

舗装の理論的設計法について

寒地道路保全チーム

はじめに

舗装の構造的設計手法として日本国内では、過去の経験に基づく経験的設計手法である TA 法が多く用いられてきました。しかし、近年、性能規定化への対応や他産業資材の活用の促進などのため、新しい材料

や舗装構成による設計が求められ、経験的手法だけでは対応が難しくなってきたことから、経験や実績の乏しい材料や舗装構造でも設計可能な理論的設計手法の必要性が高まっています。

Q 1：理論的設計法はどうして必要なのですか。

A 1：舗装の設計には、舗装の平坦性やすべり抵抗、排水性など路面性能を満足するように、主に表層の材料や厚さなどを決定する路面設計と、舗装の永久的変形や疲労破壊などの構造的な性能を満足するように、舗装各層の材料や層厚を決定する構造的設計があります。このうち、構造的設計の方法には、経験に基づく設計手法と理論的設計方法の2つの手法があります。

経験に基づく設計手法の代表的手法である TA 法は、実道等での膨大な試験データに基づいていることから信頼性が高く、路床の支持力などの基盤条件と交通量などの交通条件が決まれば設計可能なこともあり、これまでほとんどの道路がこの手法により設計されてきました。TA 法は一定のレベルの道路を早く広く普及させる際には非常に効果的でしたが、試験に用いられていない新しい材料や構造に対しては適用が難しいという問題もあります。

理論的設計手法は交通荷重による舗装の挙動を力学的に解析し、設計期間内に舗装の構造的破壊を生じないよう舗装断面を決定する手法です。多層弾性理論や粘弾性理論に基づく手法、有限要素法による手法などがあり、新しい材料や構造に対しても適用が可能です。

舗装へのニーズが近年多様化し、一定の品質のものを数多く作る時代から個々の条件にあった設計が求められる時代になりました。こうした変化に対応するため舗装分野でも仕様規定から設計規定への転換が図られることとなり、平成13年「舗装の構造に関する技術基準」が道路管理者に通知されました。性能規定化へシフトしたことで、多様な材料や構造の選択が可能となり、コスト縮減や、他産業資材の活用など多様なニーズへ対応しやすくなった一方で、経験的設計手法ではこうした新しい材料や構造への対応が困難なことから、理論的設計手法の必要性が高まっています。

Q 2：理論的設計はどのように行うのですか。

A 2：理論的設計手法にはいくつかの手法がありますが、ここでは多くの実績がある多層弾性理論を用いた設計方法について紹介します。

設計の考え方は、仮定した舗装断面が交通荷重を受けた場合の応力やひずみ等の計算を行い、設計期間内に想定される回数の交通荷重による累積ひずみの値が許容値に収まる場合に、仮定した舗装断面が必要な強度を満たすものとして舗装断面を決定するもので、具

体的には以下の手順で行います。¹⁾

①**舗装の性能指標の決定**：舗装の性能指標として設計期間に応じた構造的な破損の許容量を決定します。構造的破損の形態は、アスファルト混合物の疲労による路面ひび割れと舗装各層の圧縮変形の累積として現れる構造的なわだち掘れです。

②**構造設計条件の決定**：構造設計に必要な、交通条件、基盤条件、環境条件、材料条件を決定します(表-1)。

③舗装断面の仮定：計算に用いる舗装の材料及び各層の厚さを仮定します。凍上抑制層を用いる場合はその材料と厚さを仮定し、表層には路面設計で決定した材料と厚さを用います。

④多層弾性理論による計算：仮定した舗装断面に標準荷重49kNを載荷した場合のひずみを計算します。アスファルト混合物最下層面の引張りひずみ(ϵ_t)と、路床上面の圧縮ひずみ(ϵ_z)を計算し、それぞれの最大ひずみを破壊規準式に適用します(図-1)。

