

北海道工業大学 工学部 正員 ○笠原 篤
北海道開発局土木試験所 正員 岳本 秀人

1. まえがき

舗装の支持力評価のために、従来からベンケルマンビームによるたわみ測定が行われてきており、多くのデータが蓄積されている。この方法は、簡便で安価であるが、アスファルト層の弾性係数(荷重分散性能)は温度と載荷時間の関数で示されているにもかかわらず、測定中の載荷時間が明確でないことおよびビームの前脚の沈下が避けられないことなどの欠点があり、アスファルト舗装の層構造解析を行う場合に活用されづらい一面を持っている。たわみ測定メータと層構造の弾性理論解析との組合せにより、より正確な舗装構造解析を行うためにフォリング・ウェイト・デフレクトメータ(FWD)を導入したことから、ここではFWDの有用性を述べるとともに、合理的な構造設計およびオーバーレイ厚設計法の確立へのアプローチを試みている。

2. フォリング・ウェイト・デフレクトメータ

たわみ測定の精度向上・省力化という観点から、各国で種々のたわみ測定装置が開発され実用化されてきている。載荷方法によりたわみ測定装置は表1に示すように4つに分類される。我国においても各種の装置が導入されているが、各々に長所、短所がある。層構造の理論解析への適用性、荷重の大きさ、操作性、価格および我国の車検制度などを総合的に考慮した結果FWDが最適であると判断し、昨年度にそれを導入した。

FWDの特徴を列記すれば次の通りである。①重りを落下させ最大5トンの荷重をうることができる。②載荷時間が明確(30msec)である。③載荷面は円形で、その中心のたわみを測定できる。④たわみ曲線の曲率半径をうるために任意の2ヶ所のたわみを測定できる。⑤ピックアップが速度計であるため、不動車、基準ビームなどが不用である。⑥荷重の大きさ、3点のたわみ量をデジタル量で得られる。⑦データをハンドコンピュータにストアし、舗装構造メータとともにフロップピに入れ、データバンク化し、種々の項目で検索することができる。⑧測定場所へはトレーラ(写真1)で移動でき、測定に要する時間はきわめて短く、1〜2名の人員でオートマチックに測定できる。

表1 たわみ測定装置の分類

載荷方法	たわみ測定装置
静止荷重	ベンケルマンビーム
微速移動車輪	トラベリングデフレクトメータ デフレクトグラフ
振動荷重	ロードレイタ ダイナフレクト サンバ 16 kip バイブレータ
落下荷重	フォリングウェイトデフレクトメータ

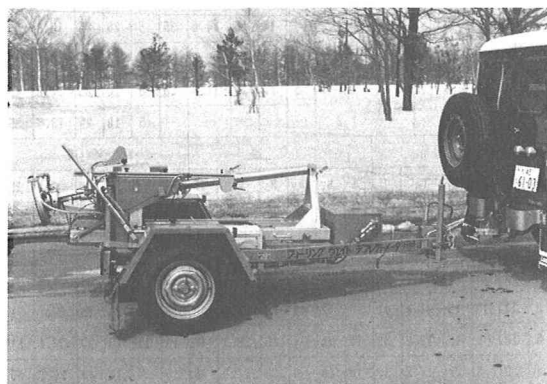


写真1 牽引状態のFWD

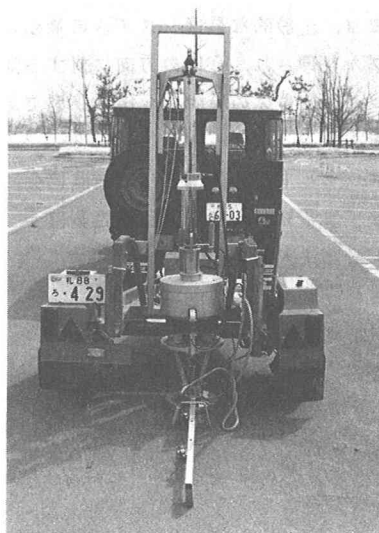


写真2 測定状態のFWD

3. たわみ測定

北海道開発局土木試験所の美々試験舗装(図1)において、昭和59年2月にFWDを用いたたわみ測定を行った。表2はデーターのプリントアウトの例である。 $\bar{D}_0$, $\bar{D}_1$, $\bar{D}_2$ は各々載荷面中心から、0, 30, 75cmの位置におけるたわみ量を示している。図2はアスファルト層内の温度分布であり、この時期の凍結深は132cmであった。

