

FWD試験における測定たわみの 温度補正システムの開発

林 信也¹・東 滋夫²・金井利浩³・岡部俊幸⁴

^{1,2,3,4} 正会員 鹿島道路(株)技術研究所(〒182東京都調布市飛田給2-19-1)

アスファルト舗装においてはアスファルト混合物のスティフネスが外気温などの影響を受けるため、同一地点でFWD(Falling Weight Deflectometer)試験を実施しても測定時の温度条件が異なると、得られるたわみ量も変化してしまう。そのため、舗装支持力を定期的に調査するといった場合には、FWD試験で得られるたわみ量や逆解析により求めたアスファルト混合物層の弾性係数を温度補正する必要がある。本報では、FWD試験用のテストピットにおいて実測した温度ならびにたわみデータを用いて両者の関係を明らかにするとともに、①アスファルト混合物層の平均温度の推定法と②たわみ量の温度補正法をサブシステムとして組み込んだ温度補正システムを開発し、現場測定データに適用して良好な結果を得たことなどを報告する。

Key Words : FWD, asphalt pavement, temperature correction, deflection, elastic modulus

1.はじめに

FWD試験機による舗装の構造評価方法は、測定たわみから直接評価する手法と多層弾性理論などにより逆解析して求めた舗装各層の弾性係数から評価する手法に大別される。

しかし、いずれの構造評価法に関しても、アスファルト混合物のスティフネスは温度依存性を有することから、同一地点での測定であっても測定時の温度条件が変化すれば、測定たわみが変化してしまうため、正しい評価ができなくなる。したがって、経時的に舗装支持力を調査するような場合には、温度の影響を取り除いて同一条件で評価できるよう次の2つの処理が必要となる。

- ①アスファルト混合物層の平均温度の推定：FWD試験時におけるアスファルト混合物層の平均温度を正確に把握する。
 - ②たわみおよび弾性係数の温度補正：様々な温度条件下での測定たわみまたは逆解析で得られたアスファルト混合物層の弾性係数を、標準温度における値に補正する。
- 筆者らは、まず、温度補正に欠かすことのできないアスファルト混合物層の平均温度の推定方法について検討し、次にアスファルト混合物層の実測平均温度とFWDで測定したたわみ量の関係、ならびに逆解析により推定したアスファルト混合物層の弾性係

数との関係について調べた。その結果から、①アスファルト混合物層の平均温度の推定法と②たわみ量の温度補正法をサブシステムとして組み込んだ温度補正システムを開発し、現場測定データへの適用性の検証を行ったところ良好な結果を得たので以下に報告する。

2.温度補正システム構築のためのデータ収集

本研究には、図-1に示すテストピットにおいて測定したアスファルト混合物層の温度ならびにFWDによるたわみデータを使用した。

(1) テストピットの概要

- ・所在地：埼玉県北葛飾郡栗橋町大字高柳2600
(鹿島道路(株)機械センター構内)
 - ・舗装断面：A交通およびD交通対応のアスファルト舗装(以下、A交通断面およびD交通断面という)
- なお、アスファルト混合物層の温度を測定するために、図-1に示す位置に熱電対を埋設し、データレコーダーに1時間毎の温度データを記録した。

(2) FWD試験機の仕様

本研究で用いたFWD試験機(KUAB社製)の構成は、図-2に示すとおりである。

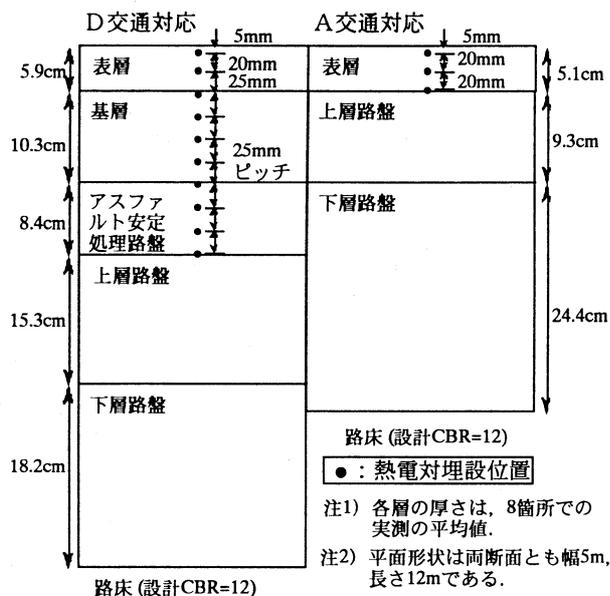


図-1 テストピットの断面図

3. アスファルト混合物層の平均温度の推定

アスファルト混合物層内の温度推定に関しては、過去に多くの研究が行われている。海外の成果として日本でも良く知られているものに、AI (米国アスファルト協会)¹⁾ならびにAASHTOの研究²⁾があり、国内では秋山³⁾、近藤ほか⁴⁾、姫野ほか⁵⁾、丸山ほか⁶⁾ならびに雑賀ほか⁷⁾などの研究がある。

筆者らは、現場への適用性を重視し、FWD測定時に簡単に入手できる温度データから、アスファルト混合物層の平均温度を精度よく推定する方法について検討した⁸⁾。

(1) アスファルト混合物層の温度の実測例

舗装内部温度の測定対象としたのは、前述したとおりA交通対応とD交通対応の2断面であり、温度の測定は図中に示す各位置に埋設した熱電対により、1994年8月～1995年7月（推定式の開発に使用）、1995年8月～1996年7月（推定式の精度確認に使用）の2年間にわたり1時間毎に実施している。

D交通断面における舗装内部の温度測定の一例を図-3に示す。この図から代表的な時刻を抽出し、深さ方向の温度分布を示すと図-4のようになり、時刻によって分布形状が大きく変化することがわかる。

本研究では、アスファルト混合物層の平均温度は、深さ方向の各温度データを積分平均することにより求めた。また、1年間を、時刻毎の温度分布の形状が近似している2～4月、5月～7月、8～10月および11～1月の4つのグループに区別して、各グループ毎にアスファルト混合物層の平均温度の推定式を開発することとした。

