

道路の機能を支える鉄系材料



強度が高いコンクリート舗装(写真左)は、頻繁に補修を行いつらいトンネル内などに用いられることが多い。排水性舗装(高機能舗装)(写真上)は、水溜まりの発生を抑え走行安全性を向上させるとともに、騒音発生を低減する機能があるので、高速道路などでは主流になりつつある。



主にアスファルトやコンクリートが使用される舗装道路だが、その補強材として、スチールファイバーや溶接金網といった鉄系材料も多用されていることは、一般にはあまり知られていない。また、鉄鋼業に関連した素材として、高炉スラグを用いた保水性舗装材も近年注目されている。舗装道路の機能の一端を担う鉄系、およびそれに関連した材料と、その技術を紹介する。

道路舗装の種類

舗装は道路の耐久力を増すことを目的に、道路表面を石、煉瓦、タイル、コンクリート、アスファルトなどで覆い、補強する技術である。

車道には主にアスファルトやコンクリート舗装が用いられる。歩道ではこれらのほか、タイルや煉瓦などを用いて美しく仕上げる例が、遊歩道や商店街などで多く見られる。

車道の主流となっているアスファルト舗装、コンクリート舗装には、それぞれ次のような特徴がある。

*アスファルト舗装

砂利、砂などの「骨材」に、原油成分のうち最も重質のアスファルトをつなぎとして混ぜ合わせた「アスファルト混合物」を使用する。施工にあたっては、流動性を持つ混合物を敷き

ならし、締め固める方法が用いられる。敷設が比較的容易で、舗装作業開始から交通開放までの時間が短い利点があり、道路舗装の主流となっている。

基本的には瀝青色(青みがかった黒灰色)だが、着色材料を混ぜることさまざまな色合いのアスファルト舗装も可能となっている。

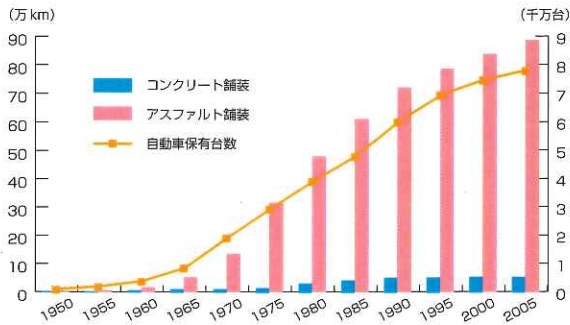
*コンクリート舗装

コンクリートを使用した舗装で、アスファルト舗装に比べたわみにくく、耐摩耗性に優れる。このため、車道においては、トンネル内、急傾斜の坂道など道路補修のしづらい場所や、重車両が頻繁に通行する要所などの舗装に使用されることが多い。また、一般に路面がアスファルト舗装に比べ明色であるため、トンネル内での視認性向上を目的として使われることもある。

一方でアスファルト舗装よりも養生に手間がかかり、施工期間は長くなる。また、強度は高いがもろいため、ひび割れ防止に鉄筋などが用いられる。

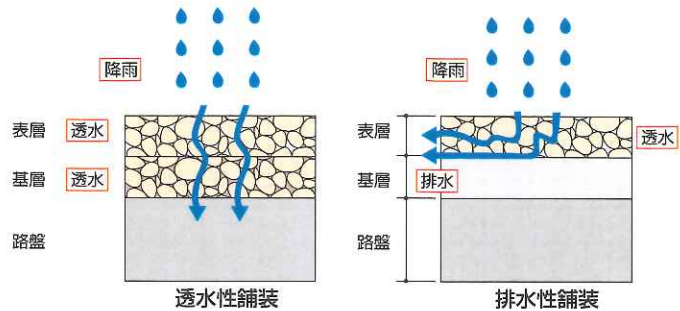
道路舗装の歴史と近年の技術動向

日本においては、戦後のモータリゼーションに対応して舗



舗装種別道路延長および車の保有台数推移

舗装種別道路延長は、高速自動車国道＋一般国道＋都道府県道＋市町村道の実延長。簡易舗装を含む。



透水性舗装、排水性舗装の断面

舗装に空隙を設けることで、雨水を舗装内部に浸透させる。透水性舗装は表層、基層ともに浸透性をもつが、排水性舗装は表層のみが浸透性を持ち、基層は遮水性で、基層表面に沿って水を側溝など排水路に誘導する。

