

アスファルト

第38巻 第187号 平成8年4月発行

187

特集・橋面舗装

特集にあたって	時田 實	1
橋面舗装の概要	池田 拓哉	3
首都高速道路公団における橋面舗装	川田 成彦・牧田 篤弘	8
阪神高速道路公団における橋面舗装	袴田 文雄	14
日本道路公団における橋面舗装	七五三野 茂・酒井 脩・小沢 隆二	19
本州四国連絡橋公団における橋面舗装	樋口 康三	24
関西国際空港における橋面舗装	角 和夫	29
東京都における橋面舗装	阿部 忠行	36
橋面舗装と鋼床板	佐々木道夫	44

<シリーズ 石油ミニ知識>

～石油の備蓄～	室賀五郎	54
---------	------	----

<アスファルト舗装技術研究グループ・第24回報告>

第2回舗装のリフレクションクラックに関する国際会議(その1)	峰岸 順一	56
パート1：概要と基調論文		

小関 裕二・鈴木 秀輔・池田 和則	57
-------------------	----

パート2：舗装のリフレッシュクラックに関する設計モデル

黒田 智・杉内 正弘	63
------------	----

パート3：舗装のリフレッシュクラックに関する評価方法

水野 卓哉・南沢 輝雄	67
-------------	----

<用語の解説>

トータルコスト	小島 逸平	74
---------	-------	----

工業用アスファルト	青木 秀樹	76
-----------	-------	----

総目次第183号～186号(平成7年度)	80
----------------------	----

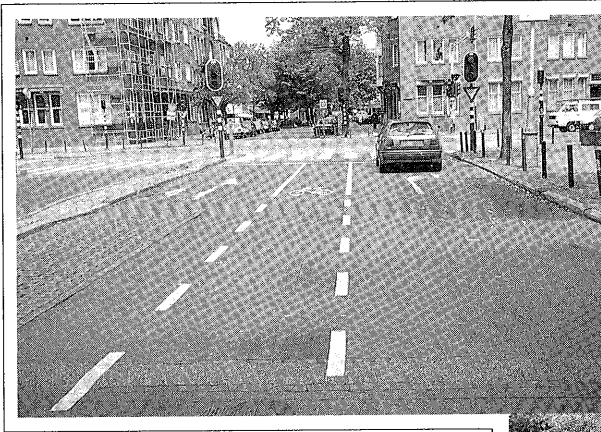
<統計資料>石油アスファルト需給統計資料	82
----------------------	----

ASPHALT

社団法人 日本アスファルト協会
JAPAN ASPHALT ASSOCIATION

〜〜 路上ウォッチング 〜

外国で見つけたもの（その1）

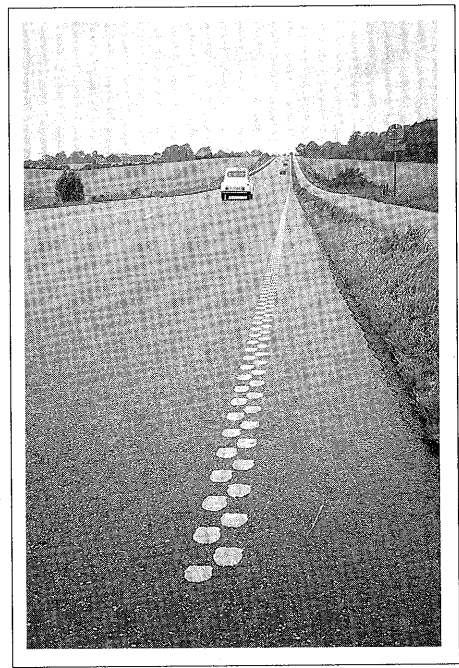


◀ 一見片側3車線のゆったりした車道ですが、よく見ると真ん中の車線は自転車専用の車線です。自動車の左折車線と右折車線による自転車専用車線のサンドイッチ。
(オランダのアムステルダムで)

▶ 同じ国で、今度は交通量の少ない街路。2台の自動車が嫌い合っているかのように、背を向けて駐車されています。次の発進が楽なようにでしょうか。
(オランダのアムステルダムで)



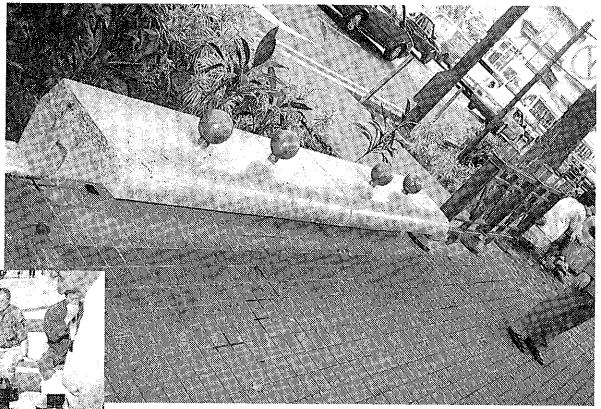
▲ とてもコンパクトな道路清掃車。女性のオペレーターがゴミを目で確認しながら掃除機で吸い取っていきます。
(フランスのパリで)



▲ 少し変わった区画線。白い部分が少し盛り上がっていて、タイヤがこの上に乗ると猛烈なタイヤの音が発生します。居眠り運転事故防止のため。
(デンマークのオデンセの近くで)

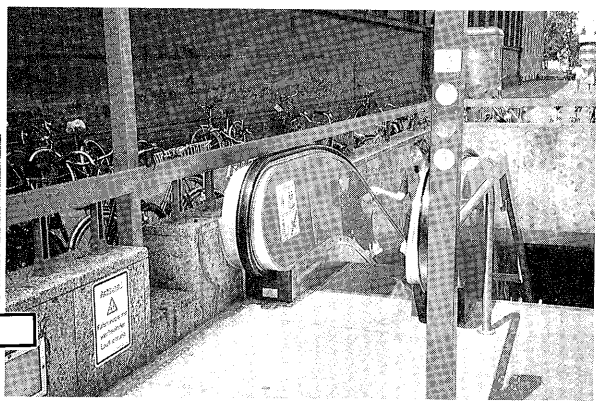
どこにでもありそうなベンチ。でも妙に不自然な区切り。多分ホームレス等のゴロ寝防止対策？

(シンガポールで)



◀ 路上チェス。広場のまん中でのんびりと公開対局をしていました。

(オーストリアのザルツブルグで)



▲ 上下の方向が可変のエスカレーター。のほりくだりは先に来た人できまります。後から反対方向へ来た人はその方向の人が全部終るまで待たされます。左のような注意書きが出ていました。

(ドイツのミュンヘンで)

特集にあたって

蒔 田 實

ニチレキ株式会社副社長

道路橋上に舗設される橋面舗装は、単に交通車輛の安全で快適な走行を確保するばかりでなく、道路橋の床版を交通荷重による衝撃や、雨水その他の気象作用から保護するなど、多くの重要な役割を担っている。

明治から大正時代にかけての橋面舗装の多くは、砂利を敷き詰めたり木塊を並べたもので、まさに床版を保護するものであった。しかし、大正時代の後半ごろから馬車にかわって自動車交通が盛んになって、これらの舗装では損傷が早いばかりでなく、自動車の走行性も悪いことから、加熱アスファルト混合物などによる本格的な舗装が用いられるようになった。すなわち、橋面舗装はもともとが、床版を保護するためのものであったものが、次第に自動車の走行性をも考慮するようになったのである。

その後本格的な自動車社会を迎えるにいたり、橋面舗装は、交通車輛の安全かつ快適な走行を確保する役割が主要なものとなり、床版保護の役割がいわば忘れられた時代がしばし続いた。

道路整備がようやく活発になってきた昭和30年代に、床版保護がやはり必要との見地からコンクリート床版に防水工を施す試みが行われた。しかし、防水層の接着不良から舗装がずれる例が見られたことから、橋面舗装には防水工はむしろ行わない方がよいと判断する時期すらあった。

しかし、車輛が大型化するとともに交通量が急激に増大し、舗装を通して浸透する雨水による床版の劣化が問題とされるようになった。また、スパイクタイヤが禁止されたことにより、

交通安全対策として凍結防止材が多用されるようになって、床版の劣化が一層促進されることが明らかになった。このようなことから、改めて橋面舗装の床版保護の役割が再認識されるようになり、床版の防水、防錆処置がなされるようになった。

さらに、環境や景観が重視される現代になると、橋面舗装には、従来とは異なった新たな役割が課せられるようになってきた。

例えば、伸縮装置や橋梁の取付け部に隣接した箇所に段差が生じ易いことは以前から知られていたが、段差によって誘発される振動・騒音が周辺環境を悪化させることから、従来許容されていた段差が許容されなくなってきた。すなわち、生じた段差は速やかにすりつけ補修するとか、ジョイント部を連続した舗装面とする埋設ジョイントにするなど、新たな技術的対応が必要とされている。

さらに、地域によっては交通騒音そのものが問題とされ、吸音性のある排水性舗装を橋面舗装に利用することも必要とされてきている。

また、橋梁は、それ自体が地域のシンボルとして見られ、従来から景観的な配慮がなされてきた。しかし、近年の景観に対する社会の要請は橋面舗装についても配慮することが求められるまでになっている。

このように、橋面舗装は社会の進歩発展とともに、その果たすべき役割が変化し、今や橋面舗装には多くの役割が課せられている。これらの役割のすべてについての的確に対応するためには、なお一層の技術開発が必要とされていると言えよう。

ところで、わが国の社会経済の今後の発展を支えていくには、なお一層の道路整備が必要とされているが、すでに整備された道路はかなりの量となっており、これらを如何に健全に維持していくかが大きな課題となっている。

10数年前に、米国で「荒廃するアメリカ」と題する報告書が出されたことを契機に、わが国においても社会資本はどうなっているかが話題となった。NHK特集「コンクリートクライシス」がテレビで放映され、それまで半永久的と考えられていたコンクリート構造物が意外にも早期に劣化すると言うことで、一般の人々にも広く関心を呼んだ。ここでは塩害とかアルカリ骨材反応とか、あまり耳慣れない用語と身近なコンクリートと言うことで、ジャーナリストチックな話題となったが、コンクリート構造物に限らず、社会資本は的確な時期に的確な処置を施し、これらを健全に維持していくことが重要である。

中央に急峻な山岳地帯をもち、狭い平地部に人口の集中する都市を形成するわが国においては、溪谷、河川等を渡る橋や都市内専用道路としての高架橋等橋梁が数多く建設されてきた。これら道路橋（橋長15m以上）の延長はすでに7000km以上にもなっており、これらを健全に維持していくことが極めて重要となっている。

とくに、橋梁は交通の要所となっていることから、橋面舗装の維持修繕工事は著しい交通渋滞を招くなど社会的影響も大きいため、一般部の舗装以上に計画的に実施する必要がある。一方、橋面舗装は、ちょっとした局所的な損傷が急速に拡大する傾向にあるとともに、先に述べた周辺環境への影響など、一般部の舗装以上に厳しい管理水準で維持して行かなければならない状況にある。このようなことから、局所的な損傷はできるだけ早期に発見して補修し、大規

模な修繕工事はできるだけその頻度を減らすとともに、より計画的に実施していく必要がある。そのためには、橋面舗装の効率的な維持修繕工法の開発とデータバンクの構築を含めた維持管理システムの確立が必要とされている。

さらには、これからの橋梁の建設に当たっては、できるだけ耐久性の優れたものであると同時に、後の維持管理が容易な橋面舗装を開発すべきである。そのためには、橋面舗装を考慮した橋梁の設計が必要であり、舗装屋と橋梁屋の技術の提携が必要である。

従来は、橋梁の設計は橋梁屋、その上の舗装の設計は舗装屋と、別々の世界のものとして取り扱われる傾向にあった。しかし、道路橋は交通車輛を安全にかつ円滑に走行させるために建設されるものであり、道路橋の良否は橋面舗装の良否で定まるとも言える。従来の設計概念からすれば、それぞれの要求するところには相反する点が多々あるであろうが、道路橋を建設する本来の目的を達成するには、これらを克服することが不可欠である。

橋面舗装は、以上に述べたように、多くの重要な役割を担うとともに多くの課題を抱えている。にもかかわらず、一部専門家を除いては、従来あまり関心がもたれていなかったと言えよう。

今回、本誌において橋面舗装の特集が組まれ、各機関の専門家からホットな情報がまとめて提供されることは、非常に意義がある。これを機会に多くの方々に橋面舗装に大いなる関心をもって頂く絶好の機会となり、これからの橋面舗装の技術のさらなる進歩発展に大いに役立つものと期待する。

橋面舗装の概要

池田 拓哉*

1. はじめに

橋面舗装は、交通荷重、雨水その他の気象条件等から橋梁の床版を保護し、同時に交通車両の快適な走行性を確保することを目的として設置されている。

橋梁部は、代替となる道路が少なく、交通流が集中する交通の要であることや、床版という構造物上に設けられるということ等、橋面舗装においては、一般部の舗装と比べて留意すべき点が多い。ここでは、舗装構成、防水性等、橋面舗装独特の技術について、道路関係4公団の設計施工基準等を例示しながら記述することにする。

2. 橋面舗装技術の変遷

日本で最初のアスファルト舗装は、明治11年(1878年)に施工された神田昌平橋の橋面舗装であるとされており、日本における橋面舗装の歴史はここまでさかのぼることができる。

橋面舗装については、昭和36年に発行された最初のアスファルト舗装要綱において、特殊工法として流し込み工法の中でグースアスファルト工法が紹介されており、鋼床版舗装についても施工事例が掲載されている。

その後、昭和42年版のアスファルト舗装要綱において特殊工法として橋面舗装が独立して取り上げられることとなり、昭和53年版および昭和63年版では特殊箇所の舗装として位置づけられ、平成4年に発行された現行のアスファルト舗装要綱では、特定箇所の舗装という位置づけで、橋面舗装に関する記述がなされている。このように、アスファルト舗装要綱における橋面舗装の位置づけは、用語の上では変化しているが、いずれも通常のアスファルト舗装の設計方法によらないアスファルト舗装という観点でとらえられている。

橋面舗装技術は、現場での施工の経験の積み重ねの中で進歩してきたものであるが、本州四国連絡橋の鋼

床版舗装の施工に当たり、その構造、材料、施工について大規模な調査研究が行われた。その成果は、「本州四国連絡橋 橋面舗装基準(案)」¹⁾として取りまとめられ、橋面舗装への改質アスファルトの積極的な採用など、その後の橋面舗装に与えた影響は非常に大きいものとなっている。

また、本州四国連絡橋以後の橋面舗装に関する組織的な調査研究としては、関西国際空港の連絡橋の鋼床版舗装についての検討が行われている。その中で、鋼床版に発生したひびわれについて、各地の橋梁で現地調査が行われ、同連絡橋については、構造的に縦方向のひびわれの発生が避けたいということが明らかになったことから、あらかじめひびわれの発生が予想される位置に、アスファルト舗装であるにもかかわらず目地を設けるという結論が示され、実際の施工に反映されることとなった²⁾。

このように、橋面舗装については、現場での施工経験が積み重ねと、調査研究の進展によってその技術水準を高めてきている。

3. 橋面舗装に求められる設計条件

一般部の舗装は、アスファルト混合物やセメントコンクリート版の下に、それらを支える路盤や路床を設け、路面に作用する荷重を下部にいくにつれ徐々に分散しながら伝達していくという構造となっている。それに対し、橋面舗装の場合は、一般に10cm未満のアスファルト混合物層が、じかに鋼床版やコンクリート床版に荷重を伝達する構造となっている。このことは、橋面舗装が床版の影響を受けやすいことを意味している。

3.1 一般の道路と異なる制約

橋面舗装は、橋梁という構造的な制約があり、路肩が十分に確保できないなど、一般の道路と異なる条件に置かれることが多い。そのため、車両の走行位置が

*いけだ たくや 建設省土木研究所道路部舗装研究室長

固定されるなど、流動によるわだち掘れが発生しやすい状況となる。特に、後述のように鋼床版ではより厳しい気象条件にさらされることになり、一般部の舗装よりさらにわだち掘れ防止のための対策が重要になる。

3.2 床版構造との関係

床版構造にはコンクリート床版と鋼床版の2種類があるが、床版構造によって橋面舗装に使用される材料等が異なる。

床版構造との関係で、橋面舗装に一般的に求められる条件は以下のとおりである。

- ①橋梁自体にとって舗装は死荷重であるので、軽量化のため舗装厚はできるだけ薄い方が望ましい。
- ②床版との付着性が良く、防水性のある構造とする。

橋面舗装においては、防水性の高い材料の使用や目地のシールなど、防水についての細心の配慮を払うこととなっているが、それでもなお時間の経過にともなう防水性能の低下等により、舗装が地覆や舗装止めに接する部分などから水の侵入が生じることがある。この水は、床版のさびの発生やアスファルト混合物のはく離につながるものであり、舗装材料には付着性の確保やはく離対策を施すことが求められる。また、床版構造の側でもすみやかに排水できるように水抜き対策をとる必要がある³⁾⁴⁾。

近年は長大橋の増加に伴い、主要部材応力に占める死荷重の割合を軽減して経済的にするために、鋼床版が採用される例が増加しているが、鋼床版上の舗装にはコンクリート床版上の舗装と比較して以下のような条件が求められている。

- ①鋼床版は輪荷重による局部的変形量が大きいため、舗装はこれに追従できるものでなければならない。
- ②気温の影響を受けやすいので、広い温度域で安定でなければならない。

鋼床版の場合、一般的に図-1に示すような断面となるが、荷重条件によっては、縦リブや主桁腹板（ウェブ）上に大きな変形を生じ、それがひび割れの発生

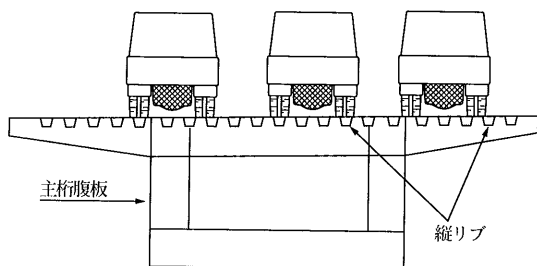


図-1 鋼床版の断面例

につながる可能性がある。したがって、鋼床版舗装に使用する材料は、それらの変形の繰返しに耐えられるものでなければならない。

また、鋼床版は、海上架橋など長大橋に採用されることが多いことから、強風にさらされるなど気象条件としては厳しい状況に置かれることが多い。鋼床版のデッキプレートは厚さが10数mmしかなく、舗装は上面と下面の両方から温度変化の影響を受けることになる。これは、コンクリート床版では、ある程度の床版厚さが確保されるとともに、熱伝導率も鋼より低いため下側からの温度変化の影響を受けにくいことと比較すると、厳しい条件であるといえる。

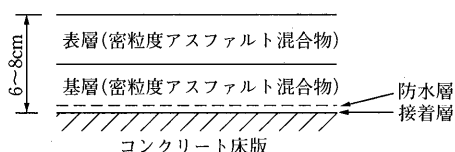
3.3 舗装構成

図-2に、橋面舗装の標準的な舗装構成を示す³⁾。

舗装構成は、基層（下層ともいう）および表層（上層ともいう）の2層を設けることが原則である。

基層は、床版の不陸やボルト等に対するレベリング層も兼ねるものであり、ボルト等の突起物のある場合は、10mm以上の舗装のかぶりを確保することが望ましい。

(1) コンクリート床版の場合



(2) 鋼床版の場合

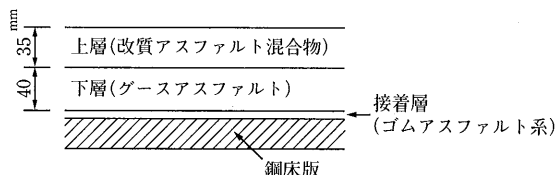


図-2 橋面舗装の舗装構成例

橋面舗装は一般に、コンクリート床版あるいは鋼床版が完成した時点で建設会社から引き渡しを受け、舗装専門の会社が施工を開始することとなるが、実際の床版面は、コンクリート打設時の不陸やクレーンで吊り上げるための吊り金具の切断跡など（写真-1、2）、かなりの凹凸が見られる。そのため基層は、表層の施工前に平坦性を確保することが役割の一つとなっている。

表層は、良好な走行性を確保するためのものであり、耐流動性、耐ひびわれ性やすべり抵抗性に優れている

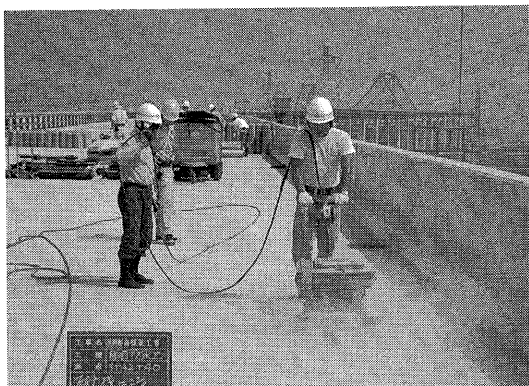


写真-1 コンクリート床版の研掃作業

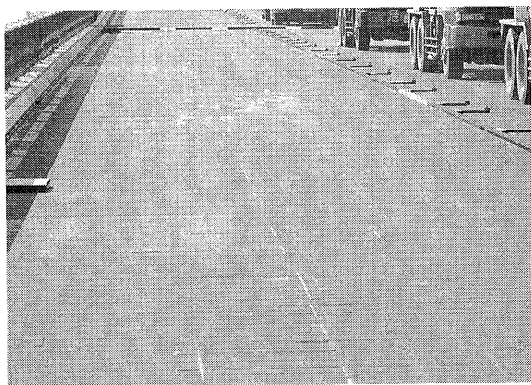


写真-2 引渡し時の鋼床版の状態

ことが必要である。

この他、床版と基層の間には接着層や必要に応じて防水層を設ける。また、基層と表層の間にはタックコートを施す。舗装表面のすべり抵抗性を高めるため、表層上に表面処理層を設けることもある。

3.4 舗装厚さ

橋面舗装においては、交通荷重は床版が受け持ち、舗装による輪荷重の分散作用や耐荷力への寄与は考慮しないことになっている。このため、橋面舗装の厚さは交通量区分によらず、床版にとっての死荷重を減らすこと、舗装自体の耐久性、施工性等を考慮して、一般に6～8cmとすることが標準である。このうち、表層は3～4cmとする場合が多く、基層は床版の不陸やボルト等の影響を考慮して表層より厚くすることがある。表-1に、道路関係4公団における橋面舗装の標準舗装厚さを示す¹⁾⁵⁾⁶⁾⁷⁾。

4. 舗装材料

舗装材料の選定にあたっては、以下の点に留意する

機 関 名		基 層	表 層	合 計
日 本 道 路 公 団		—	—	75
首都高速	コンクリート	50	30	80
道路公団	鋼 床 版	40 (50)	40 (30)	80
阪神高速	コンクリート	40	35	75
道路公団	鋼 床 版	45	35	80
本州四国連絡橋公団		35～40	30～35	65～75

注1) () 内は、ボルト頭の高さが40mm以上の場合

2) 本四公団は鋼床版のみに適用

表-1 橋面舗装の標準舗装厚さ (mm)

必要がある。

- ①耐久性に富み、長期間の供用に耐えること。
- ②不透水性であること。
- ③床版との付着が良好であること。
- ④すべり抵抗性が高いこと。
- ⑤補修が迅速かつ容易に行えること。

4.1 アスファルト混合物

橋面舗装の表層には、密粒度、密粒度ギャップ、細粒度ギャップ等のアスファルト混合物が用いられることが多い。基層の材料は床版構造によって異なり、コンクリート床版の場合は粗粒度または密粒度のアスファルト混合物が、鋼床版の場合は防水性やたわみ追従性を期待してグースアスファルト混合物が用いられることが多い。

グースアスファルト混合物は、一般に用いられている密粒度アスファルト混合物に比較すると、細粒分が非常に多く、アスファルト量も多い混合物である。施工温度は240℃前後と高く、流動状態にある混合物を流し込みで施工することが特徴になっている。プラントで混合されたグースアスファルト混合物は、クッカ車(写真-3)と呼ばれるかくはん装置の付いた特殊な車両に投入され、さらに加熱混練した後に、グースアスファルト混合物専用のフィニッシャーで敷き均す。

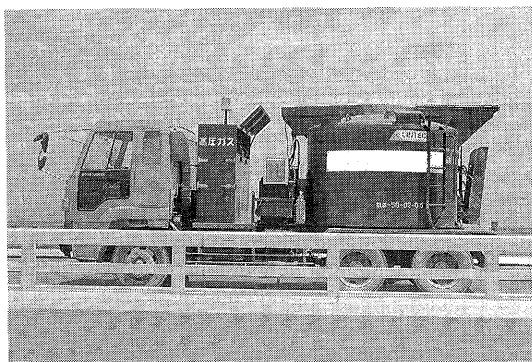


写真-3 クッカ車 (縦型)

アスファルトには、ストレートアスファルトの他、耐流動性や耐はく離性等を考慮して改質アスファルトを用いることも多い。また、グースアスファルト混合物には、耐流動性の向上を目的として、鉱物質を含む天然アスファルトであるトリニダッドレイクアスファルトを用いることが多い。

表-2、3に、道路関係3公団における橋面舗装の標準的な舗装材料を示す⁹⁾⁶⁾⁷⁾。また、表-4に本州四国連絡橋公団における材料の組み合わせを示す^り。

表-2 橋面舗装の標準的な材料(コンクリート床版)

機 関 名	基 層	表 層
日本道路公団	表層用混合物	表層用混合物
首都高速道路公団	粗粒度混合物* (AC-100)	粗粒度ギャップ 混合物 (AC-100)
阪神高速道路公団	密粒度混合物 (ストアス60～80)	密粒度混合物 (ストアス60～80)

注1) AC-100は、セミブローンアスファルト
2) *は最大粒径20mm、他は最大粒径13mm

表-3 橋面舗装の標準的な材料(鋼床版)

機 関 名	基 層	表 層
日本道路公団	グースアスファルト 混合物	表層用混合物
首都高速道路公団	グースアスファルト 混合物	粗粒度ギャップ 混合物*
阪神高速道路公団	グースアスファルト 混合物	密粒度混合物 (ストアス60～80)

注1) *はゴム入りストアス60～80使用
2) 最大粒径は13mm

表-4 本州四国連絡橋公団における材料の組合せ(鋼床版)

番号	下 層	上 層
(1)	グースアスファルト混合物	グースアスファルト混合物
(2)	グースアスファルト混合物	改質アスファルト混合物
(3)	改質アスファルト混合物	
(4)	硬化性アスファルト混合物	
(5)	グースアスファルト混合物	硬化性アスファルト混合物
(6)	改質アスファルト混合物	
(7)	硬化性アスファルト混合物	

注) グースアスファルト混合物には硬質アスファルトを使用

首都高速道路公団では、耐流動対策として、表層に粗粒度ギャップという独自の配合のアスファルト混合物を用いている。また、料金所付近においては、表層に全浸透型半たわみ性舗装を用いることにしている。

阪神高速道路公団では、上記の標準舗装のほか、すべり止め舗装と耐流動舗装の規定を設けている。すべ

り止め舗装は走行の安全性を高めるためにすべり止めが必要と認められる部分に適用され、表層に密粒度ギャップアスファルト混合物を用いている。耐流動舗装は大型車交通量が多く特にわだち掘れが生じやすい箇所に適用され、表層に改質アスファルトを用いた密粒度アスファルト混合物を用いている。

4.2 接着層

接着層は、床版と防水層または舗装とを付着させ、一体化させるために設けるものである。

コンクリート床版では、一般のアスファルト乳剤の他に、用途に応じてゴム入りアスファルト乳剤や接着力を高めた溶剤型のゴムアスファルト系接着剤、ゴム系接着剤等を用いる。鋼床版では溶剤型のゴムアスファルト系接着剤を用いる。

4.3 防水層

防水層は、床版の耐久性を向上させるために設けるものである。防水層にはシート系、塗膜系および舗装系の3種類がある。

シート系には一般に不織布に瀝青系材料を含浸させたもの、塗膜系には瀝青系、樹脂系材料等が用いられる。舗装系には、シートアスファルト混合物、マチックアスファルト混合物、グースアスファルト混合物がある。グースアスファルト混合物は、一般に鋼床版上の防水層と基層を兼ねて用いられる。

4.4 タックコート

タックコートは、基層と表層の接着性を高めるために施すものである。

タックコートには、一般にアスファルト乳剤を用いるが、特に強い接着力を必要とする場合は、ゴム入りアスファルト乳剤を用いる。

5. 施 工

橋面舗装の施工において、特に注意を要することは、床版面の汚れや水の除去である。

5.1 床版面の表面処理

橋面舗装においては、舗装と床版が付着していることが重要であるが、コンクリート床版面のレイタンスや、鋼床版面のさびなどがある状態では、十分な付着が確保されない。そのため、施工に先立ちこれらをブラッシングや研掃機械等によって十分除去しておくことが必要である。

長大橋の舗装では、鋼構造物が製造され現場に設置されてから、舗装が開始されるまで、かなりの時間が経過することがあり、その場合には鋼床版面にはさび

や汚れがかなり付着した状況となる。その場合、金属の小片を床版面にぶつける衝撃でさびや汚れを除去するブラストが用いられ(写真-4)、新しい金属面を露出させてから施工が行われる。

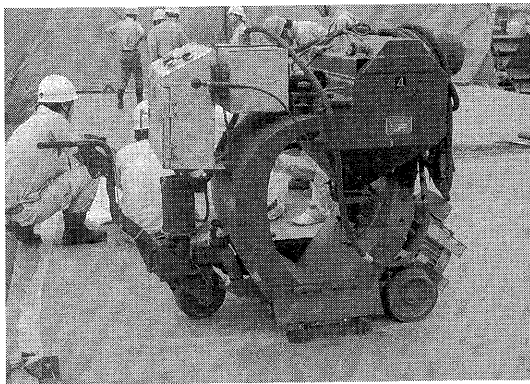


写真-4 ブラストのための機械

5.2 水や汚れの除去

鋼床版の舗装では、基層にグースアスファルト混合物を用いることが多いが、グースアスファルト混合物の防水性が良いことにより、ブリストリングといわれる現象が生じることがある。

ブリストリングは、床版面にある水分や油分が高温のグースアスファルト混合物に接して気化した際に、基層と床版の間に気体が閉じこめられることで、基層の表面がふくらむ現象をいう。同様の問題は、シート系防水材料を施工した場合にも生じることがある。

参考文献によれば⁴⁾、直径20cm、高さ2cmの、球面の

一部の形をしたブリストリングを生じさせるのに必要な水分量は、わずか0.05gであることが示されている。このような微量な水分が施工上の問題となることから、施工前の床版面は清浄な状態を保つとともに、作業員による水分、油分、土、汚れなどの持ち込みがないように細心の注意を払わなければならない。また、施工前日に降雨があった場合や鋼床版面の結露が予想される場合には、床版面の水分の有無について確認するとともに、必要に応じて加熱乾燥する等の処置をとる必要がある。

ブリストリングは、未処置のままでは将来的にひびわれにつながるがあるので、発生した場合は千枚通しや釘を先端に取り付けた器具で、内部の気体を排出し、木ゴてなどでたたいて接着層と密着させる必要がある。

6. おわりに

橋面舗装の概要について、一般部の舗装と異なる点を中心にまとめてきたが、本文で述べたように橋面舗装は一般部より厳しい交通条件や気象条件に置かれている。それらの条件を克服し、耐久性のある舗装とするには、今後も新しい材料の開発等の技術的な取組を進めていくことが必要となる。

一般部の舗装においては、車両の走行快適性の確保や環境への配慮から、排水性舗装の採用が増加している。今後、橋面舗装においても同様の動きが予想されることから、排水性舗装の橋面舗装の適用についても、調査研究していく必要がある。

— 参考文献 —

- 1) 本州四国連絡橋公団：本州四国連絡橋橋面舗装基準(案)，1983年4月
- 2) 関西国際空港株式会社：関西国際空港連絡橋鋼床版舗装に係わる検討(その3)委託業務報告書，1992年3月
- 3) 舗装工学，土木学会，1995年1月
- 4) 多田宏行：鋼床版舗装の設計と施工，鹿島出版会，1990年2月
- 5) 日本道路公団：設計要領第1種第2編(舗装)，1983年4月
- 6) 首都高速道路公団：舗装設計施工基準，1994年10月
- 7) 阪神高速道路公団：設計基準第3部第4編(舗装)，1992年10月

首都高速道路公団における橋面舗装

川 田 成 彦*
牧 田 篤 弘**

はじめに

首都高速道路は、平成6年12月の湾岸線（3期、4期）の供用により、総延長247.8kmとなった。その内、高架部分は201.8kmあり、全体の約81.4%を占めており、首都高速道路の舗装といえば、そのほとんどが橋面舗装であることがわかる。また、一日当たりの通行台数は平均約112万台、多いときで130万台にも達し、設計交通量の区分で言っても、ほとんどの路線がD交通にあたる。

首都公団においてこれらの橋面舗装を設計する際に配慮している点は、まず第一に、舗装の耐流動性である。重交通路線を数多く抱え、かつ絶えず渋滞にさらされている首都高速道路の舗装損傷の大部分は流動によるわだち掘れであり、首都公団の「舗装設計施工基準」は、「耐流動性」をキーワードとして変遷してきたと言える。

本文では、まず首都高速道路で使用してきた舗装材料の変遷と、RC床版および鋼床版上における現行の舗装構成について、その概要を解説し、次いで維持管理や最近の検討事項についても述べることにする。

1. 首都高速道路の舗装材料の変遷

首都公団では、昭和42年3月に最初の「舗装設計基準」を設け、高架橋における舗装構成を標準化した。当初、表層材には、RC床版、鋼床版上ともに標準的に密粒度アスコンを用いており、勾配が大きいところや、曲線部分、その他走行上すべり止めが必要な部分については、「すべり止め舗装」として開粒度アスコンを採用していた。しかし、供用期間が長くなるにつれ、開粒度アスコンでは骨材の剥離・飛散が問題となり、密粒度アスコンでは流動によるわだち掘れが問題となってきた。

そのため、首都公団では、昭和43年ごろより耐流動、

耐剥離、耐すべりに富んだ表層材の開発の検討を行い、昭和47年には室内基礎実験に着手した。この時の実験では、密粒、開粒、ギャップⅠ～Ⅳ型の6通りについて、耐流動、耐剥離、耐すべりの評価に主眼をおき、その結果、耐流動を考慮した場合、ギャップⅣ型が最も適している結果となった（表－1参照）。これが現在、首都高速道路の表層材に採用している粗粒度ギャップアスコンであり、現場における試験舗装を経て、昭和53年3月の「舗装設計施工基準」より取り入れられた。

表－1 要求性能と混合物種の関係
（昭和47年度室内試験結果）

要求性能 混合物種	耐流動	耐剥離 飛 散	耐すべ り	耐水性	施工性
密粒アスコン	○	△	○	○	○
密粒 ギャップ	Ⅰ型	△	×	×	○
	Ⅱ型	△	×	×	○
	Ⅲ型	○	○	△	○
	Ⅳ型	◎	○	○	△
開粒アスコン	◎	×	○	×	△
評価方法	ホイール トラック キング (WT)	フレッ テング	WTのト ラバース とポリ ッシング	水浸マ ーシャ ル	—

注) ◎：非常に良い，○：良い，△：やや問題あり，×：問題あり

しかし、年々増加する車面交通によるわだち掘れに対処するため、さらに耐流動性の高い舗装材の検討を続け、昭和60年からは、RC床版上の表層材として、バインダーにセミプローンアスファルトAC-100とストアス40～60を用いた粗粒度ギャップアスコンの比較を行った。結果として、わだち掘れ量が補修目安値に達する期間が、ストアス40～60が2年と短かったのに比べ、AC-100は、4年経過した時点でもわだち掘れ量が10mm以下とわずかな値であった（図－1）。

*かわだ なるひこ 首都高速道路公団工務部設計技術課

**まきた とくひろ 首都高速道路公団保全施設部保全技術課

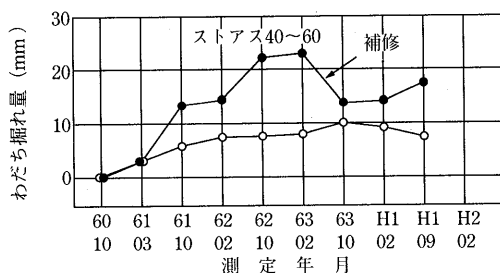


図-1 わだち掘れ量の経年変化

平成2年に行った、AC-100とストアス40~60を用いた粗粒度ギャップアスコンの水浸ホイールトラッキング試験の結果でも、DS値でAC-100がストアス40~60に比べて3倍の約6,000回/mmを示した。この値は、材料の開発目標である3,000回/mm以上という値を十分クリアしており、結果として、平成6年10月の「舗装設計施工基準」より、正式にRC床版上の舗装材のバインダーとして取り入れられることとなった。

2. RC床版および鋼床版上の舗装構成

2.1 現行基準に示される舗装材料

現在、首都高速道路の新設路線で用いている舗装材料を表-2に示す。

前節においても、RC床版上の舗装材のバインダーとしてAC-100を採用していることに触れたが、表から分かるように、鋼床版上のアスファルトとしては、従来どおりのゴム入りストアス60~80を用いている。これは、鋼床版上は床版の構造上変形が大きく、このような箇所に硬い混合物を用いることは、舗装が変形に追従できず、クラックを生じる原因となることが予想されたからである。

2.2 構造種別ごとの舗装構成

まず、RC床版上における標準的な舗装構成と、舗装材の標準配合を図-2および表-3に示す。

舗装厚は、粗粒度ギャップアスコンの最大粒径、あるいは補修時の切削機による床版破損の防止等を考慮し、表層30mm、基層50mmの全厚80mmを基準とした。

また基準では、アスコンの耐流動性を評価するためにホイールトラッキング試験を実施し、DS値3,000回/mm以上あることを確認することとしている。この数値は、鋼床版上の表層材についても同様である。

次に、鋼床版上における標準的な舗装構成と、舗装

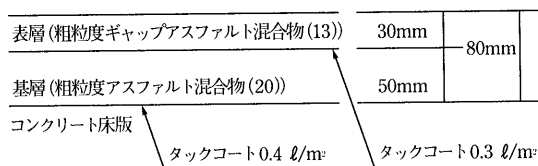


図-2 コンクリート床版上の舗装構成

表-3 標準配合

ふるい目		車道部の舗装	
		表 層	基 層
		粗粒度ギャップアスファルト混合物 (13)	粗粒度アスファルト混合物 (20)
通過	26.5mm	—	100
質量	19	100	95~100
百分率	13.2	95~100	70~90
	4.75	25~40	35~55
	2.36	20~35	20~35
	600 μm	12~23	11~23
	300	8~18	5~16
	150	6~16	4~12
	75	5~10	2~7
アスファルト量 (%)		4.7±0.5	
アスファルト種		セミプローンアスファルト (AC-100)	

表-2 舗装区分と構造種別に応じた舗装材料

舗装の区分	構 造 種 別		舗 装 材 料	
			表 層	基 層
車道部の舗装	高架橋	コンクリート床版	粗粒ギャップ (AC-100)	粗粒 (AC-100)
		鋼 床 版	粗粒ギャップ (ゴム入り・ストアス60~80)	グースアスファルト
	ト ン ネ ル		粗粒ギャップ (ストアス40~60)	粗粒 (ストアス40~60)
料金所付近の舗装	高架橋	コンクリート床版	全浸透型半たわみ性舗装	粗粒 (ストアス40~60)
		鋼 床 版	全浸透型半たわみ性舗装	グースアスファルト
	ト ン ネ ル		全浸透型半たわみ性舗装	粗粒 (ストアス40~60)
路肩部等の舗装	高架橋	コンクリート床版	コンクリート舗装	
		鋼床版	グースアスファルト	
		非常駐車帯部	全浸透型半たわみ性舗装	グースアスファルト
	ト ン ネ ル		コンクリート舗装	

材の標準配合を図－３および表－４に示す。

鋼床版上に施工される舗装には、不透水性や耐衝撃性、変形に対する耐久性や追従性が求められる。また、高力ボルトを用いた鋼床版では、ボルトヘッド等によって表面に凹凸があるため、アスファルトフィニッシュによる敷均しやローラーによる転圧が困難である。このため、基層には、高温時の流動性が高いグースアスファルトを使用している。

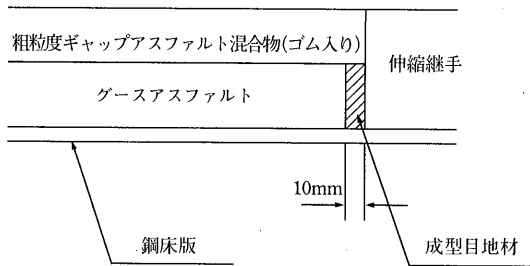
しかし、現場継手が縦横ともに高力ボルト継手の場合は、添接板、座金、ボルトヘッド等を加算すると50mm弱となることがあることから、このような場合には、基層を50mmとすることとした。また、グースアスファルトの場合、舗装厚が厚くなると流動しやすくなるので、この場合は、一層仕上げの限度を横断勾配7%までとした。これ以上の急勾配箇所においては、プレコート碎石の散布等を検討している。

表－４ 標準配合

ふるい目		表 層	基 層
		粗粒度ギャップアスファルト混合物 (ゴム入り) (13)	グースアスファルト (13)
通過質量百分率 %	19 mm	コンクリート床版上 舗装の表層に同じ	100
	13.2 mm		95～100
	4.75 mm		65～85
	2.36 mm		45～62
	600 μm		35～50
	300 μm		28～42
率	150 μm		25～34
	75 μm		20～27
アスファルト量 (%)		4.7±0.5	8.5±0.5
アスファルト種		ストレートアスファルト 60～80 (ゴム入り)	ストレートアスファルト 20～40 (75%) + トリニグットレーキアスファルト (25%)

また、鋼床版が主桁より大きく張り出している場合や、リブ上など局部的に大きなひずみが発生する箇所では、鋼床版の変形による縦方向のクラックが発生する恐れもあり、その位置に縦目地の設置を検討し、実際に設置した例もある。

なお、グースアスファルトは高温の混合物であるため、舗装後の冷却に伴って収縮する。この際に、伸縮継手や地覆等の構造物との境界に隙間が生じるが、これは鋼床版の防水的な観点から好ましくないため、間隙防止として、成型目地材を設置することとしている(図－４)。