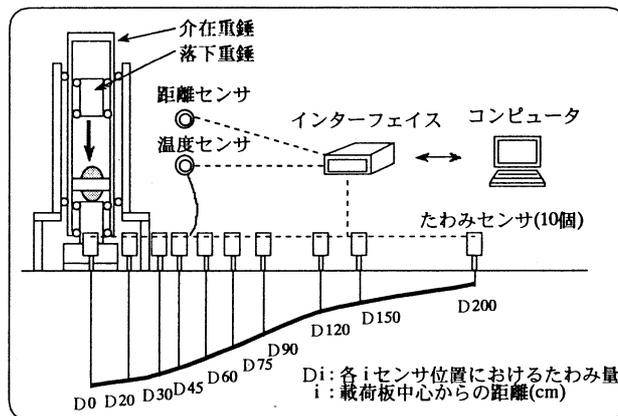


図-2 FWDの構成

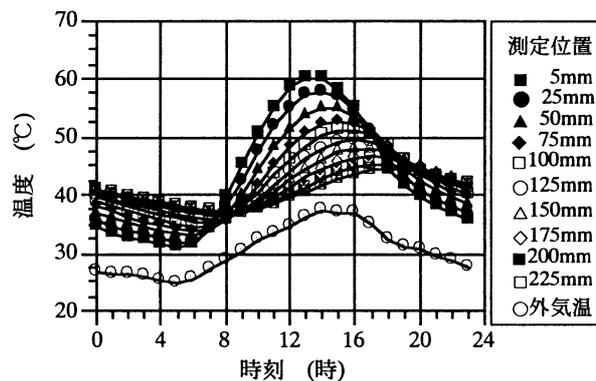


図-3 アスファルト混合物層の温度測定例 (1994年8月16日測定)

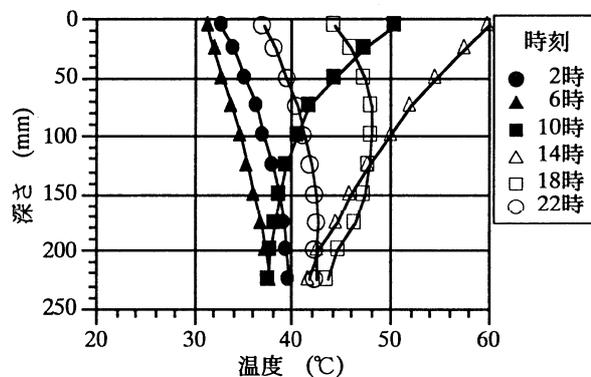


図-4 深さ方向の温度勾配

(2) アスファルト混合物層の平均温度推定式の開発

雑賀ほか⁹⁾は、FWD測定時に計測される路面温度と気温を説明変数とし、簡便にアスファルト混合物層の平均温度を推定する方法を提案している。筆者らは、その手法を参考にさらに推定精度を向上させるために、先に示した温度分布の変化と1時間毎の気温の変化量の関係に着目し、説明変数として従来から用いられている路面温度 x_1 、気温 x_2 に加え、FWD測定時の気温と測定時刻より1時間前の気温との差 x_3 (以下、気温差という) を導入することとした。なお、説明変数として気温差以外にも2時間前との気温差や路面温度の差についても検討したが、1時

表-1 重回帰分析結果

層別	説明変数	t 値			有意水準 1%	自由度調整 済寄与率(%)
		路面温度	気温	気温差		
昼間	2	7.7**	22.9**	—	2.33	89.3
	3	18.3**	21.0**	25.5**		94.1
夜間	2	87.4**	16.8**	—		98.8
	3	88.3**	16.8**	4.0**		98.9

注) 説明変数2とは、路面温度、気温;3とは、これに気温差を加えたものを表わす。 ** 記号は水準1%で有意であることを示す。

間前との気温差以上に寄与率が高くなるものはなかった。紙面の関係で全グループについて回帰分析結果を示すことはできないため、ここでは、8~10月のグループを例にとってアスファルト混合物層の平均温度推定式の開発過程について述べる。

a) 推定式への気温差の導入効果

推定式への気温差の導入効果を調べるため、気温差の大きさが異なる昼間(7~19時)と夜間(20~翌朝6時)の2つのグループに分けて、推定式に気温差を導入した3変数(x_1, x_2, x_3)の場合と、導入しない2変数(x_1, x_2)の場合について重回帰分析を行った。

偏回帰係数の有意性は自由度 $n-p-1$ (n : データ数, p : 変数の数)の t 分布により検定が可能であり、また、取り込んだ説明変数の有効性は自由度調整済寄与率で評価できることから、表-1の統計値より次のことが言える。

- ①全ての説明変数において、偏回帰係数は水準1%で昼間、夜間とも有意となっており、気温差を含めたこれらの説明変数は、アスファルト混合物層の平均温度 y の推定に不可欠である。
- ②夜間における気温差の t 値は昼間に比べ小さくなっており、夜間においては気温差の y に及ぼす影響は小さい。
- ③昼間においては、説明変数に気温差を加えることにより、回帰式の適合性の指標となる自由度調整済寄与率が大きくなっている。
- ④夜間では、説明変数が2つの場合と3つの場合で寄与率の変化はほとんどない。

上記のことから、アスファルト混合物層の平均温度の推定式に説明変数として気温差を加えることにより、気温差の小さな夜間においては顕著な効果は見られないものの、昼間の推定精度はかなり向上することがわかった。このことは、図-5(a)に示すように、説明変数が2変数(x_1, x_2)の場合よりも、気温差(x_3)を加えた3変数の場合の方が、残差(実測温度と推定温度の差)の標準偏差が小さくなっていることから確認できる。

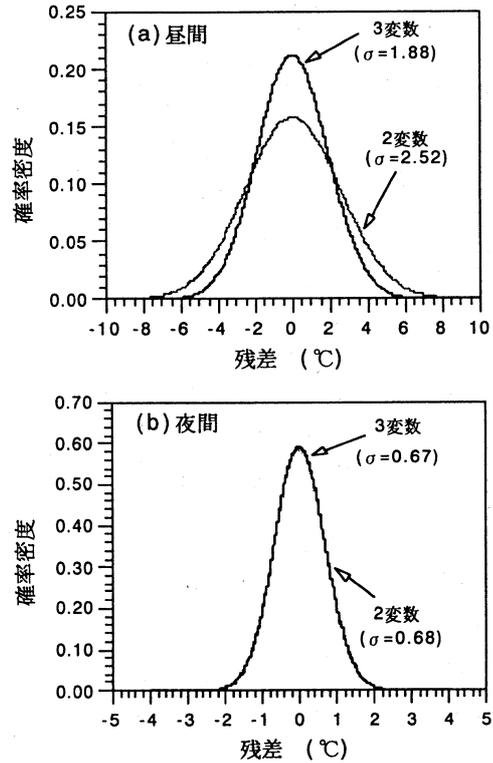


図-5 残差の分布 ((a) 昼間, (b) 夜間)

b) 推定式の拡張

昼間においては、気温差がアスファルト混合物層の温度の推定に大きく寄与していることが前節で確認できたことから、気温差を温度推定式の説明変数に加えるとともに、アスファルト混合物層の任意の厚さに適用できるよう推定式の拡張を試みた。

