

아스팔트 콘크리트 포장구조체의 내부처짐을 통한 주행하중 충격영향깊이 산정

Estimation of Influence Depth of Moving Loads from Depth Deflection of Asphalt Concrete Pavement

최준성* · 서주원** · 김수일***

Choi, Jun Seong · Seo, Joo Won · Kim, Soo Il

1. 서 론

포장구조체의 역학적 상태를 평가하는 방법으로서 비파괴시험이 널리 사용되고 있으며 이러한 방법 중 충격하중에 의한 처짐을 측정하는 Falling Weight Deflectometer(FWD)가 많이 사용되고 있으나, 실제 주행차량하중에 의한 포장구조체의 상태와 거동을 정확하게 대변해주지는 못한다. 또한 실제 주행하중에 의한 아스팔트 콘크리트 포장구조체의 물성을 추정하는 기존의 방법은 동일한 장소에서의 시험입에도 불구하고 주행하중의 속도에 따라 다른 탄성계수를 역산하여 동일지점에서 동일한 공용성 평가가 어려운 실정이다. 따라서 본 연구에서는 차량의 다양한 주행속도 하에서 깊이별 처짐장비로부터 측정된 처짐자료를 이용하여 최대처짐과 하중지속시간을 산정한 후, 차량의 주행속도에 따른 포장구조체의 충격영향범위를 산정하여 주행하중의 동적영향을 구현하고자 한다.

2. 차량주행속도에 대한 동적영향

2.1 주행속도에 따른 영향분석

차량의 속도가 증가할수록 주행차량의 하중은 증가하며 하중의 주기는 감소한다.(이강진 등, 1999) 그러나 차량의 속도증가에 따른 아스팔트 콘크리트 포장구조체의 내부 처짐은 감소한다.(최준성 등, 1998) 그림 1은 저속 주행차량과 고속 주행차량이 아스팔트 콘크리트 포장구조체 위를 통과할 때 미치는 영향을 나

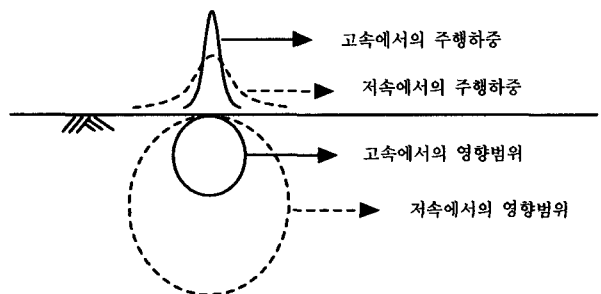


그림 1. 차량의 주행속도에 따른 영향

* 정희원 · 인덕대학 토목환경설계과 전임강사 · 02-901-7658 (E-mail: soilpave@mail.induk.ac.kr)

** 정희원 · 연세대학교 대학원 토목공학과 박사과정 · 02-312-5101 (E-mail: iamgon94@hanmail.net)

*** 정희원 · 연세대학교 사회환경건축공학부 교수 · 02-2123-2800 (E-mail: geotech@yonsei.ac.kr)



타낸 그림이다. 주행차량의 속도가 증가할수록 하중의 크기는 증가하고 하중지속시간과 충격영향범위는 감소한다.

2.2 하중지속시간의 산정

본 연구에서는 주행속도를 변화시키면서 시험한 트럭 주행시험결과 중 깊이별 처짐장비 (Multi-Depth Deflectometer: MDD) Module 1의 처짐응답주기를 이용하여 하중지속시간을 산정하였다. 그림 2는 MDD 깊이별 처짐 신호로부터 처짐응답주기를 산정하는 개요도이다. 시험장소나 도로의 노후 정도에 따른 하중지속시간의 변화를 알아보기 위하여 1998년 8월에 경기도 김포 신설도로에서 실시한 시험결과와 2000년 11월에 경기도 덕평폐도에서 실시한 시험결과를 이용하여 주행하중의 속도에 따라 산정된 하중지속시간을 표 1에 정리하여 나타내었다. 표 1을 살펴보면 시험장소나 도로의 노후 정도에는 상관없이 하중지속시간은 거의 일정함을 알 수 있었다.

