

目 次

研究・開発

- アスファルト乳剤の基礎研究 小林靖明・木谷貴宏・鈴木徹 1
- アイストッパーRの凍結抑制性能 鈴木徹・東本崇・菅野善次郎・稲葉行則 13
- アスファルト乳剤を主体とした舗装補修キットの開発 光谷修平・鈴木徹・澤田修平 23
- アスファルト合材平積み装置の開発 門田泰明・並木和夫 27

施工報告

- アイストッパーの施工事例 斉藤秀樹・北野原朋宏 31
- 鋼床版上のSFRC舗装の施工 高浜真一・小林隆 35
- 高尾山山頂における土系舗装(オークレーG)の施工 小熊誠・飯塚角男・五十嵐孝司・小嶋匠 39
- 改質グースアスファルト舗装の施工事例 菅野善次郎・稲葉行則・鈴木徹・上地俊孝 43
- 版厚65cmのコンクリート舗装の設計・施工 小菅俊弘・市村文男・吉川哲男 48
- 両勾配同時施工工法によるコンクリート舗装の施工 加藤賢一・北脇慎太郎・山下則明 53
- 再材料化手法による再生ポーラスアスファルト舗装の施工 小玉忠孝・新谷悟・松田良夫 57
- 即時開放型半たわみ性舗装の施工事例 澤谷修慶・山本紀彦・井手義勝 61
- 高靱性モルタルによるコンクリート床版の補修 松岡伸児・小沼史明・佐久間恒明 65
- オープンシールド工法による水路およびボックスカルバートの施工 米田雅俊・熊澤輝彦・尾崎巧 70
- 軟弱地盤対策としての載荷盛土工法の施工 杉山 誠治 75

海外視察報告

- ゴメコ・スクールに参加して 阿部慎 78

社外発表・掲載論文

- The 11th International Conference on Asphalt Pavements (ISAP NAGOYA 2010)抄録 82
- 土木学会論文集E1(舗装工学)、アスファルト合材協会誌「アスファルト合材」抄録 83
- 雑誌「舗装」、セメント・コンクリート論文集、土木学会年次学術講演会抄録 84
- 舗装技術に関する懸賞論文、日本道路会議、北陸道路舗装会議他抄録 87

企業理念

豊かな生活環境の創造に向けて
地域社会と共に歩み
人間尊重の経営を行います

経営規範

- ①
人々の期待に応え
時代を先取りした技術力により
新たな価値を創ります
- ②
創造力豊かな人を育て
柔軟な組織のもとで
生き生きとした職場を創ります
- ③
良き企業市民として
社会と文化の発展に寄与します

行動規範

- ①
高める能力
 - ②
豊かに発想
 - ③
たゆまぬ挑戦
 - ④
ひろげる理解
- そして良き市民、良き国際人

アスファルト乳剤の基礎研究

小林 靖明*
木谷 貴宏**
鈴木 徹***

1. はじめに

アスファルト乳剤(以下、乳剤)の歴史は古く、我が国においては、大正末期から使用が開始されている。戦後初期においては、カチオン系乳剤などの材料の開発や、路上安定処理工法等の開発によって、防塵処理や簡易舗装へと大量に使用されるようになった。昭和50年代に入ると、既設舗装を路上で路盤材として再生する路上路盤再生工法とともに、ノニオン系乳剤が開発され実績を伸ばした。しかし、その後は加熱アスファルト合材の普及によって、乳剤の出荷量は激減し、現在では最盛期の約3割の25万トン程度の出荷量となっている¹⁾。

加熱アスファルトと比較し、乳剤は混合用のバインダとして強度が低く、また強度発現も遅いことは、メカニズム上どうしようもない事実である。しかし、乳剤は加熱を必要としないことから、安全性、CO₂発生量の抑制、環境保全、省資源、省エネルギー、およびコスト低減などの加熱アスファルトにはない独自の利点を有している。

我が国における舗装を取り巻く環境は大きく変化しており、膨大な舗装ストックの維持修繕のために、経済的な修繕工法や予防的維持工法が開発が喫緊の課題となっている。また、CO₂抑制による地球温暖化の防止に対する国際的な圧力も強まっている。これらの課題に対して、乳剤を用いた工法は、有望な解決策になると思われる。

わが社において、乳剤の開発は1971年にカチオン系乳剤の開発と試作²⁾、および1998年にマイクロサーフェシング用乳剤の研究開発³⁾と断続的に行われてきたが、継続的な研究はなされてはいない。前述した課題を解決するためには、基礎的な研究を継続して行うことが必要不可欠である。そのため、2014年に久喜市に“アスファルトラボ”を新設し、アスファルト乳剤、加熱アスファルト、および改質アスファルトなどのアスファルト系材料の研究開発機器と人員を集約させ、開発拠点とした。