厚さに関する推定式の拡張は、D交通断面のデータを用いて、以下の要領で行った。

- ①路面からある深さまでのアスファルト混合物層の平均温度を算出する。
- ②その値を、その深さまでの厚さを持つアスファルト混合物層の平均温度と仮定する。
- ③前述の説明変数(x_1, x_2, x_3)にさらに厚さも加えて再度重回帰分析を行う。

なお、重回帰分析は層別した各グループについて時刻毎に行い、年間では合計、4グループ×24時間=96式の回帰式を得た。重回帰分析で得られた回帰式の一般式は、式(1)のとおりである。

$$y_{t,g} = ax_1 + bx_2 + cx_3 + dx_4 + e \quad (1)$$

ここに、

$y_{t,g}$: アスファルト混合物層の平均温度 (°C)

t : 測定時刻, g : 層別グループ (季節)

x_1 : 路面温度 (°C), x_2 : 気温 (°C)

x_3 : 気温差 (°C), x_4 : アスファルト混合物層の厚さ (cm), a, b, c, d, e : 回帰係数

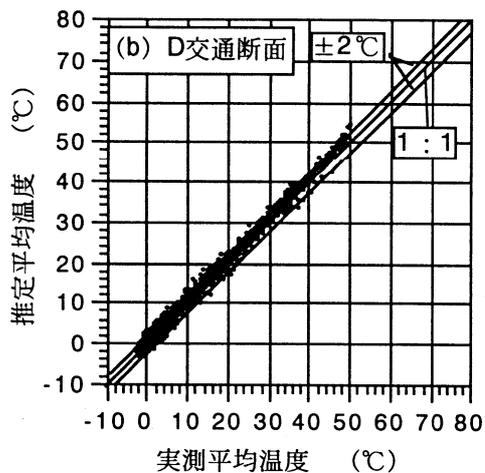
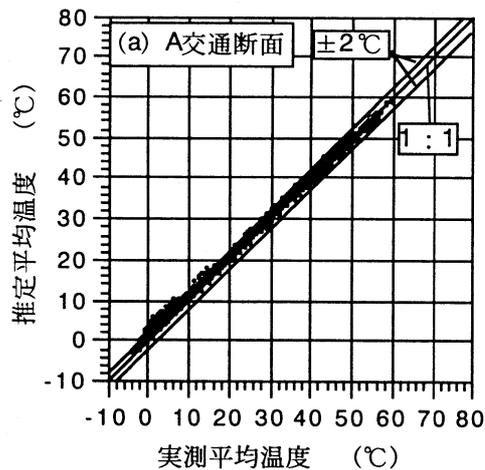


図-6 実測平均温度と推定平均温度
(a) A交通断面, (b) D交通断面)

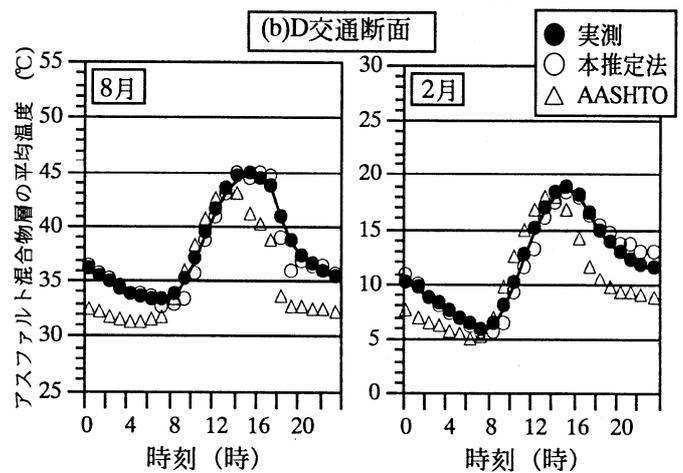
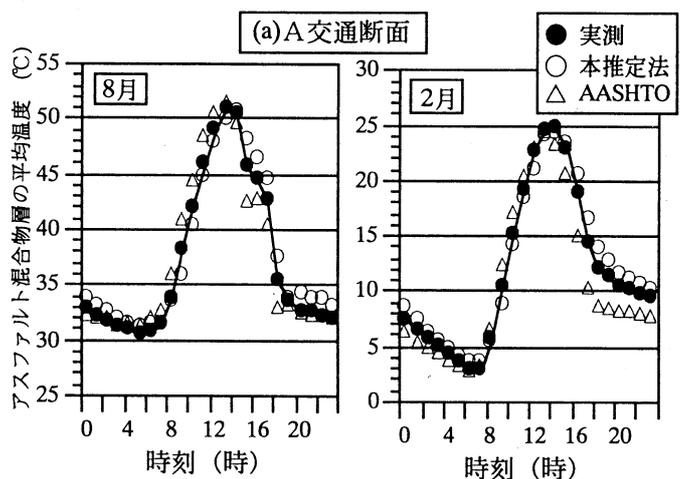


図-7 他の推定方法との比較
(a) A交通断面, (b) D交通断面)

(3) 平均温度推定式の精度確認

前節(2)のb)で作成した回帰式の推定精度を確認するため、翌年(1995年8月~1996年7月の1年間)の温度データを用いて実測値と推定値の比較を行った。結果を図-6に示す。なお、図中には、1:1の直線と $\pm 2^{\circ}\text{C}$ の範囲を示す直線も記入している。図より、両断面とも推定値と実測値はよく一致しており、推定値が実測値の $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 以内に入る確率は、A交通断面で95.0%、D交通断面で93.3%と高く、本推定式は十分な精度を有していると言える。

