

V-2-3 交差点立体化等の路上工事短縮技術の開発

研究予算：運営費交付金（道路整備勘定）

研究期間：平 14～16

担当チーム：舗装チーム

研究担当者：伊藤正秀、寺田 剛

【要旨】

都市内の主要交差点では、慢性的に交通渋滞が発生しており、経済活動や周辺環境へ悪影響を及ぼしている。このため、その解決策として交差点の立体化が順次進められている。ただし、その改良工事では工事期間中での交通や環境への影響を最小限に抑えるために、工期の短縮化が求められているのが現状である。

そこで、交差点立体化における橋面舗装の工期短縮を図るために、混合物試験、試験施工、耐久性の評価、施工日数の確認及びライフサイクルコストの評価を行った。その結果、混合物性状や耐久性に優れた工期短縮舗装として3工法を開発することができた。これにより工期の短縮及びLCCの削減に寄与する。

キーワード：交差点立体化、工期短縮、耐久性試験、LCC、SMA混合物

1. まえがき

都市内の主要交差点では、慢性的に交通渋滞が発生しており、経済活動や周辺環境へ悪影響を及ぼしている。このため、交差点部の拡幅や右折レーン等の設置、さらには交差点の立体化等の改良工事が順次進められており、都市内の交通円滑化に効果を発揮している。

しかしながら、交差点立体化の様に大規模な改良工事の場合には、交通量の多い既設道路上での工事となることから、工事に伴う交通規制により新たな交通渋滞が発生し、また、施工ヤード等の制約条件の厳しい場所での施工となることから、施工期間が長期に及び、工事に伴う道路交通への影響も長期間に渡ることになる。更に、工事に伴う騒音・振動等により、長期間に渡り周辺住民の生活環境に影響を及ぼすことになるため工期の短縮化が求められている。

そこで、都市内の交差点立体化の橋面舗装工事において、道路交通や周辺環境への影響の少ない工期短縮舗装の開発を行ったので、以下にその結果を報告する。

2. 研究の概要

研究は、図-1に示すフローに従って行った。以下に研究内容の概要を述べる。

(1) 交差点立体化工事に関する現状調査

工期短縮舗装を開発する参考にするため、これまでに行われた交差点立体化工事（新設及び修繕工事）の現状として工法、舗装構造、材料、工程、コスト等の実態を調査した。また、舗装工事の短縮方法の検討に当たっては、対象となる立体交差点部の橋梁構造につい

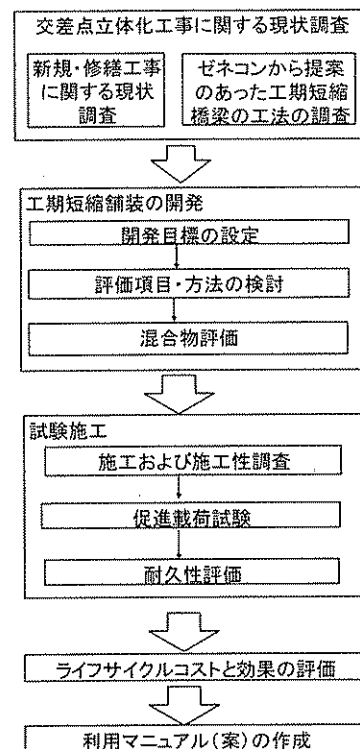


図-1 研究の研究フロー

て把握しておく必要がある。そこで施工技術チームの共同研究において、ゼネコグループと工期短縮橋梁として開発・検討を行っている技術について橋梁の構造や施工方法等の調査を行った。

(2) 工期短縮舗装の開発

工期短縮舗装を開発するため、始めに開発目標を設

定し、評価項目及び方法を決定し、混合物試験を実施し、開発目標を満足するか評価を行った。

(3) 試験施工及び耐久性評価

実道レベルでの施工性と耐久性の評価を行うため、舗装走行実験場で試験施工と促進載荷試験を行った。

(4) ライフサイクルコストと効果の評価

新設及び修繕工事に開発した各工法を採用した場合のLCCと工期短縮効果を評価した。

(5) 利用マニュアル(案)の作成

開発した各工法の利用マニュアル(案)を作成した。

3. 開発した技術

今回、工期短縮舗装として開発する技術は、表-1に示す3種類である。以下にその3種類の特徴を示す。

表-1 開発する技術の種類

技術名	技術の種類
工期短縮舗装A	防水性を有する中温化混合物の2層同時舗設工法
工期短縮舗装B	エポキシアスファルトを用いた橋面舗装施工技術
工期短縮舗装C	繊維系舗装材料を用いた高耐久性橋面舗装

3.1 工期短縮舗装A

本工法は、図-2に示すように下層に防水層の機能を兼ね備えた防水性 SMA (碎石マッシュ混合物) を、表層に排水性と低騒音性を有する機能性 SMA (排水性のキメと SMA の耐久性を併せ持つ混合物) を設け、これらを図-3に示す2層同時舗設型アスファルトフィニッシャにより一層で同時施工しようというものである。なお、上下層混合物にはいずれも締固め性向上や施工温度低減が図れる中温化剤を使用するものである。防水性 SMA を使用することにより防水工の省略、表層と下層を2層同時施工することにより舗装の作業工程を短縮、中温化剤を使用することで舗装体温度低減の時間を短縮することにより工期短縮を図ることが期待できる。

