

V-31

FWDによるコンクリート舗装評価についての基本的検討

運輸省港湾技術研究所 正 八谷好高
同 正 佐藤勝久
同 田中孝士

1. まえがき

FWD(Falling Weight Deflectometer)は、最大 5tfの衝撃荷重を舗装に加えたときの応答として 3点のたわみが計測できるようになっている非破壊試験機である。¹⁾ 今回は、この FWDを使用してコンクリート舗装の路盤支持力係数(K) とコンクリート版の弾性係数(E) を推定する方法について報告する。また、温度変化によってコンクリート版に生ずるそりが FWDによるたわみ測定値に及ぼす影響についても言及する。

2. コンクリート舗装の K、Eの推定

空港コンクリート舗装の版厚算定には Westergaardの中央部載荷公式を使用しているの、FWDにより測定したたわみを用いてコンクリート舗装の K、Eを推定する際にもこの式を用いることとする。

FWDによる測定では 3点のたわみ d_1 、 d_2 、 d_3 (それぞれ荷重からの距離が 0、30、75cm) を入手できるので、計算上は未知数を 3個とできるが、(1)、(2)式に示すように l (剛比半径)、K が未知数となっているので、ある l に対してE、 ν (ポアソン比) は唯一つの組とはならない。しかし、ポアソン比がたわみに及ぼす影響は小さいので、アスファルト舗装の非破壊評価に際して多く用いられているようにポアソン比をある値とみなして (ここでは $\nu = 0.15$)、弾性係数のみを推定する手法をここでも採ることとした。

集中荷重によるたわみを表わす Westergaardの中央部載荷公式は次式で示される。²⁾

$$W_i(r) = P/(4l^2 K) \cdot \operatorname{Re} H_0^{(1)}(\sqrt{i}r/l) \quad (1)$$

ここに、 r : 荷重からの距離、 P : 集中荷重、 Re : 実数部分、 H : 第 1種 0次のハンケル関数。また、Pickettと Rayの示した円形等分布荷重に対するものは次式である。²⁾

$$W_i(a) = (q/K) \cdot (1 + (\pi/2)(a/l) \cdot \operatorname{Im} \sqrt{i} H_1^{(1)}(\sqrt{i}a/l)) \quad (2)$$

ここに、 a : 載荷面の半径、 q : 等分布荷重、 Im : 虚数部分、 H : 第 1種 1次のハンケル関数。この(2)式は本来、くさび形の等分布荷重に対するものである。 d_1 に対しては (2)式を、 d_2 、 d_3 に対しては(1)式によっても (2)式によるものとほぼ同じ計算結果が得られたので (1)式を使用することとした。

K、Eは実測値と計算値の差の二乗の和 $((d_{1c} - d_{1m})^2 + (d_{2c} - d_{2m})^2 + (d_{3c} - d_{3m})^2)$ が最小となるように決定した。この手法による計算値の誤差を 3個の測定点における誤差の平均 $1/3(|d_{1c} - d_{1m}|/d_{1m} + |d_{2c} - d_{2m}|/d_{2m} + |d_{3c} - d_{3m}|/d_{3m})$ でみれば、5%以内の誤差にデータの 70%が収まっている。

3. 温度が FWDによるたわみ測定値に及ぼす影響

コンクリート版には温度変化によってそりが生ずると考えられるので、コンクリート舗装の非破壊評価に際してはこの点を考慮する必要がある。この点について、当所の野外実験場に製作した試験舗装³⁾において夏と冬の 2度、FWDによる24時間の連続測定を実施して、検討を加えた。夏、冬それぞれの最高、最低気温は 37.9、26.1°C (夏)、10.9、0°C (冬) であった。コンクリート版内の厚さ方向の温度分布を直線と仮定した場合の温度勾配が時刻によって変化する様子は図-1 (版厚38cmの場合) に示すとおりである。

