

鹿島道路（株） 技術研究所 正員 ○岡部 俊幸
北海道工業大学 土木工学科 正員 笠原 篤

1. はじめに

舗装の構造評価には、非破壊試験法としてFWD試験機を用い、得られたたわみ測定データから各舗装構成層の弾性係数を推定する逆解析の手法用いられている。舗装を構成している各層の弾性係数を推定する場合、その舗装構造は3～4層に単純化されている。それは、逆解析において未知数である舗装構成層の弾性係数の個数より、既知数であるたわみデータの個数が2～3個多くないと精度良く推定できないとされている¹⁾。本研究においては、FWDによる表面たわみ曲線を適切に表現できる回帰曲線について検討し、任意の個数のたわみデータを得ることを目的としている。

2. たわみ曲線の選定

FWDたわみ曲線の形状と近似していると思われるロジスティック曲線、対数曲線、3次曲線について表-1に示した5種類を選定してみた。表-2に示すようなモデル断面について、ELSAを用いて順解析を行い、載荷板中心から2mまで10cm刻みに表面たわみを計算した。なお、モデル1はアスファルト舗装、モデル2はコンクリート舗装を対象としている。順解析により

得られたたわみデータを用いて、表-1に示した5種の回帰式について検討した。各々の回帰式から得られた寄与率（ R^2 ）を表-3に、アスファルト舗装（モデル1）についての回帰曲線を図-1に示した。

表-3より、検討した5種の回帰式の R^2 は、回帰式3を除いていづれも0.9以上あることが明かとなった。その中でも、特に回帰式4と5における R^2 は、0.996以上の値を示した。しかし、回帰式5（3次曲線）は、載荷板中心からおよそ1.45mの位置に変極点が存在することから、理論たわみ曲線に近似しているとは言えない。このことから、回帰式4（2次の対数曲線）が、アスファルト舗装およびコンクリート舗装についての順解析で得られた理論たわみ曲線を、最も近似している結論される。

表-1 検討した回帰式

	回 帰 式	名 称
1	$Y = \frac{K}{1 + a \cdot \exp [-b \cdot X]}$	ロジスティック曲線
2	$Y = a \cdot \exp [b \cdot X]$	
3	$Y = a \cdot \exp [b \cdot X^2]$	対数曲線
4	$Y = a \cdot \exp [b \cdot X^2 + c \cdot X]$	
5	$Y = a \cdot X^3 + b \cdot X^2 + c \cdot X + d$	3次曲線

表-2 モデル断面

	モデル1	モデル2
H1 (cm)	9	20
E1 (kg/cm ²)	20,000	200,000
ν 1	0.35	0.17
H2 (cm)	35	45
E2 (kg/cm ²)	5,000	5,000
ν 2	0.35	0.35
E3 (kg/cm ²)	1,000	1,000
ν 3	0.35	0.35

表-3 個々の回帰式の寄与率

回帰式	モデル1	モデル2
1	0.991	0.996
2	0.954	0.999
3	0.727	0.914
4	0.996	0.999
5	0.996	1.000

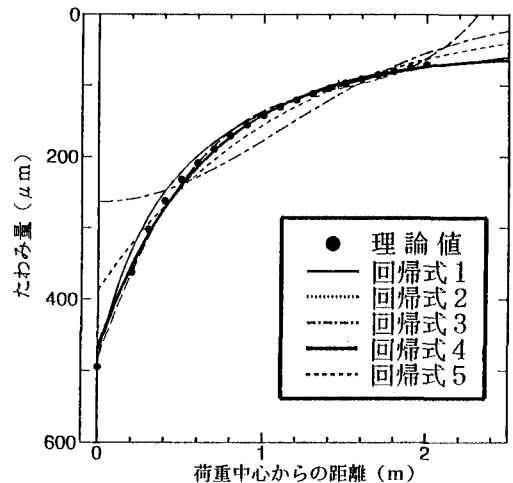


図-1 アスファルト舗装（モデル1）における回帰曲線

3. 回帰式の適用性

FWDによる実測のたわみ曲線を、2次の対数曲線（回帰式4）がどの程度近似しているかを検討した。舗装構造およびアスファルト層の温度が異なる舗装体について、FWDによる6コのたわみ測定データを用いて、2次の対数曲線（回帰式4）で回帰したときの寄与率（ R^2 ）を求めた。