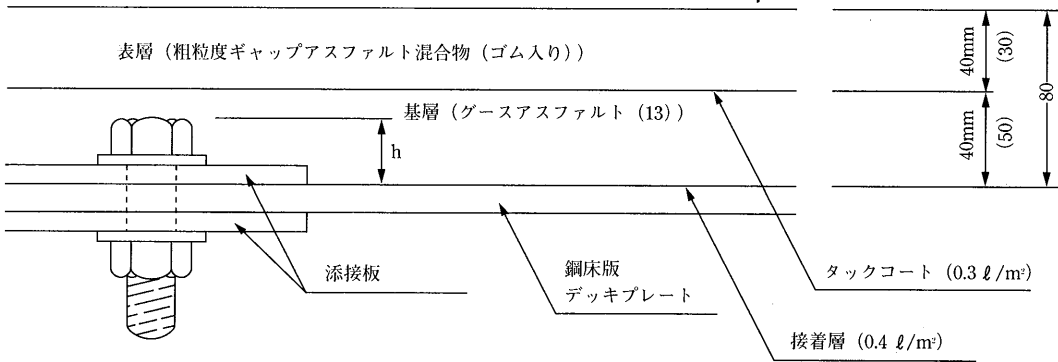


図－４ 成型目地材の設置例

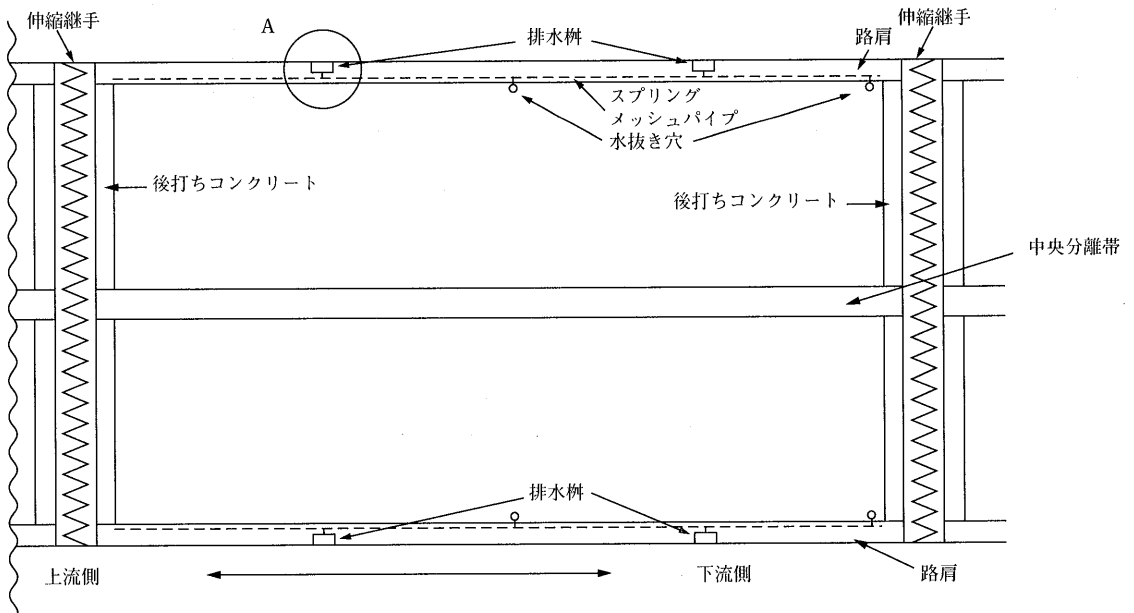
2.3 床版の排水処理

アスファルト舗装を通して橋面上から浸透する水はRC床版の劣化を促進し、床版上の滞水はアスファルト混合物の剥離の原因となる。また、鋼床版の場合にも、防水性を有するグースアスファルトを基層に用いているものの、目地等から流入した水によって鋼床版が腐食した事例も報告されている。

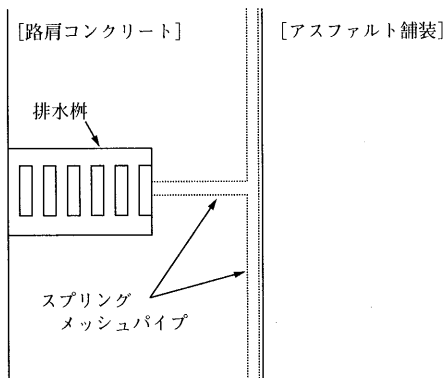
首都公団においては、舗装と床版の耐久性を向上させるため、床版の排水処理を行っている。RC床版については、図－５に示すようにスプリングメッシュパイプを路肩コンクリート内に設け、排水柵側面および



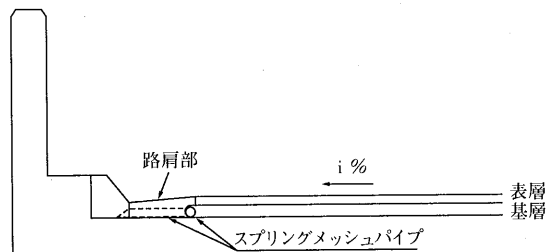
図－３ 鋼床版上の舗装構成



排水処理設備設置位置



A部平面図



A部断面図

図-5 排水処理設備

床版に設けた水抜き穴に接続するようにしている。また、鋼床版については縦横断勾配および横断勾配の低いところ、さらに添接板等によって水の滞留が予想される箇所にも水抜き穴を設けることとしている。

3. 首都高速道路における舗装補修工事

3.1 一般的な補修工事

首都高速道路における舗装補修工事は、毎年1回の路面性状点検車による点検等をもとに、補修計画を策定し実施している。

舗装打換は、路面性状点検車、現地調査による点検結果をもとに、わだち掘れが主要因となっている損傷

箇所については平均わだち掘れ量が20mm以上の区間を補修対象とし、ひび割れが主要因となっている損傷箇所については1スパンのひび割れ率が20%以上の区間を対象としている。

それぞれの判定フローチャートを図-6, 7に示す。

これらの損傷箇所は、一般に交通量の減少する夜間を利用して補修を行っている。工事にあたっては、大きな騒音が発生する剥ぎ取り工を21時～23時までに完了することとしている。図-8に舗装打換のタイムスケジュールの一例を示す。

補修における舗装構成は、既設舗装厚により異なるが、コンクリート床版上における全層打換の場合には、

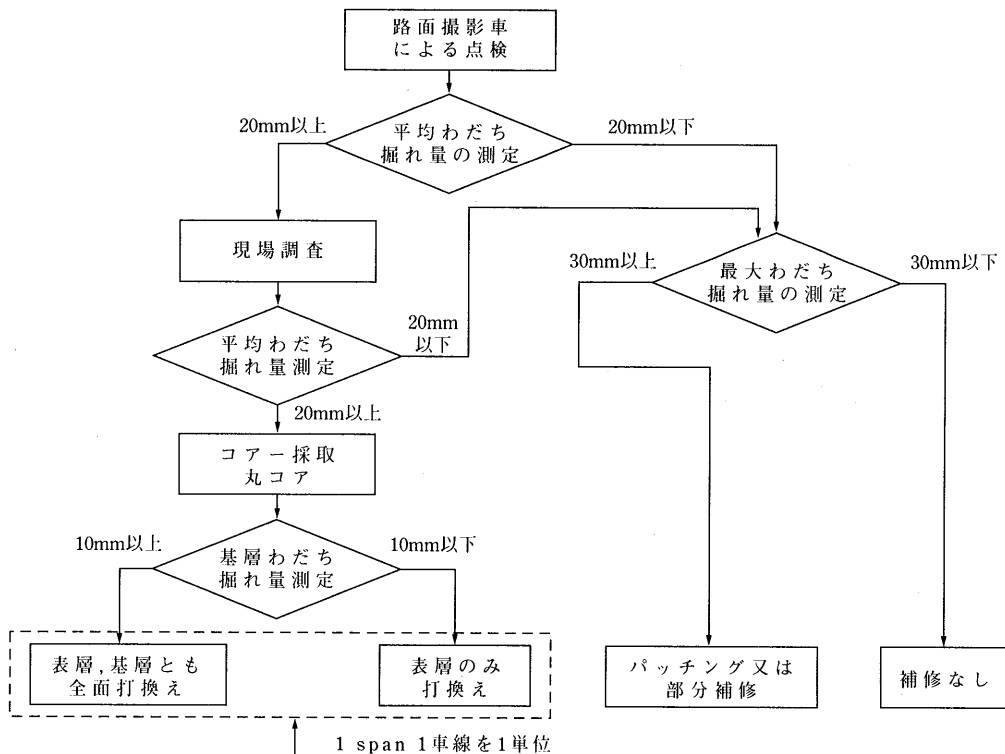


図-6 わだち掘れが要因の場合の流れ図

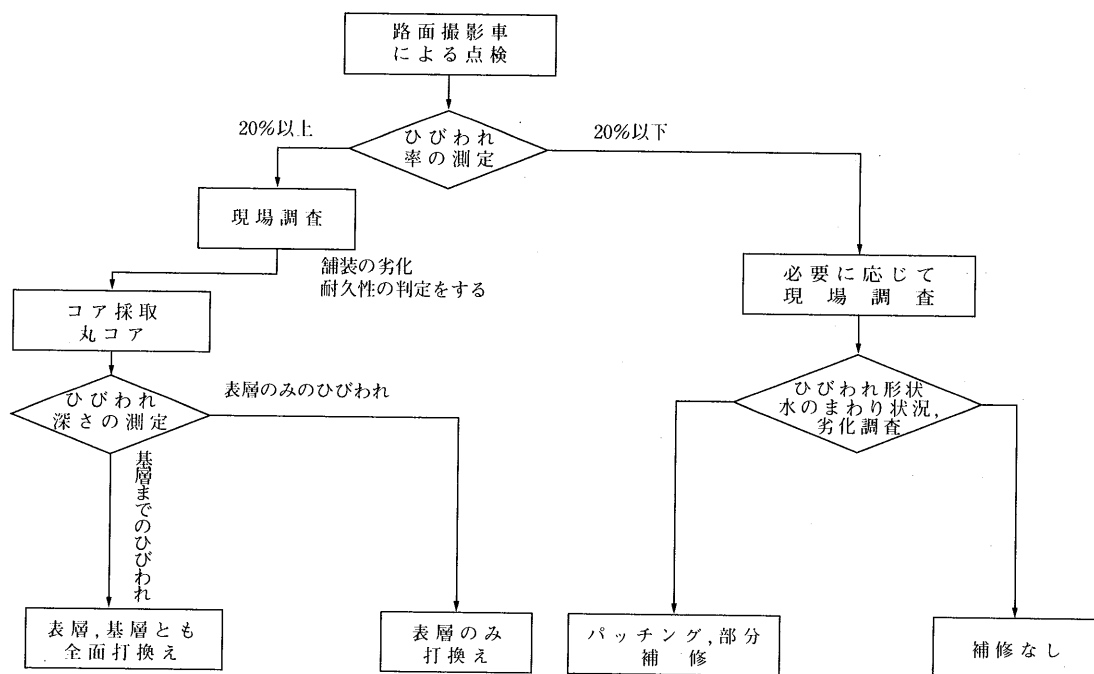


図-7 ひびわれが要因の場合の流れ図

舗装厚が6 cm以下の場合には全層粗粒ギャップアスコン、8 cmの場合には基層に粗粒度アスコン(5 cm)、表層に粗粒ギャップアスコン(3 cm)を標準としている。

なお、新設舗装においては、バインダーにAC-100を使用して耐流動性を向上させているが、夜間工事の補修量が少量であること等の問題点から夜間補修工事に

	21	22	23	0	1	2	3	4	5	6
保安規制設置	—									
剥 取		—	—							
廃 材 処 理			—	—						
清掃・タックコート				—						
基 層 舗 設					—	—				
表 層 舗 設						—	—			
基・表層 転写					—	—	—			
養生・後片付け							—	—	—	—
保安規制解除										—

図－8 舗装補修工事タイムスケジュールの一例

においてはストレートアスファルトを使用している。

また、鋼床版上における全層打換の場合には、基層にグースアスファルト（4 cm）、表層にゴム入り粗粒ギャップアスコン（4 cm）を標準としている。ただし、鋼床版上のボルト高さが4 cmを超える場合には、基層のグースアスファルトを5 cm（2.5cm+2.5cm）とし、表層を3 cmとしている。

首都高速道路においては、先に述べたような路面性状点検車による定期点検のほか、特に走行安全性確保の面から、パトロールカーを使用した目視、車乗感覚による点検を日々実施している。この点検により、緊急に補修を要するポットホール、コブ等の損傷については、パッチング、部分切削等の応急処理を行っている。

3.2 全面通行止め工事における舗装補修

首都高速道路における全面通行止め工事は、平成3年に7号小松川線において初めて実施し、以降6号向島線、1号羽田線、3号渋谷線と順次平成6年まで毎年秋に1週間程度の期間を全面通行止めとして実施してきた。

この全面通行止め工事は、工事で降数年間通常の補修工事を行わないことを前提としているため、打換箇所を選定においては、図－6、7に示した判定では打換の必要が無い区間についても、ある程度損傷が進行している場合には全面通行止め工事期間内に補修を実施している。

全面通行止め工事における舗装構成については、一般の補修工事と同様に既設舗装厚等により決定されるが、コンクリート床版上の舗装については、合材を大量に使用することからバインダーにAC-100を使用している。

また、近年、流動、ひび割れによる損傷の他、剝離

が原因と考えられる損傷が発生していることから、剝離対策として、消石灰の混入や、排水柵の側面に穴をあけ、排水処理を施工する等の処置を実施している。

4. 今後の課題

現在、首都高速道路の舗装における主な課題として、交通渋滞の原因となる工事の削減、維持管理経費の節減等を目的としたより耐久性の高い合材の検討、環境対策および走行安全性向上のための排水性舗装の採用の検討、床版等の構造物の保護を目的とした床版防水工の検討等があげられる。

その中でも、特に環境対策としての排水性舗装は首都高速道路公団としても重要課題として受け止めている。全線の約8割、200kmが高架構造であり、排水性舗装の施工に際しては、夜間工事における制約のなかで床版排水処理工や、防水工の施工が必要となる。また、断面交通量が10万台を超える重交通路線もある。このような条件の元での排水性舗装も検討を現在進めている。

おわりに

首都高速道路における舗装基準の変遷、現況等について簡単に紹介させて戴いたが、現在、首都高速道路公団では、舗装工に限らず全ての工種に対して、建設費、維持管理経費の節減、補修工事の効率化による交通規制回数の削減、騒音等の環境対策などの検討が進められている。

このような中で、舗装に対しても、より性能の高い材料、施工方法が求められており、今後とも種々の検討を進めて参りたい。

阪神高速道路公団における橋面舗装

袴 田 文 雄*

1. まえがき

阪神高速道路公団は昭和37年に設立され、以降34年にわたり阪神都市圏を中心にネットワークの形成に寄与してきた。この間15路線、供用総延長200km、一日平均91万台の利用台数を数え、関西圏の大動脈となっている。平成7年1月17日午前5時46分兵庫県南部地震が発生し、神戸市、阪神間諸都市及び淡路島北部に未曾有の大被害をもたらした。阪神高速道路公団の日平均利用交通は、地震発生後の平成7年2月に約56万台／日に減少したものの平成7年10月には約73万台／日まで回復している。今後大きな被災を受けた3号神戸線の復旧工事を進め、平成8年10月までに全線交通開放すべく努めているところである。以下では阪神高速道路公団の橋面舗装の現状について述べる。さらに、神戸線において採用されることとなった排水性舗装についても述べる。

阪神高速道路公団の構造別延長は図-1に示すように、全供用延長200kmのうち、154.7kmが鋼桁、31.5kmがコンクリート桁であり、全体の約93%が橋梁であって、いかに橋面舗装の占める割合が多いことがわかる。阪神高速道路公団ではこのように橋面舗装が一般的な舗装となっている。湾岸線などでは、鋼桁のうち、鋼床版の占める割合が多いのも特徴である。公団全体での鋼床版延長では、全体の27%が鋼床版になっている。

阪神高速道路公団における舗装の基準の変遷を表-1に示す。昭和44年に舗装設計基準を設けて以来、現

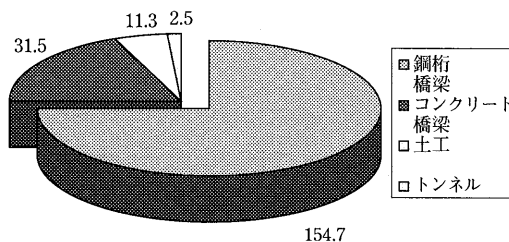


図-1 構造別延長

2. 基準の変遷

表-1 舗装基準の変遷

年月日	タイトル	内 容
昭和44年7月	舗装設計基準	舗装に関する最初の基準。舗装の設計に必要な材料規定、構造、設計C B R等を決定
昭和48年3月	舗装設計基準の改訂	舗装の耐流動化のため、基層部を密粒アスコンに変更した。タックコート量を増加した。グース貫入量を変更した。 基層に粗粒アスコンを用いたところ、水を含んでポットホールの原因となる事例が多くみられた。このため、透水性の低い粗粒アスコンに変更した。 表層については、修正トベカアスコンを用いてきたが、今後の重量交通量の増加、施工の合理化を勘案し、骨材分離が比較的起こりにくい密粒アスコンに変更した。 コンクリート床版上で接着効果をあげるため、タックコート量を0.3l/m ² から0.6l/m ² に変更した。 グースアスファルト舗装のうち、滑り止めグース舗装について貫入量を1から4に引き上げ流動化に対処した。 サルビアシム舗装において水の含浸により破壊例が多く、空隙率を上げ、グラウト量を6l/m ² の全浸透とした。
昭和48年12月	舗装設計基準の改訂	部分改訂
昭和50年1月	舗装設計基準の改訂	部分改訂
昭和53年4月	舗装設計基準の改訂	部分改訂
昭和55年7月	舗装設計基準の改訂	部分改訂
平成4年10月	舗装設計基準の改訂	改正アスファルト舗装要綱との整合 すべり止め舗装、耐流動性舗装の適用範囲を明確にした。 耐流動性舗装の規格値は大型車交通量及び渋滞状況を勘案して範囲区分を設定した。 特殊区間のすべり止め舗装には明色舗装を使用できるとした。 鋼床版舗装において舗設直前の鋼床版表面処理の規定を設けた。

*はかまだ ふみお 阪神高速道路公団保全施設部保全技術課

行の平成4年10月の「設計基準第3部構造物設計基準第4編舗装」に至るまで改訂を重ねている。変遷の変更内容では、概要に示したとおり、アスファルト舗装要綱（日本道路協会）の改訂など関連基準改訂に対応するほか、耐流動対策などをはじめとする阪神高速道路における損傷に応じた舗装の改良を中心に改訂を行っている。

3. 設計基準・舗装の概要

平成4年度制定の舗装に関する現行基準の構成は次のとおり。橋面舗装では構造種別に従い、コンクリート床版上の標準舗装、コンクリート床版上の特殊舗装、鋼床版上の標準舗装、鋼床版上の特殊舗装、鋼床版上の表面処理を述べている。土工部の舗装では路床、路盤、基層、表層に関する材料、構造、設計について述べている。料金徴収所の舗装では半たわみ舗装、コンクリート舗装の材料、構造などについて述べている。その他、トンネル部の舗装、非常駐車帯、中央分離帯開口部、路肩部、中央帯部、土工部舗装端、縁石、パーキングエリア、踏掛版についても記載している。

図-2はコンクリート床版上、鋼床版上それぞれの標準舗装構成を示す。表-2に橋面舗装の区分を示し

た。橋面舗装では舗装厚の制限を受けるので最大骨材寸法を13mmとしている。

特殊舗装とはすべり止め舗装と耐流動性舗装をいい、標準舗装とは縦横断勾配が4%未満の橋面舗装に適用される。すべり止め舗装は縦横断勾配が4%以上の区

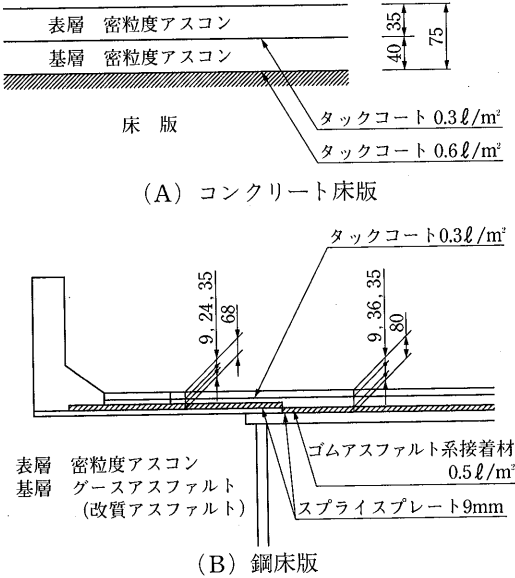
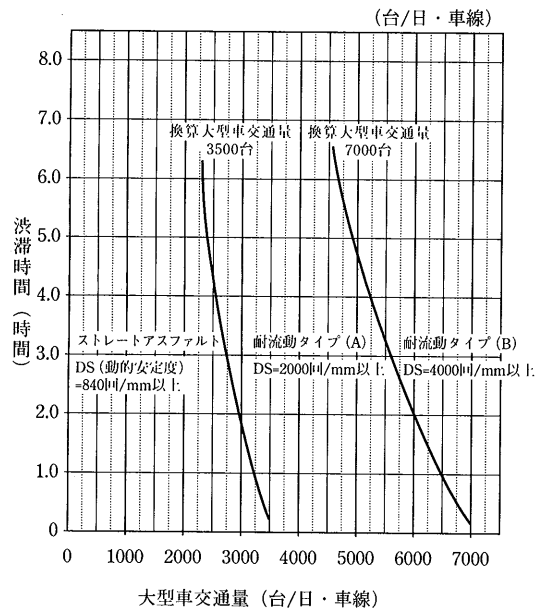


図-2 標準断面構造

表-2 橋面舗装の舗装区分

舗装区分	構造種別				舗装厚	単位	舗装材料	
車道部	RC床版	標準部	標準部	表層	35	mm	密粒度アスコン	
				基層	40	mm	密粒度アスコン	
		特殊舗装	すべり止め	表層	35	mm	密粒度ギャップアスコン（改質）	
				基層	40	mm	密粒度アスコン（改質）	
			耐流動	表層	35	mm	密粒度アスコン（改質）	
				基層	40	mm	密粒度アスコン（改質）	
		排水性舗装（案）	表層	40	mm	排水性舗装用アスファルト混合物		
			基層	35	mm	密粒度アスコン（改質）		
	鋼床版	ボルト添接	標準部	表層	35	mm	密粒度アスコン	
				基層	36～45	mm	グースアスファルト（改質）	
			すべり止め	表層	35	mm	密粒度ギャップアスコン（改質）	
				基層	36～45	mm	グースアスファルト（改質）	
			耐流動	表層	35	mm	密粒度アスコン（改質）	
				基層	36～45	mm	グースアスファルト（改質）	
			排水性舗装（案）	表層	40	mm	排水性舗装用アスファルト混合物	
				基層	31～40	mm	グースアスファルト（改質）	
	現場溶接	表層	35	mm	密粒度アスコン			
		基層	30	mm	グースアスファルト（改質）			
料金所付近				表層	RC床版、鋼版ともそれぞれの耐流動に同じ。ただし表層は			
				基層	開粒度アスコン＋浸透用セメントミルク（全浸透）を用いる。			
非常駐車帯	RC床版				全厚	75	mm	コンクリート舗装
	鋼床版				全厚	68	mm	グースアスファルト
路肩部	RC床版				全厚	75	mm	コンクリート舗装
	鋼床版				全厚	68	mm	グースアスファルト

間や分合流部に用い、曲線半径の小さいところでは明色舗装が使用できるとしている。耐流動舗装は換算大型交通量が3500台／日・車線以上の区間に用いる。大型車交通量と渋滞時間に応じて、耐流動タイプを図－3のように区分する。



図－3 耐流動舗装と標準大型車交通量

4. 舗装追跡調査の概要

阪神高速道路公団では昭和61年度～平成2年度にかけて、おもにストレートアスファルト使用区間と改質アスファルト区間について代表的な区間を選定して、表－3に示す追跡調査のための試験施工を行った。ひび割れ、わだち掘れ、平坦性などの舗装路面の供用性能とアスコン性状がどのような経年変化を示すかを把握することで、ストレートアスファルトと改質アスファルトとの比較をするとともに、補修に至るまでの期間や路面破損程度の推定を行うための基礎資料とすることを目的とした。また、平成4年度には一部路線の通行止めを利用して表－4に示す試験施工をおこない、より耐久性の高い舗装材料選択の基礎資料とすることを目的とした調査を開始した。

調査の内容は縦断凹凸調査(平坦性)、横断凹凸調査(わだち掘れ)、すべり抵抗試験、ひび割れ率測定の4点である。

わだち掘れ、クラックといった舗装の破壊は大型車の交通量に、また、渋滞時の交通量に大きく関係する。このため、交通量と大型車混入率から求めた大型車交通量に、渋滞時の影響を考慮することで「渋滞補正後

表－3 路面調査一覧表

No.	施工年度	経過年数	表 層	基 層	分類
1	62	6	密 粒 (AC-100)	密 粒 (AC-100)	改 質 アスファルト
2	61	7	密 粒 (タフプラス)	密 粒 (タフプラス)	改 質 アスファルト
3	61	7	密 粒 (ARパウダー)	密 粒 (ストレート)	改 質 アスファルト
4	61	7	密 粒 (ARパウダー)	密 粒 (ストレート)	改 質 アスファルト
5	H.1	4	密粒ギャップ (ARパウダー)	密 粒 (ARパウダー)	改 質 アスファルト
6	H.1	4	密 粒 (ストレート)	密 粒 (ストレート)	ストレート アスファルト
7	H.1 3	3	密 粒 (ストレート)	密 粒 (ストレート)	ストレート アスファルト
8	H.1	4	密粒ギャップ (HRバインダ)	密 粒 (ストレート)	改 質 アスファルト
9	H.2	3	シノパール 密粒ギャップ (ストレート)	グース	ストレート アスファルト

調査年度：平成5年度

表－4 耐久性の高い舗装材料試験施工

工区	施工年度	経過年数	表 層	基 層
1	H.4	1	レキファルト密粒	レキファルト密粒
2	H.4	1	MC碎石マスタック	MC碎石マスタック
3	H.4	1	TRギャップ	TRギャップ
4	H.4	1	改質密粒A	スーパーEPO
5	H.4	1	改質密粒A	グースアスファルト
6	H.4	1	ストレート密粒	ストレート密粒
7	H.4	1	改質密粒A	改質密粒A
8	H.4	1	改質密粒ギャップA	改質密粒A
9	H.4	1	改質密粒ギャップB	改質密粒B

調査年度：平成5年度

の大型車交通量」を当該試験位置において算出した。渋滞時速度を10km/h、非渋滞時速度を60km/hとした。

平成5年度に計測した結果は以下のとおりである。

1. ひび割れ：調査区間のうちひび割れが認められたのは改質アスファルトAC-100を用いた区間の一部であるが、前回調査時(平成3年度)から成長していない。
2. 平坦性：改質アスファルトの区間は供用するに従い平坦性が向上する。これは改質アスファルトはバインダー性状が硬く耐流動性が高いため、局部流動を生じにくい、が、車両走行により施工時の小さな波が平滑化されるためと考えられる。これに対し、ストレートアスファルト区間は車両の通行に応じてわだち掘れが発生することによる。

3. 最大わだち掘れ量：最大わだち掘れ量はいずれも車両通行に応じて増大する傾向にあるが、大型車100万台時のわだち掘れの進行量は、改質(表層)＋改質(基層 以下同じ)で0.1mm、改質＋ストレート0.4mm、ストレート＋ストレートで0.9mmとなり、改質アスファルトでは舗装の耐久性の効果が期待できる。平均わだち掘れ量においても同様の傾向が見える。

4. MCI：3者を比較したところストレートアスファルトは改質アスファルトよりMCIの低下が大きい。

5. 滑り抵抗：すべり抵抗の変化はアスファルトにより大きく変わらない。

今後ともこのような追跡調査を継続する一方、耐久性のある舗装材料、構造の検討を行っていく方針である。

5. 高架上の排水性舗装

排水性舗装とは路面より雨水を速やかに排出することを目的とし、20%程度の空隙率を持つ舗装を表層あるいは表基層に用いた舗装であり、雨天時のすべり抵抗向上、スモーク現象の防止、水はねの防止、路面表示など路面視認性の向上、さらに道路交通騒音の低減、耐流動性の向上などが期待できるとされる。図-4に材料構成、粒度を一般の密粒アスコンと比較した。排水性舗装は非常に大きな骨材粒度分布の不連続性を有している。

平成7年7月の国道43号・阪神高速道路に関連する最高裁判決を受け、3号神戸線関連の施策のひとつとして、3号神戸線(兵庫県)について低騒音舗装(排水性舗装)を採用することとなった。

阪神高速道路公団では「舗装の耐久性に関する調査研究委員会」において審議すべく、神戸線の工事と並行してワーキンググループを設けて原案の検討・作成にあたった。排水性舗装の実績は日本でも多くはなってきたが、橋梁への適用事例はまだ多いとはいえないことを考慮した。

排水性舗装のマニュアルの作成にあたっては、低騒音効果を十分に発揮できること、橋体への影響を少なくすることに留意しつつ、既存の研究成果、基準、指針を最大限に参照することとした。また、今後追跡調査を行うことで、橋面舗装における排水性舗装の技術の向上に寄与することとした。

橋面舗装に排水性舗装を採用するにあたり基本方針

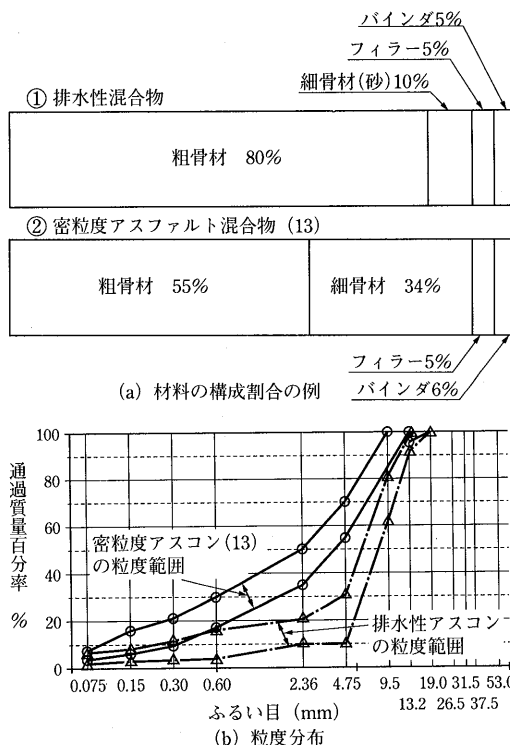


図-4 排水性舗装と密粒度アスコン

を表-5のように定めた。これは既往の研究、追跡調査、骨材の市場現況、橋体防護などを総合的に勘案した結果である。この基本方針に基づいて細目を定めた。なお、今回はランプ部は対象としていない。排水性舗装の施工管理経験が十分でないこと、神戸線が早期復

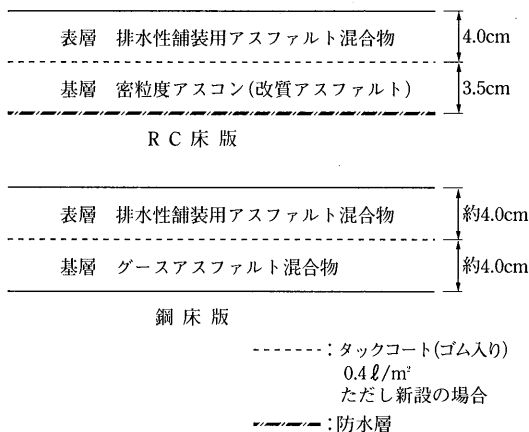
表-5 排水性舗装の基本方針(案)

排水性舗装の基本方針は以下のとおり	
①	排水性舗装は表層とし、舗装厚は4cmを標準とする。
②	R C床版では床版上に防水層を設けることを標準とする。
③	排水性舗装を適用するにあたり、路面の排水構造を考慮することで、床版など橋体主構造への影響が最小になるよう配慮するものとする。
④	骨材最大粒径は13mmを標準とし、骨材の粒度分布、材質、扁平率など排水性舗装の目的を達成するよう配合設計を行う。
⑤	排水性舗装には専用のバインダを用いる。
⑥	空隙率は20%を標準とする。

旧が望まれていることなどを勘案し、できるだけ効率的に使えることを考えた。

図-5に標準構造を示した。舗装厚に制約を受けているが、できるだけ騒音低減効果を高めるため、排水性舗装の舗装厚は4cmとした。R C床版上では防水層を必ず設けるものとした。

排水性舗装を橋面舗装として採用したとき、最も懸



図－５ 排水性舗装の標準断面構造（案）

念されるのが橋体への影響である。特に阪神高速道路公団ではB荷重対策も含め、鋼板接着による床版補強を行う事例が多いこと、浸水の環境下では床版耐荷力が低下することが知られていることから、排水構造に十分配慮することとした。具体的には排水構造を積極的に採用することを提案した。これが図－６に示す集水・導水装置、排水パイプである。

排水性舗装に関しては、未だ維持管理手法を模索しているのが現状である。部分的なポットホール、その他破損時の補修材料と方法、透水試験と機能の限界、特に空隙つぶれ、空隙づまりを生じたときの現実的な

管理方法、あるいは日常清掃の方法など。これらは今後実状に即して対応して行かなければならない。

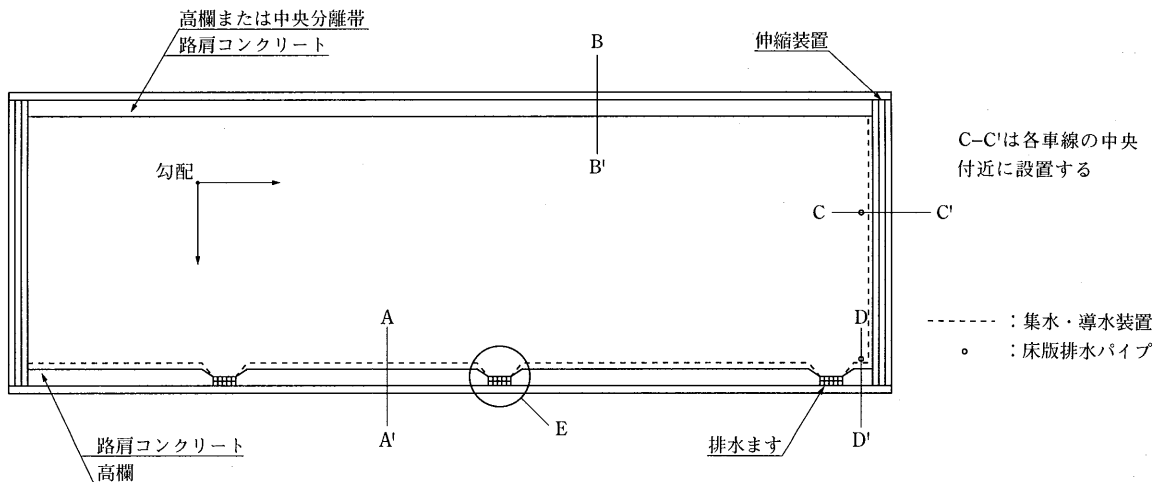
原案全体に関して、現在委員会で審議中である。

６．今後の課題

阪神高速道路公団では今後とも耐久性の高い舗装をめざし、高いサービス水準を効果的に維持することが必要と考えている。排水性舗装を行った区間では、従来施工実績の少なかった橋梁上での施工であること、特に鋼床版上での適用については特に実績も少ないところで実施している現状であり、今後継続的な調査を行うとともに、補修、管理において具体的な対応策を策定しなければならない。また、舗装全般に関してはPMS（舗装管理システム）を含み検討することで、効率的で経済的な運用を考えていきたいと考えている。

７．あとがき

阪神高速道路公団では橋面舗装がほとんどであること、大型車を含む渋滞時が頻繁であること、通行止めによる補修が行われていること、サービス水準が高いことなど都市高速道路に特有の特性、役割期待がある。これらについて各種調査、報告をおこなうことで阪神高速道路公団の舗装性能の向上を図る一方、舗装技術の向上にも一部寄与していきたいと考えている。関係各位のご支援をお願いしたい。



図－６ 排水系統概念図（案）

参考文献

- 1) 川田成彦：首都高速道路における橋面舗装，舗装 平成7年8月
30-7,1995
- 2) 排水性舗装技術指針（案）原案，(社)日本道路協会， 平成6年3月
- 3) 排水性舗装設計施工要領（案），日本道路公団， 平成6年3月

日本道路公団における橋面舗装

七五三野 茂*
酒 井 脩**
小 沢 隆 二***

1. はじめに

高速道路の供用延長は、平成7年末には約5900kmに達した。このうち、橋梁の占める割合は延長比で約14%である。

高速道路における橋梁の床版は、コンクリートスラブが多用されており、長大橋や都市近郊における橋梁の一部で鋼床版が採用されている。

また、最近では排水性舗装の施工面積の拡大に伴い、橋梁上での排水性舗装の施工例も見られる。

以下に、高速道路における橋面舗装の設計・施工の概要を示すとともに、施工事例のひとつとして東京外環自動車道（以下、東京外環という）における鋼床版上の舗装の取り組みを紹介する。

2. 橋面舗装の設計・施工

(1) 標準的な橋面舗装

① 設 計

コンクリートスラブ上の橋面舗装の標準断面を図-1に示す。設計厚さ7.5cmのアスファルト舗装を標準とする。アスファルト混合物は、表層・レベリング層とも一般的には土工部の表層と同じ密粒混合物が使用さ

れる。

橋梁の設計において、床版上の舗装は荷重として含まれるが、床版の断面設計上は応力を分担する層として考慮されず、床版の保護および平坦性を確保するための層と見なされる。

② 防水工

橋面舗装も防水機能を有する層とみなすことができるが、次のような条件下では極力、床版防水工を施工することとしている。

- ・床版の補修工事を行なう
- ・鋼橋のRC床版で、凍結防止剤を大量に散布
- ・RC中空床版等、設計上ひびわれを許す構造
- ・排水性舗装を施工する

防水工には、シート系と塗膜系があり、床版の状態、施工性、経済性などにより使い分けている。

③ 損傷状況

東名高速道路における舗装の補修に関する調査では、道路構造別の補修頻度について、ほぼ同じ供用期間でも、土工部に対して、橋梁部の方が補修頻度の少ないことが報告されている³⁾。全国的に見ても、橋梁部での補修要因はジョイント部の段差補修が多いものの、特に、ポットホールやクラックが多いといった、特有の補修要因は見られない。

最近では、車両制限令の改定に伴う車両の大型化や橋梁の老朽化などにより、床版補強の一環として、床版上面増厚工法が多く採用されている。平成6年度には、補強費用のうち約40%を占め、今後も比率を増してゆくことが想定される⁴⁾。標準的な施工断面を図-2に示す。鋼繊維補強コンクリートにより増し厚されるため、表層のアスファルト層は、前後の縦断線形や荷重の関係から、レベリング層を薄くし、5cmに圧縮された断面である。

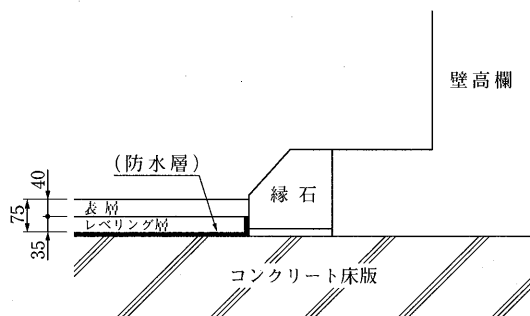


図-1 橋面舗装標準断面

*しめの しげる 日本道路公団試験研究所舗装試験研究室長

**さかい おさむ 日本道路公団東京第一建設局千葉工事事務所副所長

***おざわ りゅうじ 日本道路公団東京第一建設局千葉工事事務所試験課

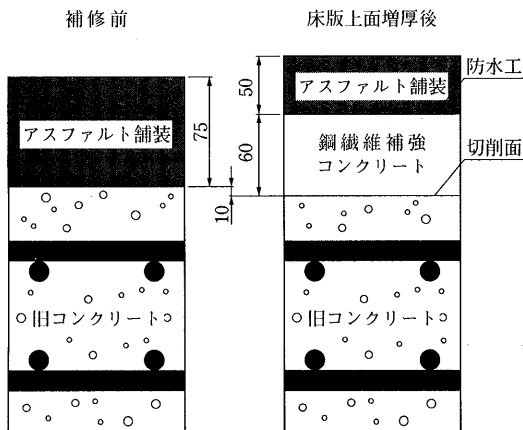


図-2 床版上面増厚工法標準断面

(2) 鋼床版舗装

① 設 計

表-1に最近、道路公団で施工された鋼床版舗装の事例を示す。

下層にグースアスファルトを使用している場合が多いが、交通量の多い箇所では耐流動性を考慮して他の混合物を使用している。上層については、高速道路で 사용되는ストレートアスファルトを用いた一般の密粒混合物が標準であるが、耐流動性や長期耐久性を考慮して、改質アスファルトを使用する場合もある。

層構成については、下層が40mm、上層が35～40mmであるが、鋼床版の接合方法によって下層を35mmとしている場合もある。

鋼床版のデッキプレート厚については、道路橋示方書の最少厚である12mmが標準であるが、舗装の耐久性を考慮して、14mmあるいは16mmを使用している場合もある。

② 破損状況

鋼床版上の舗装の破損については、混合物の種類、デッキプレート厚、鋼

床版の構造、舗設時のケレン状況、交通条件、気象条件などが関係する。高速道路の鋼床版上の舗装の損傷事例としては、鋼床版の構造、不十分なケレンなどによりクラックが多く発生したものや、重交通量のためグースと通常の密粒アスファルトの舗装が大きく流動変形したものなどが報告されているが、同様の条件でも交通量の少ない箇所では、大きな損傷は今のところ報告されていない。

このような状況に対応して、より合理的な鋼床版上における橋面舗装の設計の参考とするため、東京外環において鋼床版の厚さや混合物の種類の様々な組み合わせによる試験施工を実施しており、内容を後に詳述する。

(3) 橋面上の排水性舗装

高速道路上での排水性舗装(平成6年度末で約210万 m^2)の施工面積の増大にともない、隣接する橋梁上で排水性舗装が施工されている場合がある。橋梁上の排水性舗装の施工面積は、現状では数万 m^2 程度とそれ程多くないが、環境問題などから今後は施工面積が増大してゆくものと思われる。

また、今後は鋼床版上での排水性舗装の施工も予想されることから、防水工の他に鋼床版上での排水性舗装用混合物の疲労性状などの検討が必要である。

図-3は標準的な断面を、図-4は試験的に防水工を省略するため、レベリング層に排水性のある碎石マ

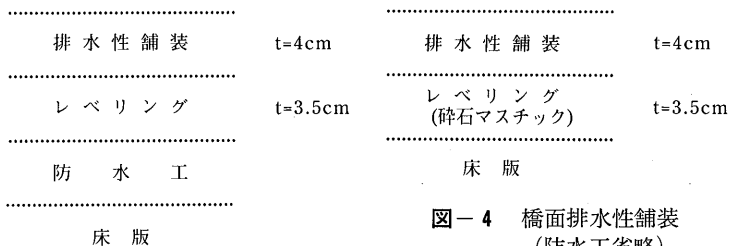


図-3 橋面排水性舗装
(標準断面)

図-4 橋面排水性舗装
(防水工省略)

表-1 最近の鋼床版舗装の施工例

道路名	橋梁名	使用年度	使用した混合物	層構造(mm)	デッキプレート厚	交通量	破損状況
	新利根川橋	S56	グース+本四改質Ⅰ型	40+35	t=12mm	中交通量	ひびわれ
	名港西大橋	S59	グース+ストアス密粒	40+35	t=12mm	軽交通量	
東 関 東	利根川橋	S62	グース+ストアス密粒	40+40	t=12mm	軽交通量	
京 葉	花輪ⅠC橋	S63	エポアス+改質Ⅱ型 (グース+ストアス密粒)	40+35	t=12mm	重交通量	(わだち)
名 神	蟬丸橋	H1	エポアス+改質Ⅱ型	40+40	t=14mm	重交通量	
外 環	荒川第三橋他	H4	別紙のとおり	40+40	t=12~14mm	重交通量	クラック
京都縦貫	深沢高架橋	工事中	グース+ストアス密粒	35+40	t=14mm	中交通量	

橋面上に排水性舗装を施工する場合は、防水工に注意すると同時に、排水処理がスムーズに行なわれるような排水系統やジョイント付近の処理方法など細部の検討も重要である。

(1) 試験施工の目的

鋼床版上の舗装については、各機関で種々の舗装構成について研究が実施され基準に盛り込まれているが、主にたわみ追従性（クラックの抑制）を考慮した舗装構成となっている。しかしながら、東京外環は、重交通路線でありかつ温暖地域に位置している為、耐流動性についても考慮する必要がある、路線の重要性から舗装耐久性の向上を検討する必要があった。

