

力学的経験的舗装設計法（多層弾性理論）による照査の有用性

(株) エイト日本技術開発 正 会 員 ○水野 聡士*
 JICA 技術アドバイザー フェロー会員 古木 守靖**
 JICA 資金協力業務部 正 会 員 田中 顕士郎***

1. アフリカ地域における舗装設計法

アフリカ地域において、我が国の無償資金協力事業により施工された道路舗装が供用後の早い時期に破損する事例が見られたことから、2012 年に JICA による調査が実施され、調査・設計、及び施工の両面から様々な分析が行われた。本稿ではこの内、調査・設計段階、特に舗装設計に関し、破損事例を参考として実施した分析結果について考察を述べるものである。

アフリカ地域の英語圏の国々では、英国の Overseas Road Note 31 (ORN31:1993)を舗装設計基準の参考にしている場合が多い。また、一部の国では、経験的舗装設計法の代表である AASHTO (1993)の設計基準を用いている。その他、舗装先進国である南アフリカ、及び隣国モザンビークでは、多層弾性理論を用いた力学的設計法を一般的な設計方法として採用している。なお、AASHTO の舗装設計法も、現在では力学的経験的設計法にシフトしている。我が国の無償資金協力事業においては、基本的に相手国の舗装設計基準に基づき舗装構成を決定しているが、設計基準に使用限界がある場合などには、他の適切な設計基準を用いることとしている。

2. 多層弾性理論の有用性

以下の考察事例は、アフリカ地域の都市内道路であり、日交通量が 11,000 台/日/方向(交通量調査結果)の幹線道路である。設計条件は、以下のとおり設定されていた。

- ・設計期間: 15 年
- ・累積軸重: 12.3 百万
- ・路床強度: 設計 CBR=9%以上

表 2-1 に示す舗装構成は、AASHTO (1993)の設計方法を参考に、トータルとしての支持力をチェックするという方法により決定されている。

表 2-1. 検証対象の舗装構成

層構成	厚さ (cm)	適用材料
表層	7cm	アスファルトコンクリート
上層路盤	20cm	粒調碎石
下層路盤	26cm	セメント安定処理

しかし、この舗装構成により道路の供用を開始したところ、供用後の早い段階でアスファルト舗装が破損するという事象が発生した。



写真 2-1. 供用後の早い段階での舗装の破損

この破損原因については、予期せぬ交通荷重の急増、想定より弱い路床強度、配合設計や品質管理等、様々な原因が考えられるが、本稿では、これら破損原因の特定では無く、多層弾性理論による舗装構成の照査が、これら破損原因の一部を取り除くことに有効であったのではないかという視点から検証を行った。なお、多層弾性理論による解析には多層弾性解析ソフト GAMES を用いた。

(1) 気温の影響

気温はアスファルト混合物の温度および弾性係数に影響を及ぼし、さらに舗装のひずみ、構造的な耐久性に影響を及ぼすことが知られている。「舗装設計便覧」によれば、アスファルト混合物の弾性係数は 600～

キーワード アスファルト舗装, 設計, アフリカ, 多層弾性理論, GAMES

連絡先 *〒164-8601 中野区本町 5 丁目 33-11 (株) エイト日本技術開発 TEL 03-5341-5157
 **〒154-0022 世田谷区梅ヶ丘 1-58-2 TEL 090-8106-8211
 ***〒102-8012 千代田区二番町 5-25 (独) 国際協力機構無償資金業務部 TEL 03-5226-9265

12,000MPa の範囲に有り、日本の気象条件下では年平均で 5,000~6,000MPa 程度である。これに対して対象としたアフリカの国では、年間を通して高温であり、最低気温との温度差も小さく平均気温が高い。比較する両者の混合物の性状が同じであると仮定して、アフリカ地域の気象条件を考慮した場合、「舗装設計便覧」の式から、アスファルト混合物の弾性係数は年平均で 2,300MPa 程度となる。

表 2-2. 設定された入力値

層構成	日本の気象条件下		アフリカの気象条件下	
	弾性係数 (Mpa)	ポアソン比	弾性係数 (Mpa)	ポアソン比
アスファルトコンクリート	6,000	0.35	2,300	0.35
粒調砕石	300	0.35	300	0.35
セメント安定処理 (qu=0.98MPa)	620	0.2	620	0.2
路床	90	0.4	90	0.4

