

V-11 多層弾性理論にレジリエントモジュラスを適用する際の課題についての一考察

日本道路株式会社技術研究所 正会員 遠藤 桂
同 橋本友光

1. はじめに

アスファルト舗装要綱に多層弾性理論による舗装の設計例が示され¹⁾、そのインプットとしての弾性係数やレジリエントモジュラス(以下 Mr)について様々な研究²⁾が行われている。一般に Mr などは材料の違いはもちろんのこと、載荷荷重の大きさや載荷速度などの試験条件によっても変化する。しかしながら多層弾性理論でこれらの値を設定する際には、アスファルト混合物層については温度ごとに値を設定しているものの、路盤層などでは想定される荷重条件に対応した試験条件における値を用いるまでには至っていない。

そこで、繰返し三軸試験による路盤材の Mr を例にとり、 Mr の設定の仕方による舗装の挙動の違いを簡単なシミュレーションにより示し、 Mr を活用するときの一つの課題について少々の考察を行った。

2. 室内実験例

シミュレーションに用いる Mr を設定するために、再生路盤材を用いて繰返し三軸試験を行った。この材料は表-1の様な特性を持っている。試験は $\phi 150 \times 300\text{mm}$ の供試体を用い、AASHTO T-294に準じて³⁾載荷時間0.1秒(1Hz)のハーバーサイン波により1,000回の予備載荷と15組の応力条件でそれぞれ100回の載荷を行った。試験結果を図-1に示す。この結果について主応力和($\theta = \sigma_1 + 2\sigma_3$)と Mr との関係を求めると、

$$Mr = 620.1 \times \theta^{0.680} \quad (\text{kgf/cm}^2) \quad \dots \text{式-1}$$

であった。参考までにこの結果をAASHTO指針の提唱値⁴⁾に照らすと、材料定数 $k_1 = 620.1$ は下層路盤、 $k_2 = 0.680$ は上層路盤に該当する。

表-1 使用材料の特性値

最適含水比(%)	8.6
最大乾燥密度(g/cm^3)	1.932
修正CBR値(%)	120.4

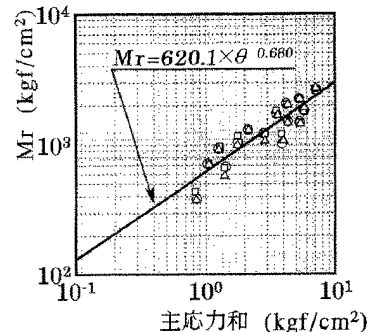


図-1 繰返し三軸試験結果

3. 同一TA舗装断面における Mr の違い

アスファルト舗装要綱に示されている舗装断面例¹⁾について、それと同一TAになる比較断面を設定し、それぞれの断面に式-1の Mr を適用したときの応力について比較した。比較断面は、上記再生路盤材を用いるものと、再生路盤材を使用した層について、

ケースA. 表面からの深さ、層厚ともに異なる場合(断面A-1、A-2)

ケースB. 表面からの深さは等しいが、層厚が異なる場合(断面B-1、B-2)

ケースC. 表面からの深さが異なるが、層厚は等しい場合(断面C-1、C-2)の3ケース6断面を想定した(図-2)。

各ケースにおいて、5t載荷時の応力をELSA⁵⁾を用い計算し、当該路盤層にかかる応力和を式-1に入力して求めた Mr が、ELSAに入力した弾性係数と一致するまで繰返し計算を行った。なお、当該路盤層の弾性係数以外は応力によらず一定とし、表-2の様に仮定した。求めた応力和と Mr を表-3に示す。

この結果、表面から再生路盤層の上面までの深さが異なると材料の弾性係数(Mr)に影響を及ぼすが、層の厚さはあまり影響を及ぼさないことがわかった。これは層厚や深さの変化による拘束圧あるいは軸圧の変化の大小に起因する。ある材料を舗装に使用する場合には、その使用位置(表面からの深さ)に注意する必要があることを示している。

表-2 各層の弾性係数

材料または層	弾性係数 (kgf/cm^2)
アスコン層	25,000
アス安定処理	14,500
粒調碎石路盤	2,800
クラッシャーラン路盤	1,400
路床	設計CBR×100