本文は、“アスファルトラボ”において半年間行ってきた、乳剤の基礎的な研究活動内容を報告するものである。

2. アスファルト乳剤の概要¹⁾

2-1 乳剤とは

乳剤は、水の中にアスファルトの粒子が分散している(まれに逆の場合もある)もので、外見は茶褐色または黒褐色の液体である。図-1は乳剤を顕微鏡で拡大したもの

で、アスファルト粒子の大きさは、乳剤の種類によっても異なるが、約1~10 μ m程度である。

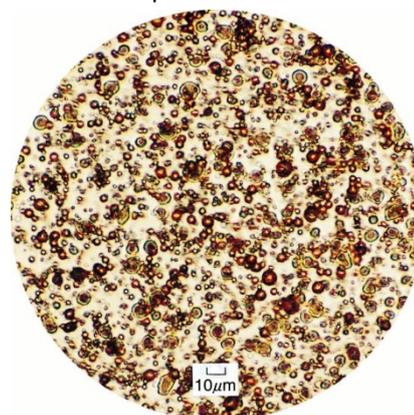


図-1 乳剤の顕微鏡写真¹⁾

2-2 アスファルトを乳剤にする理由

アスファルトは、石油精製の時に得られる瀝青材料である。しかし、常温においては粘稠性の大きな半固体材料であるため、粘度が高すぎてこのままでは使用することができない。そこで、アスファルトの粘度を小さくする手段として、3つの方法がとられている。

- ① 加熱して粘性を小さくする。
(加熱アスファルト)
- ② 溶剤を混合して粘性を小さくする。
(カットバックアスファルト)
- ③ 乳剤にして粘性を小さくする。
(アスファルト乳剤)

③の乳剤は、アスファルトを乳化すると粘性が大幅に低下することを利用したものである。使用後にアスファルトが水と分離すると、粘結性が生じ強度が発現する。

2-3 アスファルトを乳剤にする方法

アスファルトを加熱して粘性を小さくした後、機械的な力で微粒子にして水に分散させる。しかし、アスファルトと水だけでは、一度微粒子になったアスファルトはすぐに再び合一し、水層とアスファルト層の2つに分かれてしまう。そこで、アスファルトの微粒子化を助けるため、一度微粒子となったアスファルトが再び合一しないように、水の中に乳化剤を溶解して乳化液にしておく。そして、加熱したアスファルトと適度に加温した乳化液を強く攪拌すると、乳剤ができる。

*技術研究所材料研究室 **技術研究所材料研究室主任研究員 ***技術研究所材料研究室室長

2-4 乳化剤とその働き

乳化剤は同じ分子の中に、親水性と親油性の部分がある。このような乳化剤が溶解している水溶液と加熱溶解したアスファルトを混合すると、乳化剤は親水基を水側に、親油基をアスファルト側に向けて、規則正しくアスファルト粒子表面上に配位する。このときアスファルト粒子は同一電荷を有する粒子となり互いに反発しあうため、粒子同士の合一を防ぎ、アスファルトと水に分離することなく、水中に安定的に分散する。乳剤中の乳化剤が、アスファルト粒子に配向している様子を図-2に示す。

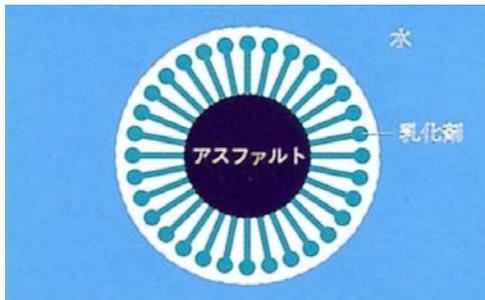


図-2 水中におけるアスファルト粒子の様子¹⁾

2-5 乳剤の種類

乳剤は使用する乳化剤の電荷によって、大きく3つに分類されている。

(1) カチオン系乳剤

現在、道路用に使用されている大部分の乳剤が、このカチオン系乳剤である。カチオン系乳剤は、施工後の分解硬化が早く、降雨により流失しにくい特徴を持つ。その理由は、アスファルト粒子が骨材と電気的に引き合い、水が蒸発しなくても骨材と接触すると、アスファルト被膜を即座に形成するためである。

(2) アニオン系乳剤

アニオン系乳剤は分解が遅く、付着性にも劣るため、カチオン系乳剤が開発されて以降、ほとんど舗装用に使われていない。

(3) ノニオン系乳剤

電荷を持たず化学的にも安定であり、セメントなどのアルカリ系のフィラーとも容易に混合できるため、路上路盤再生工法やセメント乳剤モルタル(CAモルタル)用の乳剤などに使用されている。

3. 乳剤作製時の実験条件

実験に用いた乳剤の材料、乳化条件、乳化方法、乳化機械、および試験機器を以下に示す。

3-1 材料

(1) アスファルト

- ・ストレートアスファルト(以下、ストアス)150/200

(2) 乳化剤

- ・カチオン系乳化剤
- ・ノニオン系乳化剤

(3) 添加剤

- ・塩酸
- ・酢酸
- ・硝酸
- ・塩化カルシウム(以下、塩カル)

3-2 乳化機械および試験機器

(1) 乳剤の製造機械

- ・ホモミキサ

新規乳化剤を用いて、乳剤を作製する際に使用した。

- ・ハレル型ホモジナイザ(アサヒホモジナイザLL型)

回転数 10,000rpm

スリット幅 3ノッチ

ホモミキサにて乳剤の製造ができた系に関して使用した。

(2) 乳剤の性状試験機器

- ・レーザー回折式粒度分布測定装置

(SALD-200V:SIMAZU)

回折/散乱光の検出 平均回数 64回

測定間隔 2秒

ポンプスピード:3

フローセル使用

分散媒:イオン交換水

相対屈折率:1.65-0.0i

- ・その他の試験機は、舗装試験法便覧⁴⁾に準拠した。

3-3 乳剤の作製方法

(1) 試料の準備

乳剤作製時の材料を表-1に示す。ストアス150/200を所定の温度(150℃)に溶解させた。表-1の下段に示す材料を所定量加えて乳化水を作製し、所定の温度(40~50℃)に調製した。

表-1 乳剤作製の材料(上段:As、下段:乳化水)