4. 舗装構造解析

測定データーから求めた5トン荷重時の平均表面たわみ $\bar{D}_0$, $\bar{D}_1$, $\bar{D}_2$ と、層構造の弾性理論解析プログラム BISAR を用いて、凍結時の路床、路盤の弾性係数を推定することを試みた。アスファルト各層の弾性係数はVander Poelのノモグラム¹⁾、また路床および路盤の弾性係数(E_5 および E_4)の関係はシェル²⁾の設計法に示されている式から求め、

$$E_4 = K_2 \cdot E_5$$

$$\text{ただし } K_2 = 0.2 \cdot a_2^{0.85}, \quad 2 < K_2 < 4$$

未知数を E_5 とし、5ケースの計算を行った結果を表3に示した。 $E_5 = 350 \text{ kgf/cm}^2$ のとき、実測したたわみに近似している解析結果が得られた。昨秋の凍結前に、埋込み式平板載荷試験により求められた路床、路盤の弾性係数は $E_5 = 198 \text{ kgf/cm}^2$, $E_4 = 1126 \text{ kgf/cm}^2$ であったが、路床面下5cmまで凍結したことにより、路床の弾性係数は約1.8倍になることが明らかにされた。

5. 研究展望

舗装の支持力評価は、Pavement Management Systemsを導入するにあたって、欠くことのできない事項であるとともに、合理的な舗装構造の設計法およびオーバーレイ厚の設計法の確立に重要な位置を占めている。すなわち単に舗装体の表面たわみを求める事に意義があるのではなく、層構造の理論解法を駆使し各舗装構成層の荷重分散性能(すなわち層としての変形係数で表わされるもの)で評価することが重要となる。そのためには、載荷重の大きさ、載荷面積、載荷時間が明確であるたわみ測定装置が必要となる。これらの要求を満たす装置の一つとしてFWDがあり、FWDを用いて将来研究を進めて行べき方向としては、次の事項が考えられる。

- アスファルト舗装体のたわみ量の温度補正ならびに路床、路盤の凍結・融解にもとづく季節変動の把握。
- 合理的なオーバーレイ厚の設計にあたって基盤となる代表たわみ量(平均たわみ、75%タイルたわみ、平均たわみ±2倍の標準偏差などで)で表現すべきかは認識がある)を求めるための試験の標準化。
- CBR法の見直しおよび極端な軟弱地盤上の舗装、新材料・特殊材料を用いた舗装の設計法の確立。

参考文献

- van der Poel, C., "Road Asphalt", In Building Materials, Their Elasticity and Inelasticity
- Shell pavement design manual, -asphalt pavements and overlays for road traffic

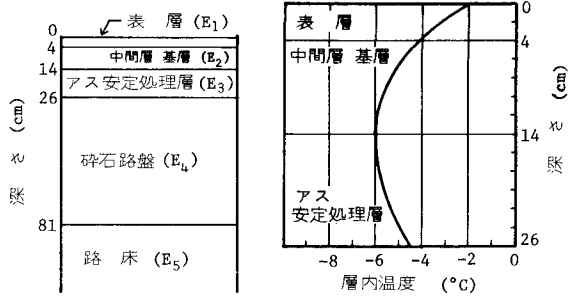


図1 舗装構造

図2 層内の温度分布

表2 FWDによるたわみ測定結果

Measurement data							
測点 POST	表面たわみ量 D0 (mm)	D1 (mm)	D2 (mm)	荷重 LOAD (Kgf)	As層温度 AST (°C)	測定時刻 TIME	
-3.0	0.041	0.037	0.033	5947	-5.1	10:54	
3.0	0.050	0.044	0.040	5881	-5.1	10:57	
3.0	0.042	0.038	0.035	5839	-5.1	10:58	
2.0	0.051	0.042	0.038	5760	-4.6	11:06	
2.0	0.059	0.049	0.045	5755	-4.6	11:07	
2.0	0.055	0.047	0.044	5755	-4.6	11:18	
-1.0	0.059	0.055	0.049	5771	-4.0	11:31	
1.0	0.042	0.042	0.038	5694	-4.0	11:39	
-1.0	0.050	0.045	0.039	5697	-4.0	11:42	

表3 層構造の弾性理論解析の結果

	各層の弾性係数 E (Kgf/cm ²)					表面たわみ量 D (mm)		
	表層 E ₁	中間層 基層 E ₂	安定 処理層 E ₃	路盤 E ₄	路床 E ₅	$\bar{D}_0$	$\bar{D}_1$	$\bar{D}_2$
解析1	84000	140000	86000	680	200	0.043	0.038	0.035
解析2	84000	140000	86000	860	250	0.065	0.061	0.054
解析3	84000	140000	86000	1000	300	0.048	0.045	0.039
解析4	84000	140000	86000	1200	350	0.043	0.040	0.034
解析5	84000	140000	86000	1400	400	0.039	0.036	0.030