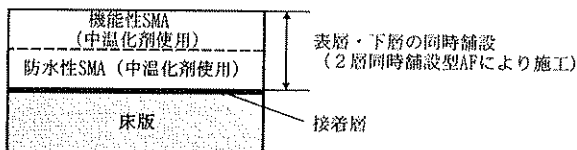


図-2 工期短縮舗装Aの舗装断面

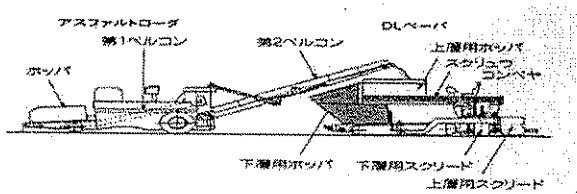


図-3 2層同時舗設型アスファルトフィニッシャ

3.2 工期短縮舗装B

本工法は、図-4に示すように、鋼床版舗装の下層にエポキシアスファルトを用いた5mmTopの細粒度アスファルト混合物(以下、エポキシ細粒5F)を、上層(表層)に一般的な13mmTopの排水性アスファルト混合物(以下、排水性(13))を舗設するものである。通常の舗設機械で施工が可能なエポキシ細粒5Fを用いることで基層工に要する施工日数の短縮化と将来修繕を行う際に基層混合物からの打換を行う回数が低減することにより工期短縮を図ることが期待できる。

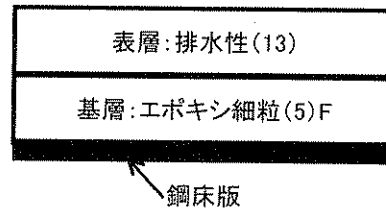


図-4 工期短縮舗装Bの舗装断面

3.3 工期短縮舗装C

本工法の表層は、衝撃吸収性能や騒音低減性能を有し、施工性が良好な繊維系表層材料を貼り付けるものである。橋面舗装は表基層の2層構造を必要とするが、本工法は工場製造の繊維系表層材料を床版上あるいは基層表面に直接貼り付けることにより工期短縮を図る。基層には、施工性と耐流動性に優れた碎石マッシュアスファルト混合物(SMA混合物)を用い、床版の状況に応じて図-5に示す3種類の舗装断面から選定できることとした。繊維系表層材料を施工面に貼り付けることによる工期の短縮及び養生時間を必要としないため交通開放が短縮することにより工期短縮を図ることが期待できる。

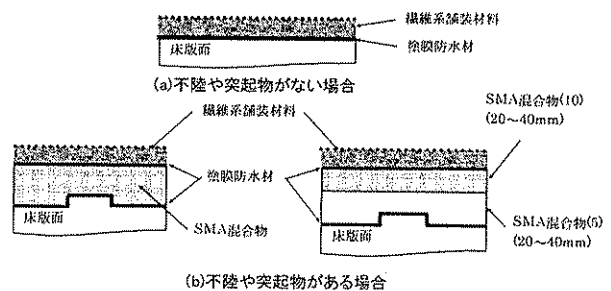


図-5 工期短縮舗装Cの舗装断面

3. 交差点立体化工事に関する現状調査

3.1 新設・修繕工事に関する現状調査

3.1.1 調査方法

交差点立体化工事が実施及び施工されている箇所において現状を調査する目的で橋梁・床版の

種類、橋面舗装の構造、工程、大きさ等について管理者等にヒアリングを実施し調査した。なお、調査対象の交差点立体化工事は全国の国道にかかる最近工事した9箇所について行った。

3.1.2 調査結果

9箇所の調査から主な結果をまとめると以下の通りである。

- 1) 橋梁の種類は11箇所の内、鋼箱桁が5箇所、RC橋が1箇所、PC橋が2箇所、鋼床版が2カ所であった。また、床版の種類はコンクリート床版が9カ所、鋼床版が2カ所であった。
- 2) コンクリート床版の防水材は塗膜防水が4箇所、シート防水が3箇所、1箇所が防水材なしであった。
- 3) 新設工事で防水工から舗装施工までに要した日数は、5日から28日であり、平均で1000m²当たり4.3日要していた。また、切り回し道路の工事に平均で1000m²当たり250.2日も要していた。
- 4) 補修工事でコンクリート床版上の舗装打ち換えに要した日数は、平均で1000m²当たり9.0日、鋼床版上の舗装は打ち換えで1000m²当たり9.2日要していた。
- 5) 橋面舗装は、密粒度舗装が4箇所、改質舗装が4箇所、排水性舗装が1箇所であった。1箇所が下層にSMA混合物を使用することで防水工を省略して工期短縮を図っていた。また、アスファルトフィニッシュを2台並列施工することにより工期短縮を図った箇所が2箇所あった。

3.2 ゼネコン提案の工期短縮橋梁の工法の調査

3.2.1 調査方法

ゼネコングループにヒアリングを行い、各グループの検討内容（床版構造・施工方法等）について調査を行った。ヒアリングの対象としたゼネコングループは、施工技術チームの共同研究に参加している6グループである。

3.2.2 調査結果

調査結果を表-2に示す。調査結果から、以下のことが課題として確認された。

(1) 床版の構造

床版の種類は6グループ中5グループが鋼床版で各グループとも、鋼床版の接合は工期短縮のためにハイテンションボルト（高張力ボルト）による接合方法を採用している。したがって、鋼床版上には、一般的な鋼床版に比べて非常に多くの突起部分が生じることになり、舗装材料の充填性（締固め度）、施工性、平た

ん性等に大きく影響を与えることが考えられる。

(2) 床版上の舗装

予定している床版上の舗装は、3グループが通常のグースアスファルト（以下グースという）で、排水性舗装やSMA舗装を予定しているグループもあるが、まだ決定ではなく、今回開発した工期短縮舗装も施工可能であることが分かった。

