

鋼床版上における舗装の損傷実態と補修方法

湾岸管理部 保 全 課 東 定 生
湾岸管理部 湾岸維持事務所 鈴 木 浩 一

要 旨

湾岸線における大規模補修工事の施工に先立ち路面性状自動測定装置で、鋼床版における舗装損傷の実態を測定した結果、ひび割れ24%に対し、わだち掘れが41%と半数近くの径間にわだち掘れの損傷があることが確認できた。ひび割れの特徴としては、構造的ひび割れである線状ひび割れ、さらにヘアクラックが進行した網状ひび割れや、接着力の低下したずれが確認された。

補修用鋼床版舗装材料には、従来から使用しているグースアスファルトに替えて、碎石マスチックアスファルト（SMA）を一部採用した。SMAは繊維を混入補強した特殊なギャップ粒度の混合物であるため、耐流動性に優れている。併せてアスファルトモルタル量が多く空隙が少ない緻密な混合物であるため、水密性、たわみ性、ひび割れ抵抗性に優れた混合物である。しかし、SMAにおける施工の良否は、舗装の供用性と防水性に大きな影響を与えるため、各現場で定めた作業標準や施工管理方法が適切であることを事前に確認する必要がある。

SMAは、グースアスファルトに比べて、施工費が3割程度安価に施工できるため、建設コスト縮減さらに工期短縮が図れ将来期待のできる材料である。

キーワード：路面性状自動測定、舗装損傷、碎石マスチック、SMA、中温化技術、コスト縮減

まえがき

4号湾岸線の天保山～三宝間約8kmは、供用開始後17～25年経過し、近年緊急工事が必要な、舗装のひび割れやポットホールが多発している。

このため湾岸管理部では、道路機能を良好に維持すべく適宜補修工事を実施しているが、補修を要する数量が増加し、補修に相当な日数を要することから、交通影響、利用者サービス等を考慮し、短期間かつ、集中的に工事を行う大規模補修工事を実施した。

湾岸線における大規模補修工事は供用後初めての試みであり、工事渋滞による他路線への影響、乗り継ぎによる15号堺線への代替ルートが確保

できること、実施可能な規制延長等を考慮して天保山～三宝間のうち、平成11年度の工事区間は南港南～三宝間約3km（図-1）とした。

湾岸線は路線の性格上、通行止めによる補修工事は困難なため、交通影響の比較的少ない週末（土・日曜日）を利用して2車線規制工事を行った。

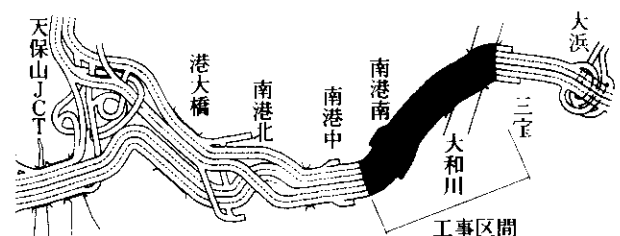


図-1 施工位置図

ここでは、2車線規制による大規模補修工事の中から、舗装損傷の実態と補修方法について報告する。

1. 損傷実態

1-1 路面性状自動測定システム

舗装の施工に先立ち、平成11年度の工事区間である三宝～南港南間の、舗装損傷の実態を把握するために路面性状自動測定装置を使用して、わだち掘れ及びひび割れを測定した。

従来の測定方法は、車線規制を行いスケッチによるひび割れの測定及び定規によるわだち掘れの測定を行っていたが、路面性状自動測定装置を使用することにより、40km/hr走行でデータの収集ができるため、車線規制の必要がなくなり工事渋滞の発生をなくすることができる。

今回使用したシステムは、財土木研究センターにおいて性能確認の認証を受けたものであり、レーザーセンサーとCCDカメラを搭載し、わだち掘れとひび割れの各状況図と、路面性状数値が出力できるものを使用した。

1-2 損傷実態

調査の結果を「道路構造物の点検標準（土木構造物編）：阪神高速道路公団」の舗装損傷判定基準（表-1）で判定すると、南港南～三宝間の全径間に対してBランク以上の損傷がある径間は、補修済みのパッチングを含めて、ひび割れの24%（図-2）に対して、わだち掘れは41%（図-3）と半数近くの径間にわだち掘れは損傷が出ている。

