IV-179　振動波を用いた舗装のたわみ測定に関する一考察（第1報）

新東京国際空港公団　　　橋本四秀
〃　　　正員○阿部洋一
〃　　　〃　　菅野勉

1. 概説

舗装の施工管理や在来舗装の評価には，従来より現場密度，現場CBR，平板載荷，ベンケルマンビーム試験等が用いられてきた。最近では，たわみやたわみ曲率などによる舗装の評価法やオーバーレイ設計法が色々提案されている。別な観点から見れば，舗装は今，重舗装に対応すべき時代的限界を迎えていると云え，従って適切なオーバーレイが早急にかつ経済的に設計されうるためには，重舗装の耐荷能力を測定するための迅速で，経済的な非破壊的手段の必要性が唱えられている。ここで取り上げたダイナフレクトは，非破壊試験として動的なたわみを測定する装置であり，舗装体評価法としての測定のスピード化，操作の簡便さ，省力化が期待でき，多様な応用に対する潜在力を有するものと考えられる。

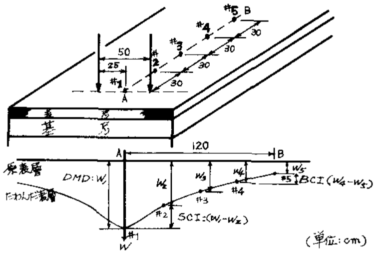
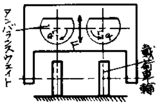


図-1 センサーの配置とたわみの関係図

2. ダイナフレクトの機構と原理

装置は小さな2輪のトレイラー上の動荷重発生装置と測定地盤に接触する検出装置（5個のセンサー），および制御ならびに測定装置とからなる。センサーの配置と生ずるたわみの関係図は図-1に示される。動荷重発生装置は図-2で示され，必要動力は120VDC，開始時100A，測定時8Aで，反対方向に回転する不平衡の1対のはずみ車を用い不平衡質量の加速の垂直方向構成部分は1対の固定輪を通じて周期的な力を地面に伝える。水平方向の構成部分は反対回転で相殺される。トレイラーの重量は静止状態で726kg，動的状態で950kgから500kgに正弦波で変化する。つまりはずみ車の回転によって450kgのピーク，ピークの動荷重を生む。センサーの構造図は図-3で示され，中央ロッドに固定された磁石と外側のリングにより平等磁界を形成し，その中でコイルが運動する。コイルは保持ロッドと板バネを介して保持され，コイルの質量と板バネのバネ常数による共振点（8サイクル）を持っている。コイルの移動速度は出力電圧に比例し，変位はコイルの移動速度に比例することより，変位は出力電圧に比例する。センサーの出力電圧 e〔V〕は，



加振力F:

$$F = m r \omega^2 = \frac{W_0}{g} r_0 \left(\frac{2\pi N}{60}\right)^2$$

ここで
N：回転数（r.p.m）
W_0：アンバランスウェイト重量（kg）
r：中心から重心までの距離
g：重力加速度（9.8m/sec²）
ω：角速度
m：アンバランスウェイトの質量（当然）

図-2 動荷重発生装置

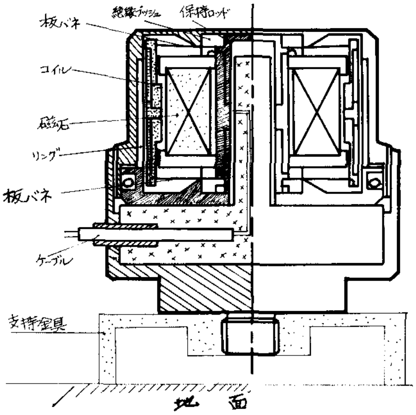


図-3 センサーの構造図

磁束密度 B〔Wb/m²〕…一定，磁束をθの角度で切る導体の長さ（コイルの長さ）l〔m〕…一定，導体の運動速さ v〔m/sec〕とすれば $e = Blv\sin\theta$ となり，出力電圧は速度に比例した電圧を出力として取り出す。図-4に示すように増巾器の出力は正弦波で出てくるので，整流され，1秒間積算されて直流メーターに入る。増巾器の中の濾波器を通じる正弦波動的荷重を用いることによって，メーターの表示は各センサーの位置における動きの振巾に対して直接比例したものになる。スケールの目盛はミリインチ（1/1000インチ）になって

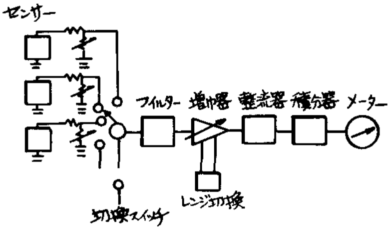


図-4 ダイナフレクトの測定組織図

おり，適切な増巾を得るためのレインジ（30,1.0,0.3,0.1,0.03,0.01）切換が用意されている。

3．測定項目と解析例

測定の為のデータシートは表-1で示され，メーターの読みとレインジの値の積がそのセンサー位置のたわみを与えることになる。5つのセンサー間の相互関係は図-1に示したが，この中で最大たわみ量（DMD）は舗装体の支持力を表わし，この他に舗装の表層部分の強度を表わす因子として才1センサーと才2センサーの差（SCI），路盤，路床部分の強度を表わす因子として才4センサーと才5センサーの差（BCI）を与えている。表-2はユタ州道路局でのダイナフレクトによる解析結果からの舗装の評価法を示している。評価は上で述べた3つの因子の基準値の上下で舗装を8つのタイプに分類している。設定した周波数（8サイクル）は従来の静的載荷試験との相関性があるとして，相関式も算出している。表-2の基準値は対象とする舗装の用途に対応した値を用意しなければならぬし，相関式も我が国の各種の土質条件のもとでひき続き検討しなければならぬと考える。

