

温度条件が空港アスファルト舗装の疲労度に及ぼす影響と感度解析

東洋大学 学生会員 ○岡本 理沙
 東洋大学大学院 学生会員 中島 宗嗣
 東洋大学 フェロー会員 福手 勤

1.はじめに

現在の空港土木施設設計に係る設計基準類は、性能規定体系への改訂作業が行なわれ、2008年7月より適用開始となった。

温度条件はアスファルトの変形係数に大きく影響するため、舗装体内温度を正確に把握することは、舗装の合理的設計法を行う際に必要不可欠なことである。

そのため、本研究は滑走路(長さL)の両端からL/5の「端部」と呼ばれる場所について、温度条件が異なる3地域の1時間ごとの気温12ヶ月分を用いてアスファルト層の特性を設定し、アスファルト舗装の疲労度を層ごとに算出する。その結果から、舗装体内温度を算出する際の算定法の見直し、温度条件がアスファルト舗装の疲労に及ぼす影響、また地域により適したアスファルト舗装の評価方法を考察する。

2. 設計条件

設計条件を表1示す。

表1 設計条件

対象施設	滑走路端部中央帯
設計交通量	B747-400の離陸時20,000回
走行条件	端部載荷時間0.05sec
温度条件	0時～24時までの3時間毎の平均気温
粒状路盤弾性係数	200MPa
路床弾性係数	100MPa
アスファルト混合物層厚	30cm (計算は10層に分けて行った)
粒状路盤厚	65cm

ただし、載荷時間は「接地長/走行速度」として求める。滑走路端部での載荷時間は誘導路の走行速度32(km/hr)²⁾を用いたため、0.05(sec)とした。

アスファルトは、すべてストレートアスファルトとした。

3. アスファルト舗装体内温度の算出方法

アスファルト舗装体内温度は式(1)¹⁾より算出する。

$$T_{p(Z,t)} = (-0.0024 \cdot Z + 1.2142) \cdot T_{AVE} + 0.0268 \cdot Z + 3.5890 \\ + 10^{(-0.0250 \cdot z + 0.8302)} \cdot \sin(\pi/12 \cdot t - 0.0648 \cdot Z + 4.2420) \\ + 10^{(-0.0353 \cdot z + 0.4605)} \cdot \sin(\pi/6 \cdot t - 0.0694 \cdot Z + 7.2171) \quad \dots \text{式(1)}$$

Z: 舗装表面からの深さ (cm), T_{AVE} : 気温(℃), t: 任意時間(h)

算出した舗装体内温度(羽田1月)を図1に示す。

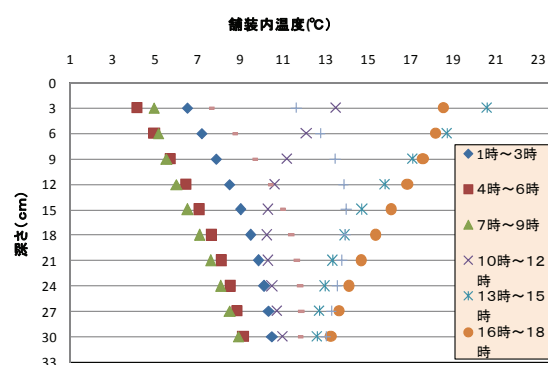


図1 舗装体内温度の時間変化(羽田1月)

図1より、舗装表面から、深さ約15cmまでは気温の影響を受けて、時間ごとのアスファルト舗装表面の温度変化が大きいことが分かる。しかし、深さ約25cm以深は時間による温度の変化は小さく、気温による影響をあまり受けていないことが分かる。

4. アスファルト混合物層の変形係数

算出した舗装体内温度からアスファルト混合物層の変形係数を式(2)、(3)²⁾より算出する。

算出したアスファルト混合物層の変形係数(羽田1月)を図2に示す。

$$S_{mix} = S_{bit} \cdot \left[1 + \left(\frac{2.5}{n} \right) \cdot \left(\frac{C_v}{1 - C_v} \right) \right]^n \quad \dots \text{式(2)}$$

$$S_{bit} = 1.157 \times 10^{-7} \cdot t_w^{-0.368} \cdot \exp(-PI) \cdot (T_{RB} - T)^5 \quad \dots \text{式(3)}$$

