

神戸大学工学部 正員 ○白石 良三
 神戸大学工学部 正員 西 勝
 神戸大学工学部 学生員 江原 章

1. まえがき

たけみ性舗装の挙動を理論的に解析するためには、構成材料の材料定数を正確に決定することが必要である。当研究室では、従来より室内繰返し三軸試験装置を用いて、路盤材として使用される切込み砕石および粘性路床土の弾性的な材料定数を究明している。本研究は、現時点で求められている応力依存性の材料定数を用いて舗装要綱に基づき設計された舗装断面を有限要素法によって解析し、その解析結果に基づき各断面の疲労破壊に対する安全性を検討したものである。

2. 解析条件

1) 材料特性

解析に使用した路床土、路盤材および表層材の材料定数(室内試験方法および試験結果に関しては、参考文献(1)に詳述してあるので省略する)を表-1に示した。なお表層材の弾性変形係数はSeedらによってなされた繰返し曲げ試験結果を採用した。(2)

表-1 構成材料の材料定数

構成材料	CBR (%)	弾性変形係数 (kg/cm^2)	ポアソン比
路床土	2	$Mrs = 1 / (-0.0001 + 0.0474g) + 160$	$V_s = -0.161\eta^2 + 0.386\eta + 0.156$
	4	$Mrs = 1 / (-0.00072 + 0.0346g) + 200$	$V_s = -0.085\eta^2 + 0.252\eta + 0.129$
	8	$Mrs = 1 / (-0.00116 + 0.0261g) + 310$	$V_s = -0.112\eta^2 + 0.303\eta + 0.0432$
路盤材		$Mrb = 1250 p^{0.68}$	$V_b = -0.09\eta^2 + 0.345\eta$
表層材	2°C	$Mrs' = 50000$	$V_s' = 0.3$
	30°C	$Mrs' = 1000$	

p: 平均主応力 (kg/cm^2), g: 偏差応力 (kg/cm^2), $\eta = g/p$

2) 舗装厚

アスファルト舗装要綱に基づき、各交通タイプ、各設計CBRに対して舗装断面をそれぞれ表-2に示すように決定した。

3) 大型車の軸重および交通量

舗装の破壊は一般に大型車両の通過により生じると言われており、舗装要綱では5年後の大型車交通量が示されているので、交通量の延び率を1.8とすれば大型車の軸重および交通量の関係は表-3のようになる。

4) 輪荷重と接地圧および接地半径の関係

本解析においては大型車両を対象としているので複輪を想定した。車輪間隔は日本道路公団が使用している32cmをまた輪荷重と接地半径の関係は秋山氏の実験結果を採用した。(3)それによると複輪の場合次のようになる。 $Q = 1.75P + 6.25$ (1)

ここで、Q: 接地半径 (cm), P: 輪荷重 (t)

表-3に示す軸荷重のもとでの接地半径および接地圧を示すと表-4のようになる。

表-2 舗装断面(表層, 路盤)の寸法

交通タイプ 設計CBR	A		B		C		D	
	設計例	Ta値	設計例	Ta値	設計例	Ta値	設計例	Ta値
2	46	21	55	29	69	39	89	51
4	35	17	39	24	46	31	63	42
8	25	14	26	19	32	26	38	33
表層厚	5		10		15		20	

単位: cm

表-3 大型車交通量 および 軸重

交通タイプ	計画交通量 (台/日・1方向)	現在交通量 (台/日・1方向)	軸重 (t)
A	~ 250	~ 139	6
B	250 ~ 1000	139 ~ 556	10
C	1000 ~ 3000	556 ~ 1667	16
D	3000 ~	1667 ~	24

表-4 輪荷重と接地圧および 接地半径

交通タイプ	輪荷重 (t)	接地半径 (cm)	接地圧 (kg/cm^2)
A	1.5	8.88	6.06
B	2.5	10.63	7.04
C	4.0	13.25	7.25
D	6.0	16.75	6.81

4) 疲労破壊に至るまでの載荷回数

疲労破壊に至るまでの載荷回数を求めるためにWitczak の提案による次式を採用した。(4)

$$N_f = a \times b^{\frac{1}{d}} \times (\frac{1}{\epsilon})^c \quad (2) \quad \text{ここで, } N_f: \text{疲労破壊に至るまでの載荷回数, } a=1.86351 \times 10^{-17}$$

$b=1.01996$, t : 温度 ($^{\circ}\text{F}$), $d=1.45$, $c=4.995$, ϵ : 表層下面に生じる引張りひずみ

なお, 有限要素法の計算条件および疲労寿命の予知の方法に関しては参考文献に詳述したので省略する。(5)(6)

