

1. 総論 舗装各層の機能と構成材料

阿部 頼 政*

1. はじめに

1.1 舗装の種類

アスファルト系舗装は「アスファルト舗装要綱」によって設計・施工される高級アスファルト舗装（以下単にアスファルト舗装と略す）と、「簡易舗装要綱」による簡易舗装とに大別される。設計寿命は、アスファルト舗装が10年、簡易舗装は4～5年を目標としているが、対象とする交通量や表層・基層の最小厚から見れば図-1で明らかなように簡易舗装はアスファルト舗装の延長上にあり、両者は決して異質なものではない。設計寿命の相違は構造設計ならびに材料の規定が、簡易舗装では若干ゆるやかになっていることに起因している。

1.2 舗装の役割

舗装は一般に下層路盤、上層路盤、基層および表層から構成されており、表層に作用した荷重がこれらの各層により充分軽減されて路床に到達するように構造設計を行なう。したがって各層の役割は、層自体に欠陥を生ず

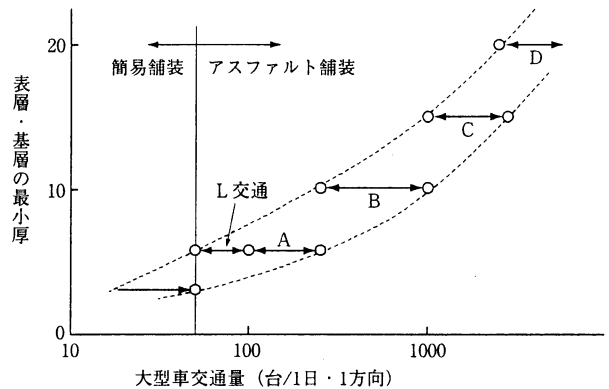


図-1 アスファルト舗装と簡易舗装の比較

ることなく荷重を広く分散して下方の層に伝達することにある。

1.3 舗装材料の価値

舗装を構成する各層の荷重分散効果は層厚とともに材料の種類と品質に支配される。表-1は下層路盤から表層までに使用される材料・工法を一覧表にしたものであるが、表中の等値換算係数とはそれぞれの1cm厚が表層・基層用加熱アスファルト混合物の何cmに相当するかを示すものである。すなわち舗装材料の相対的価値はこの等値換算係数によって評価されている。

表-1 各層に使用される材料・工法（アスファルト舗装要綱）

使用する位置	工 法・材 料	適 用	等値換算係数 a_n
表層 基層	表層・基層用加熱アスファルト混合物		1.00
上 層 路 盤	歴青安定処理	加熱混合：安定度 350kg以上	0.80
		常温混合： 〃 250kg〃	0.55
	セメント安定処理	一軸圧縮強さ（7日）350kg/cm ²	0.55
	石灰安定処理	一軸圧縮強さ（10日）10kg/cm ²	0.45
	粒度調整碎石，粒度調整スラグ	修正CBR 80以上	0.35
下 層 路 盤	水硬性粒度調整スラグ 浸透式	{ 修正CBR 80以上 一軸圧縮強さ（14日）12kg/cm ²	0.55 0.55
	クラッシャーラン，切込 砂利，スラグ，砂など	修正CBR 30以上	0.25
		修正CBR 20以上30未満	0.20
	セメント安定処理	一軸圧縮強さ（7日）10kg/cm ²	0.25
	石灰安定処理	一軸圧縮強さ（10日）7kg/cm ²	0.25

2. 路床

2.1 路床に作用する応力

路床は、表層に作用した交通荷重を究極的に支持する部分である。交通荷重に起因して路床に生ずる応力は、

* 日本大学理工学部土木工学科助教授 本協会アスファルト舗装技術委員会委員

図-2のような分布をするものと考えられる。最大応力は当然のことながら荷重直下に発生し、中心から離れるにしたがって次第に減少していく。いま最大応力を σ_{max} とし、これに対応する路床の歪を ϵ_{max} とすると、 ϵ_{max} が復元可能な範囲、すなわち交通荷重が通り過ぎた後、弾性的な回復を得て元の状態に戻れる範囲であれば永久変形は残らない。この限界は、主として路床土の力学的性質と σ_{max} の大きさに依存する。舗装の設計において両者の関係は独立ではなく、路床土の力学的性質に応じて σ_{max} を増減させることになる。すなわち、設計の対象とする路床土が永久変形を起さない程度に σ_{max} を調整するわけであるが、 σ_{max} の調整は舗装厚とその構成材料によって行なう。これが模式的に考えた構造設計の原理である。

