層

アスファルト混合物層の損傷が FWD 調査におよぼす影響に関する解析的検討

50

眉通びび割れ

表層

(国研) 土木研究所 正会員 〇渡邉真一 前川亮太 藪雅行

表-1 材料定数

厚さ

材料

弾性係数 ポアソン比

密度

1. はじめに

平成 28 年に策定された「舗装点検要領」にお いては,路盤層以下の保護などの舗装構造に着目 した管理の重要性が示されており,構造的健全性 の適切な点検診断が求められている.舗装構造の 健全性評価には、FWD 調査によるたわみ量の測 定が広く普及している。これは, 重錘落下時のた わみ量から,センサー測定位置間のたわみ差や逆 解析により,舗装全層または各層の健全性を評価 するものである.これらの評価方法は、舗装各層 を均質で連続な1枚の版としてモデル化する。し かし,一定期間の供用を経た実際の舗装では,ひ び割れ等による不連続面を有するのが一般的で ある.既往の研究¹⁾では3次元有限要素法(以 下, FEM)を用いて, アスファルト混合物層(以 下,As層)の損傷がFWD調査に及ぼす影響を調 べている.本研究においても、これらを参考に、 FEM を用いて As 層の損傷をモデル化し、その影 響を解析的に検討したので、結果を報告する.

2. 解析概要

本検討における解析対象断面を図-1に示す.本 断面は N5 交通, 設計 CBR4 の条件におけるモデ ル断面である.また,解析に用いた材料定数は, 表-1 に示すとおりである. 検討の対象とする損傷

形態は、As 層の貫通ひび割れおよび、As 層下面(表層-基層,基層-上層路盤)の層間剥離とした.層間剥離界面の接触モデルは、クーロ ン摩擦を仮定し、解析条件は表-2に示すとおりとした.また、摩擦力 を考慮するため、As 層のみ自重による載荷をモデル化している.ひ び割れの形状については、図-2 に示すケース A~D の 4 ケースを検 討対象とし、それぞれ、FWD 載荷板を模擬した載荷点を中心に0本、 1本,2本,6本とした.ひび割れ形状はいずれも,載荷中央を原点 としたとき,図-3に示す x 軸および y 軸について対称であることか ら、それぞれ半分を解析領域とし、図-3に示す寸法、境界条件にてモ デルを構築した. なお, 解析には汎用 FEM プログラムの ANSYS Mechanical Pro を使用した.

3. 解析結果

ケースA~Dの4ケースそれぞれ層間剥離の有無を考慮した合計8









表-3 逆解析による弾性係数

ケース	剥離	AS層(5000)		上層路盤(300)			下層路盤(200)			路床·路体(40)	
ケースA	なし	4831		302			212		38		
(なし) "	あり		2219			141			133		38
ケースB (1本)	なし		1958			158			328		38
	あり		1186			93			227		36
ケースC (2本)	なし		2152			148			232		35
	あり		1190			84			190		36
ケースD (6本)	なし		389			60			42 ³		48
	あり		248			106			497		34
 単位:MPa ()は入力値											

キーワード アスファルト舗装, FWD, FEM, ひび割れ, 層間剥離, 逆解析, 多層弾性理論 〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6 (国研)土木研究所 舗装チーム TEL:029-879-6789 FAX:029-879-6738



図-5 解析結果(たわみ曲線・応力分布)

ケースについて解析を行った.各ケースにおける載荷点直下の D₀たわみ量の解析結果を図-4 に示す.図-4 より, ひび割れの本数が多く,層間剥離が生じているほど大きな D₀たわみ量が生じる結果となっている.

また,表-3には FEM より算出されたたわみ量から逆解析プログラム BALM で算出した各層の弾性係数,図-5には x-z 面(y=0)での(1)たわみ曲線,(2)As 層(表層+基層)の水平方向応力分布,(3)路盤層(上層路盤+下層路盤)の最小主応力(圧縮応力)分布の一覧を示す.図-5(1-a)に示すひび割れがないケースにおけるたわみ曲線は,FEM により得られた結果と、多層弾性理論による順解析プログラム GAMES による結果を示しており、両者はほぼ一致している.なお、GAMES による層間剥離している場合の解析では、層間滑り率を0.99とした.表-3の逆解析による各層の弾性係数をみると、ひび割れおよび層間剝離のないケースでは入力に用いた弾性係数と一致しているのに対し、As 層が損傷しているケースでは、As 層の弾性係数が入力値に対し 1/2~1/20 程度と低く、さらに、損傷のない上層路盤の弾性係数も入力値の 1/2~1/5 程度と過小に評価する結果となっている.

図-5(1)のたわみ曲線に着目すると,損傷がある場合,載荷部近傍ほど変位量が大きくなり,載荷中心位置から 900mm 程度以上離れた位置では,概ね同程度の変位量になっている.したがって,下層路盤および路床の弾性係数 は,ケースDを除くと,概ね入力値に近い値が逆解析により算出されている.

次に、図-5(2)の As 層の水平応力分布に着目すると、ひび割れがない場合は載荷部の上面が圧縮、下面が引張の 曲げモードを示しているのに対し、ひび割れがある場合は、載荷部が自由端となるため、上面に引張が作用してい る上に凸な曲げモードになっている.また、層間剝離がある場合は、表層部と基層部それぞれが、層間剝離がない ものと同じ傾向の応力分布となっており、かつ、層間剝離がない場合より大きな応力が作用する傾向となっている.

さらに,図 5-(3)の路盤層の応力分布をみると、As 層に損傷がある場合は、上記の As 層の変形の影響により、路 盤層載荷部近傍に大きな圧縮応力が作用していることが確認でき、このため大きな変形が生じたものと考えられる.

4. おわりに

上記の解析の結果, As 層に損傷がある場合は, 多層弾性理論で仮定される荷重分散が行われず, 路盤層の載荷部 近傍にも大きな応力が作用するため, As 層および上層路盤層の健全性が低く評価されることが明らかとなった.

今後は,実大実験等によって解析の妥当性を検証していくとともに,実務での FWD による評価を適切に行うため,損傷形状と載荷位置の関係や,計測値の補正方法等についても検討していく予定である.

参考文献: 1) 例えば 中村ほか: ひび割れが FWD 測定たわみ量に及ぼす影響に関する基礎的研究,第65回土木学会年次学術講演会,2010.9