표 1. 주행차량의 속도에 따라 산정된 하중지속시간

주행차량의 속도 (km/h)	하중지속시간 (t) (초)	
	덕평구간	김포구간
20	0.571	0.583
30	0.431	0.442
40	0.357	0.365
50	0.347	0.354
60	0.273	-
70	0.255	-
80	0.231	-

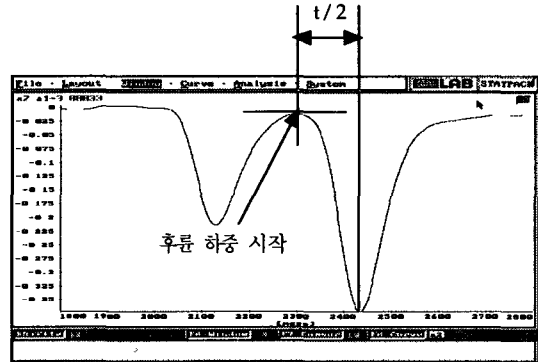


그림 2. 하중지속시간의 산정

2.3 충격영향깊이의 산정

본 연구에서는 각 층의 탄성계수, 포아송비, 단위중량으로부터 각 층의 압축파 속도를 산정하고 동 하중의 충격지속시간을 고려하여 충격영향범위의 깊이를 추정한다. 탄성계수는 미지의 값이므로 깊이 별 처짐을 이용한 기존의 정적 자동역해석 역산탄성계수를 가정치로 하여 충격영향깊이를 추정하였다. 각 층의 탄성계수, 포아송비, 단위중량으로부터 압축파의 속도를 구하면 식 (1)과 같다. 여기서, V_{pj} , E_j , μ_j , γ_j 는 각각 j 층 재료의 압축파속도, 탄성계수, 포아송비, 단위중량이며, g는 중력가속도이다. 포장구조체 각 층의 탄성계수를 기지의 값으로 할 때 3층 포장구조체의 경우 노상 상부에서 가상암반층까지의 깊이를 구하기 위하여 그림 3을 이용한다. 그림 3은 주행하중으로 인하여 유발된 압축파가 각 포장층을 따라 이동하는 경로를 나타낸 그림이다. O점에서 MDD 첫 번째 모듈에 도달한 압축파는 각 포장층을 OABCDEO의 경로를 따라 이동하는데, 경로를 따라 이동에 소요되는 시간은 식 (2)와 같고 이를 정리하면 h_0 은 식(3)과 같다. 여기서, t는 하중지속시간, h_j 는 j번째 층의 두께, V_{pj} 는 j번째 층에서의 압축파 속도이다. 충격영향깊이를 추정하기 위한 각 층의 탄성계수의 가정값과 표



1의 하중지속시간으로부터 산정된 충격영향깊이를 표 2에 나타내었다.

$$V_{pj} = \left[\frac{E_j(1 - \mu_j)}{(1 + \mu_j)(1 - 2\mu_j)} \left(\frac{g}{\gamma_j} \right) \right]^{0.5}, j = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

$$t = \frac{2h_1}{V_{p1}} + \frac{2h_2}{V_{p2}} + \frac{2h_3}{V_{p3}} \quad (2)$$

$$h_3 = \frac{1}{2} \left(t - \sum_{j=1}^2 \frac{2h_j}{V_{pj}} \right) V_{p3} \quad (3)$$

9표 2. 주행속도에 따른 충격영향깊이

주행차량의 속도 (km/h)	탄성계수 가정치 (kg/cm ²)	충격영향깊이 (cm)
20	아스팔트층	16593
	보조기층	3156
	노상	2747
30	아스팔트층	18500
	보조기층	3422
	노상	2743
40	아스팔트층	19370
	보조기층	3607
	노상	2775
50	아스팔트층	20284
	보조기층	3721
	노상	2775
60	아스팔트층	21175
	보조기층	3950
	노상	2796
70	아스팔트층	23653
	보조기층	4133
	노상	2810
80	아스팔트층	24580
	보조기층	4198
	노상	2823