舗装構造断面は、表-4に示すように5種のアスファルト舗装（L～D断面）と2種のコンクリート舗装（RCCP、RC）を対象とした。L断面は北海道工業大学構内の試験舗装体、A～D断面は国道36号線の新美々試験道路、RCCPおよびRCは国道228号線の本古内バイパスに建設されている。各々の舗装構造についての寄与率も表-4に示されている。 R^2 は、RCCPを除いて、他の舗装構造について0.99以上の値を示した。また、図-2には、各々の舗装構造についてのFWDによるたわみの実測値と回帰曲線が示されている。図から回帰曲線が実測値を近似していることがわかる。

アスファルト層の温度が異なると、たわみ曲線の形状が異なることはすでに知られている。このことから、B断面において、アスファルト層の温度が異なった場合について回帰したときの寄与率（ R^2 ）を表-5に示した。 R^2 については、温度が5.9～41.2℃と変化しても、0.99以上の値が得られた。また、図-3には、アスファルト層の温度が異なったときのFWDによるたわみの実測値と回帰曲線が示されている。図から回帰曲線が実測値を近似していることがわかる。

表-4 構造断面が寄与率に与える影響

構造断面	表・基層 (cm)	上層路盤 (cm)	下層路盤 (cm)	凍上抑制 (cm)	寄与率 (R^2)
L交通	8	20	—	—	0.988
A交通	7	5	40	30	0.996
B交通	9	6	65	—	0.996
C交通	14	12	55	—	0.997
D交通	17	18	65	—	0.997
RCCP	28	30	30	—	0.984
RC	28	30	30	—	0.992

表-5 路面温度が寄与率に与える影響

路面温度 (℃)	寄与率 (R^2)
5.9	0.994
11.4	0.999
22.5	0.996
32.2	0.998
38.8	0.999
41.2	0.999

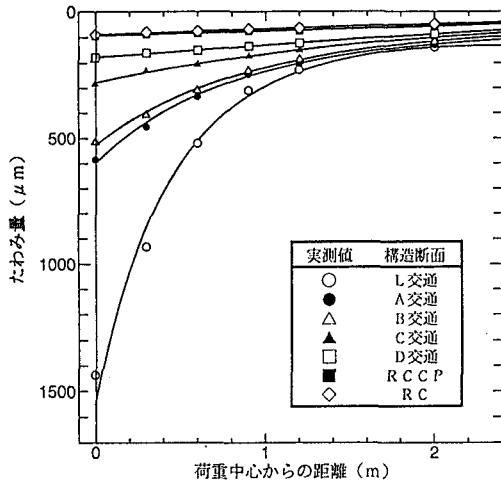


図-2 舗装構造と回帰曲線

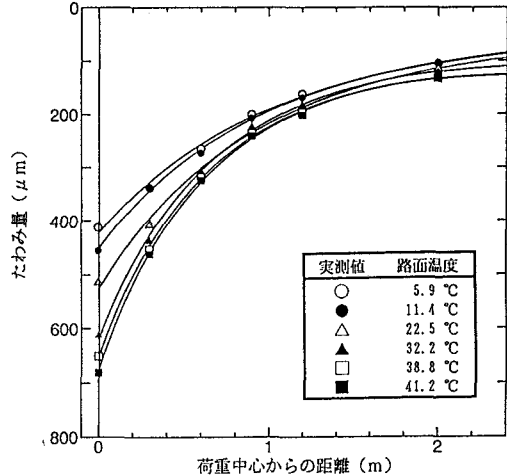


図-3 路面温度と回帰曲線

4. 結論

舗装構造およびアスファルト層の温度が大幅に変化した場合において、FWDによる理論たわみおよび実測たわみは、2次の対数曲線で高精度に近似でき、その寄与率も0.99以上の値が得られた。

参考文献：[1]松井はか：多層弾性舗装構造の逆解析法の考察，土木学会第43回年次学術講演概要集，1988年