小型 FWD を用いた表面波試験による舗装各層の弾性係数推定に関する実験的研究

中央大学	正会員	久保寺 貴彦
中央大学	正会員	董 勤喜
中央大学	フェロー	姫野 賢治
東京電機大学	フェロー	松井 邦人
鹿島道路	正会員	東 滋夫

1.背景と目的

小型 FWD 試験と表面波試験は,ともに舗装構造の弾性係数を推定することを目的とし,舗装表面を載荷したときの舗装表面の応答を計測するまでの概念は同じである.比較的似ている試験といえる.

異なる点は,小型 FWD の重錘による載荷時間は 7~15ms に対し,表面波試験のハンマによる載荷時間は瞬間的 でありさらに短い点,また,小型 FWD の外部センサの加速度計は半導体ひずみゲージ式であるため,高周波数成 分を拾えないのに対し,表面波試験の加速度計は圧電式であるため,高周波数成分を拾える点である.

それぞれの利点としては,小型 FWD 試験は測定が容易であり実用化に近いこと,表面波試験は逆解析を必要と せず各層の弾性係数を推定できるとされることなどがある.一方,それぞれの欠点としては,小型 FWD 試験は各 層の弾性係数を求めようとすると逆解析が必要となる,表面波試験は装置がやや複雑であり精度上実用化にまだ遠 いことなどである.

双方の利点の活用可能を目標に,小型 FWD による表面波試験の代用を検討するため,小型 FWD 載荷による表面 波試験がハンマ載荷による表面波試験と同等に各層の弾性係数を評価可能であるかを比較した.

2. 測定概要

測定日は 2005 年 8 月 30 日であり,天候は晴天である.測定場所は埼 玉県栗橋町にある鹿島道路栗橋テクノセンターである.試験対象の舗装 断面(L 交通)を図 1 に示す.試験対象の舗装構造は,表層,上層路盤, 下層路盤,路床で構成され,表層は密粒度アスファルト層である.表面 波試験の概要を図 2 に示す.各層の仮定したポアソン比,密度を表 1 に 示す.

小型 FWD 載荷による表面波試験がハンマ載荷によるものと同等に弾 性係数を評価可能であるかを比較検討するため,載荷方法を小型 FWD とハンマとし,それぞれ分散曲線を求めた.なお,小型 FWDの条件を, 重錘の質量 15kg,落下高さ0.5m,載荷板半径0.05mとした.

載荷時の舗装表面応答を,小型 FWD 載荷では外部センサにより計測 し,ハンマ載荷では受信子により計測した.受信子(外部センサ)間隔 *d* は,載荷点と受信子の間の距離と等距離とした.受信子間隔が分散曲線 に与える影響を把握するため,受信子間隔を 0.2,0.3,0.4,0.5,0.6, 0.7m と変化させた.

3. 表面波試験

表面波試験は,舗装表面を載荷させたとき,受信子それぞれの位置で 舗装表面の加速度を測定する.伝播速度は主に媒体の弾性係数により変 化し,高周波数成分は高剛性を,低周波数成分は低剛性の媒体を伝播す る.この特性を利用して,受信子間のそれぞれで測定した加速度波形か ら周波数成分ごとに伝達関数を求め,伝播速度と波長の関係を得る.弾 性係数は,式(1)のようにポアソン比,密度,伝播速度から求まる.

 $E = 2(1+v)\rho V_s^2$

(1)



四2 农田波动员切佩多

仮定した物性値	
ポアソン	密度
比	(kg/m^3)
0.35	2300
0.35	1900
0.35	1900
0.35	1800
	被定した物 ポアソン 比 0.35 0.35 0.35 0.35

キーワード :表面波試験,分散曲線,小型 FWD 連絡先 :〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 TEL 03-3817-1796 ここに , E:弾性係数 , V_s :伝播速度 , ρ :密度 , v:ポアソン比

伝播速度と周波数の関係をグラフ化したものが分散曲線である.屈折点における伝播速度と式(1)から各層の弾性 係数が求まる.

載荷方法と受信子間隔を変化させたときの分散曲線の結果例として,受信子間隔 0.2,0.4,0.6m の分散曲線を図 3 に示す.図 3 より,小型 FWD 載荷とハンマ載荷による分散曲線はどの受信子間隔においても,各層の屈折点やそのときの伝播速度について良く近似していることがわかる.これより,小型 FWD 載荷においても,ハンマ載荷同様,分散曲線を求められることが示された.

ハンマと小型 FWD 載荷による分散曲線からの各層の弾性係数を比較するため,それぞれ分散曲線の各層の屈折 点における伝播速度と表1の物性値と式(1)から各層の弾性係数を求めた.このとき,各層の弾性係数の相関図を図 4に示す.横軸にハンマ載荷の分散曲線から求めた弾性係数,縦軸に小型 FWD 載荷の分散曲線から求めた弾性係数 をとった.図4で,プロットはy=x上付近に点在していることから,ハンマと小型 FWD 載荷の違いは,弾性係数 の推定に大きな影響を与えないことがわかった.また,弾性係数の推定は,上層路盤以上では,受信子間隔の影響 を受け,下層路盤以下では,受信子間隔の影響をあまり受けないことがわかった.





4.まとめ

本検討で得られた知見をまとめると以下の とおりである.

- 小型 FWD 載荷においても, ハンマ載荷同
 様,分散曲線を求められることが示された.
- ハンマと小型FWD載荷による分散曲線からの各層の弾性係数を比較すると、比較的高い相関が得られた、特に下層路盤以下の比較的深い層では、受信子間の間隔にあまり影響受けずに各層の弾性係数を評価可能であることがわかった。
- 3) 小型 FWD 載荷による表面波試験法は,従来の表面たわみを計測する場合の欠点を 補うものであり,重交通道路にも小型 FWD を利用できる道を開いたものと期待 できる。

【参考文献】中山真吾,青木宏礼,上浦正樹: 小型 FWD の加速度センサによる地盤剛性の推 定,第 59 回年次学術講演会講演概要集,第 部門,土木学会,pp.1325-1326,2004



図4 ハンマと小型 FWD 載荷による分散曲線からの弾性係数の相関