乳剤の種類	使用材料
カチオン系乳剤	ストアス150/200
	水、カチオン系乳化剤、酸、塩カル
ノニオン系乳剤	ストアス150/200
	水、ノニオン系乳化剤、塩カル

(2) 乳剤の作製

- ・ホモミキサによる乳剤の作製方法

1Lポリビーカーに作製した乳化水を加え、ホモミキサによって攪拌した。ストアス150/200をその中にゆっくりと投入し、アスファルト乳剤を作製した。

- ・ハレル型ホモジナイザによる乳剤の作製方法

乳化前にホモジナイザに湯を通し、ステータ外部温度を60℃以上に加熱し、乳化作業中に乳剤が冷却されないようにする。ストアス150/200と作製した乳化水をそれ

ぞれ両手に持ち、ホモジナイザに流し込み、アスファルト乳剤を作製した。この時、ホモジナイザ中でアスファルトが固着することを防ぐために、乳化水を初めに流してからアスファルトを投入し、投入最後まで乳化水で終えるように調整を行った。

(3) アスファルト乳剤の性状試験⁴⁾

1) エングラー度試験(JIS K 2208)

エングラー度試験とは、乳剤をエンジンスプレイヤやディストリビュータで散布したり、路上や中央混合式プラントで混合することに適した粘性であるかを評価する試験である。

エングラー度は、キャピラリー通過時間によって測定され、水の通過時間を1とした場合の乳剤の通過時間の比により測定される。値が小さいほど、粘性の低い乳剤である。

2) ふるい残留分試験(JIS K 2208)

ふるい残留分試験とは、乳剤中の粗粒子または塊の程度を評価する試験である。乳剤を JIS K 8801 に規定する目開き 1.18mm の丸型の網ふるいに通し、試料全量に対して通過できない試料量の百分率で表す。

値が小さいほど、粗粒子がない乳剤と評価する。今回検討を行った乳剤試料において、乳化できたものについては、規格である 0.3%以下に満たない乳剤試料はなかった。

3) 蒸発残留分試験(JIS K2208)

蒸発残留分試験とは、乳剤中に含まれるアスファルト含有量(Asphalt Content: 以下、AC)を測定する試験である。所定量の乳剤を加熱し、水分を蒸発させ、その残留分質量を測定し、乳剤全量に対する蒸発残留分の百分率で表す。

・貯蔵安定度試験(JIS K2208)

貯蔵安定度試験とは、乳剤の貯蔵中における安定性を評価する試験である。乳剤を規定容器に一日静置し、上部と下部の蒸発残留分の差の絶対値で表す。

値が小さいほど、安定性の良好な乳剤と評価する。

4) トルエン可溶分試験(JIS K 2207)

トルエン可溶分試験とは、乳剤の試験ではなく、アスファルト単体の試験である。

本検討では、乳剤の蒸発残留物中のトルエンに不溶性試料量の測定を行った。アスファルト質量に対するトルエンに不溶性物質質量の比を百分率で評価する。

5) 乳剤の粒子径測定試験

乳剤の粒子径測定試験とは、レーザー回折式粒度分布測定装置で、乳剤の粒子径を測定する試験である。

乳剤中のアスファルト粒子群にレーザー光を照射し、そこから発せられる回折・散乱光の強度分布パターンから、計算によって体積粒度分布を測定する。

本検討では、体積粒子分布の 50%粒子径であるメディ

アン径で評価した。

6) 分解指数試験(JEAAT-2)

分解指数試験は、珪砂粉末と乳剤との混合性から、乳剤の分解性を評価する試験である。

今回使用した珪砂粉末の化学組成と物理的性質を表-2、3に示す。試験では、室内(温度 25℃)で作製した乳剤 100g 中に、常温の珪砂粉末を 20~40g/分の速度で加えながら、ガラス棒で 2~3 回/秒の速度でかき混ぜ、乳剤が容器の底に付かなくなった時点を試験終了とした。

表-2 珪砂粉末の化学組成

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	K ₂ O	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	Ig-Loss
質量百分率(%)	93.9	3.9	0.46	0.17	0.25	1.02

表-3 珪砂粉末の物理的性質

真比重	2.63	粉末度(45μ)(%)	99.8
仮比重	0.50	平均粒径(μ)	4.81
水分(%)	0.20	pH	5.9

乳剤の分解指数は、以下に示す式を用いて求めた。

$$Bi = (M/E) \times 100$$

Bi: 分解指数 M: 添加した珪砂粉末の質量

E: 試料乳剤の質量

分解指数が小さいほど、珪砂粉末に対する乳剤の分解が速いと評価した。

4. 乳化剤種と乳化の可否の検討

本章では、A社とB社製の乳化剤を用いて、乳剤の作製を行い、乳化の可否を評価した。

(1) 試験用乳剤の作製

乳化剤の濃度は、カチオン系乳化剤を乳剤全量に対して 0.3%、ノニオン系乳化剤を乳剤全量に対して 1.5%添加して作製した。また、カチオン系乳化剤を使用した系では、乳化水を塩酸で pH3.0 に調整して作製を行った。

(2) 実験結果

乳化剤種と乳化の可否を表-4に示す。表-4からカチオン系乳化剤は、ほぼ乳剤を作製できることが判明した。

また、主成分が牛脂プロピレンジアミンである A1、B1、および硬化牛脂プロピレンジアミンである A2 は、他の乳化剤と比較して容易に乳化することができ、かつ、得られた乳剤の安定性が良好であった。これはモノアミンと比較して、乳化剤の一分子内にアミノ基を二つ有しているため、水相に対する親和性が高いためと推測される。