(4) 他の推定法との比較

8月(夏期)と2月(冬期)の代表的な1日の実測温度データを用いて、本研究による推定方法とAASHTOの方法との推定結果の比較を行った。結果は図-7に示すとおりであり、本研究による推定方法では実測値と概ね一致した結果が得られているのに対して、アスファルト混合物層の温度分布が時刻毎に変化することを考慮していないAASHTOの方法では実測値と若干異なる傾向が認められる。

4. FWD測定たわみの温度補正

FWDで測定されるたわみ量の大小を比較しようとする場合は、前述したように温度の影響を取り除く必要があることから、ある標準となる温度(一般には 20°C)に補正する必要がある。過去に、同種の研究は行われているが、年間を通じて実測したアスファルト混合物層の温度データを用いて検討を行った事例は少ない。そこで、当該テストピットにおいて1年間にわたり定期的に測定したFWD試験結果とアスファルト混合物層の実測温度を用いてたわみ量の温度補正について検討することとした¹⁰⁾。

(1) FWDの測定要領

FWD試験は、図-1に示したA交通とD交通断面毎に測点を1点定め、1994年8月から1995年7月の1年間、原則として毎月1回、1時間毎に24時間連続して実施した。FWDの載荷荷重は49kN、同一測点における載荷回数は9回とし1回目のデータを削除して残りの8回のデータの平均値で検討を行った。なお、FWD測定

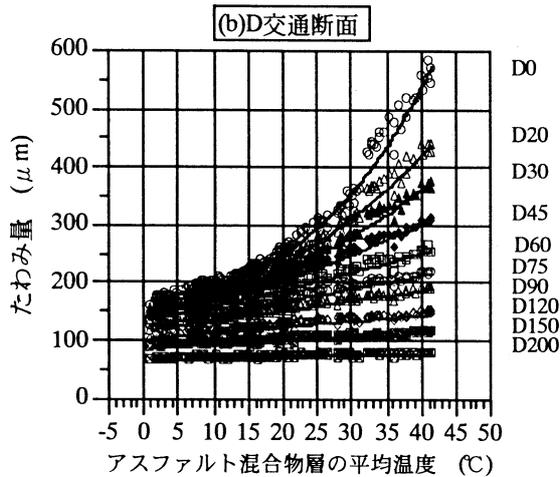
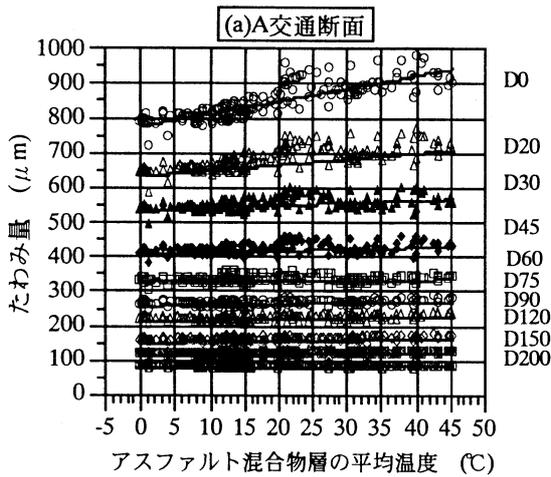


図-8 各センサー位置におけるたわみ量とアスファルト混合物層の平均温度の関係
(a) A交通断面, (b) D交通断面

時のアスファルト混合物層の平均温度はアスファルト混合物層内に埋設した熱電対による実測温度を積分平均して求めた。

(2) 測定たわみとアスファルト混合物層の平均温度

FWD試験で得られたたわみ量 (D0~D200) とアスファルト混合物層の平均温度の関係、舗装断面別に図-8に示す。図-8より、D交通断面においては荷板近傍のD0からD45までは、温度上昇にともなうたわみ量が指数的に増加しており、A交通断面の同センサー位置におけるたわみ量よりも温度の影響を強く受けていることがわかる。このことから、たわみ量はアスファルト混合物層の厚さが厚いほど温度の影響を受けやすい傾向にあると言える。

(3) たわみ量の温度補正式の開発

本研究では、舗装断面毎にアスファルト混合物層の平均温度と、各センサー位置におけるたわみ量の間をロジスティック曲線で回帰し、その結果得られた回帰式を任意の厚さに適用できるように拡張す

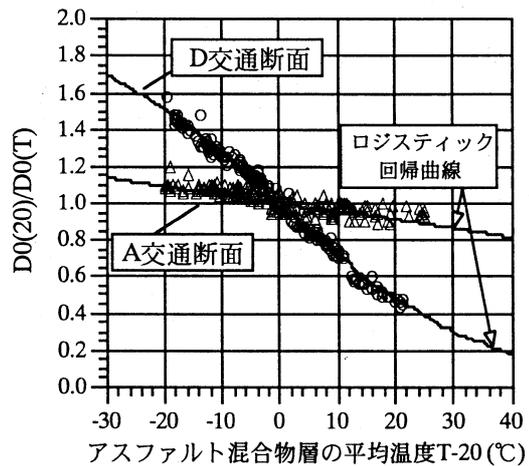


図-9 各断面の温度補正係数

るという手順で温度補正式の開発を行った。以下では、たわみ量の温度補正式の代表例としてたわみ量D0の場合を取り上げて、その開発手順について述べ、同様の方法で求めたたわみ量D20とD150の温度補正式を示す。

a) 温度補正式へのロジスティック曲線の適用

たわみ量の温度補正式の検討にあたり、標準温度(20℃)におけるたわみ量D0(20)とFWD測定時の温度(T℃)におけるたわみ量D0(T)から、たわみ係数比(D0(20)/D0(T))を算出し、このたわみ係数比とアスファルト混合物層の平均温度から20℃を差し引いた温度(T-20℃)の関係を調べた。両者の関係を図-9に示す。

図-9のデータの傾向から、回帰曲線として成長曲線の一種であるロジスティック曲線を適用することが可能であると考え、以下の2つの仮定を満足する回帰式として式(2)を作成した。

仮定1: T-20℃=0℃のときD0(20)/D0(T)=1とする。

仮定2: D0(20)/D0(T)が0と2に極限をもつ。

$$\frac{D0(20)}{D0(T)} = \frac{2}{1 + e^{m(T-20)}} \quad (2)$$

ここに、

D0(20): 20℃のときのたわみ量D0 (μm)

D0(T): T℃のときのたわみ量D0 (μm)

