FWDによる空港アスファルト舗装の 構造評価システム

八谷好高¹·若月岳晴²·大野修由²

¹正会員 工博 運輸省港湾技術研究所土質部滑走路研究室長(〒239-0826 横須賀市長瀬3-1-1) ²正会員 運輸省港湾技術研究所土質部滑走路研究室・前研修生((株)日本空港コンサルタンツ)

空港アスファルト舗装の非破壊構造評価システムとして実荷重条件に近いFWD (Falling Weight Deflectometer)を用いる方法について検討した.基本的には、構造評価のあとに続くオーバーレイ設計法と関連づけるため、現行構造設計法との整合性を取る形での整備を図った.具体的には、まず空港アスファルト舗装構造設計要領に基づいて設計された舗装でのFWDによるたわみの計算値が実測値と整合するように舗装各層の力学定数を算定し、これに基づいて、路床CBR、交通量等が異なる場合のひずみならびにたわみ規準を算定した.そして、種々の構造、荷重履歴を有する舗装においてFWDによるたわみ測定を実施し、この規準の妥当性について検証した.

Key Words: airport, asphalt pavement, structural evaluation, nondestructive test, FWD

1.はじめに

わが国における近年の航空需要の伸びには,たとえば 輸送人員数でみれば,20年前の3倍,10年前の2倍に達す るなど,驚くべきものがある.これは,航空機の運航回 数が20年前,10年前のそれぞれ1.5倍,1.2倍となっている ことから,運航回数の増加が航空輸送量の増加に寄与し ていることは間違いないものの,航空機の大型化によっ て可能になっていると考えられる.航空機の大型化は舗 装に対する荷重そのものの増加を,また運航回数の増加 は舗装に対する載荷回数の増加を意味することになる.

このような荷重条件の変化は舗装の疲労寿命低下につ ながるので、何らかの構造強化策を取ることが必要とな ろう.アスファルト舗装の場合、これは通常オーバーレ イにより対処される.オーバーレイによる舗装の構造強 化策においては、既存舗装の現状調査を行ってその構造 状態を把握した上で、オーバーレイ厚を決定するという 過程が重要な位置を占めている.舗装の構造調査方法と しては、近年荷重に対する舗装の応答をたわみとして測 定する方法が多用されるようになってきている.そのた めの装置としては、空港アスファルト舗装を対象として ダイナフレクト(Dynaflect)が従来用いられていたが、実際 にはあまり使用されておらず、近年ではフォーリングウ エイトデフレクトメータ (Falling Weight Deflectometer, FWD)が世界的にみて実質的に非破壊試験装置の標準となっていることもあって、本研究ではFWDを採用することとした.

たわみ測定装置による舗装構造解析方法としては、た わみをそのまま用いるものが数多く発表されている.た とえば、Dynaflectによる空港アスファルト舗装の構造評 価法では健全部とひび割れ部の間に境界値(基準値)を 設け、最大たわみがそれを超えていれば補修が必要と判 断されるようになっている¹⁾.これと同様の方法は米国 ユタ州においても採用されている。また、FWDによる道 路アスファルト舗装を対象にして阿部らが提案した構造 評価法では、D₀ならびにD₀-D₁₅₀(添字はたわみセンサの 荷重中心からの距離 (cm))を用いることにより舗装構造 全体が評価可能となっている²⁾.これらのたわみに着目 する方法は、複雑な計算を必要としないという利点を有 するものの,使用材料が異なったり,舗装厚が大きく異 なったりする場合等には対応が難しくなる恐れがある. これに代わる方法として、たわみから舗装各層の力学特 性値を推定する、いわゆる逆解析法がある、これは、舗 装厚が既知であることが前提ではあるが、最近では精度 の良い結果が短時間の計算により得られるようになって いる³⁾. 空港においては建設時期や補修履歴が施設・筒 所により異なること、また、たとえ設計条件が同一であ っても舗装の厚さが全施設で同一とはならないことから、

空港アスファルト舗装を対象にする場合には後者の方法 を採るほうが合理的であると考えた.