(3) 基層のプレキャスト化

当初、工期短縮舗装Bではプレキャスト床版に予め基層混合物を舗設し、現地における舗設作業を表層工のみとする工法を検討していた。しかし、調査の結果、基層をプレキャスト化すると床版の重量が変化するために、運搬・設置作業に支障を来すことが確認された。

表-2 工期短縮橋梁の調査結果

グループ名	施工方法	床版	ジョイント	排水・防水材	舗装	アプローチ部	舗装の時期
Aグループ	鋼床版桁 ・盛り土側からのクレーン吊設 ・現場組立手・高張力ボルト接合	鋼床版 ・釣り金具15mm程度残存 ・床版たわみ量・許容たわみ0.4mm ・高張力ボルトの頭:35mm突出	伸縮装置: 橋梁端部2カ所 ・施工方法: の予定	・排水材:FRP ・排水板抜き孔・標準	未定	盛り土	原則舗装工 事完了後
Bグループ	鋼床版桁 ・現場でクレーン架設 ・現場組立手・高張力ボルト接合 ・架設吊上げ時の床	鋼床版 ・床版たわみ量・許容たわみ0.4mm ・高張力ボルトの頭:35mm突出	未定	・同上	グースアスファルト	未定	原則舗装工 事完了後
Cグループ	コンクリートブロック 桁長3mのブロック 押し工法	コンクリート床版 ・間詰めモルタル有り ・不燃遮正用コンクリート施工有り	・アプローチ部と橋梁部の間	防水材施工予定	排水性舗装 ・舗装厚:80mm	・ブロック積上げ ・アプローチ部の舗装:密粒舗装	原則舗装工 事完了後
Dグループ	鋼床版桁 ・現場でクレーン架設	鋼床版 ・ボルトの頭:35mm突出 ・間隔:5~10mm	・アプローチ部と橋梁部の間	・防水材施工予定 ・排水材・路肩部に20mピッチ	グースアスファルト ・舗装厚:80mm	境涯部を先に施工。盛土部は最後	原則舗装工 事完了後
Eグループ	鋼床版桁 ・吊り金具で架設 ・接合:ボルト	鋼床版 ・吊り金具5mm残存 ・ボルトの頭:16mm突出	・桁、橋合の間	・排水材:路肩部に10mピッチ	グースアスファルト ・舗装厚:75~80mm、2層	境涯部を先に施工 ・路盤を1層施工後作業スペースとして使用 ・路盤、舗装:一般的構造	原則舗装工 事完了後
Fグループ	鋼床版桁 ・接合:ボルト	鋼床版 ・吊り金具5mm残存 ・ボルトの頭:24mm突出	・桁、橋合の間	・排水材:路肩部に20mピッチ	SMA ・舗装厚:75~80mm、2層	境涯部を先に施工 ・路盤と橋梁を同時施工 ・路盤、舗装:一般的構造	原則舗装工 事完了後

4. 工期短縮舗装の開発

4.1 開発目標

工期短縮舗装の開発にあたっては、下記の従来工法と同等以上の性能となることを目標に開発を行った。

- ①鋼床版:グース(下層)+密粒度アスコン(上層)
- ②コンクリート床版:粗粒アスコン(下層)+密粒アスコン(上層)

表-3に各工法の性能指標における開発目標値を示す。

表-3 各工法の開発目標値

評価項目	性能指標	既存技術 (混合物の性状)	開発目標値		
			工法A	工法B	工法C
工期短縮 効果	短縮日数	鋼床版 5日/1000m ²	3日/1000m ²	10日/2,500m ²	4日/1000m ²
	ライフサイクルコスト	コン床版 3日/1000m ²	既存技術以上	既存技術以上	既存技術以上
接着層	接着強度	鋼床版 ≧1.4MPa(20°C)	≧1.4MPa(20°C)	≧1.4MPa(20°C)	≧1.4MPa(20°C)
	引張り接着強度	≧0.8MPa(20°C)	≧0.8MPa(20°C)	—	≧0.8MPa(20°C)
	びん断接着強度	コン床版 ≧1.2MPa(-10°C)	≧1.2MPa(-10°C)	—	≧0.8MPa(20°C)
		≧0.2MPa(20°C)	≧0.2MPa(20°C)	—	—
下層材料	製造、締固め底温温度	温度低減せず	温度低減≧30°C	—	—
	締固め度	締固め度≧97.5%	締固め度≧97.5%	—	—
	透水係数	不透水	<1×10 ⁻⁷	<1×10 ⁻⁷ cm/s	≦1×10 ⁻⁷
	曲げ破壊ひずみ	8.5×10 ⁻³ 程度	≧6×10 ⁻³	5×10 ⁻³ 以上	≧5×10 ⁻³
	疲労破壊性	20,000回程度	既存材料以上	既存材料以上	既存材料以上
	ポルト接着強度	—	—	≧1.4MPa(20°C)	—
	動的安定度(DS)	300回/mm程度	≧1500(回/mm)	3,000回/mm以上	3,000回/mm以上
	制塵率	—	制塵率≦5%	—	制塵率≦5%
	製造、締固め底温温度	温度低減せず	温度低減≧30°C	—	—
	締固め度	締固め度≧96%	締固め度≧96%	—	—
上層材料	曲げ破壊ひずみ	6.2×10 ⁻³ 程度	≧6×10 ⁻³	6×10 ⁻³ 以上	≧5×10 ⁻³
	疲労破壊性	3,000回程度	既存材料以上	既存材料以上	既存材料以上
	動的安定度(DS)	3,000回/mm程度	≧3,000(回/mm)	3,000回/mm以上	20%以下
	カンタブロス係	—	—	変形量2mm以下	沈下量≦5mm
	透水係数	—	—	>0.01cm/s	≦1×10 ⁻⁷
	制塵率	—	制塵率≦5%	—	制塵率≦5%
	すべり抵抗性	BPN	—	—	≧60
	すべり摩損係数	—	—	—	≧0.4(0km/h)
	凍害体	透水係数	—	<1×10 ⁻⁷	—