T: アスファルト混合物層の平均温度 (℃)

m: 回帰係数

図-9には、A交通断面 (アスファルト混合物層の厚さ; 5.1cm) とD交通断面 (同層厚; 24.6cm) におけるデータの回帰結果も実線で併記している。これを見ると、回帰曲線と実測値はよく一致していることから、温度補正式へのロジスティック曲線の適用は妥当であったと考えられる。

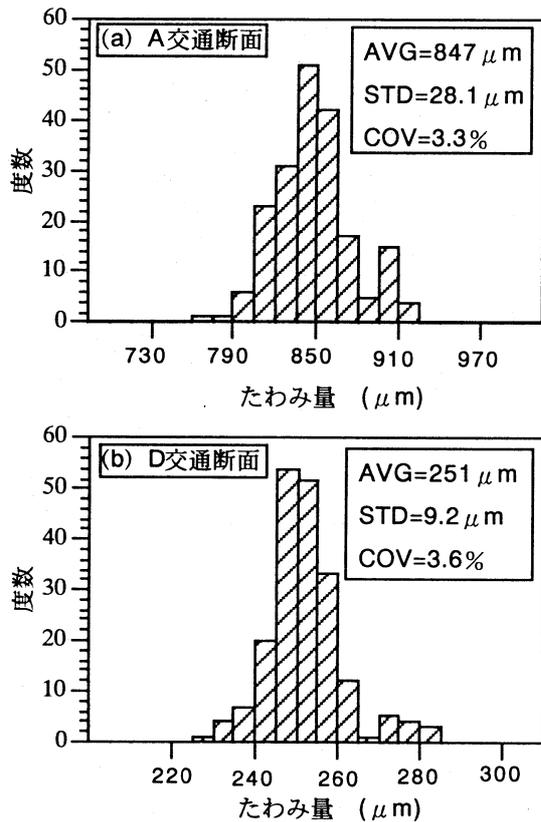


図-10 温度補正後のたわみの分布
(a) A交通断面, (b) D交通断面)

b) 温度補正式の拡張と精度の確認

式(2)を任意のアスファルト混合物層の厚さに適用できるように拡張するため、回帰係数 m とアスファルト混合物層の厚さとが式(3)に示すように線形関係にあると仮定した。ここで、式(3)の関係を式(2)に代入すれば、アスファルト混合物層の平均温度とアスファルト混合物層の厚さの関数で示されるたわみ量 D_0 の温度補正式(式(4))が得られる。

$$m = a \times Has + b \quad (3)$$

ここに、Has : アスファルト混合物層の厚さ(cm)
a, b : 回帰係数

$$D_0(20) = D_0(T) \times \frac{2}{1 + e^{(2.47Has - 3.54) \times 10^{-3} \times (T - 20)}} \quad (4)$$

式(4)の精度を確認するため、図-8に示した実測データを標準温度(20℃)に補正し、その補正後のたわみ量の分布を調べた。結果を図-10に示す。A交通、D交通断面とも、補正たわみの変動係数は3~4%程度であり、たわみ量の相对比较を行う上では十分実用性があると考えられる。

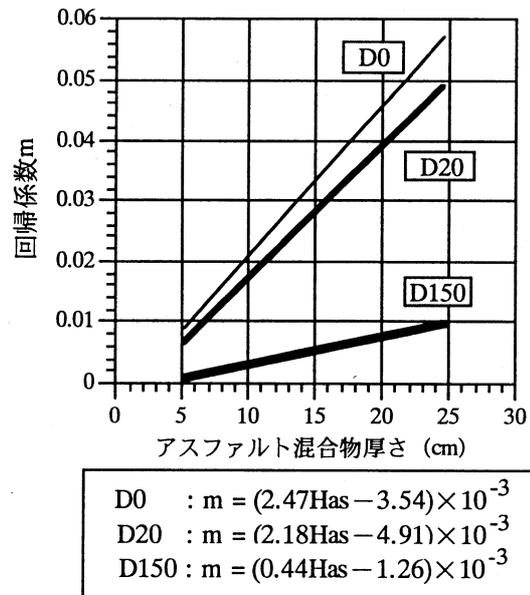


図-11 D0, D20 および D150 の回帰係数 m

c) 代表的なセンサー位置におけるたわみ量の温度補正式

D0以外のセンサー位置におけるたわみ量についても同様の解析を行うことにより、式(3)で表わされる回帰係数 m を求めることができる。ここでは、舗装の構造評価によく用いられるたわみ量 D_0 , D_{20} ならびに D_{150} における回帰係数 m とアスファルト混合物層の厚さの関係を、図-11にまとめて示す。

5. 弾性係数の温度補正

本章では、アスファルト混合物層の弾性係数と温度の関係について検討する¹¹⁾。

1994年8月~1995年8月の測定たわみを、多層弾性理論により最適化手法としてシンプレックス法¹²⁾を用いて逆解析し、舗装各層の弾性係数を求めた。なお、その際には、路盤の弾性係数はそれ自体では温度の影響を受けず、その層(n層目)の厚さと直下の層(n+1層目)の弾性係数比により決まると仮定し、図-12¹³⁾に示す関係を事前情報として与えた。両断面の路床と路盤の弾性係数比は表-2のとおりである。

a) 逆解析結果

A交通およびD交通断面を逆解析した結果、両断面とも、上層および下層路盤の弾性係数は、表-2に示した比率で推移し、アスファルト混合物層の弾性係数と平均温度の関係は図-13のとおりとなった。

D交通断面についてみると、アスファルト混合物層の弾性係数と平均温度の関係には大きなばらつきもなく、温度が低いとき弾性係数は大きく、温度が高くなるとその逆になるという一般的な傾向が認められる。また、図中には、表-3の条件に基づきShellの方法¹⁴⁾

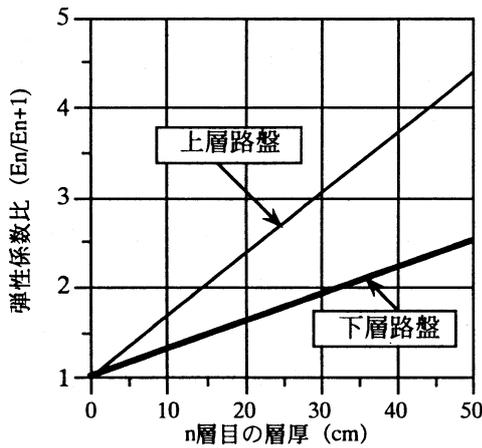


図-12 路盤の弾性係数比

表-2 路盤と路床の弾性係数比

弾性係数比		A交通断面	D交通断面
下層路盤/路床	①	1.732	1.546
上層路盤/下層路盤	②	1.632	2.040
上層路盤/路床	①×②	2.827	3.154

