

神戸大学工学部 正員 西 勝
 神戸大学工学部 正員 白石良三
 神戸大学大学院 学生員 小畑博之

1. まえがき

アスファルト舗装の破壊形態として表層材の疲労に起因するひびわれ、あるいは残留ひずみの蓄積によるめだち掘れなどがあげられる。それらを防止するため、交通荷重によって生じる応力あるいはひずみを許容限度内におさへようとする設計基準に関する研究が進められている¹⁾。そこで本研究においては、従来の研究より得られた材料定数を用いて、舗装厚および路床土のCBRが異なる断面を有限要素法によって解析し、交通荷重により生じる応力およびひずみを求めた。それらに基づき、応力およびひずみの適当な許容基準値を満足する(十分な供用性を有する)舗装厚を求め、さらにアスファルト舗装要綱に基づいた設計例断面と比較検討した。

2. 解析条件

1) 解析に使用した粘性路床土、路盤材(切込み砕石)および表層材の材料定数を表-1に示した²⁾。表層材の弾性変形係数としては、多くの研究者によって示されている実験結果の平均値を採用した³⁾。

2) 解析方法としては、材料定数の非線形性を考慮して、繰返し有限要素法を採用した。

3) 断面寸法は、直径230cm、全層厚を40cmとし、要素数229、節点数138の三角形要素に分割した。

4) 疲労破壊に至るまでの載荷回数を求めるためWitczakの提案した次式を採用した⁴⁾。

$$N_f = a \times b t^d \times \left(\frac{\epsilon_r}{\epsilon_r^c}\right)^c \quad (1) \quad \text{ここに、} N_f: \text{疲労破壊に至るまでの載荷回数, } a = 1.86351 \times 10^{-17}, \\ b = 1.01996, t: \text{温度(°F)}, d = 1.45, C = 4.995, \epsilon_r: \text{表層下面に生じる引張りひずみ}$$

5) 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の採用している

32cmを、また輪荷重と接地圧の関係は秋山氏の実験結果を採用した⁵⁾。それによると表-2のようになる。

交通別	輪荷重(t)	接地半径(cm)	接地圧(kg/cm ²)
B	2.5	10.63	7.04
D	6.0	16.75	6.81

3. たわみ性舗装の合理的設計について

3.1 設計基準値

十分な供用性を有する舗装設計のための基準値に関しては、BrownおよびPellなど多くの研究者によって研究が進められている⁶⁾。本研究においては、表面変位 w_0 、路床面上に生じる垂直応力 σ_v および表層下面に生じる引張りひずみ(疲労破壊に至るまでの載荷回数 N_f)に対する基準値によって安全な舗装断面を求めることにした。表面変位に関しては、BrownおよびPellがListerの論文より、 $10^5 \sim 10^6$ 回の載荷に対する表面変位の許容値として約1.5mmを示している。垂直応力に関しては、PeattieがAASHO道路試験およびShellの研究成果をもとに、路床土のCBRと許容応力の関係を示している⁷⁾。それによるとCBRが2%、4%、8%の場合、許容応力はそれぞれ0.12kg/cm²、0.24kg/cm²、0.48kg/cm²となる。疲労破壊については、B交通およびD交通に関する交通量よ

り、疲労破壊に至るまでの載荷回数の基準値をそれぞれ 1.0×10^6 回, 4.0×10^6 回とした。

3.2 安全な舗装厚

図-1は夏季 ($Mrs = 9,100 \text{ kg/cm}^2$, 破線) および冬季 ($Mrs' = 95,000 \text{ kg/cm}^2$, 実線) において路床土の CBR が 2% の時, 前述した基準値を満足する断面の表層厚と路盤厚との関係を示したものである。なお図中に実線および破線で示す斜線は, 冬季および夏季において基準値 w_b , σ_z , N_f をすべて満足する断面の範囲である。図より, 路盤厚がある一定値以下では路床面上に生じる垂直応力により安全な舗装厚が決定され, それ以上では疲労破壊に対する安全性により決定されることが認められる。また,