しかし、自動測定装置が計測可能なひび割れ幅は1mm以上であり、目視の結果1mm以下のひび割

れが発生している径間や、最大ひび割れ幅が数ミリに達している径間も数多く見られ、それらを合わせると、ほぼ全径間に何らかのひび割れ損傷が発生している。

特に鋼床版上のひび割れは、雨水の浸入によりグースアスファルトにプリスタリングを発生させたり、さらに本体構造物に錆び等の損傷を生じさせる要因となるため、予防保全の意味も含めて、鋼床版上のひび割れ判定は1mm以上のひび割れ率による判定だけではなく、1mm以下のひび割れ率や最大ひび割れ幅も補修の判定基準に今後加える必要がある。

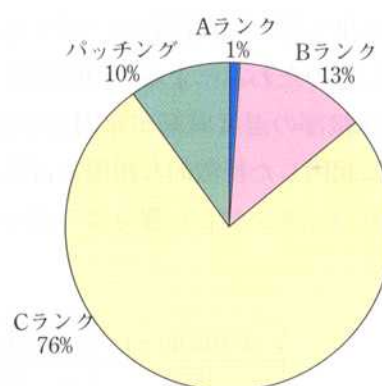


図-2 ひび割れ

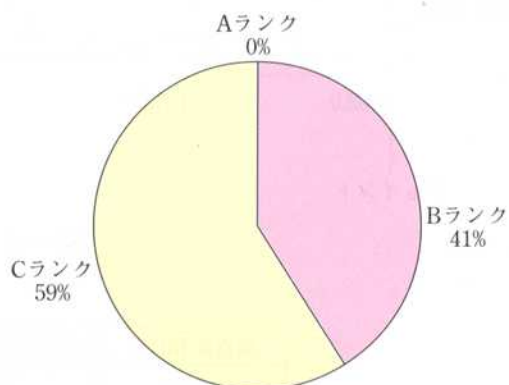


図-3 わだち掘れ

表-1 舗装の判定基準

判定区分	A	B	C	OK
点検項目				
最大わだち掘れ量 (mm)	20以上	20未満～10以上	10未満～3以上	3以上
累計ひび割れ率 (%)	15以上	15未満～5以上	5未満～0以上	0

1-3 損傷の特徴

(1) わだち掘れ

わだち掘れの要因として、一般的に言われているのが高温と重交通量であり、鋼床版は特に路面温度に与える影響が大きい。湾岸線は鋼床版が多く重交通量も多いこともあり、温度と重交通量の両方の要因を兼ね備えているのが特徴である。

(2) 線状ひび割れ

ひび割れは一般的に、線状ひび割れと網状ひび割れの2種類があるが、鋼床版上の特徴として線状ひび割れがあげられる。

線状ひび割れは、図-4に示す様に橋軸方向に直線的に発生している。

鋼床版張り出し部の添接位置と一致することから、張り出し部のたわみによる負の曲げモーメントもしくは添接部の温度収縮が原因となるため、鋼床版構造に起因した特徴的な損傷と言える。

なお、黒くハッチングした部分は、ポットホー

ルもしくは補修後のパッチングを表している。

(3) 網状ひび割れ

網状ひび割れは図-5に示す様に、ヘアクラックが進行して亀甲状に発達したものであり、アスファルトの劣化が原因である。

網状ひび割れは放置しておくとも雨水の浸入により表層と基層さらには基層と床版の接着性が低下しポットホールに進行する。この網状ひび割れは車のタイヤ位置に多く見られるためクラックシール等雨水の浸入を防止する処置が早急に求められる。