- ① 現状の舗装材と舗装構成の妥当性の検証
- ② デッキプレート増厚の舗装耐久性に対する効果
- ③ 新素材の検討
- ④ 舗装のライフサイクルの検討

東京外環の鋼床版橋の代表的な構造として図-6に荒川第三橋の断面図を掲載する。

試験舗装工種及びデッキプレート厚は、表-2のとおり7種類の舗装構成と3種類のデッキプレート厚の組合わせて施工されている。

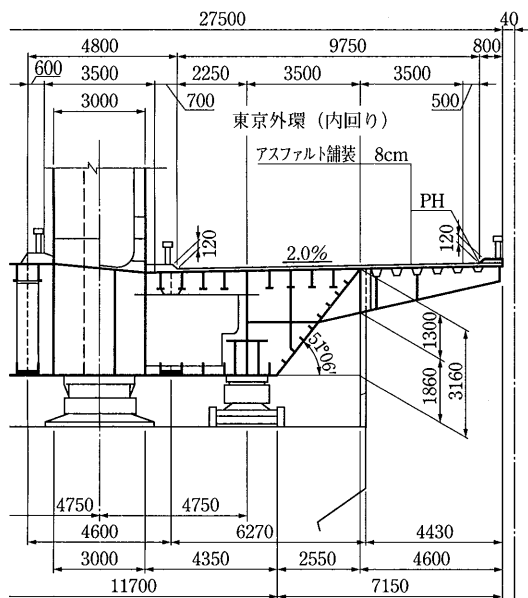
• 上 層

上層混合物は、鋼床版舗装として実績のある本四

[illegible]

凡 例	
改質Ⅰ型：アスファルト舗装要綱に規定される改質Ⅰ型	硬化性AS：エポキシバインダーを用いた密粒混合物
改質Ⅱ型：アスファルト舗装要綱に規定される改質Ⅱ型	砕石MS：繊維を添加したギャップ粒度混合物
本ⅣⅠ型：本州四国連絡橋公団の規定による改質Ⅰ型	グース：グースアスファルト混合物

圖一 5 東京外環道 鋼床版橋概略位置圖



図－６ 鋼床版橋標準断面図

表－２ 舗装工種及びデッキプレート厚一覧表

	工 種	曲げ破断 ひずみ	動的 安定度	混合物の特徴
上 層	改質Ⅱ型	6.7×10^{-3}	3700	プラントミックスのゴム・樹脂系改質材
	本四Ⅰ型	7.8×10^{-3}	3000	プレミックスのゴム・樹脂樹脂系改質材
下 層	本四Ⅰ型	7.8×10^{-3}	3000	プレミックスのゴム・樹脂樹脂系改質材
	硬化性As	7.2×10^{-3}	6000 以 上	エポキシバインダー (2液性)
	砕 石Ms	8.4×10^{-3}	4800	6号砕石が73%を占める ギャップ粒度
	グ ー ス	8.0×10^{-3}	500	プレコートチップングを 施工 (10kg/m ²)
	改質Ⅰ型	6.4×10^{-3}	2000	プレミックスのゴム・樹脂樹脂系改質材

表－３ 使用混合物一覧表

	施工厚(mm)	1	2	3	4	5	6	7
上 層	40	改質Ⅱ型	改質Ⅱ型	改質Ⅱ型	本四Ⅰ型	本四Ⅰ型	本四Ⅰ型	本四Ⅰ型
下 層	40	本四Ⅰ型	砕石MS	硬化性As	本四Ⅰ型	改質Ⅰ型	グ ー ス	砕石MS
防水シート		○			○	○		
デッキプレート厚 (mm)	12・14・16	12・14・16	12	14・16	12・14	14	14	12

表－４ 平成６年度追跡調査結果（走行性）

測 定 項 目	改質Ⅱ型	改質Ⅱ型	改質Ⅱ型	本四Ⅰ型	本四Ⅰ型	本四Ⅰ型	本四Ⅰ型
	本四Ⅰ型	砕石MS	硬化性As	本四Ⅰ型	改質Ⅰ型	グ ー ス	砕石MS
平 坦 性(mm)	0.84		0.97	0.87	0.83	1.01	1.01
わだち掘れ(mm)	5.6		3.6	6.5	4.6	4.7	4.0
すべり抵抗	概ね規定値をクリアしている						

Ⅰ型と、一般的に耐流動用として用いられている改質Ⅱ型の２種類を採用した。

・下 層

下層混合物としては、実績のあるグースと上層混合物として実績のある本四Ⅰ型並びに磨耗地域の表層で実績のある改質Ⅰ型。又、新材料として砕石マスティックと硬化性アスコンの５種類を採用した。

(3) 追跡調査の内容

追跡調査は、平坦性・わだち掘れ・滑り抵抗等の走行性の調査、クラックやポットホール・骨材飛散等の路面外観から見た舗装の破損状況の調査、ポータブル軸重計による交通荷重測定・舗装体の温度測定等の外的要因の調査を平成５年度から毎年１回実施している。

平成６年度の走行性の調査結果については、表－４のとおりである。

走行性は今のところ補修を必要とするデータは測定されておらず、各工種の差も明確に出ていない。

しかしながら、路面外観調査で一部の橋梁に縦断クラックが発生しており、その状況については次のとおりである。

(4) クラックの発生状況について

クラックについては、デッキプレート厚12mm・上層：改質Ⅱ型・下層：本四Ⅰ型を採用した内、荒川第三・第四橋で供用１年後の平成６年３月に写真－１の位置に発生した。

この時点でOWP付近のクラックは、ほぼ橋梁全長にわたり直線に近い形状で連続して発生している。IWP付近は、部分的に直線に近い形状で発生している。この２橋梁だけに早期にクラックが発生した理由は、１回目の開通時にアクセスの関係で追越車線を規制して

写真-1 クラック発生状況



荒川第三橋（平成6年3月撮影）

いた為、クラック発生時における累計通過台数が他の橋梁より多かった為と思われる。

現在、内・外回り別で20橋ある鋼床版橋の内12橋で主にデッキプレート厚12mmの橋梁を中心に同じ様なクラックが発生しはじめているが、下層にグース及び碎石マスチックを採用した橋梁についてはクラックの発生は確認されていない。

最初にクラックが発生した2橋梁の内、荒川第四橋のクラックは、平成8年1月現在、写真-2の状態まで発達し数箇所においてポットホールも発生している。

写真-2 クラック発生状況



荒川第四橋（平成8年1月撮影）

(5) 今後の予定

今後の予定としては、(4)で説明したとおり今回の試験舗装区間の過半数の橋梁でクラックが発生し始めていることから、当初計画による追跡調査を引き続き行うと共に、現在発生しているクラックについてその発生原因及び対策方法を検討する。平成7年度内に以下の現地調査を実施し、クラック発生原因の究明及び対策

工の検討を行なって行く予定である。

- ①橋梁構造とクラック位置が分かる詳細なクラック図の作成
- ②現地採取コアによる間接引張試験及び曲げ試験並びにクラック深さ測定の実施

4. まとめ

高速道路の橋梁の床版の多くはコンクリートスラブであり、土工部と比べて床版の強度が高いことや温度などの関係から、一般的には流動わだちの進行量は土工部よりも小さい。ただし、条件によっては防水機能が不十分で、ポットホールの発生や床版の損傷につながることや、排水性舗装の施工が増大することが予想され、舗装の水密性や防水工の検討が必要である。現状では、防水工は大変高価であるため、耐流動性に配慮しつつ、経済的でより水密性の高い混合物の検討も重要であると思われる。また、舗装と床版の相互作用などについて明確にし、設計などへ反映させる必要がある。

鋼床版上の橋面舗装の施工は、長大橋や都市部の橋梁の一部で採用されているが、様々な条件下でより耐久性のある舗装とするためには、過去に施工された箇所調査や分析が必要である。舗装の損傷は鋼床版の構造やデッキプレート厚に大きく影響を受けることから、舗装から床版設計へのフィードバックも大変重要である。現在、取り組まれている東京外環における試験施工などの結果からより合理的な設計方法を確認し、今後の橋梁や舗装の設計に役立ててゆく予定である。

—— 参考文献 ——

- 1) 全国道路利用者会議；道路統計年報1995
- 2) 日本道路公団；設計要領第1集，1983.4
- 3) 高速道路調査会；東名高速道路（改築）重交通路の舗装に関する検討報告書，1988.3
- 4) 緒方，上東；既設橋梁の大型化対応，技術情報，第131号，日本道路公団，1995.10
- 5) 日本道路公団；名港西大橋工事誌，1986.3
- 6) 日本道路公団東京第一管理局；上面増厚工法マニュアル，1995.3
- 7) 平田他；鋼床版の研掃度合いによる舗装の損傷状態，第21回日本道路会議，1995.10

本州四国連絡橋公団における橋面舗装

樋口 康三*

1. はじめに

本州四国連絡橋公団は吊橋、斜張橋に代表される多くの海峡部長大橋を完成、建設中である。

海峡部橋梁としては最初に建設した大三島橋を始めとして、因島大橋、大鳴門橋、南北備讃瀬戸大橋等の瀬戸大橋、生口橋等を完成させ、現在は平成9年度完成予定の明石海峡大橋(中央支間長1990mの吊橋)、平成10年度完成予定の多々羅大橋(中央支間長890mの斜張橋)、来島大橋(最大中央支間長1000m級の3連吊橋)、および新尾道大橋(中央支間長215mの斜張橋)の事業中である。平成8年1月時点での明石海峡大橋の工事現況を写真-1に示す。

これらの長大橋では支間の増大とともに部材の設計において死荷重の占める割合が高くなる。例えば明石

海峡大橋ではケーブルの設計張力に占める死荷重の割合は93%にもなる。

このため死荷重を軽減することが橋全体の工費低減につながることであり床版形式としては従来のコンクリート床版にかえて鋼床版が採用されてきた。

鋼床版はコンクリート床版に比べて剛性が低いため輪荷重による局部的な変形が大きいため、気温の影響を受けやすいため温度の変動範囲が広い等の課題があり、このため鋼床版構造とともに鋼床版上の舗装についても精力的に調査研究が進められた。

調査研究は昭和48年から始め、昭和63年度に一応の区切りをつけ、この間の調査結果を踏まえ「本州四国連絡橋の橋面舗装基準」¹⁾(以下「基準」が制定され、瀬戸大橋等の工事に反映されてきている。

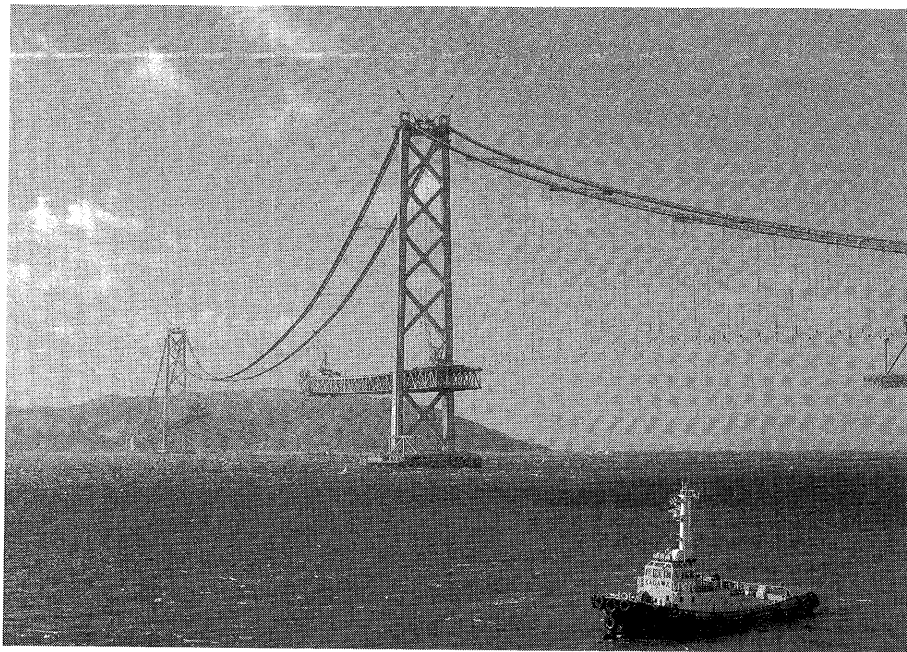


写真-1 明石海峡大橋の工事現況(H8.1末)

*ひぐち こうぞう 本州四国連絡橋公団設計第2課長

本稿はこれらの調査研究の経緯、および施工実績を紹介するものである。

2. 鋼床版舗装に要求される品質

鋼床版舗装の設計においては、まず気象・荷重等の環境条件、鋼床版・伸縮継手等の構造条件および舗装のすべり抵抗性・平坦性・耐久性等の要求条件を設定することが必要である。

次にこれらを踏まえ、長大橋の鋼床版舗装に要求される具体的な機能を確保すべく設計が行われる。

具体的な機能を条件と関連させて整理すると下記のとおりとなる。

①平坦性

鋼床版上面に多少の凹凸が残ることは避けられず、その上に施工される舗装はこの凹凸に対しても平坦性を確保できる性能が必要である。

基準では鋼床版のリップ間の平坦度 2 mm、現場溶接の余盛り・吊りピース残部の高さは 5 mm を前提としている。

これに対応して「鋼床版設計要領」²⁾ではデッキプレートの継手は溶接継手とし、かつ部材平坦度を $W/150$ (mm) (W : リップ間隔または腹板間隔: mm) と規定している。

②鋼床版の変形に対する追従性

鋼床版はコンクリート床版に比べると剛性が低く、特に輪荷重による局部的なたわみにより、その上面の舗装にひびわれが発生することが懸念される。特に、縦りブ上や縦桁上では上に凸となり、舗装表面には引張応力を生じさせる。

このため、基準では舗装の設計に当たっては鋼床版の最小曲率半径 20m、縦りブ間の局部なたわみ 0.4mm を考慮している。

鋼床版では縦桁上のデッキプレートの局部変形を小さくするため、縦桁は極力レーンマーク直下に配置する、横りブの配置間隔を 2 m を標準とする等の構造的な配慮を行っている。

③耐久性

舗装の耐久性としては夏季の高温時における流動・摩耗によるわだち掘れと冬季低温時のひびわれに対する現象が懸念される。

鋼床版舗装は②からひびわれが主体となる。

舗装材料、舗装構成の検討においては耐久性の目標として、路面温度 $-10 \sim 60^{\circ}\text{C}$ のもとで輪荷重 8 t が 5 t 換算輪荷重で 3.4×10^6 台/年・方向載荷されるとした

ときの舗装の耐用年数を 20 年間で想定している。

④不透水性

鋼床版デッキプレートの腐食防止から不透水性が要求される。

⑤薄層、軽量

まえがきに述べたように長大支間長の橋梁では死荷重の低減を図ることは経済性に与える影響は大きい。

このため、機能を満足する範囲で薄層化が要求される。

3. 調査研究の経緯

昭和 48 年度より (財) 日本道路協会に委託して「本州四国連絡橋橋面舗装調査特別委員会」を設置するとともに、建設省土木研究所に委託研究をお願いすることから検討が始まった。

文献 3) にも述べられているように、具体には鋼床版舗装された全国 311 橋の調査、各種の室内実験を行い、昭和 51 年度には「本州四国連絡橋橋面舗装基準(案)」が制定された。

昭和 53 年度からは(財)海洋架橋調査会に委託して設置した「本州四国連絡橋の橋面舗装に関する調査研究委員会」を核として調査研究が進められ、調査研究の成果として「本州四国連絡橋橋面舗装基準(案) (昭和 58 年 4 月) の改定、「因島大橋橋面舗装施工要領」のとりまとめが行われた。

昭和 58 年度からは大鳴門橋、瀬戸大橋の橋面舗装を念頭に具体的な施工要領の調査研究が行われ、委員会活動は昭和 63 年度に一応の区切りをつけた。

4. 調査研究の概要

基準で定められた舗装構成、各層の機能をそれぞれ図-1、表-1 に示す。

また、基準では舗装本体としてはグースアスファルト(以下グース)、改質アスファルト混合物(以下改質)、硬化性アスファルト混合物(以下硬化性)の3種類が選定され、舗装本体の上下層の組合せとして表-2 に示す7種類が提案されている。

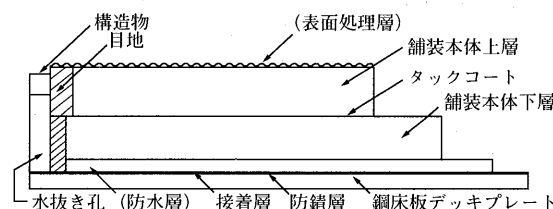


図-1 舗装構成

表－１ 各層の機能

舗装の構成層	主たる機能
防錆層	鋼床版を腐食から防護する。
接着層	舗装本体の下層を鋼床版に十分に接着させる。また、防水性を有することもある。
防水層	防水性を強化し、鋼床版デッキプレートの腐食を防止する。
舗装本体の下層	鋼床版デッキプレートの不陸を補正し、荷重を分散する。また混合物の種類によっては、防水層の機能を有することもある。
タックコート	舗装本体の上層と下等とを接着させる。
舗装本体の上層	交通車両による摩耗とせん断に抵抗し、交通荷重に対して耐ひびわれ性、耐流動性を有し、下層と一体となって舗装の安全性および耐久性を高めるとともに、平坦ですべりにくい路面を提供する。
表面処理層	舗装表面のすべり抵抗性を高める

３種類のアスファルト混合物それぞれのバインダーの規格作成、混合物の基準作成に当たっては各種の評価試験を行った上で決定され、バインダーはグースについては硬質アスファルト、改質についてはゴムアスファルト（Ⅰ型）、ゴム・樹脂系アスファルト（Ⅱ型）を選定した。

調査研究は国内の実態調査、海外の文献調査、室内実験調査等幅広く進められたが、ここでは基準作成のため実施した計画から供用性調査まで一貫した試験舗装について以下に記す。

１）一般国道16号長浦試験舗装

昭和51年、基準（案）に定めた７種類の舗装構成から動的安定度、スチフネス等の検討結果を踏まえ、舗装構成②、③、⑥、⑦について上層、下層各30mmで試験舗装を行った。なお、改質は施工性を考慮してⅠ型を使用した。

供用性の調査で、硬化性を使用した箇所（⑥、⑦）はひびわれが発生し、また供用後２年を経た時点で打ち替え補修を行ったにもかかわらず再度ひびわれが発生した。調査の結果、施工時に可使時間の調整が十分でなく、鋼床版と舗装の接着が不十分なことが原因と推察された。硬化性の使用においてはプラントでの混

合物の製造や施工面での改善により、温度－時間管理を厳しく実施することが重要である。

グース、改質を使用した②、③の耐ひびわれ性やわだち掘れに関しては比較的良好な性状であった。

２）大三島試験舗装

昭和54年、大三島西高架橋で改質Ⅰ型、改質Ⅱ型の試験施工（鋼格子床版のため１層）を実施した。

３）筑波鋼床版試験橋の試験舗装

昭和54年度に舗装走行実験場大ループの１部に鋼床版橋梁を架設し、ここに２種類の舗装（上層下層とも改質Ⅰ型と上層が改質Ⅰ型・下層グースの組合せ）を施工、試験したもので、両者の耐久性に優れていることが確認された。

５．本州四国連絡橋の橋面舗装

これまでの本州四国連絡橋の主な橋梁の橋面舗装の実績（車道部のみ）を表－３に示す。

これらの舗装構成の選定の基本的な考え方は次のとおりである。

１）舗装厚

舗装厚の合計は児島一坂出ルートは瀬戸大橋が75mm、神戸－鳴門ルート、尾道－今治ルートは65mmである。

65mmは経済性、耐久性を考慮した舗装の最小必要厚60mmに、溶接継手を前提として鋼床版上の凹凸及び吊りピースの跡等を考慮して＋5mmとして決めた。

瀬戸大橋については、下記のことを考慮して75mmとした。

- ①最初にルートとして完成する児島一坂出は他のルートが完成するまでは交通量が多い。
- ②児島一坂出ルートは橋梁が多く、鋼床版舗装面積が大きく、将来の補修等にも配慮する必要がある。

２）舗装本体

調査研究の時点では舗装の組合せとして表－２の②、③が有力であったが、工事ではこのうち上層が改質Ⅰ型、下層がグースを採用した。この理由は以下による。

- ①硬化性は室内実験では優れた耐疲労性の等のデータが得られたが、前述のとおり試験施工で施工時に厳しい温度－時間管理が必要であり、現場でのこの管理が非常に厳しいことから採用を見合わせた。

表－２ 上下層の組み合わせ

橋 面 舗 装 基 準							
	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
上 層	グース	改質アスコン	改質アスコン	改質 アス コン	硬化性アスコン	硬化性アスコン	硬化性アスコン
下 層	グース	グース	改質アスコン	硬化性アスコン	グース	改 質 アス コン	硬化性アスコン

表－３ 橋面舗装（車道部）の実績

橋名 項目	門崎高架橋	因島大橋	大鳴門橋	伯方大島大橋	瀬戸大橋	生口橋
施工年月	昭和58年4月	昭和58年7月 昭和58年8月	昭和59年9月～12月 昭和60年3月～5月	昭和62年4月 昭和62年10月	昭和62年6月 昭和62年12月	平成3年8月 平成3年9月
鋼床版上面 の塗装	厚膜型無機 ジンク50 μ	無機ジンク 20 μ	厚膜型無機ジンク 50 μ	厚膜型無機 ジンク50 μ	厚膜型無機 ジンク50 μ	厚膜型無機 ジンク50 μ
鋼床版研掃工	4種又は 3種ケレン	1種ケレン	4種ケレン	3種又は 1種ケレン	1種ケレン	1種ケレン
接 着 層	瀝青ゴム系 接 着 剤	瀝青ゴム系 接 着 剤	瀝青ゴム系接着剤	瀝青ゴム系 接 着 剤	瀝青ゴム系 接 着 剤	瀝青ゴム系 接 着 剤
舗装本体下層	グース35mm	グース35mm	グース35mm	グース35mm	グース40mm	グース35mm
タックコート	ゴム入りアス ファルト乳剤	ゴム入りアス ファルト乳剤	ゴム入り アスファルト乳剤	ゴム入りアス ファルト乳剤	ゴム入りアス ファルト乳剤	ゴム入りアス ファルト乳剤
舗装本体上層	改質Ⅰ型 30mm	改質Ⅰ型 30mm	改質Ⅰ型 30mm	改質Ⅰ型 30mm	改質Ⅰ型 35mm	改質Ⅰ型 30mm

②上層には動的安定度が大きく、流動抵抗性が高い改質を採用した。

③下層には防水層を省略できるグースを採用した。

これはグースと改質は性能にほとんど差はないが、本四架橋の架橋地点や道路計画高が高いことから防水シート施工時の風の影響を考慮して決めたものである。

6. 供用後の橋面調査

供用後の橋面調査では最も供用期間の長い因島大橋においてもほぼ健全な状態を維持している等、全体的にはほぼ良好な供用性（自動車の走行性）を維持していることが確認されている。

ただし、一部の橋梁においてはプリスタリング等が観測されたので以下に紹介する⁴⁾。

①プリスタリング

供用後の橋面調査で大鳴門橋、伯方大島大橋にプリスタリングの発生が見られた。維持修繕要領に基づいて調査・復旧を実施したが、滞留水分、水分の持ち込み、油脂類の付着等が主な原因と推定され、それ以降の橋梁の舗装工事ではこの点にさらに注意することとした。

さらに、生口橋では鋼床版の標準部、油もれ部、タイヤ跡、有機ジンク塗布部、発錆部の5カ所を選定し、ケレンの種別を変えた（ケレンなし、1種、4種）試験舗装を実施し、施工時にプリスタリングが発生するかの調査を実施している。

その結果では、標準部以外では対プリスタリングの観点から1種ケレンが必要なことが判明し、車道部、

自歩道部に対応している。

②花咲き現象

供用後まもなく、路面調査により北備讃瀬戸大橋から南備讃瀬戸大橋にかけて通常花咲き現象と呼ばれる赤サビによる無数の赤い斑点が見られた。

主な原因は骨材中の硫化鉄（FeS₂）の存在に起因していると推定された。

その後の追跡調査では顕著な進行は認められず、舗装表面付近の酸化はほぼ完了した状態にあると推定されるが、今後も定期的に追跡調査する予定である。

花咲き現象の対策としては Fog Seal やシールコートが考えられ、また、予防には骨材の事前調査が重要である。

③ひびわれ

供用後5年位で北備讃瀬戸大橋の鋼床版舗装にひびわれを生じている箇所がみられた。特にグースの施工ジョイント部に生じている。

7. あとがき

本州四国連絡橋における橋面舗装の調査研究の経緯および実績という観点で記述した。

ただし、紙面の都合で非常に概括的になったので詳細については下記の参考文献を参考されたい。

既に面積約25万㎡におよぶ橋面舗装の施工を実施してきたことになるが、今後の約20万㎡におよぶ明石海峡大橋、来島大橋、多々羅大橋等の舗装については現在検討中である。

また、今後も鋼床版舗装の橋面調査を継続し、舗装

技術の発展に役立てていきたいと考えている。

最後に調査研究の段階でご指導、ご検討いただいた多田委員長〔財道路保全技術センター理事長〕を始めとする委員各位、関係された皆様に改めて感謝の意を表します。

—— 参考文献 ——

1) 本州四国連絡橋公団：橋面舗装基準；昭和58年4

月制定，昭和62年6月一部修正)

- 2) 本州四国連絡橋公団：鋼床版設計要領・同解説；1989.4
- 3) 多田宏行：鋼床版舗装の設計と施工；1990.3；鹿島出版会
- 4) 藤井，長尾：本州四国連絡橋公団における舗装技術の現況と新たな取り組み；アスファルトVol135，No.173

第38回石油学会講習会「石油製品の製造技術と品質動向」

- 主 催 石油学会
協 賛 日本化学会、日本機械学会、日本トライボロジー学会、自動車技術会、日本アスファルト協会、日本エネルギー学会
日 時 平成8年7月4日（木）、5日（金）
場 所 コクヨホール（東京都港区港南1-8-35 JR品川駅港南口 電話03-3450-5730）
参加費 正会員15,000円、維持会員会社の非正会員20,000円、学生会員3,000円、非会員30,000円

7月4日（木）

1. ガソリンの製造方法と品質動向（9：30～10：45）三菱石油（株） 松原 三千郎氏
2. 軽油の製造方法と品質動向（10：45～12：00）（株）コスモ総合研究所 池辺 博道氏
3. ガソリン及び軽油用添加剤（13：00～14：15）出光興産（株） 平野 浩氏
4. 重油の製造方法と品質動向（14：15～15：30）日本石油（株） 川勝 健氏
休 憩（15：30～15：45）
5. アスファルトの利用技術（15：45～17：00）昭和シェル石油（株） 青木 秀樹氏

7月5日（金）

6. 潤滑油及び潤滑油添加剤の基礎（9：30～11：00）八戸工業高等専門学校 教授 星野 道男氏
7. 自動車用エンジン油（11：00～12：00）昭和シェル石油（株） 土岐 真一氏
休 憩（12：00～12：45）
8. 駆動系潤滑油（12：45～13：45）三菱石油（株） 松岡 徹氏
9. 船用潤滑油（13：45～14：45）（株）コスモ総合研究所 西尾 高氏
休 憩（14：45～15：00）
10. 工業用潤滑油（15：00～16：00）日本石油（株） 岡田美津雄氏
11. 金属加工油（16：00～17：00）出光興産（株） 小山 三郎氏

問合先 東京都千代田区平河町1-3-14 (社)石油学会 TEL 03-3221-7301

関西国際空港における橋面舗装

角 和 夫*

1. はじめに

関西国際空港連絡橋は、大阪府泉南沖約5kmの海上に建設された関西国際空港と本土側陸岸部（りんくうタウン）とを結ぶ連絡橋で海上中央部に道路・鉄道併用トラス橋、両サイドの取付部は並列の連続及び単純箱桁橋となっている。特に、海上部の連続トラス橋部は、空域制限、航路制限及び経済性等を考慮してトラスの主構上弦材と鋼床版を一体とした合成鋼床版として設計している。本橋は、従来の鋼床版の舗装設計条件と比較して、①鋼床版の構造条件の問題（ブラケットの張出し長が大きく、横リブスパンが大きいことにより鋼床版の局部変形が大きい）、②大型車の混入率が高い（約19%）などの荷重条件の問題、③冬季の飛来塩分量が多いことによる舗装等の劣化の問題など条件的に厳しいといえる。

以下に関西国際空港連絡橋海上部鋼床版の舗装に関する各種検討、設計および実施工について述べることにする。（図-1にトラス部の標準断面を示す。）

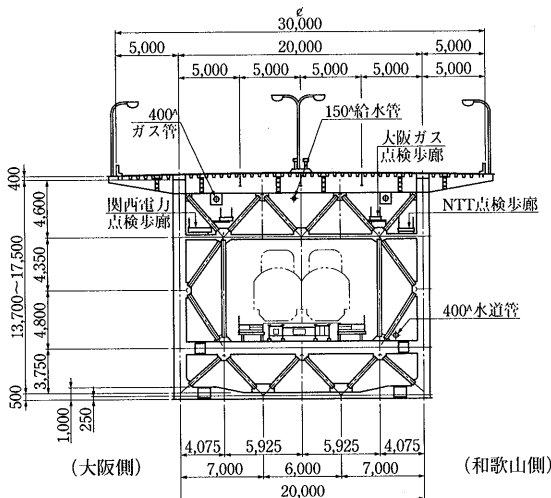


図-1 トラス部標準断面

2. 鋼床版舗装の設計

本橋の鋼床版舗装は従来と異なる点として、①横リブスパンが2.7m～3.1m（従来は2m）となっていること、②ブラケット張出し長が約5mと長いこと、③合成鋼床版としたことにより非常に剛性の高い主構上弦材腹板直上を車輪が跨ぐこと、④大型車の混入率が非常に高いこと、および24時間供用であるということが挙げられる。

これらの諸要因に対して予想される舗装のひびわれ問題等について机上(FSM解析)、実橋を使用した荷重載荷試験および室内試験により検討を行った。

2.1 舗装ひびわれの検討

本橋の鋼床版は、上記要因（①～③）により図-2に示すような局部変形とそれに伴う橋軸直角方向に大きなひずみ（応力度）が生ずることが予測された。つまり、舗装は鋼床版の大きな局部変形により供用後早期に、ある位置にひびわれが発生することが懸念された。このため、鋼床版に対して、FSM解析（有限帯板要素法）を実施し、各着目点に発生する応力やひずみを算出し、舗装のひびわれ発生の可能性およびその発生位置を推定した。

解析の結果、舗装材料のスティフネス係数（弾性係数）を標準より大きい $1 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$ と評価（通常改質アスファルト混合物で $2 \times 10^4 \text{ kgf/cm}^2$ ）した場合でも舗

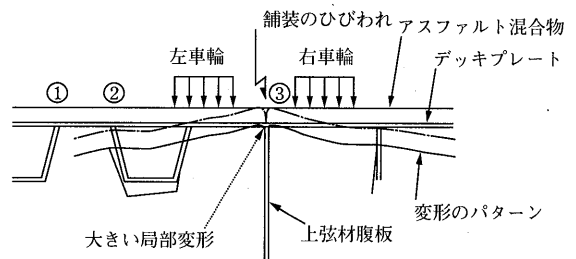


図-2 舗装表面に発生する局部変形概念図

*すみ かずお 福岡県土木部新北九州空港連絡道路建設室 参事補佐 前) 関西国際空港(株)工務二部設計一係長

装のひずみ量はかなり大きく、ひびわれの発生は防げないことが判明した。また、解析上のひびわれ発生位置は図-2に示すとおり①～③となる。さらに、ひびわれが発生すると考えられる位置の順番は、舗装体の疲労破壊回数の理論的推定等より③>①>②となった。次に、このFSM解析結果の妥当性およびひびわれ対策を検討するために、工場で地組立中のトラス桁ならびに舗装工事施工前、施工後の実橋を使用し荷重載荷試験を行った。

2.1.1 地組トラス桁における静的載荷試験

(1) 試験方法

試験は、地組トラス桁を使用してトラス部の主構上弦材近辺に車両の輪荷重をモデル化して図-3のとおり載荷した。

(2) 試験結果

試験結果を図-4に示す。FSM解析による机上検討と地組トラス桁による載荷試験とを比較検討した結果を以下の①～③に示す。簡単に要約すると、載荷試験とFSM解析結果は、主構上弦材腹板直上の着目点では、若干発生応力度の差は生じているが、全体的にひずみレベル、傾向が一致しており、十分信頼できると判断できる。

①主構上弦材腹板直上部および直近の縦リブ付根の応力度は非常に大きく、腹板上では若干違うものの傾向は良く合っている。

②レーンマークの位置から定まる車輪の走行位置分布を考慮に入れると、近接リブの付根にも相当程度の応力度が発生する。

③主構上弦材腹板に着目した場合は、載荷試験値がFSM解析の値の6割程度となった。この理由は、a) 解析値は、各板の中心を評価しているのに対し、試験値はひずみゲージの貼付位置の関係で少しずれている、b) 解析モデルの腹板が線なのに対し、試験では板厚+溶接の面となっている、c) 解析では横リブのたわみが考慮されていない。

2.1.2 現地での実橋載荷試験

現地での実橋載荷試験を実施した目的は、以下のとおりである。

- ①実際の車両の輪荷重による鋼床版および橋面舗装の挙動を把握し、FSM解析および地組トラス桁での静的載荷試験結果とを比較検討する。
- ②最大のひずみ（応力）が発生する位置を実測し、ひびわれ発生の可能性が高い位置を正確に把握する。

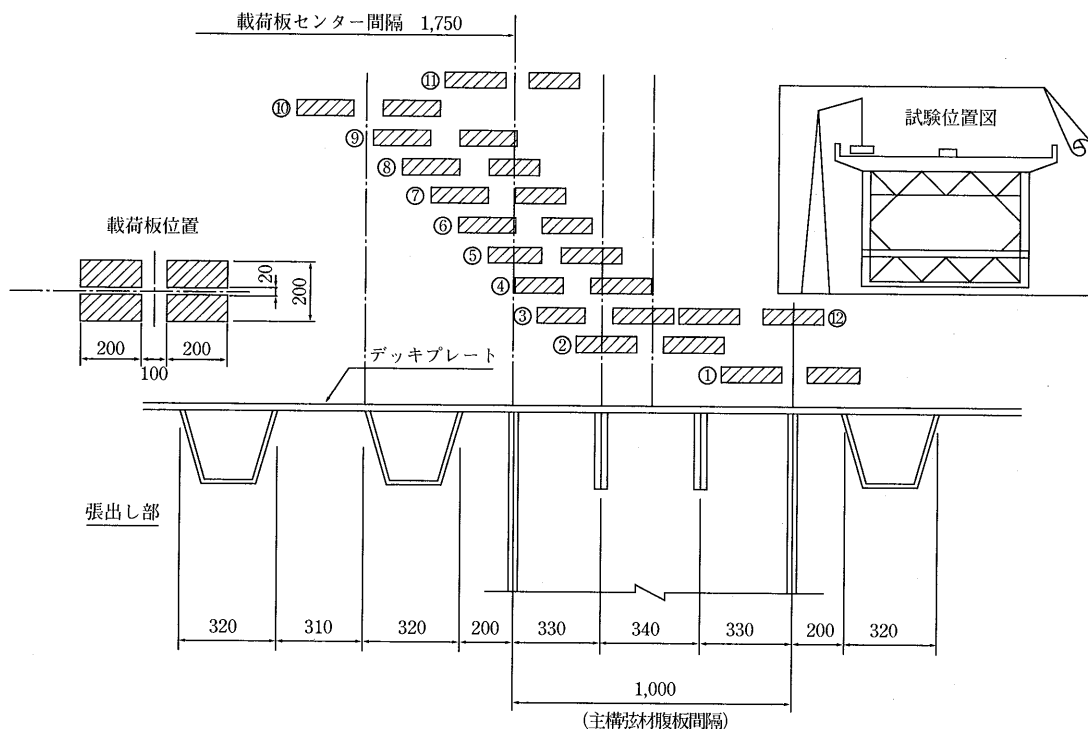


図-3 各試験ケース載荷位置

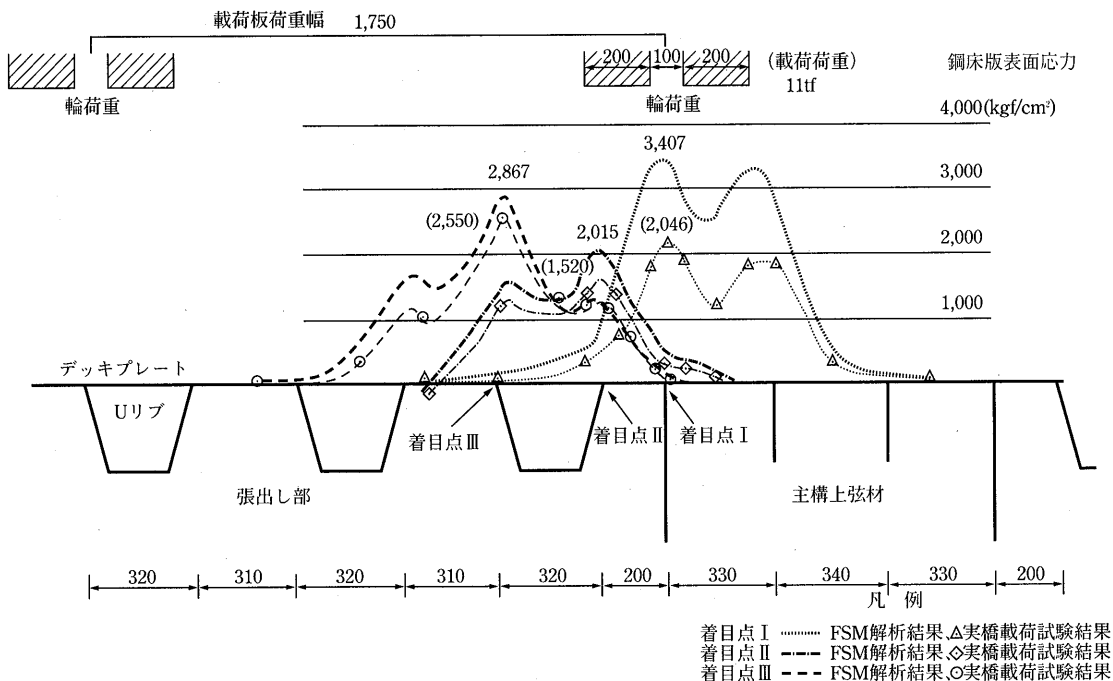


図-4 鋼床版の発生応力度 (FSM解析との比較)

- ③変位および曲率を測定し、それらを起因とするひびわれ発生の危険性について検討する。
- ④橋面舗装の挙動を定量的に把握するとともに、鋼床版との合成効果 (通常の計算では非合成として評価) や荷重分散効果について検討する。
- ⑤ひびわれ防止目地を入れた場合の挙動を測定し、

その効果について実証的に検討する。なお、実橋載荷試験は、a) 舗装施工前の静的載荷試験、b) 舗装施工後の静的載荷試験、c) 動的載荷試験、の3回に分けて行った。載荷試験の位置を図-5に示す。

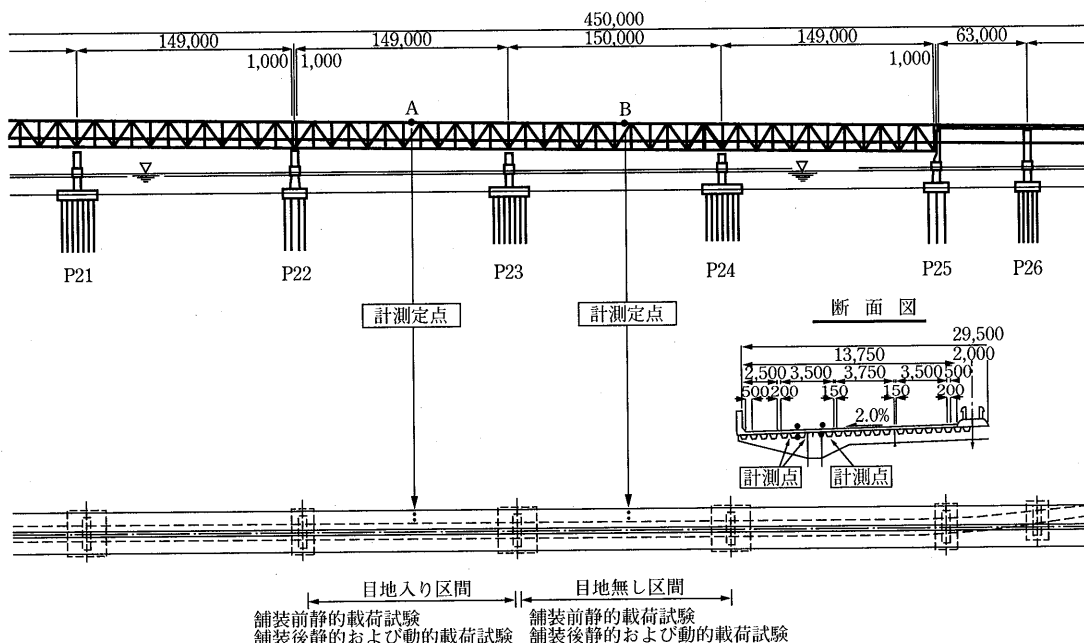


図-5 載荷試験位置図

(1) 舗装施工前の静的載荷試験

この試験は、架設ブロックを使用して実際の輪荷重を静的に載荷し、橋軸方向のひびわれ発生の可能性の検討と、ひびわれ防止のための橋軸方向目地の設置の必要性および目地位置を決定するための試験である。

試験結果を図-6に示す。この結果、最大応力度は、腹板上付近で約 $1,200\text{kgf}/\text{cm}^2$ 、縦リブ付根で約 $2,400\text{kgf}/\text{cm}^2$ とかなり大きい値となった。

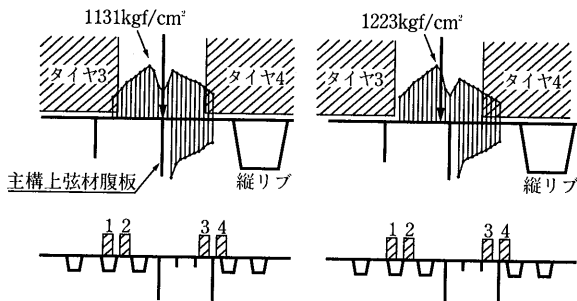


図-6(1) 主構上弦材腹板部の応力分布

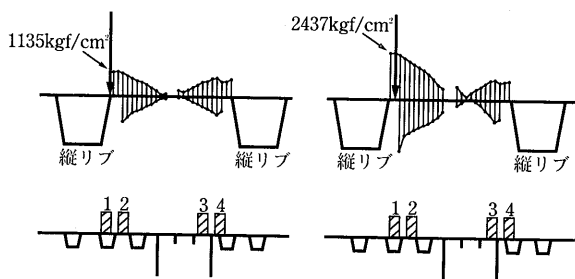


図-6(2) 縦リブ部の応力分布

(2) 舗装施工後の静的載荷試験

前述した、静的載荷試験とFSM解析結果から以下のケース1からケース4までを選定し静的載荷試験を行った。載荷試験ケースを図-7に示す。

ケース1：ひびわれ防止目地を設置しない。

ケース2：縦リブ上にひびわれ防止目地を設置する。

ケース3：主構上弦材腹板直上にひびわれ防止目地を設置する。

ケース4：縦リブ上と主構上弦材腹板直上の両方にひびわれ防止目地を設置する。

a) 試験結果

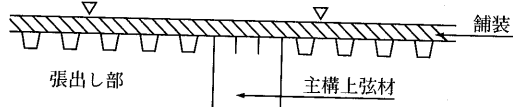
・ケース1の場合

計測位置と着目点及び試験結果を図-8に示す。最大ひずみの発生する位置は解析等と同じく主構上弦材腹板直上である。

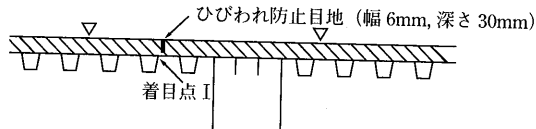
・ケース2の場合

試験結果を図-9に示す。最大ひずみは目地なし

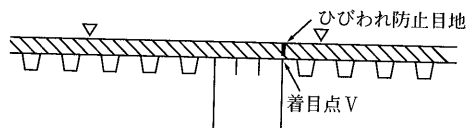
ケース1 (目地なし区間)