一方,わが国の空港アスファルト舗装の構造設計法が 礎を置く米国陸軍工兵隊 (CE)法は,基本的にはカルフォ ルニア州道路局で研究開発されたCBR設計法を空港舗装 へ適用したものである⁴⁾.最近では種々の理由から,こ れに代わるものとしてアスファルト舗装を弾性係数とポ アソン比で表わされる層からなる多層弾性体とみなして, 弾性理論による設計法も整備されている⁵⁾.舗装使用材 料等がCBR設計法開発当時と現実に異なっていることか ら.この方法の適用性は高いものと考えられる.

以上のことから,アスファルト舗装を多層弾性体とみ なすことによって,構造設計と構造評価を同一の視点か ら実施できるようになることがわかる.本論文は,この ような観点から構築したFWDによる空港アスファルト舗 装の構造評価方法について論じたものである.まず,現 行の構造設計法と等価な多層弾性体モデルの設計規準を 策定・検証し,次にFWD最大たわみに注目する簡易評価 法について検討している.そして,最後に両者を統合す る形で,空港アスファルト舗装の非破壊評価法をまとめ ている.なお,本論文では頁数の制約から粒状材路盤を 有する空港誘導路上のアスファルト舗装に限定して記述 してある.

2.評価規準の策定

空港アスファルト舗装構造の評価法を設計法と結びつ けるためには、両者に共通の規準を設定することが必要 となる.これについては、アスファルト舗装の理論的構 造設計で一般的に採られている方法を踏襲し、アスファ ルトコンクリート層下面水平ひずみ(ε,)と路床上面垂 直ひずみ(ε,)を採用することにした.これらのひずみ でみた破壊規準に関する既応の研究成果を取りまとめ、 それの空港アスファルト舗装に対する適応性について検 討した上で、空港アスファルト舗装に適した規準値を新 たに策定した.

(1)既応のひずみ規準とCBR設計法との対応

まず,今までに発表されている舗装の破壊規準に関す る研究を,室内試験,現地試験に関わらず,破壊規準の 決定根拠が明確なものに限定して取りまとめた^{6,7,8,9,} ^{10,11,12}. その結果は図–1中に一部示した.

この規準は、アスファルト舗装の表・基層部分を構成 するアスファルトコンクリートのスティフネス(以下で は弾性係数と称す)を舗装の使用条件に応じて合理的に 決定して導いた.ここでは、温度としてダイナフレクト を用いた評価方法で標準としている20℃¹⁰を、周波数とし ては空港誘導路舗装を対象とした米国の設計法で用いら



図-1 路床CBR10%時の路盤弾性係数とひずみ

れている2Hz⁵を用いた.具体的な値は,Heukelomらの示 した方法¹³⁾に従って求めることにした.アスファルトの 品質として,空港舗装で一般的に使用されている規格, すなわち針入度70(1/10mm),軟化点48℃を用い,アス ファルトコンクリートのアスファルト量を5.8%とすると, 弾性係数として2.5kN/mm²という値が得られたので,こ こではそれを使用した.

CBR法に従って設計された空港アスファルト舗装に対 する、この破壊規準の適用性について検討した、これを 行うにあたり、空港アスファルト舗装の設計法では、路 盤に粒状材を用いる場合の舗装厚が求められるようにな っていることから、舗装構造としてはアスファルトコン クリートからなる表・基層、粒状材路盤、路床の3層構 造のものを検討の対象とした、計算条件として、設計荷 重をLA-1(B-747-400),設計カバレージ(設計反復作用 回数)を5,000~40,000回、路床CBRを3~18%とした、こ のような条件に対しては、舗装厚は54~268cmとなる. 解析に用いる舗装各層の弾性係数のうち、表・基層につ いては温度20℃. 周波数2Hzとして推定された2.5kN/mm² を, 路床についてはCBRの100倍(kgf/cm²単位で)を用 いた、これに対して、粒状材路盤の弾性係数については、 推定方法として一般的なものがないため、比較的広範囲 の値を仮定することにした.なお、各層のポアソン比と して0.3を採り、舗装表面から6m以深には基盤層 (7kN/mm²) を仮定した¹⁴⁾.

この荷重条件に対するアスファルトコンクリート層な らびに路床のひずみを上記の条件の元で設計された舗装 構造について算出し,既応の研究に基づく破壊規準の適 用性について検討した.具体的には,粒状材路盤の弾性 係数を種々に変化させてひずみを計算した.その結果得 られた路床CBRが10%の場合に関するものを図-1に示す. 現行設計法,すなわちCBR設計法によって求められた舗 装構造におけるひずみが上記の破壊規準に合致するため には,通常いわれている粒状材の弾性係数の範囲に比べ,



かなり大きい値が必要となることがわかる.これは,既 往の研究に対する破壊規準を空港アスファルト舗装の構 造評価基準として用いることは困難であることを意味し ているものと考えられる.