(4) ずれ

図-6に示した、右上のハッチング内に橋軸直角方向にクラックをスケッチしている箇所が、舗装にずれが生じているところである。

舗装のずれはクラックからの雨水の浸入により、基層と表層あるいは表層と床版面の接着力が低下し、交通荷重のせん断作用により局部的に生じる損傷である。

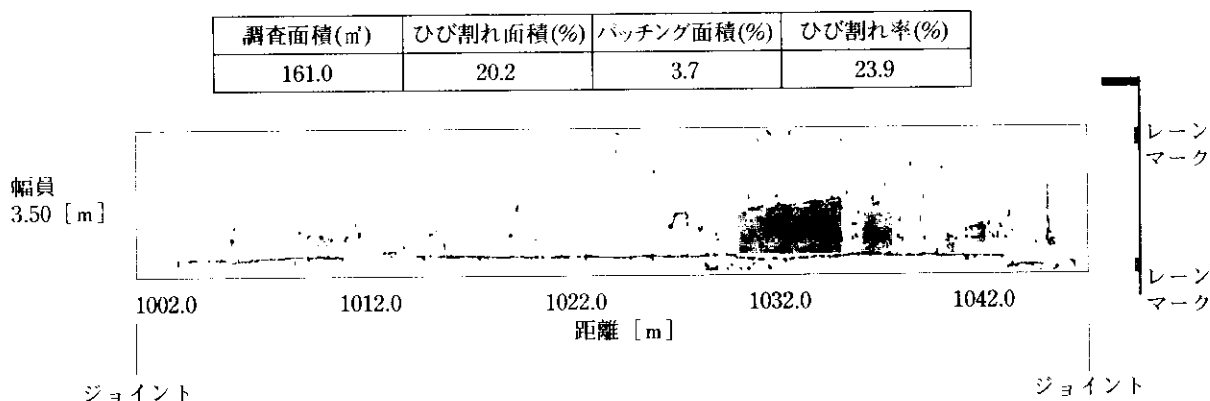


図-4 線状ひび割れ状況

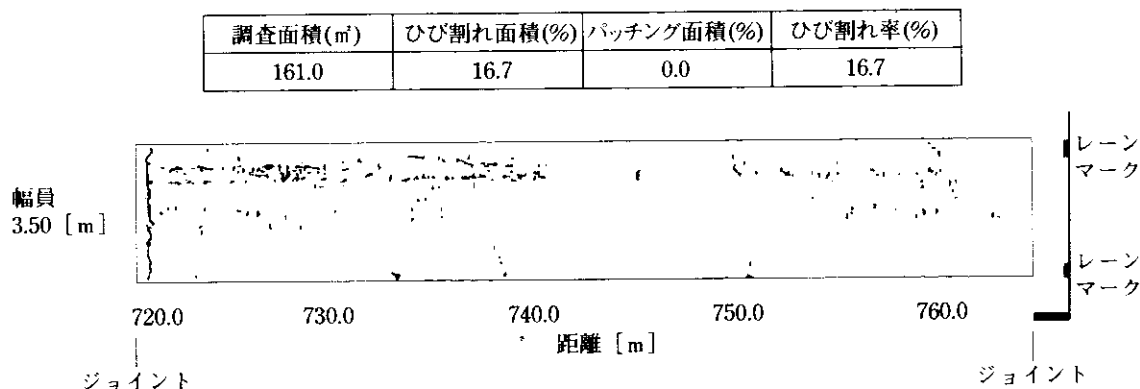


図-5 網状ひび割れ状況

調査面積(m ²)	ひび割れ面積(%)	パッチング面積(%)	ひび割れ率(%)
147.0	13.4	5.5	18.9

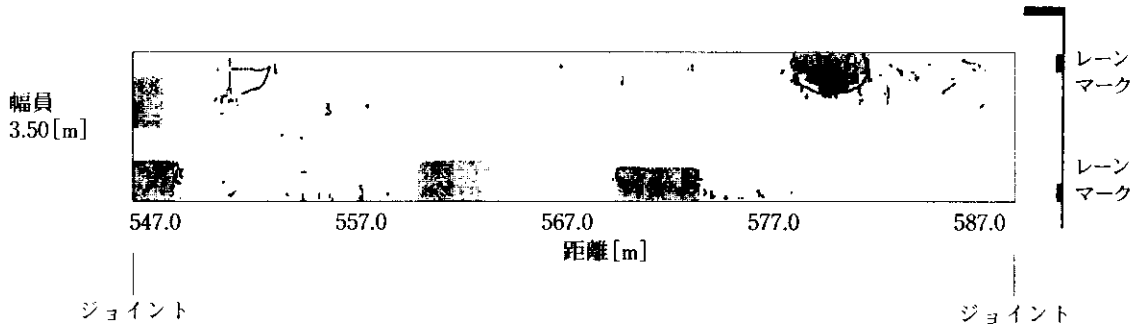


図-6 ひび割れ(すれ)状況

2. 砕石マスチックアスファルト

2-1 混合物の概要

砕石マスチックアスファルト(以下、SMA)は、ドイツで開発された2mm以上の骨材が70~80%を占める不連続粒度の加熱アスファルト混合物で、通常のアスファルトフィニッシャーで敷均し、ローラーで締め固めて仕上げる。