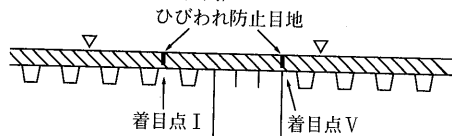
ケース2 (1本目地あり区間)



ケース3 (1本目地あり区間)



ケース4 (2本目地あり区間)



(注) ▽はレーンマークを示す。

図-7 載荷試験ケース

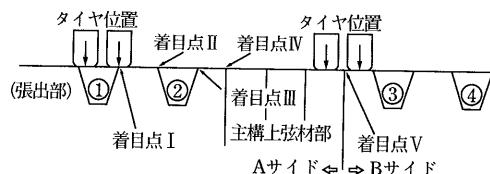


図-8(1) ケース1の計測位置および着目点

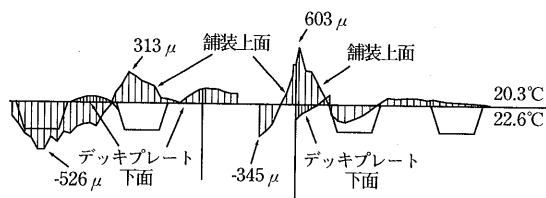


図-8(2) ケース1のひずみ

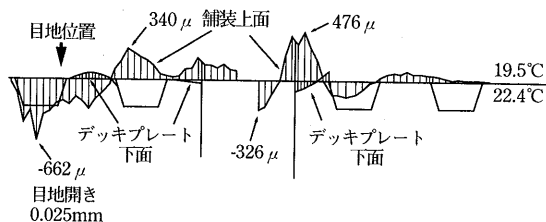


図-9 ケース2のひずみ状態

の場合に比べて約20%減少した。

・ケース 3 の場合

試験結果を図-10に示す。目地設置部付近のひずみ状態は、斜線で示す部分のひずみが減少していることがわかる。

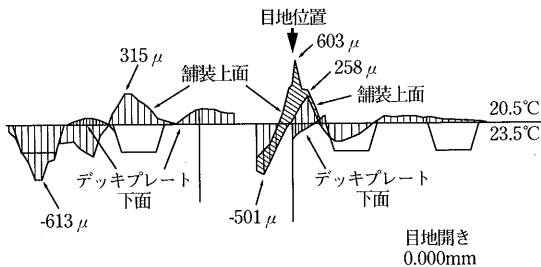


図-10 ケース 3 のひずみ状態

・ケース 4 の場合

試験結果を図-11に示す。ケース 2 とケース 3 を重ね合わせた状態となり、目地の効果はケース 3 の場合と同程度となった。斜線部は目地を設けたことによるひずみの減少を示している。

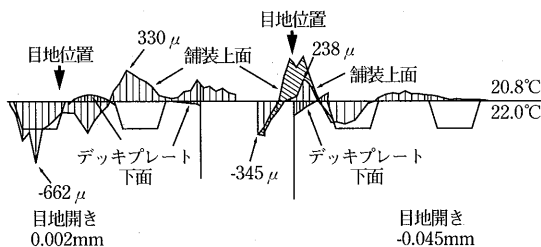


図-11 ケース 4 のひずみ状態

(3) 動的載荷試験

動的載荷試験は、着目点（舗装上面と鋼床版下面）上を 0, 30, 45, 60km/h の速度で走行した時のひずみ状態の測定を行った。試験結果を図-12に示す。この結果、30km/h 以上の速度では舗装は十分な耐久性が期待でき、さらにひびわれ目地を設置することによって、効果はさらに大きくなることがわかった。

(4) ひびわれ防止目地の効果

FSM解析、地組トラス桁の静的載荷試験および実橋載荷試験結果から、目地位置を主構上弦材腹板直上に 1 本設置することにより、最大ひずみが80%程度減少し、ひびわれ発生の可能性を大幅に低減する効果があると判断された。

(5) ひびわれ防止目地に変わるひびわれ対策

ひびわれ対策として、ひびわれ防止目地を設けるこ

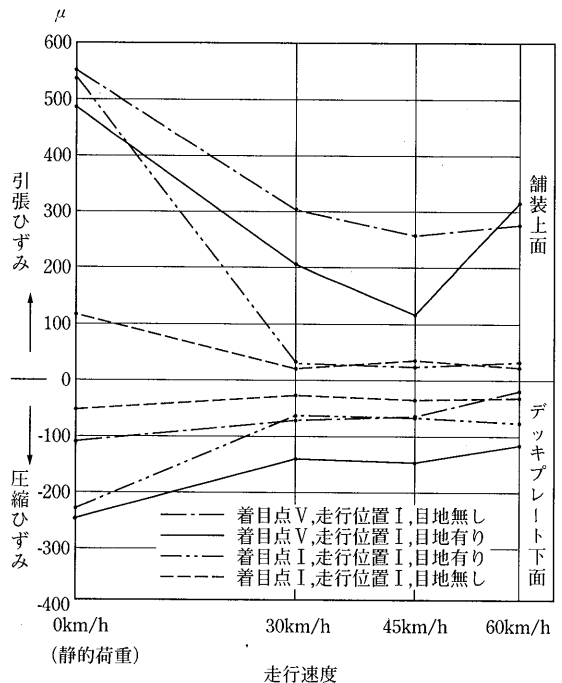


図-12 動的載荷試験とひずみ

との他、①疲労抵抗性に優れた舗装構成にする、②舗装体を補強する、等の手段が考えられたが以下の理由から本橋では検討から除外した。

- 疲労抵抗性の改善に対しては、本橋の舗装構成が「表層－改質アスファルト混合物、基層－グースアスファルト混合物」ということで、長浦試験舗装の追跡調査結果等を参考に選定された材料であり、本四連絡橋の橋面舗装基準としてまとめられた経緯があり、十分な耐久性が確認されている。
- 舗装体を補強することに対しては、プラスチック繊維やジオテキスタイルシート等をアスファルト混合物に混合したり、層間にはさみ込んで舗装を補強する手法の検討は、室内実験や一般道路等での事例はあるものの鋼床版舗装としては有効性が評価できる資料がないことによる。

2.2 舗装構成等の検討

(1) 舗装構成

舗装構成は、長大橋の実績を参考に耐久性を考慮して下層をグースアスファルト、上層を改質アスファルト混合物による 2 層構成とし、下層のグースアスファルト混合物の耐流動性を高めるために、ホイールトラッキング試験を中心とした室内試験結果から、TLA30%配合、その表面に 6 号砕石によるチッピングを施した厚さ35mmのグースアスファルト混合物とした。上層は、改質アスファルト混合物による35mm厚とした。舗

装構成を図-13に示す。

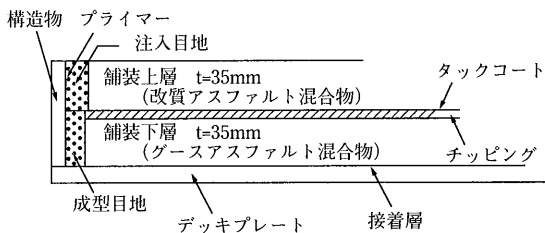


図-13 車道部の標準舗装構成

(2) 舗装の配合

表-1 にグースアスファルト混合物、表-2 に改質アスファルト混合物の配合を示す。

表-1 グースアスファルトの配合

項 目		値	配合値	基準値
配 合 率 (%)	砕 石 6 号		20.0	—
	砕 石 7 号		24.0	
	砂 (海 砂)		27.0	
	石 粉		29.0	
グ ー ス ア ス フ ア ル ト 混 合 物	バインダー量 (%)		8.2	7~10
	リュエル流動性 (240℃) 秒		17	20以下
	貫 入 量 (40℃ 52.5kgf/cm², 30分) mm		1.37	1~4
	破 断 ひ ず み (-10℃, 50mm/min)		8.96	8.0×10^{-3} 以上
	動的安定度 (60℃, 750kgf) 回/mm		508	350以上

表-2 改質アスファルトの配合

項 目		種 類	改質アスファルト (A)	基 準 値
配 合 率 (%)	砕 石 6 号		34.0	—
	砕 石 7 号		17.0	
	スクリーニングス		17.0	
	砂 (海 砂)		27.0	
	石 粉		5.0	
改 質 ア ス フ ア ル ト 混 合 物	バインダー量 (%)		5.4	5~7
	マ	空隙率 (%)	3.4	3~5
	ー	飽 和 度 (%)	78.8	75~85
	シ	安 定 度 (kg)	1,150	1,000以上
	ャ	フロー値 (1/10mm)	32	20~40
	ル	水浸残留安定度 (%)	90.0	80以上
	試	動的安定度 (60℃, 70kgf) (回/mm)	3,320	1,500以上
	験	破 断 ひ ず み (-10℃, 50mm/min)	6.41×10^{-3}	6.0×10^{-3} 以上

(3) 鋼床版の表面処理

本橋は、飛来塩分量が多く鋼床版の発錆に注意する必要があった。この錆等の有害物はグースアスファルト施工時のプリスタリングや舗装と鋼床版の接着に悪影響を及ぼすことから、原則として1種ケレンを施すこととした。

3. 鋼床版舗装の施工

3.1 アスファルトプラント設備

プラント設備は、合材の運搬時間等を考慮して空港島内に180 t/h の能力を持つものを設置した。

3.2 施工順序

施工順序は、図-14に示すとおり①鋼床版表面の研掃工 (1種ケレン)、②接着層を2層 ($0.15 \text{ l/m}^2 \times 2$)、③グースアスファルト混合物、④6号砕石によるプレコートチップ (10 kg/m^2)、⑤タックコート工 (ゴム入り乳材 0.5 l/m^2)、⑥改質アスファルト混合物をホットジョイントで施工、⑦ひびわれ防止目地 (幅6mm, 深さ30mm) の施工

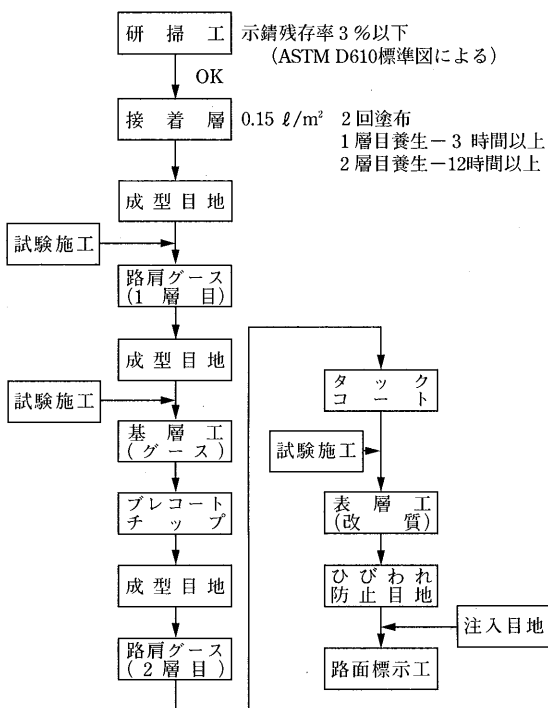


図-14 鋼床版舗装施工フロー

3.3 成型および注入目地

グースアスファルトと構造物との境界およびグースアスファルト同士の縦施工継ぎ目には、成型目地を、

改質アスファルトと構造物の目地には注入目地を使用した。

3.4 ひびわれ防止目地

ひびわれ防止目地は、改質アスファルト混合物を施工後、路面カッター(カッターの刃径20cm, 2枚重ね)で切断した。その後、ひびわれ防止目地材(セロシールSSテープ, $W=6\text{ mm}$, $h=30\text{ mm}$)を施工した。ひびわれ防止目地の構造を図-15に示す。

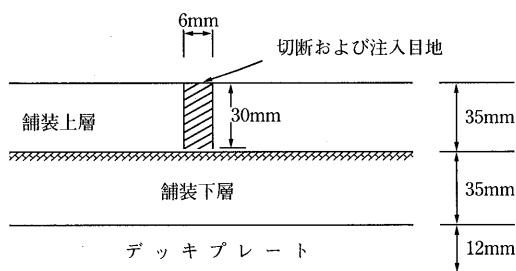


図-15 ひびわれ防止目地の構造

4. あとがき

関西国際空港連絡橋における橋面舗装の本格的な検作作業は、海上部トラス橋の製作後(一部架設完了)から開始された。それゆえに、基本的な構造改善等の時間的余裕は無く、一方、舗装体自体は、重交通車面の走行に伴う鋼床版の局部変形により橋軸方向に縦ひびわれが早期に発生することが予測された。このため、「ひびわれ」発生メカニズムと発生するであろう位置について、FSM解析ならびに実橋載荷試験によって慎重な検討を行った結果、交通解放に先立って、予め舗装に「ひびわれ防止目地」を施工することとした。これについては、施工後、継続的な調査を行っているが良好な結果が得られている。最後になりましたが、本橋の舗装設計・施工に関して、平成元年度より率先して御指導、御検討いただいた「橋面舗装検討委員会」(委員長; 多田宏行(財)道路保全技術センター理事長)の委員各位に改めて感謝の意を表するとともに、ますますの御指導、御鞭撻を宜しくお願いするところであります。

☆1995年版発行のお知らせ☆

皆様からご好評をいただいている下記出版物は、毎年改訂発行しております。
ただいま発売中です。

日本アスファルト協会・発行

『アスファルト・ポケットブック』1995年版

ポケットブック版・表紙ビニール製・本文84ページ・実費頒価1部 800円(送料実費は申込者負担)
ハガキにてお申し込み下さい。

主 な 内 容

- | | |
|---------------------|-----------------|
| ○石油アスファルトの生産実績 | ○道路投資額とアスファルト需要 |
| ○石油アスファルトの需要推移 | ○平成7年度の道路予算 |
| ○石油アスファルトの需要見通し | ○道路の現況 |
| ○石油アスファルトの製造及び流通 | ○第11次道路整備5カ年計画 |
| ○石油アスファルトの生産場所及び油槽所 | ○石油供給計画 |
| ○石油アスファルトの製造原油 | ○世界の石油アスファルト生産量 |
| ○石油アスファルトの品質規格 | ○主要諸国の道路事情 |
| ○石油アスファルトの用途 | ○データシート |
| ○アスファルト合材の製造実績 | ○住所録 |
| ○改質アスファルトの出荷実績 | ○会員名簿 |
| ○アスファルト乳剤の出荷実績 | ○関連官庁・関連団体 |

東京都における橋面舗装

阿部 忠行*

1. はじめに

東京都建設局では、橋面舗装の設計施工に関しては「橋面舗装設計施工要領（平成3年4月）」¹⁾によって行っている。道路の街築や舗装の設計・施工は道路工事設計基準²⁾に準じているが、同基準に橋面舗装の項が設けられたのは昭和52年度版からであった。しかし、その当時の内容は単に橋面舗装の項目を羅列する程度のもので技術的な検討はなされていなかった。強いて挙げれば、床版の保護を目的として防水層の必要性を記述していることであった。

その後、鋼床版舗装において防水層の接着不良による橋面舗装のすべり破壊などが生じ³⁾、橋面舗装の技術的な検討がなされ、昭和58年6月に構造設計と材料を中心とした内容の「橋面舗装設計指針」を、さらに、施工編を加えて昭和59年7月に「橋面舗装設計施工要領」が刊行された。

昭和61年11月には(社)日本道路協会から「道路橋鉄筋コンクリート床版防水設計・施工資料」が発刊され、コンクリート床版の耐久性を確保するために防水層の重要性がうたわれた。しかし、防水層を設置した橋面舗装が供用後早期にはくりに起因する破壊の事例が多く発生した⁴⁾ことから、舗装材料や防水材あるいは排水設備などの技術的な見直しを行うとともに、維持補修の項目を加筆して平成3年4月に現行の要領が作成された。

ここでは、現行の要領を作成するにあたって行った技術的な検討事項を中心として、東京都建設局の橋面舗装の現状と現在新たに抱えている技術的な課題について報告する。

2. 橋梁および橋面舗装の現況

2.1 橋梁の種類別橋数

東京都建設局が管理する橋梁数（横断歩道橋や人道橋は含まない）は1,216橋（平成2年4月現在）であ

り、その内訳は図-1に示すようにコンクリート橋が58.3%と最も多く、これに続いて鋼橋が37.1%と両方で95%以上を占めている。また、その規模は図-2に

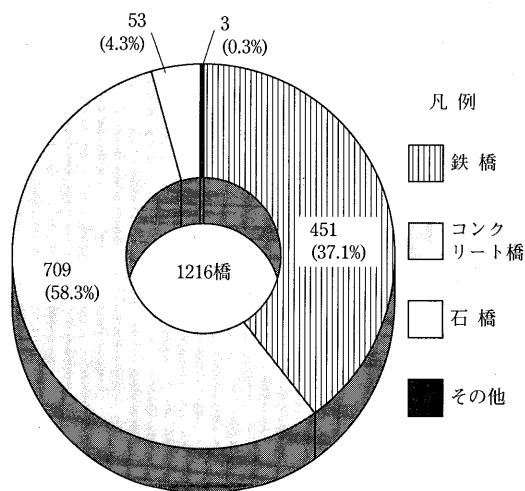


図-1 橋種別橋梁数

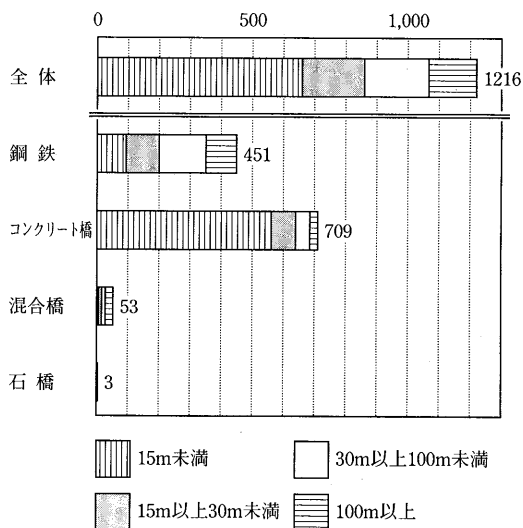


図-2 橋長別橋梁数

*あべ ただゆき 東京都土木技術研究所主任研究員

見られるように全体では橋長が15m未満の小規模なものが半数以上であり100m以上のものは12%程度である。コンクリート橋の約80%が橋長15m以下である。一方、鋼橋では橋長が15m未満の橋は20%程度であり、中規模あるいは100m以上の大規模な橋の多くは鋼橋であることがわかる。

2.2 床版の種類

床版の種類を径間数で示すと図-3のごとく、約80%はコンクリート床版で、10%が鋼床版であり残りの10%がP C床版などその他の床版である。しかし、比較的規模の大きな橋梁の床版の架替えにおいて最近ではコンクリート床版を鋼床版に変更する事例が多い。



図-3 床版の種類

2.3 橋面舗装厚

橋面舗装厚の分布を径間数で示すと図-4のとおりであった。総径間数は1,499であるが、舗装厚が不明を除く1,067径間の内訳を見ると64%は舗装厚が5 cm以下で、36%が6 cm以上となっている。昭和58年に刊行した「橋面舗装設計指針」では、全国的な橋面舗装の実態調査⁵⁾を参考として、鋼床版舗装では8 cmをコンクリート床版舗装では7 cmと定めていたので、舗装厚が5 cm以下の事例はそれ以前に舗装されたものと思われる。

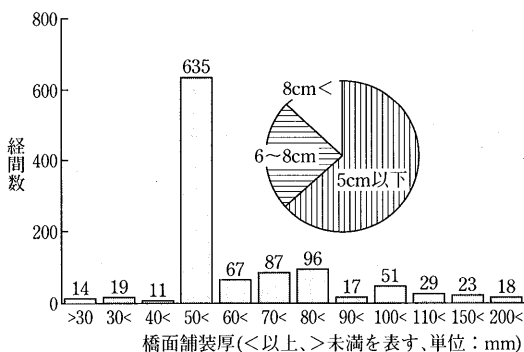


図-4 橋面舗装厚

3. 橋面舗装

橋面舗装の役割、構造設計、材料、施工および維持補修の概要について、「橋面舗装設計施工基準」に準じて概説する。

3.1 役割

一般に、橋面舗装は、床版を交通荷重による衝撃及び雨水などの気象条件から保護するとともに、交通車両及び歩行者が安全かつ快適に通行できることが主な役割である。

しかし、東京都における橋梁は単に交通の用に供するだけでなく、地域の景観創造のシンボリックな役割と歩行者に安らぎを与える場所としても位置づけられている。このため、歩道部においては一部にテラスなどを設置して立ち止まって景色を見る、あるいは一休みするなどの機能も重要視されている。また、橋詰め広場の活用なども積極的に行われ、歩道部や橋詰部の舗装は車道部の舗装よりも多くの投資が行われ様々な舗装が用いられている (写真-1, 2)。

3.2 構造設計

(1) 舗装構成

車道舗装は、表層、タックコート、レベリング層、防水層および接着層で構成することを原則としている (図-5 (a))。

一方、歩道舗装は、表層、防水層および接着層から構成される (図-5 (b))。

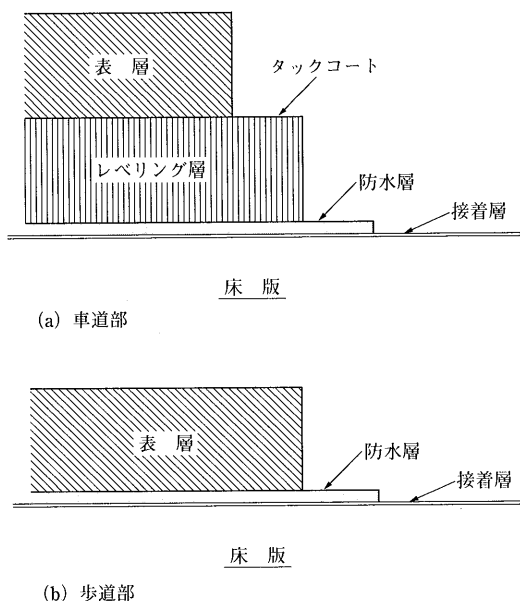
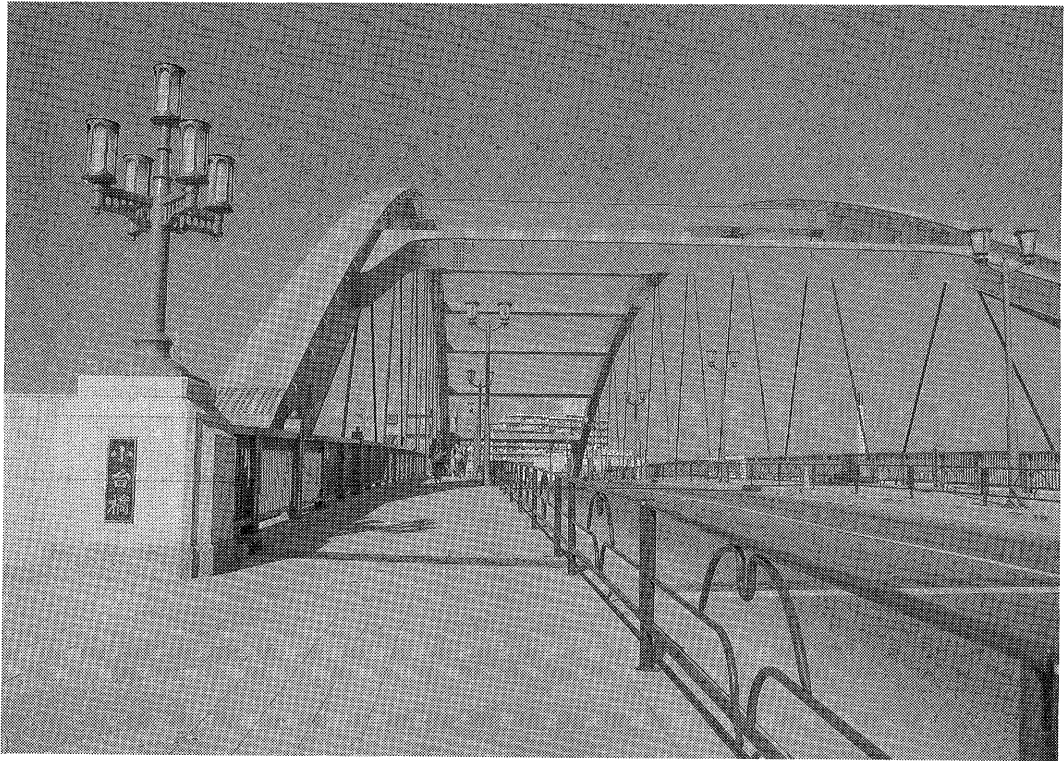
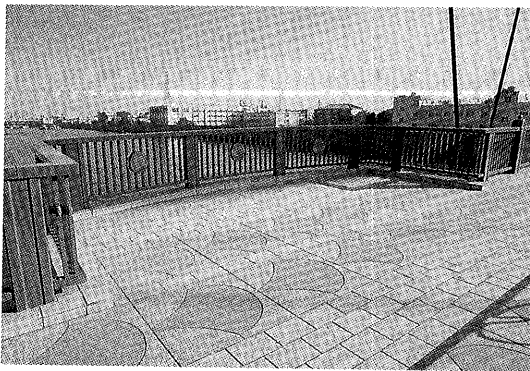


図-5 舗装構成



写真－１ 歩道部・橋詰め部の舗装



写真－２ バルコニーの舗装

接着層は、床版と舗装を完全に接着させ合成効果を高めることを目的とした層である。防水層は、床版に雨水などが浸透し耐久性を損なうことを防止する目的とした層であり、レベリング層と接着性の良いものでなければならない。

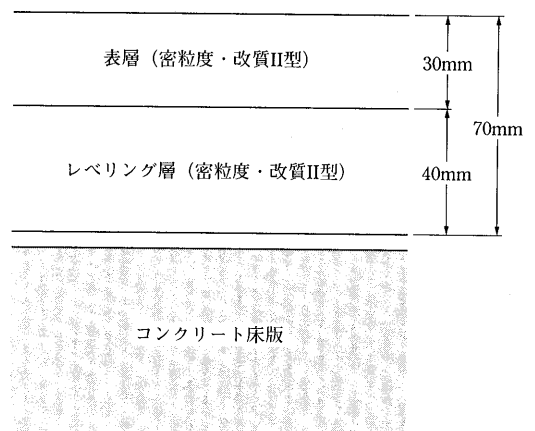
レベリング層は、表層と一体化して荷重による応力を分散し、床版に均等に伝達し、表層や床版の耐久性を高めることと、コンクリート床版の不陸や鋼床版の高力ボルトや添接板などの凹凸を整正することを目的としている。

タックコートはレベリング層と表層を確実に接着することを目的とする。

表層は、夏季のわだち掘れに対する抵抗性に優れ、冬季の疲労ひびわれに対する抵抗性を備え、かつ平坦ですべりにくく安全で快適な走行を確保することを目的とする。

(2) コンクリート床版舗装

コンクリート床版上の車道部の舗装構成は、図－６



図－６ コンクリート床版舗装

に示すようにレベリング層厚は40mmとし、密粒度(13)改質Ⅱ型改質アスファルト混合物を用いる。この混合物を用いるのは、コンクリート床版の仕上がり面の不陸、補修時の切削し易さ、雨水の浸入防止、作業の容易性などを考慮したものである。表層厚は、30mmとし、混合物はレベリング層と同一のものをを用いる。橋面舗装の破損もわだち掘れによるものが多いという調査結果から耐流動性を高めるために改質Ⅱ型アスファルト混合物を用いることを原則としている。

また、縦断勾配の小さい橋梁で排水が不十分な場合、雨水などによって舗装がはくり破損する恐れがあるので、骨材との付着性を改善したアスファルトを使用する。

(3) 鋼床版舗装

鋼床版上の車道部の舗装構成は、図-7に示すようにレベリング層厚40mm、表層厚40mmとして合計厚は80mmとしている。但し、一般の橋梁では、レベリング層にはグースアスファルト混合物とし、勾配が6%以上あるいは橋梁面積が小規模な場合にはレベリング層は密粒度(13)改質Ⅱ型アスファルト混合物とする。

荒川、隅田川、多摩川などの長径間の橋梁においては耐流動性を高めるためにレベリング層の上にアスファルトをプレコートした5～6号碎石を10kg/m²程度散布圧入する事例が多い(写真-3)。

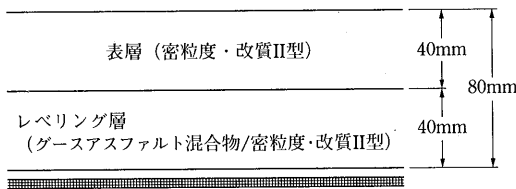


図-7 鋼床版舗装

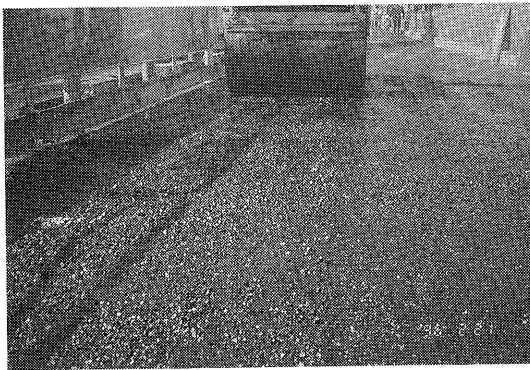


写真-3 グースアスファルト舗装上のプレコート碎石の散布圧入

(4) 歩道部

歩道部の舗装は、表層として3cmの細粒度アスファルト混合物を用い、その下には間詰めコンクリートを舗装する構造を原則とする(図-8(a))。しかし、最近の施工例の多くはタイルや自然石など景観を重視した舗装が殆どである。表層としてタイルや自然石を用いる場合は間詰めコンクリートと表層材料の間に敷モルタルを設けると共に収縮や膨張目地を適切な間隔で設けるものとする(図-8(b))。カラー舗装の標準構造は表-1に示すとおりである。

①目地は、セメントモルタル(1:2)の化粧仕上げとする。

②モルタル層および表層には、目地を設けるものとして、目地の位置は同一箇所とする。収縮目地は5m、膨張目地は30mを標準とする。

③コンクリート平板の品質は圧縮強度210kgf/cm²以上、すべり抵抗(BPN)40以上とする。

④レンガブロックの品質は、吸水率8%以下、すべり抵抗(BPN)40以上とする。

防水層および接着層は間詰めコンクリートと床版のあいだに設置し、車道部が鋼床版で歩道部がコンクリー

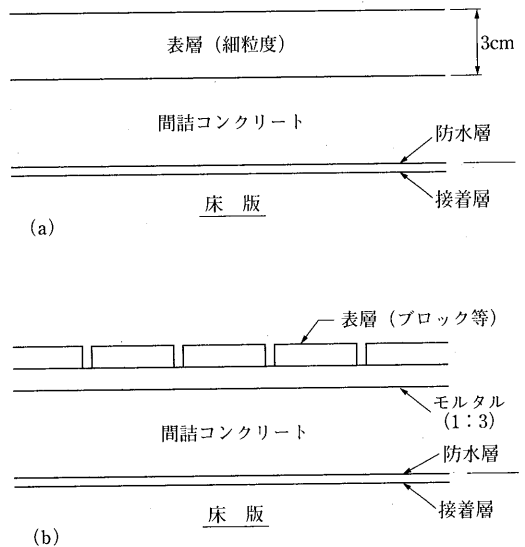


図-8 歩道部の舗装

表-1 カラー舗装の構造⁶⁾

	コンクリート 平 板	レンガ ブロック	タイル	天 然 石
表 層 材	3以上	3以上	1.5以上	3以上
セメントモルタル (1:3)	3	3	3	3

ト床版の場合は表層の下に防水層を設ける。

4. 維持管理

4.1 ライフサイクル

橋面舗装の維持管理において、補修時期や工法の選定にあたって土木構造物としてのライフサイクルを把握することが重要である。図-9には土木構造物のライフサイクルの概念を示した。

一般的な土木構造物は供用とともに耐荷力が低減し維持補修を行いながらもある程度耐荷力が低下した時点で補強により耐荷力を回復させる(図-9(A))。橋梁も同様なライフサイクルを描くが伸縮装置、舗装、床版などはさらに多くの補修や補強がなされている(図-9(B))。一般部の舗装はさらに頻繁な維持補修が必要である(図-9(C))。しかし、橋面舗装は交通の要所であり、かつ代替道路がないことが多く、補修工事を実施することが困難であるためより高い耐久性が要求される。

4.2 橋面舗装の破損現況

橋面舗装の破損状況の調査結果によると目視調査の結果をみると図-10のごとく最も顕著な破損は段差である。段差は、伸縮装置の前後に発生するもので最も多いのは土工部との境界であり、次いで各径間境の伸

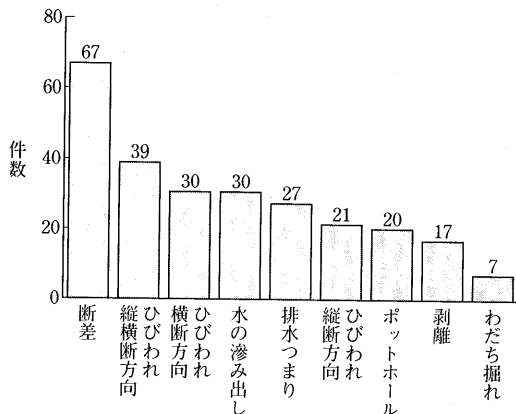


図-10 目視調査結果⁶⁾

縮装置の部分である。次に、縦横断方向のひびわれが多く、さらに水のしみ出しや排水施設の詰まりなどである。一般部で破損形態として最も多いわだち掘れは比較的少ない結果となっている。次に、路面性状調査装置で計測した結果を図-11に示した。この結果から見る限りは、わだち掘れ量は殆どが15mm以下であり、ひびわれ率も1%以下でPSIもほぼ3.5以上と良好な結果となっている。

これらの結果から橋面舗装(ここでは伸縮装置なども含める)における破損の原因として伸縮装置や排水

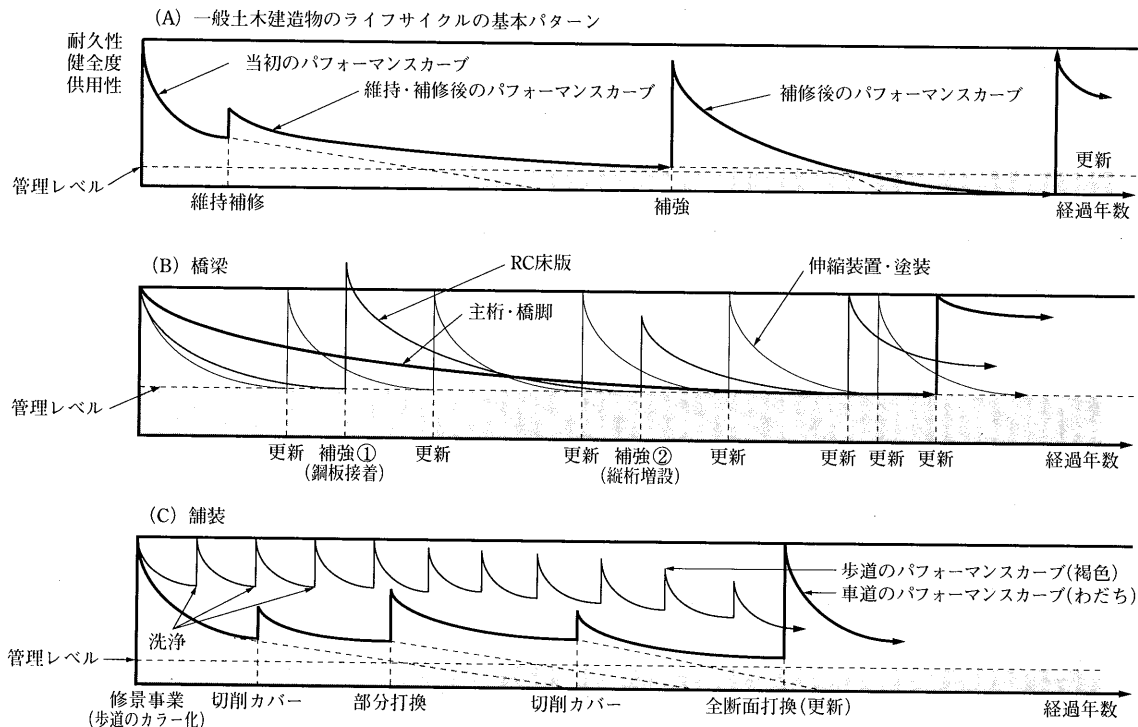


図-9 土木構造物のライフサイクルの基本パターン⁷⁾

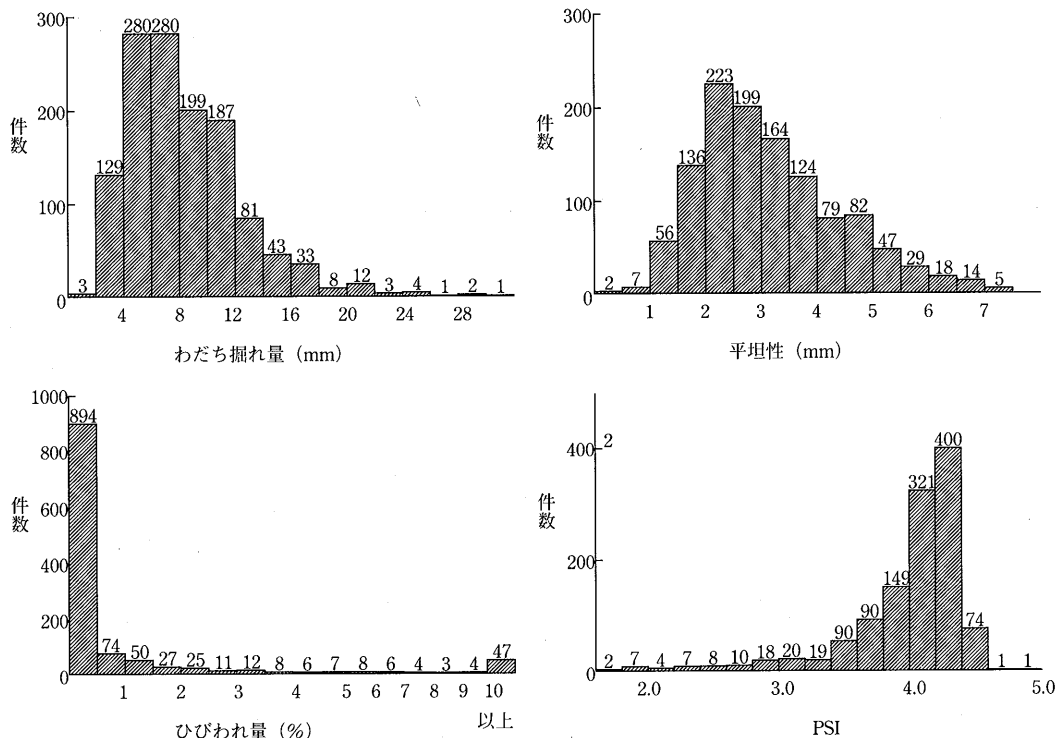


図-11 路面性状調査結果^{a)}

装置などが大きな比率を占めていることがわかった。

4.3 伸縮装置の破損

道路管理において利用者から多くの苦情などが寄せられるが橋梁・歩道橋に関する苦情は年間100件程度で苦情全体の約3%程度と比較的少ない。しかも、苦情

の多くは段差に起因する振動や騒音であり、橋梁を管理する上で伸縮装置や排水装置の維持管理が重要である。

伸縮装置が破損したために交換した51事例についての道路管理者へ行ったアンケート調査結果は図-12の

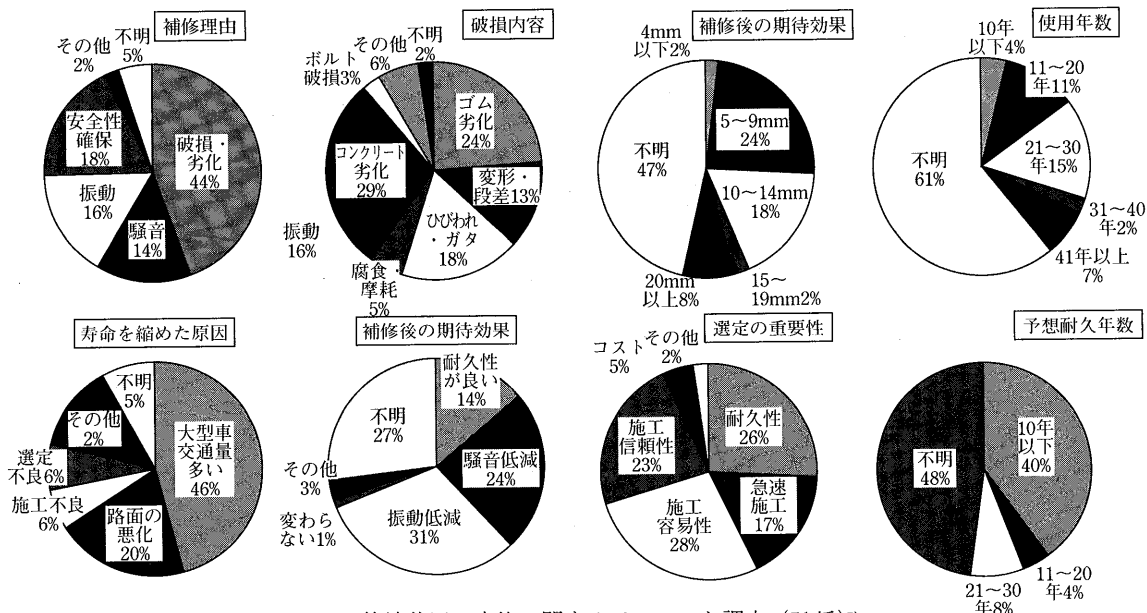


図-12 伸縮装置の交換に関するアンケート調査 (51橋)^{a)}

とおりであった。

補修理由：約半数は明らかに伸縮装置が破損或いは劣化していた。あと半数は、騒音や振動或いは走行上の安全性を確保するという理由であった。

破損内容：約30%は段差やがたつきなど前後との不整合が原因であり、約60%はコンクリートやゴムの劣化あるいはボルト破損など伸縮装置の破損に起因していた。

補修時の段差：補修時の段差の明確な数値は約半数が不明であったが、5～9 mmで約25%が補修していることが分かった。

使用年数：使用年数については、60%程度は不明であるがほぼ10～30年で交換していることが分かった。

寿命を縮めた理由：これは交換した理由の原因とも理解される項目であるが、その多くは大型車交通量の過大なことを理由としていた。

補修後の期待効果：補修後に期待するのは騒音や振動など苦情の原因となることが低減することであり、道路管理者としての本音が伺われた。

選定の理由：工法の選定するに当たっては、耐久性の他は如何に速く、簡易でかつ信頼性のある施工を行うかであった。ここでも、伸縮装置を重交通下で交換するにあたっての道路管理者の苦悩が回答に現れていた。

予想耐久年数：40%の回答が耐久性が10年以下と予

想していることから、伸縮装置の現実の耐久性が如何に短いかが伺われる。

4.4 排水装置の適切な設置

昭和60年の初期にコンクリート床版上の舗装が供用早期の夏季に破損する事例が頻繁に発生するようになり破損原因の調査を行った。その結果、舗装面或いは構造物との接続部から浸入した雨水がコンクリート床版の防水層の上に滞水し、それが夏季には温水となりそこへ荷重が繰り返し載荷されレベリング層と防水層との境界面ではくり破壊を生じていることが分った。その対策として排水装置を点検するとともに排水枡側面に水抜き孔を設けるとともに滞水し易い部分の床版に排水管(図-13)を設置した。また、材料の改良としてはくり抵抗性の高い付着性改善改質アスファルトを開発し使用することとした。その結果、はくり破損の事例が激減したので要領に排水処理の重要性を強調して記述した。

5. おわりに

以上、東京都建設局における橋面舗装について概説したが、従来ややもすれば橋梁の設計に際して橋面舗装は橋梁の単なる化粧として考えられ、その構造的な検討は蔑ろにされがちであった。そのため、鋼床版舗装での主桁腹板直上や縦リブ腹板上に橋梁の構造に起因したひびわれが発生する事例が少なくない。今後更

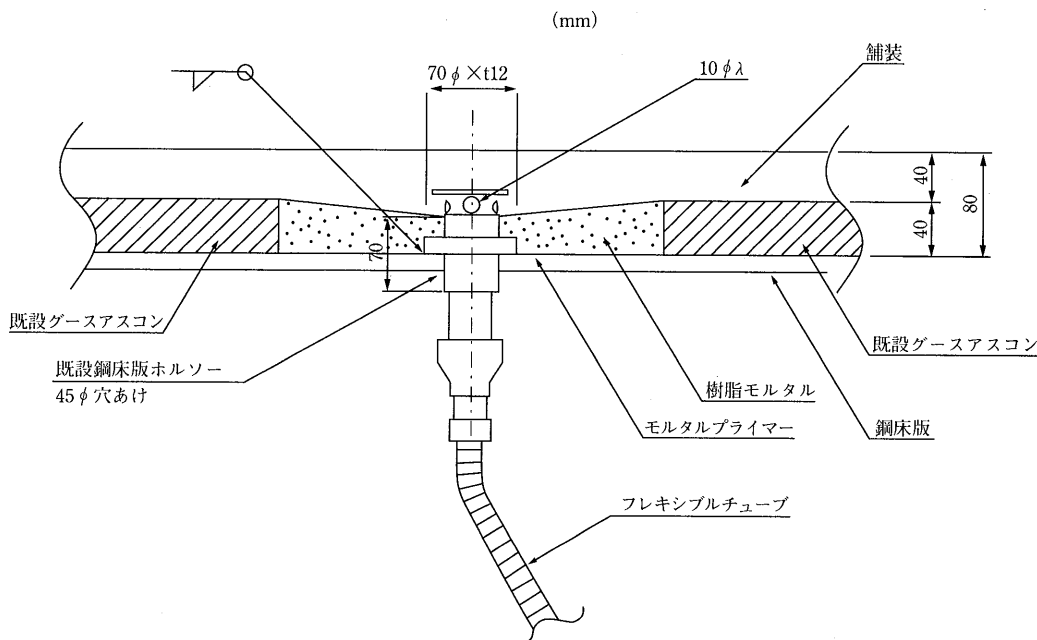


図-13 補修に設置した排水装置（水抜パイプ）

に増加すると考えられる100mを越える規模の大きな鋼床版などの構造設計にあたっては、デッキプレート厚さや縦リブの剛性などを十分配慮して設計すべきである⁹⁾。また、鋼床版の防錆処理に関しては、錆の生じている場合は1種ケレンを塗膜が部分的な場合は2～4種ケレンと規定してあるが、架設後間もなく発錆の無い場合もジंकクリッチプライマーの活膜を苦勞して研掃する事例も少なくない。これも橋面舗装への配慮の不足と思うるので技術的な理解を深めてこのような無駄は省くべきである。

鋼床版面上の滞水の傾向を把握するためにデッキブ

レート上に散水し水の移動状況や滞水箇所を確認した上で排水孔を設ける方法も有効である。

東京都における従来の橋梁の耐用年数はほぼ50年程度と短期間であるが、今後適切な補修・補強を計画的に施すことによって100～200年程度の供用が可能である。さらに、新設橋梁については、目標耐用年数を200～300年と長期間に設定する計画である。橋面舗装も長期の供用性を図る必要とともに景観性、福祉性、広場的な多様な機能が要求される事を意識して技術的な検討を行う必要がある。

— 参考文献 —

- 1) 東京都建設局：橋面舗装設計施工要領（平成3年4月），1992.
- 2) 東京都建設局：道路工事設計基準（平成6年），1995.
- 3) 坂，三田，藤井 浦安橋の整備について（橋面舗装を中心に），第16回日本道路会議論文集，1985.
- 4) 阿部忠行，峰岸順一：室内試験による橋面舗装の剝離破損の検討，第17回日本道路会議論文集499，1987.
- 5) 南雲，小島，坪内 鋼床版舗装の実態，土木技術資料，1975. 17-3
- 6) 東京都建設局（カラー舗装設計・施工指針検討委員会）：歩行者系道路のカラー舗装設計・施工指針（案），平成3年3月（1991）
- 7) 阿部，関口，小原他：土木構造物の維持更新と機能向上技術開発，都土木技術年報（平7），1995.
- 8) 阿部，鈴木，荻原他：土木構造物の耐久性向上と評価に関する調査研究（その3），都土木技術年報（平3），1991.
- 9) 多田宏行他：橋面舗装の設計と施工，鹿島出版会，1996.