(2) 新しい破壊規準の策定

上記の結果を受けて、空港アスファルト舗装を対象と した新たな破壊規準について検討することとした.具体 的には、試験舗装を製作して載荷試験を行い、その結果 に適合する破壊規準すなわち、アスファルトコンクリー ト層ならびに路床のひずみを見出すことを試みた.

試験舗装はアスファルトコンクリートによる表・基層, 粒状材路盤,路床という3層構造を有している.具体的 な構造は,図-2に示すとおり,路床CBRは共に10%であ るが,カバレジは試験舗装Aでは20,000回,試験舗装B では5,000回の条件で設計されたものである(設計荷重 LA-1).走行載荷試験前にこれらの舗装上でFWDによる 載荷試験を行い,たわみを測定した.FWD荷重は200kN であり,たわみは荷重直下のほか,荷重中心から30,45, 60,90,150,250cm離れた7点のものである.なお,図 中の試験舗装Cは後述する舗装構築段階における検討で 使用したものである.

破壊規準は以下の手順によって検討した.

 得られたたわみから多層弾性理論による逆解析手法 (LMBS¹⁵⁾)を用いて舗装各層の弾性係数を求める.こ こでは,各層のポアソン比を(1)で用いた値とし,弾性 係数を未知数としている.

② 表・基層,路床の弾性係数としては(1)で使用した値,





路盤の弾性係数としては①で得られたものを使用して, 多層弾性理論(BISAR)により設計荷重が載荷された場 合のひずみを計算する.

③ ②の場合で,路盤の弾性係数を100~500N/mm²とした ときのを計算し,②において得られたひずみと合 致するときの路盤弾性係数を求めると,これが破壊規準 策定時に用いるべき値となる.

以上の手法により得られた試験舗装A,Bに対する結果 を図-3および図-4に示す.この図から、実測たわみに基 づいて計算されたアスファルトコンクリート層、路床の ひずみの下限値は、両方とも路盤の弾性係数(*E*_b)とし て300N/mm²を仮定した場合のひずみに相当していること がわかる.

ここに示したCBR10%以外の場合については舗装上での実測データがないことから,路盤の弾性係数として300N/mm²を用いて,種々の路床CBR,カバレージに対するひずみに関する破壊規準を求めた.それを図-5,図-6に示した.

3.破壊規準による舗装構造評価

前章に示したように,空港アスファルト舗装の破壊規 準としてアスファルトコンクリート層下面水平ひずみ (ε,)と路床上面垂直ひずみ(ε,)を採用し,その値を 設定した.本章では,実際の舗装における多数の測定デ ータを解析することにより,その検証を行っている.

(1) ひずみ規準による舗装の構造評価手法

FWDにより測定されたたわみを用いたアスファルト舗装の構造評価手法をフローチャートで示せば図-7のよう になる.

① FWDたわみを逆解析することによりアスファルトコンクリート層, 粒状材路盤および路床の弾性係数を求める. このときには多層弾性理論を用いた逆解析法を使用する.

② ①で求められたアスファルトコンクリートの弾性係数(*E_{FWD}*)を周波数2Hz,温度20℃という標準状態のものに換算する.これは、アスファルトコンクリートの力学特性は載荷速度ならびに温度の影響を受けるからであり、その方法は以下のようなものである.

i) アスファルトコンクリート層の平均温度を,気温と舗 舗表面温度からアスファルトコンクリート層の内部温度 を推定する丸山ら¹⁶⁾の方法により推定する.ここでは, 140mm厚のアスファルトコンクリート層の中央部(深さ 70mm)の位置の温度を平均温度としている.なお,気 温が不明な場合には,気温と天候から舗装表面温度を推 定する秋山¹⁷⁾の方法を用いて,舗装表面温度から逆算す る.





