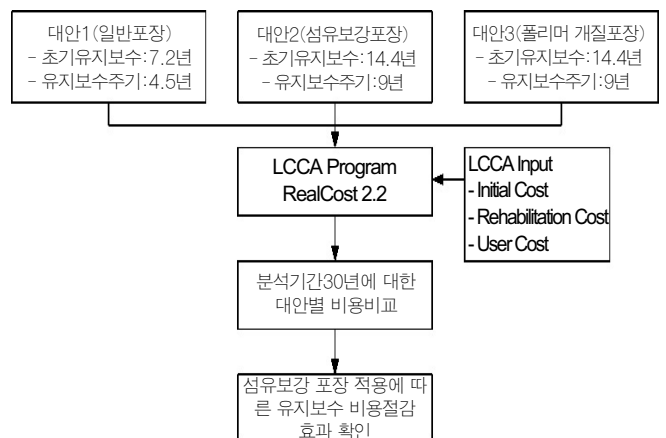


그림 14. LCCA 분석 절차

표 5. 생애주기비용 분석을 위한 조건

구분	분석 조건
분석 기간	30년
할인율	5%
도로 조건	도시부(양방향 4차로)
사용자비용	사용자 지체 비용 고려
유지보수 공법	절삭+덧씌우기
초기 시공비	신규포장으로 고려
잔존 가치	포함
유지보수 시공 방법	1일 1개 차로 시공
속도 제한	80km/h

일반-Pave의 경우 신설 포장 후 초기 보수를 약 7.2년 후에 실시하고, 그 후 4.5년 후 재보수를 수행하는 것으로 보고 되었다(국토해양부, 2004). 따라서 일반-Pave의 수명을 초기에는 7.2년, 그 이후에는 4.5년마다 보수를 수행하는 것으로 가정하였다. Grid-Pave와 PMA-Pave는 문헌 조사 결과, 일반-Pave 보다 휠트래킹 실험의 경우 2~7배 증가된 수명을 나타냈다(한국기술교육대학교, 2005), (한국건설기술연구원, 2001)). 따라서 Grid-Pave와 PMA-Pave의 보수 주기는 일반-Pave의 2배로 가정하여 분석을 수행하였다. 이와 같은 입력 조건을 가지고 LCCA를 수행하였으며, 그 결과를 그림 15에서 보여주고 있다. LCCA 결과 Grid-Pave의 경우 초기 시공비용은 일반-Pave 보다 약 10% 정도 증가되는 것으로 나타났으며, 이는 구조해석을 통한 비용 분석 결과와 유사한 경향을 나타내는 것이다. 그러나 보수/보강 비용과 같은 유지보수비용은 일반-Pave보다 Grid-Pave가 19%정도 절감되는 것으로 나타났으며, 사용자비용은 Grid-Pave가 73.8% 정도 절감되는 것으로 나타났다. PMA-Pave의 경우에도 초기 시공비용은 10% 증가하였으나, 유지보수비용은 15%정도 절감되었으며, 사용자비용은 74%정도 절감되는 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는 초기에는 시공비용이 재료비의 상승으로 높아졌으나, 공용성의 증가로 인하여 유지 보수 및 사용자비용이 절감되는 효과를 나타내는 것이다.

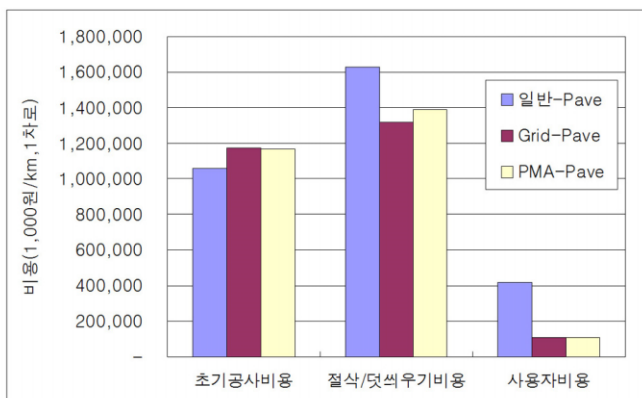


그림 15. LCCA 분석 결과

4. 결론

본 연구에서는 FWD를 이용하여 섬유보강 아스팔트 포장, 폴리머 개질 아스팔트 포장 및 일반 아스팔트 포장의 구조적인 성능을 비교 분석하였으며, FWD 처짐곡선을 이용해 포장 단면별 각 층의 탄성계수를 역산 추정하였다. 추정된 탄성계수를 이용하여 세 가지 포장 단면에 대한 AASHTO 두께설계를 수행하였으며 구조해석을 통한 단면 감소량을 계산하였다. 끝으로 생애주기비용분석을 통해 세 가지 포장 단면에 대한 비용 효과를 분석하였다. 본 연구를 통해 얻은 결론은 다음과 같다.