装率が急激に上昇した。重量のある自動車が多数走行する場合、未舗装の道路では雨天時には泥濘化、乾燥時には砂塵による路面状況の悪化が著しく、さらに車をはねた石で周囲の民家に損害を与えたり、負傷者を出したりと、沿道への被害も大きい。このため、「バスがすれちがえる道路」(道幅)とともに、「ほこりや、ぬかるみのない道路」(舗装)を目標に、道路整備が進められたのである。

その結果、2008年4月1日現在で、一般国道の実延長(※)54,735.9kmにおいて、舗装率は90.9%(表層のみ薄く舗装した簡易舗装を含めると99.4%)、主要地方道実延長57,890.4kmの舗装率は71.8%(簡易舗装含め98.0%)に達している。

アスファルトは製油の過程で大量に生産されること、その混合物を用いた舗装敷設が簡便であることから、戦後の舗装道路の増加のほとんどをアスファルト舗装が占める(左上グラフ参照)。それに比べ、コンクリート舗装は前述のように要所のみに用いられるのが普通で、特にここ20年ほどは、目立った伸びは示していない。

しかし最近になり、アスファルト混合物に用いられるストレートアスファルトの価格が上昇しており、一方で高強度の舗装を施すことによる耐久性向上のニーズも強く、コンクリート舗装の需要は再び大きくなりつつある。特に新たに建設される高速道路やバイパスなどでは、舗装の基層にコンクリートを用い、表層にアスファルトを用いるといったコンポジット舗装(複合舗装)も多く使われるようになってきている。

「まず舗装率を上げること」を目標に画一的な舗装が進んだ結果、近年、いくつかの問題が指摘されている。まず、地面の人工被覆率が高い都市部を中心に、雨水が地面に吸い込まれることなく直接排水路・下水道に流れ込み、その処理能力を上回るための浸水被害が多発するようになってきた。また、アスファルト舗装は蓄熱性が高く、都市部におけるヒートアイランド現象の原因の一つともされる。

こうした問題への対処も含め、次のようなさまざまな付加機能を持った舗装が増えてきている。

※透水性舗装：表面に空隙を持ち、雨水がそのまま浸透する。

※排水性舗装：透水性舗装同様、表面は空隙による浸透性を持ち、その下に遮水層をもつことで雨水をよりよく側溝などへ導き、道路表面の水溜まり発生を抑える。

走行性の向上のほか、表面の空隙から、タイヤでつぶされた空気が逃げ、騒音発生を抑えることができ、「低騒音舗装」「高機能舗装」とも呼ばれる。近年、幹線道路や高速道路に使われることが多くなり、1999年度の敷設延長は687kmであったが、2003年度には2561kmと、大きく伸びている(直轄国道約8600kmのうち)。

※遮熱性舗装：表面に特殊な塗料を塗布。日射エネルギー量の約半分を占める近赤外線を高反射して、舗装路面の温度上昇を抑制する。

※保水性舗装：道路内に保水能力を持たせ、これが蒸発することで路面温度の上昇を抑制、周囲の熱環境の改善を図る。

※電波吸収舗装：通信領域外の電波を舗装体で吸収し、ETC機器の誤作動を防止する。

※凍結防止舗装寒冷地向けに、物理的・化学的に路面の氷結・凍結を抑制する。

付加価値をもつアスファルト舗装と鉄系材料

舗装道路、特に車道は、アスファルトやコンクリートによって舗装されているものというイメージが強いが、実際には、さまざまな形で鉄系材料が多く使用されている。近年の舗装技術の進化とも合わせ、これら道路の機能を担う鉄・および関連材料のいくつかの例を挙げる。