上記条件により多層弾性解析を実施した結果が表 2-3 である。この結果からわかるように、同じ舗装構成であっても、アフリカ地域の気象条件下では、たわみ量、ひずみとも大きくなる。また、AC 層下面でのひずみを、日本の気象条件下での結果と同程度にするためには、AC 層を 10cm 程度以上とする必要がある。

表 2-3. GAMES によるたわみ量とひずみの計算結果

AC層厚さ (cm)	気象条件	同程度の強度とする場合	
		日本	アフリカ
7		7.0	7.0
たわみ量 (mm)	AC表面	0.398	0.423
	AC下面	0.399	0.425
	路床上面	0.280	0.297
ひずみ	AC表面	3.66E-05	1.28E-04
	AC下面	-8.15E-05	-2.17E-04
	路床上面	-3.11E-04	-3.34E-04

ひずみ：- (マイナス) 圧縮、+ (プラス) 引張り
注：検証位置はWタイヤ中央部

(2) タイヤ形状の影響

また、近年の急激な経済成長にともない、途上国の貨物輸送量も大きな伸びを示している。途上国では、鉄道網の脆弱性等から輸送の大部分を道路が担っており、輸送の効率性から大型貨物車の比率が非常に高い。これら大型車の後軸は一般的に複輪(W タイヤ)仕様であり、単輪とは異なる影響を舗装に与える。図 2-1 は、W タイヤの AC 層下面の水平ひずみの発生状況である。

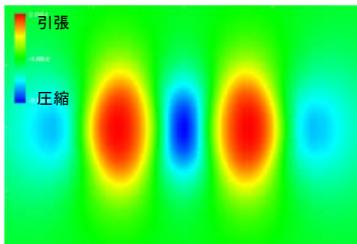


図 2-1. AC 層 (7cm) 下面のひずみ計算結果 (W タイヤ)

この図に見られるタイヤ内側での圧縮ひずみは、舗装の永久変形につながる。この圧縮ひずみが引張りひずみに移行する AC 層の厚さは、図 2-2 からアフリカ地域の気象条件下で 14cm 程度、日本の気象条件下で 10cm 程度となる。また、シングルタイヤの場合、日本の気象条件下で AC 層 7cm の下面での引張りひずみと、アフリカの気象条件下の AC 層 15cm の下面での引張りひずみが同程度となる。

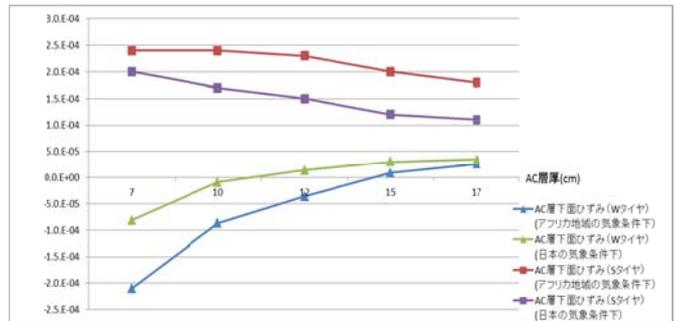


図 2-2. AC 舗装厚とひずみの関係

(3) 考察

多層弾性理論を用いた舗装の設計については様々な議論があるが、少なくとも、日本で蓄積されたデータを参考に、異なった気象条件や供用条件下において、その舗装構成のリスクを検証することが可能である。また、本分析では、AC 層の厚さに着目しているが、路盤や路床に着目した分析を実施することにより、より多くのリスクを設計段階で明らかにすることができると考えられる。

3. おわりに

冒頭に書いたとおり、舗装設計法は力学的経験的設計法にシフトしている。この設計手法のシフトは、我が国が援助を実施する途上国の舗装設計に対しても、近い将来影響を与えるものと予想される。このため、舗装技術者は、理論的に舗装を評価する技術とこれまで培った経験的技術を積極的に活用していくことが求められる。併せて、我が国で蓄積された理論的設計法に関するデータを広く公表し、支援する途上国ともデータを共有することは、技術支援の一環になると考えられる。

【参考文献】

- 1) 日本道路協会: 舗装設計便覧 平成 18 年 2 月
- 2) 土木学会: 多層弾性理論による舗装構造解析入門、舗装工学ライブラリー3、2005 年 4 月
- 3) 路上再生セメント安定処理路盤の理論的設計法による評価(入手先: <http://www.toyostb.co.jp>)