この混合物は、1960年代の中頃、当時問題となり始めたスパイクタイヤによる摩耗に対して強く、しかも適度の安定性を有する混合物として開発された。ドイツではスプリットマスチックアスファルト(SMA: Splitt Mastix Asphalt)と呼ばれ、1984年ドイツ連邦規格に取り入れられて一般道路や高速道路などに広く使われている。この混合物はフィラー分やアスファルト分が多いことから流動による変形が懸念されるが、連邦規格では耐流動性を高めるため繊維やシリカ、ポリマーの使用を認めている。

その後、スケルトンアスファルト(Skelton Asphalt)、ストーンマスチックアスファルト(Stone Mastix Asphalt)と呼ばれ北欧をはじめオランダ、ベルギー、フランス等に広がり、米国でもストーンマトリックスアスファルト(Stone Matrix Asphalt)と呼ばれ利用されている。いずれも安定度を高めるため植物繊維の添加が行われている。

わが国においては、1980年代後半に植物繊維とともに導入され、欧米の例を参考にしながらも、

わが国の気象条件や交通条件に適合するように改良が加えられて、積雪寒冷地域における耐摩耗・耐流動性の混合物として使われ始めた。一方では、水密性やたわみ性も有していることから、橋面舗装におけるグースアスファルトの代替え混合物として有効であると考え、試験施工で適用性を確認し687m²の規模で実橋に採用した。現在他機関においても、耐流動性、水密性、たわみ性を期待した橋面舗装として適用されつつある。

2-2 混合物の特性

SMAは、図-7に示すように従来の混合物に比べ2.36mm通過分が少なく、アスファルト量が多い、また図-8で示すとおり密粒アスファルトに比べて不連続でアスファルト量が多い配合となっている。このため70~80%を占める粗骨材の骨格構造の形成とサンドマスチック(砂+フィラー+繊