▼電波吸収舗装の吸収材

ETCなどで、車載機器とゲート間の通信が、路面や周辺の建物などで多重反射を起こし、機器にエラーを発生させることがある。機器の精度向上により誤作動は最小限に抑えられるようになってきたが、路面の電波反射を抑える特殊な舗装が、有料道路の料金所近辺で用いられている場合もある。

※実延長：総延長から重複区間、未供用区間、渡船区間を除いたもの。

これが電波吸収舗装で、コンクリートなどの下層の上に、電波吸収機能を持つ基層を重ねる。基層の舗装材料には酸化鉄（マグネタイト）粉末を混入、これによって電波を熱に変換し減衰させる。ETCに用いる5.8GHz帯のマイクロ波の場合、吸収性能は約10dBで、反射する電波の約90%を吸収する性能をもつ（鹿島道路）。

高速道路などで使われる舗装であるため、表層は排水性を備えた高機能舗装とするのが普通である。

▼保水性舗装の保水材

それ自体は鉄素材ではないが、関連するものとして、最近、舗装材料への活用が進められているのが、製鉄の過程で発生する高炉スラグである。路盤用の砕石としても利用されてきたが、微細な気孔の存在により高い保水性能を持つため、最近では保水性舗装の材料としての利用が注目されている。

保水性舗装は舗装体の中に水を溜める機能を持ち、晴天の日中、舗装が太陽によって加熱されると、内部に保持されている水が蒸発し、気化熱で路面の温度を下げる。“打ち水”と同じ原理で、ヒートアイランド現象の一因ともされる路面の輻射熱を抑制する。また、従来はそのまま下水路や川などに排出されていた雨水を舗装体の中に保持し、それを大気に循環させることで、水路の負担を軽減させるなどの効果もある。このため、特に都心部において周辺環境の改善を図るため、通常の舗装からの代替が進められている。

保水性舗装は、排水性舗装同様に隙間の開いた（開粒度タイプ）アスファルト混合物を用い、その空隙に保水材を充填する。保水材としては、鉱物質や樹脂等のグラウト材・細粒材が利用され、高炉スラグもそのひとつである（詳細は連携記

事「鉄鋼スラグの道路への利用」を参照）。

高炉スラグを使った保水材の保水性能・路面温度抑制性能は従来の保水材を上回り、高炉スラグの有効なリサイクル先として利用拡大が期待されている。

コンクリート舗装に欠かせない鉄系材料

コンクリートは圧縮強度が高く、補修が困難な箇所、重車輻の交通量が多い箇所などでの舗装に多用される。交通量の増大に伴い、従来はアスファルトであった箇所を高強度のコンクリート舗装に置き換える需要も発生している。

ただしコンクリートは固いがもろく、路上を通過する車両の荷重による曲げ応力、表面と下面の温度差で発生する熱応力などによって、割れを生じる可能性がある。こうした割れの発生を抑制し、また、仮に細かいひび割れが入っても問題なく使用できるよう、内部に補強を行うことは欠かせない。その補強材としては鉄、樹脂など各種素材が用いられるが、特にコンクリートと相性のいい材料として使用されているのが鉄系材料である。

なお、一般的なコンクリート舗装は浸透性を持たないが、近年は多孔質のポーラスコンクリートが開発され、コンクリート舗装による透水性舗装、排水性舗装も一部で使用されている。