*いずれの断面も、表層(アスファルト安定処理路盤を含む)、上層路盤、下層路盤、路床の4層モデルとした。

で求めたアスファルト混合物の弾性係数を▲印で示しているが、D交通断面の結果と比較すると、絶対値こそ若干異なるものの、高温時に極端な弾性係数の低下が認められるなど、逆解析結果とほぼ同様の傾向で推移していることがわかる。

一方、A交通断面についてみると、アスファルト混合物層の弾性係数は平均温度が0℃付近ではD交通とほぼ一致しているものの、温度の上昇にともなう低下率が小さく、D交通ならびにShellの方法による結果とは異なった傾向を示している。このことには、事前情報の与え方、最適化手法および解析法^{15), 16), 17)}など様々な要因が影響していると考えられるが、現在、筆者らは、アスファルト混合物層の温度補正に関して動的FEM解析を用いた検討も実施しているところであり、機会を改めて結果を報告したいと考えている。

b) アスファルト混合物層の弾性係数の温度補正

良好な逆解析結果が得られたD交通断面について、20℃のときのアスファルト混合物層の弾性係数を基準(1.0)として、各アスファルト混合物層の平均温度における温度補正係数(20℃における弾性係数÷任意の温度における弾性係数)を求めた。得られた温度補正係数とアスファルト混合物層の平均温度の関係ならびに回帰式を図-14に示す。なお、図中には、AASHTO指針の温度補正係数(実線)¹⁸⁾とShellの方

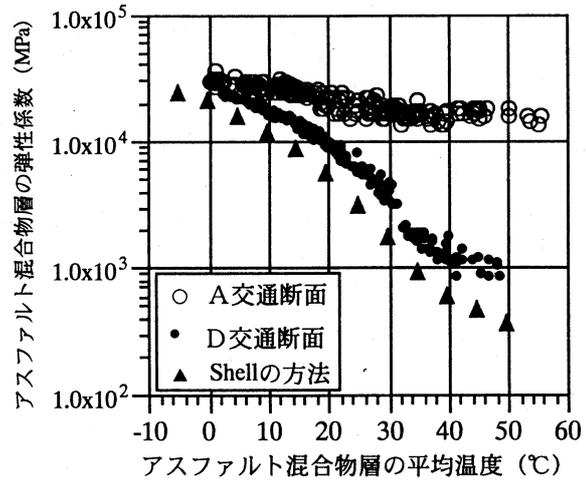


図-13 シンプレックス法による逆解析結果

表-3 弾性係数推定の条件 (Shellの方法)

針入度 (0.1mm)	35
軟化点 (℃)	55
針入度指数	-0.81
骨材容積率 (%)	85.6
載荷時間 (sec)	0.020
混合物の温度 (℃)	-5~50

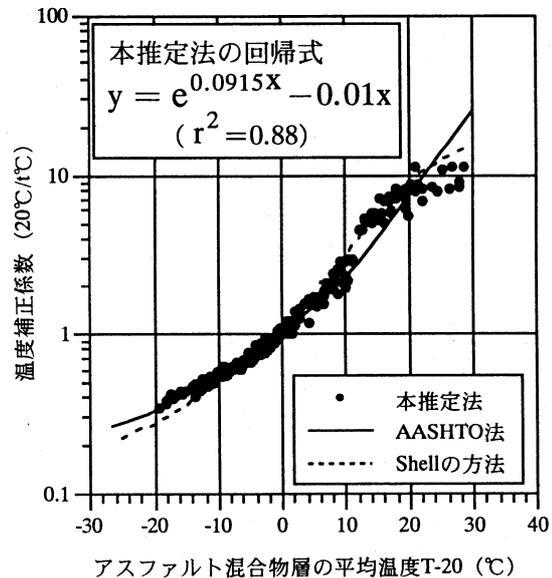


図-14 アスファルト混合物層の弾性係数に対する温度補正係数

法で求めた弾性係数から算出した温度補正係数(点線)を記入した。

この図より、アスファルト混合物層の平均温度から20℃を差し引いた値が-20~20℃の範囲(アスファルト混合物層の平均温度: 0℃~40℃)においては、3手法の値はほぼ一致していると言える。

