

V-36

新千歳空港滑走路舗装における構造評価

北海道開発局土木試験所 正員 ○五十嵐 光 徳
同 上 正員 熊 谷 茂 樹

まえがき

舗装の構造設計やオーバーレイ厚の設計を合理的に行うためには、舗装の構造評価が重要な項目となる。舗装の構造評価のための非破壊試験としてたわみ測定試験がある。その測定装置のひとつであるフォーリング・ウエイト・デフレクトメータ¹⁾（以下FWDと略す）を北海道工業大学が昭和58年12月に導入したことから、それを我々と共同で用いて新千歳空港滑走路舗装の施工途上においてたわみ試験を行った。ここではFWDのたわみ試験の結果から、層構造解析理論（BISAR）を用いて、舗装を構成する各層の「層としての弾性係数」を推定し解析手法を検討した。

1. たわみ測定

新千歳空港滑走路中央部の中央帯、縁端帯で昭和60年5月から8月までの間に、アスファルト層各層が施工されたごとにFWDによるたわみ試験を行った。測定箇所の舗装構成は図-1のとおりである。ただし表層は未施工である。また、たわみ測定と同時にアスファルト層の温度を、深さ方向数ヶ所に埋設した熱電対によって測定した。測定結果は、表-1のとおりである。たわみ量および平均荷重は中央帯、縁端帯それぞれ測点20点の平均値であり、アスファルト層の温度は深さ方向2cmごとの温度の平均値である。D0、D1、D2は載荷面中心、載荷面中心から30cmおよび75cm離れたところのたわみ量である。

2. 各層の弾性係数の推定

舗装の構造評価を行うには、舗装を構成する各層の「層としての弾性係数」を推定する必要がある。図-2に弾性係数の推定から構造評価までの手法をフローとして示した。このように、室内試験（現場切取コア供試体の間接引張試験²⁾）から求めたアスファルト層の弾性係数と載荷荷重、載荷半径、各層の層厚とポアソン比を既知数として、未知数である路盤、路床の弾性係数ある範囲で変化させBISARで理論たわみ量を計算する。この理論たわみ量と路盤、路床の弾性係数との関係から、FWDの実測たわみ量に対応する路盤、路床の弾性係数を求める。

昭和60年7月16日に中央帯で行ったたわみ試験結果を用いて解析例を示す。弾性係数の推定にあたり舗装構成を基層6cm、アスファルト安定処理層（以下アス処理層）18cm、下層路盤75cm（以下路盤）、路床の4層として扱った。また、ポアソン比を基層、アス処理層0.35、路盤0.40、路床0.50とし層間のすべりはないものとした。基層、アス処理層の弾性係数（E1a、E1b）は、アスファルト層の平均温度と間接引張試験の結果よりE1a=12,800kg/cm²、E1b=28,200kg/cm²となる。

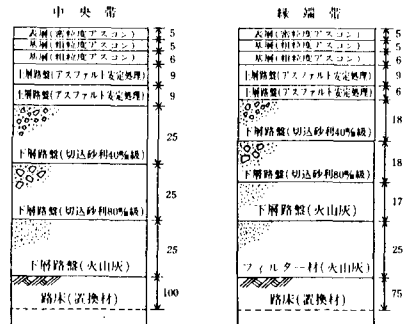


図-1 舗装構成

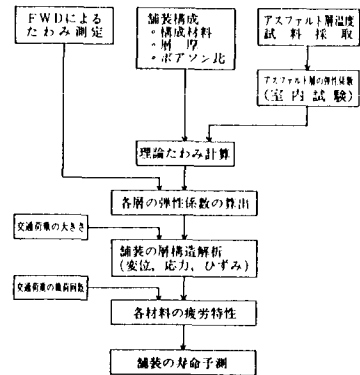


図-2 舗装構造評価のフロー

表-1 測定および解析結果

測 定 年・月・日	施 工 段 階	アスファ ルト層厚 (cm)	た わ み 量 (mm)			平 均 荷 重 (kg)	アスファルト層温度 (℃)		弾 性 係 数 (Kg/cm ²)				
			D0	D1	D2		基層	アス処理	基 層	アス処理	路 盤	路 床	
中 央 帯	60・5・17	アス処理層	9	0.804	0.486	0.214	4759	—	24.6	—	26,500	1,400	720
	60・7・10	アス処理層	18	0.530	0.376	0.197	4871	—	26.2	—	24,700	1,100	950
	60・7・16	基 層	24	0.430	0.309	0.186	4856	31.2	23.3	12,800	28,200	1,200	950
	60・8・30	基 層	29	0.299	0.219	0.149	4946	24.4	24.6	26,500	26,800	1,900	1,050
縁 端 帯	60・5・17	アス処理層	6	1.172	0.654	0.269	4633	—	25.4	—	25,800	1,100	550
	60・7・10	アス処理層	15	0.788	0.545	0.274	5037	—	27.4	—	23,300	900	700
	60・7・16	基 層	21	0.665	0.465	0.264	4843	30.4	22.8	13,800	29,100	—	—
	60・8・30	基 層	26	0.367	0.274	0.182	4847	23.4	23.7	29,500	27,700	1,200	980

次に路盤、路床の弾性係数 E_2 、 E_3 と載荷面中心から30cmおよび75cm離れたところの理論たわみ量の差 ($d_1 - d_2$) と、同じく75cm離れたところの理論たわみ量 (d_2) との関係を図-3のようになるこの図から、実測たわみ量を荷重5 ton あたりに換算したたわみ量 $D_1(5t) - D_2(5t) = 0.127\text{mm}$ 、 $D_2(5t) = 0.191\text{mm}$ に対応する路盤、路床の弾性係数 E_2 、 E_3 を読み取ると $E_2 = 1,200\text{kg/cm}^2$ 、 $E_3 = 950\text{kg/cm}^2$ となる。