図-7 構造評価のフロー

ii) アスファルトコンクリートの弾性係数の温度と載荷時間の違いに変換については、温度と載荷時間が複素弾性率に及ぼす影響を定量化した笠原ら¹⁸⁾の実験式((1)式)を用いて行う.

$$E(2,20) = E_{FWD} - \frac{E_{lab}(2,20)}{E_{lab}(FWD,T)}$$
(1)





ここで,

- *E*(2,20) : *E_{FWD}*を周波数2Hz, 温度20℃のときへ変 換した値
- EFWD
 :FWDたわみの逆解析により得られる弾性

 係数
- *E*_{lab}(2,20) :室内試験による周波数2Hz,温度20℃の ときの弾性係数
- *E*_{*lab}(<i>FWD*, *T*) :室内試験によるFWD載荷時間,温度*T*℃ のときの弾性係数</sub>

③ 周波数,温度を標準状態のものとしたときのアスファルトコンクリート層弾性係数,①で求めた粒状材路盤 および路床弾性係数を用いて多層弾性理論により, ϵ , ϵ , ϵ , ϵ , ϵ ,

④ 逆解析による路床弾性係数を100で除すことにより路 床CBRを求め(単位かkgf/cm²の場合), 2.で示した破壊 規準と比較する.

(2) 走行前データによる検証

破壊規準策定時に使用したデータを用いて検証を行った. その結果を図-8, 図-9にまとめた(それぞれ, $\epsilon_{,,}$, $\epsilon_{,,}$). 逆解析により得られた路床弾性係数から推定され

たCBRとしては設計CBR (10%) 近傍の値が得られている. ϵ_{l} , ϵ_{v} とも,推定された値は,測定ごとに異なっており,分散が大きいものとなっていることがわかる. 平均値でみると,試験舗装Aの場合は破壊規準とほぼ一致するものの,試験舗装Bにあっては ϵ_{l} が若干小さな値となっている.

(3) 走行載荷試験データの構造評価

舗装Aでは,設計航空機荷重LA-1に相当する脚荷重を 有する原型走行荷重車を10,000回まで走行させて,舗装 の性状変化を調べている.特定の走行回数時にはFWDに よるたわみ測定を行っているので,このデータを使用し て ϵ_{n} , ϵ_{v} を求め,その値により構造評価を行った.なお, 走行5,000回後にオーバーレイが行われているので,その 場合についても上記と同様に構造評価を行った.

走行載荷試験時に得られた各走行回数時ならびにオー バーレイ後の ε_n , $\varepsilon_v \varepsilon$ 図-10, 図-11に示す.両者とも, 走行部と非走行部における差が明確であること,また走 行部においては走行回数の増加につれてひずみも増加し ていることがわかる.走行5,000回後に行ったオーバーレ イによる補修効果をみると,かなり回復していることが わかり、オーバーレイによる効果が現れている.



(4) 表・基層厚の増加にともなうひずみの変化

(3)ではオーバーレイによりひずみの低下することが わかった.この点を詳しく検討するために,アスファル トコンクリート層の構築段階(上層路盤,基層,表層 上)でFWDによるたわみ測定を行った(舗装は図-2に示 す舗装Cである).

まず,上層路盤,基層,表層という各構築段階におけ る舗装構造をそれぞれ既設舗装とみなして3層構造とし て解析した.その結果として, ε, ε,を図-12と図-13に 示す.いうまでもなく,構築が進むにつれて,すなわち アスファルトコンクリート層厚が増加するにつれて,ひ ずみは減少していき,規準値よりもかなり小さな値とな ることがわかる.

この場合、上層路盤上での測定結果においてひずみ(ϵ , ϵ ,)が破壊規準を超えているので、新たに4層目としてア スファルトコンクリートによるオーバーレイ層を設定し て ϵ , ϵ ,を計算することにした、オーバーレイ厚を種々 に変えて ϵ , ϵ ,を求め、これらのひずみが所定の破壊規 準に合致するときが必要オーバーレイ厚となる、なお、 オーバーレイ層の力学定数は、破壊規準を作成する際に 用いたものと同様に、弾性係数は2.5kN/mm²を、ポアソ ン比は0.3を用いた.