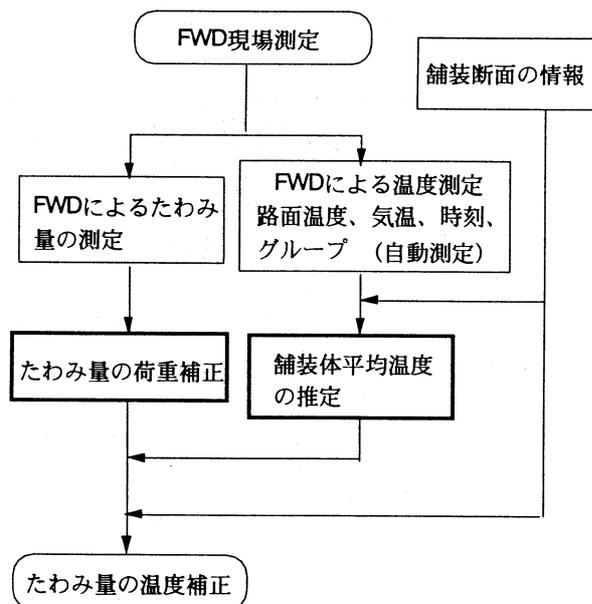


図-15 たわみ量の温度補正フロー

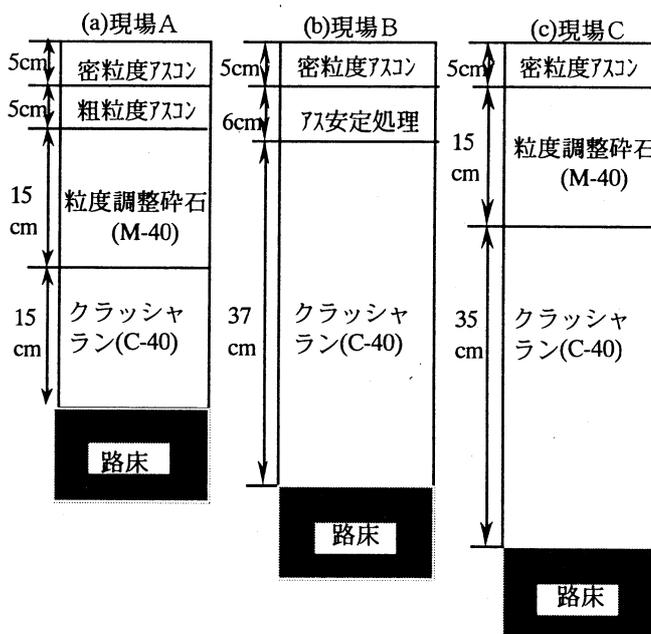


図-16 調査現場の断面図

(a) 現場A, (b) 現場B, (c) 現場C

6. 測定たわみの温度補正システムの構築

FWDの測定対象となるのは、L交通断面からD交通断面と幅広く、常に多層弾性理論に基づく逆解析が適用できるとは限らないことを考慮し、本研究では、たわみ量による舗装支持力の評価手法に主眼を置き、以下に述べるように測定たわみの温度補正システムの開発を行った。

まず、3章、4章で検討したアスファルト混合物層の平均温度の推定法と、たわみ量の温度補正法をサブシステムとしたFWDたわみの温度補正システムを構築した。次に、舗装断面の異なる3つの現場において測定した施工直後と6ヶ月後のデータを用いて温度補正を実施し、構築したシステムの有効性について検証した。

(1) システムのフロー

前述のアスファルト混合物層の平均温度の推定手法と測定たわみの温度補正手法を組み合わせることにより、舗装断面の情報が入手できれば、図-15のフローにしたがって以下の手順で現場測定データを標準温度20℃におけるたわみ量に補正できる。

- ① FWDによりたわみ測定時に自動的に計測される気温、路面温度、測定時刻および別途情報として得られるアスファルト混合物層の厚さに基づいて、3章で得られた回帰式によりアスファルト混合物層の平均温度を推定する。
- ② ①で推定したアスファルト混合物層の平均温度と厚さを入力因子として、荷重補正したたわみ量(設

定荷重と実測荷重の比を測定たわみに掛け合わせた値)を、4章で開発した補正式により20℃におけるたわみ量に補正する。

(2) 温度補正システムの現場測定データへの適用

a) FWD測定の概要

図-16に示す舗装断面を持つ3箇所の実路において、施工直後と6ヶ月後にFWDによるたわみ測定を行った。いずれの現場もA交通対応のアスファルト舗装であり、目視観察では測定期間中に舗装支持力に起因すると思われるような路面の損傷などは認められなかった。

なお、各現場における測定時期は表-4に示すとおりである。FWD試験の測定条件は、載荷荷重：49kN、測定回数：4回/測点(ただし、1回目のデータは削除して残り3回のデータを解析に使用)とした。

b) アスファルト混合物層の平均温度の推定とたわみ量D0の温度補正

気温、気温差、路面温度、測定時刻ならびにアスファルト混合物層の厚さからアスファルト混合物層の平均温度を推定し、4章で述べた方法によりたわみ量D0の温度補正を行った。温度補正前後のたわみ量D0を図-17に示す。この図より、補正前ではいずれの現場においても測定時期の違いによりたわみ量も異なっているが、補正後では両者がほぼ1:1の直線上に近づいていることがわかる。

前述したように、3現場とも測定期間中に大きな支持力変化はないと考えられることから、測定時期の異なるたわみ量をほぼ等しい値に補正できたこと

表-4 FWD 測定時期

項目		現場A	現場B	現場C
施工直後	測定時期	平成6年11月	平成8年7月	同左
	路面温度 (°C)	14.6~18.5	31.4~38.2	41.6~47.7
	気温 (°C)	12.9~14.5	26.4~28.9	28.8~31.1
施工6ヶ月後	測定時期	平成7年5月	平成9年2月	同左
	路面温度 (°C)	23.5~26.4	13.3~18.3	12.8~14.2
	気温 (°C)	21.8~23.5	4.5~9.0	3.3~5.7

は、本温度補正システムが妥当なものであることの証左であると考えられる。

6. まとめ

本研究で得られた知見は、次のとおりである。

(1) アスファルト混合物層の平均温度の推定

a) アスファルト混合物層の平均温度の推定式において、説明変数に気温差を導入することにより、昼間の推定精度はかなり向上する。FWD測定は昼間行われることが多いため、アスファルト混合物層の平均温度の推定式に説明変数として気温差を取り込むことは有効である。

b) 本研究で提案した任意厚さに適用できるアスファルト混合物層の平均温度の推定式は、推定値が実測値の±2℃以内に入る確率が、A交通断面、D交通断面とも90%以上となっており、実用上十分な精度を有していると考えられる。

(2) 測定たわみの温度補正

a) アスファルト混合物層の温度がたわみ量に及ぼす影響は、アスファルト混合物層が厚いほど、またセンサー位置が載荷板中心に近いほど大きい。

b) 今回提案したたわみの温度補正式の精度は、たわみ量の相対比較を行う上では十分実用性があると考えられる。

(3) 弾性係数の温度補正

多層弾性理論による逆解析の最適化手法としてシンプレックス法を採用し、路盤の弾性係数に関して事前情報を与えた結果、アスファルト混合物層の厚いD交通断面に関しては良好な弾性係数が得られ、その結果からアスファルト混合物層の温度補正係数を