4.2 評価項目と評価方法

評価は工法毎に以下の方法で行った。

4.2.1 工期短縮舗装A

工法Aは、下層に中温化防水性 SMA、上層に中温化機能性 SMA を設け、これらを2層同時舗設型のアスファルトフィニッシャにより一層で同時施工する工法であるため、室内試験と構内試験により、①上下層混合物の製造温度低減の可能性、②上下層の適切な舗装構成、③所要の締固めとキメを確保できる適切な転圧方法について検討した。

(1) 室内試験

室内試験は、締固め温度を変えて表-4に示す試験を実施し、上下層混合物の温度低減の可能性を検討した。

表-4 室内で実施した試験項目

中温化剤使用の有無	無し		有り				
	160°C	150°C	140°C	130°C	120°C	110°C	
締固め温度	160°C	150°C	140°C	130°C	120°C	110°C	
マーシャル締固め試験	○	○	○	○	○	○	
加圧透水試験(下層混合物のみ)	○	○	○	○	○	○	
ホイールトラッキング試験	○	○		○			
単純曲げ試験(-10°C, 50mm/分)	○	○		○			

(2) 構内試験

2層同時施工では、鋼床版上の高張力ボルトの凹凸を考慮したうえで所要の締固めや厚さ、キメが得られるような上下層の舗装構成と転圧方法を決定する必要がある。そこで、図-6に示す厚さ25mmと35mmの幅50cmの凹凸箇所を設け試験施工し、舗装構成と転圧方法について検討した。

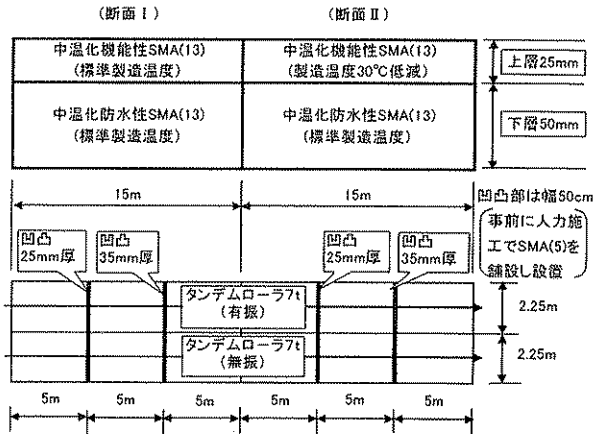


図-6 構内試験施工の断面と転圧方法

- ①舗装構成：室内試験結果をもとに選定した2つの舗装断面
- ②転圧：タンデムローラ(7t)を用いた場合の振動の有無
- ③敷均し：2層同時舗設型AF
- ④試験：施工後に両断面の中央部、施工端部、凹凸上部、凹凸近傍部からコアを採取し、その締固め度と厚さを測定

4.2.2 工期短縮舗装B

工法Bの開発は、以下の項目について検討を行った。

(1)表・基層材料の検討

表層に使用する排水性(13)および基層に使用する防水性・耐久性に優れたエポキシ細粒5Fの配合および混合物性状について、表-3に示した要求性能が満足するか検討を行った。

(2)防水層・接着層の検討

グースアスコンを用いた場合と同等の接着強度を確保できる防水層・接着層の検討を行った。

4.2.3 工期短縮舗装C

工法Cの開発は、以下の項目について検討を行った。

1) 基層用材料の検討

工法Cは表層に繊維系表層材料を用いるため、交通荷重は床版と基層により支持しなければならない。このため、基層用混合物に用いたSMA混合物は表層混合物程度の動的安定度が要求される。また、鋼床版ボルト接合箇所や集水枡などの舗装端部では良好な締固め特性を必要とするため、構造物の隙間への充填性および防水性能を高めた、SMA混合物の最大骨材サイズを5mmあるいは10mm程度の小粒径タイプを使用することとした。しかし、骨材の最大粒径を小さくすると強度特性が低下することが懸念されることから、バインダ

として改質アスファルトⅡ型と硬化性バインダ(エポキシ入り)について混合物試験を実施し表-3に示した要求性能が満足するか検討を行った。

2) 表層用材料の検討

繊維系表層材料は、わだち掘れに対する抵抗性はあるが、タイヤ通過時の圧密や摩擦熱によって変質・平滑になるため性能が低下する。そこで、摩耗抵抗性、すえり抵抗性および透水試験など表-3に示した要求性能が満足するか検討を行った。

3) 防水層・接着層の検討

繊維系表層材料を路面に接着するための接着材およびすべり抵抗性を維持できるすべり防止材の開発を行った。

4.3 評価結果

4.3.1 工期短縮舗装A

1) 混合物性状の結果

上下層混合物の各種性状試験結果を表-5に示す。この結果、下層用の防水性SMA(13)は、中温化剤を使用すれば締固め温度を低減しても締固め度は問題ない。しかし、透水係数は 10^{-7} より大きな値となっており、十分な防水性は得られない。一方、中温化剤を使用した上層用の機能性SMA(13)では、締固め度やDS、曲げ破断ひずみは、締固め温度を30℃低減しても中温化剤を使用しない標準160℃の場合と遜色のない値を示している。以上のことから、品質面でみると上層用の機能性SMA(13)であれば、30℃程度の温度低減は可能であると判断される。