この結果をオーバーレイ厚とひずみの関係としてまと



めることにより、オーバーレイ厚設計(曲)線が得られた(図-14).この図から、オーバーレイ厚の増加によりひずみの値が減少していくことが明らかになっている.設計カバレージ5,000回に対応するものを求めると、50mmのオーバーレイが必要となることがわかる.同様に、設計カバレージで20,000回に対しては、70mmとなることがわかる.この場合、上層路盤厚が150mmであることから、アスファルトコンクリート層全体としては220mmが必要となる.施設時にはこれが290mmであり、3.で示したように破壊規準が大きめの値に設定されていることもあって、アスファルトコンクリート層としての必要厚は新設設計時のものと比較すると小さなものになる.

4. たわみによる構造評価

空港アスファルト舗装の構造評価法として現時点で用 いられているダイナフレクトによる非破壊評価法では, 測定たわみ (DMD)を基準たわみと比較することにより, 既設舗装の補修必要性の判断,そしてその後に引き続く オーバーレイ厚の算定を行うことができるようになって いる.たわみに注目した補修必要性は現場で容易に実行 できることから,今回検討したFWDを用いた方法におい ても,ひずみに注目した構造評価の前段に位置づけて, 新たに開発することにした.

(1) たわみ規準の設定

ここでもひずみによる破壊規準を作成したときに用い た手法を踏襲してたわみ規準を策定した.すなわち,2., 3.ではアスファルトコンクリート層,路床のひずみに注 目したが.本章ではたわみに注目して計算を行った.

FWD荷重が載荷された場合に得られるたわみのうちで 注目すべきものとして、ダイナフレクトのDMDに相当す る載荷板中心のたわみD₀を採用する.このときの荷重に



ついては200kN,粒状材路盤の弾性係数は、 ε_n , ε_v それ ぞれの破壊規準で用いている値のうち大きいほうを採用 して規準を算定した.得られた結果を図-15にまとめた. 当然ではあるが,設計カバレージが大きくなるにつれて D_0 が小さくなることが明らかである.また,CBRが大き い場合には D_0 が小さくなることがわかる.

上記のように求められたD₀規準は温度が20℃の場合の ものである.現場における測定時には温度がこれとは異 なることがほとんどであり、またFWD試験時の載荷速度 が舗装設計時のものとは異なっていることから、実測値 を規準値と比較するためには、測定値を標準状態のもの (温度20℃、周波数2Hz)に補正しなくてはならない.

これを簡易に行うために,任意の温度におけるたわみ 測定値を補正係数により除す方法を採用した(図-16). このノモグラフは,路床設計CBR10%,設計荷重LA-1, 設計カバレージ20,000回の条件で空港アスファルト舗装 構造設計要領に従って決定された舗装構造におけるたわ みを,種々の温度条件下で計算し,これを標準状態のた わみで除すことにより求めた.各層の力学特性について はひずみ規準作定時の値を使用した.







図-18 たわみ規準による走行試験データの構造評価

- (2)たわみ規準の検証
- a)走行前データによる検証

試験舗装A, Bについて,たわみ規準に基づいて行った構造評価結果を図-17に示した.設計カバレージが20,000回である舗装Aでは,いくつかの補正たわみが設計カバレージに相当する規準値を上回っているものの,平均値をみるとそれとほぼ近い値を示している.設計カバレージが5,000回である舗装Bについては,補正たわみが規準値をほぼ全体的に下回っていることがわかる.

b)走行載荷試験データの構造評価

舗装Aについて走行載荷試験時のたわみ規準に基づく 構造評価結果を図-18に示す.非走行部におけるたわみ は、走行部におけるものよりも小さく、規準値に近い範 囲に分布していることがわかる.走行部においては、全 体として走行回数が増すにつれてたわみも増大する傾向 があることから、走行載荷により舗装構造が大きく影響 を受けていることがうかがえる.走行5,000回後に施工さ れたオーバーレイ後の測定結果からは、施工前に比べた わみが小さくなっており、補修により舗装の構造的能力 の回復することがわかる.



図-19 たわみ規準による構築段階における構造評価



c)舗装構築段階における構造評価

試験舗装の構築段階におけるFWDによるたわみ測定結 果について,たわみ規準による評価を図-19に示す.構 築段階でみると,基層構築後以降,規準たわみを下回る ようになることがわかる.

以上に示したたわみ規準に基づく構造評価結果は,全体的にみると3.で記したひずみ規準に基づくものとほぼ 合致していることがわかる.