3. 各断面に生じる表面変位量および疲労破壊に至るまでの載荷回数

数値解析により求められた表面変位量

表-5 各断面に生じる表面変位量および疲労破壊に至るまでの載荷回数

ω および表層下面に生じる引張りひずみから (2) 式により求められた疲労破壊に至るまでの載荷回数 N_f を表-5 に示した表より, 各断面, 各 CBR により, また表層の弾性変形係数 M_s により, 表面変位量, 疲労破壊に至るまでの載荷回数とも大きく異なり, 特に表層の弾性変形係数がそれに及ぼす影響が大きいことが認められる。

CBR (%)		M_s (kg/cm ²)	A 交通	B 交通	C 交通	D 交通
2	ω (mm)	1000	0.973	1.41	1.86	1.97
		50000	0.366	0.775	1.51	1.25
	N_f (回)	1000	1277394	237912	103536	139367
		50000	4037221	474937	599172	1180717
4	ω (mm)	1000	0.947	1.38	1.94	1.76
		50000	0.379	0.737	1.65	1.27
	N_f (回)	1000	956166	84500	92210	152015
		50000	3599244	250800	409143	987785
8	ω (mm)	1000	0.803	1.16	1.64	2.03
		50000	0.290	0.577	1.23	0.997
	N_f (回)	1000	221668	305841	99882	218637
		50000	2882585	268192	409143	905596

4. 疲労寿命の予知

表-5 に示した疲労破壊に至るまでの載荷回数をもとに各断面の疲労寿命を算定する。交通量は直線的に増加し5年後に延び率1.8に達し, その後は一定になるものと仮定して求められた。なお, B交通, C交通については表-3に示すような上限および下限の交通量で寿命日数を算定した。(上限 B_{max}, C_{max} , 下限 B_{min}, C_{min} とする。) 舗装の温度に関しては, 30°C ($M_s=1000\text{kg/cm}^2$), 2°C ($M_s=50000\text{kg/cm}^2$) を代表的な値として採用するために舗装表面下の温度の月平均により, 近似的に10月~4月では 2°C , 5月~9月では 30°C と仮定した。

以上より, 各断面, 各交通量に対して寿命日数を算定した。寿命日数と CBR の関係を図-1 に示した。図より, 各断面により寿命日数が大きく異なることが認められる。また, 図中の (A), (B_{min}) を除いて寿命日数が700日以下と非常に短かいが, この原因として, 本解析においては車両が同じ位置を通過するという危険な状態を想定していること, (2)式の疑問性および単純化された表層材の弾性変形係数の使用などが考えられる。本解析においては多くの仮定がなされているので正確な疲労寿命の予知がなされたとは思われは, 寿命日数の大きな相違に関しては, さらに詳細な解析を行ない検討する必要があると思われる。

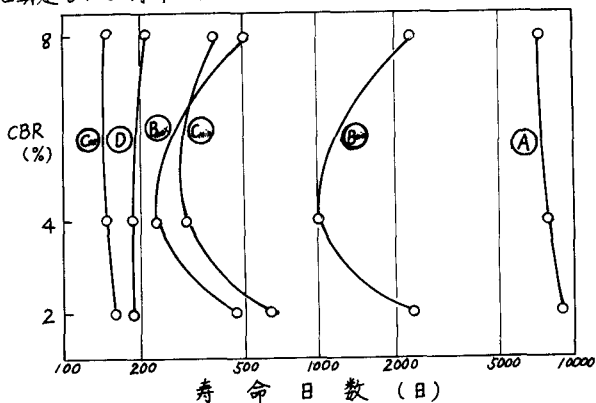


図-1 各断面の寿命日数

参考文献

- (1) H.B.Seed, et al: "Prediction of Pavement Deflection from Laboratory Repeated Load Tests," Report. No. TE-65-6, Univ. of California, 1965
- (2) 西, 白石, 池田: "繰返し荷重を受ける粘性路床土の弾性的定数について", 第13回土木工学研究発表会講演集, 1978.6
- (3) 秋山政敏: "輪荷重と接地圧, 接地半径の関係", 土木学会論文報告集, No. 243, 1975, 11
- (4) M.W.Witczak: "Design of Full Depth Asphalt Airfield Pavement", the 3rd. Int. Conf. on the Structural Design of Asphalt Pavement, 1972
- (5) 西谷本, 佐々木: "有限要素法によるタワミ性舗装の変位解析", 土と基礎, 1975, 1
- (6) 西, 佐々木: "たわみ性舗装の疲労破壊に関する一試案", 土木学会関西支部年次学術講演概要集, 1976