ノニオン系乳化剤については、A5 が他の乳化剤と比較して、乳化性能が良好であった。

表-4 乳化剤種と乳化の可否

	名称	主成分	メーカー	乳化の可否※1
カチオン	A1	牛脂プロピレンジアミン	A	○
	B1	牛脂プロピレンジアミン	B	○
	A2	硬化牛脂プロピレンジアミン	A	○
	A3	硬化牛脂プロピレンジアミン 硬化牛脂アルキルアミン 牛脂アルキルアミン誘導体	A	○
	A4	塩化アルキルトリメチルアンモニウム	A	△
	B2	ジ塩化-N, N, N, N', N'-ペンタメチル-N-牛脂アルキル- 1, 3-プロパンジアニオンモニウム塩 イソプロピルアルコール	B	○
	B3	塩化オレイルビス(2-ヒドロキシエチル)メチルアンモニウム	B	△
	B4	N-アルキルアミン	B	×
	B5	N,N',N'-ポリオキシエチレン-N-アルキル- 1, 3-ジアミノプロパン	B	×
ノニオン	A5	ポリオキシエチレンアルキルエーテル エトキシレートポリオキシプロピレン ポリオキシエチレンポリオキシプロピレングリコール	A	○
	A6	ポリオキシエチレンモノステアレート	A	△
	A7	ポリオキシエチレン(2)硬化牛脂アミン	A	×
	A8	ポリオキシエチレン(20)硬化牛脂アミン	A	×
	B2	ビス(2-ヒドロキシエチル)オレイルアミン	B	△

※1 ○：乳化できる。 △：乳化できるが、一日後に分離している。 ×：乳化できない

5. 浸透用カチオン系乳剤(PK乳剤)の検討

本章では、浸透用カチオン系乳剤(PK乳剤)の作製にあたり、乳化剤として牛脂プロピレンジアミンに着目した。牛脂プロピレンジアミンはモノアミンと比較し、乳化性や安定性が良好であり、少量で乳化できるために、PK乳剤の乳化剤に適していると思われる。

今回は、牛脂プロピレンジアミンであるA1、B1、および硬化牛脂ジアミンであるA2の3種類のカチオン系乳化剤を用いて乳剤を作製し、各種性状試験を行った。

さらに材料や配合条件の選定を行うため、以下に示す4つの検討を行った。

- ・乳化剤の種類および濃度変化による乳剤性状の変化
- ・酸の種類および濃度変化による乳剤性状の変化
- ・アスファルト量の変化による乳剤性状の変化
- ・乳剤温度による乳剤性状の変化

5-1 乳化剤種および濃度変化による乳剤性状の変化

(1) 試験用乳剤の作製

乳剤の作製条件を表-5に示す。試験に使用する乳化剤は、牛脂プロピレンジアミンであるA1、B1、および硬化牛脂プロピレンジアミンであるA2の計3種類とした。

乳化剤の濃度は、乳剤全量に対して0.15~1.00%の範囲で6条件作製した。作製した乳剤について、各種性状試験を行った。

(2) 試験結果

乳化剤濃度と、エングラ一度(25℃)、貯蔵安定度、メディア径、および分解指数との関係を図-3~6に示す。

表-5 乳剤の作製条件(乳化剤種類および濃度変化)

乳化剤種	A1(牛脂プロピレンジアミン)
	B1(牛脂プロピレンジアミン)
	A2(硬化牛脂プロピレンジアミン)
乳化剤濃度	0.15%、0.3%、0.45%、0.6%、0.75%、1.0%
酸、濃度	塩酸、0.5~1.0%(pH1.5に調整)
安定剤、濃度	塩化カル、0.5%
As:乳化水	50:50

※濃度は乳剤全量に対する濃度

図-3から今回検討した乳化剤濃度の範囲において、A1とB1(牛脂プロピレンジアミン)は、乳化剤濃度にかかわらず粘性がほぼ一定であった。一方で、A2(硬化牛脂プロピレンジアミン)は、乳化剤濃度が高くなることで、粘性が増加する傾向にあった。

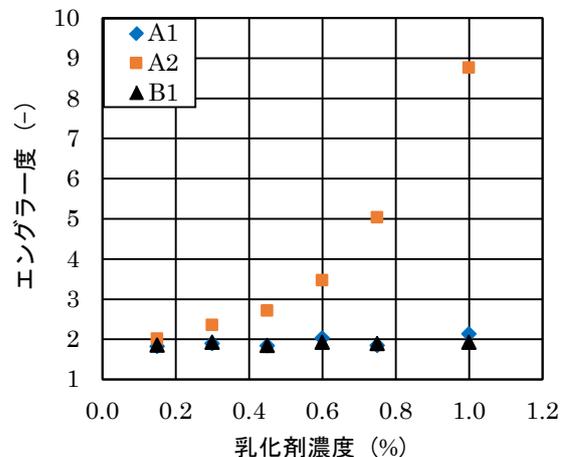


図-3 乳化剤濃度とエングラ一度の関係

これは、硬化牛脂プロピレンジアミンの融点が48℃であるために、試験温度である25℃下でのアスファルト乳剤中では完全に溶解せず、エングラ一度も高くなったと考えられる。