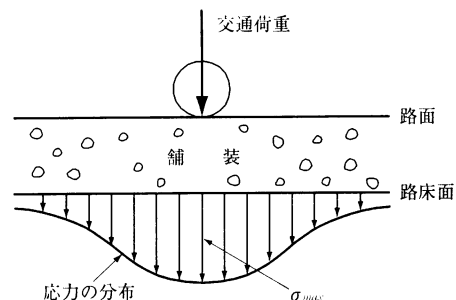


図-2 路床に作用する応力の分布

以上のように、路床土の力学的性質は舗装の構造設計を根本的に左右する因子である。わが国では、この力学的性質の判定方法として20年前からCBR試験を採用してきた。これは、土のせん断強さを間接的に測定する方法であるが、粘土から粒状材に至るまで広い範囲の土に適用できるとともに、1940年頃から舗装設計に利用されて膨大なデータの蓄積があるため、世界的な路床土支持力判定試験となっている。しかし、CBR試験によって路床としての必要性状がすべて把握できるものではなく、個々の土に応じて技術的な判断と工夫が肝要であることは言うまでもない。

2.2 路床土の置換、安定処理

盛土によって路床を準備する場合にはしかるべく材料を選択できるが、切土の場合には自然地盤がそのまま路床となる。この路床土が軟弱で路床としての必要条件を満たさないときは、CBR 3以上の材料で置換するか、あるいはセメント、石灰等で安定処理を行なう。安定処理した層は一般に支持力が増加し、既存の路床土では起しかねなかった永久変形を防止する効果がある。この場合適切な材料の選択、配合設計、施工が重要な条件となる。

2.3 凍上抑制層

積雪寒冷地など冬期に氷点下の気温が永く続く地方では路床土が凍結し、それに伴う体積膨張のため舗装を破壊してしまうことがある。このような懸念のある場合には、凍結深さを考慮した所定の厚さだけ路床土を他の材料で置き換えなければならない。置換した層を凍上抑制層と呼び、置換材としては砂、スラグ、切込み砂利、

クラッシュランなど凍上を起しにくい粒状材を使用する。

3. 下層路盤

3.1 下層路盤の役割

下層路盤は舗装の最下層に位置し路床の上に直接設置される部分である。一般に天然の地盤である路床と人工の構造物である舗装のいわば境界層にあたり、両者の緩衝材的な役割が期待されている。すなわち、路床土とは抵抗なく密着するとともに、上層路盤の機械化施工が可能なように必要な支持力を確保しなければならない。路床土によってはこの下層路盤材料がめり込んでしまう可能性があり、高価な材料を使用するのは経済的に問題があるため、一般に安価な現地材料を使用する。しかし、下層路盤も舗装の一部であり、荷重分散の役割を担うこと、さらには層自体の破壊を防ぐ意味からも材質には種々の制限を設けている。

3.2 アスファルト舗装の下層路盤

アスファルト舗装の下層路盤用材料としては、クラッシュラン、スラグ、山砂利、砂、切込砂利などが使用される。これらの材料にもそれぞれ色々な種類や品質があるが、アスファルト舗装要綱で規定している条件は次のとおりである。

- (1) 材料の修正CBRが20以上であること。
- (2) 材料の0.4mmふるい通過分の塑性指数(P I)が6以下であること。
- (3) 材料の最大粒径は50mm以下であることが望ましい。

ここで(1)、(2)の条件を満足する材料でなければ下層路盤材としてそのまま使用することはできない。

なお、施工現場によっては、上記のような条件を満たす材料の入手が困難な場合がある。このようなときには

現地材料をセメントまたは石灰で安定処理し、下層路盤として使用することができる。ただし、安定処理もすべての材料に可能というわけではなく、所要の性状を確保するため、品質に制限を設けている。

3.3 簡易舗装の下層路盤

簡易舗装では、在来砂利道を下層路盤として利用することもできるが、一般には砂、切込砂利、クラッシャーラン、スラグなどを用いて築造する。この場合も材料は次の条件に制約されている。

