

1. はじめに

我が国で推奨されているアスファルト舗装の理論的設計法は、輪荷重載荷時に表基層を構成するアスファルト混合物層下面に生ずる最大水平引張ひずみと路床上面で生ずる鉛直圧縮ひずみを用いて破壊基準式によりそれぞれの破壊輪数を求め、これらが設計条件である必要破壊輪数以上になるよう断面設計するものである<sup>1)</sup>。ここには疲労破壊はアスファルト混合物層で生ずるとの前提がある。さて、著者らはこれまで模型舗装での繰返し平板載荷試験や実路試験舗装での走行試験を行なって HMS (水硬性粒度調整鉄鋼スラグ) 路盤を有するアスファルト舗装の動的挙動について調査してきた。本報では、実路試験舗装での走行試験結果にもとづいて、現行の理論的設計法を HMS 路盤のような硬化層を有する場合にも適用できるように修正案を提示するものである。

2. 荷重車走行に伴う HMS 路盤系アスファルト舗装の動的挙動

著者らは、姫路市播磨区内の一般県道で計器埋設 (ひずみ計, 土圧計, 熱電対) を伴う試験舗装を行い荷重車走行試験による追跡調査を行ってきた<sup>2,3,4)</sup>。舗装構成は、表層が 50mm 厚の再生密粒度アスファルト混合物 (20), 中間層と基層が各 50mm 厚の再生粗粒度アスファルト混合物 (20), 上層路盤が 100mm 厚の HMS-25, 下層路盤が 100mm 厚の再生クラッシュランであり、路床は原地盤であり階段粒度の礫質土である。荷重車走行試験は、荷重車 (前輪 1 軸単輪で後輪 2 軸複輪の 20t 大型ダンプトラック) を所定の速度で計器埋設した舗装路面を走行させ、その時の土圧とひずみを計測するものである。図-1 に舗装断面および計器埋設位置を示す。

さて、試験結果であるが、ここでは 2005, 2007, 2008 年の夏季に得られた水平ひずみについて述べる。図-2 は、後輪の複輪中央が埋設計器直上を通過するとき得られた水平ひずみの鉛直分布である。車速は全てほぼ同じ 10km/h である。横軸は正が引張ひずみである。図より、2005 年の最大引張ひずみは基層下面で発生しているが、HMS 層下面にも比較的大きな引張ひずみが生じている。2007 年では基層下面および HMS 層下面でほぼ同じ引張ひずみが生じている。2008 年では HMS 層下面で最大の引張ひずみになっている。また基層下面の水平ひずみは、経年とともに小さくなっており、HMS 層下面でも同様の傾向がみられる。また、2008 年では図-3 に示すように舗装温度が他と比べて約 8°C 高くなっている。

これらの傾向は、ここでは示さなかったが車速や走行位置が異なる場合でも観察されている。したがって、HMS 路盤のような硬化層を有するアスファルト舗装の構造設計に際しては、アスファルト混合物層のみならず HMS 層の疲労破壊についても評価する必要がある。

3. 現行の理論的設計法の修正

図-4 に現行の理論的設計法に HMS 路盤の疲労破壊の可能性を評価するブロックを追加し修正した理論的設計フローを示す。破線で囲んだ部分が修正箇所である。ここでは、表層・路盤・路床の 3 層系アスファルト舗装の例題解析を行い、設計フローを検討する。各層のひずみを求めるために行う多層弾性解析には KENLAYER プログラム<sup>5)</sup>を用いた。舗装構成は、図-5 に示すように表層が密粒度アスファルト混合物、路盤が HMS、路床が礫質土である。なお、表層・路盤の厚さは  $T_A$  設計法 (設計 CBR 8, 信頼度 90%) によって設定したものである。さて、各層の弾性係数の設定であるが、アスファルト混合物については 1 年を

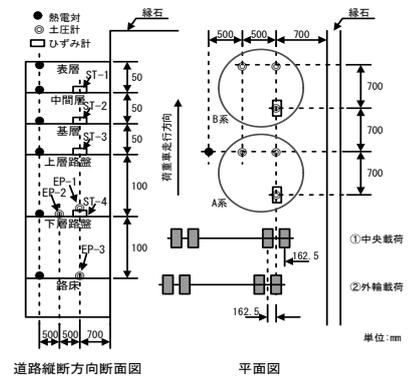


図-1 舗装断面および計器埋設位置

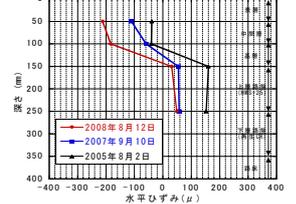


図-2 水平ひずみ鉛直分布

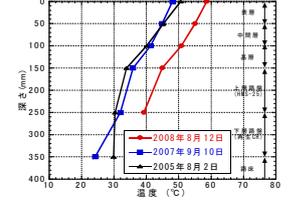


図-3 舗装温度の鉛直分布

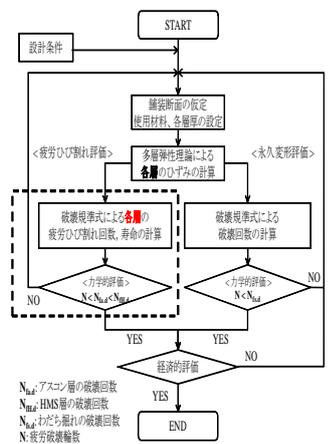


図-4 修正した設計フロー

春夏秋冬の4つに分割し舗装設計便覧を参照して設定した。路床についても舗装設計便覧を参照して設定した。HMSについては過去の実験結果を参考に水硬性を考慮して、弾性係数は養生日数とともに増加し半年以降は一定と仮定した。ポアソン比については各層とも一定と仮定し、表層・路床については舗装設計便覧を、路盤については過去の実験結果を参考に設定した。表-1に多層弾性解析に用いた各層の弾性係数およびポアソン比をまとめて示す。次に、荷重条件であるが、舗装設計便覧に従って図-5に示すように設定した。交通条件は $N_7$ 交通で、経年変化はないものとした。また信頼度は90%、設計期間10年とした。ここでは舗装の施工時期を冬季として解析を行なった。

