

V-2 FWD衝撃荷重による載荷波形の違いがたわみに及ぼす影響に関する研究

北海道大学工学部	学生会員	田村 整
北海道大学工学部	正会員	姫野賢治
東亜道路工業(株)	正会員	雑賀義夫
長岡技術科学大学	正会員	丸山暉彦

1. 緒言

舗装の支持力評価のための非破壊試験法としてFWD(Falling Weight Deflectometer)が世界的に注目を浴びている。我が国でも現在17台が利用されており、今後ますます増加していく傾向にある。しかしながら、現状ではFWD試験装置自体もまちまちであるし、またこれらを用いて測定されたデータの合理的な利用技術はまだ確立されたとは言えない。さらに、その利用方法についても各所有機関での共通認識も明確になっているとは必ずしも言えないため、将来、各測定データを比較する場合などに不都合が生じる懸念がある。

本研究では、1台のFWD(Phoenix Road International社製)を用い、衝撃ピーク荷重がほぼ5tfとなるように重錘の質量、落下高さ、ショックアブソーバーの種類をいろいろに変化させ、FWDによるたわみ測定を行った。そして、その載荷波形に注目し、ピーク荷重のみならず、載荷力率をも考慮に入れながら、測定たわみから逆解析で得られた弾性係数との関連を調べた。

2.FWD概要

FWDは図-1に示すように、重錘をある高さから自由落下させることによって衝撃荷重を発生させ、走行荷重に近い荷重波形で道路設計荷重と同じ荷重を舗装に加え、その時の載荷荷重と3～10点位のたわみデータを測定することができる装置である。そして、このたわみデータを逆解析することで舗装構造の層弾性係数を推定し、構造的な健全度を示す指標とすべく研究が進められている。

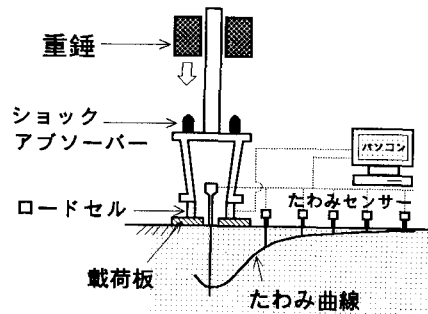


図-1. FWDの基本構造（単重錘式）

3. 測定方法

3.1 試験工区

FWDを用いたたわみ測定試験は、東亜道路工業(株)白井合材工場(千葉県印旛郡白井町平塚 2722)内に設けられたA、B2つの舗装工区で行った。その舗装構成は図-2(a)、(b)に示すとおりである。

測定は、平成5年11月13日に、両工区とも、1地点で3回、位置を変えて3測点で測定を行った。なお、全測定に要した時間は約150分間であったが、その間の路面温度の変化は1℃以内であった。

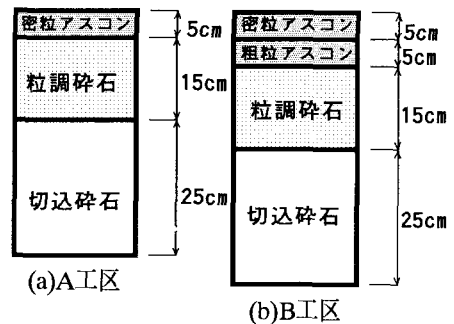


図-2. 舗装の構成

Influence of dynamic loadwaveforms by FWD on pavement surface deflection basin
By Hitoshi TAMURA, Kenji HIMENO, Yoshio SAIKA, Teruhiko MARUYAMA

2.2 実験条件

約5tfの衝撃荷重を発生させるために変化させた、重錘の質量、重錘の落下高さおよびショックアブソーバーの種類の組み合わせは表-1に示すとおりである。また、ショックアブソーバーについては、ゴムの種類、定性的にソフト、ミドル、ハードの3段階に変化させた。

なお、重錘の落下高さは、各ゴムの種類ごとに、ピーク荷重が5tfになるように重錘の質量に応じて決定した。

表-1. 組み合わせ

ゴムの種類	略称	重錘の質量(kg)	落下高さ(mm)
ソフト	S 1	2 5 0	1 7 0
	S 2	2 2 0	1 9 0
	S 3	1 9 0	2 2 0
	S 4	1 6 0	2 7 0
	S 5	1 3 0	3 0 5
ミドル	M 1	1 3 0	1 2 0
	M 2	1 0 0	2 0 0
ハード	H 1	1 0 0	1 6 0

4. 解析方法

4.1 たわみ補正

各測定条件ごとに、各地点3回の平均荷重、平均たわみ量を算出し、それらを5tf荷重でのたわみ量になるようにたわみを補正した後、各工区3測点での平均たわみ量を算出し解析に用いた。