⑤破壊規準式による計算：多層弾性理論による計算で得られた最大ひずみを破壊規準式に代入して許容49kN輪数を計算します。

⑥繰り返し計算：季節別の温度条件など条件の数だけ④、⑤を繰り返し、条件毎の許容49kN輪数を求めます。その値から舗装が標準荷重1回から受ける疲労度を算出し、舗装の破壊回数を求めます。路床とアスファルト混合物層の双方の破壊回数が必要な疲労破壊輪数を満たすまで舗装断面を再仮定しながら繰り返し計算を行います。

⑦舗装断面の決定：繰り返し計算で得られた舗装断面に対し経済的評価を行い、最適な舗装断面を決定します。

以上の様な手順で理論的構造設計を行うことで、新しい材料、構造でも舗装の設計ができますが、用いる

表-1 輪荷重走行試験機

項目	明確にする必要のある設計条件
交通条件	①疲労破壊輪数(49kN輪数) ②交通荷重 ・単輪荷重、複輪荷重の区別 ・タイヤ輪の荷重 ・複数タイヤの中心間隔 ・タイヤ接地圧と設置半径
基盤条件	①路床条件を設定する際の路床圧を1mとする場合 ・構築路床、路床(原地盤)の弾性係数とポアソン比 ②路床厚の設計を1m未満で行う場合 ・上記①とともに路体の弾性係数とポアソン比
環境条件	①気温またはアスファルト混合物層の温度(年平均、月平均など) ②凍結指数
材料条件	舗装各層の弾性係数とポアソン比

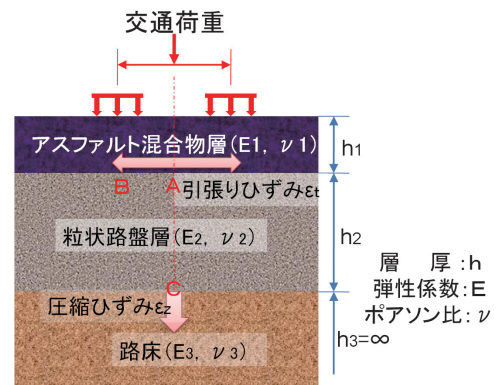


図-1 舗装構造のモデル

材料の弾性係数、ポアソン比や季節別の舗装温度など、計算に必要な各種条件を求めておく必要があります。

Q3：積雪寒冷地で理論的設計法を用いる場合、どのような点に注意が必要ですか。

A3：積雪寒冷地では、気象条件や、アスファルト混合物などの材料条件、凍結の影響などの基盤条件など設計条件が異なるため、理論的設計を用いるためには、これらの条件を適切に設定する必要があります。

寒地道路保全チームでは、これらの条件を明らかにするための研究を行い、基盤となる路床材料や路盤材料の弾性係数が通常期に比べて、凍結期や融解期では大きく変化することや、積雪寒冷地に用いられている舗装用混合物の種類により疲労破壊回数に有意な差があることなどが判りました。²⁾

積雪寒冷地の舗装に対して理論的設計を行う際には、以下の注意が必要です。

- ①凍結融解の影響を考慮し、粒状路盤材料や路床土

に凍結時と融解時の弾性係数の変化を考慮する。②低温クラックの発生を抑制するため、一定のアスファルト層厚を確保する。③必要に応じて凍上抑制層を確保する。④寒冷地用アスファルト混合物の疲労破壊特性を考慮した疲労破壊規準式を用いることが望ましい。

なお、理論的設計を行うためには、寒冷地に限らず、使用する材料の物性を確認するとともに、実際に施工された各層が設計値と同等の性能を有していることを確認することが重要です。

理論的設計手法は非常に有用な手法ですが、まだ実績が少なく、今後とも実道の長期供用性状データの蓄積などにより、適用性の検証を進めていく予定です。

(文責：熊谷 政行)

参考文献

1) 日本道路協会舗装委員会:舗装設計便覧, 丸善(株) 出版事業部, 第5章アスファルト舗装の構造設計, 2006.

2) 安倍, 丸山, 熊谷:積雪寒冷地における As 舗装の理論的設計方法に関する検討, 土木学会第66回 年次学術講演会, 2011.