▼溶接金網／スチールファイバー

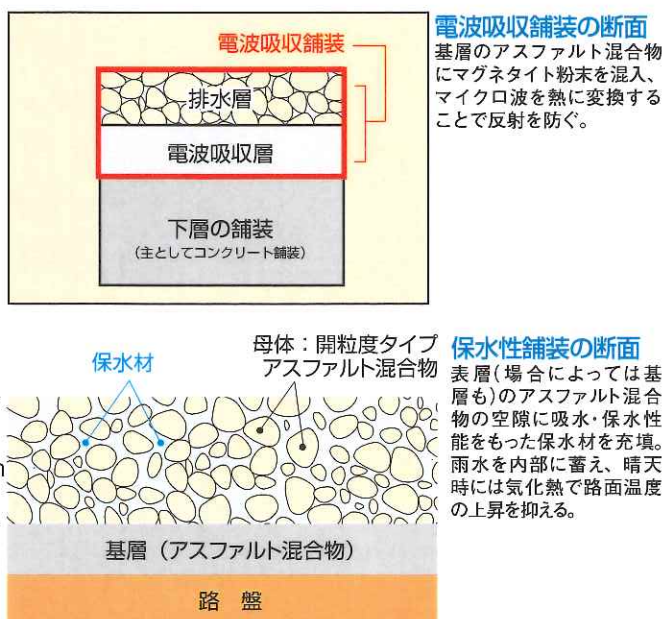
コンクリート舗装のなかで最も一般的なのが、溶接金網（鉄網）によって補強するタイプである。

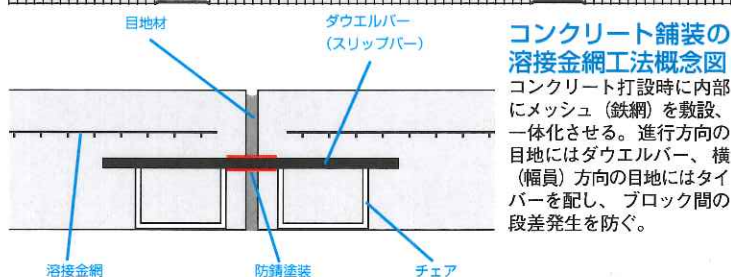
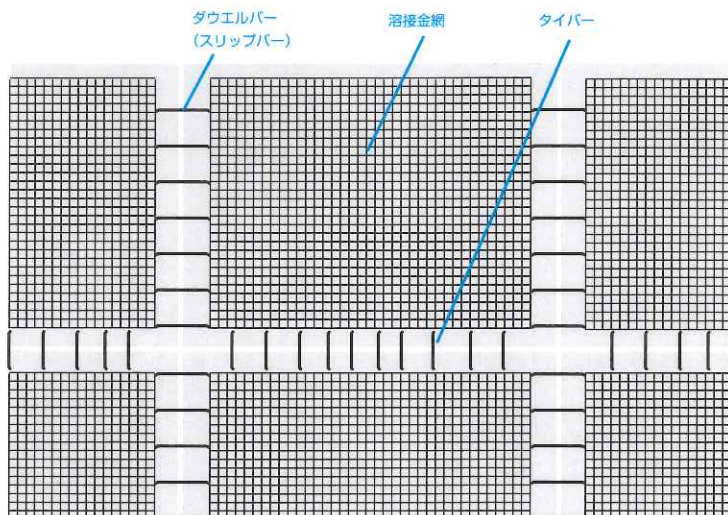
使用される鉄網は、その道路に要求される性能に従い、径2～3mmのものから10mmを超えるものまである。目の大きさもそれに応じて各種あるが、標準的な仕様としてはJIS G 3112（鉄筋コンクリート用棒鋼）、JIS G 3117（鉄筋コンクリート用再生棒鋼）による6mm径の異形棒鋼を150mm×150mmの格子としたものがある。