2) 構内施工の結果

断面Ⅰと断面Ⅱでの上層の締固め度の平均値を図-7と8に、下層の締固め度の平均値を図-9に示す。

図-7と8を比較してみると、同一転圧方法では上層の締固め度はどちらの断面でも同程度であり、製造温度による大きな違いはみられない。このことから、上層用の中温化機能性SMA(13)は施工面からみても30℃低減が可能であり、室内試験結果と合わせると交通開放までの養生時間の短縮を期待できる断面Ⅱが舗装構成として妥当であるといえる。

また、図-7~9を合わせてみると、上下層ともローラ転圧の振動有無による締固め度の違いは大きくみられない。ただし、上層の仕上がり面を目視観察した結果では、有振では機能性SMA特有の排水性舗装に近いキメがやや損なわれる状態であった。これらのことから、転圧方法はタンデムローラで無振で行うのが適切であることが確認できた。

一方、凹凸部やその近傍部の締固め度は、上層で通常部よりやや小さいものの端部ほど大きく低下していない。また、当該部の施工厚は表-6のようにほぼ所定の値となっている。これより、施工での凹凸部の影響は少なかったと判断でき、この点からも上述した舗装構成と転圧方法は妥当といえる。

表-5 混合物性状の室内試験結果

中温化剤使用の有無	無し	有り						
		160℃	150℃	140℃	130℃	120℃	110℃	
締固め温度	160℃	160℃	150℃	140℃	130℃	120℃	110℃	
防水性SMA(13) (下層用混合物)	締固め度(%)	100.0	100.8	100.7	100.3	100.1	99.9	99.6
	透水係数(cm/s)	$<10^{-7}$	$<10^{-7}$	4.5×10^{-6}	3.4×10^{-5}	3.5×10^{-5}	3.3×10^{-5}	4.6×10^{-5}
	DS(回/mm)	3,700	3,600	—	—	5,900	—	—
	曲げ破断ひずみ	5.6×10^{-3}	8.7×10^{-3}	—	—	4.6×10^{-3}	—	—
機能性SMA(13) (上層用混合物)	締固め度(%)	100.0	100.4	100.0	99.8	99.7	99.5	99.2
	DS(回/mm)	8,400	12,000	—	—	6,200	—	—
	曲げ破断ひずみ	5.5×10^{-3}	9.8×10^{-3}	—	—	4.9×10^{-3}	—	—

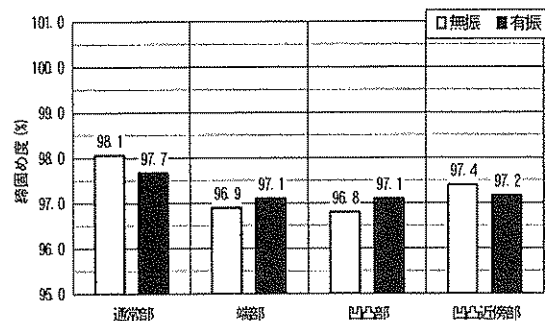


図-7 断面Ⅰでの上層の締固め度 (標準温度)

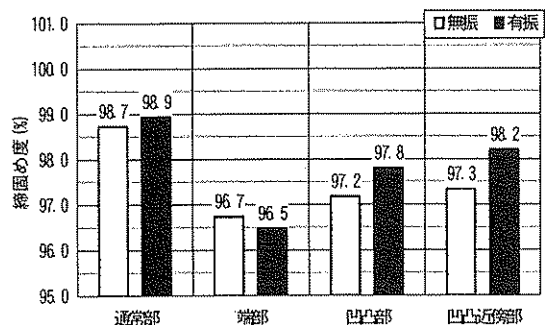


図-8 断面Ⅱでの上層の締固め度 (30℃低減)

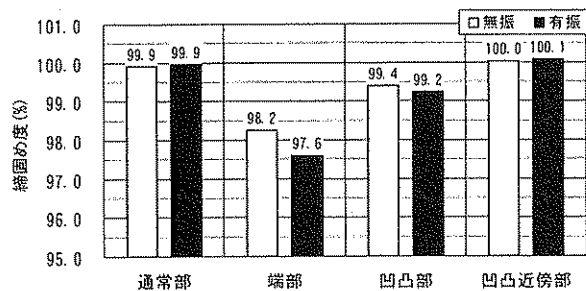


図-9 両断面での下層の締固め度 (標準温度)

表-6 施工厚さ(括弧内は所定厚)[単位:mm]

層	製造温度	振動有無	通常部	端部	凹凸部		凹凸 近傍部
					25mm厚	35mm厚	
下層	標準温度	無振	59 (50)	58 (50)	37 (25)	35 (15)	59 (50)
		有振	55 (50)	57 (50)	31 (25)	29 (15)	56 (50)
上層	標準温度 (断面Ⅰ)	無振	29 (25)	28 (25)	28 (25)		31 (25)
		有振	30 (25)	30 (25)	27 (25)		30 (25)
	30℃低減 (断面Ⅱ)	無振	27 (25)	27 (25)	25 (25)		28 (25)
		有振	27 (25)	26 (25)	25 (25)		25 (25)

4.3.1 工期短縮舗装B

接着層と基層混合物の試験結果を表-7に、表層混合物の試験結果を表-8に示す。この結果、接着層及び表・基層混合物とも全ての項目において開発目標値を満足する結果となり、従来基層に用いられていたグースアスコンや表層に用いられている密粒アスコンと比較して同等以上の性能を有することが確認できた。このことより、基層にはエポキシ細粒5Fを、表層には排水性(13)が適用可能であることが確認された。