表-3 弾性係数と Mr が一致したときの応力和と Mr

断面	主応力和 (kgf/cm^2)	Mr (kgf/cm^2)
A-1	1.132	675
A-2	0.865	562
B-1	0.408	337
B-2	0.427	347
C-1	1.326	751
C-2	1.679	882

4. 許容載荷回数の試算結果に対する影響

多層弾性理論を応用して舗装断面の設計あるいは評価を行う場合、しばしばその舗装の許容載荷回数を試算する。この許容載荷回数の計算における入力条件であるMrについて、

1) 断面1で得られたMrを断面2に適用した場合(断面によらずMrが一定の場合に相当)

2) 断面2で得られたMrをそのまま断面2に適用した場合(使用位置に対応したMrを用いた場合に相当)
に計算結果にどのような影響があるか調べてみた。許容載荷回数の算定式はアスファルト舗装要綱の例¹⁾を用いた。

それぞれのケースにおいて②の場合の計算結果を100(%)としたときの①による計算結果をアスコン層と路床の場合について示したのが表-4である。

この結果から、入力する弾性係数(Mr)によって、同一断面であるにも関わらず許容載荷回数は異なり、その結果舗装のパフォーマンスを過大あるいは過小に評価する場合があることがわかった。また、この試算では当該路盤層のみMrを変化させたが、それ以外の層の弾性係数あるいはMrも応力に応じて変化させればこの違いはさらに広がる可能性もある。

室内実験などからもMrは応力によって値が変化することがわかっているため、多層弾性理論などで弾性係数やMrを設定する際には慎重に行う必要がある。

5. 最後に

繰返し三軸試験による路盤材のMrを例にとり、多層弾性理論への適用の際の課題について少々の検討を行った。この理論のインプットとして舗装各層の弾性係数(Mr)を設定するときには、通常これらを「材料定数」として扱う場合が多いが、Mrは応力の大きさに依存し、舗装においては特に層の深さによる応力状態に対応したMrをインプットとした場合と比較するとそのアウトプットに多少の差を生じさせることがわかった。また許容載荷回数の試算を行うとその舗装を過大あるいは過小に評価する場合もあることがわかった。本検討では当該路盤層のみについてMrを変化させたが、他の層についても応力状態に応じたMrを設定する必要があるため今後の課題としたい。最後に、本検討をまとめるにあたり室内実験、データ整理や分析で協力を頂いた田中裕次君ら(当時武蔵工業大学学生)に感謝の言葉を述べたい。

参考文献

- 1) 日本道路協会：アスファルト舗装要綱、平成4年12月改訂
- 2) 例えば、野田悦郎他、アスコンのレジリエントモデュラスに関する検討、道路建設、1994年4月、No. 555
- 3) Standard Specifications for Transportation Materials and Methods of Sampling and Testina, AASHTO T-294
- 4) セメント協会：舗装に関するAASHTO指針、1990年
- 5) 姫野賢治：パソコンによる舗装の多層弾性構造解析、アスファルト、1989年、Vol. 32、No. 161

断面A-1 (TA=21.0)	断面A-2 (TA=21.0)
アスコン層 t=100mm	アスコン層 t=100mm
粒度調整砕石 t=100mm	粒度調整砕石 t=150mm
当該路盤層 t=300mm	当該路盤層 t=230mm
路床 (B交通、設計CBR=6)	路床 (B交通、設計CBR=6)
断面B-1 (TA=34.0)	断面B-2 (TA=34.0)
アスコン層 t=150mm	アスコン層 t=200mm
アス安定処理 t=100mm	粒度調整砕石 t=150mm
粒度調整砕石 t=100mm	
当該路盤層 t=300mm	当該路盤層 t=350mm
路床 (D交通、設計CBR=8)	路床 (D交通、設計CBR=8)
断面C-1 (TA=32.2)	断面C-2 (TA=32.3)
アスコン層 t=100mm	アスコン層 t=150mm
アス安定処理 t=80mm	
当該路盤層 t=200mm	当該路盤層 t=200mm
クラッシャーラン t=350mm	クラッシャーラン t=410mm
路床 (C交通、設計CBR=4)	路床 (C交通、設計CBR=4)

図-2 比較した舗装断面例

表-4 試算した許容載荷回数の比

	アスコン層	路床
断面A	109	93
断面B	99	104
断面C	88	93