石油アスファルト統計月報

B 5：16ページ ￥500（送料は実費）毎月1日発行

アスファルトに関する統計資料を網羅し、月毎に発行する統計月報です。

広くご利用いただけるよう編纂致しました。

ハガキにてお申し込みください。

申込先 〒105 東京都港区虎ノ門1丁目21番8号
秀和第3虎ノ門ビル7階
社団法人 日本アスファルト協会

— 目 次 —

- 石油アスファルト需給実績
- 石油アスファルト品種別月別生産量・輸入量
- 石油アスファルト品種別月別内需量・輸出量
- 石油アスファルト品種別月別在庫量
- 石油アスファルト品種別荷姿別月別販売量
- 石油アスファルト品種別針入度別月別販売量
- 石油アスファルト地域別月別販売量
- 石油アスファルト品種別通産局別月別販売量
- 石油関係諸元表

橋面舗装と鋼床版

佐々木 道 夫*

1. まえがき

現在の鋼床版橋の基本的構造様式は、第2次大戦後間もない時期にドイツの土木技術者に航空技術者が加わって案出されたものである。それまでのプレートガーダー橋の最大支間長は50m程度であったが、この技術者達は戦争で破壊されたライン河の支間200m級のトラス橋などを、旧橋より2～3割も軽量で経済的な鋼床版プレートガーダー橋に置き換えることに成功した¹⁾²⁾。これには溶接技術の寄与もあったが、一挙にある形式の橋梁の適用支間を数倍にも増大させたことは、当時の世界の驚異の的であった。その後も今日まで、この鋼床版はプレートガーダー橋に止まらず吊橋、斜張橋、トラス橋、アーチ橋にも適用されるようになり、大規模橋梁には必ずと言ってよい程使用される重要な構造要素をなすに至っており、わが国における事例も増加の傾向にある。

ところが、このように優れた働きをする鋼床版にとって、建造当初からの泣き所が重車両の通行による橋面舗装の損傷であった。そのため、鋼床版舗装の損傷防止の調査と研究は、国の内外で早くから行われてきた。国際構造工学会 (IABSE) も1968年に鋼床版舗装を主題とするシンポジウム³⁾をニューヨークで開催し、この問題への取り組みを示したが、これを機会に鋼橋技術者における舗装の研究も促進されることになった。

鋼床版舗装が一般部のそれより傷み易い最大の原因は、言うまでもなく橋の床版、床組、主桁などが重車両の通行によって、より大きいたわみためである。もちろん、この他にも橋体は一般部より温度変化が大きいことや、雨水の侵入による床版の劣化や発錆などの原因も挙げられるが、たわみによるもの程に直接的かつ急激ではなく、また厳しさの程度も低い。

一方で舗装に関する多くの調査研究が行われているにもかかわらず、鋼橋の技術者は余りこれを気に留めず、専ら鋼床版橋の効率的製作施工にのみ意を用いて

設計を進めてきた傾向が見受けられ、鋼床版舗装の損傷があつたを絶たなかった理由も、この辺りにあったようである。

舗装の損傷は、鋼床版と舗装という異質の材料や異種の構造相互間においての、たわみという量を媒介にして生ずる境界領域問題として捉えねばならない。すなわち、舗装の側の研究開発だけでは問題の解決は困難であり、鋼橋の設計における配慮がなくなならないものと言える。

このような考え方が本州四国連絡橋という国家的大事業における鋼床版の適用に当たって採られ、組織的かつ大規模な調査研究が長年月をかけて行われ、さらにこれは関西国際空港連絡橋というプロジェクトに引き継がれ、鋼床版舗装の技術は大きく進展し、長い間の懸案であった問題はほぼ解決するに至り、その成果は実施に移され良好な結果を得ている。

ところで、今われわれは情報化社会の溢れるばかりの情報の中に生きているが、有用で良質な情報が必要な所に役立つ形で届いていないと気付くことがよくある。鋼床版舗装に関する情報もその一例と言えよう。多大の時間と費用を注いだ上記の成果は、できるだけ機会を利用して広く伝えて斯界の無駄を省かねばならない。これら一連の調査研究結果は、一貫して指揮に当たられた多田宏行博士の監修になる一冊の書物に纏められて出版された⁴⁾が、本稿はこの書物の中で採られている鋼床版舗装の損傷を避けるための考え方と、その実際の適用法を抽出して紹介するものである。

2. 鋼床版の構造概要

2.1 構造形式

道路橋の床版に鋼板を用いたものを全て鋼床版と言うならば、1920年代後半に作られた東京の隅田川に架かる永代橋や言問橋などに用いられているバックルプレート⁵⁾や、1930年代にアメリカやドイツなどで作られ

*ささき みちお 新日本技研株式会社 工博

たバトルデッキ²⁾も挙げなければならない。

前者は、図-1に示すように縦横約1m厚さ10mm～8mmの舟底形の鋼板である。これを、主桁や縦・横桁の上フランジにリベットで取り付け、その上に均しコンクリートと舗装を施して床版を形成する。床版に加わる荷重はバックルプレートが抵抗する。鉄筋コンクリート床版に比べて耐荷力は極めて大きい、鋼材の使用量が多いため、ある時期より使用されなくなった。

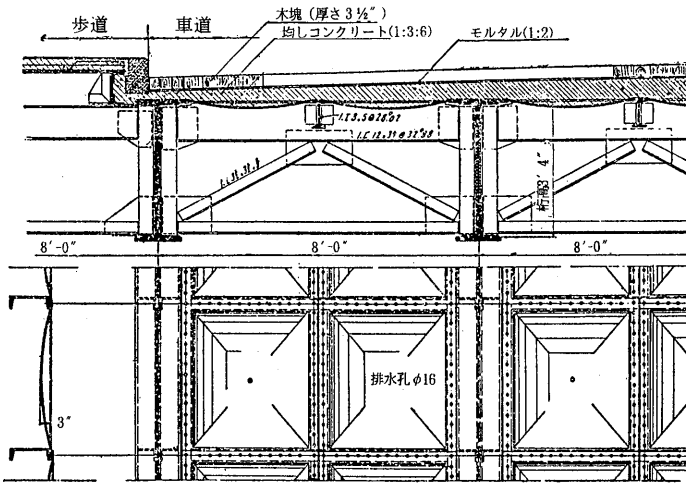


図-1 バックルプレートを用いた橋

後者は、図-2のように約60cmの間隔で比較的密に配置された縦桁の上に10mm～19mmの鋼板を置いて、この上に舗装を施す床版である。この種の橋の舗装も構造各部分も当時の軽車両の交通に対しては長期の使用にも耐えていた⁷⁾⁸⁾が、現在の重交通には耐え得なくなってしまった。両者共歴史的な構造となり、今では使用されることもなくなった。

現在、鋼床版と言われるのは図-3に示すような、デッキプレートを裏面から縦リブ・横リブで補強した構造の床版である。このデッキプレートは直接に自動車の輪荷重を受けて版として耐えと共に、主桁・横

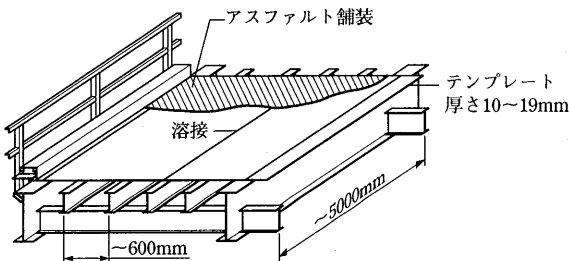
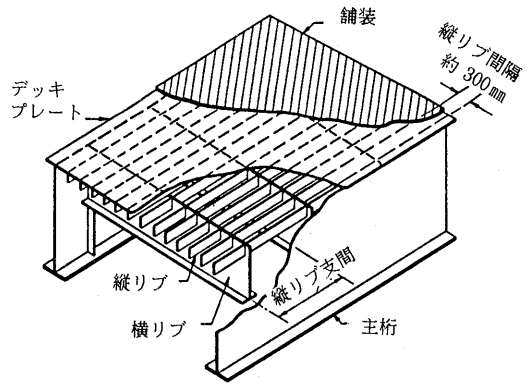
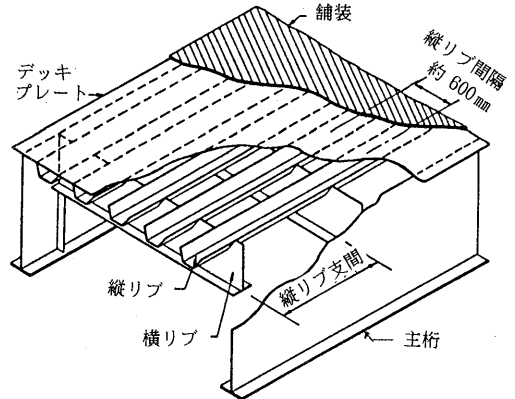


図-2 バトルデッキを用いた橋



(a) 開断面縦リブをもつ鋼床版



(b) 閉断面縦リブをもつ鋼床版

図-3 鋼床版の構造

リブ・縦リブの上フランジとしても働く効率的な構造となっている。

このように合理化された現在型の鋼床版が使用された最初の橋は、ドイツのマンハイム市でネッカル川を渡るクルプファルツ橋(支間56m+76m+56m, 幅27.8m, 1950年竣工)である。

この橋が1940年に吊橋形連続トラスとして建造された時の鋼材重量は2500トンであったが、鋼重2090トンのシンプルで優美な鋼床版連続桁に生まれかわった⁹⁾。

鋼床版の構造形式は縦リブの形式・配置で特徴づけられる。

図-4に縦リブの種類を示した。これらは大まかに開断面縦リブと閉断面縦リブとに分けられ、それぞれに色々な形のものが使用されてきた。

初期には開断面の1, 2, 3及び4がよく使われた。やがて厚さの薄い(6mm)閉断面の1(デルネン型)がデッキプレートとの溶接ひずみを少なくできる利点から使われ¹⁰⁾、ついで2, 3, 4, がいずれも鋼構造の

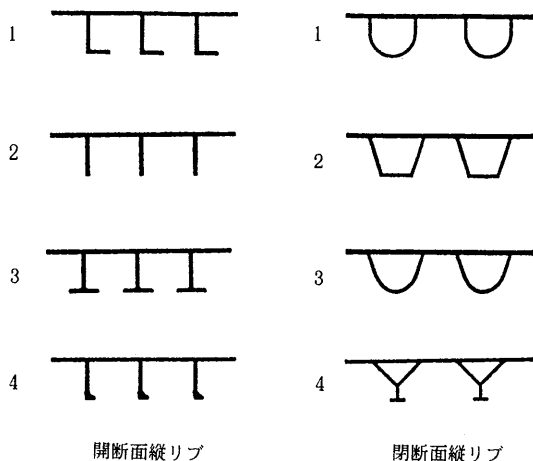


図-4 縦リブの形式

製作に好ましいということから用いられた。中でも4、のY形（シャンパングラス形ともいわれる）の閉断面縦リブは、断面効率が良く横リブ間隔を大きくとれて経済的と言う理由で使われ始めたが、（やがて縦リブ用の圧延U形鋼が作られるにいたり）閉断面の2、が多用されるようになった。U形鋼は1983年にJIS規格化されたこともあって、最近のわが国の鋼床版橋の縦リブのほとんどを占めるに至っている。閉断面縦リブは、橋が曲がっていたり拡幅部があるなどで、閉断面の圧延材が利用できない、いわば止むを得ぬ場合とか、活荷重強度の小さい歩道部分に限って使用される傾向にある。

2.2 設計の方法

前節で触れたように、橋の鋼床版には〔I〕デッキプレート、縦リブおよび横リブで構成される床版としての応力、〔II〕縦リブと横リブに囲まれたデッキプレートの局所的な応力、〔III〕主桁のフランジとしての応力とが同時に作用するので、これらのそれぞれの計算結果を合成して各部の断面を決定することになる。

まず、〔I〕の応力であるが、図-3に見られるように鋼床版は縦横に沢山のリブを持つ構造であるから高次の不静定構造物を解かなければならない。解法には大きく分けて3種類がある。

その一つは、縦横に密に並んでいるリブの断面二次モーメントを単位幅当たりに均らして考える方法である。鋼床版は、一般に縦リブの方向と横リブの方向では剛性が大きく相違するので、この操作により縦・横各方向に材料の力学的性質が異なる板に置き換えられたことになる。すなわち、直交異方性板（Orthogonal anisotrope plate）という連続体とみなすものである。

なお、これを約めてorthotropic plateと言っている。

今一つは、鋼床版を格子桁という全くディスクリート（離散的）な構造物として扱うものである。

三つ目のものは、上記の二つを組み合わせる方法である。

以上の解法のそれぞれは、鋼床版が作られ始めた1950年頃には、まだコンピュータの利用ができなかったため、簡便な公式や数表を用意して行われたが、それでも大変な時間と労力を要するものであった。コンピュータが利用される現在では、いずれの解析法による設計計算も容易にできるようになっている。

それでは、以上の三つのうちいずれの解析法が好ましいのかと言うことになると、条件にもよるか実際の挙動により近いということから、第1番目もしくはこれの一部を改良した第3番目の方法であろう。しかし、これに対しても実際への忠実度においては、若干の問題はある。

まず、直交異方性板として次式

$$K_x \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + 2H \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + K_y \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} = p(x, y)$$

ただし、 w : 直交異方性板のたわみ

x, y : 板の中立面にとられた直交座標

K_x, K_y : 板の x, y 方向の曲げ剛性

H : 板のねじり剛性

$P(x, y)$: 板に加わる鉛直分布荷重

を解くことにしているが、実際の構造物はデッキプレートの裏面のみに縦・横リブが取り付けられるので、板の中立面の高さは縦と横とで異なっている。この点を考慮するならば、板の基本式は w に関する8階の偏微分方程式となってしまう¹⁾。実務でこれを用いるのでは余りにも煩雑であるから、計算上の誤差は、上式中の H の数値で補正するのが一般である。もちろん、この他にも本来離散的な要素を持つ構造物を平均化した連続体にするものの中にも含まれる誤差が加わる。

つぎに、舗装に用いられるアスファルト混合物は、温度や荷重の加わる速度によって大きく力学的性質が変化するアスファルトと骨材どうしが噛み合う挙動のものとなりが組合わさった極めて複雑な材料であるが、これが鋼床版の構造体の一部となって機能するということになる。なお、ここで鋼床版と協同して機能していないとすれば、その鋼床版舗装は健全さを失った状態であるといえる。たとえば、デッキプレートを厚を12

mmとし、アスファルト舗装のスティフネスを10000kgf/cm²とするなら、この両者が完全に合成している状態ではデッキプレート厚は1.9倍の約22mmの鋼板に相当する剛度をもっていることになる。スティフネス10000kgf/cm²というのは温度25℃、車の走行速度20km/hという低速走行の場合にほぼ相当する数値であるから¹²⁾、たとえ合成作用がやや不完全であるとしても一年のうちのほとんどの期間は、設計計算よりかなり大きいスティフネスをもつ状態にあると考えることができる。このような舗装体の鋼構造への寄与は、鋼床版の設計計算では考慮に入れていない。これは実態との大きい乖離である。

つぎに〔II〕の応力であるが、わが国の道路橋示方書では規定厚さのデッキプレートを用いるならば、この応力の計算は省略してよいことになっている。その理由は、デッキプレートの応力の算出が極めて煩わしいにもかかわらず、それが必ずしも実際の状態と対応しておらず、実験によると計算よりは著しく大きい耐荷力を示すことから、デッキプレートの厚さは舗装を損なわないだけのたわみの制限から決めればよいという考えに基づいている。この場合のたわみは、舗装の破損実態調査結果からデッキプレートの支間の1/300以下にしている。

デッキプレートの耐荷力が大きい理由について、いまだ説明をしてみる。図-5にはデッキプレートに輪荷重が加わったときの構造モデルを示した。図には若干の誇張があるが、荷重によりデッキプレートがたわむと、「板」という構造系は引張力を伴った別の構造系（膜構造、N-System）に変化して大きい耐荷力を発揮することになる。

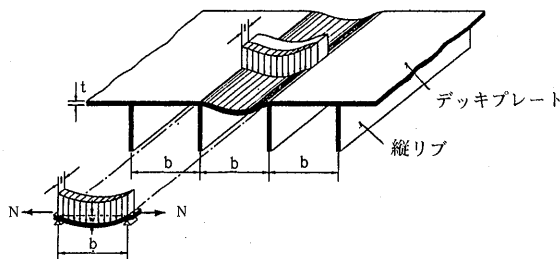


図-5 デッキプレートの構造モデル

たとえば図-6のように、通常用いられる12mm厚で支間32cmのデッキプレートに、25トン荷重の後輪10トン載せた場合の応力を概算してみる。計算を簡単にするため、板は平面ひずみ状態として取り扱う。デッ

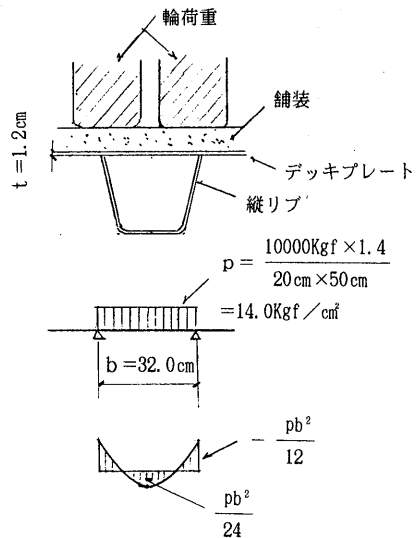


図-6 両端埋込み板の曲げモーメント
(平面ひずみ状態)

キプレートの支承線は埋込み端と仮定すると、最大曲げモーメント：

$$M = -\frac{p b^2}{12} = \frac{14 \times 32^2}{12} = -1195 \text{ kgf} \cdot \text{cm/cm}$$

デッキプレートの断面二次モーメント：

$$I = \frac{t^3}{12} = \frac{1.2^3}{12} = 0.144 \text{ cm}^4/\text{cm}$$

デッキプレートの最大応力度：

$$\sigma = \pm \frac{M}{I} \cdot \frac{t}{2} = \pm \frac{1195}{0.144} \cdot \frac{1.2}{2} = \pm 4979 \text{ kgf/cm}^2$$

となり、デッキプレートに使用されることの多い構造用鋼SS400の保証降伏応力度は2400kgf/cm²であるから、デッキプレートは降伏して耐荷力を失っている筈である。実際の橋のデッキプレートで、このような現象が生じていないのは、図-5に示した構造系への移行とか、〔I〕の応力に関して記したと同様に舗装アスファルトとデッキプレートの合成作用などによるものと考えられる。

最後に〔III〕の応力であるが、これは通常の主桁の設計計算と同じ方法で行うので説明を省略する。

上記のように鋼床版の設計計算は、ほぼ定着した方法が採られているが、たとえコンピュータによる詳細な計算を行っても、材料的非線形性と幾何学的非線形性をもつ実際の応力状態を正確に解き明かすのは難し

い。鋼床版の設計計算法は、鉄筋コンクリート梁の設計計算法と同様に、応力の実態とは必ずしも対応していないと言える。

3. 舗装の損傷と鋼床版

3.1 鋼床版舗装の損傷

鋼床版舗装の損傷には、舗装材料の品質によるもの、施工に起因するもの、鋼床版の防食や排水処理など鋼構造側の不備によるもの等々、多種の原因からする多様な形式があるが、ここでは鋼床版のたわみに関する損傷に限ることにする。

鋼床版が開発された当初は、設計計算法も構造詳細も模索の時期であった。直交異方性板としての応力と主桁の応力との重ね合わせだけで断面を算定される橋もあったが（結果的には現在も同様であるが、デッキプレートの局部応力を考慮したうえでのデッキプレート厚に関する規定が加わっている）、その場合にはデッキプレートの厚さが10mm程度あれば応力的に十分となる橋が多かったため、9mm、10mmなど、現在より薄いデッキプレートをもつ橋が作られていた。また、舗装厚5cmというものがほとんどであった。

この時期に発生した鋼床版舗装の損傷経過の代表的なものを挙げてみる。

図-7の上段のように夏期に低速走行する重車両が

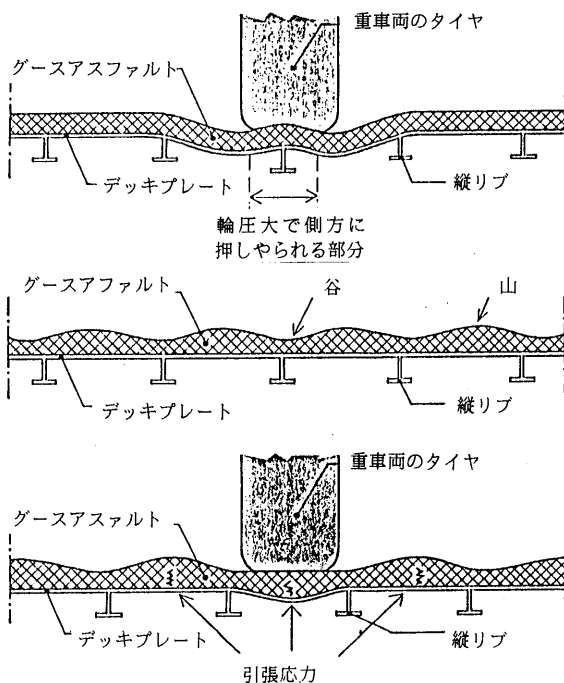


図-7 鋼床版舗装の変状(1)

縦リブ直上に載ると、縦リブはデッキプレートよりたわみ難いので、軟化したアスファルト舗装はデッキプレート側に押しやられ、同図の中段に示すような長手方向の山と谷ができる。この変状で冬に入ると、割れ易くなった舗装はデッキプレートの支間中央部分の厚くなった箇所ではびわれを生じるといった経過をとり、これは更に発達して舗装全体を破壊するというパターンが生じた¹³⁾。

図-8のように図-7と反対の凹凸のパターンが生ずるものもある。図-8の上段は閉断面縦リブに囲まれる部分は縦リブの中間より温度が高いことを示している。同図の下段は開断面縦リブが放熱器の役割をして、その取付部付近の温度を下げることを示している。

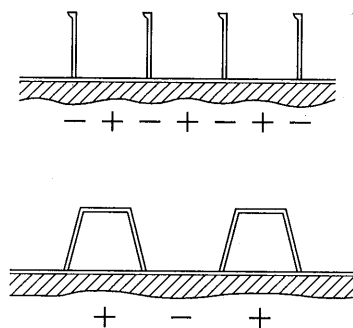


図-8 鋼床版舗装の変状(2)

温度差の測定結果では、春・秋で約2K、夏期ではその約2倍となる。その結果、相対的にスティフネスの小さい高温部分が低い谷となるものである。そして、この場合にも大きい引張応力度が生ずる舗装厚の大きい部分に、ひびわれが先行して発生する傾向がある⁹⁾。

また、デッキプレートの表面には、写真-1に見られるような25mm~30mmの幅、厚さ6mm程度の平鋼をジ



写真-1 デッキプレート上のジグザクプレート

グザクに折った「ジグザクプレート」を15cm～30cm間隔で取り付ける橋が多く作られた。これはアスファルトの流動安定に寄与したが、その他にこれを取り付けることによってデッキプレートの剛性は約3～4倍に大きくなるため、図-7に示すような変状を抑制し舗装のひびわれ発生を防止する効果があったとの報告がなされている^{7),13)}。

ジグザグプレートは鋼橋の製作工費を増加させるうえ、デッキプレートに取り付ける断続溶接がデッキプレートを損ったり疲労強度を低下させたりすること、舗装の施工を困難にして却って品質や耐力を低下させること等の理由から、わが国ではあまり使用されなかった。

デッキプレートの厚さを12mm以上で、かつ定められた値以上の剛性を確保するという設計が行われるようになったのは1960年代になってからであるが、同時に進んでいた舗装の設計や施工技術の発展と改善とがジグザグプレートの果たす役割以上の効果をもたらし、現在では上記の損傷形態はほとんど生じなくなっている。

しかし、デッキプレート厚さの規定値、すなわち剛性の規定値に対して余裕のない設計の橋とか、制限を越える重車両の通行が多い橋などでは上記の現象が見られることがある。その結果、図-6に示すように縦リブ腹板上の舗装には板の埋込端に近い大きい曲率が加わって、縦方向に連続したひびわれを生ずるに至る(写真-2)。これについては次節でも触れるが、必要

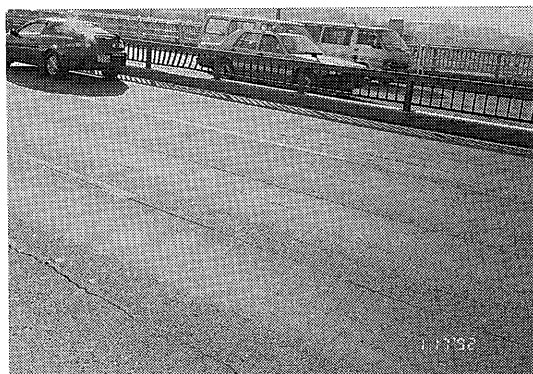


写真-2 縦リブ腹板上に生じた縦ひびわれ

剛性を備えたデッキプレート、良質な舗装材料および管理の行き届いた舗装の施工が揃ったならば、この種のひびわれは発生しなくなっている。

縦リブと横リブの設計に対しては、わが国の道路橋

示方書は現行の自動車荷重のもとで、それぞれの支間長に応じたたわみ量の制限値を与えているので¹⁴⁾、これらのたわみによる舗装のひびわれ・損傷は、問題とはならなかった。

しかし、以上は鋼床版の一般的な中間部分のことであって、橋端部では橋面伸縮装置の前後に生ずる不陸からする衝撃的な過大荷重による損傷や、図-9および写真-3のような主桁の腹板直上付近に縦方向に生

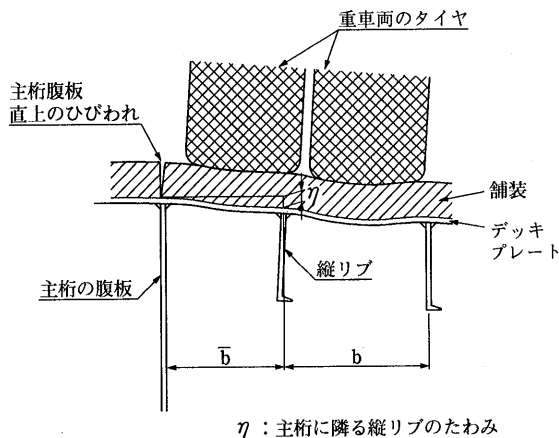


図-9 主桁腹板直上の舗装のひびわれ



写真-3 主桁腹板直上の舗装のひびわれ

ずるひびわれは、最近でも問題となることがよくある。

前者に対しては、橋端部の鉄筋コンクリート床版と同様に鋼床版の強度・剛度を大きくすることでよい。すなわち、具体的には橋端部だけは、横リブ間隔を一般部の1/2以下にする方法が採られる。

後者のひびわれは、写真-2の縦リブ直上のものより幅が大きく、かつ深いものが多い。これの防止には、主桁の腹板とこれに隣接する縦リブの腹板との間の距離(図-9中の $\bar{b}$)を溶接施工が可能な範囲で小さく

採って、デッキプレートに加わる曲げモーメントを小さくする設計が行われるが、これだけでは一般には不十分である。これに対処する示方書類はまだ整えられていないので、何らかの方法を講じなければならないが、節を改めて記すことにする。

3.2 デッキプレートの厚さ

前節で鋼床版のデッキプレートの厚さに関するわが国の道路橋示方書の規定は、舗装のひびわれ損傷を考慮して決められていると記したが、この規定の元になった計算を示してみる。

デッキプレートは図-10のように縦・横リブに囲まれた細長い区画の板であるから、最大たわみは輪荷重が縦リブの支間中央に載る場合に生じる。この際、板の区画は十分に細長いので、たわみ w は $l/b = \infty$ と

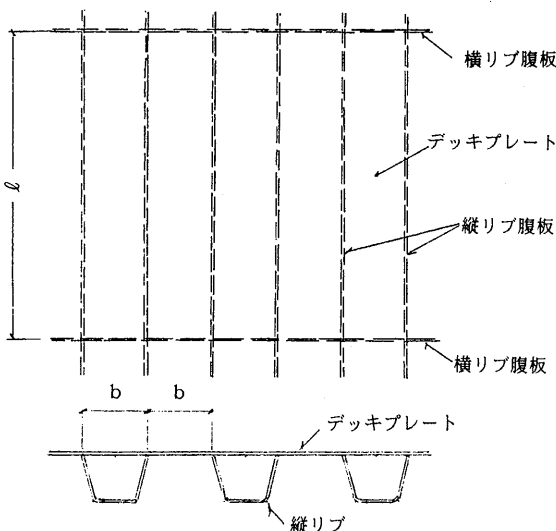


図-10 縦リブ・横リブ腹板間隔

し、また長手方向の載荷幅（輪荷重の接地長20cm）は b （通常30cm程度）に比べて相応の長さをもつので、板は平面ひずみ状態と見なしてほぼ差支えない。さらに、実験による結果から、最大たわみは近似的に単純支持板の $1/6$ として次式で示すことができる¹⁵⁾。

$$w = \frac{1}{6} \cdot \frac{5}{384} \cdot \frac{P b^4}{E I}$$

ただし、

- w ：輪荷重によるデッキプレートの最大たわみ
- P ：輪荷重（デッキプレートの全支間に載荷）
- b ：デッキプレートの支間（縦リブ腹板中心間距離）
- E ：デッキプレートのヤング係数 $2.1 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$
- I ：デッキプレートの断面二次モーメント

すでに前章で触れたように実績調査によると、 $w/b \leq 1/300$ となる車道部の鋼床版舗装は健全さが保たれているということから¹⁵⁾、上式の右辺を $b/300$ とする。

$$\frac{1}{6} \cdot \frac{5}{384} \cdot \frac{P b^4}{E I} \leq \frac{b}{300}$$

とし、デッキプレートの厚さを t とすると、 $I = t^3/12$ であるから

$$t \geq \sqrt[3]{\frac{125}{16} \cdot \frac{P}{E} \cdot b}$$

となる。わが国のT-20の後輪荷重は、衝撃係数0.4を加えると、

$$P = 8000 \text{ kgf} \times 1.4 / 50 \text{ m} \times 20 \text{ m} = 11.2 \text{ kgf/cm}^2$$

であるから、

$$t \geq \sqrt[3]{\frac{125 \times 11.2}{16 \times 2.1 \times 10^6} \cdot b} = 0.035 b$$

となって、これが道路橋示方書Ⅱ鋼橋編（6.2.3.）式である。なお、米国の示方書でも $w/b \leq 1/300$ としているが、ドイツでは w/b を約 $1/420$ と大へん厳しく採っている。

本州四国連絡橋公団『橋面舗装規準（案）¹⁶⁾』では、舗装を施したデッキプレートのたわみを0.4mm以下としているが、 $w/b \leq 1/300$ のデッキプレートに、ステイフネス 10000 kgf/cm^2 厚さ75mmの舗装が施された状態では、この規定を満足するものとなる（合成されない状態でも版の剛性は2倍を超え、合成されれば版の剛性は約7倍になる）。この規準（案）で設計施工されて約10年を経た鋼床版舗装が、供用調査の結果、健全な状態にあると報じられているが、これは、厚さ75mmの健全に施工されたアスファルト舗装をもち道路橋示方書の規定によるデッキプレートでは、支間部ならびに縦リブ腹板上でのひびわれの発生は十分に抑制されることを示している。

上式に示されるように、デッキプレートの必要厚さは輪荷重強度の3乗根に比例するから、荷重が増大したり増大が予想される場合には、デッキプレートの厚さと支間の比を大きくして対応する必要がある。たとえばB活荷重では、 $P = 10000 \text{ kgf} \times 1.4 / 50 \text{ cm} \times 20 \text{ cm} = 1.4 \text{ kgf/cm}^2$ であるから、

$$t \geq 0.037 b$$

となる。

以上のようにデッキプレートの厚さは、舗装のひずみを少なくする目標から決めているが、舗装のひずみを抑制するためにデッキプレートを厚くするか、縦リブ間隔を縮めるかは、効果の大きい方を選ぶことになる。デッキプレートが12mm以上の厚さをもち、良い舗装が施され両者の合成作用が期待できる場合には、デッキプレート厚さの増加は、さほど舗装ひずみの低下に寄与しないことになる(図-11) ⁷⁾。したがって、縦リブ配置という構造的処理で対応する方が効果的であるといえる。

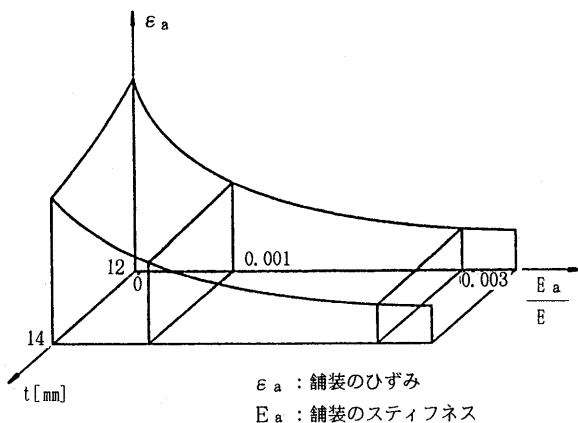


図-11 舗装スティフネスの変化、舗装のひずみ、デッキプレート厚の関係

3.3 主桁の腹板直上の舗装のひびわれ

図-12で模式的に示したように、主桁の腹板直上のデッキプレートは、輪荷重による4辺支持板としての曲げモーメントの他に、主桁腹板に隣る縦リブのたわみ η によって生じる曲げモーメントが加わるので、一般部より大きい曲率を生じて舗装のひびわれを発生することになる。

これが発生しないようにするには、この位置の曲率が一般部のそれより小さくすればよいとして、以下の

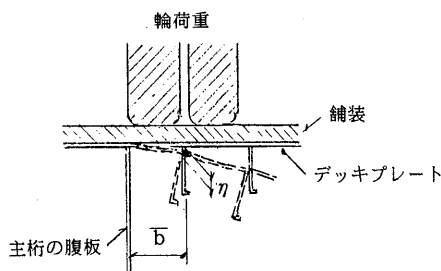


図-12 輪荷重による主桁腹板の近傍の変位

ような計算を試みた。

目標とする曲率は、前出の本州四国連絡橋公団の『橋面舗装基準(案)』で示された0.4mmのたわみが、支間30cmのデッキプレートの中央に生じた時のものとすればよい。この際にデッキプレートの両端は図-13のような埋込みとして取り扱う。これにより目標曲率は単純支持板よりは小さく、また両端埋込み板の最大値より小さくなる。実際との対応については、前記K. Klöppelと同様に改めて詳しく実験的に求める必要があるが、以降に述べる構造モデルの取り扱いとも総合すれば、安全側のものと考えられる。

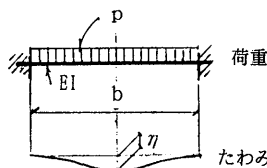


図-13 一般部のデッキプレートのたわみ

主桁の腹板直上の舗装の曲率は、図-12中の $\bar{b}$ を支間とするデッキプレートの曲率と縦リブのたわみ η による曲率の和として算出し、これが上記の目標曲率を超えないという条件から $\bar{b}$ と縦リブ支間 l の組合せを求めて、これに適合する設計をすれば、この位置のひびわれの発生は防止できることになる。計算の細かい経過の記述は省略するが、これはすでに紹介した書物⁴⁾を参照されたい。なお、縦リブのたわみ η の算出に当たっては縦リブと舗装の合成作用は考慮しておらない。これは合成しても断面二次モーメントがデッキプレートにおけるほど大きく変化しないことと、構造モデルを安全側にするという理由のためである。

図-14に計算結果を示したが、図中に既設の鋼床版

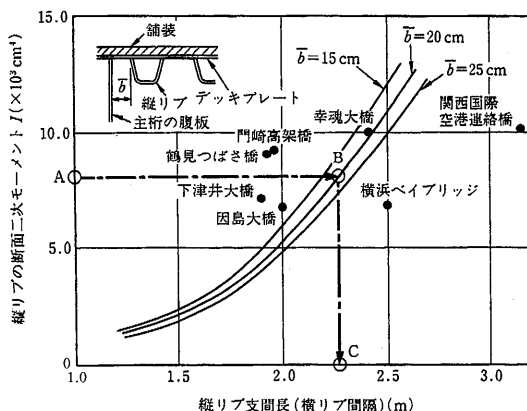


図-14 縦リブ限界支間長(横リブ間隔)

橋の構造条件をプロットしてみた。主桁直上の舗装にひびわれを生じていない橋と、生じている橋が、それぞれこの図で示したひびわれ非発生領域と発生領域に対応していることから、今回の計算によって、ほぼ実用的な設計を進め得るのではないかと考えている。

表－１には、実橋への使用例の多い圧延形鋼のそれぞれに対する計算結果を示した。

4. あとがき

鋼床版舗装の損傷は、重車両による鋼床版のたわみが主な原因になっているが、本稿ではその際の損傷の起り方と、発生防止の方法を述べた。

ここで進めた考え方の前提は、デッキプレートと舗装との確実な接着があって始めて鋼床版舗装は健全さを保ち得るというものであった。これは、良好な鋼床版舗装を得るには、鋼橋の設計における舗装への配慮が必要であるが、同時に舗装の設計・施工における鋼橋設計への理解がなければならないことを示すものである。

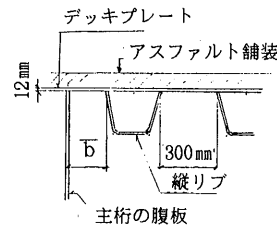
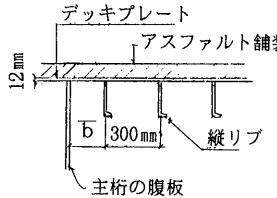
最近、橋梁技術者は建造費の低減を目指した構造合

理化の検討を行っているが、その結果として鋼床版のデッキプレートでの厚さ、縦・横リブ間隔ならびに主桁との結合方法等が大きく変わることも予想される。そのような場合の舗装との関連の考察に対しても、ここで行ったような、たわみを媒介とする捉え方が有効であると考えている。

なお、鋼床版舗装の損傷防止のために鋼構造詳細設計に当たっては、現場継手の形式・寸法、排水装置の選別・配置、デッキプレートの表面仕上げ、高温グーアスファルトによる応力・変形照査等々の検討が行われねばならないが、ここでは重車両によるたわみに関係する事柄に限定した。これらについては、前記の書物を参照していただきたい。