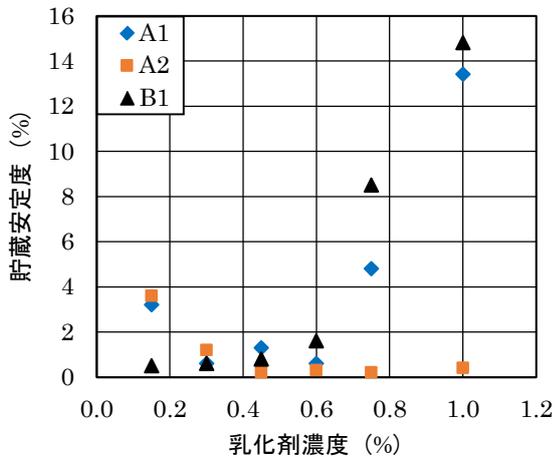


図-4 乳化剤濃度と貯蔵安定度の関係

図-4 から牛脂プロピレンジアミンは、乳化剤濃度が0.6%以下では乳化剤濃度が高くなると、貯蔵安定度が変化しないで良好になる傾向が見られた。しかし、乳剤に対する乳化剤濃度が0.6%以上では、両乳化剤とも急激に貯蔵安定度が上昇し、乳剤の安定性が悪化する傾向が観察された。これは、アスファルト粒子に乳化剤が配位し、ミセルに使用された乳化剤以外の乳化剤(すなわち、ミセルに使用されない余剰の乳化剤)が乳剤中に存在すると、安定性が悪化するのではないかと考えている。

一方で、硬化牛脂プロピレンジアミンは、今回検討した濃度範囲では、乳化剤濃度が高くなるほど安定性が良好になっている。これは、牛脂プロピレンジアミンと比較して、硬化牛脂プロピレンジアミンは今回検討した濃度範囲では、余剰の乳化剤がなかったためではないかと考えている。硬化牛脂プロピレンジアミンは未硬化のものに比べて、分子鎖が剛直であり、アスファルト粒子に配位できる数が多く、より密に配位してミセルを形成しているのではないかと推測している。

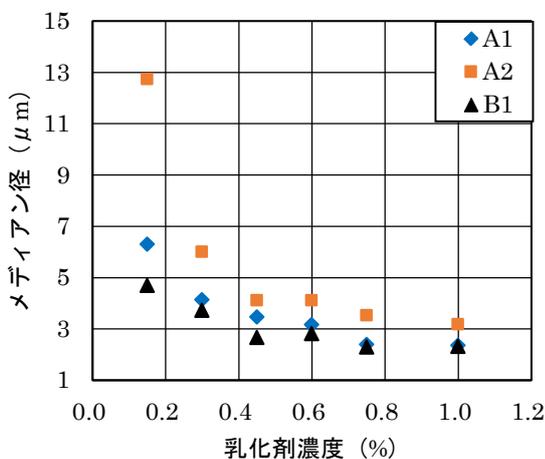


図-5 乳化剤濃度とメディアン径の関係

図-5 から牛脂プロピレンジアミン/硬化牛脂プロピレンジアミンともに乳化剤濃度が高くなると、粒子径が小さくなる傾向がみられた。硬化牛脂プロピレンジアミンは、牛脂プロピレンジアミンと同濃度と比較すると、粒子径が大きい傾向にあった。硬化牛脂プロピレンジアミンは、牛脂プロピレンジアミンと同様な粒子径にするために、乳化剤濃度を0.1%程度高くする必要がある。この原因としては、上記に述べたように乳化剤分子の剛直性により、1粒子あたりに配位する乳化剤の数が多く必要であるためと推測される。

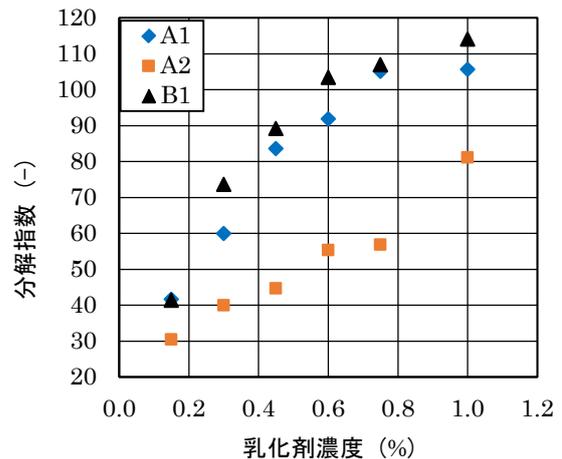


図-6 乳化剤濃度と分解指数の関係

図-6 から3種類の乳化剤ともに、乳化剤濃度が高くなり、分解指数も高くなる(分解しにくくなる)ことが判明した。また、今回検討した濃度範囲全領域では、硬化牛脂プロピレンジアミンは、牛脂プロピレンジアミンよりも分解しやすい傾向にあった。後述するが、分解指数は乳化剤の融点以上では、乳化剤種によらず一定の値を示すことから、試験温度に依存することが判明している。

5-2 酸の種類および濃度変化による乳剤性状の変化

(1) 試験用乳剤の作製

乳剤の作製条件を表-6に示す。本検討では、酸の種類および酸の濃度変化による乳剤性状を検討するために、酸は塩酸、酢酸、および硝酸の3種類とした。乳化剤は、牛脂プロピレンジアミンであるB1を使用し、乳化剤の濃度は乳剤全量に対して0.3%とした。作製した乳剤について、各種性状試験を行った。

表-6 乳剤の作製条件(酸の種類および濃度変化)