夏季に安全な断面は冬季においても安全な断面は冬季においてもほぼ安全であることが認められる。Dornon および Metcalf は舗装設計にあたって, 路床面上での限界垂直ひずみとして 10 回の載荷に対して 6.5×10^{-4} を与えている。図中の安全な境界上の点 (図中に白丸) で示される断面における垂直ひずみはそれぞれ 3.58×10^{-4} , 2.59×10^{-4} となり, 基準値として垂直ひずみを採用しても図中に斜線で示された断面は安全性を満足するものと思われる。

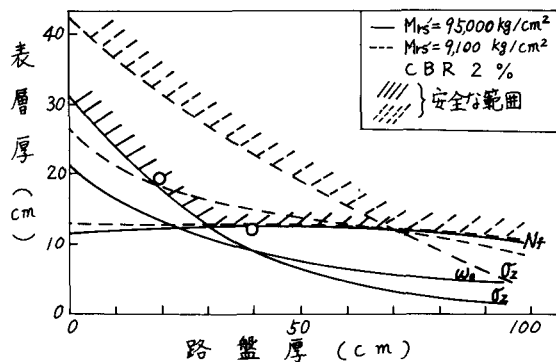


図-1 安全な舗装厚

3.3 舗装要綱に基づく断面との比較

図-2は一例として夏季 ($Mrs = 9,100 \text{ kg/cm}^2$) において路盤厚が 40 cm の時, 基準値を満足する表層厚と路床土の CBR の関係を示したものである。舗装要綱に基づく断面は, 要綱の T_b のみを考慮し, 等値換算係数 (切込み砕石 0.25) により換算し決定された。なお, 図中の白丸, 黒丸は舗装要綱による断面の B 交通タイプ, D 交通タイプを, 実線および破線は B 交通荷重, D 交通荷重に関する解析結果を示したものである。図より, 表面変位に関してはすべて安全側にあるが, 垂直応力に関しては CBR が小さい所で, 疲労破壊に関しては CBR が大きい所で危険側になることが認められる。このように要綱による断面は各基準値に対して必ずしも等価でなく, 危険側になることもあり, 基準値そのものについても疑問であるが, 基準値として何を选ぶか検討する必要があると思われる。

以上のようにデータ不足でまだ未解決の部分が多いが, 適当な表層材の疲労曲線および許容基準値を決定することにより, 本解析法で安全な最小限度の舗装厚および路床土の CBR を決定することができ, より経済的な断面を選定することができるのではないと思われる。また, 将来交通量, 交通荷重が増大した場合においても本解析法が適用できるものと思われる。

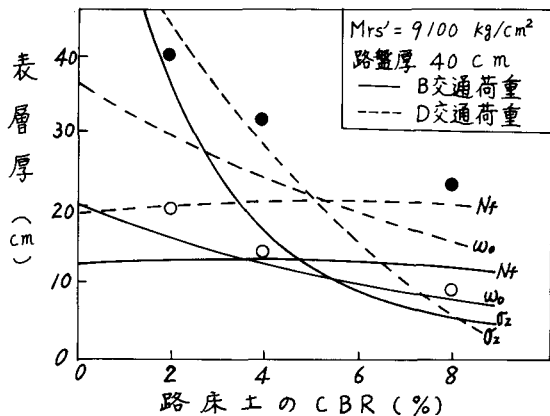


図-2 舗装要綱に基づく断面との比較

参考文献

- 1) たとえば, G.M. Dornon and Metcalf: Design Curves for Flexible Pavement Based on ---, H.R.R., No. 71, 1965, PP. 69~84
- 2) 西, 白石, 池田: 繰返し荷重を受ける粘性路床土の弾性的挙動について, 第13回土質工学研究発表会講演集, 昭和53年6月, PP. 1109~1112
- 3) 西 勝: たわみ性舗装の力学, 土木学会関西支部 昭和53年度講習会テキスト, 昭和54年2月, PP. 20~24
- 4) H.W. Witczak: Design of Full-Depth Asphalt..., 3rd. Int. Conf. on the Structural Design of Asphalt Pavement, 1972, PP. 550~567
- 5) 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, 243号, 1975, PP. 81~90
- 6) S.F. Brown and P.S. Pell: A Fundamental Design..., 3rd. Int. Conf. on the Structural Design of Asphalt Pavement, 1967, PP. 389~381
- 7) K.R. Peattie: A Fundamental Approach..., 3rd. Int. Conf. on the Structural Design of Asphalt Pavement, 1962, PP. 403~411