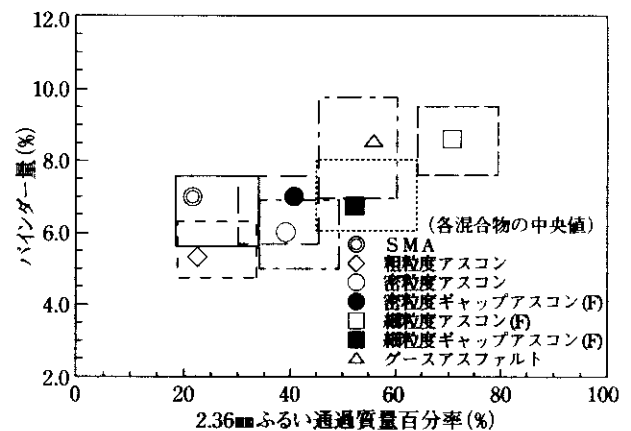


図-7 各混合物の粒度とバインダー量

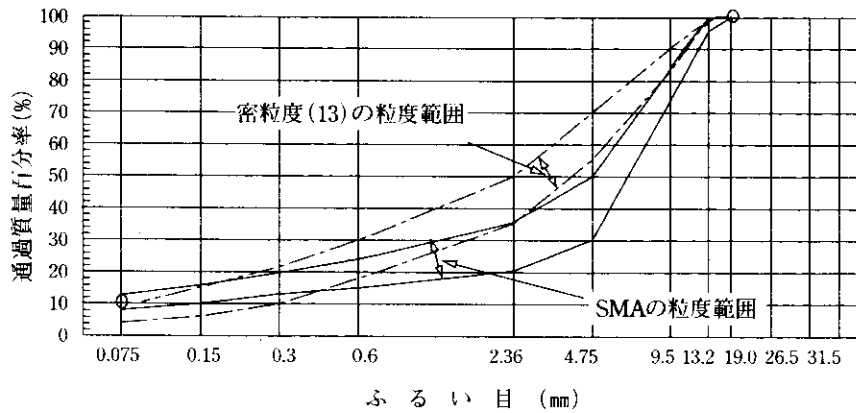


図-8 混合物の粒度範囲

維+アスファルト)の充填効果によって優れた耐摩耗性,耐流動性,水密性及びたわみ性を発揮する。

2-3 配合設計

アスファルト混合物の配合はマーシャル安定度試験を基本に,供用条件に応じて混合物の性質を適合させるため,各種の混合物性状試験結果など

を考慮して決定されている。また,これらの設計法は理論的には未解決で長年の経験から確立されたものである。しかしながら,基本的には骨材粒度とアスファルト量に関する問題として考えられる。

骨材粒度はアスファルト混合物の諸性質に与える影響が大きく,特にアスファルト混合物の安定性は骨材のかみ合せや接触摩擦によるものとき

表-2 SMAの配合例

		配合事例	目標値
室内配合比 %	6号碎石	55.2	—
	7号碎石	11.2	—
	スクリーニングス	4.7	—
	粗砂	—	—
	細砂	11.2	—
	石粉	11.2	—
	アスファルト(改質II型)	6.5	5.5~7.5
	繊維質添加材	0.5(外割)	—
	中温化剤	7.0(外割)	(対As比)
合成粒度 %	19.0mm	100.0	100
	13.2mm	98.5	95~100
	4.75mm	43.0	30~50
	2.36mm	30.0	20~35
	600 μ m	23.3	—
	300 μ m	19.3	13~20
	150 μ m	13.3	—
	75 μ m	10.7	8~13
混合物の性状	理論密度(g/cm ³)	2.453	—
	密度(g/cm ³)	2.384	—
	空隙率(%)	2.8	2~4
	骨材間隙率(%)	17.8	—
	飽和度(%)	84.3	75~90
	安定度(KN)	9.8	4.90以上
	フロー値(1/100cm)	42	20~50
	残留安定度(%)	93.0	75以上
	動的安定度(回/mm)	—	2000以上
	透水係数(cm/sec)	—	1 \times 10 ⁻⁶ 以下

れ、一般に最大密度が得られたときに混合物は最も安定すると考えられる。

表-2に配合設計における目標値と試験施工で良好な結果を得た配合例を示す。

SMAは粗骨材量が多くギャップ粒度のため、通常の密粒アスファルトに比べて舗装構造が粗く仕上がり易く、水密性を確保することが困難になる。この状態を避けるため、繊維質添加材を使用することによって次のような効果があると考えられる。

- ①微細な繊維がアスファルト分を吸収するため、混合物としての最適アスファルト量を増加でき、結果として粗骨材を被膜するアスファルト被膜が厚くなる。
- ②微細な繊維がアスファルトの中で絡み合い、アスファルトを物理的に改質し、流動特性が改善される。

これらのことから、SMAの優れた耐流動性を損なうことなく最適アスファルト量を増加させることが可能で、結果として被膜が厚くなり舗装構造の仕上がりが改善され、水密性がよくなる。

さらに鋼床版上の施工では、雨水の浸入から本体構造物を保全する必要があり、より高い水密性が求められる。

今回の施工では、高い水密性を確保するため締固め度を、より100%に近づけることを目標とした。

締固め度を向上させるには、大きなエネルギーを与えれば向上するが、大きな締固め機械は機種に限度があるため、アスファルト内に微発泡を発生させ、その微発泡のベアリング的な働きにより、汎用性のある締固め機械でより高い締固め度が得られる中温化技術を採用した。

本来、中温化技術は、アスファルトプラントから排出するCO₂の削減を目的としてアスファルトの出荷温度を概ね30℃低減し、低い温度の混合物で施工しても、締固め度がこれまでと同等にできる技術として開発された。