表-7 接着層と基層混合物の試験結果

評価項目	性能指標	試験結果	開発目標値	備考
接着層	接着強度	1.43MPa	≥1.4MPa	注1
	透水係数	1.44×10^{-8} cm/s	$< 1 \times 10^{-7}$ cm/s	注2
基層混合物	突起部の接着強度	1.54MPa	≥1.4MPa	注1
	曲げ破断ひずみ	6.9×10^{-3}	5×10^{-3} 以上	
	疲労破壊回数	40,000回	グースと同等以上	注3
	動的安定度(DS)	4,200回/mm	3,000回/mm以上	注4

(注1)試験温度:20℃
 (注2)490kPa、24時間
 (注3)0℃、5Hz、ひずみ 400×10^{-4}
 (注4)エポキシ細粒5Fは60℃、3時間養生での値

表-8 表層混合物の試験結果

評価項目	性能指標	試験結果	開発目標値	備考
表層混合物	曲げ破断ひずみ	7.7×10^{-3}	6×10^{-3} 以上	
	疲労破壊回数	12,300回	密粒と同等以上	注1
	動的安定度(DS)	6,300回/mm	3,000回/mm以上	
	カンタブロ損失率	6.2%	20%以下	注2
	すべり抵抗性	変形量1.85mm	変形量2mm以下	注3
	透水係数	0.37cm/s	> 0.01 cm/s	

(注1)0℃、5Hz、ひずみ 400×10^{-4}
 (注2)試験温度:20℃
 (注3)45℃、2時間後の変形量

4.3.2 工期短縮舗装C

1) 基層用混合物の試験結果

基層混合物のバインダを変えた場合の試験結果を表-8に示す。この結果、曲げ破断ひずみは、エポキシより改質Ⅱ型の方が大きな値となったが、開発目標である 5×10^7 はエポキシも満足した結果となった。また、動的安定度を比較すると、エポキシの方が大きな値となった。これより、基層混合物のバインダには動的安定度の高い硬化性アスファルト(エポキシ入り)を用いることとした。

表-9 基層混合物の試験結果

混合物種類	SMA混合物				備考
	改質Ⅱ型	エポキシ	改質Ⅱ型	エポキシ	
最大粒径(mm)	10		5		
バインダ種類	改質Ⅱ型	エポキシ	改質Ⅱ型	エポキシ	
疲労破壊回数(回)	—	60,000	—	40,000	注1
曲げ破断ひずみ($\times 10^{-3}$)	5.6	5	6.3	5.1	
動的安定度(回/mm)	5250	12600	2100	7875	
剥離率(%)	0	0	0	0	注2
透水係数(cm/sec)	不透水	不透水	不透水	不透水	注3

*1) 疲労破壊回数は、繰返し4点曲げ試験による。
 試験温度:5℃、周波数:5Hz、ひずみ:400μ、
 *2) はく離率は、水浸ホイールトラッキング試験による。
 *3) 透水係数は、加圧式透水試験(JISA1218準拠)による。

2) 繊維系表層材料の試験結果

繊維系表層材料の試験結果を表-10に示す。この結果、摩耗量、すべり抵抗性(沈下量)および透水係数とも要求性能を満足する結果であった。

表-10 繊維系表層材料の試験結果

試験	項目	結果	摘要
ラベリング試験	摩耗量 (cm ²)	0.3	
すべり試験	沈下量 (mm)	1.87	
透水試験	透水係数 (cm/sec)	0	注1)

*1) 加圧透水試験(JISA1218準拠)

5. 試験施工及び耐久性評価

5.1 概要

各工法の施工性および耐久性を把握することを目的として試験施工を実施した。事前に実施したゼネコングループへのヒアリング結果により、急速施工の橋梁では鋼床版を用いているケースがほとんどであったため、土木研究所の舗装走行実験場大ループ(全周870m)の直線部分にある鋼床版で実施した。全長60mの鋼床版が4つのスパンに分割されており、各工法の工区割は図-10に示すとおりとした。

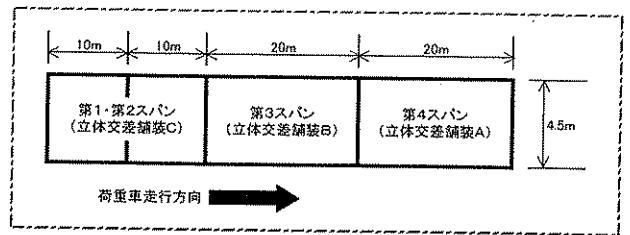


図-10 鋼床版の工区割

5.2 調査項目

施工性調査は施工直後に床版との接着性、締固め度、防水性、施工厚を、耐久性の評価は荷重車(総荷重36t、輪荷重6t)を4台同時に49kN/輪換算で10万輪(B交通6.7年相当)走行させ、わだち掘れ量、平坦性、すべり抵抗性を調査した。調査は図-11に示す箇所で行った。また、ゼネコン各社が提案している急速施工の鋼床版では、一般的な鋼床版に比べて非常に多くの

高張力ボルトによる突起部分が生じる。そこで、今回の試験施工では、実際の鋼床版における添接部分を模して作製した模擬添接ボルト板を床版上に設置して、ボルト部分の締固め特性や施工性に対する影響について検討した。模擬添接ボルト板の設置状況を写真-1に、設置位置を図-11示す。