乳化剤種、濃度	B1、0.3%
酸の種類、濃度	塩酸、酢酸、硝酸、0.1~0.6%
安定剤、濃度	塩化カル、0.5%
As:乳化水	50:50

※濃度は乳剤全量に対しての濃度

(2) 試験結果

酸濃度と、エングラ一度、貯蔵安定度、酸濃度、およびメディアン径の関係を図-7~9にそれぞれ示す。

図-7から酸の種類、濃度にかかわらず、エングラードは一定であった。

図-8から3種類の酸(塩酸、酢酸、硝酸)ともに酸濃度が高くなることで、若干ではあるが貯蔵安定度が良好になる傾向にあった。

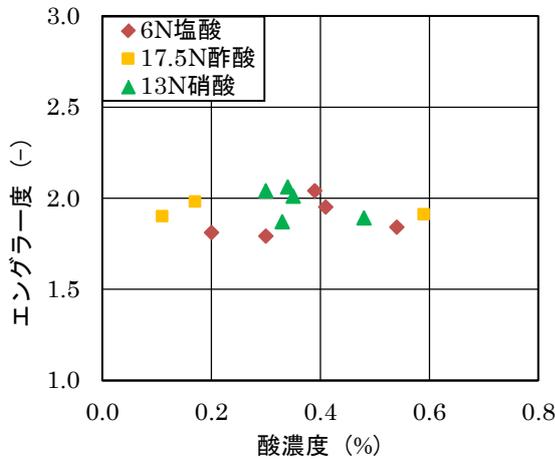


図-7 酸濃度とエングラードの関係

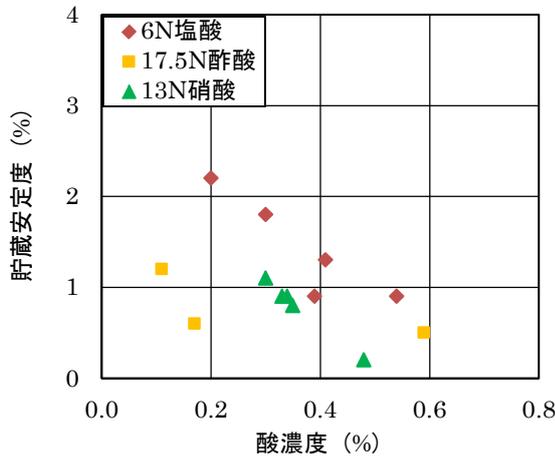


図-8 酸濃度と貯蔵安定度との関係

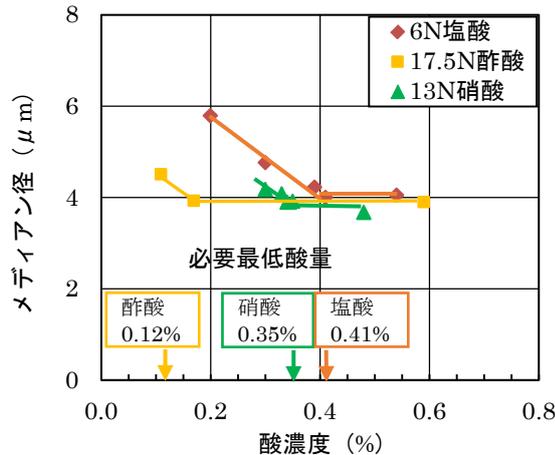


図-9 酸濃度とメディアン径の関係

図-9から各酸種によって濃度は異なるが、酸濃度が上昇するとメディアン径は小さくなり、その後一定になる傾向が観察された。この変曲点が乳化剤と各酸の反応に

必要な最低量であると考えられる。乳化剤が酸と反応しイオン化するために、必要な酸量を計算した結果(図中四角内の数値)、実験で求めた変曲点と計算から求めた必要な酸の量はほぼ一致した。

5-3 ACの変化による乳剤性状の変化

ACの変化によって、作製した乳剤がどのような性状を示すか検討した。

(1) 試験用乳剤の作製

乳剤の作製条件を表-7に示す。本検討では、ACによる乳剤の性状変化を検討するために、ACを30~60%までの範囲で4条件作製した。乳化剤には、牛脂プロピレンジアミンであるB1を使用し、乳化剤の濃度は乳剤全量に対して0.3%で作製した。作製した乳剤について、各種性状試験を行った。

表-7 乳剤の作製条件(ACの変化)

乳化剤種、濃度	B1、0.3%
酸の種類、濃度	塩酸、0.5~1.0%
安定剤、濃度	塩化カル、0.5%
As:乳化水	30:70、40:60、50:50、60:40

※濃度は乳剤全量に対する濃度

(2) 試験結果

ACと、エングラード、メディアン径、および貯蔵安定度の関係を図-10~12にそれぞれ示す。

図-10からACが高くなることで、粘性も高くなる傾向が見られた。これはACが高いほど乳剤中の水の割合が少なくなり、粘性が上がったと考えられる。

図-11からACの変化によって、メディアン径の値はほぼ変わらない傾向にあった。

アスファルト乳剤に限らず、どの大きさの粒子であっても、同一径の粒子を充填した場合、空隙率が約26%、粒子体積74%が細密充填の限界値である⁵⁾。そのため理論的には、AC74%が高濃度化の限界値であるが、アスファルト乳剤においては、一般的にAC65~70%がo/w型乳剤(水中油滴分散型)の限界であると言われている。