- (1) 修正CBRは10以上であること。
- (2) 0.074mmふるい通過重量は10%以下であること、あるいは0.4mmふるい通過分のPIが9以下であること。
- (3) 最大粒径は50mm以下が望ましい。

アスファルト舗装の下層路盤材料に比較すると若干制約条件が緩和されている。以下の条件を満たす現地材料が入手し難い場合は、やはりセメントまたは石灰で安定処理を行なうが、対象となる材料の品質規定は特に設けられておらず、技術者の判断に委ねられている。

以上に述べた下層路盤材料の種類と使用条件をまとめると表-2のようになる。

4. 上層路盤

4.1 上層路盤の役割

上層路盤は舗装の載荷能力という面から見れば最も重要な役割を果す層である。すなわち表層・基層から伝達された荷重を広い範囲に分散し、単位面積当りの荷重をできるだけ軽減して下層路盤や路床に伝える使命がある。もし、荷重分散が充分に行なわなければ、下層路盤や路床に過大な応力がかかり不等沈下などの欠陥が生

表-2 下層路盤材料の種類と使用条件

材 料	使用方法	アスファルト舗装	簡 易 舗 装
クラッシャーラン ス ラ グ 山 砂 利 砂 切 込 砂 利	そのまま 使 用	修正CBR 20以上 PI 6 以下	修正CBR 10以上 PI 9 以下
	安定処理 して使用	修正CBR 10以上 PI 9 以下(セメント) 6~18(石 灰)	特に規定せず

(注) PIは0.4mmふるい通過分を対象とする。

じ、ひいては舗装全体の破壊へと発展する。そのため、上層路盤はかなりの厚さを必要とすると同時に、力学的にも安定した材料で構築しなければならない。

上層路盤として採用できる材料と工法は、粒度調整系と安定処理系に大別できる。すなわち、

- ①粒度調整系：粒度調整碎石、粒度調整スラグ、水硬性粒度調整スラグ、浸透式、マカダムなど
- ②安定処理系：歴青安定処理、セメント安定処理、石灰安定処理など

である。①は主として骨材のかみ合せにより、②は添加物と骨材の混合物にして力学的抵抗性を得るものである。

4.2 粒度調整碎石

これは、数種類の碎石を適当な比率で混合し規定の良好な粒度となるように調整したものである。これを敷きならして締固める工法を粒度調整工法という。碎石の他に切込碎石、スラグ、山砂、砂およびスクリーニングスなどを併用する場合もある。以上の材料の品質についてはアスファルト舗装要綱に規定があり、これを逸脱することは避けなければならない。

粒度調整工法は路盤工の最も基本的な形で実績も多いが、骨材のかみ合せによってのみ支持力を得るので、入念な締固めがきわめて重要となる。また雨水の浸透に弱いので表層・基層の透水性に充分配慮する必要がある。

表-3 路盤用高炉スラグの材質 (アスファルト舗装要綱)

名 称	呼び名	用 途	修正CBR	一軸圧縮強さ (13日養生1) 日水浸後 (kg/cm ²)	単 位 容 積 重 量 (kg/cm ³)
クラッシャーランスラグ	CS	下層路盤	30以上		
粒 度 調 整 ス ラ グ	MS	上層 "	80 "	—	1,500以上
水 硬 性 粒 度 調 整 ス ラ グ	HMS	" "	80 "	12 以上	1,500以上

4.3 スラグ類

スラグは、碎石類と異なり人工の産物である。すなわち、高炉における銑鉄の製造中に生成される溶融物を冷却し砕いたものである。材質も硬く、路盤材料としては碎石とほとんど同様に使用することができる。スラグのうち、水硬性スラグは締固めた後の強度増加が期待できるためさらに品質の高い材料として位置づけられている。

スラグ類の材質規定を表-3に示す。

4.4 浸透式工法、マカダム工法

これらはいずれも交通量の少ないアスファルト舗装の上層路盤や、簡易舗装の上層路盤に採用される工法である。

マカダム工法は、主骨材と呼ばれる単一粒径の骨材を一様に敷き並べ、主骨材が相互にかみ合うまで転圧し、この上に粒径の小さいくさび骨材や目つぶし骨材を散布し、主骨材のすき間に転圧圧入して仕上げる工法である。主骨材として使用される碎石の粒径は、一層の仕上り厚とほぼ同じく40mm~80mmで、くさび骨材、目つぶし骨材は5mm~20mm程度のクラッシュラン、スクリーニングス、砂、碎石などが使用される。これらくさび骨材、目つぶし骨材の種類と締固め方法により、水締めマカダム、砂詰めマカダムおよびくさび石マカダムの3種の工法がある。