表-1 ダイナフレクト測定データシート

日付＿＿＿ sheet No.＿＿＿

測定者＿＿＿ 温度＿＿＿

道路，滑走路，誘導路，エプロン

測点 NO.	測点記述	No.1センサー 読み	レインジ	たわみ	…	No.5センサー 読み	レインジ	たわみ
1	表層上	4.4	0.1	0.44		3.8	0.1	0.38
2	路床上+R2	3.8	0.3	1.14		6.0	0.1	0.6

（単位 1/1000インチ）

表-2 ダイナフレクトのたわみ量基準

DMD	SCI	BCI	舗装構造の状態
31.8以上	12.2以上	2.8以上	舗装，路床とも弱い
		2.8以下	路床強く舗装弱い
	12.2以下	2.8以上	路床弱く舗装は限界
		2.8以下	DMD高いが構造はOK
31.8以下	12.2以上	2.8以上	構造は限界だがDMD OK
		2.8以下	舗装は弱いがDMD OK
	12.2以下	2.8以上	路床は弱いがDMD OK
		2.8以下	舗装，路床とも強い

（単位 ×10⁻³mm/m）

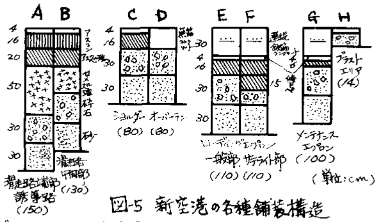


図-5 新空港の各種舗装構造

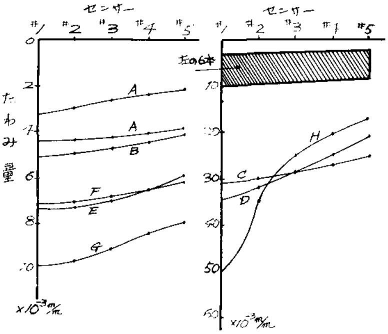


図-6 各種舗装構造のたわみ（代表値）

4．実測結果

図-6は比較的路床条件が類似する部分での各種の舗装構造（図-5）に対応した舗装表面での代表値を示している。舗装構造に対応したたわみが得られている一方，コンクリート舗装のたわみの意味するところを追跡していかねばならないと考える。

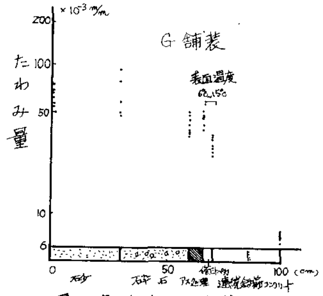


図-7 連続鉄筋コンクリート舗装のたわみ

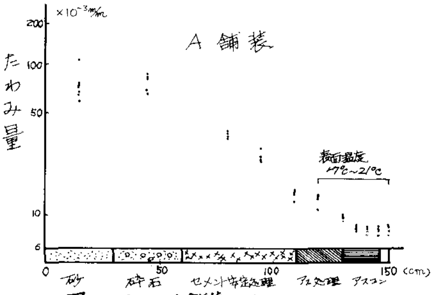


図-8 アスファルト舗装のたわみ

図-7，図-8は新空港の舗装建設過程で，路床から表層迄同一地点で継続測定してきた結果を上げている。たわみの減少過程が使用材料の種類と厚さで変わっていくのが読みとれる。

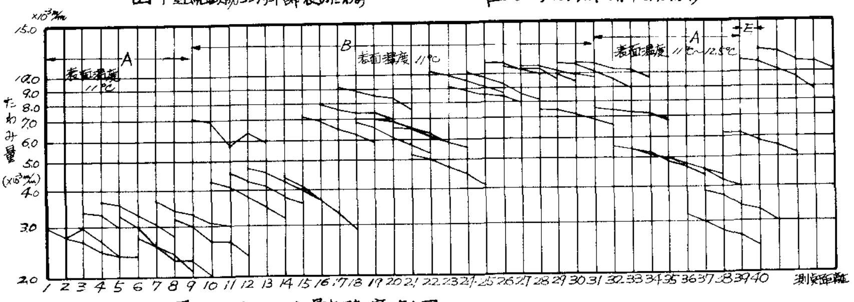


図-9 4000m主滑走路実測図

図-8は4000m滑走路全長に亘る構造別，切盛別，施工性，路床条件等の影響を示す図である。

最後にとりまとめに当り工事局舗装工事課の山根，萩島両君および谷藤機械工業の安藤氏に謝意を表する次才である。

参考文献 Deflection analysis of flexible pavements : UTAH STATE HIGHWAY DEPARTMENT