S_{mix} : アスファルト混合物の変形係数(MPa)

$$n = 0.83 \cdot \log(4 \times 10^4 / S_{bit})$$

$$C_v = 87\%$$

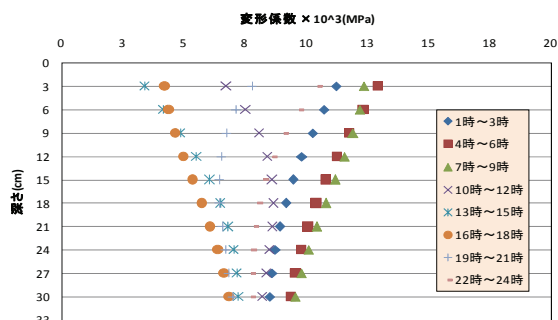


図 2 羽田 1 月変形係数

変形係数も表面から 15cm までは、時間ごとの変化が大きい。しかし、深さ 25cm ほどの舗装内部では、変化が小さい。また、1 時～9 時、22 時～24 時までは、グラフが右に傾いている。この時間帯はアスコン層の表面付近の温度が低いいため変形係数が大きくなり、それ以外の時間帯はその逆の傾向となることを示している。また、10 時～12 時、19 時～21 時において温度分布し、変曲点が現れることが分る。

5. 疲労度解析・結果

疲労度算出の際、多層弾性プログラム(GAMES)³⁾を用い、ひずみを算出する。3 ヶ所の地域（札幌・羽田・那覇）の最大ひずみの年変化を図 3 に示す。

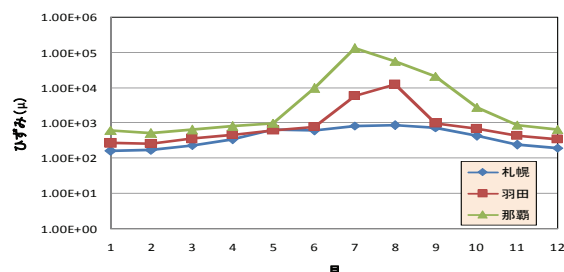


図 3 アスファルト層下面の最大引張りひずみ

月別に最大ひずみを見ると、月の平均気温が高くなるにつれてひずみも増大する。特に、羽田と那覇では夏場のひずみが著しく増大する。一方、札幌では年間を通してひずみの変化が小さい。

札幌・羽田・那覇の累積疲労度の結果を図 4 に示す。

アスコン層での設計疲労曲線の算出には式(4) ²⁾を使用した。

$$N_f = 7.681 \times 10^{-6} \left(\frac{1}{\varepsilon} \right)^{6.333} \times \left(\frac{1}{E} \right)^{3.374} \cdots \text{式(4)}$$

N_f : アスコン層の疲労ひび割れに対する許容繰返し回数
 ε : アスコン層下面の引張りひずみ
 E : アスコン層の変形係数

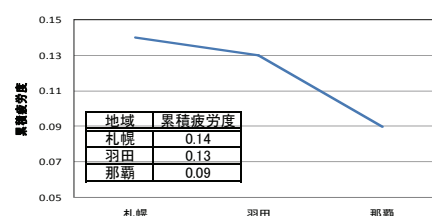


図 4 累積疲労度

札幌、羽田、那覇におけるアスコン層下面の累積疲労度の計算結果を図 4 に示す。

この図より、温度が高い地域ほど累積疲労度が小さいことが分かる。一般に温度が高いと変形係数 E は小さくなり、それに伴い、式(4)より N_f は大きくなる。一方、 E の減少に伴ってひずみ ε が増大するため、温度上昇は N_f を小さくする方向に作用する。

つまり、 E と ε は N_f に対して相反する影響を及ぼすことになるが、今回の計算では E の影響の方が強いことがうかがえた。

6. 結論

結論として、以下のことが言える。

- ① アスコン層を層別に細分化し、その各層の温度変化による、変形係数とひずみを詳細に把握することで、より地域特性に適した舗装を設計できる可能性がうかがえる。
- ② アスファルト舗装の評価は、深さ方向の温度分布を詳細に考慮することでより合理的に行うことができる。

7. 今後の課題

今回は、路床についての解析を行っていない。温度が高くなると、路床の疲労は大きくなる。今後は、その部分の解析を進め、舗装の評価をより詳細に行いたい。

参考文献

- 1) 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 土木学会論文集 1976.6
- 2) 国土交通省航空局：空港舗装設計要領 2008.7
- 3) 土木学会：多層弾性理論による舗装構造解析入門 2005