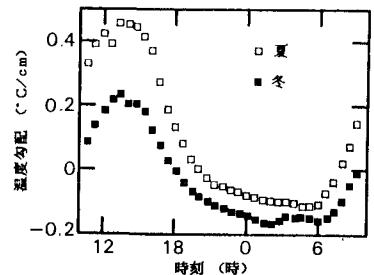


図-1 温度勾配の変化

図-2には中央部での最大たわみを示す(载荷応力が $7-7.2 \text{ kgf/cm}^2$ の場合のデータのみ、以下に示すデータでも同様である)。この図は版厚30、38、45cmの舗装での夏における測定データであるが、底面に比べ表面の温度の方が高く、コンクリート版が上方にそっていると考えられる日中の方が、夜間に比べて大きなたわみとなっていることがわかる。また、図-3(夏期のデータ)からわかるように、目地部では、中央部の場合とは逆で、夜間に比べ日中の方が小さなたわみとなっている。ここには煩雑となるので冬の測定データは示さなかったが、図-1から推定されるように、冬では、夏に比べてコンクリート版の厚さ方向の温度勾配は時刻による変化が小さいため、たわみの変化も小さいものとなっている。これらのことから、中央部では夜間、目地部では日中に測定を実施すれば、コンクリート版のそりがたわみに及ぼす影響は小さいものと考えられる。また、図-2、3からは版厚が小さいものほど温度の影響が顕著に表われていて、版厚45cmの舗装ではあまり影響のないこともわかる。

中央部での測定データ(夏期)を用いて算出した版厚38cmの舗装の K を測定時刻に対して示したものが図-4である。 K が時刻によって著しく変化しており、版が上方に凸となる日中ではみかけの K が小さくなり、夜には大きくなっていることがわかる。このような K の変化をもたらすコンクリート版の温度変化を表わす指標として図-1に示した温度勾配を用いることとし、 K との関係を示したものが図-5である。温度勾配が大きくなるにつれて K は小さくなっているが、夏と冬のデータを比較すると、夏に比べて冬の方がばらつきが多いこと、特に冬では温度勾配が -0.2 から 0°C/cm の範囲でばらつきの著しいことがわかる。これは、図-1でみられるようにそのときの温度状態が不安定なものとなっていること、もしくは、温度分布を直線とみなした場合に冬の方が誤差が大きいことによるのかもしれない。

4. あとがき

コンクリート舗装の非破壊評価へのFWDの適用性についての基礎的研究として、今回は K 、 E の推定方法を示すとともに、コンクリート版内の温度がたわみ測定値に及ぼす影響について記した。この温度の影響はコンクリート舗装の非破壊評価システムを確立する上で重要であるので、今後より詳細な検討を加えることが必要である。

参考文献

- 1) 八谷ほか：版と路盤の間に空隙のあるコンクリート舗装の非破壊評価、土木学会第40回年次学術講演会、
- 2) 福手：空港コンクリート舗装厚設計への電算プログラムの応用、港湾技研資料、No. 262、
- 3) 八谷ほか：空港コンクリート舗装の目地部における荷重伝達機能、土木学会第39回年次学術講演会、

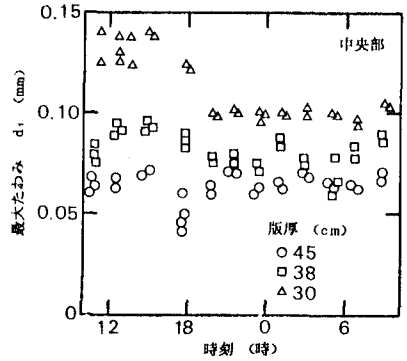


図-2 最大たわみの変化(中央部)

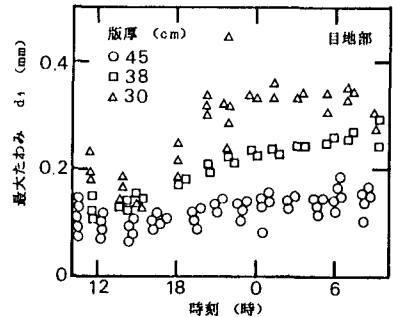


図-3 最大たわみの変化(目地部)

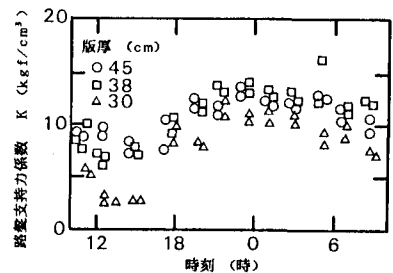


図-4 路盤支持力係数の変化

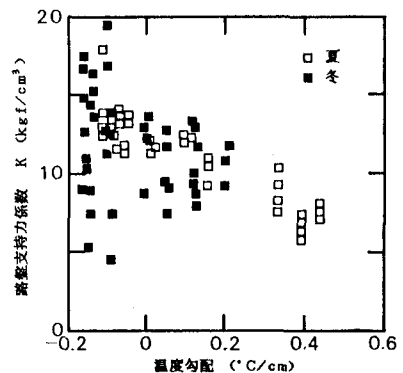


図-5 路盤支持力係数と温度勾配