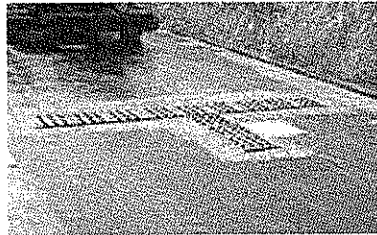


写真-1 模擬添接ボルト板の設置状況

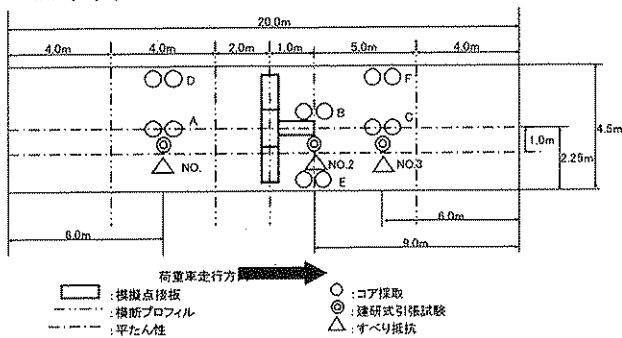


図-11 調査箇所及び模擬添接ボルト板の設置位置

5.3 施工

共通工は図-12に示す順で行った。なお、加熱塗布防水は、工法Cについては鋼床版全面、工法AとBについては鋼床版端部と模擬添接板部分のみに施工した。各工法の施工断面を図-13に、各工法の施工状況を写真-2～3に示す。

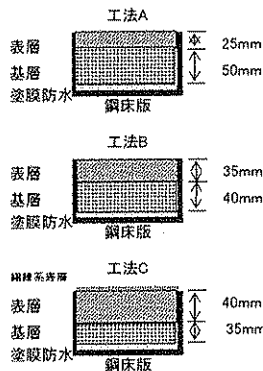
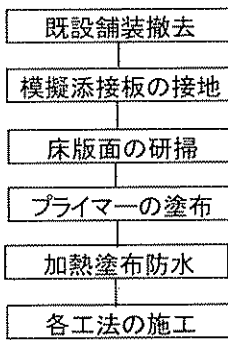


図-12 共通工の施工手順

図-13 各工法の施工断面



写真-2 工法Aの施工状況

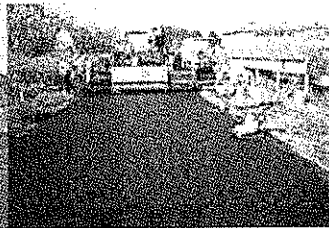


写真-3 工法Bの施工状況

5.4 施工性・追跡調査結果

施工性の調査結果を表-11に、耐久性の調査結果を表-12に示す。施工性調査の結果、中央部に比べて端部が締まりにくいと思われたが、施工厚さ、締固め度及び透水係数の結果は、若干の差はあるもののほぼ予定の施工厚さ、締固め度96%以上および中央部と同等の透水係数となっており、問題ない施工性を有していた。また、添接板上は接着性が懸念されたが、3工法とも通常部とほぼ同じ値であり、舗装構成と転圧方法は妥当といえる。

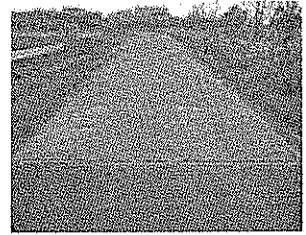


写真-4 工法Cの施工状況

耐久性の調査の結果、交通量は10万輪（B交通6.7年相当）と少ないがわだち掘れ量、平坦性及びすべり抵抗性ともほとんど変化が無く、現段階では問題となるレベルではなかった。重交通道路に適用可能かは更に継続した調査を行ってから見極める必要である。

表-11 施工性調査結果

試験項目	層の別	工法A		工法B		工法C	
		中央部	端部	中央部	端部	中央部	端部
施工厚さ (mm)	基層	57(50)	60(50)	45(40)	43(40)	36(35)	36(35)
	表層	28(25)	25(25)	35(35)	35(35)	41(40)	41(40)
締固め度 (%)	基層	99.4	100.4	96.4	95.2	97.1	97.1
	表層	99.2	99	97	96.1	98.2	97.5
透水係数 (cm/s)	基層	不透水	不透水	1.46×10^{-7}	2.31×10^{-6}	2.48×10^{-7}	3.51×10^{-7}
床版との接着性 (N/mm ²)	添接板上	-	0.9	-	-	1.1	-
	通常部	混合物で破壊	-	1.1	-	1.2	-

表-12 耐久性調査結果

試験項目	試験場所	工法A		工法B		工法C	
		0.5万輪	10万輪	0.5万輪	10万輪	0.5万輪	10万輪
わだち掘れ量 (mm)	添接板上	1.30	2.00	3.00	0.00	0.50	2.00
	通常部	2.10	2.00	3.00	0.00	0.00	2.00
平坦性	IWP	2.38	2.39	2.24	2.23	1.97	2.11
すべり抵抗値	IWP	0.19	0.52	0.55	0.30	0.62	0.60
						0.74	0.72
						0.65	

6. ライフサイクルコストと効果

6.1 LCC 計算手法

6.1.1 標準的な工事の設定

開発した各工法と比較のための従来工法の新設及び修繕工事のライフサイクルコスト（以下、LCC という）を算出するため、交差点立体化工事に関する現状調査で調査した橋梁の工程分析結果からコンクリート橋及び鋼橋の標準的な工事を以下のように設定した。

1) 橋梁条件

- ・幅員 (W) = 8.25 (片側2車線) × 2 (上下線)
- ・橋長 (L) = 300m
- ・舗装厚: 8cm

2) 従来工法の条件

- ① 鋼床版: グース (下層) + 密粒度アスコン (上層)
- ② コンクリート床版: 粗粒アスコン (下層) + 密粒

アスコン(上層)+防水材(シート系)