4.2 載荷力率

今回の測定では、衝撃ピーク荷重はどれもほぼ5tfであったが、荷重がピークに至るまでの時間や、荷重波形がまちまちであったため、荷重が路面に与える影響を示す指標として、時間～荷重関係における載荷波形の面積を求め、載荷力率とした。実験条件によっては必ずしもピークが明確には現れないこともあるため、今回は載荷力率として、載荷波形総面積の重心位置の時間までの面積を用いた。

載荷力率の概念を図-3に示す。

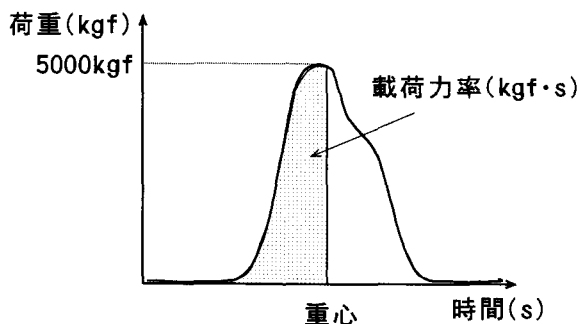


図-3. 載荷力率の概念

4.3 逆解析

補正されたたわみデータから、多層弾性理論をサブルーチンに組み込んだ逆解析プログラム(LMBS)により、舗装構成層の弾性係数を推定した¹⁾。ここでは、図-2(a)、(b)の舗装をアスファルト混合物層・粒調碎石路盤層・切込碎石路盤層とから成る3層構造モデルとして解析した。また、各工区でのそれぞれの弾性係数を E_1 、 E_2 、 E_3 として表した。

5. 解析結果および考察

5.1 各条件での載荷波形

ショックアブソーバーのゴムがソフトで、重錘の質量および落下高さを変えた場合のA工区、B工区での荷重波形をそれぞれ図-4(a)、(b)に、また、ゴムの種類を変化させた場合のA工区、B工区での荷重波形をそれぞれ図-4(c)、(d)に示す。

図-4(a)、(b)より、ショックアブソーバーゴムの種類がソフトの場合には、重錘の質量の大きさにかかわらず、載荷波形は2つのピークを持つことがわかる。

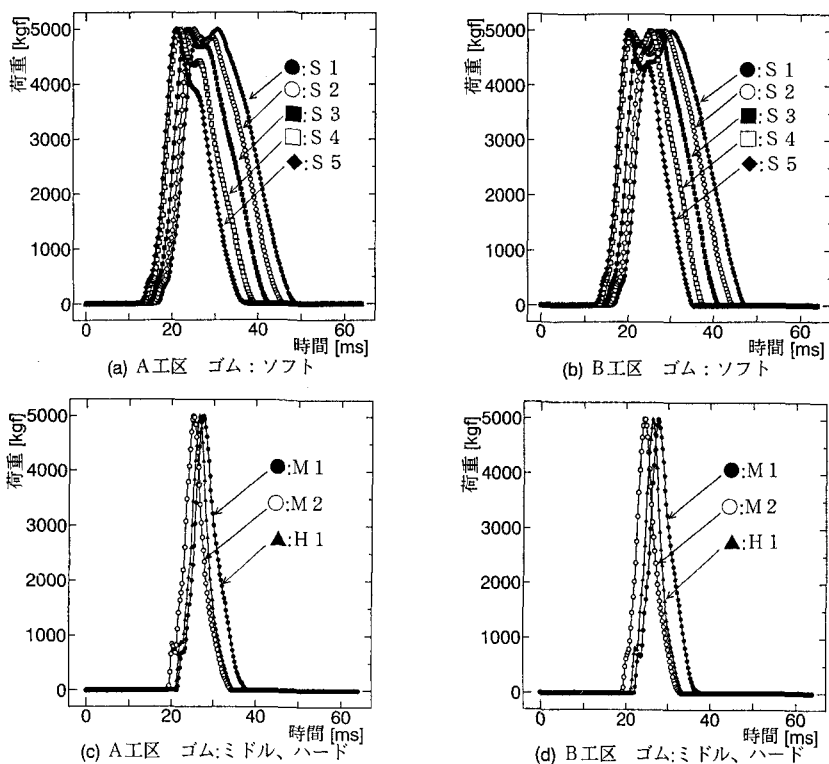


図-4. 载荷波形

図-4(c)、(d)より、ゴムが硬くなると荷重がピークになるまでの時間および路面に荷重が加わりやがてゼロになるまでのトータルの载荷時間はともに短くなり、ピークも顕著になる。

また、ゴムの種類が同じならば重錘の質量が小さいほど、つまりそれに応じて落下高さが大きいほど波形の立ち上がりが早く、荷重がピークに達するまでの時間も早いことがわかる。

5.2 载荷力率

逆解析で求めた舗装の各層の推定弾性係数と载荷力率を各条件ごとに示したものをA、B両工区について図-5(a)、(b)に示す。また、これを载荷力率と定量的に比較した結果を図-6(a)、(b)に示す。