図-9に、SMAと密粒アスファルトの締固め温度を変化させ、それぞれの締固め度を測定した

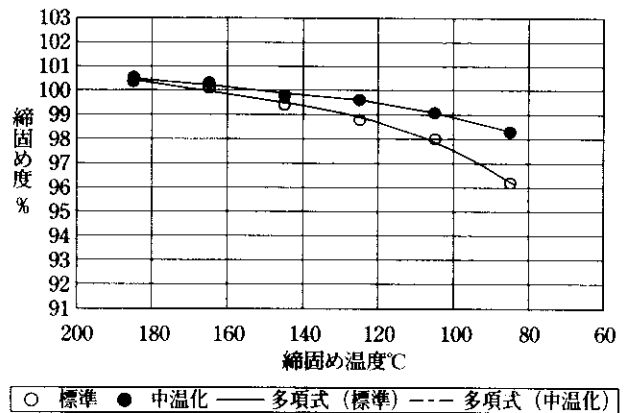


図-9 締固め温度と締固め度の関係

値を示しているが、高温時でもSMAは高い締固め度を得ており、さらに低温時ではその差が顕著である。

中温化技術は、一般的技術ではないが、高い締固め度が必要となるSMAの施工では、その適用性が有効な結果となる。

2-4 SMAの施工管理

SMAにおける施工の良否は、舗装の供用性と防水性に大きな影響を与えるため、本施工前に未供用部において試験施工を行った。

SMAの舗設は、通常のアスファルト混合物と大きな違いはないが、比較的高い温度で施工するため、製造から舗設までの温度管理を十分行わなければならない。

試験施工では以下の点を中心に確認を行った。

- ①敷均し時の材料分離の有無
- ②所定の締固め度が得られるような締固め機種の選定と転圧回数の決定
- ③施工管理方法の検証

(1) 敷均し

敷均し機械は、汎用性のある4.5m級ホイール式アスファルトフィニッシャーで、TVスクリーンを装着したものを使用した。材料の分離及び、添接ボルト上部の引きずりもなく良好な敷均しが確認できた。

(2) 転圧

SMAは粗骨材を揺り動かすニーディング作用により、骨材のかみ合せ効果、及び粗骨材間に適正

量のアスファルトモルタル分を充填させて水密性が向上するため、転圧が非常に重要な作業である。

したがって、最も締固め効果が期待できる機械は振動ローラーであるが、住宅地が近接しているという阪神高速道路の現場条件を考慮した結果、表-3の組み合わせによる締固め機種と転圧回数で行った。

表-3 転圧機種と転圧回数

項目	転圧機種	諸元	転圧回数
初転圧	ロードローラー	10ton	2回
2次転圧	タイヤローラー	25ton	8回以上
仕上転圧	タイヤローラー	15ton	4回以上

(3) 混合物の温度管理

SMAは比較的高い範囲の温度で施工する必要がある。よって、敷均し時から転圧時までの温度管理が重要となってくる。

混合物の目標温度と現場施工温度を表-4に示す。施工当日の気温は20℃前後で、ほぼ無風であり、敷均しから2次転圧までほぼ目標温度範囲に入っており、温度管理は良好な結果であった。

ダンプトラック4台とも同じ様な温度低下の傾向を表している。また、図-10はダンプトラック2台目の各施工段階を表した温度管理図を示している。

ここで注目する点は、ダンプトラック上では175℃前後だったものが敷均した直後から急激な温度低下が始まり、10数分で100℃程度まで低下している。

ここでの温度低下はSMAの仕上がりにより左右されるため、中温化材を使用することにより温度管理範囲が低減できるため、低温時でも所定の締固め度が確保できる。

表-4 現場温度管理表

	出荷温度 (℃)	到着温度 (℃)	敷均し温度 (℃)	初転圧温度 (℃)	2次転圧 (℃)
目標温度	170~185	165~180	155~170	145~160	120~140
1台目	174	174	155	148	132
2台目	175	175	152	145	128
3台目	175	174	155	150	118
4台目	176	176	157	144	120