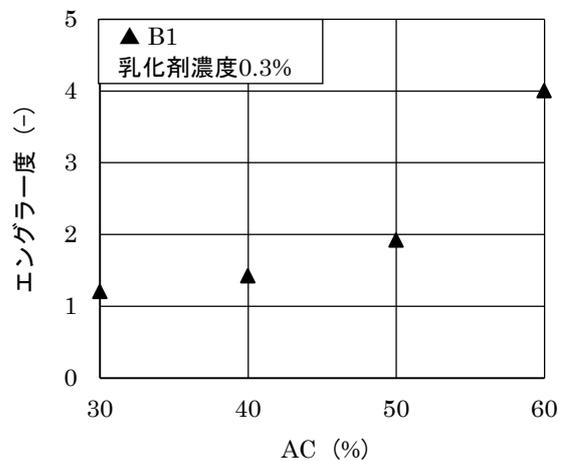


図-10 ACとエングラードの関係

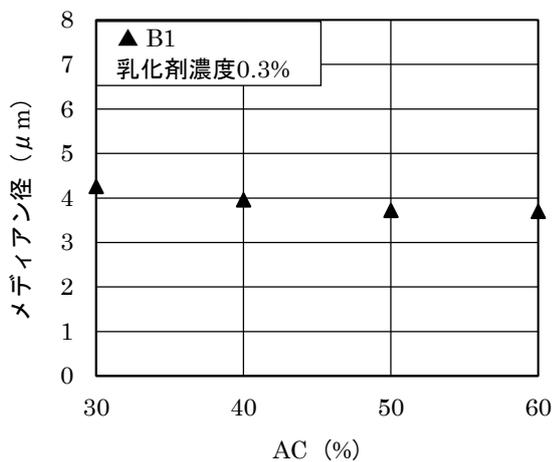


図-11 ACとメディアン径の関係

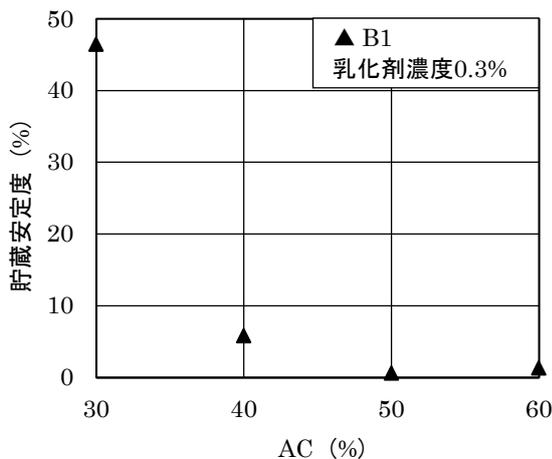


図-12 ACと貯蔵安定度の関係

図-12からACが高くなると、貯蔵安定度は良好な値を示した。貯蔵安定度は、アスファルト粒子の沈降速度に依存すると考えられる。沈降速度は、一般に粒子径が小さく、溶液の粘性が大きく、溶媒と分散粒子の比重差が小さいほど遅くなるが、乳化剤中の水の割合が少なくなる(ACが高くなる)ほど、

- ① 乳化剤の粘性が上昇するために沈降速度が遅くなり、分離しにくくなる。
 - ② 粒子径は同一であれば、沈降速度は同一であり、同じ距離を粒子が移動すると考えられるが、粒子濃度が高い場合は、余分な水(浮水)が生じない。
- 以上の理由によって、ACが高くなると貯蔵安定性が良くなったと推測される。

5-4 乳化剤温度による乳化性状の変化

乳化剤の温度によって、エングラ一度試験および分解指数試験に与える影響を検討した。

(1) 試験用乳化剤の作製

乳化剤の作製条件を表-8に示す。試験には、牛脂プロピレンジアミンであるA1と硬化牛脂プロピレンジアミンであるA2の2種類の乳化剤を使用した。乳化剤の濃度は、

乳化剤全量に対して0.15～1.00%の範囲で6条件作製した。また、試験用乳化剤の温度は、25～55℃までの4条件で行った。

表-8 乳化剤の作製条件(試験時の乳化剤温度変化)

乳化剤種	A1
	A2
乳化剤濃度	0.15%、0.3%、0.45%、0.6%、0.75%、1.0%
酸、濃度	塩酸、0.5～1.0%
安定剤、濃度	塩化カル、0.5%
As: 乳化水	50:50
乳化剤温度	25℃、35℃、45℃、55℃

※濃度は乳化剤全量に対する濃度

(2) 試験結果

試験時の乳化剤温度と、エングラ一度、分解指数、分解指数(A1)、および分解指数(A2)との関係を図-13～16にそれぞれ示す。

図-13からA1、A2ともに乳化剤温度が高くなると、粘性が低くなる傾向にあった。これは乳化剤温度が高くなることで、乳化剤中のアスファルトの粘性が低くなったことや、乳化剤の融点(A1:35℃、A2:48℃)付近の温度に達することで、乳化剤が乳化剤中に溶解し粘性が低くなったことが考えられる。