図-5,6より、A工区のE₁以外では、载荷力率が小さいほど推定弾性係数は高い値を示す傾向が見られ、その程度は僅かではない。载荷力率、換言すれば、ゴムの種類、重錘の質量の大きさ、重錘の落下高さが逆解析によって推定される舗装の各層の弾性係数に及ぼす影響は考慮されるべきであると言える。

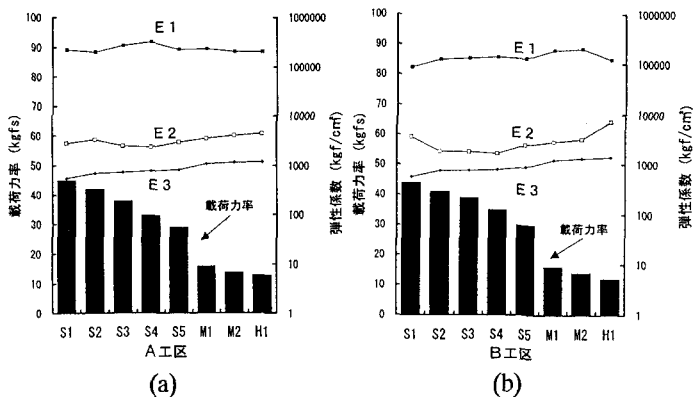


図-5. 各条件での载荷力率と弾性係数

5.3 各条件でのたわみ曲線と載荷力率

先の傾向を検証するため、載荷波形の影響を強く受けていると思われるたわみ量に注目した。図-7は各条件の各センサー位置でのピークたわみ量を示し、図-8では載荷力率とたわみ量との関係を示す。なお、図-8中のD0は荷重載荷点でのたわみ量、D60は荷重載荷点から60cm離れたセンサー位置でのたわみ量を表す。

図-7,8より、載荷力率とたわみ量は高い相関を持つ、正比例関係にあり、載荷力率が大きいくほどたわみ量が大きくなっていることが分かる。

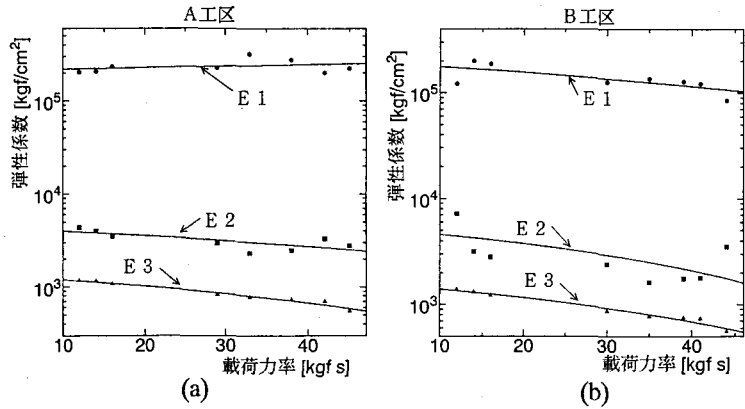


図-6. 載荷力率と弾性係数の関係

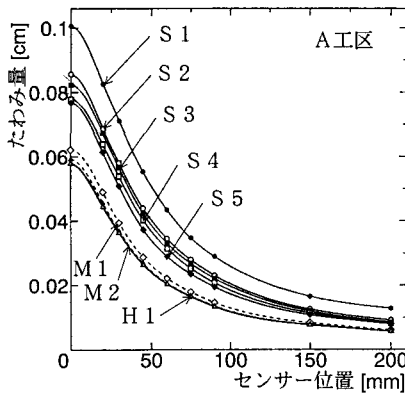


図-7. 各条件でのたわみ曲線

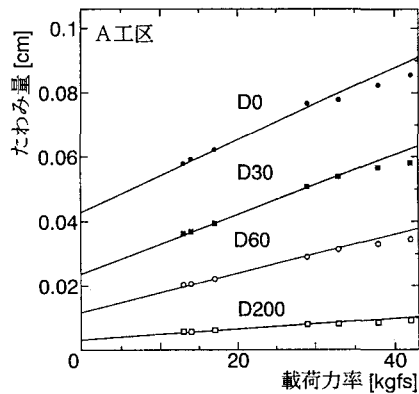


図-8. 載荷力率とたわみ量との関係

6. 結言

アスファルト舗装の弾性係数は温度依存性が高いため、FWD試験でのたわみ測定結果を用いて舗装構造の弾性係数を推定する場合、路面温度の影響を構造評価の際にどう対処するかが大きな課題となっている。さらに本研究より、同じ大きさの衝撃荷重において、載荷力率が大きいくでる衝撃荷重発生の組み合わせほど、逆解析で推定される層弾性係数が小さい値を示し、FWDによる構造評価を行う際に無視できない要因であることが分かった。今後は各FWD試験装置の標準状態での載荷力率を調べ、将来的には各載荷力率に対する補正たわみ量を定量化する必要があると言える。

参考文献

- 1)Himeno他、The use of FWD deflection data in the mechanistics analysis of flexible pavement,3rd BCRA、2)FWD研究会、FWDに関する研究