(3)ダイナフレクトによる評価規準との比較

以上のようにして求められたたわみ規準に基づくFWD による構造評価法とダイナフレクトによるものとの比 較・検討を行う.これを行うにあたっては、規準策定時 に用いた舗装構造におけるダイナフレクトのたわみを計 算する必要がある.すなわち、舗装の構造ならびに材料 特性はそのままで、FWDに変えてダイナフレクトに対す るたわみを計算するのである.

このようにして得られた計算値とダイナフレクトによる規準値を対比したものが図-20である.計算値はダイ



図-21 空港アスファルト舗装の構造評価のフロー

+フレクトによる規準の3倍程度となっている.この図 には米国ユタ州で用いられている規準も示しているが, この場合でも計算値のほうが大きい値となっている.こ れは両者の基準設定方針の相違が原因であるが,FWDに よるたわみ規準を用いて舗装を評価した場合,ダイナフ レクトによる場合に比べ,舗装構造が安全側に評価され る傾向のあることになる.

5.非破壊評価システムの提案

以上の研究を総括して、FWDを用いた空港アスファルト舗装の構造評価法として、まずFWD最大たわみD₀に注目した概略調査を行い、その結果問題があると判断された箇所についてアスファルトコンクリート層ならびに路床のひずみに注目して詳細調査を行うというものを提案する.

そのフローチャートを図-21に示す.

まず、FWDによる実測値 (D_0)を、標準状態のものに 補正する.このときには、荷重200kN、アスファルト混 合物層平均温度20℃、載荷時周波数2Hzが標準となる. そして、補正たわみを図-15に示した規準値と照合し、 規準を満足しないようであれば、次のひずみ規準との照 査へ進む.

この照査において、実測たわみ曲線を逆解析すること によって舗装各層の力学特性を推定し、アスファルトコ ンクリートの弾性係数を標準状態のものに変換した上で、 アスファルトコンクリート層下面水平ひずみ(ϵ ,),路 床上面垂直ひずみ(ϵ ,)を算出する.そして、これを図 -5、図-6(ϵ , ϵ ,)と照査する.その結果、得られたひ ずみの値が規準値を超える場合には、図-14に示すよう なオーバーレイ厚とひずみの関係を算出して,所要のオ ーバーレイ厚を決定すればよい.

6.結論

FWDを用いた空港アスファルト舗装の非破壊構造評価 に関する一連の研究の結果、次のような結果が得られた. (1) 空港アスファルト舗装のひずみに基づく構造評価規 準を策定した.これは、設計航空機荷重がLA-1で、設計 カバレージが5,000~40,000回の場合である.

(2)構造評価は、①実測たわみ曲線の逆解析による各層 弾性係数の推定、②表・基層弾性係数の設計条件に対応するものへの変換、③設計荷重に対するひずみの計 算、④設計荷重・設計カバレージに対応したひずみ規 準との比較といった手順により実行可能となる。

(3) 試験舗装でのたわみ測定では、非走行箇所における 変化はほとんどないものの、走行箇所においてはひずみ の増加する状況が認められた.このような構造評価の結 果として規準値を超えるひずみが計算されたときにはオ ーバーレイが必要となるが、その場合には上記の規準値 を満足するようにその厚さを決定すればよい.

(4) 上記の研究を総括して、空港アスファルト舗装の構造評価システムとして、まずFWD最大たわみに着目した 概略評価を行い、これで問題があると判定された場合に ひずみ規準に基づく詳細評価を行って必要に応じてオー バーレイ厚を算定するという方法を開発した。

7.おわりに

空港アスファルト舗装の非破壊構造評価法として,最 大荷重200kNのFWDによる方法を今回取りまとめた.舗 装は,補修を繰返しながら使い続けていくことのできる 土木構造物であるが,従前より設計法と整合性の取れた 形での評価ならびに補修方法が整備されていないのが大 きな問題であった.本研究では,経験的なものである現 行の空港アスファルト舗装構造設計法に対して多層弾性 理論を適用して検討することにより,設計法と評価・補 修法との整合を取ることにしたので,設計から補修まで 一貫した考え方により実行できるものと考えている.