謝辞：本稿は1996年２月に松山市で開催された第72回アスファルトセミナーのテキストに若干の修正を加えたものである。テキストの内容全般にわたっては、(財)道路保全技術センター理事長多田宏行博士の御指導をいただいた。記してここに感謝の意を表する次第である。

表－１ 縦リブの種類と適用支間

	縦リブに用いる U形鋼	$\bar{b}$ (mm)	縦リブ断面 二次モーメントの 概算値 (cm ⁴)	縦リブ支間の 制限値 (m)
	320×240×6－40	150	7.97×10^3	2.20
		200	8.12×10^3	2.25
		250	8.21×10^3	2.35
	320×260×6－40	150	9.41×10^3	2.30
		200	9.57×10^3	2.40
		250	9.71×10^3	2.50
	320×240×8－40	150	9.84×10^3	2.35
		200	10.02×10^3	2.45
		250	10.18×10^3	2.55
	320×260×8－40	150	11.62×10^3	2.45
		200	11.83×10^3	2.55
		250	12.02×10^3	2.65
	縦リブに用いる 球平形鋼	$\bar{b}$ (mm)	縦リブ断面 二次モーメントの 概算値 (cm ⁴)	縦リブ支間の 制限値 (m)
	180 × 9.5	150	1.88×10^3	1.30
		200	1.95×10^3	1.40
		250	2.00×10^3	1.45
	200 × 10	150	2.69×10^3	1.55
		200	2.79×10^3	1.60
		250	2.87×10^3	1.70
	230 × 11	150	4.18×10^3	1.80
		200	4.38×10^3	1.85
		250	4.51×10^3	1.95
	250 × 12	150	5.61×10^3	1.95
		200	5.83×10^3	2.05
		250	6.02×10^3	2.15

- 1) STAHLBAU · BAND 2. Stahlbau-Verlags-GMBH 1964
- 2) M.S.Troitsky:Orthotropic Bridges Theory and Design.
The James F.Lincoln Arc Welding Foundation 1964
- 3) Symposium on Wearing Surfaces for Steel Bridge Decks of Lightweight Construction.
New York-1968 IABSE
- 4) 多田宏行:橋面舗装の設計と施工, 鹿島出版会 1996
- 5) 田中 豊他:橋梁参考図表 下巻 克誠堂出版 1950
- 6) G.Sedlacek:Orthotropic Plate Bridge Decks.
Elsevier Applied Science 1992
- 7) H.Grassl:Entwurf von Leichtfahrbahnen.
Publications of IABSE 1965
- 8) I.Lyse and I.E.Madsen:Structural Behaviour of Battledack Floor System.
Proc. ASCE Jan.1983
- 9) R.Meyer:Die Kurpfalzbrücke über den Neckar in Mannheim. Der Stahlbau H.6.7.8 1952
- 10) A.Dörnen;Stahlüberbau der Weserbrücke Porta.
Der Stahlbau H.5.1955
- 11) K.Trenks;Beitrag zur Berechnung orthogonal anisotroper Rechteckplatten.
Der Bauingenieur H.10 1954
- 12) 鋼床版の疲労 土木学会 1990
- 13) H.Henncke;Gedanken über Gussasphaltbeläge auf Brücken mit orthotropen Platten.
Die Bautechnik H.5 1965
- 14) 道路橋示方書 II 鋼橋編 日本道路協会 1994
- 15) K.Klöppel:Über zulässige Spannungen im Stahlbau.
Stahlbau-Verlag 1958
- 16) 本州四国連絡橋橋面舗装基準 (案)
本州四国連絡橋公団 1983
- 17) G.H.Günther, St.Bild, G.Sedlacek:Zur Frage der Haltbarkeit von Fahrbahnbelägen auf stählernen Strassenbrücken.
Der Stahlbau H.11.1985

日本アスファルト協会試験方法 JAA-001-1978. 石油アスファルト絶対粘度試験方法 *Testing Method for Absolute Viscosity of Asphalt*

- | | |
|-------------|-----------------------|
| 1. 適用範囲 | 5-1-1. 粘度計校正用標準液による方法 |
| 2. 試験方法の概要 | 5-1-2. 標準減圧毛管粘度計による方法 |
| 3. 用語の意味 | 6. 試料の準備 |
| 3-1 絶対粘度 | 7. 操作 |
| 3-2 ニュートン流体 | 8. 計算および報告 |
| 4. 装置 | 9. 精度 |
| 4-1 粘度計 | 9-1 くり返し精度 |
| 4-2 温度計 | 9-2 再現性 |
| 4-3 恒温そう | |
| 4-4 減圧装置 | |
| 4-5 秒時計 | |
| 5. 校正 | |
| 5-1 粘度計の校正 | |

★ ★
実費頒価 400円

申込先 社団法人 日本アスファルト協会
東京都港区虎ノ門1丁目21番8号
〒105 電話 (03) 3502-3956

～石油の備蓄～

わが国の一次エネルギーに占める石油の割合はここ数年56～58%程度で、総合エネルギー調査会による2000年度および2010年度における見通し¹⁾でもそれぞれ52.9、47.7%(新規施策追加ケース)となっており、石油への依存度は減少するものの石油がエネルギーの主役であることに変わりありません。

一方、石油供給に関しては国際的な政治・経済の影響を受けやすく、過去の例を待たずとも突発的な供給途絶の恐れや、アジア地域の急速な経済成長による需給の逼迫化の懸念が常にあります。今回は石油の安定供給のために大変重要な備蓄状況について調べて見ましょう。

〔民間備蓄〕

わが国の石油備蓄は民間備蓄と国家備蓄の2本立であることはご存じのことと思います。民間備蓄は1972(昭和47)年度から石油会社が実施しているもので、当初は60日備蓄増強計画としてスタートしました。これはスタート当時石油会社がランニングストックとして保有していた45日分の備蓄に加えて、毎年5日分ずつ積み増しし、60日分を備蓄するというもので74年度末に達成されました。

75年度からは90日備蓄増強計画がスタートし、80年度末にはこれも達成され、89年度からは国家備蓄の積み増し状況を見つつ民間備蓄義務量を70日分まで削減することとなりました。これを受けて89年以降民間備蓄義務量は毎年4日ずつ減少し、93年度からは70日分となっています。備蓄実績は95年3月末時点で約4,540万kl(約81日分)となっています。

〔国家備蓄〕

前述のように1975(昭和50)年度以降、民間備蓄90日増強計画が推進されましたが、わが国の状況からさらに多くの備蓄が必要と認識されるに至りました。しかしながら石油備蓄には広大な用地取得から始まり備蓄施設の建設、原油の購入、維持管理および環境安全対策など膨大な資金を要し、90日を越える備蓄については国家主導で行う必要があるとの認識の下に、78年度から石油公団による国家備蓄が開始されました。当初は恒久備蓄施設ができるまでの暫定的措置として大型タンカーを利用したスタートでした。

国家備蓄基地の第1号は、青森県六ヶ所村のむつ小川原プロジェクトで、79年に建設が開始され85年9月に全面完成しました。現在、立地決定された10プロジェクトのうち今年8月完成予定の白島基地を除いて全て完成しています。

石油の貯蔵には大型タンカー、地上タンク、地中タンク、地下岩盤タンク、洋上タンクによる方式があります。大型タンカーによる備蓄は前述のように国家備蓄の初期の段階で行われましたが、国家備蓄基地の完成と共に減少し現在は行われていません。地下タンク備蓄は、地下岩盤内に空洞をつくりここへ石油を貯蔵し、地下水圧により石油の漏れを抑える方法で、安全面や環境保全の面で優れた方法といえます。

国家備蓄基地の概要については表-1をご参照下さい。

国家備蓄は90年代半ばまでに5,000万klを目標としており、95年3月末時点で民間タンク借り上げ分を含めて約4,500万kl(約76日分)に達し、95年度にさらに250

表-1 国家石油備蓄基地の概要

基地名	備蓄方式	用地面積 (ha)	施設容量 (万kl)	完成時期	中核石油会社
むつ小河原 (青森県)	地上タンク	262	570	85年9月	東 燃 (株)
苫小牧東部 (北海道)	地上タンク	274	640	90年11月	出光興産(株)
白 島 (福岡県)	洋上タンク	陸域14 海域60	560	96年8月 (予定)	コスモ石油(株)
福 井 (福井県)	地上タンク	152	340	86年7月	(株)ジャパンエナジー
上 五 島 (長崎県)	洋上タンク	陸域26 海域40	440	88年9月	三菱石油(株)
秋 田 (秋田県)	地中タンク	109	450	95年6月	(株)ジャパンエナジー
志 布 志 (鹿児島県)	地上タンク	196	500	93年12月	日本石油(株)
久 慈 (岩手県)	地下岩盤	地下26 地上6	175	93年9月	出光興産(株)
菊 間 (愛媛県)	地下岩盤	地下15 地上10	150	94年3月	太陽石油(株)
串 木 野 (鹿児島県)	地下岩盤	地下26 地上5	175	94年5月	東 燃 (株)

万k/積み増しされ、目標にもう一步のところまできています。

なお、LPガスについては2010年に150万トン为目标とする国家備蓄計画が進められており、すでに達成されている50日分の民間備蓄と併せて約90日分の備蓄体制が整う予定となっています。

〔欧米の備蓄状況〕

欧米各国においては日本に比べると輸入石油への依存度が低いのですが(図-1参照)、1956年のスエズ動乱や67年の第3次中東戦争の際の石油禁輸、その後の73年、79年の2度の石油危機など数々の経験から備蓄の必要性は早くから強く認識されています。

OECD(経済協力開発機構)では1962年に「西欧加盟国は60日分、できれば90日分の備蓄を持つべき」とし、71年には「90日分の備蓄水準をできる限り速やかに達成すべきである」と勧告しています。さらに、第1次オイルショック後の74年、主要石油消費国の間で「国際エネルギー計画に関する協定」が結ばれ、その推進

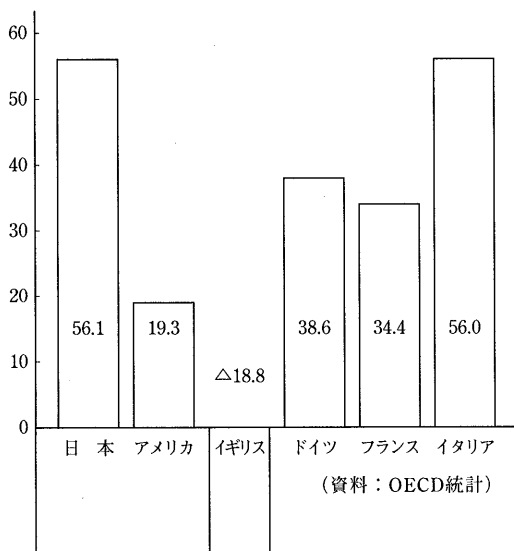


図-1 一次エネルギー供給に占める輸入石油依存度²⁾
(1994年 単位: %)

機関として設立されたIEA(国際エネルギー機関)において、加盟国に対して80年までに90日備蓄を達成することが義務づけられました。

アメリカにおいては、1975年12月に「エネルギー政策・節約法」が成立し、戦略備蓄計画が策定され、原油を対象に国家備蓄のみで10億バーレルを目標に備蓄の積み増しが進められています。³⁾

各国の備蓄量は図-2に示すような状況にあります。

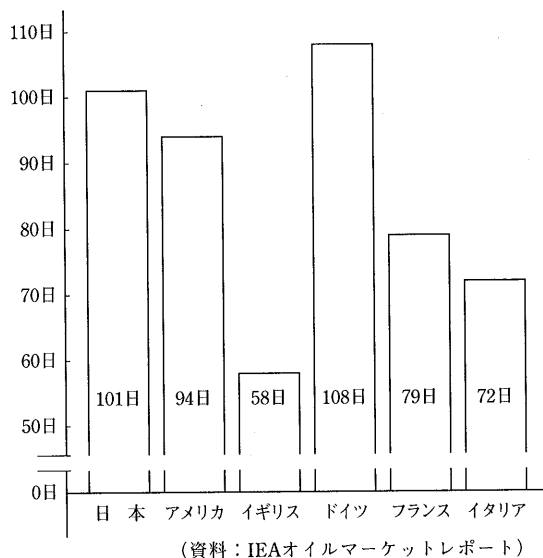


図-2 主要国の備蓄状況²⁾ (1994年12月末)

(著者注: IEA方式による備蓄日数の計算では、デッドストックの控除等の理由で日本という備蓄日数より少なくなるもよう)

引用・参考資料

- 1) 総合エネルギー調査会「長期エネルギー需給見通し」中間報告(1994)
- 2) 石油公団パンフレット「石油と備蓄」(1995)
- 3) 資源エネルギー年鑑 95/96年版, 通産資料調査会(1995)

(室賀五郎 三菱石油㈱開発研究所)

「第2回舗装のリフレクションクラック に関する国際会議（その1）」

今回は、会議開催からやや経過してしまいましたが
1993年3月ベルギーのリュージュで開催された第2回
舗装のリフレクションクラックに関する国際会議（通
称第2回リレム国際会議 RILEM2）の報告です。

1989年のRILEM1では、舗装のクラック防止のため
のジオテキスタイルの利用の現状把握と設計条件を決
定するための現場および室内試験方法について検討が
行われました。RILEM2では、全47編（報告書は5章

に別れ全470ページ）の報告が行われました。主な目的
は、RILEM1の報告のその後の状況を把握することと
実際の現場へ適用する場合の設計条件を決定すること
でした。本文では、その1としまして、5章のうち3
章までの会議の基調論文の概要とリフレクションクラ
ックに関する設計モデルおよび評価方法について報告
します。

（研究グループ代表幹事：峰岸順一）

アスファルト舗装技術研究グループ名簿

* は班 長 **は副班長

峰岸順一	東京都土木技術研究所技術部	鈴木康豊	(株)パスコ道路技術センター
阿部長門	東亜道路工業(株)技術研究所	関口英輔	日本大学理工学部阿部研究室助手
飯田健一	鹿島道路(株)技術研究所	高田祥子	日本道路(株)技術本部技術研究所
伊藤達也	ニチレキ(株)道路エンジニアリング部	田口克也	ニチレキ(株)技術研究所
岩崎聖司	日本道路(株)技術本部技術研究所	田中秀明	東亜道路工業(株)技術研究所
遠藤 桂	日本道路(株)技術本部技術研究所	田中正義	ニチレキ(株)技術研究所
岡藤博国	世紀東急工業(株)技術部	* 谷口豊明	大林道路(株)技術研究所
小笠幸雄	大林道路(株)技術管理部	立石大作	日本石油(株)中央技術研究所
小林正利	福田道路(株)技術部技術開発課	塚越 徹	日本石油(株)中央技術研究所
金井利浩	鹿島道路(株)技術研究所	遠西智次	昭和シェル石油(株)中央研究所
北澤弘明	ニチレキ(株)総務部	浜田幸二	日本道路(株)技術本部技術研究所
黒田 智	日本舗道(株)技術研究所	深沢邦彦	大成ロテック(株)技術研究所
小関裕二	大林道路(株)技術研究所	**増山幸衛	世紀東急工業(株)技術部技術一課
佐々木巖	建設省土木研究所材料施工部化学研究室	水口浩明	前田道路(株)技術研究所
佐藤雅規	世紀東急工業(株)技術研究所	水野卓哉	福田道路(株)技術研究所
島崎 勝	大成ロテック(株)技術研究所	* 南沢輝雄	(株)パスコ道路技術センター
清水浩昭	世紀東急工業(株)技術研究所	村田信之	日本舗道(株)企画部
**菅野伸一	常盤工業(株)技術研究所	森久保道生	昭和シェル石油(株)東京支店アスファルト課
杉内正弘	(株)協和コンサルタンツ	山脇宏成	(株)ガイアートクマガイ技術研究所
**鈴木秀輔	大成ロテック(株)技術研究所	吉村啓之	前田道路(株)技術研究所

計40名

第2回舗装のリフレクションクラックに関する国際会議

パート1：概要と基調論文

(Introduction and Keynote Papers)

小 関 裕 二*

鈴 木 秀 輔**

池 田 和 則***

論文 No.	論 文 名	著 者 (国 名)	概 要
1	General introduction, main conclusions of the 1989 Conference on Reflective Cracking in Pavements, and future prospects	J.M.Rigo (ベルギー)	1989年の舗装のリフレクションクラックに関する国際会議の内容として、クラックが与える問題点、補修工法、研究課題、クラックのタイプとメカニズム、設計モデル、シミュレーション、事例紹介の概要が整理して述べられている。最後に今回の国際会議の目的をあげている。
	1989年に開催された舗装のリフレクションクラックに関する国際会議の総括的な紹介、主な結論および将来への期待		
2	Evaluation of pavement structure with emphasis on reflective cracking	A.A.A.Molenaar (オランダ)	舗装のクラックの分類および評価方法、数学的なモデル化とオーバーレイ材料の特性について述べている。結論として、クラックの発生は、セメント系舗装上だけの問題ではないこと、そしてクラックの挙動の評価と正確なモデル化に多くの労力を費やすべきであると述べている。
	リフレクションクラックに注目した舗装構造の評価		
3	Retarding measures for crack propagation: state of the art	M.G.Colombier (フランス)	クラック進行の抑制方法として、現在知られている技術を大別し、その特徴を述べ、それぞれの工法や製品に対して試験を行い、その機能や効果を評価し、最適な利用方法を示している。
	クラック進行の抑制対策		
4	Laboratory simulation and modelling of overlay systems	L.Francken (ベルギー)	オーバーレイの解析や設計に提案されているモデルの評価と室内シミュレーションや試験方法について検討している。オーバーレイに用いる材料特性や舗装構成を含む設計手順においてはさらなる調査が必要であることを述べている。
	オーバーレイシステムに関する室内シミュレーションとモデル		
5	Geotextile use in asphalt overlay - design and installation techniques for successful applications	F.P.Jaeklin (スイス)	スイスのジオテキスタイルマニュアルのオーバーレイに関連した内容である。オーバーレイでのジオテキスタイルの実用的な適用技術と適用時の失敗原因をまとめている。ジオテキスタイル使用時の路盤や既設アスファルト混合物の状態に焦点をあてて調査を行っている。
	アスファルトオーバーレイでのジオテキスタイルの使用—成功するための設計と適用技術		

*こせき ひろじ 大林道路㈱技術研究所

***いけだ かずのり 世紀東急工業㈱九州支店

**すずき しゅうすけ 大成ロテック㈱技術研究所

1. はじめに

本文は1993年に開催された「第2回舗装のリフレクションクラックに関する国際会議」のパート1をとりまとめたものである。

本会議は以下に示すことを目的として1986年に発足したRILEM技術委員会により開催されたものである。

①クラック抑制のためのジオテキスタイル利用の現状把握

②クラックに関連する設計要因を決定するための現場及び室内試験方法の検討

1989年には「第1回舗装のリフレクションクラックに関するRILEM国際会議」が開催され、概要、室内及び現場試験、リフレクションクラックの設計モデル、事例紹介等の論文が51編発表された。

そして今回の第2回目は次に示すことを目的として開催され、47編の論文が発表された。

①前回発表論文に関する研究結果の確認

②現場に適用する設計条件の注意事項

論文集は5つのパートから成り、パート1には概要と基調論文が5編掲載されている。パート1の最初の1編は第1回国際会議の紹介、他の4編にはリフレクションクラックに関する評価方法、モデル化、抑制対策などの概要が述べられている。

論文集の原題は、「Reflective Cracking in Pavements」である。論文中の表記でも「リフレクションクラック (Reflection Crack)」ではなく、「リフレクティブクラッキング (Reflective Cracking)」と表記されていることが多い。しかし、日本では「リフレクションクラック」が一般に用いられていることから本文ではその表記を全てリフレクションクラックとしている。

以下に、パート1の論文の概要を項目別に紹介する。

2. リフレクションクラック発生メカニズム

パート1では、リフレクションクラック発生メカニズムと発生後に表層で観察されるクラックの種類について次のように述べている。

2.1 メカニズム

本会議では以下に示す3種類のメカニズムで発生するクラックを、一般的に用いられているアスファルト混合物層底面の引張りひずみによる疲労クラックと区別して、リフレクションクラックとしている(論文No.1, No.2)。

(1) セメント系路盤の膨張収縮(図-1)

セメント系路盤のクラックが温度膨張収縮または乾

燥収縮によって水平方向に動く。これによって表層の底面に発生したクラックが表面へ進行するメカニズムのクラックである。

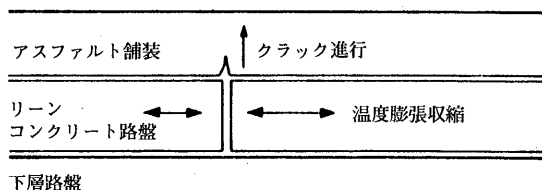


図-1 セメント系路盤の膨張収縮

(2) 交通荷重(図-2)

交通荷重によって、路盤のクラックまたはスラブの目地が垂直方向に動く。これによって表層の底面に発生したクラックが表面へ進行するメカニズムのクラックである。

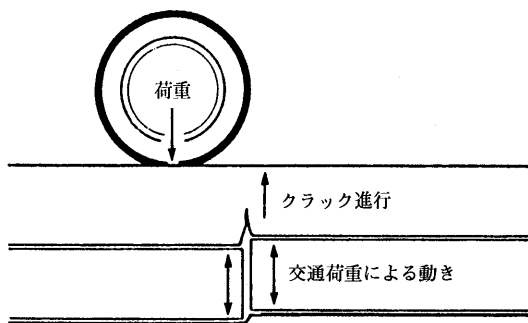


図-2 交通荷重

(3) 表層から発生するクラック(図-3)

表層の温度収縮またはセメント系路盤の厚さ方向の温度差によるそりによって表層の表面に発生したクラックが底面へ進行するメカニズムのクラックである。

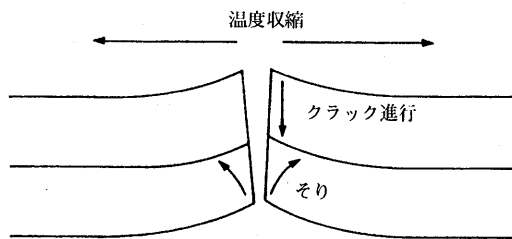


図-3 表層から発生するクラック

2.2 クラックの種類

Molenaarは、多くの原因によって発生するクラックの形態を以下の4種類に分類し、その形態を図-4、図-5のように示している(論文No.2)。

①横方向クラック

- ②ブロッククラック
- ③縦方向クラック
- ④亀甲状クラック

横方向に発生したリフレクションクラックは、舗装構造全体の曲げ強度を低下させるため、最も交通荷重の影響を受ける車輪通過部に発生する縦方向クラックとなり、図-4に示すブロッククラックに発展する。一方、リフレクションクラックとは異なるが、図-5に示す亀甲状クラックは、アスファルト混合物層底面の引張りひずみによる疲労クラックに関連している。

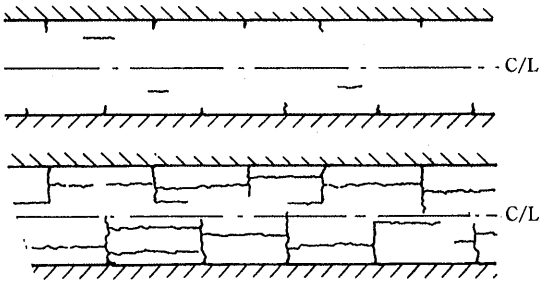


図-4 ブロッククラック

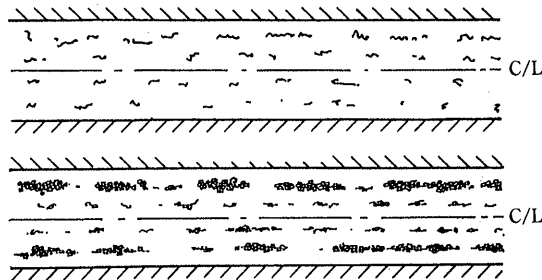


図-5 亀甲状クラック

3. リフレクションクラックに対する設計モデル

パート1ではリフレクションクラックのメカニズムを理論的に解析する場合や室内試験によって工法や材料の抑制効果を評価する場合の概要を次のように述べている。

3.1 リフレクションクラックのモデル化

リフレクションクラックを理論的にシミュレーションする場合のモデルを分類すると、図-6に示すモードI（曲げ）、モードII（せん断）の2つに分類される。図-6のモードIII（引き裂け）はリフレクションクラックに直接関係するものではないが、クラック発生モデルの1つである（論文No.2, No.4）。

モードIは水平方向にクラックが開き、成長していくモデルであり、図-1で示したセメント系路盤の温度収縮や乾燥収縮によるリフレクションクラックの評

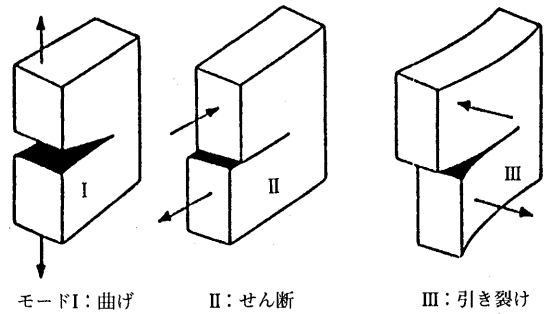


図-6 クラック進行のモデル

価に使用される。モードIIは垂直方向に力が作用するモデルであり、図-2で示した交通荷重で起こる路盤のずれによるせん断作用によって発生するリフレクションクラックの評価に使用される。ただし、実際の交通荷重はモードIIだけでなくモードIも同時に作用するため複雑なメカニズムとなる。モードIIIは縦方向クラックを発生させるモデルであり、タイヤ縁部付近に発生させる複雑な応力の評価に使用される。

3.2 材料の特性

リフレクションクラック抑制のための設計モデルを解析するには、オーバーレイ層や中間層（ジオテキスタイル等）の材料特性を考慮する必要がある。

Franckenは各種モデルのパラメーターや室内試験による舗装材料の評価に用いる項目を表-1のように示し、その材料特性について解説している（論文No.4）。

(1) オーバーレイ層

スチフネスモデュラスとは、弾性体であれば弾性係数と同義である変形係数のことである。アスファルト

表-1 設計モデルや評価に用いる材料特性

層および材料	考慮すべき材料特性および評価方法
オーバーレイ層	スチフネスモデュラス ポアソン比 熱膨張率 疲労法則 クラック進行法則
バインダー、タックコート	針入度、軟化点など 粘度 せん断モデュラス 感温性
中間層	弾性係数 スチフネスモデュラス 引張り抵抗性 厚さ

混合物のスチフネスモデュラスは、温度と载荷時間によって異なるため、正しく評価するためには、実験による評価手法が必要である。疲労法則は、応力、ひずみレベルの繰返し载荷によりクラックが発生するまでに必要な回数を算出する式を示し、実験的に決定される。クラック進行法則はParis則などによって評価される。Paris則の詳細はパート2の記述を参照されたい。

(2) バインダー、タックコート

層間の付着は、設計モデルの構造的な評価に影響するため、バインダーの性質、特に粘度、せん断抵抗性、感温性が重要な要素となる。

(3) 中間層

中間層としてのジオテキスタイルやアスファルトモルタルなどは、その使用目的によって性質の異なるものを用いるため、物性値を把握しておく必要がある。中間層の使用目的がオーバーレイ層に応力集中を緩和させることであれば軟らかい材料を、また補強材料とするならば硬いものを用いる。

3.3 クラック進行のシミュレーション

室内試験によって、リフレクションクラックの発生メカニズムを調査する方法は数多く報告されている。Franckenは、それらを各種外力によって分類し、発生するリフレクションクラックを検証する方法について解説している（論文No.4）。

(1) 交通荷重

車両の瞬間的な荷重によるクラックの進行を調べるためには、接地圧と载荷回数を実際の交通状況に一致させる必要がある。クラックが発生している路盤上にオーバーレイしたビーム供試体を弾性体（ゴム）上に置き、繰返し载荷を行うことで、モードI、モードIIの条件をシミュレーションすることができる。また、ホイールトラッキング試験機を使用して载荷することにより、実際の交通に近い状態の载荷が可能である。

(2) 温度収縮

路盤のクラック幅を変えることは種々の方法でシミュレーションできる。ある方法では路盤のクラック幅を一定の速度で広げ、载荷サイクルや観測データによって温度収縮を評価している。これらの試験は不安定なクラックが生じやすい低温域（-5℃以下）で実施される。

このほか、急速な温度変化によって、オーバーレイ層の低温クラックをシミュレーションする方法も紹介されている。

(3) 交通荷重と温度収縮

リフレクションクラックでは、交通荷重と温度収縮が同時に作用する場合の影響を取り扱う必要がある。この複雑な機構を解析するための試験方法も既に開発されている。

室内試験によるリフレクションクラックのシミュレーションは、材料や工法を実験的に比較するためやリフレクションクラックの解析モデルを検証することを目的として行われる。いくつかの試験方法の具体例は本論文集のパート3に報告されている。

3.4 解析モデル

リフレクションクラックのメカニズムを数値解析する研究も行われている。Franckenは数多くある解析モデルの中でも実用的な以下の6モデルを紹介している（論文No.4）。

A：多層線形弾性モデル

（バーミスタの理論に基づいている）

B：クラック進行を考慮した多層線形弾性モデル

（van Gurp, Molenaarらによって開発）

C：力学的なつり合いの式に基づくモデル

（アーカンソー州道路運輸局で開発）

D：力学の経験的手法モデル

（Jayawickrama, Lyttonらによって開発）

E：有限要素モデル

（Majidsadehにより道路構造に導入）

F：クラックのある構造の挙動に関するモデル

（Hass, Josephらによって開発）

表-2に6つのモデルの評価内容を示す。図中の○は評価できる項目を示し、あるケースのみ評価できる項目は△で示している。

各モデルで評価できる荷重状態や舗装構造は異なるため、各モデルはその条件に合う場合に適用することが必要である。ただし、この6モデルにもそれぞれ問題が指摘されており、リフレクションクラックを適切に解析できるモデルの開発にはさらなる調査研究が必要としている。

本論文集のパート2には実際にリフレクションクラックを解析した例が報告されている。

4. リフレクションクラックの評価方法

リフレクションクラックの評価方法としてパート2とパート3に数値解析や室内試験による評価方法が報告されているが、ここでは実際の道路における評価方法を述べる。表層に観察されるクラックはリフレクションクラックに限らず評価の対象となるため、リフレ

表－2 リフレクションクラックの解析モデル

モ デ ル		A	B	C	D	E	F
機能	応力／ひずみ解析	○	○			○	○
	サービス寿命予測	○	○	○	○	○	
	オーバーレイ設計	○	○	○	○	△	
	パフォーマンスの比較	○	○	○		△	△
計算ツール	リフレクションクラック解析	○	○	○	○		
	有限要素法 差分法				○	○ △	△ △
次元	2次元			○	○	○	○
	3次元	○	○				
荷重状態	交通	○	○	○	○	○	
	路盤の温度収縮			○	○	○	○
	上層の温度収縮			○	○	○	
	そり				○	△	○
破損法則	疲労	○	○	○		△	
	クラック進行		○		○	○	
	温度クラック			○			
構造	多層	○	○			○	
	基礎上のビーム			○	○		
	中間層を含む	△	△	○		△	○

クシオンクラックを含む舗装上のクラックの評価方法と評価手順の例を以下に述べる。

4.1 評価項目

Molenaarはクラックの発生した舗装を評価するために、基本となる項目として以下の3つをあげている(論文No.2)。

- ①目視調査とコア採取
- ②たわみ測定
- ③荷重を受けたクラックの動きの測定

目視調査は、舗装表面のクラックの範囲と損傷の程度を把握するために有効な方法であり、コア採取によるクラック深さの測定もリフレクションクラックの今後の挙動の解析を行うために重要である。一方、たわみ測定は、既設舗装の状態を評価するために必要であり、一般的にはFWDと多層線形弾性解析によるコンピュータプログラムを用いる。クラックが発生している場合でも、このプログラムを用いてスチフネスモデュラスの逆解析が可能である。また、クラック付近の動きを測定することによって、リフレクションクラック

の挙動を推測することができる。

4.2 評価手順

Jaecklinは補修を行うために以下の手順で事前調査を行い、修繕方法を検討する手法を報告している(論文No.5)。

- ①損傷のタイプを観察する。
- ②損傷の進行を観察する。
- ③試験用サンプルを採取する(針入度、軟化点)。
- ④たわみ測定を行う。
- ⑤部分的に地盤と地下水の状態を調査する。
- ⑥各種原因の組み合わせを見いだす。

これらの手順を経て修繕工法を選定する手法がスイスで適用されている。これは、前項のオランダの論文(No.2)の評価項目に、試験用サンプルのアスファルトの試験や地下水の状態調査が加わっているものである。

5. リフレクションクラックの抑制対策と修繕工法

舗装のクラック(リフレクションクラックを含む)を抑制する対策とその修繕工法について以下に述べる。リフレクションクラックの抑制対策は、フランスで現在知られている技術を紹介し、修繕工法はクラック発生後の評価及び対策の手順についてスイスの例を述べる。なお、リフレクションクラックの抑制対策例は本論文集のパート4とパート5に報告されている。

5.1 抑制対策

Colombierはリフレクションクラックの抑制対策を次の3つに分類している(論文No.3)。

(1) クラックの発生源における処置

クラックの発生源における処置として以下に示す方法がある。

- ①路盤のクラックまたはスラブの目地の補修によりリフレクションクラックの発生原因そのものを取り除く。
- ②人為的にクラックを発生させ、不可避なクラックを防ぐ。
- ③クラックが発生している既設舗装を掘削し、舗装構造の強化などの事前処置を行う。

(2) オーバーレイ層による対策

路盤クラックの動きに抵抗できるオーバーレイ層を構築する。そのためには以下の要素を考慮する必要がある。

- ①アスファルト混合物の厚さ
- ②材料特性：骨材、バインダー量及びバインダー種
- ③混合物特性：弾性変形に対する追従能力、クラッ

クに対する復元能力，劣化抵抗

特にアスファルト混合物の配合にはポリマー改質アスファルト，ゴム粉末やファイバーを添加することも考慮する。

(3) 中間層（クラック抑制層）による対策

路盤のクラックの動きを吸収する複合材料をオーバーレイ層の下に設ける。この材料は大きく以下の2種類に分類される。

①ジオファブリック，ジオグリッド等のジオテキスタイルでアスファルトを含浸させた繊維の織布または不織布

②SAMIとしてのアスファルト材料またはアスファルトモルタル

5.2 修繕工法の選定

スイスではクラックが発生している舗装の修繕工法を選定するためのフローが規定されている。図-7にそのフローを示す（論文No.5）。

このフローは，4.2で述べた評価手順に準じて舗装を評価し，修繕工法を選定するものである。しかし，

図-7でリフレクションクラックに関係するのは，セメント安定処理路盤の損傷の評価以降で，それ以前は他の原因（疲労，温度）によるクラックも含まれている。修繕工法として，各所にSAMIの使用があげられているが，このフローの特徴である。また，損傷の程度で修繕工法が異なるので，損傷の評価は適切に行う必要がある。このフローはスイスで適用されている一例にすぎないので，修繕工法を検討するフローは各国で異なると考えられる。

6. おわりに

パート1ではリフレクションクラックの概論及び現在までの研究動向が主に述べられている。また，リフレクションクラックに限らず舗装のクラック進行のメカニズムや解析等が紹介されており，ヨーロッパ（ベルギー，オランダ，フランス，スイス）におけるアスファルト混合物のクラック評価の状況を知る上で参考となる内容である。

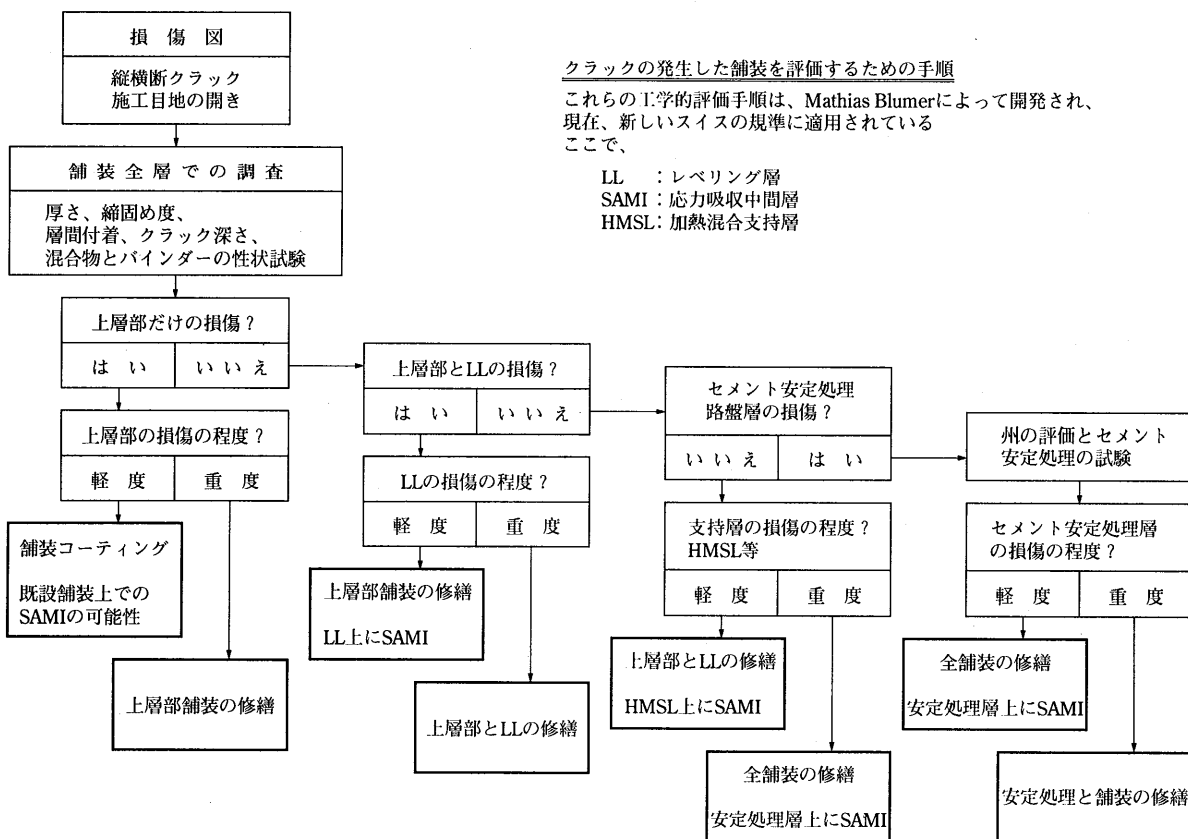


図-7 クラックの発生した舗装の修繕工法選定のフロー

パート 2 : 舗装のリフレクションクラック に関する設計モデル

(Design Models for Reflective Cracking in Pavements)

黒 田 智*
杉 内 正 弘**

論文 No.	論 文 名	著 者 (国 名)	概 要
6	CAPA : a modern tool for the analysis and design of pavements	A.Scarps J.Blaauwendraad A.H.de Bondt A.A.A.Molenaar (オランダ)	パーソナルコンピュータを使った有限要素法システム (CAPA) を用いた, 舗装クラックのシミュレーションおよびオーバーレイ設計法の紹介を行っている。
	CAPA : 舗装の解析ならびに設計の最新手法		
7	Semirigid pavement design with respect to reflective cracking	I.Gschwendt I.Poliacek V.Rikovskiy (チェコスロバキア)	セメント層を境界面とするアスファルト舗装の新たな設計法として, 交通荷重により境界面に生じる放射状の応力を曲げによる応力と比較する方法を用い, リフレクションクラックを防ぐために必要な表層厚の設計および実路試験による検証を行った結果について述べられている。
	リフレクションクラックに関する半剛性舗装の設計		
8	Numerical modelling of crack initiation under thermal stresses and traffic respect loads	A.Vanelstraere L.Francken (ベルギー)	交通荷重と温度応力によって発生するクラックについて, クラック初期における様々な中間層 (SAMI, 不織布, ジオグリッド等) の応力とひずみを解析し, シミュレーションを行った結果について述べられている。
	温度応力と交通荷重によるクラック発生の数値化モデル		
9	Evaluation of crack propagation in an overlay subjected to traffic and thermal effects	J.M.Rigo S.Hendrick L.Courard C.Costa S.Cescotto P.J.Kuck (ベルギー, ドイツ)	リフレクションクラック防止材としてジオテキスタイルを含むオーバーレイ層のクラック発達の様子を, 有限要素プログラム (SAPRI 5) を用いて解析した結果について述べられている。
	交通および温度の影響を受けるオーバーレイ層のクラック伝達の評価		
10	Design of asphalt overlay/fabric system against reflective cracking	B.Graf (スイス) G.Werner (オーストリア)	リフレクションクラック防止のために, オーバーレイ層の下にファブリックと呼ばれる不織布を設置したオーバーレイ/ファブリックシステムの設計を紹介し, このシステムを適用した設計を行った場合, オーバーレイ厚を減少させることが可能であると述べられている。
	リフレクションクラックに対するアスファルトオーバーレイ/ファブリックシステムの設計		
11	Design limits of common reflective crack repair techniques	T.R.Jacob (アメリカ)	各リフレクションクラックの修繕方法 (SAMI, アンダーシール, グリッド等) について室内試験および有限要素法による解析を行い, オーバーレイ層の引張強度, 温度応力の伝達, たわみ量等の観点から評価を行っている。
	一般のリフレクションクラックの修繕方法の設計限界		

*くろだ さとし 日本舗道技術研究所

**すぎうち まさひろ (株)協和コンサルタンツ東京支社

1. はじめに

パート2では、リフレクションクラックを抑制するための構造設計モデルに関する報告がなされている。内容は、論文6編の内、4編が中間層やクラックに有限要素モデルを適用した解析であり、2編がリフレクションクラック防止のためのアスファルト舗装の設計法について述べたものである。ここではまず、リフレクションクラックを力学的に表現するため、破壊力学に基づいたクラックの進行の評価方法であるParis則を紹介し、さらにリフレクションクラックをシミュレーションする方法として、有限要素法を用いたモデルおよびその他のモデルを紹介する。

2. リフレクションクラックの進行の評価方法

リフレクションクラックのシミュレーションにおいて、本論文集ではクラックを力学的に評価する方法として、Paris則が数多く紹介されている(論文No.2, No.4, No.6, No.10など)。

Paris則は、破壊力学を基にしたクラックの進行速度の予測式であり、各論文では一般に式(1)のように表現されている。

$$\frac{dc}{dN} = A (\Delta K)^n \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここで、 ΔK = 応力強度パラメータの増分

A , n = 材料の破壊パラメータ

c = クラックの長さ

N = 荷重繰返し回数

また、Paris則は積分することによって式(2)が得られ、クラックの長さが0から h になる(オーバーレイ厚が h の場合、クラックが現れる)ときの荷重繰返し回数 N_f が予測できることが示されている。

$$N_f = \int_0^h \frac{dc}{A (\Delta K(c))^n} \quad \dots\dots\dots (2)$$

応力強度パラメータ K は、クラックの開き方(パート1の図-6で示したモードIまたはモードII)やクラックの長さ c 、供試体の形状に依存し(論文No.4)、材料パラメータ A , n は引張力や割れエネルギー、弾性スティフネスの材料特性に強く依存するとされている(論文No.2)。