このように各施工段階における各層の弾性係数を求めた結果、表-2のようになった。路盤、路床の弾性係数は平均値として中央帯でそれぞれ $1,400\text{kg/cm}^2$ 、 920kg/cm^2 、縁端帯でそれぞれ $1,100\text{kg/cm}^2$ 、 740kg/cm^2 と推定できる。

3. 構造評価

先に求めた路盤、路床の弾性係数を用いて滑走路に航空機荷重が載荷したときに生じるアスファルト層下面の引張ひずみと路床面の圧縮ひずみをBISARプログラムで計算した。

荷重条件としてB-747-2008の満載時の脚荷重82.5ton³⁾を用いた。車輪の配置型式が複々車輪（主脚の車輪が4個）であるから4個の車輪それぞれを等分布円荷重とすると1車輪にかかる荷重は約20.6ton、1車輪の載荷半径は21.4cmとなる。また、図-3のような舗装構造を表層からアス処理層までをアスファルト層、下層路盤（縁端帯ではフィルター材を含む）を路盤、それ以下の層を路床とする3層構造とした。アスファルト層の弾性係数はアスファルト層の温度を20℃とすれば、間接引張試験の結果から基層、アス処理層の弾性係数の平均値は39,600 kg/cm^2 となる。

計算の結果、アスファルト層下面に生じる引張ひずみ、路床面に生じる圧縮ひずみは図-4、5のとおりである。これらのひずみから、中央帯、縁端帯の舗装の耐久性について検討した。アスファルト層下面に生じる引張ひずみが中央帯で 289×10^{-6} 、縁端帯で 350×10^{-6} であるから、笠原⁴⁾の研究によるとこれらに対応する疲労破壊回数は平均値でそれぞれ 9×10^5 回、 4×10^5 回となり、同一箇所の繰返し載荷数10万回に耐えられる。また、路床面の圧縮ひずみが中央帯で 532×10^{-6} 、縁端帯で 673×10^{-6} であるから、Shellの設計法⁵⁾によるとこれらに対応する疲労破壊回数はそれぞれ 7.7×10^6 回、 3.0×10^6 回となり、同じく数100万回の繰返し載荷に耐えられる。

まとめ

本研究において次の点が明らかとなった。

- (1) 舗装構造をアスファルト層、路盤、路床と単純化し、FWDによるたわみ測定結果と層構造理論解析プログラム（BISAR）とを組み合わせることにより、各舗装構成層の弾性係数を推定することができた。
- (2) 推定した舗装各層の弾性係数を用いBISARによって舗装各部のひずみを求め、疲労曲線から舗装の耐久性を評価することができた。

謝辞

間接引張り試験を行っていただいた北海道大学菅原照雄教授、小笠幸雄助手、調査解析にあたって御指導御協力いただいた北海道工業大学笠原篤教授をはじめ学生の皆様、札幌開発建設部千歳空港建設事業所の皆様に厚く御礼を申し上げる次第である。

参考文献

- 1) 笠原、岳本、伊藤、古川：フォーリング・ウエイト・デフレクトメータについて、舗装、1985.6、2) 山田、上島、菅原：インダイレクトテンション法によるアスファルト混合物の変形係数簡易測定法に関する研究、土木学会北海道支部論文報告集、昭和59年度、3) 空港アスファルト舗装構造設計要領、1982、4) 笠原、菅原：繰返し載荷過程におけるアスファルト混合物の動的性状の変化について、土木学会論文報告集、第235号 1975.3、5) Shell Pavement Design Manual, Shell International Petroleum Company Ltd., 1978

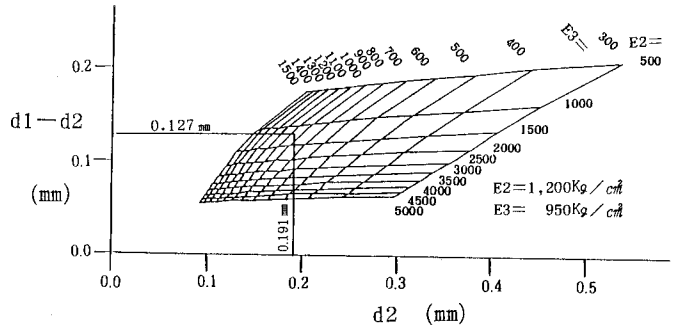


図-3 E_2 , E_3 と $d_1 - d_2$, d_2 との関係

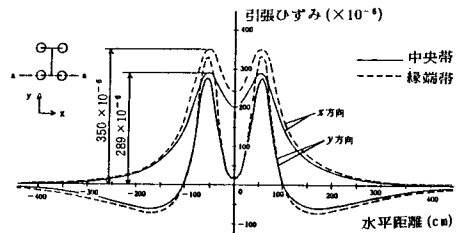


図-4 アスファルト層下面の引張ひずみ

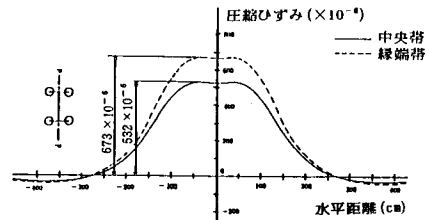


図-5 路床面の圧縮ひずみ