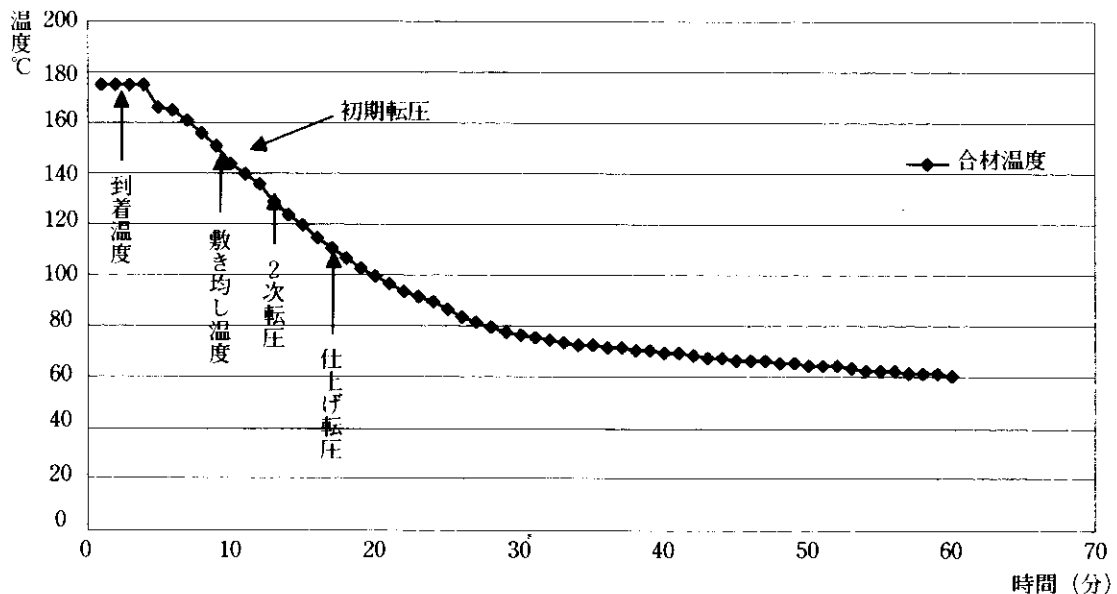


図-10 SMA温度管理図

2-5 SMAの経済性

SMAは、一般的な加熱混合物に繊維を添加した混合物であるため、材料費は繊維の分だけ割高になるが、鋼床版で使用するグースアスファルトに比べ約3～4割程度割安になる。

施工費については、本施工、試験施工とも施工面積が少なく機械能力にみあった面積ではなかったため比較することができないが、グースアスファルトと比較すれば、汎用性のあるフィニッシャーで施工を行うため、グースフィニッシャーに比べ1.6倍の速さで舗設ができる。よって、一般混合物と同程度の施工能力で施工が可能である。

材料・施工共に比較した場合、防水層を施工してもグースアスファルトの7割程度の工事費で施工できるため、コスト縮減ならびに工期短縮が期待できる材料である。

あとがき

湾岸線における大規模補修工事の中から、舗装損傷実態とSMAの施工方法を紹介したが、今後とも管理コストを考慮した高い管理レベルを維持するためにも、確実な損傷状況の把握、詳細な工事計画の立案、早期の補修、経済性を考慮した工法が不可欠になるため、今回紹介した路面性状自動測定装置やSMAの施工技術を積極的に活用して行きたい。

参考文献

- 1) 道路構造物の点検標準（土木構造物編）
平成8年5月、阪神高速道路公団

Evaluation of damage to the pavement steel floor systems and methods of repair.

Sadao Azuma, Kouichi Suzuki

Before starting large-scale repair work along the coastline, we used automatic measuring equipment to evaluate the road bed. Data for damage to the pavement of steel floor systems confirmed 24% cracking, 41% rutting and rutting damage on more than half of the spans. The nature of the cracking was structural and linear with reticular patterns of progressive hair cracking, resulting in reduced adhesion. We were able to assess the cracking from graphical representations in the form of mapped cracking patterns.

Rather than the formerly standard Guss asphalt, SMA (stone mastic asphalt) had been laid over parts of some sections of the steel floor system. This SMA contained a special gap grading mixture with fiber reinforcement and displayed excellent flow resistance. Moreover, because the large amount of asphalt mortar that formed a compact mixture with few voids, the mixture showed excellent watertight properties, flexibility, and resistance to cracking. The quality of SMA laying work has a great influence on serviceability and watertight properties, so it is necessary to ensure in advance that each work site has proper work standards and construction management methods.

SMA is a promising material that is about 30% cheaper than Guss asphalt; in the future we can also expect further cuts in construction costs and reductions in construction time.

Keywords: automatic measuring equipment for road bed evaluation, pavement damage, crushed stone mastic, SMA, medium temperature technology, cost reduction.