敷設の際には、路盤の上に「サイコロ」と呼ばれるスペーサーを介して溶接金網を敷き、そこにコンクリートの打設を行う。

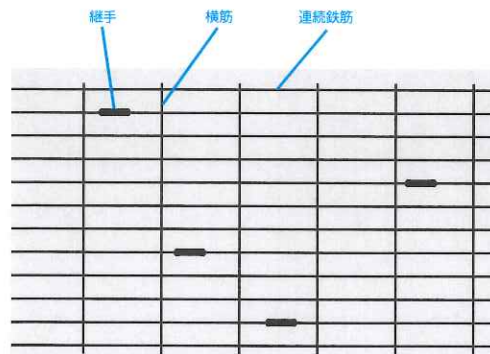
熱膨張による割れを防ぐため、一般に、7～8mの間隔で目地を入れる。目地には樹脂製材料などが充填されるが、これとともに、舗装のブロック間の段差を防ぐため、縦方向にダウエルバー（スリップバー）、横方向にはタイバーと呼ばれる鋼材を配する。

さらには、溶接金網などの目の粗さから来るひび割れや剥離の対策として、さらに高い強度をもたせるスチールファイバー（鋼繊維）の活用も進められている。この目的に使用されるスチールファイバーは、一般に太さは0.5mm、長さ30mm程





コンクリート舗装の溶接金網工法概念図
 コンクリート打設時に内部にメッシュ（鉄網）を敷設、一体化させる。進行方向の目地にはダウエルバー、横（幅員）方向の目地にはタイバーを配し、ブロック間の段差発生を防ぐ。



コンクリート舗装における連続鉄筋工法概念図とその建設作業

連続鉄筋工法では、隣接する鉄筋同士では継手の位置をずらし、コンクリートと鉄筋の断面積比率変化を低く抑える。



度の鋼繊維である。ごく細いスチールファイバーはコンクリートとの付着性も高く、周囲をコンクリートで封入されるため空気や水から遮断され、錆の発生も起きにくい利点がある。

これにより、コンクリート舗装の高強度化を図ることができ、求める路面性能が従来と同程度であればコンクリートの薄肉化が可能となるため、省資源化にもつながる。

▼連続鉄筋

従来のコンクリート舗装には目地が不可欠だが、目地の窪みに自動車の車輪が当たること騒音・振動が発生し、走行の快適性が失われるなどの難点がある。表層にアスファルトを敷くコンポジット舗装でも、コンクリート層の目地に対応す



スチールファイバー
 スチールファイバーを用いたコンクリート舗装は、「ファイバー強化コンクリート舗装=Steel Fiber Reinforced Concrete」の略で「SFRC」とも呼ばれる。

る位置でアスファルトにひび割れが生じやすい。これを解決したものが、連続鉄筋コンクリート舗装である。

連続鉄筋コンクリート舗装は、縦方向に鉄筋を継手で長距離に渡り連続させ、目地を省く。これに加え、横（幅員）方向にも適宜横筋を配する。連続鉄筋は、コンクリートの断面積のおよそ0.6%程度を入れるのが一般的である。コンクリートの膨張・収縮が起きても、鉄筋によりコンクリートは拘束され、ひびはおおよそ60～100cm間隔で、0.1mm程度の微細なものの発生に止まるようコントロールされている。

ヨーロッパでは、鉄筋はコンクリート断面のほぼ中央に配されているが、日本の場合は表面からおおよそ3分の1の深さに置くのが普通である。これは、鉄筋を表面に近づけることで、表面に現れるひびを小さくし、雨水の浸透を防ぐため、多雨の日本ならではの工夫である。

建設中の第二東名高速道路では、ライフサイクルコストや、ライフサイクルアセスメントにおける負荷の低減、走行性能の向上を目的に、連続鉄筋コンクリート舗装上にアスファルト舗装を重ねたコンポジット舗装が全面的に採用されている。表層のアスファルトに浸透性を持たせた排水性舗装となっている。この舗装では、従来のアスファルト舗装で約10年、コンクリート舗装で約20年とされる寿命に対し、40～50年の長寿命を想定しているという。



高強度 PRC 版

あらかじめ工場で生産したパネルを継ぎ合わせるプレキャストの中でも、特に高強度に作られる。工期短縮のほか、打設が難しい軟弱地盤上、交通荷重が特に大きい箇所の舗装を目的に使用される。