浸透式工法は、敷きならした骨材に歴青材料を浸透させる工法で、骨材のかみ合せによって荷重を支え、歴青材料の接着性と粘性によって骨材の移動を防ぎ、安定性ある層をつくるものである。簡易舗装では表層に使用されることも多い。骨材は主骨材、くさび骨材とも単粒度のものをいい、歴青材料はストレートアスファルト、アスファルト乳剤、カットバックアスファルトなどを用いる。

表-4 安定処理材料の望ましい粒度範囲とPI
(アスファルト舗装要綱)

工法 ふるい目	歴青安定処理	セメント 安定処理	石灰安定処理
50	100		
40	95~100		
20	50~100		
2.5	20~60		
0.074	0~10	0~15	2~20
PI	9以下	9以下	6~18

4.5 各種の安定処理工法

歴青、セメント、石灰安定処理工法は、現地材料またはこれに碎石、砂利、スラグ、砂などの補足材料を加えて調整した骨材に、それぞれ歴青材料、セメント、石灰を添加して処理する工法である。効果的な安定処理を行なうには骨材を表-4のような粒度範囲に調整することが望ましい。上層路盤材料は、混合の均一性、安定処理材添加量の管理などが要求されるので一般に中央プラントで混合される。歴青材料はストレートアスファルト、カットバックアスファルト、アスファルト乳剤、セメントはポルトランドセメント、高炉セメント、フライアッシュセメント、石灰は工業用石灰1号などが使用される。

以上に述べた上層路盤の各種工法と使用材料をまとめると表-5のようになる。簡易舗装の上層路盤もほぼ同様であるが、層厚や材料の規定はゆるやかになっている。

5. 基層

基層は上層路盤の上にあつてその不陸を修正するとともに、交通開放後には表層に加わる荷重を均一に路盤に伝達する役割を持つ。交通荷重の影響を強く受けるため

表-5 上層路盤の各種工法と使用材料

工法	材料	碎石類	スラグ	現地材料	歴青材	セメント	石灰
粒度調整		○	○	○			
マカダム		○					
浸透式		○			○		
歴青安定処理		○	○	○	○		
セメント安定処理		○	○	○		○	
石灰安定処理		○	○	○			○

(注) ○印は各々の工法で使用される材料

通常は加熱アスファルト混合物である粗粒度アスコンで作っている。歴青材料、骨材、配合設計などすべて次章に述べる表層用混合物に準拠する。

6. 表層

6.1 表層の役割

表層は舗装の最上部にあって交通荷重や気象作用の影響を直接受ける部分である。表層は一般に加熱アスファルト混合物を使用して作るが、混合物の種類は交通条件や気象条件によって選択する。表層が備えるべき機能は次のように要約できる。

- (1) 交通車輛に安全で快適な路面を提供する。
- (2) 雨水の浸透を防ぎ路盤や路床を保護する
- (3) 表層以下の層に荷重を分散して伝達するとともに表層自体に欠陥を生じない。

以上の機能を、永い年月の供用期間中絶えず維持するためには、適切な構造設計、材料の選択、配合設計ならびに入念な施工を必要とするが、アスファルト混合物の性質が主因となって発生する表層の欠陥は表-6のようにまとめることができる。

6.2 表層用加熱アスファルト混合物

アスファルト舗装の表層は加熱アスファルト混合物に限られている。バインダーは一般に針入度40~60, 60~80, 80~100のストレートアスファルトを使用し骨材は碎石、砂利、砂、スクリーニングス、フィラーなどを使用する。アスファルト舗装要綱では混合物の種類を一般地域と積雪地域に分けて提示し、舗装のおかれる環境に応じて技術者が自由に選択できるように配慮している。表-7にはこれらの混合物の特徴を簡単にまとめて示した。通常は以上の混合物の中から目的に応じて一種類を選択し、アスファルト舗装要綱の記述に従って配合設計を行えばあまり欠陥の現われることはない。しかし、大型車の特に多い道路のわだち掘れ（混合物の流動による）や車輛が冬中スパイクタイヤを着用している積雪寒冷地の摩耗など、これらの混合物では対処しきれない場合もある。そのため、新しいバインダーや骨材の開発