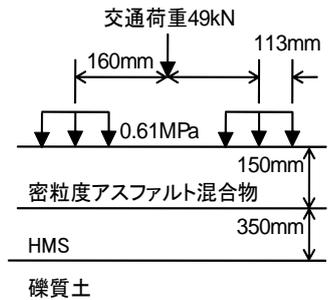


図-5 舗装断面図

施工後6ヶ月以降に各条件で得られた表層および路盤で生じる水平引張ひずみの最大値を表-2にまとめて示す。ここで、表層の水平ひずみについてであるが、表層と路盤の弾性係数の相対的な関係により、表層下面では非常に小さな引張ひずみか圧縮ひずみが生じ(表中カッコ内の数値)、最大の引張ひずみは表層中間部に生ずる結果となった。表にはこの最大値を示している。さて、疲労破壊回数を算定するためには疲労破壊基準式が必要であるが、アスファルト混合物については舗装設計便覧の式を、HMS路盤材については西ら(1994)が高炉徐冷スラグ路盤に対して誘導した次式を暫定的に用いた。

$$N_f = 1.515 \times 10^{-16} \cdot \epsilon_f^{-6.216}$$

ここで、 $N_f$ は疲労破壊回数、 $\epsilon_f$ は引張ひずみである。

表-2に示した水平引張ひずみをそれぞれの疲労破壊基準式に代入するとそれぞれの各季節での疲労破壊回数が求まる。この疲労破壊回数と交通条件が $N_7$ (3000台/日・方向)で経年変化がないことを考慮してマイナーの線形累積損傷則を用いると、表層と路盤の疲労寿命がそれぞれ12.5年、 $5.17 \times 10^4$ 年と求まる。路盤の疲労寿命が表層の寿命よりも長いことから疲労ひび割れに対する力学的評価についてはOKということになる。ここで、路盤の疲労寿命の方がはるかに長いことから、路盤層厚を薄くしても設計期間を十分満足することが推測できる。実際、層厚250mmで計算したところ疲労寿命は $3.15 \times 10^3$ 年となり、なお十分な耐久性を有している。なお、表層の疲労寿命については前述のように最大水平引張ひずみ(表層中間部で発生)を用いて算出したが、表層下面に生ずる水平引張ひずみを用いて計算すると、はるかに長い疲労寿命になることは言うまでもない。

ところで、疲労寿命を算定する場合に疲労破壊基準式は必須要素であるが、現状ではオーソライズされたHMSの疲労破壊基準式が存在しないことから本例題解析では西らの式を暫定的に用いた。式の形から分かるように係数が少し変わるだけで得られる疲労破壊回数に大きな違いが生ずるため、HMS路盤を有するアスファルト舗装の構造設計を合理的に行うためにも信頼性のある疲労破壊基準式の確立は急務であるといえる。

#### 4. まとめ

本報では、実路試験舗装での走行試験にもとづいてHMS路盤を有するアスファルト舗装の現行の理論的設計法における疲労ひび割れの力学的評価の際にHMS路盤層の疲労破壊の可能性もチェックするような修正案を示した。例題解析数には制約があるものの、修正案により合理的な構造設計ができる可能性があることがわかった。ただし、信頼性のある疲労破壊規準式の確立が大前提となる。また、本報では永久変形に対する力学的評価については全く触れなかったが、これについても修正していく必要があり現在検討中である。

**参考文献** 1)日本道路協会：5-3 理論的設計法，舗装設計便覧，pp.109-144，2006。2)岡本他：荷重車走行に伴いHMS路盤系アスファルト舗装内に生ずる水平方向ひずみについて，平成18年度土木学会関西支部年次学術講演会講演概要集CD，2006。3)宮原他：実路試験舗装において計測されたHMS路盤を有するアスファルト舗装の動的応答について，第42回地盤工学研究発表会発表講演集CD，2007。4)福津他：荷重車走行によるHMS路盤系試験舗装の夏季における動的挙動に関する一考察，平成20年度土木学会関西支部年次学術講演会講演概要集CD，2008。5)T.H.Huang：Pavement Analysis and Design, Prentice Hall, 2004

表-1 弾性係数とポアソン比

	E (MPa)						ν
	3000(春)		600(夏)		9000(冬)		
表層	施工後30日	施工後60日	施工後90日	施工後120日	施工後150日	施工後180日～	0.35
路盤	450	2000	4400	5200	5800	6000	0.20
路床	40 (一定)						0.40

表-2 水平引張ひずみの最大値(施工後180日～、ただし引張を正とする)

	水平引張ひずみ(μ)			
	春	夏	秋	冬
表層	15.07(-2.71)	162.63(-20.57)	29.50(-8.33)	9.11(9.11)
路盤下面	39.18	48.72	41.94	32.22