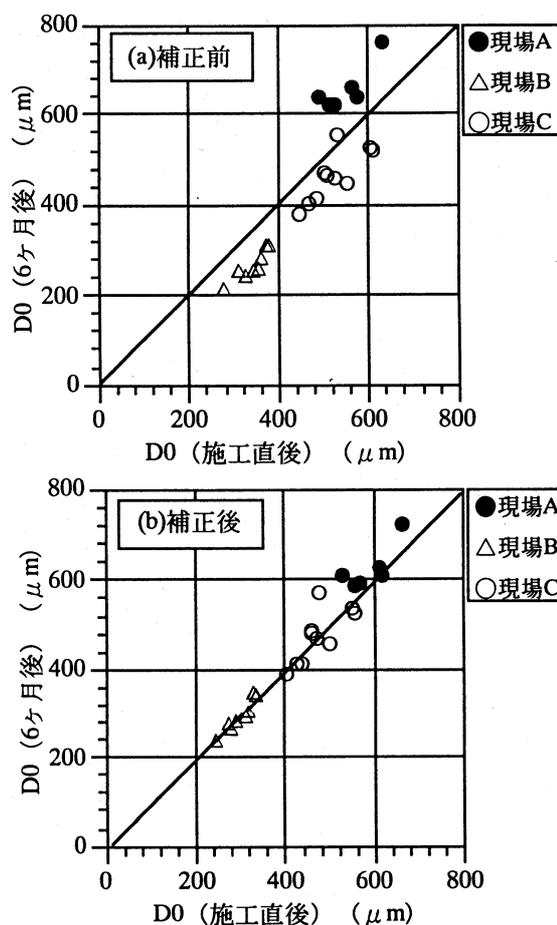


図-17 施工直後 D0 と 6ヶ月後 D0 の比較
((a) 温度補正前, (b) 温度補正後)

求めたところ、アスファルト混合物層の平均温度が0℃~40℃の範囲においてはAASHTOおよびShellの方法と概ね一致した。

(4) たわみ量の温度補正システムの構築

a) FWD試験で得られる外気温、路面温度および測定時刻データに加え、舗装断面に関する情報が入手できれば、現場測定たわみを標準温度(20℃)における値に補正することのできるたわみ量の温度補正システムが構築できた。

b) 本システムの適用性を調べるために、3つの現場における施工直後と6ヶ月後の測定データについて温度補正を行い、補正後のたわみ量D0を比較したところ、両者はよく一致し、本システムの有効性が確認された。

7. おわりに

本研究では、FWD試験機により現場において測定したたわみデータを、同一温度条件で比較できるようにするための温度補正システムの開発について述べた。システムの開発にあたっては、テストピットの関

係上, A交通対応ならびにD交通対応の2断面で測定したデータのみを使用している. 今後は, 中間的な支持力を有するB交通対応, C交通対応断面でのデータを実路において蓄積するとともに, 適宜本システムを修正していきたいと考えている.

参考文献

- 1) Asphalt Institute : Asphalt overlay and pavement rehabilitation (MS-17), pp.135~138, 1977
- 2) American Association of State High Way and Transportation Official : AASHTO GUIDE OF PAVEMENT STRUCTURES 1986, Appendix L, pp.L-1~L-3, 1986
- 3) 秋山政敬 : アスファルト舗装体の温度に関する調査研究, 土木学会論文報告集, 第246号, pp.105~115, 1976年2月
- 4) 近藤佳宏, 三浦裕二 : アスファルト舗装体内温度の推定に関する研究, 土木学会論文報告集, 第250号, pp.123~132, 1976年6月
- 5) 姫野賢治, 渡辺隆, 勝呂太 : アスファルト舗装の内部温度の推定に関する研究, 土木学会論文集, 第366号/V-4, pp.123~132, 1986年2月
- 6) 丸山暉彦, 高橋修, 姫野賢治 : アスファルト混合物層の温度推定法, 土木学会第47回年次学術講演会講演概要集, 第V部門, pp.34~35, 1992年9月
- 7) 雑賀義夫, 阿部長門, 姫野賢治, 丸山暉彦 : FWDから得られる特性値の温度補正に関する検討, 舗装, pp.10~15, 1995年8月
- 8) 東滋夫, 岡部俊幸 : アスファルト混合物層の温度推定方法に関する一検討, 土木学会第50回年次学術講演会講演概要集, 第V部門, pp.544-545, 1995年9月
- 9) 7) に同じ
- 10) 林信也, 岡部俊幸, 東滋夫 : FWDたわみの温度補正に関する検討, 土木学会第52回年次学術講演会講演概要集, 第V部門, pp.68-69, 1997年9月
- 11) 金井利浩, 岡部俊幸, 東滋夫 : シンプレックス法を用いたアスファルト混合物層の逆解析に関する一考察, 土木学会第52回年次学術講演会講演概要集, 第V部門, pp.76-77, 1997年9月
- 12) たとえば, (財)日本科学技術連盟 : 品質管理セミナーベーシックコース・テキスト, 最適化手法, pp.2412-2421, 1988年10月
- 13) Brian E. Smith and Matthew W. Witzczak : Equivalent granular base moduli : Prediction, Proceedings of ASCE, Journal of Transportation Engineering, Vol.107, No. TE6, PP.635-652, Nov., 1981
- 14) A.I.M. Claessen, J.M. Edwards, P. Sommer and P. Uge : Asphalt pavement design-shell method, Proceeding of 4th International Conference on the Structural Design of Asphalt Pavements, Michigan, pp.39-74, 1977
- 15) (社)土木学会 : 舗装工学研究小委員会報告書, pp. II-89~II-102, 1997年6月
- 16) Y. Richard Kim, Bradley O. Hibbs, and Yung-Chien Lee : Temperature correction of deflections and backcalculated asphalt concrete moduli, TRR, 1473, pp.55-62, 1995
- 17) Frans J. Van Cauwelaert, Don R. Alexander, Thomas D. White and Walter R. Barker : Multilayer elastic program for back calculating layer moduli in pavement evaluation, Nondestructive Testing of Pavements, STP 1026, ASTM, pp.171-188, 1989
- 18) 2) に同じ
- 19) 金井利浩, 東滋夫, 岡部俊幸, 松井邦人, 渡辺規明 : 時系列データを用いた動的FEMによる逆解析に関する研究, 土木学会舗装工学論文集, 第1巻, pp.39-48, 1996年12月

DEVELOPMENT OF TEMPERATURE CORRECTION SYSTEM FOR DEFLECTION BY FWD

Shinya HAYASHI, Shigeo HIGASHI, Toshihiro KANAI, Toshiyuki OKABE

Elastic modulus of asphalt mixture depends on temperature. Even though FWD test is carried out at the same point, deflection varies with temperature. Therefore, the temperature correction of deflection and elastic modulus by backcalculation is necessary to get the pavement behavior under the same temperature condition. In this study, temperature correction system with both prediction of temperature and correction of deflection in asphalt layers is developed based on the data in the test yard for FWD. After all, this system is found to be also sufficiently applicable to FWD data in site.