表-6 混合物に起因する表層の欠陥とその原因

表層の機能	欠陥現象	原因
(1)	交通事故	すべり抵抗性の不足
(2)	舗装全体の破壊	不透水性不足（雨水の浸透）
(3)	クラック	疲労抵抗性不足
(3)	わだち掘れ（流動）	安定性不足
(3)	摩耗	摩耗抵抗性不足
(3)	老化、はくり	耐久性不足

表-7 表層混合物の種類と特徴

	種類	特徴				すべり抵抗
			流動	摩耗	耐久	
一般地域	密粒度アスコン (20)		○			○
	〃 (13)		○			○
	細粒度アスコン (13)				○	
	密粒度ギャップアスコン (13)				○	○
積雪地域	密粒度アスコン (20F)		○	○		
	〃 (13F)			○		
	細粒度ギャップアスコン (13F)			○	○	
	細粒度アスコン (13F)			○	○	
	密粒度ギャップアスコン (13F)			○		○

(注) ○印は優れている性質を表す。なお()内の数字は最大粒径を、Fは石粉を多く使用していることを示す。

が試みられ、その効果が期待されている。

6.3 バインダーによる特殊対策

特殊バインダーの使用目的は、主としてアスファルト混合物の流動対策である。これらは改質アスファルトと熱硬化性樹脂入りアスファルトに大別できよう。改質アスファルトはストレートアスファルトをベースとし、空気を吹き込んだり添加物を加えたりして、もとなるアスファルトの改質をはかったもので、次の3種に代表される。

- ①セミブローンアスファルト：ブローイング操作を加え、感温性を改善し、かつ60℃粘度を高めたもの。
- ②ゴム入りアスファルト：ゴムを混入し、タフネス・テナシティや伸度の増加をはかったもの。
- ③熱可塑性樹脂入りアスファルト：熱可塑性樹脂を混入し、軟化点や60℃粘度を高めたもの。

この他の改質アスファルトとしては、グースアスファルトおよびロードアスファルトに使用する目的で精製トリニダッドアスファルトを混入することがある。

熱硬化性樹脂入りアスファルトは、加熱によって硬化

反応を起す樹脂をアスファルトに加えたバインダーである。これを使用した混合物はマーシャル安定度やホイールトラッキング試験の動的安定度が高く、疲労抵抗性にも優れている。しかし、可使時間が60～90分と短かく施工に難点があること、わが国での使用実績が乏しいことなどから広く一般化するまでには至っていない。

6.4 骨材による特殊対策

この種の代表的骨材は硬質骨材であり、天然産のエメリー、人工骨材のカルサインドボーキサイト、硬質スラグ、研磨材などがある。これらは、すべり止め対策、摩耗対策に効果があると言われている。他に、舗装路面を明るくするために使用される明色骨材、人工的に着色したり焼成して発色させた着色骨材などがある。

6.5 簡易舗装の表層

簡易舗装の表層には加熱アスファルト混合物の他に、常温混合式工法および浸透式工法も採用されている。前者の工法で使用する歴青材料はカットバックアスファル

トであり、後者ではさらにストレートアスファルトも使用されている。

7. おわりに

舗装を構成する各層の機能を考察しながら使用材料を一覧してきた。以上に述べた項目は舗装の最も基本となる部分に限られており、他に付随する項目が数多くあることは言うまでもない。舗装構成から見れば、摩耗対策としての摩耗層、層間の接着をはかるタックコート、プライムコート、軟弱地盤の場合のしゃ断層、コンクリート床版、鋼床版上の特殊な舗装などがある。また、材料の面から考えると、エポキシ樹脂、石油樹脂などの特殊結合材、はくり防止剤、繊維質補強剤、鋼床版舗装の接着材、防水材、再生骨材用の添加剤、さらには車線区分のレーンマーク材など、非常に数多くの材料が関与してくる。紙面の都合上、すべての材料をとりあげることは不可能であるが、これらのうち、いくつかは各論で紹介する。舗装材料の現況把握に一助となれば幸いである。