1. FWD 하중재하판에서 발생된 처짐량 값인 D_0 값을 비교한 결과, Grid-Pave가 일반-Pave보다 약 29.3%, PMA-Pave 보다 약 21.0%정도 작은 값을 나타내었다. 이는 표층과 중간층 사이에 설치된 섬유보강재가 내부의 응력을 흡수하여 표면에서 발생하는 처짐을 억제시켰기 때문인 것으로 판단된다.
2. MODULUS 6.0을 이용한 FWD 처짐곡선 역산 해석결과, Grid-Pave의 아스콘층 탄성계수가 일반-Pave의 아스콘층 탄성계수 보다 약 27.3%, PMA-Pave의 아스콘층 탄성계수 보다 약 14.9% 정도 높게 나타났다. 또한 보조기층 및 노상은 동질성 구간으로 탄성계수는 차이를 보이지 않았다.
3. 역산 추정된 탄성계수를 근거로 AASHTO 방법에 따라 포장체 두께 설계를 수행한 결과, Grid-Pave는 일반-Pave보다 2~5cm, PMA-Pave는 일반-Pave보다 1~3cm두께 감소 효과를 보여주었다. 감소된 두께를 고려한 시공재료비를 비교한 결과, Grid-Pave는 일반-Pave보다 18~40%, PMA-Pave는 일반-Pave보다 3~11% 높은 비용을 보여주었다. Grid-Pave와 PMA-Pave 모두 두께 감소로 아스팔트층의 재료비용은 감소하였으나, 섬유보강재 및 개질재의 가격으로 인하여 전체 시공재료비는 상승하는 결과를 보여주었다.
4. 구조해석을 이용하여 일반-Pave와 동일한 구조적 성능을 갖도록 Grid-Pave와 PMA-Pave의 두께를 감소시켰을 경우, 비용감소 효과는 약 5~9%를 보여주었다. 그러나 Grid-Pave는 높은 재료 단가로 인해 일반-Pave와 PMA-Pave에 비해 높은 시공 단가를 보여주었다. 이에 반해 PMA-Pave는 일반-Pave와 유사한 시공 단가를 나타내었다.
5. 생애주기비용분석 결과, Grid-Pave는 일반-Pave와 비교하여 초기 시공비용은 약 10% 정도 증가, 보수/보강 비용 같은 유지관리비용은 19% 절감, 사용자비용은 74% 절감되는 것으로 나타났다. 또한 PMA-Pave는 일

반-Pave와 비교하여 초기 시공비용은 약 10% 정도 증가, 보수/보강 비용 같은 유지관리비용은 15% 절감, 사용자비용은 74% 절감되는 것으로 나타났다.

감사의 글

본 논문은 국토해양부의 연구과제인 “한국형 포장설계법 개발과 포장성능 개선방안 연구”의 일부입니다. 이에 감사를 드립니다.

참고 문헌

국토해양부 (2004), “한국형 포장설계법 개발과 포장 성능개선 방안 연구 최종보고서 (1단계 3차년도), 국토해양부 연구보고서, 2004. 3.

국토해양부 (2007), “한국형 포장설계법 개발과 포장 성능개선 방안 연구 최종보고서 (2단계 3차년도), 국토해양부 연구보고서, 2007. 3.

국토해양부 (2009), “2008 도로포장 관리 시스템”, 국토해양부 연구보고서, 2009. 2.

이재준, 홍재청, 유형목, 김기현(2009), “현장 시험시공을 통한 섬유그리드 공법의 초기 공용성 평가에 관한 연구”, 2009 한국도로학회학술발표, 2009. 11.

한국건설기술연구원 연구보고서. “슈퍼팔트(SBS PMA)의 현장 공용성 조사 및 경제성 분석 연구(최종보고서)”, 2001. 10.

한국기술교육대학교 (2005), “카보팔트/글래스팔트 보강 아스팔트 혼합물의 균열 저항성시험 결과 보고서”, 한국기술교육대학교 연구보고서, 2005. 3

한국도로학회 (2008), “방수성 접착제와 포장섬유를 적용한 콘크리트 포장의 아스팔트 덧씌우기 공법에 대한 구조적 기능적 평가”, 한양대학교 연구보고서, 2008. 12.

한국물가정보 (2009), “물가정보 11월”, pp.154-155, 2009. 11.

AASHTO (1993), “AASHTO Guide for Design of Pavement Structures”, pp.11-32~11-38.

<http://www.fhwa.dot.gov/infrastructure/asstmgmt/lcca.cfm>

Barksdale, R. D. (1991), “Fabrics in asphalt overlays and pavement maintenance”, Report NCHRP 171, TRB, Washington, D.C.

Joel Sprague, C. and Carri, A. (2000), “Asphalt Overlay Reinforcement”, Geotechnical Fabrics Report, March, pp. 30~33.

Minnesota Department of Transportation (1996), “Initial Characterization of Subgrade Soils and Granular Base Materials at the Minnesota Road Research Project”, Mn Road Report Number 96-19.

Predoehl, N.H. (1989), “1988 Report of Construction Evaluated Research Project Featuring Pavement Fabric Reinforcing Interlayers in AC Overlays of Distressed Flexible Pavement”, California Department of Transportation, Office of Transportation Laboratory, 1989. 5.

접 수 일 : 2009. 11. 26
 심 사 일 : 2009. 11. 26
 심사완료일 : 2009. 12. 1