しかし、Paris則式はリフレクションクラックを説明するのに優れているが、材料パラメータ A や n を実験的に求めることは難しく、時間と予算の制限により精

密な材料試験ができず、入力するデータが不十分ということもあって不備な点もあると指摘されている(論文No.4)。

これらの問題に対して、重要なパラメータを複雑な試験を行わないで簡単かつ効果的に調べる研究結果が紹介されている(論文No.2)。ここには、まず材料パラメータ A , n を容易に求める式が以下のように示されている。

$$A = \frac{\pi}{6 \sigma^2 I^2} \left\{ \frac{(1-\mu^2) D_1}{2 \Gamma} \right\}^{1/m} \times \int_0^{\Delta t} W(t)^{2(1+m)} dt \quad \dots\dots (3)$$

$$n = 2(1 + 1/m) \quad \dots\dots\dots (4)$$

ここで、 σ = 引張り試験によって得られた引張力

I = 1~2の間の定数。1.5が最適値

D_1 = 1秒の载荷における $1/\Gamma$

E = 設定温度における弾性係数

Γ = 割れエネルギー

m = D_1 と载荷時間の関係の傾き

$W(t)$ = 引張り試験において、時間 t に対する応力の値

μ = ポアソン比

また、多くの試験結果をもとに、パラメータ n がアスファルト混合物の空隙率に依存していることも示されている。

$$n_{cor} = n / CF \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$CF = -0.93 + 0.65 V_a \quad \dots\dots\dots (6)$$

V_a = 空隙率(%)

さらにParis則をより簡単に利用できるようにするために、多くの混合物から得られた試験結果を用いて、パラメータ A を評価するための簡便な推定式、式(7)の開発も同時に行っている。

$$\log A = -0.977 - 1.628 n_{cor} \quad \dots\dots\dots (7)$$

これらの研究成果から、Paris則のパラメータを比較的簡単に調べることができるとしている。

3. リフレクションクラックに対する設計モデル

3.1 有限要素法を用いた設計モデル

有限要素法を用いたリフレクションクラックのシミュレーションとして、有限要素システムCAPA、有限要素プログラムELAC、有限要素パッケージSYSTUS、有限要素プログラムSAPRI5および有限要素プログラムMARCの解析ツールによる解析が紹介されている。

まず、パーソナルコンピュータを使用した利便性の

高い解析ツールとして、有限要素システムCAPAが紹介されている(論文No.6)。CAPAは、オランダのデルフト工科大学の研究成果をもとに開発された有限要素システムで、リフレクションクラックの発生、進行を予測し解析するときに必要となるクラック発生箇所の荷重移動のモデル化を可能とし、さらには中間層の補強効果も把握できる特殊な境界面要素を考慮したものである。

このCAPAにおけるシミュレーションモデルを図-1に示す。特徴として、①構成モデルは弾性理論に基づく等方性または直交異方性である、②中間層は補強材として荷重を担う、③上下の層は有限要素の節点によって結合される、等があげられる。また、今まで難しいとされてきたクラック発生箇所の荷重移動や中間層が補強材として機能するような場合についても考慮したクラックのモデル化を可能としている(図-2)。

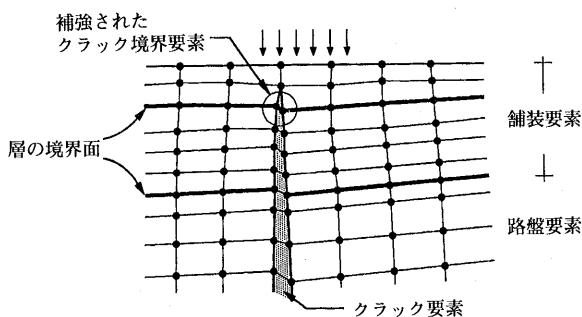


図-1 有限要素モデル

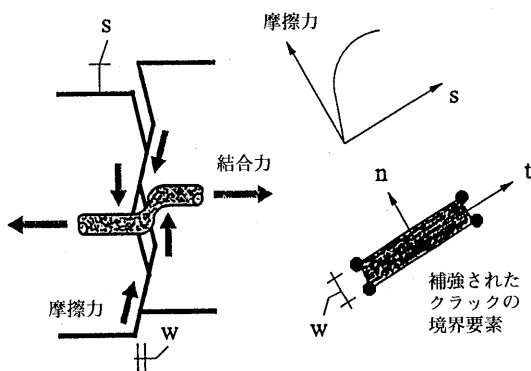


図-2 クラックの境界面要素

CAPAによるクラック発達のシミュレーションを図-3に示す。初期のクラック長さから自動的にクラック発達の過程を段階ごとに描き出し、同時にParis則で用いられる力学的なパラメータの算出も行うものである。

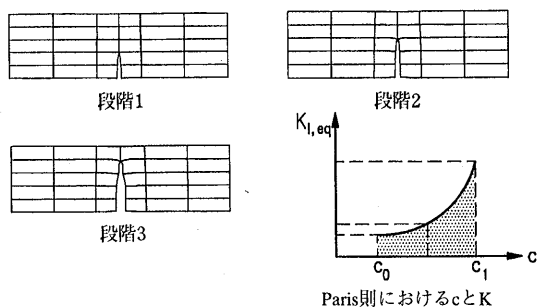
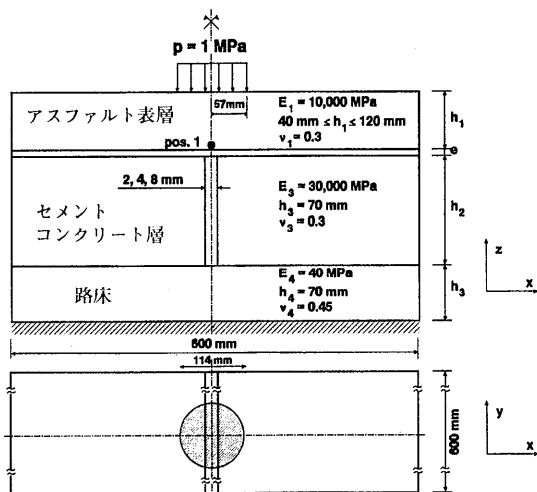


図-3 CAPAによるシミュレーション

次に、リフレクションクラックが発生する箇所での中間層のシミュレーションとして、交通荷重と温度応力によって発生する応力とひずみについて解析した結果が紹介されている(論文No.8)。本解析は、有限要素プログラムELACを用いた2次元解析および有限要素パッケージSYSTUSを用いた3次元解析によって行っている。シミュレーションのためのモデルは図-4に示す構造で、解析はクラックの延長線上にあるアスファルト混合物層のX方向応力とX方向ひずみ、荷重中心下の応力とひずみをプログラムにより算出し、中間層の効果とクラック発生の予測を行うものである。弾性係数の異なる様々な中間層について、中間層からの距離と算出されたX方向ひずみの関係は、図-5のように示されており、弾性係数がアスファルトオーバーレイ層と同等かそれ以上に大きい中間層の場合、誘導したひずみに耐えることから、クラック発生を防ぐことができるとしている。

また、ベルギーにおいて、有限要素プログラムSAPRI



e=弾性係数がE2の中間層

図-4 解析に用いたモデル

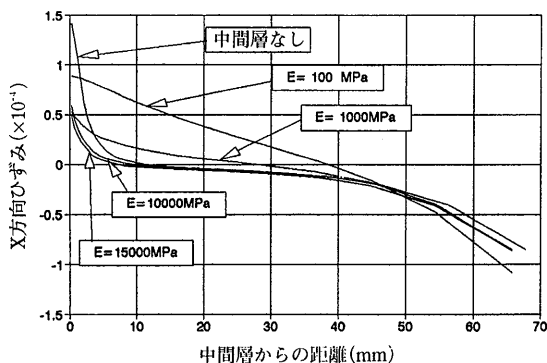


図-5 計算されたひずみ（2次元解析結果）

5を用いた解析として、アスファルトをしみ込ませたジオテキスタイルを中間層としたオーバーレイ層のクラックの発達を解析した結果が紹介されている（論文No.9）。ここで報告されているSAPRI 5による解析は、交通荷重と温度応力の両方のダメージを与えることができるものである。リフレクションクラックのモデルはモードⅠに従うもの、ジオテキスタイルは中間層として働いて補強材として機能しないものと仮定して解析されている。

論文で解析されている対象断面は図-6に示すもので、解析の結果は、図-7に示すようにオーバーレイ層のクラック伝達を予測できるものである。

また、SAPRI 5を用いて、荷重の種類や中間層の温度せん断係数を変化させたときの繰返し回数（日数）とクラックの進行長さの関係が求められており、オーバーレイ層のサービス寿命についての予測も行っている。

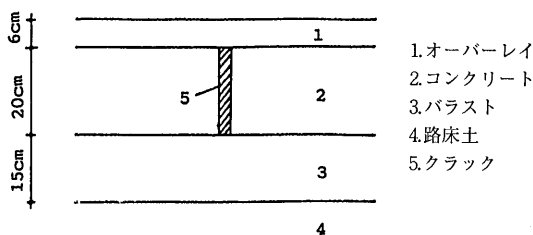


図-6 解析対象断面

一方、アメリカにおいて、有限要素プログラムMARCを用い、いくつかのリフレクションクラックの修繕方法について、その評価を行った結果の紹介がなされている（論文No.11）。本報告では、有限要素プログラムMARCの内容、解析に当たっての諸条件については示されていないが、リフレクションクラック修繕の効果

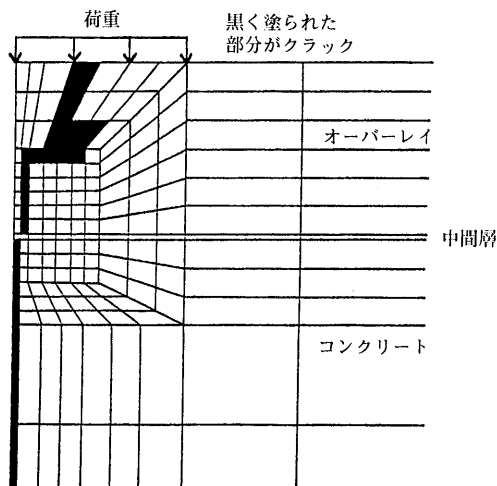


図-7 解析結果

を、オーバーレイ層内の引張強度の増加や温度応力の減少等に着目し、いくつかの中間層について解析を行っている。解析からは図-8に示すような結果が得られ、オーバーレイ層内の応力を基に中間層の効果について評価している。

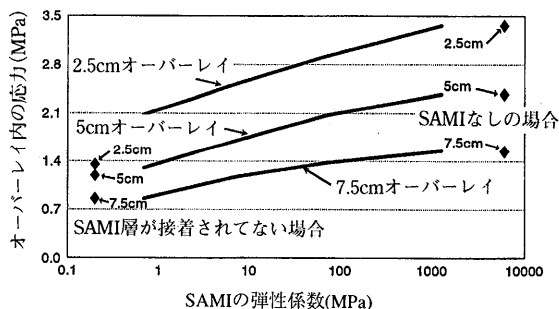


図-8 MSAMIの弾性係数とオーバーレイ層の応力

3.2 その他の設計モデル

リフレクションクラックに対する設計モデルの内、有限要素モデル以外の報告2編をここにまとめた。ここでは、リフレクションクラック防止のためのアスファルト舗装の設計法についての報告が見られる。

まず、リフレクションクラックの防止対策が必要となるセメント層を下層にもつアスファルト舗装の設計法が紹介されている（論文No.7）。この設計法は、セメント境界面のクラック間隔およびバインダーの針入度を評価し、図-9に示す独自の設計チャートから、リフレクションクラックを防止できるアスファルト混合物層厚の決定を行うものである。この設計法は、実路試験でも適用されており、現在まで良好な結果が得ら

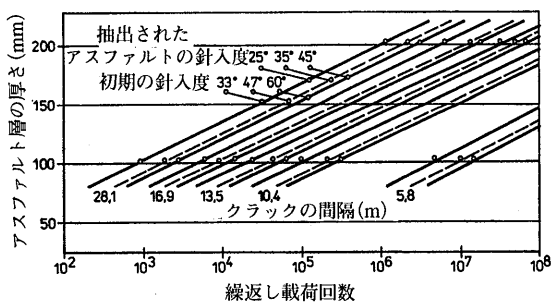


図-9 アスファルト層厚決定に用いる図

れているとしている。

一方、オーバーレイ層の下に不織布を設置したオーバーレイ/ファブリックシステムに発生するリフレクションクラックを力学的に表現するモデルおよび、このシステムの設計法について検討した結果が紹介されている(論文No.10)。ここでは、交通荷重と温度応力を考慮した理想的なモデルとして図-10をもとに、ケーススタディとして図-11に示す交通量と必要オーバーレイ厚の設計チャートの作成を行っている。これにより、中間層の圧縮性や中間層とオーバーレイ層の接着の度合いが、オーバーレイ厚の設計に大きく影響することが示されている。

4. おわりに

パート2の内容について、舗装のリフレクションクラックに対する設計モデルの内容を取りまとめ紹介してきた。アスファルト混合物のクラックは、破壊力学で仮定される理論的な説明がつかないことが多く、舗装体のクラックの問題は非常に複雑である。また、有限要素法を適用した場合、舗装構造の様々な境界面の

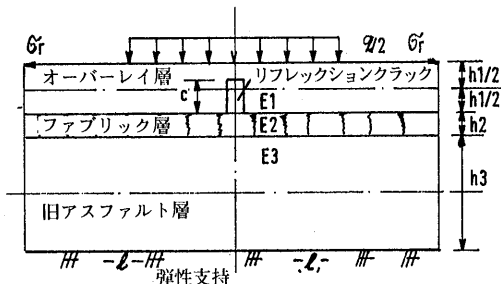
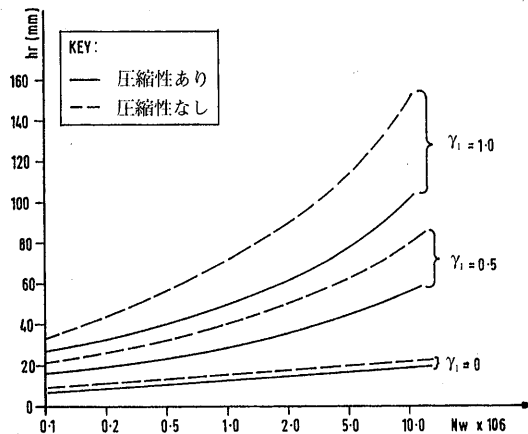


図-10 交通荷重と温度応力を考慮したモデル



γ_1 : 中間層とオーバーレイ層の接着性の度合い
 $\gamma_1=1.0$: 完全に接着された場合
 $\gamma_1=0.5$: ファブリックシステムの場合
 $\gamma_1=0$: 接着なしの場合

図-11 交通量と必要オーバーレイ厚の設計チャート

正確なモデリングという点が問題とされている。しかし、現在では多くの工学的アプローチがなされ、舗装のリフレクションクラックをより正確に把握、予測できる様々な解析方法、解析ツールが研究開発されている。今後の更なる研究成果に注目していきたい。

パート3：舗装のリフレクションクラックに関する評価方法

(Assessment Methods for Reflective Cracking in Pavements) 水野卓哉* 南沢輝雄**

論文 No.	論文名	著者 (国名)	概要
12	Apparatus for Laboratory Study of Cracking Resistance 室内試験装置によるクラック抵抗の検討	H.Dibenedetto J.Neji J.P.Antoine M.Pasquier (フランス)	半剛性舗装上にあるアスファルト混合物のリフレクションクラックのシミュレーションを行うために、超音波によりクラック進行をモニタできる試験装置を新たに考案し、アスファルトオーバーレイ層のクラック抵抗性の評価を行っている。

*みずの たくや 福田道路機技術研究所

**みなみさわ てるお (株)パスコ道路技術センター

論文 No.	論 文 名	著 者 (国 名)	概 要
13	Investigations on the Effectiveness of Synthetic Asphalt Reinforcements	P.A.J.C.Kunst R.Kirschner (オランダ) (ドイツ)	リフレクションクラックの発生の遅延を目的として、バインダを含浸させた7種類の補強材料の有効性を評価するために、3点曲げ試験による耐久性評価を行うとともに、アスファルトオーバーレイの設計曲線を提示している。
	リフレクションクラック抑制補強材料の効果の研究		
14	A New Test for Determination of Fatigue Crack Characteristics for Bituminous Concretes	S.Caperaa E.Ahmiedi C.Petit J.P.Michaut (フランス)	アスファルト混合物サンプルの(載荷回数-コンプライアンス(弾性率の逆数))、(載荷荷重-変位)との関係を3点曲げ試験により測定を行い、アスファルト混合物の疲労クラックに関する特性について検討を行っている。
	アスファルト混合物の疲労クラックに関する新試験方法		
15	Dynamic Testing of Glass Fibre Grid Reinforced Asphalt	M.H.M.Coppens P.A.Wieringa (オランダ) (フランス)	グラスファイバー製の補強材料を入れた場合の、疲労破壊までの載荷回数と破壊強度を4点曲げ試験により測定を行い、補強材料の効果について検証を行っている。
	グラスファイバー格子補強材料の動的試験		
16	On the Thermorheological Properties of Interface Systems	L.Francken A.Vanelstraete (ベルギー)	不連続部を持つ剛性スラブ上のオーバーレイ層に対する、温度の影響についてシミュレーションを行うため、アスファルト混合物の繰返し引張試験を行っている。これより中間層を設けることにより舗装構造の寿命を延ばすことができると報告している。
	インターフェースシステムの熱特性		
17	Influence of Modulus Ratio on Crack Propagation in Multilayered Pavements	C.Petit S.Caperaa J-P.Michaut (フランス)	有限要素法によりアスファルト舗装のクラックの進行過程の数値解析を試みている。中間層の有無によるアスファルト舗装構造を解析した結果、中間層の存在によりライフサイクルが2倍程度に伸びるという結果を報告している。
	クラックの増加に関する弾性係数比の影響		
18	Reflective Cracking in Asphalt Pavements on Cement Bound Road Bases under Swedish Conditions	J.Silfwerbrand (スウェーデン)	セメント処理路盤上のアスファルト層に発生するリフレクションクラックの進行を観察するため、アスファルト混合物層の厚さが異なる試験舗装を行い、試験舗装のクラック進行状況の観察と、有限要素法でのクラック進行のシミュレーションを行い、相互の比較・評価を行っている。
	スウェーデンにおけるセメント処理路盤上のアスファルト舗装のリフレクションクラック		
19	Study on Reflection Cracks in Pavements	K.Sasaki H.Kubo K.Kawamura (日本)	北海道における横断方向に発生する低温クラックの発生状況について現場調査を行い、クラックの進行状況・分布・発生要因について報告している。
	舗装のリフレクションクラックの研究		
20	Processes Reducing Reflective Cracking: Synthesis of Laboratory Tests	Ph.Dumas J.Vecoven (フランス)	アスファルトオーバーレイにおける、「ファブリック中間層」「マスチック層」「SAMI」「その他の補強材料(ジオグリッド・スラリー)」の効果について室内試験を行い、各構造の特性と機能性の評価を行っている。
	リフレクションクラックの減少方法: 室内試験でのまとめ		
21	Paving fabric Specification for Asphalt Overlays and Sprayed Reseal Applications	W.Alexander R.McKenna (オーストラリア)	アスファルトオーバーレイ用のファブリック材料の有効性について、防水性能・付着性能・試験舗装によるクラックの進行観察結果の評価を行い、ファブリック材料の仕様書・施工時のポイントについて報告している。
	舗装用ファブリックのアスファルトオーバーレイ層への適用		
22	New Testing Method to Characterize Mode I Fracturing of Asphalt Aggregate Mixtures	E.K.Tschegg S.E.Stanzl-Tschegg J.Litzka (オーストリア)	コンクリートの破壊試験手法をアスファルト混合物に適用し、アスファルト混合物の最大荷重・破壊エネルギーの特性について検討を行っている。
	アスファルト混合物のモードI破壊に関する新試験方法		

1. はじめに

パート3では「舗装のリフレクションクラックに関する評価方法」と題して、8ヵ国から11編の論文が報告されており、リフレクションクラック抑制補強材料の効果を評価するための実験的手法や分析的手法と、その評価結果について紹介している。

発表論文を内容別に分類すると、室内実験による評価方法に関する報告が8編、試験舗装・現場調査による評価方法に関する報告が3編、数値解析による評価方法に関する報告が3編という構成となっている。

ここでは内容を上記の3つに分類し、各論文の概要を紹介する。

2. 室内実験による評価方法

室内実験での評価における、リフレクションクラックの発生モデルは、パート1の「リフレクションクラックのモデル化」の章で説明している、モードI（曲げ）、モードII（せん断）、モードIII（引き裂け）モデルの、3つに分類される。

このような異なるクラックの発生モデルを表現するために、パート3では主にモードI、モードIIモデルに対する、様々な実験例が紹介されている。

2.1 モードIモデルによる評価方法

路盤の温度収縮によるリフレクションクラックの進行を室内で実験的に再現するために、いくつかの実験モデルが報告されている。

上記の例として、下層にあらかじめクラックを入れたコンクリート層を置き、上層にアスファルトオーバーレイ層を置いた実験モデルに対して、 -10°C の恒温槽中において、水平方向に1時間につき数十ミリという非常に遅い速度で下層を繰り返し移動させ、上層のクラックの進行をモニタリングする実験を行っている（論文No.16）。

またこの実験では、実際のフィールドでのモデルを再現させるために、下層と上層との間に中間層（Fibre Reinforced Interlayer）を置かない場合と、置いた場合を設定し、中間層の効果を実験的に評価している。

この実験装置を図-1に、実験結果を図-2、3に示す。

ここで下層の変位量と上層に発生する応力との関係に注目した場合、中間層を置かない場合には3回の移動により上層は破壊に至っているが、中間層を置いた場合には、30回以上の移動においても上層のアスファルトオーバーレイ層にクラックの発生は認められず、

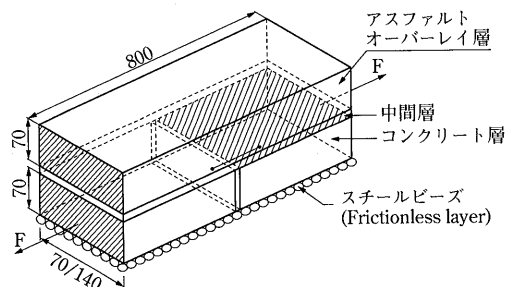


図-1 温度収縮試験装置の概要

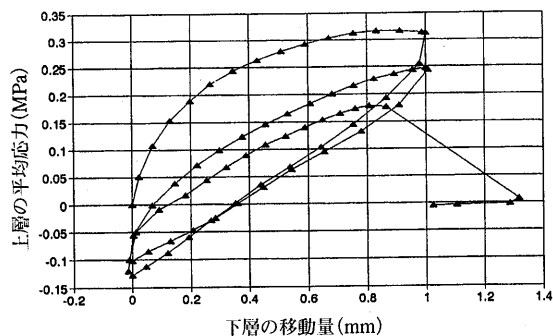


図-2 中間層を置かない場合の上層の破壊曲線

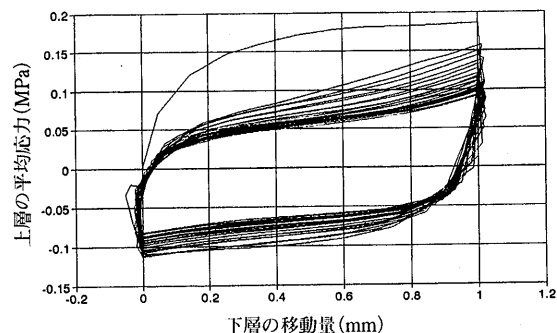


図-3 中間層を置いた場合の上層の破壊曲線

下層の移動に対して十分追従していることを示している。これより中間層を設けることで舗装の寿命を延ばすことができると評価している。

また別の例として、リフレクションクラックの進行を室内において精度よく測定するために、オーバーレイ層中における超音波の伝搬状況に着目し、新しい測定手法にてオーバーレイ層中のクラックの進行をモニタリングする実験を行っている（論文No.12）。

この測定装置（クラックメータ）は、可動部である下層を水平方向に繰り返し移動させることにより、固定部である上層にクラックを発生させるシステムとなっており、超音波システム、ロードセル、ひずみゲー

ジ、変位計の各種センサーを取り付けてある。この超音波システムは、上層のクラックの進行による破壊状況を間接的に測定するもので、上層にクラックが入ることにより超音波の伝達係数の変化を測定し、クラックの進行を容易にモニタすることができるようになっている。

この試験装置の概要を図-4に、実験結果を図-5、6に示す。

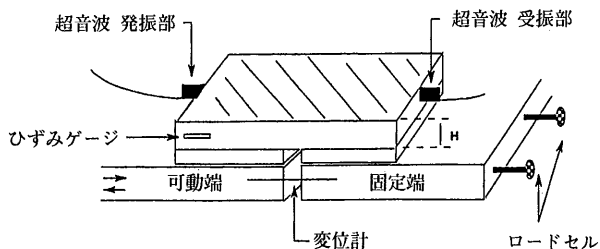


図-4 超音波クラック測定装置の概要

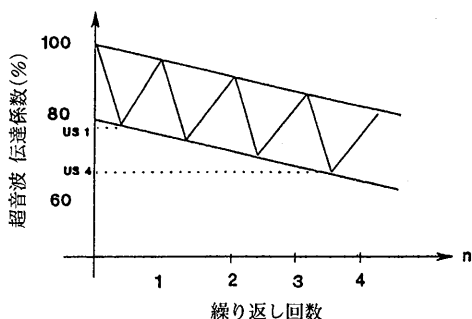


図-5 繰り返し回数と超音波伝達係数との関係

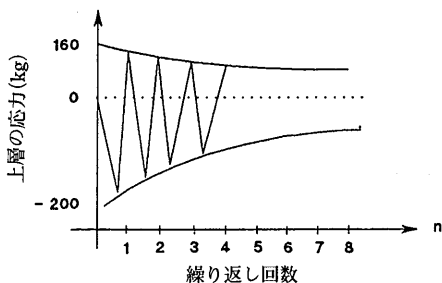


図-6 繰り返し回数と上層の応力との関係

図-5は、下層の繰返し回数と上層の超音波の伝達係数との関係を示しており、繰り返し回数の増加による上層のクラックの進行とともに、伝達係数は低減していることを示している。また図-6は、下層の繰返し回数と上層に発生する応力との関係を示しており、繰り返し回数が増えるにしたがって、上層に発生する応力が低減し、クラックの発生により上層の剛性が低

減している状況を示している。

2.2 モードIIモデルによる評価方法

交通荷重による垂直方向のせん断力による、オーバーレイ層の疲労クラックの進行を実験的に再現するために、いくつかの室内実験モデルが考えられている。

これらの実験モデルは3点または4点支持の曲げモデルによる、動的強制曲げ試験モデルで表現されている例が多く報告されている。

上記の例として、4点支持モデルによる繰返し曲げ試験を行っている(論文No.15)。本モデルは図-7に示す実験装置に、8(W)×8(H)×60(L)(cm)の曲げ供試体をセットし、15℃の恒温槽中において、載荷周波数30Hzの応力制御にて荷重を与えている。ここでは補強材料として、ポリマー系材料をコーティングしたグラスファイバー製の格子補強材料を、供試体の中立軸より2cm下側に置いた場合と、置かない場合を設定し、補強材料の効果を評価している。

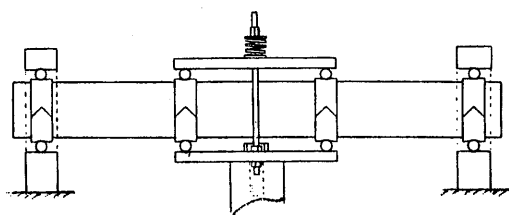


図-7 4点支持動的曲げ試験装置の概要

ここで載荷荷重を400Nとし、オフセット変位量が15mm(図中の変位量=5mm)にまでクラックが進行する載荷回数の測定を行っており、これらの疲労クラックの進行状況を図-8、9に示す。

この結果より、補強材料を置かないものでは、12万回程度の載荷回数であるが、補強材料を置いたものでは、80万回程度の載荷回数となっており、補強材料が有効に機能していることが示されている。

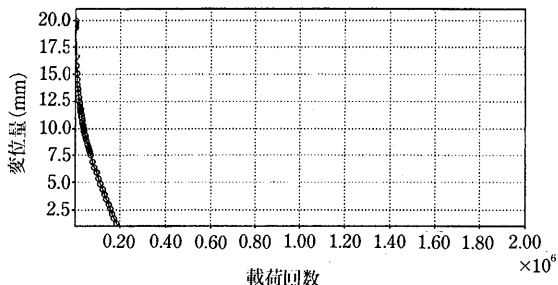


図-8 補強材料を置かない場合の繰返し曲げ試験結果

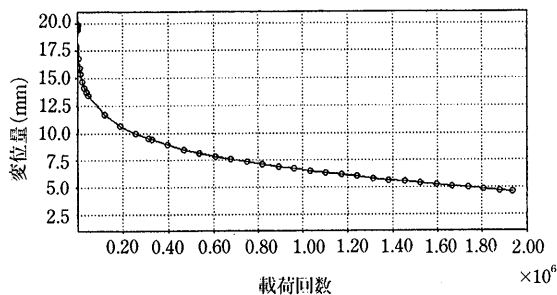


図-9 補強材料を置いた場合の繰返し曲げ試験結果

また別の例として、3点支持モデルによる単純曲げ試験を行っている（論文No.13）。本モデルは14（W）×8（H）×60（L）（cm）の供試体を、15℃の室温中において、載荷スピード0.85cm/sのひずみ制御にて荷重を与えている。ここでは補強材料を供試体の中立軸より1cm下側に設置し、補強材料の有無による供試体の（荷重－変位）曲線を測定し、各補強材料の効果について検討を行っている。

この実験においては、バインダーを含浸させた7種類の補強材料の効果について検討を行っている。試験に使用した補強材料の性状を表-1に、（荷重－変位）曲線を図-10に示す。

表-1 評価を行った補強材料の一覧

供試体番号	補強材料種別	補強材料材質	バインダー量 (kg/m ²)
91	織布ジオグリッド	ポリエチレンテレフタレート (PET)	0.4
92	織布ジオグリッド	ポリエチレンテレフタレート (PET)	0.4
93	織布ジオグリッド	ポリエチレンテレフタレート (PET)	0.4
94	織布ジオグリッド	ガラス繊維	0.4
95	パンチングジオグリッド	ポリプロピレン (PP)	1.3
96	不織布	ポリプロピレン (PP：単繊維)	1.6
97	不織布	ポリプロピレン (PP：ステープル)	1.6
98	補強材料なし	----	0.3

この報告での補強材料の効果の評価方法としては、Paris式のパラメータ（A値）により行っている。ここでは非補強材料のA値を1とした場合、各補強材料のA値の比率が小さいほど補強効果が大いといと評価して

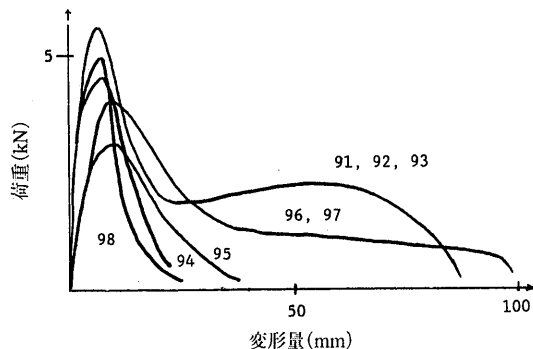


図-10 各補強材料の（荷重－変位）曲線

いる。この各補強材料毎のA値の比率と補強材料の効果の順位をまとめたものを表-2に示す。これより織布ジオグリッドの評価が高いことが示されている。

表-2 各補強材料の効果

供試体番号	破壊応力の比率 (σ / σ_{98})	破壊エネルギーの比率 (W / W_{98})	A値の比率 (A / A_{98})	効果の順位
91	1.08	3.41	0.25	2
92	1.01	3.62	0.27	3
93	1.09	3.80	0.22	1
94	0.86	1.21	1.12	7
95	0.61	1.26	2.15	8
96	0.91	2.69	0.45	4
97	0.85	2.32	0.60	5
98	1.00	1.00	1.00	6

2.3 その他の評価方法

モードI、IIモデルによる代表的な評価方法の他に、様々な新しい評価手法が紹介されている。

フランスでは、3点支持モデルによる繰返し曲げ試験装置を用いて、現場より切り出したアスファルトオーバーレイ層の供試体に対して、供試体のクラックの長さとコンプライアンスとの関係や、載荷回数と供試体のコンプライアンスとの関係について整理を行っている。これよりアスファルトオーバーレイ層のコンプライアンスと、疲労クラックとの間に有意な関係があることが確認できたとしている（論文No.14）。

さらに、水平方向の収縮モデルと、垂直方向のせん断モデルを合成した実験モデルにおいて、ファブリック（布）中間層、マスチック層、SAMI、その他の補強材料（ジオグリッド・スラリーなど）の効果と機能性について比較評価を行っている。これよりファブリック中間層はクラックが入るまでの時間を遅らせる効果

があり、マスティック層はクラックの進行速度を遅らせる効果があることが確認できたとしている（論文No.20）。

またオーストリアでは、コンクリート供試体における破壊試験手法をアスファルト材料に適用し、試験の有効性を確認した上で、アスファルト混合物での破壊特性について評価を行っている（論文No.22）。

3. 試験舗装・現場調査による評価方法

リフレクションクラックの抑制を目的とした試験舗装を実施し、その試験舗装体の追跡調査を行い、各補修材料の有効性について評価した例が紹介されている。

上記の例として、北海道の国道・道道における温度収縮による低温クラックの進行状況の調査、およびリフレクションクラック抑制のための試験舗装の追跡調査結果を紹介している（論文No.19）。

この報告では、クラックの発生原因に関して凍結指数、最終凍結日、交通量、舗装構成について相関関係を解析した結果、凍結指数とクラック率との相関関係が一番高かった（ $r=0.79$ ）としており、低温クラックは凍結指数に依存するが、その進行は地域特性により異なっているとしている。

さらに、リフレクションクラックの補修材料として、高浸透性アスファルトのクラックシール材、シート、樹脂ネットを用い、リフレクションクラックの補修を行い、その補修後の追跡調査を行っている。この追跡調査の結果、施工後3年経過した時点においては、いずれの補修工法ともクラックの再発生は認められなかったとしている。

またオーストラリアでは、補強・応力吸収・防水の3つの機能があると言われているファブリック（布）を用いた舗装が普及している。この事例として、ニードルパンチ加工のポリエステル不織布（ $140\text{g}/\text{m}^2$ ）を使用し、12mmのチップシールを行った試験舗装について追跡調査を行っている（論文No.21）。

この報告では、補強を行った箇所と行わなかった箇所とを比較した結果、横方向クラック・亀甲状クラックともに、補強材料を入れた箇所では発生していないことが確認されたとしている。このクラックの発生状況を図-11に示す。

このように室内実験において選択されたリフレクションクラック抑制補強材料の効果が、試験舗装により実証されている例がいくつか示されている。

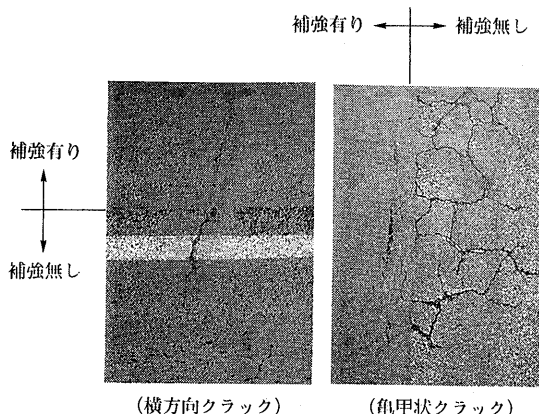


図-11 補強材料の有無によるクラックの発生状況

4. 数値解析による評価方法

数値解析的な手法として、主に有限要素法の計算手法を用いて、舗装構造をモデル化し、数値シミュレーションによりリフレクションクラック抑制補強材料の効果や有効性について評価した例が紹介されている。

フランスにおいては、特殊サンドアスファルトによる中間層の効果を確認するために、6cmの表層構造に対して、アスファルト混合物層6cmの場合と、特殊サンドアスファルト層2cmの上に、アスファルト混合物層4cmをオーバーレイした場合とについて、舗装体のクラック進行のシミュレーションを行っている（論文No.17）。

これより載荷回数とクラック長との関係を試算した結果、特殊サンドアスファルト層を入れたものが、入れていないものと比較して、クラックの進行を2倍程度遅らせることができたとしている。

またスウェーデンにおいては、セメントコンクリート系路盤上に施工されているアスファルト混合物層のリフレクションクラックの進行を観察するために、試験舗装を行い、さらに同じ舗装構成における室内でのリフレクションクラックの発生シミュレーションを行っている（論文No.18）。

この報告では、リフレクションクラック対策として、アスファルト混合物層65mmのものを入れた場合と、入れない場合の2種類の舗装構成を設定し、試験舗装を行っている。現場での目視調査の結果、施工後18ヵ月においてはリフレクションクラックの発生は認められなかったが、施工後7年においてはアスファルト混合物層を入れていないものには、広範囲にリフレクションクラックの発生が認められたとしている。

また、この舗装構成について有限要素法による引張

りひずみのシミュレーションを行った結果、アスファルト混合物層を入れていないものの引張りひずみは、アスファルト混合物層を入れたものよりも大きかったとしている。

このような結果より、リフレクションクラック抑制補強材料の効果を、試験舗装と数値解析により評価できることが示されている。

5. おわりに

以上、パート3における舗装のリフレクションクラックに関する評価方法の概要について述べてきた。これらの要点を整理すると、以下のことが挙げられる。

- ①これまでの研究成果より、リフレクションクラック抑制補強材料を使用した試験舗装の追跡調査報告がまとまり、様々な補強材料の効果が実証されている。

②リフレクションクラック抑制補強材料の効果について、室内実験により有効な評価ができることが示されている。

③コンピュータの発達により、これまで困難であったリフレクションクラックの進行シミュレーションが可能となり、リフレクションクラックの進行を予測できるようになりつつある。

このようなことから、これまで経験的に施工されてきたリフレクションクラック抑制補強材料を、クラックの発生が問題となっているフィールドの状況に応じた、適切な材料・構造選択が容易にできるシステムが揃いつつあるものと考えられる。

今後の課題としては、各種室内試験装置や実験解析手法の比較評価を行うとともに、システムティックに補強材料を選択できるような設計・評価システムが必要であると思われる。

砂利道の歴青路面処理指針（59年版）増刷

第3刷 B5版・64ページ・実費頒価500円（送料実費）

目 次		
1. 総 説	3. 路 盤	5. 維持修繕
1-1 はじめに	3-1 概 説	5-1 概 説
1-2 歴青路面処理の対象となる道路の条件	3-2 在来砂利層の利用	5-2 維持修繕の手順
	3-3 補強路盤の工法	5-3 巡 回
2. 構造設計	4. 表 層	5-4 維持修繕工法
2-1 概 説	4-1 概 説	付録1. 総合評価別標準設計例一覧
2-2 調 査	4-2 浸透式工法	付録2. 材料の規格
2-3 設計の方法	4-3 常温混合式工法	付録3. 施工法の一例（D-2工法）
2-4 設計例	4-4 加熱混合式工法	付録4. 材料の品質、出来形の確認
2-5 排 水		

トータルコスト

舗装を設計・施工する場合、新設のために要する当初工事費、それを補修するために要する補修費、補修工事に伴って発生する道路利用者の便益損失費等、解析期間内に舗装をマネジメントするのに要した合計の費用をトータルコストとといいます。

- (1) 設計期間10年をベースに採用した材料A・工法1による舗装と材料B・工法2による舗装の㎡当り単価をそれぞれ10,000円/㎡、30,000円/㎡とし、さらにそれぞれの供用限界をそれぞれ6年と12年に設定できるとすると、供用限界工事費は表-1のようになります。

表-1 コスト比較

材料	工法	工事費 (円/㎡)	供用 年数	供用限界 工事費 円/㎡・年	工事による 便益損失 円/㎡・年	コスト 円/㎡・年
A	1	10,000	6	1,670	3,330	5,000
B	2	30,000	12	2,500	830	3,330

- (2) 次の補修工事を行うことによって発生する道路利用者や沿道住民がこうむる損失（渋滞による利用者の時間損失、車両の燃費増、騒音の継続等を全て貨幣換算した値）と材料・工法別の標準施工面積と供用限界とを合わせた便益損失の比較を行います。

材料A・工法1において道路利用者と沿道住民がこうむる便益損失を仮りに1,000万円とし、1回の交通規制で施工できる標準面積を500㎡、舗装の供用限界を6年とすると、工事渋滞による便益損失は次のように計算できます。

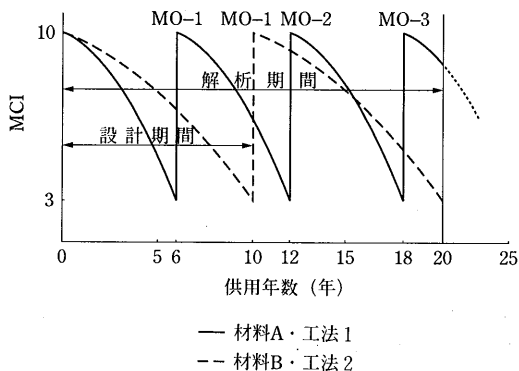


図-1 舗装のライフサイクル

$$\frac{10,000,000\text{円}}{500\text{㎡} \times 6\text{年}} \approx 3,300\text{円/㎡} \cdot \text{年}$$

同様に材料B・工法2は標準施工面積が1,000㎡、供用限界を12年とすると次のようになります。

$$\frac{10,000,000\text{円}}{1000\text{㎡} \times 12\text{年}} \approx 830\text{円/㎡} \cdot \text{年}$$

- (3) (1)と(2)の合計から求めるコストを比較すると、材料B・工法2が材料A・工法1より有利になります。しかし、材料A・工法1は6年後の補修費も考慮しなければ設計期間10年での正しい比較にはならない訳でこれをカウントするとますます材料B・工法2の優位性が高まることになります。

- (4) ペーパメントマネジメントシステム (PMS) では上記(1)～(3)までの比較の他、解析期間(20～30年)を考慮して補修費用と便益損失を総合化する必要があります。さらにそれぞれの費用をプライムレートによる割引を考慮した値としたトータルコストとして比較する必要があります。

解析期間を20年とし、材料A・工法1と材料B・工法2のライフサイクルが図-1のように推移すると仮定した場合のトータルコストは表-2のようになります。

尚、ここでは切削を伴った補修工事を取りあげ、プライムレートを5%，工事渋滞に伴う損失を10,000円/㎡と仮定し、C年後にA円であるための現在価格Dを次式で計算しています。

$$D = \frac{A}{\left(1 + \frac{B}{100}\right)^c}$$

表-2 トータルコスト (円/㎡)

区 別	材料 A・工法 1				材料 B・工法 2	
	建 設	補 修			建 設	補 修
供 用 期 間	6	6	6	6	10	10
供 用 年 数	6	12	18	20	10	20
切 削 ・ 除 去	(1000)	750	560	420	(1000)	610
材 料	10,000	7,460	5,570	4,150	30,000	18,420
施 工	20,000	14,920	11,140	8,300	20,000	12,280
便 益 損 失	10,000	7,460	5,570	4,150	10,000	6,140
小 計	40,000	30,590	22,840	17,020	60,000	37,450
計	110,450				97,450	

A：現在の価格

B：金利（％）（５％と仮定）

C：年数（年）

D：C年後の予測価格の現在評価額

これによれば、新設段階で材料・施工を含めた工事費が２倍程度高くてもライフサイクルを考慮したトータルコストで比較すれば、十分に優位性が評価

できることとなります。

PMSはこのような判定を行うために重要な手法であるといえます。

尚、実際には材料A・工法１と材料B・工法２の２回目以降の供用期間を実際に即して設定することが正しい評価につながることをいえます。

〔小島逸平（株）ガイアートクマガイ技術研究所〕

重交通道路の舗装用アスファルト 「セミブローンアスファルト」の開発

B 5 版・132 ページ・実費頒価 3000 円（送料実費）

当協会において、昭和50年の研究着手以来、鋭意検討されてきた重交通道路の舗装用アスファルトについての研究の集大成です。本レポートが、アスファルト舗装の耐流動対策の一助となれば幸いです。