高強度 PRC 版用鉄筋籠およびラチストラス鉄筋

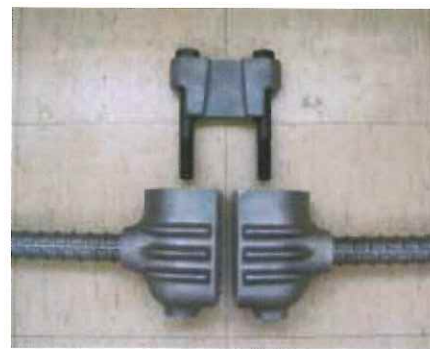
高強度PRC版では強度と剛性の高い高強度コンクリートのほか、補強の鉄筋も上下をつなぎ合わせた鉄筋籠(左)、ラチストラス鉄筋(右)などが使われる。



▼プレキャストコンクリート舗装

通常、コンクリート舗装はコンクリート打設後に長時間の養生が必要だが、工期を短縮し、簡単にコンクリート舗装を行う方法として行われているのが、プレキャストコンクリート舗装である。これは、あらかじめ工場で製造したコンクリートパネルを路盤上に敷き詰めるもので、パネル間はバーなどで結合される。

さらに、このコンクリートパネルの高強度化を目的に開発されたのが、高強度RCプレキャスト版舗装で、これは各パネル内に、強固に組まれたラチストラス構造の鉄筋をもち、隣接するパネルとは、トラス同士をコッター式継手を用いて接続する。



コッター式継手

高強度PRC版の連結では、大きな荷重に耐え、耐久性に優れたコッター式継手が使用される。締結時に目地部にプレストレスを掛け、強固に接合される。

▼SFRC ボンド補強工法

近年、鋼床版を用いた道路橋梁で、当初想定以上の交通量(荷重)にさらされ続けたことにより、鋼床表面であるデッキプレートと下面のUリブの溶接部分に疲労亀裂が発生するといった問題が指摘されている。

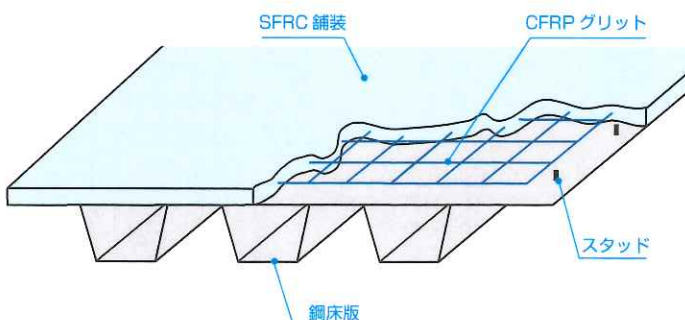
このような鋼床版橋梁を補強する目的で、スチールファイバーを用いた特別なコンクリート舗装の技術が開発されている。これは「SFRC (Steel Fiber Reinforced Concrete) ボンド

道路の機能性と付加価値向上に寄与する鉄

舗装の技術は、「路面の強化」を目的としたものだが、今日では、画一的な舗装ではなく、その道の性格・要求に従い、積極的に周囲の環境負荷を低減したり、より耐久性・走行快適性を向上したりといった、さまざまな付加価値をもつ新しい舗装が登場している。

戦後、ごく補助的に用いられてきたコンクリート舗装も、新たな舗装の一部として、またアスファルト舗装と組み合わせたコンポジット舗装として再び需要を伸ばしている。

道路の進化を支える重要な材料の1つとして、鉄もまた大きな役割を担っていくものと考えられる。



〔図 6〕 SFRC ボンド補強工法

橋梁などの鋼床版の亀裂発生を防ぐため、ファイバー強化コンクリート舗装を耐久性を高めた特殊なエポキシ系接着剤で固着させ、鋼床版の強度を高める。主桁部分では補強のため樹脂網なども併用される。

〔取材・文＝川畑英毅〕

取材協力＝鹿島道路株式会社

写真提供＝鹿島道路株式会社、ガイアートT・K株式会社