規準値の設定にあたっては、必ずしも数が多いとはい えない試験データに基づいているので、今後のデータの 蓄積を待って積極的に改正していく所存である.また、 アスファルトコンクリートの供用に伴う自然環境下での 老化の影響についても今後の検討としたい.最後に、大 半の試験舗装のデータは運輸省第二港湾建設局が東京国 際空港の沖合展開事業のために実施した調査研究の成果 を使用させていただいたものである.関係各位に対しこ こに深く謝意を表します.

参考文献

- 佐藤勝久,福手 勤:ダイナフレクトによる空港アスファ ルト舗装強度評価とかさ上げ厚設計,土木学会論文報告集, 第303号,pp.109-118,1980.
- 2)阿部長門,丸山暉彦,姫野賢治,林 正則:たわみ評価指標に基づく舗装の構造評価,土木学会論文集,No. 46/V-18, pp. 41-48, 1993.
- 3) (社) 土木学会土構造物および基礎委員会舗装機能の評価 技術に関する研究小委員会:舗装機能の評価法, 192p., 1992.
- Ahlvin,R.G.: Flexible Pavement Design Criteria, Proc. of ASCE, Vol.88, No. AT1, pp.15-33, 1962.
- Department of the Army and the Air Force: Flexible Pavement Design for Airfields (Elastic Layered Method), 1989.
- 6) Barker, W.R., Brabston, W.N.: Development of a Structural Design Procedure for Flexible Airport Pavements, U.S.Army Engineer Waterways Experiment Station, S-75-17, 261p., 1975.
- Peattie, K.R.: A Fundamental Approach to the Design of Flexible Pavements, International Conference of the Structural Design of Asphalt Pavements, pp.403 -411, 1962.
- Chou, Y. T., Hutchinson, R. L., Ulery, H. H., Jr.: Design Method for Flexible Airfield Pavements, Transportation Research Record, No.521, pp. 1-13, 1974.
- Hicks, R. G., Finn, F. N.: Prediction of Pavement Performance from Calculated Stresses and Strains at the San Diego Test Road, Asphalt Paving Technology, Vol.43, pp. 1-40, 1974.
- Heukelom, W., Klomp , A. J. G.: Dynamic Testing as a Means of Controlling Pavements during and after Construction , International Conference on the Structural Design of Asphalt Pavements, pp. 667-679, 1962.
- Pell, P. S.: Fatigue Characteristics of Bitumen and Bituminous Mixes, International Conference on the Structural Design of Asphalt Pavements, pp. 310-323, 1962.
- 12) Kingham, R. I: Failure Criteria Developed from AASHO Test Data, Third International Conference on the Structural Dsign of Asphalt Pavements, Vol. 1, pp. 656-669, 1972.
- Shell International Petroleum Company Limited: Shell Pavement Design Manual, 332p., 1978.
- 14) 八谷好高,野田 工,藤本憲久:路床モデルが舗装構造評 価に及ぼす影響,土木学会第49回年次学術講演会講演集第V 部,pp.52-53,1994.
- 15) 姫野賢治,井上武美:FWDによる舗装の診断,アスファルト,第35巻,第175号, pp.9-20, 1993.
- 16) 丸山暉彦・阿部長門・雑賀義夫 姫野賢治:FWDによる舗 装の構造評価および補修設計システムの開発,土木学会論 文集,第484号, pp.61-68, 1994.
- 17) 秋山政敬:アスファルト舗装体の温度に関する調査研究, 土木学会論文集,第246号, pp. 105-115, 1976.
- 18) 笠原 篤・菅原照雄:不規則なひずみ波形に対するアスファルト混合物の動的応答に関する研究,土木学会論文報告集,第227号, pp. 123-132, 1978.

STRUCTURAL EVALUATION SYSTEM FOR AIRPORT ASPHALT PAVEMENTS WITH FWD

Yoshitaka HACHIYA, Takeharu WAKATSUKI and Nobuyoshi ONO

This paper deals with a nondestructive structural evaluation system for airport asphalt pavements with FWD (Falling Weight Deflectometer). The system was developed in accordance with the current airport asphalt pavement structural design method to be closely related with the overlay design method following the structural evaluation. The paper consists of three major parts. First, a structural parameter of each pavement component is assigned so that the measured deflections coincide with the calculated ones on the pavements designed in accordance with the current method. Second, the criterion on strains in both the surface course and subgrade, and the maximum deflection are established. Finally, the criterion are verified by investigating the deflections measured on various pavements.