目

1. 研究の概要
 - 1.1 文献調査
 - 1.2 室内試験
 - 1.3 試験舗装
 - 1.4 研究成果
2. 舗装の破損の原因と対策
 - 2.1 アスファルト舗装の破損の分類
 - 2.2 ひびわれ（Cracking）
 - 2.3 わだち掘れ（Rutting）
3. セミブローンアスファルトの開発
 - 3.1 概 説
 - 3.2 市販ストレートアスファルトの60℃粘度調査
 - 3.3 製造方法の比較
 - 3.4 セミブローンアスファルトの試作
 - 3.5 試作アスファルトの特徴
 - 3.6 60℃粘度と他の物理性状の関係
 - 3.7 薄膜加熱による性状変化
4. セミブローンアスファルトを用いた混合物の性状
 - 4.1 概 説
 - 4.2 マーシャル安定度試験
 - 4.3 ホイールトラッキング試験

次

- 4.4 高速曲げ試験
- 4.5 水浸マーシャル安定度試験
- 4.6 試験結果のまとめ
- 4.7 品質規格の設定
5. 試験舗装による検討
 - 5.1 概 説
 - 5.2 実施要領
 - 5.3 施工個所と舗装構成
 - 5.4 追跡調査の方法
 - 5.5 使用アスファルトの性状
 - 5.6 アスファルト混合物の性状
 - 5.7 第1次および第2次試験舗装の供用性状
 - 5.8 第3次試験舗装の供用性
 - 5.9 アンケート調査
 - 5.10 試験舗装のまとめ

6. む す び

資 料

1. セミブローンアスファルトの規格（案）
 - 2.1 石油アスファルト絶対粘度試験方法
 - 2.2 60℃粘度試験の共通試験
3. 舗装用セミブローンアスファルトの舗装施工基準

工業用アスファルト

「工業用アスファルト」とは、道路、空港等の舗装以外に使用されるアスファルトを便宜的に総称したものである。日本アスファルト協会では、主にコークス用バインダー、酢酸原料、炭素棒の原料等に使用されるアスファルトを工業用アスファルトとして分類している。

アスファルトにおける「工業用」という言葉は、1905年にASTM (American Society for Testing and Materials) の中に、「ルーフィング、防水、建築用、工業用アスファルトに関する委員会」設立の記録があり、ここで「工業用アスファルト」(Industrial Uses) という表現が使用されている。

さて、世界で年間約7,500万トンのアスファルトが使用されているが、その約85%は舗装用途であり、残りの約15%がいわゆる工業用アスファルトとして使用されている。7,500万トンの15%は約1,130万トン、これは決して小さな数字ではない。つまり、アスファルトは舗装用途以外に実にいろいろな用途で使用されているのである。

それでは、工業用アスファルトの使用分野としては一般的にどのようなものがあるのであろうか。

表-1は、アスファルト（ビチューメン）の用途一覧である。

代表的な用途について概要を以下に記す。

1. ルーフィング用

建築用防水材として使用されているもので、ブローンアスファルト系が主流であるが、最近では、SBSやAPPによる改質アスファルトの登場により、性能、施工性（積層数）における改善が進められている。

表-2にルーフィング用各種改質アスファルトの性状を示す。

2. 防湿用

防湿用ラミネート紙の間に、接着兼防湿用として使用されるもので、紙だけではなく、アルミが使用されるケースもある。

3. 接着材、防水材用

床タイルの接着材として、またルーフィング材の接着兼防水材として使用される。ポリマーによる改質アスファルト、またエマルジョンタイプのアスファルト

表-2 ルーフィング用各種改質アスファルトの性状

改質材／方法		ブローイング	ブローイング	APP	鎖状SBS	枝状SBS
改質材混入量 (%w)		—	—	30	12	12
針入度 @25℃ (1/10mm)		41	34	44	81	72
軟化点, TR&B (℃)		101	95	150	100	117
粘度 @180℃ (mPaS)		1500	1300	3300	1100	2900
フラス脆化点 (℃)		-24	-19	-18	<-38	<-38
合格温度	流動点試験 ¹⁾ (℃)	85	80	125	80	90
	低温曲げ試験 ¹⁾ (℃)	-10	-5	-7	-25	-30
引張試験	破断時の歪 (%)	90	140	400	1940	1700
	永久変形 (%)	>50 ²⁾	>100 ²⁾	>300 ²⁾	9 ³⁾	3 ³⁾
疲労試験破断までのサイクル数 ⁴⁾		1	1	700	>10,000	8,000

¹⁾ DIN 52123 準拠

²⁾ 破断後、24H放置したあとの歪

³⁾ 1500% 引張後、24H放置したあとの歪

⁴⁾ 基材を入れない3mm厚のシート状サンプル片を用い、20℃で1～2mmの引張を1サイクル/分でくりかえす

表-1 ビチューメンの主な用途

農 業	家畜防疫剤	根おおい	コンクリート構造の保護
	防湿防水の建築と構造	根おおい紙	立木に用いるペイント
	殺菌剤	家畜小屋の床、遊び場、 飼料桶底の塗装	防水防湿用壁（地上および地下）
	牧畜などの柵木塗装	水槽や大おけなどの防腐	風や水による侵食防禦 温室設備
建 築	床	屋根をふく薄いこけら板	石工事塗装
	耐水耐湿	屋根塗装液	プラスター・ボード
	床の構造物、タイル、敷物	プラスチック・セメント	パテ
	絶縁用の布や紙	こけら板	下見張り
	踏み面	壁、側面、天井	防音材
	屋根	音響的效果のあるブロック	しっくい基材
	アスベスト・フェルト	構造物、フェルト	壁張用材
	建築紙	建築の装飾	その他
	屋根づくりの粘着材、フェルト	アスベストのセメント・パネル	速乾性ペイント、ツヤ消し
	土居ぶき	フェルト	建築用製材
	雨もりを防ぐ目地材	煉瓦	漆黒にした製材
	セメント防水コンパウンド	煉瓦側面	絶縁ペイント
	屋根ぶきのくさび	建築ブロック、紙	鉛管、パイプ
	グラス・ウール構造物	防湿塗装、防湿構造物	加工済み日除け
	絶縁用の布、フェルト、紙	絶縁用の板、布、フェルト、紙	
	接合部充てん材	接合部充てん用コンパウンド	
水 利 構 造 物 と 防 水 用	運河の内張り、充てん剤	灌漑水路の構築材	貯水槽の内張り
	貯水池や溜池	築堤防護	護岸
	ダムが目地材	防波堤	砂丘の安定
	ダムの内張りと保護	ふ頭	下水槽、酸化槽
	堀割の保護	沖積堤防護	水泳プール
	溝の内張り	沖積堤の沈床と堤の防護	汚水処理槽
		内張り被膜と防水	防水壁
工 業 用	ビチューメンを用いたアルミ ニウム・ホイル材	自動車	タッキング・ストリップ
	大おけ用フェルト	防音構造物、フェルト	アンダーシール
	導管絶縁、薄板	ブレーキ内張り	電気機器
	絶縁ボード	クラッチの上塗り	電動子カーボン、巻き
	ペイント材	床音デッドナー	電池函、カーボン
	紙	まさつ部の素材	電気絶縁用コンパウンド
	パイプ包装	絶縁フェルト	紙、テープ、ワイヤー、コーティング
	屋根材、こけら板	パネル・ボード	ジャンクション・ボックス・コンパウンド
		シム・ストリップ	鑄造した導管

が使用されることもある。

4. 防錆塗料用

スチールパイプの防錆用塗料として使用される。特に1978年以降、北海で使用されるパイプラインの大半にアスファルト系コーティング材が防錆用として使用されている。

5. 制振材用

アスファルトにフィラー、改質材、ファイバー等を混入し、シート状にして建築用、自動車用制振材として使用される。

6. その他

コークスバインダー、酢酸原料、電極の炭素棒の原料、タイルカーペットのバックング材、シャープペンシルの芯、放射性廃棄物固化材、コンクリートパイル、スチールパイルのネガティブフリクション対策用、電線ケーブルの保護材、乾電池のシール材、飛砂防止用、ブリケッティング用、地下埋設鋼管被覆用等々。

これらの用途を考えてみると、アスファルトの特性が絶妙に活かされていることが理解できる。

ここでアスファルトの特性としては

1. 粘弾性
2. 防水性
3. 防蝕性
4. 粘着性
5. 防錆性
6. 制振性
7. 比較的安価
8. 低公害性

であるが、それぞれの特性がそれぞれの用途で活用されている。

最近ではポリマーによる改質により、さらにその用途が拡大しており、また明色化により、新用途の検討も実施されている。

今から約6000年前、旧約聖書の創世記に登場するノアが箱舟の防水材としてアスファルトを使ったことを考えてみる時、何故、ノアはアスファルトが防水材として最適であることを知ったのか、興味深いところである。創世記の中では、神が教えられたとある。

現代社会の中でも、アスファルトが防水材として広く使用されていることを考えると、アスファルトの材料寿命（商品寿命）の長さに驚嘆してしまう。

また、各種改質アスファルト、明色アスファルト、粉末アスファルト、各種アスファルトエマルジョンの登場により、さらに新用途の開発が期待されている。

「アスファルトは、○○○○○にも使えるかも知れない。」

この空欄に入る言葉は私達の発想を刺激するおもしろいテーマであり、アスファルトの独創的な新用途開発が望まれるところである。

—— 参考文献 ——

「シェルとビチューメン産業」, S.I.P.C., SHELL BITUMEN HANDBOOK

〔青木秀樹 昭和シェル石油(株)中央研究所〕

☆

☆

☆

☆

☆

☆

総目次 第183号～第186号（平成7年度）

アスファルトの研究〔品質・規格・試験など〕

表 題	執 筆 者	号数	ページ P～P	発行年月（西暦）
〈報文〉 縄文時代のアスファルト～北海道南茅部町の出土資料より～	阿 部 千 春	185	37～40	平成 7. 10（1995）
〈資料〉 平成6年市販アスファルトの性状調査	技 術 委 員 会	186	52～55	平成 8. 1（1996）

アスファルト需給・統計関係の解析

表 題	執 筆 者	号数	ページ P～P	発行年月（西暦）
主な石油アスファルト製造用原油の輸入状況		184	74	平成 7. 7（1995）
（統計資料：石油アスファルト需給統計その1（総括表）、同その2（内需、品種別表）毎号巻末に掲載）				

道路舗装・舗装用アスファルト

表 題	執 筆 者	号数	ページ P～P	発行年月（西暦）
特集・わが国の道路用アスファルトの現状 特集にあたって 21世紀に向けてのエネルギー需給展望について ～新しい長期エネルギー需給見通しを巡って～ アスファルト用原油の輸入動向とその製造方法について アスファルトの需給動向について アスファルト乳剤の生産と需給動向について 改質アスファルトの生産と市場動向について アスファルト合材の現況	飯 島 尚 山 本 良 樹 （社）日本アスファルト協会 技術委員会 （社）日本アスファルト協会 調査委員会 （社）日本アスファルト乳剤協会 日本改質アスファルト協会 （社）日本アスファルト合材協会	183	1～2 3～8 9～15 16～20 21～27 28～33 34～38	平成 7. 4（1995）
特集・舗装再生の取り組みについて 舗装の再生利用の現状と課題 プラント再生舗装の現状と課題について 路上表層再生工法 路上再生路盤の現状と課題 改質アスファルトの再生 再々生への取り組み 石油関連廃棄物の再生利用	中 村 俊 行 中村俊行・久保和幸 木村 慎 川 原 忠 司 （社）日本アスファルト乳剤協会 鈴木 勲・峰岸順一 吉 兼 亨 帆 莉 浩 三	184	2～3 4～8 9～14 15～20 21～28 29～36 37～44	平成 7. 7（1995）
特集・舗装に係わる新技術開発と導入制度 特集にあたって 建設省における技術開発の動向 「大粒径アスコンによる舗装工法の開発」について 車道排水性舗装の関東地建の取り組み 建設技術評価制度 民間開発建設技術の技術審査証明事業について 日本道路公団における共同研究制度について アスファルト施工機械の自動化・ロボット化 ～総合技術開発プロジェクト～	鈴 木 藤 一 郎 上 野 山 智 也 中 村 憲 二 秋 元 治 之 中 村 俊 行 小林茂敏・鈴木一成 七五三野 茂 桐山孝晴・福田 実	185	1～2 3～6 7～8 9～14 15～18 19～23 24～26 29～36	平成 7. 10（1995）
特集・次世代の道路・舗装の姿 座談会 若手技術者が道路・舗装の理想と現実を語る 「大学・高専の学生から見た次世代の道路・舗装は？」アンケート 調査結果		186	1～19 20～27	平成 8. 1（1996）

アスファルト舗装技術研究グループ・研究報告

表 題	執 筆 者	号数	ページ P～P	発行年月（西暦）
アスファルト舗装技術研究グループ・第20回報告 「第4回道路および空港舗装の支持力に関する国際会議」の論文抄録	峰 岸 順 一 アスファルト舗装 技術研究グループ	183	41 42～60	平成 7. 4（1995）
アスファルト舗装技術研究グループ・第21回報告 「第4回道路および空港舗装の支持力に関する国際会議」の論文抄録 （その2）	峰 岸 順 一 アスファルト舗装 技術研究グループ	184	48 49～69	平成 7. 7（1995）
アスファルト舗装技術研究グループ・第22回報告 舗装の力学 ～2.3層系の応力～	峰 岸 順 一 吉村啓之・岡藤博国 金井利浩	185	43 44～53	平成 7.10（1995）
アスファルト舗装技術研究グループ・第23回報告 舗装の常温化の動向と現況	峰 岸 順 一 水 口 浩 明	186	31 32～46	平成 8. 1（1996）

用語の解説

表 題	執 筆 者	号数	ページ P～P	発行年月（西暦）
リサイクル法 P L 法	小 島 逸 平 （舗装関係）	183	61～63 64～65	平成 7. 4（1995）
床版増厚工法 アスファルトの電気特性		184	70 71	平成 7. 7（1995）
凍上抑制層 低臭性、低煙性防水工事用アスファルト		185	54～55 56	平成 7.10（1995）
維持修繕の目標値 S I 単位		186	47～49 50	平成 8. 1（1996）

石油ミニ知識

表 題	執 筆 者	号数	ページ P～P	発行年月（西暦）
～石油開発～	室 賀 五 郎	183	39～40	平成 7. 4（1995）
～石油の用途～	長 谷 川 宏	184	45～47	平成 7. 7（1995）
～規格と試験法～	室 賀 五 郎	185	41～42	平成 7.10（1995）
～石油の輸送～	池 畑 幸 男	186	28～30	平成 8. 1（1996）

その他一般〔協会事業活動・時事解説・随想など〕

表 題	執 筆 者	号数	ページ P～P	発行年月（西暦）
総目次 第179号～182号（平成6年度）	編 集 委 員 会	183	66～67	平成 7. 4（1995）
第8回論文賞論文募集	編 集 委 員 会	183		平成 7. 4（1995）
舗装施工管理技術者資格試験に実施について	（財）道路保全技術センター	183		平成 7. 4（1995）
会長就任のご挨拶	小 峰 亮 一	184	1	平成 7. 7（1995）
<新刊書紹介>ハイウェイ技術	日本道路公団試験研究所	185	57	平成 7.10（1995）
<新刊書紹介>最新・アスファルト舗装技術舗装学のすすめ・AからZまで	牛 尾 俊 介	186	51	平成 8. 1（1996）

〈石油アスファルト需給統計資料〉 その1

石油アスファルト需給実績（総括表）

（単位：千 t）

項 目 年 度	供 給					需 要					
	期初在庫	生 産	対前年 度 比	輸 入	合 計	内 需	対前年 度 比	輸 出	小 計	期末在庫	合 計
58 年 度	213	4,947	(108.4)	0	5,160	4,921	(107.6)	4	4,925	226	5,151
59 年 度	226	5,235	(105.9)	0	5,461	5,221	(106.1)	0	5,221	240	5,461
60 年 度	240	5,029	(96.1)	0	5,269	5,035	(96.4)	0	5,035	215	5,250
61 年 度	215	5,744	(114.2)	0	5,959	5,695	(113.1)	0	5,696	235	5,931
62 年 度	235	5,892	(102.6)	9	6,136	5,862	(102.9)	0	5,862	274	6,136
63 年 度	274	5,904	(100.2)	3	6,181	5,953	(101.6)	1	5,954	219	6,173
元 年 度	219	6,066	(102.7)	1	6,286	5,990	(100.6)	4	5,994	276	6,270
2 年 度	276	6,277	(103.5)	1	6,554	6,205	(103.6)	8	6,213	310	6,523
3 年度上期	310	2,844	(93.4)	0	3,154	2,841	(95.5)	6	2,847	302	3,149
3 年度下期	302	3,129	(96.8)	0	3,430	3,103	(96.0)	12	3,115	313	3,428
3 年 度	310	5,973	(95.2)	0	6,282	5,944	(95.8)	18	5,962	313	6,275
4 年度上期	313	2,969	(104.4)	0	3,282	2,893	(101.8)	59	2,952	326	3,278
4 年度下期	326	3,152	(100.7)	1	3,479	3,216	(103.6)	17	3,233	244	3,477
4 年 度	313	6,121	(102.5)	1	6,435	6,109	(102.8)	76	6,185	244	6,429
5 年度上期	244	2,910	(98.0)	1	3,155	2,803	(96.9)	26	2,829	329	3,158
5 年度下期	329	3,209	(101.8)	1	3,539	3,233	(100.5)	79	3,312	238	3,550
5 年 度	244	6,119	(100.0)	2	6,365	6,036	(98.8)	105	6,141	238	6,379
7 月	288	542	(104.0)	0	830	532	(104.5)	12	544	285	829
8 月	285	488	(97.2)	0	773	420	(85.4)	6	426	348	774
9 月	348	507	(102.6)	0	855	466	(96.3)	13	479	377	856
7～9 月	288	1,537	(101.3)	0	1,825	1,418	(96.6)	31	1,449	377	1,826
6 年度上期	238	2,954	(101.5)	1	3,193	2,761	(98.5)	60	2,821	377	3,198
10 月	377	473	(83.0)	0	850	520	(92.4)	14	534	321	855
11 月	321	558	(100.4)	0	879	569	(101.8)	17	586	291	877
12 月	291	557	(101.8)	0	848	536	(94.2)	25	561	289	850
10～12 月	377	1,588	(94.9)	0	1,965	1,625	(96.1)	56	1,681	289	1,970
7. 1 月	289	406	(99.0)	0	695	359	(100.0)	9	368	329	697
2 月	329	415	(89.2)	0	744	420	(95.2)	11	431	314	745
3 月	314	661	(100.1)	0	975	670	(90.4)	36	706	272	978
1～3 月	289	1,482	(96.5)	0	1,771	1,449	(94.0)	56	1,505	272	1,777
6 年度下期	377	3,070	(95.7)	0	3,447	3,074	(95.1)	112	3,186	272	3,458
6 年 度	238	6,024	(98.4)	1	6,263	5,835	(96.7)	172	6,007	272	6,279
7. 4 月	272	576	(96.5)	0	848	481	(94.3)	28	509	341	850
5 月	341	383	(89.8)	0	724	345	(90.0)	23	368	358	726
6 月	358	357	(90.4)	0	715	420	(93.3)	21	441	275	716
4～6 月	272	1,316	(92.8)	0	1,588	1,246	(92.8)	72	1,318	275	1,593
7 月	275	520	(95.9)	0	795	435	(81.8)	34	469	328	797
8 月	328	481	(98.6)	0	809	450	(107.1)	38	488	322	810
9 月	322	496	(97.8)	0	818	489	(104.9)	31	520	300	820
7～9 月	275	1,497	(97.4)	0	1,772	1,374	(96.9)	103	1,477	300	1,777
7 年度上期	272	2,813	(95.2)	0	3,085	2,620	(94.9)	175	2,795	300	3,095
10 月	300	534	(112.9)	0	834	513	(98.7)	28	541	293	834
11 月	293	568	(101.8)	0	861	542	(95.3)	33	575	289	864

〔注〕 (1) 通産省エネルギー生産・需給統計月報 7年11月確報
(2) 四捨五入のため月報と一致しない場合がある。

〈石油アスファルト需給統計資料〉 その2

石油アスファルト内需実績 (品種別明細)

(単位: 千 t)

項 目 年 度	内 需 量						対 前 年 度 比					
	ストレート・アスファルト			燃焼用 アスフ アルト	ブローン アスフ アルト	合 計	ストレート・アスファルト			燃焼用 アスフ アルト	ブローン アスフ アルト	合 計
	道路用	工業用	計				道路用	工業用	計			
58 年 度	3,951	177	4,128	540	253	4,921	100.2	95.7	100.0	288.8	97.3	107.6
59 年 度	4,000	162	4,162	805	254	5,221	101.2	91.5	100.8	149.1	100.4	106.1
60 年 度	3,739	139	3,878	911	246	5,035	93.5	85.8	93.2	113.2	96.9	96.4
61 年 度	3,979	241	4,220	1,238	237	5,695	106.4	173.4	108.8	135.9	96.3	113.1
62 年 度	4,252	360	4,612	995	255	5,862	106.9	149.4	109.3	80.4	107.6	102.9
63 年 度	4,307	421	4,728	967	258	5,953	101.3	117.3	102.5	97.2	101.2	101.6
元 年 度	4,360	447	4,807	932	251	5,990	101.2	106.2	101.7	96.3	97.3	100.6
2 年 度	4,416	606	5,022	929	254	6,205	101.3	135.6	104.5	99.7	101.2	103.6
3 年度上期	2,090	268	2,358	372	111	2,841	97.3	99.6	97.5	86.1	89.5	95.5
3 年度下期	2,226	323	2,549	424	130	3,103	98.2	95.8	97.9	85.3	100.0	96.0
3 年 度	4,316	591	4,907	796	241	5,944	97.7	97.5	97.7	85.7	94.9	95.8
4 年度上期	2,153	253	2,406	372	115	2,893	103.0	94.4	102.0	100.0	103.6	101.8
4 年度下期	2,406	315	2,721	369	126	3,216	108.1	97.5	106.7	87.0	96.9	103.6
4 年 度	4,559	568	5,127	741	241	6,109	105.6	96.1	104.5	93.1	100.0	102.8
5 年度上期	2,022	265	2,287	404	112	2,803	93.9	104.7	95.1	108.6	97.4	96.9
5 年度下期	2,315	336	2,651	456	126	3,233	96.2	106.7	97.4	123.6	100.0	100.5
5 年 度	4,337	601	4,938	860	238	6,036	95.1	105.8	96.3	116.1	98.8	98.8
7 月	358	78	436	77	19	532	97.5	139.3	103.1	114.9	100.0	104.5
8 月	305	14	319	83	18	420	93.6	23.0	82.4	94.3	105.9	85.4
9 月	295	71	366	81	19	466	83.8	165.1	92.7	120.9	86.4	96.3
7～9 月	958	163	1,121	241	56	1,418	93.2	101.9	94.4	108.6	96.6	96.6
6 年度上期	1,939	257	2,196	455	110	2,761	95.9	97.0	96.0	112.6	98.2	98.5
10 月	370	57	427	72	21	520	91.4	79.2	89.5	112.5	95.5	92.4
11 月	405	55	460	85	24	569	99.3	96.5	98.9	121.4	100.0	101.8
12 月	390	33	423	94	19	536	94.7	60.0	90.6	114.6	95.0	94.2
10～12 月	1,165	145	1,310	251	64	1,625	95.2	78.4	93.0	116.2	97.0	96.1
7. 1 月	204	50	254	87	18	359	95.8	94.3	95.5	117.6	94.7	100.0
2 月	297	15	312	89	19	420	104.6	27.3	92.0	107.2	100.0	95.2
3 月	528	37	565	86	19	670	88.8	84.7	88.6	103.7	92.8	90.4
1～3 月	1,029	102	1,131	262	56	1,449	94.3	67.1	91.0	109.2	94.9	94.0
6 年度下期	2,194	247	2,441	513	120	3,074	94.8	73.5	92.1	112.5	95.2	95.1
6 年 度	4,133	504	4,637	968	230	5,835	95.3	83.9	93.9	112.6	96.6	96.7
7. 4 月	341	37	378	86	17	481	87.6	209.4	92.9	99.6	98.1	94.3
5 月	251	7	258	72	15	345	92.7	20.6	84.9	118.0	86.9	90.0
6 月	258	78	336	67	17	420	80.4	185.7	92.6	100.0	85.0	93.3
4～6 月	850	122	972	225	49	1,246	86.8	128.4	90.5	105.1	89.1	92.8
7 月	304	49	353	66	16	435	84.9	62.8	81.0	85.7	84.2	81.8
8 月	304	47	351	82	17	450	99.7	335.7	110.0	98.8	94.4	107.1
9 月	337	38	375	95	19	489	114.2	53.5	102.5	117.3	100.0	104.9
7～9 月	945	134	1,079	243	52	1,374	98.6	82.2	96.3	100.8	92.9	96.9
7 年度上期	1,795	256	2,051	468	101	2,620	92.6	99.6	93.4	102.9	91.8	94.9
10 月	353	51	404	87	22	513	95.4	89.5	94.6	120.8	104.8	98.7
11 月	385	44	429	89	24	542	95.1	80.0	93.3	104.7	100.0	95.3

- 〔注〕 (1) 通産省エネルギー生産・需給統計月報 7年11月確報
(2) 工業用ストレート・アスファルト、燃焼用アスファルト、ブローンアスファルトは日本アスファルト協会調べ。
(3) 道路用ストレート・アスファルト＝内需量合計－(ブローンアスファルト＋燃焼用アスファルト＋工業用ストレート・アスファルト)
(4) 四捨五入のため月報と一致しない場合がある。

改質アスファルトを用いた混合物の設計・施工の手引き

B 5 版・37ページ・実費頒価 ¥500（送料実費）

申込先（社）日本アスファルト協会
〒105 東京都港区虎ノ門1-21-8
秀和第3虎ノ門ビル7階

改質アスファルトは、アスファルト舗装の耐久性向上を目的として、舗装石油アスファルトの性質を改善したアスファルトで、改質方法によってその性質も多様です。したがって、これを十分に理解したうえで利用しなければ、その機能を十分に発揮させられないところがあります。

そこで、（株）日本アスファルト協会では、改質アスファルトを使用する場合の適用場所の選定をはじめ、混合物の製造および施工についての手引きをとりまとめました。

この手引きは、わが国における現今の改質アスファルトに関する標準的な技術を示したもので関係者必読の書としておすすめします。

目 次

- | | |
|---------------------|-------------------------|
| 1. 総 説 | 5.3 最適アスファルト量の決定 |
| 1.1 概 説 | 5.4 流動対策 |
| 1.2 本手引きの適用にあたっての注意 | 5.5 摩耗対策 |
| 2. 改質アスファルト | 5.6 すべり対策 |
| 2.1 分 類 | 5.7 その他 |
| 2.2 特 徴 | 6. 混合物の製造・運搬 |
| 2.3 品質規格 | 6.1 概 説 |
| 3. アスファルト混合物の破損と対策 | 6.2 改質アスファルトおよび改質材路湯の準備 |
| 3.1 概 説 | 6.3 混合物の製造の準備 |
| 3.2 流 動 | 6.4 混合物の製造・貯蔵・運搬 |
| 3.3 摩 耗 | 7. 混合物の舗設 |
| 3.4 すべり | 7.1 概 説 |
| 3.5 その他 | 7.2 舗設準備 |
| 4. 改質アスファルトの適用 | 7.3 プライムコートおよびタックコート |
| 4.1 一般地域における適用 | 7.4 舗設温度 |
| 4.2 積雪寒冷地における適用 | 7.5 敷きならし |
| 4.3 特殊箇所における適用 | 7.6 締固め |
| 5. 配合設計 | 7.7 継 目 |
| 5.1 概 説 | 7.8 寒冷期の施工 |
| 5.2 配合設計における確認試験 | 8. 管理と検査 |

社団法人 日本アスファルト協会会員

社 名	住 所	電 話
[メーカー]		
出 光 興 産 株 式 会 社	(100) 千代田区丸の内3-1-1	03 (3213) 3134
エ ッ ソ 石 油 株 式 会 社	(107) 港区赤坂5-3-3	03 (3585) 9438
鹿 島 石 油 株 式 会 社	(102) 千代田区紀尾井町3-6	03 (5276) 9556
キグナス石油株式会社	(104) 中央区八重洲2-8-1	03 (3276) 5211
キグナス石油精製株式会社	(210) 川崎市川崎区浮島町3-1	044 (288) 8445
九 州 石 油 株 式 会 社	(100) 千代田区内幸町2-1-1	03 (5512) 8606
極 東 石 油 工 業 株 式 会 社	(100) 千代田区大手町1-7-2	03 (3270) 0841
興 亜 石 油 株 式 会 社	(100) 千代田区大手町2-6-2	03 (3241) 8631
コ ス モ 石 油 株 式 会 社	(105) 港区芝浦1-1-1	03 (3798) 3874
三 共 油 化 工 業 株 式 会 社	(105) 港区新橋1-7-11	03 (5568) 6411
株式会社ジャパンエナジー	(105) 港区虎ノ門2-10-1	03 (5573) 6000
昭和シェル石油株式会社	(100) 千代田区霞が関3-2-5	03 (3503) 4076
昭和四日市石油株式会社	(510) 四日市市塩浜町1	0593 (45) 2111
西 部 石 油 株 式 会 社	(100) 千代田区丸の内1-2-1	03 (3215) 3081
ゼ ネ ラ ル 石 油 株 式 会 社	(105) 港区海岸1-16-1	03 (5403) 3433
東 燃 株 式 会 社	(100) 千代田区一ツ橋1-1-1	03 (3286) 5111
東 北 石 油 株 式 会 社	(985) 仙台市宮城野区港5-1-1	022 (363) 1122
日 本 石 油 株 式 会 社	(105) 港区西新橋1-3-12	03 (3502) 1111
日本石油精製株式会社	(105) 港区西新橋1-3-12	03 (3502) 1111
富 士 興 産 株 式 会 社	(100) 千代田区永田町2-4-3	03 (3580) 3571
富 士 石 油 株 式 会 社	(104) 中央区明石町8-1	03 (3547) 0011
三 井 石 油 株 式 会 社	(101) 千代田区霞が関3-3-2	03 (5512) 3605
三 菱 石 油 株 式 会 社	(108) 港区港南1-6-41	03 (3472) 7883
モ ー ビ ル 石 油 株 式 会 社	(100) 千代田区大手町1-7-2	03 (3244) 4691

[ディーラー]

● 北海道

コスモアスファルト (株) 札幌支店	(060) 札幌市中央区大通り西10-4	011 (281) 3906	コ ス モ
東光商事株式会社札幌営業所	(060) 札幌市中央区南大通り西7-2	011 (241) 1561	三 石
中西瀝青株式会社札幌営業所	(060) 札幌市中央区北2条西2	011 (231) 2895	日 石
株式会社南部商会札幌営業所	(060) 札幌市中央区北2条西2-15	011 (231) 7587	日 石
株 式 会 社 ロ ー ド 資 材	(060) 札幌市中央区北1条西10-1-11	011 (281) 3976	コ ス モ

社団法人 日本アスファルト協会会員

社 名	住 所	電 話	
● 東北			
株式会社男鹿興業社	(010-05) 男鹿市船川港船川字海岸通り1-18-2	0185 (23) 3293	J O M O
カメイ株式会社	(980) 仙台市青葉区国分町3-1-18	022 (264) 6111	日 石
コスモアスファルト(株)仙台支店	(980) 仙台市青葉区中央3-3-3	022 (266) 1101	コ ス モ
正興産業株式会社仙台営業所	(980) 仙台市青葉区国分町3-3-5	022 (263) 5951	三 石
竹中産業株式会社新潟営業所	(950) 新潟市東大通1-4-2	025 (246) 2770	昭和シェル
常盤商事株式会社仙台支店	(980) 仙台市青葉区錦町1-10-11	022 (224) 1151	三 石
中西瀝青株式会社仙台営業所	(980) 仙台市青葉区中央2-1-30	022 (223) 4866	日 石
株式会社南部商会仙台営業所	(980) 仙台市青葉区一番町1-1-31	022 (223) 1011	日 石
ミヤセキ株式会社	(980) 仙台市宮城野区榴岡2-3-12	022 (257) 1231	三 石
菱油販売株式会社仙台支店	(980) 仙台市青葉区国分町3-1-1	022 (225) 1491	三 石
● 関東			
朝日産業株式会社	(103) 中央区日本橋茅場町2-7-9	03 (3669) 7878	コ ス モ
アスファルト産業株式会社	(104) 中央区八丁堀4-11-2	03 (3553) 3001	昭和シェル
伊藤忠商事株式会社	(107) 港区北青山2-5-1	03 (3497) 6548	九 石
伊藤忠燃料株式会社	(153) 目黒区目黒1-24-12	03 (5436) 8211	J O M O
梅本石油株式会社	(162) 新宿区揚場町2-24	03 (3269) 7541	コ ス モ
エムシー・アスファルト株式会社	(100) 千代田区内幸町1-3-3	03 (5251) 2060	三 石
株式会社木畑商会	(104) 中央区八丁堀4-2-2	03 (3552) 3191	J O M O
共立石油株式会社	(107) 港区元赤坂1-7-8	03 (3796) 6640	J O M O
株式会社ケイエム商運	(103) 中央区八重洲1-8-5	03 (3245) 1631	三 石
コスモアスファルト株式会社	(104) 中央区八丁堀3-3-5	03 (3551) 8011	コ ス モ
国光商事株式会社	(164) 中野区東中野1-7-1	03 (3363) 8231	出 光
株式会社澤田商行関東支店	(104) 中央区入船町1-7-2	03 (3551) 7131	コ ス モ
三徳商事株式会社東京支店	(101) 千代田区神田紺屋町11	03 (3254) 9291	昭和シェル
新日本商事株式会社	(170) 豊島区南大塚3-32-10	03 (5391) 4870	昭和シェル
住商石油アスファルト株式会社	(105) 港区浜松町2-3-31	03 (3578) 9521	出 光
竹中産業株式会社	(101) 千代田区鍛冶町1-5-5	03 (3251) 0185	昭和シェル
中央石油株式会社	(160) 新宿区新宿1-14-5	03 (3356) 8061	モービル
株式会社トーアス	(153) 目黒区目黒1-24-12	03 (5436) 8250	J O M O
東京富士興産販売株式会社	(100) 千代田区永田町2-4-2	03 (3591) 3401	富士興産
東京レキセイ株式会社	(150) 渋谷区恵比寿西1-9-12	03 (3496) 8691	富士興産
東光商事株式会社	(104) 中央区京橋2-1-4	03 (3274) 2751	三 石
東新エナジー株式会社	(103) 中央区日本橋2-13-10	03 (3273) 3551	日 石
株式会社トーマン	(107) 港区赤坂2-14-27	03 (3588) 7955	昭和シェル
東洋国際石油株式会社	(104) 中央区八丁堀3-3-5	03 (3552) 8151	コ ス モ
中西瀝青株式会社	(103) 中央区八重洲1-2-1	03 (3272) 3471	日 石
株式会社南部商会	(100) 千代田区丸の内3-4-2	03 (3213) 5871	日 石
日石丸紅株式会社	(105) 港区西新橋2-4-2	03 (5251) 0777	日 石
日東商事株式会社	(170) 豊島区巣鴨4-22-23	03 (3915) 7151	昭和シェル
日東石油株式会社	(104) 中央区八丁堀1-11-3	03 (3551) 6101	昭和シェル
パシフィック石油商事株式会社	(103) 中央区日本橋蛸蛸町1-17-2	03 (3661) 4951	モービル
富士興産アスファルト株式会社	(100) 千代田区永田町2-4-2	03 (3580) 5211	富士興産

社団法人 日本アスファルト協会会員

社 名	住 所	電 話	
富士鋳油株式会社	(105) 港区新橋4-26-5	03 (3432) 2891	コ ス モ
富士油業株式会社東京支店	(106) 港区西麻布1-8-7	03 (3478) 3501	富 士 興 産
丸紅エネルギー株式会社	(101) 千代田区神田駿河台2-2	03 (3293) 4171	モ ー ビ ル
ユニ石油株式会社	(107) 港区元赤坂1-7-8	03 (3796) 6616	昭 和 シェ ル
菱東商事株式会社	(105) 港区新橋2-19-10	03 (3573) 3880	三 石
菱油販売株式会社	(160) 新宿区西新宿1-20-2	03 (3345) 8205	三 石
瀝青販売株式会社	(103) 中央区日本橋2-16-3	03 (3271) 7691	出 光
● 中部			
コスモアスファルト (株) 名古屋支店	(460) 名古屋市中区錦2-14-21	052 (223) 0711	コ ス モ
株式会社 澤田 商行	(454) 名古屋市中川区富川町1-1	052 (353) 5111	コ ス モ
三徳商事株式会社静岡支店	(420) 静岡市伝馬町5-3	054 (255) 2588	昭 和 シェ ル
三徳商事株式会社名古屋支店	(453) 名古屋市中村区則武1-10-6	052 (452) 2781	昭 和 シェ ル
株式会社 三 油 商 会	(460) 名古屋市中区丸の内2-1-5	052 (231) 7721	コ ス モ
静岡鋳油株式会社	(424) 清水市袖師町1575	0543 (66) 1195	モ ー ビ ル
竹中産業株式会社福井営業所	(910) 福井市大手2-4-26	0766 (22) 1565	昭 和 シェ ル
株式会社 田中石油店	(910) 福井市毛矢2-9-1	0776 (35) 1721	昭 和 シェ ル
富安産業株式会社	(939) 富山市若竹町3-74-4	0764 (29) 2298	昭 和 シェ ル
中西瀝青株式会社名古屋営業所	(460) 名古屋市中区錦町1-20-6	052 (211) 5011	日 石
松村物産株式会社	(920) 金沢市広岡2-1-27	0762 (21) 6121	三 石
丸福石油産業株式会社	(933) 高岡市美幸町2-1-28	0766 (22) 2860	昭 和 シェ ル
● 近畿			
赤馬アスファルト工業株式会社	(531) 大阪市北区中津3-10-4	06 (374) 2271	モ ー ビ ル
飯野産業株式会社神戸営業所	(650) 神戸市中央区海岸通り8	078 (333) 2810	J O M O
大阪アスファルト株式会社	(531) 大阪市北区中津1-11-11	06 (372) 0031	出 光
木曾通産株式会社大阪支店	(530) 大阪市北区西天満3-4-5	06 (364) 7212	コ ス モ
共和産業株式会社	(700) 岡山市富田町2-10-4	0862 (33) 1500	J O M O
コスモアスファルト (株) 大阪支店	(550) 大阪市西区西本町2-5-28	06 (538) 2731	コ ス モ
コスモアスファルト (株) 広島支店	(730) 広島市中区銀山町3-1	0822 (44) 6262	コ ス モ
三徳商事株式会社	(532) 大阪市淀川区新高4-1-3	06 (394) 1551	昭 和 シェ ル
昭和瀝青工業株式会社	(670) 姫路市北条口4-26	0792 (26) 2611	J O M O
信和興業株式会社	(700) 岡山市西古松363-4	0862 (41) 3691	三 石
スーパーストロングインターナショナル (株)	(532) 大阪市淀川区西中島2-11-30	06 (303) 5510	昭 和 シェ ル
正興産業株式会社	(650) 神戸市中央区海岸通り6	078 (322) 3301	三 石
中国富士アスファルト株式会社	(711) 倉敷市児島味野浜の宮4051-12	0864 (73) 0350	富 士 興 産
千代田瀝青株式会社	(530) 大阪市北区東天満2-10-17	06 (358) 5531	三 石
ドーロ商事株式会社	(542) 大阪市中央区東心斎橋筋1-3-11	06 (252) 5856	富 士 興 産
中西瀝青株式会社大阪営業所	(530) 大阪市北区西天満3-13-3	06 (316) 0312	日 石
株式会社 ナカムラ	(670) 姫路市国府寺町72	0792 (85) 2551	J O M O
富士アスファルト販売株式会社	(550) 大阪市西区京町堀2-3-19	06 (441) 5195	富 士 興 産
富士商株式会社	(756) 小野田市稲荷町6539	0836 (83) 3210	昭 和 シェ ル
平和石油株式会社	(530) 大阪市北区中之島3-6-32	06 (443) 2771	昭 和 シェ ル
株式会社 松宮物産	(522) 彦根市幸町32	0749 (23) 1608	昭 和 シェ ル
丸和鋳油株式会社	(532) 大阪市淀川区塚本2-14-17	06 (301) 8073	コ ス モ

社団法人 日本アスファルト協会会員

社 名	住 所	電 話
横田瀝青興業株式会社	(672) 姫路市飾磨区南細江995	0792 (33) 0555 J O M O
株式会社菱芳磁産	(672-11) 姫路市広畑区西夢前台7-140	0792 (39) 1344 J O M O
● 四国・九州		
伊藤忠燃料株式会社九州支社	(812) 福岡市博多区博多駅前3-2-8	092 (471) 3851 J O M O
今別府産業株式会社	(890) 鹿児島市新栄町15-7	0992 (56) 4111 J O M O
大分九石販売株式会社	(870) 大分市中央町1-1-3	0975 (34) 0468 九 石
株式会社カンダ	(892) 鹿児島市住吉町1-3	0992 (24) 5111 昭和シェル
株式会社九菱	(805) 北九州市八幡東区山王1-17-11	093 (661) 4868 三 石
コスモアスファルト(株)九州支店	(810) 福岡市中央区大名2-4-30	092 (771) 7436 コ ス モ
三協商事株式会社	(770) 徳島市万代町5-8	0886 (53) 5131 富士興産
サンヨウ株式会社	(815) 福岡市南区玉川町4-30	092 (541) 7615 富士興産
中西瀝青株式会社福岡営業所	(810) 福岡市中央区天神4-1-18	092 (771) 6881 日 石
株式会社南部商会福岡営業所	(810) 福岡市中央区天神3-4-8	092 (721) 4838 日 石
西岡商事株式会社	(764) 仲多度郡多度津町家中3-1	0877 (33) 1001 三 石
畑礦油株式会社	(804) 北九州市戸畑区牧山新町1-40	093 (871) 3625 コ ス モ
平和石油株式会社高松支店	(760) 高松市番町5-6-26	0878 (31) 7255 昭和シェル
丸菱株式会社	(812) 福岡市博多区博多駅前4-3-22	092 (431) 7561 昭和シェル

[賛助会員]

岡谷鋼機株式会社東京本店 (163-10) 新宿区西新宿3-7-1 03 (5323) 3202

編集顧問	編集委員
多田 宏 行 藤井 治 芳 松野 三 朗	委 員 長 : 河 野 宏 副 委 員 長 : 真 柴 和 昌 阿 部 忠 行 板 垣 和 芳 七五三野茂 半 野 久 光 荒 井 孝 雄 菅 野 善 朗 田 井 文 夫 姫 野 賢 治 安 崎 裕 栗 谷 川 裕 造 野 村 敏 明 室 賀 五 郎 池 田 拓 哉 小 島 逸 平 長 谷 川 宏 森 永 教 夫

アスファルト 第187号

平成8年4月発行

社団法人 日本アスファルト協会

〒105 東京都港区虎ノ門1-21-8 TEL 03-3502-3956

本誌広告一手取扱 株式会社 廣業社

〒104 東京都中央区銀座8-2-9 TEL 03-3571-0997 (代)

印刷所 キュービシステム株式会社

〒107 東京都港区赤坂1-9-13 TEL 03-3224-1251 (代)

Vol.38 No.187 APRIL 1996

Published by **THE JAPAN ASPHALT ASSOCIATION**