3) 従来工法の修繕工事の工法

①鋼床版及びコンクリート床版

- ・ 打換え：1回/18年の防水層までの打換え
- ・ 修繕：1回/5年の切削オーバーレイ

6.1.2 LCCの算出方法

LCCは以下に示す①道路管理者費用、②道路利用者費用、③沿道及び地域社会費用について算出し計算を行った。

- ①道路管理者費用：調査設計費、建設費、維持修繕費、打換え費
 - ②道路利用者費用：工事規制、路面性状悪化に伴う車両走行費、工事規制に伴う時間損出費
 - ③沿道及び地域社会費用：騒音費(密粒舗装に対する増減値)
- ③計算年数：20年

6.1.3 工期短縮舗装の条件

計算に用いた工期短縮舗装の条件はそれぞれが設定した条件で行った。新設及び修繕工事にもそれぞれの工法を使用する条件とした。

6.2 計算結果

各工期短縮舗装の施工日数とLCCの計算結果と従来工法に対する削減率を表-13に示す。この結果、コンクリート床版及び鋼床版の施工日数は、各工法とも従来工法より3割~9割程度短くなっており、特に工法Aは上下層2層同時施工のため大幅に工期短縮が図られている。また、鋼床版は3工法とも基層にグースを使わないため大幅な工期短縮になっている。LCCの結果、建設費は従来工法に比べ工法Aだけが2層同時施工のため削減されているが、工法BとCは耐久性の良い材料にしているため逆に高くなっている。しかし、維持費と改築費及び道路利用者費用は3工法とも耐久性の良い材料にしているため修繕までの期間が長くてきたため工事回数が減り大幅に削減されている。また、3工法とも、表層に騒音低減効果の高い材料を使用したため騒音費用の外部コストが大幅に削減されている。これらの結果、LCCの合計は3工法とも従来工法より削減効果がある結果となった。特に工法Aは大幅な削減効果がある結果となった。

7. 利用マニュアル(案)の作成

開発した3工法について利用マニュアル(案)を作成した。作成したマニュアル(案)の目次を表-14に示す。3工とも、従来の交差点立体化橋梁や施工技術

表-13 各工法の施工日数とLCCの計算結果

項目	単位	鋼床版		コンクリート床版			鋼床版		
		工法A	工法B	工法A	工法B	工法C	工法A	工法B	工法C
施工日数	日	7.6	8.0	—	1.0	1.0	—	1.0	1.0
(日/1000m ²)		1.6	1.6	—	0.8	0.8	—	0.8	0.8
鋼床版	日	1.1	1.9	0.4	0.8	1.2	0.4	0.8	1.2
合計	日	4.3	11.5	0.4	2.8	3.0	0.4	2.8	3.0
道路管理者費用	千円	705.6	705.6	705.6	705.6	705.6	705.6	705.6	705.6
建設費用	千円	29,138.8	38,471.4	26,532.0	49,117.4	74,463.7	26,532.0	49,117.4	74,463.7
維持修繕費用	千円	17,893.3	17,993.3	8,061.1	9,063.9	12,947.9	8,061.1	9,063.9	12,947.9
騒音低減費用	千円	79,788.0	119,265.0	30,056.4	32,256.0	56,546.0	38,332.8	41,138.1	65,042.9
道路利用者費用	千円	6,090.9	7,200.2	5,020.3	5,030.5	6,294.7	5,020.3	5,030.5	6,294.7
時間損出費用	千円	6,430	12,372	604	908	1,760	604	908	1,760
騒音及び地域社会費用	千円	0	0	▲5,702	▲6,985	▲24,805	▲5,702	▲24,805	▲6,985
LCC合計(20年間)	千円	140,146	191,608	65,277	90,094	125,912	73,554	81,156	153,230
従来工法との増減	千円	—	—	▲79,869	▲60,062	▲14,235	▲123,054	▲92,631	▲38,378
従来工法との削減率	%	—	—	▲53.4	▲35.7	▲10.2	▲81.6	▲57.8	▲20.0

チームとゼネコグループが工期短縮橋梁として開発・検討を行っている橋梁にも適用ができるようになっている。また、修繕工事にも今回開発した工期短縮舗装を適用すると工期短縮効果が高くなるためマニュアルに維持修繕の項目を記述している。

表-14 マニュアル(案)目次

第I部 工期短縮型舗装概論
第1章 概説
1.1 定義
1.2 工期短縮型舗装の種類
第2章 工期短縮型舗装の設計
2.1 適用箇所
2.2 舗装構成
第II部 各種の工期短縮型舗装
1.1 概要
1.2 使用材料および配合
1.3 製造・運搬
1.4 施工
1.5 施工管理
1.6 維持修繕
1.7 作業歩掛り

8. まとめ

以上の結果をまとめると以下のとおりである。

- 1) 混合物性状や耐久性に優れた工期短縮舗装として以下に示す3工法を開発することができた。これにより工期の短縮及びLCCが可能となった。
 - ①工期短縮舗装A：防水性を有する中温化混合物の2層同時舗設工法
 - ②工期短縮舗装B：エポキシアスファルトを用いた橋面舗装施工技術
 - ③工期短縮舗装C：繊維系舗装材料を用いた高耐久性橋面舗装
- 2) 開発した3工法について利用マニュアル(案)を作成した。

9. 今後の課題

耐久性の確認は、舗装走行実験場の試験施工で確認できたが、走行回数が少なかったため実路での供用性の確認と実際の施工日数の削減効果の確認が課題である。

参考文献

- 1) 共同研究報告書：交差点立体化の路上工事短縮技術の開発—立体交差舗装の開発と利用マニュアル(案)一、独立行政法人土木研究所舗装チーム(現在作成中、作成予定平成17年6月)