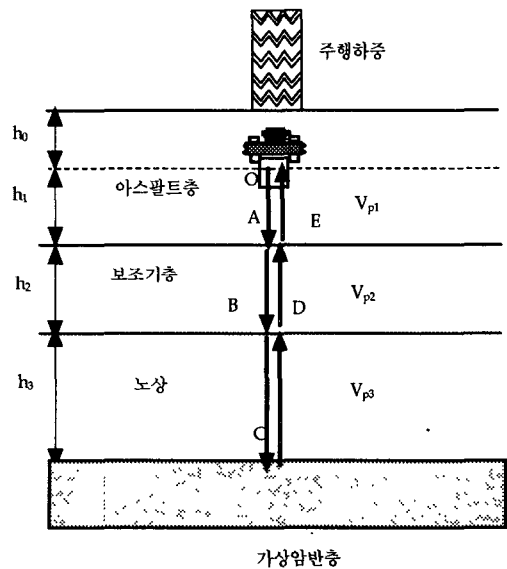


그림 3. 3층 포장구조체에서의 파동 전파경로

4. 충격영향범위에 따른 영향분석

다층탄성해석의 반복역산기법을 이용하여 충격영향깊이의 변화에 따른 역산탄성계수를 산정하였다. 충격영향깊이를 2m부터 30m까지 10cm 간격으로 덕평폐도에서 실측된 주행속도에 따른 깊이별 처짐 자료를 이용하여 총 1960개의 모델에 대한 탄성계수를 역산한 결과 역산된 탄성계수는 충격영향깊이의 변화에 영향을 받는 것을 알 수 있었다. 그림 4는 아스팔트층과 보조기층, 그리고 노상의 각 층에 대하여 충격영향깊이의 변화에 따른 역산탄성계수를 나타냈다. 그림 4에 의하면 아스팔트층의 경우 충격영향깊이가 증가할수록 역산탄성계수의 크기는 증가하고 주행속도에 따른 역산탄성계수의 차이는 커짐을 알 수 있다. 기존에 개발된 역해석 프로그램(최준성, 1998)의 경우 충격영향범위가 무한하다고 가정하였으므로 아스팔트층의 경우 주행속도에 따른 역산된 탄성계수의 차이가 크다는 것을 알 수 있



다. 주행차량의 속도가 증가할수록 충격영향범위는 감소하고, 충격영향범위가 감소함에 따라 역산탄성계수의 크기도 감소하므로 주행속도에 따른 충격영향깊이를 고려하면 역산탄성계수의 차이가 감소함을 알 수 있다. 그러므로 주행하중에 의한 아스팔트 포장구조체의 물성을 역산할 때 충격영향깊이를 고려한다면 동일한 장소에서 주행속도에 상관없이 동일한 공용성 평가가 가능할 것으로 판단된다.

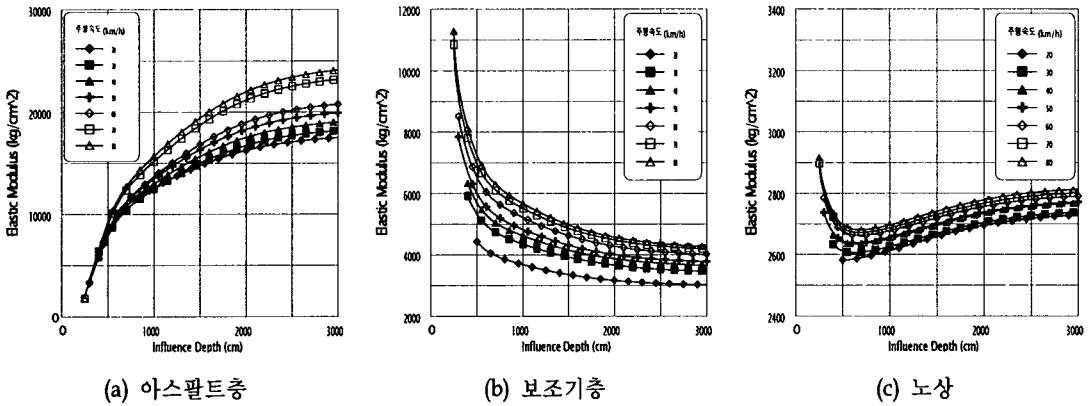


그림 4. 충격영향깊이의 변화에 의한 역산탄성계수

5. 결 론

본 연구에서는 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 차량의 주행속도에 따른 깊이별 처짐 자료로부터 하중지속시간을 산정하고 이를 탄성과 이론에 적용하여 주행차량의 속도에 따른 충격영향깊이를 산정하는 방법을 개발하였다.
- (2) 다층탄성이론에 의한 반복역산기법을 이용하여 경기도 덕평폐도의 처짐자료로부터 충격영향깊이의 변화에 따른 총 1950개의 모델에 대하여 아스팔트 콘크리트 포장구조체의 탄성계수를 역산하였다. 충격영향깊이의 변화를 고려하여 탄성계수를 역산한 결과 주행속도 20km/h에서 충격영향깊이의 변화에 따른 아스팔트층 역산탄성계수가 8481kg/cm²~17475kg/cm²로 나타났으며 최대 상대오차 106%로 탄성계수의 역해석시 충격영향범위의 고려가 필요함을 알 수 있었다.

참고문헌

1. 이강진, 최준성, 김수일(1999), 차량 주행속도에 따른 아스팔트 콘크리트 포장구조체의 거동분석, 대한토목학회논문집, 제19권, 제3-6호, pp.41-52.
2. 최준성, 김수일, 유지형(1999), 아스팔트 콘크리트 포장구조체의 내부처짐에 의한 물성추정 및 주행속도에 따른 거동분석, 한국도로포장공학회논문집, 제2권, 제1호, pp.135-145.
3. 최준성(1998), 동적표면처짐의 의사정적해석에 의한 아스팔트 콘크리트 포장구조체의 물성추정, 박사학위논문, 연세대학교