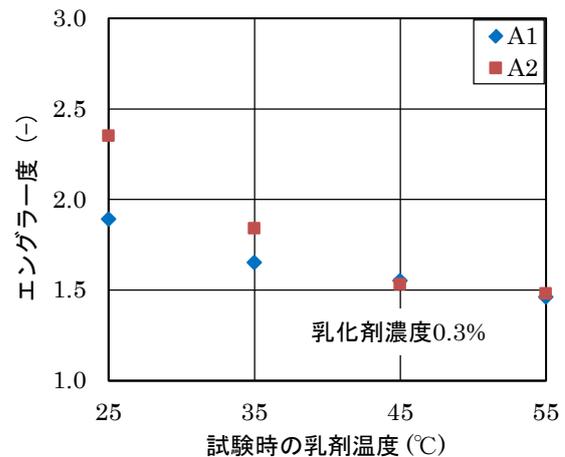


図-13 試験時の乳化剤温度とエングラ一度の関係

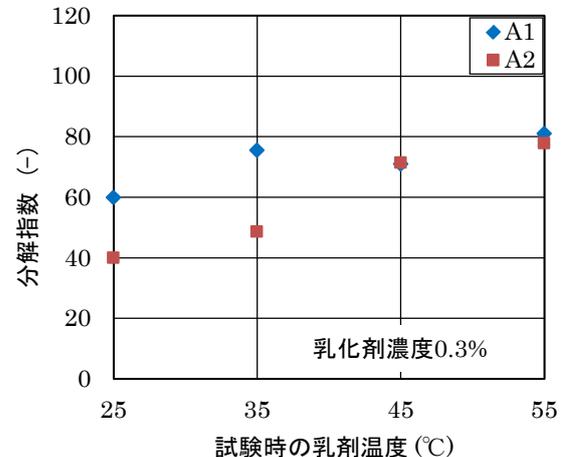


図-14 試験時の乳化剤温度と分解指数の関係

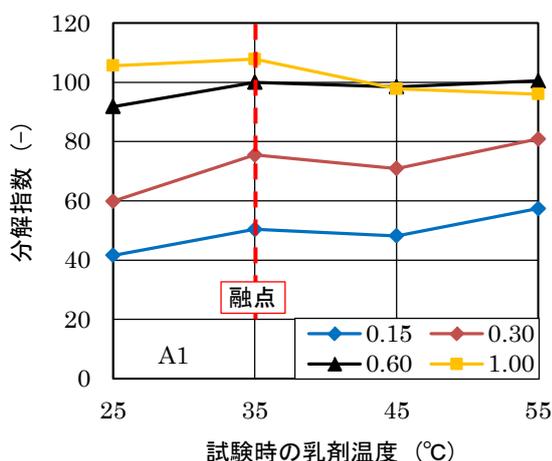


図-15 乳剤温度と分解指数 (A1) の関係

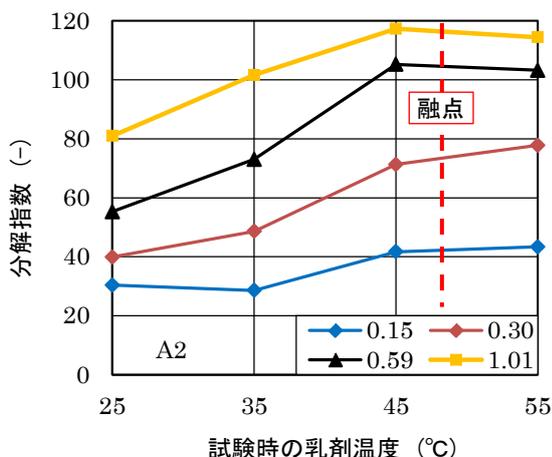


図-16乳剤温度と分解指数 (A2) の関係

図-14～16からA1、A2ともに試験時の乳剤温度が高くなると、分解指数も高くなる(分解しにくくなる)傾向にあった。それぞれの乳剤の融点(A1:35°C、A2:48°C)以上の温度で試験を行うと、分解指数は一定もしくは低くなる(分解しやすくなる)傾向にあった。

以上のことより、エングレー度試験と分解指数試験において、ともに乳剤の温度を変化させて試験を行うと、それぞれの乳剤の融点付近で変曲点が見られ、乳剤の溶解性が乳剤性状に影響を及ぼすことが判明した。

5-5 まとめ

本検討で、PK乳剤の作製にあたり、乳剤の種類を検討を行った。得られた結果を下記に示す。

- ・乳剤には、一分子に2つのアミノ基を有するジアミン系が有力であると判明した。
- ・乳剤量は牛脂プロピレンジアミンで0.3%程度、硬化牛脂プロピレンジアミンで0.4%程度が性能を満足しつつ、経済的な添加量であることが判明した。
- ・酸の種類や添加量について検討したところ、酢酸、塩酸、および硝酸のどの酸でも、乳剤を作製できることが判明した。
- ・乳剤が乳化水中でイオン化するために必要な最低酸

量を計算すると、塩酸0.41%、酢酸0.12%、および硝酸0.35%であり、3種類の酸ともにメディアン径の変曲点とほぼ一致していることが判明した。

- ・PK乳剤のACは、50～60%が適正であることが判明した。
- ・乳剤の性状は温度依存性があり、かつ使用した乳剤の融点付近で変曲点があることが判明した。

6. 混合用カチオン系乳剤の検討

混合用カチオン系乳剤(以下、MK乳剤)の作製にあたり、乳剤として4級アンモニウム塩(B2:ライオン製)に着目した。4級アンモニウム塩は、アミノ基にメチル基が配位結合しているため、塩基側になっても、配位結合が壊れることが無く安定に存在する^⑥。このような特性から、混合用のカチオン系乳剤の乳剤は、4級アンモニウム塩が適切であると思われる。

6-1 乳剤濃度による乳剤の性状

(1) 試験用乳剤の作製

乳剤の作製条件を表-9に示す。B2を乳剤全量に対して、乳剤濃度0.15～1.0%の範囲で8条件、塩酸を添加してpH3.0になるように作製した。また、乳剤全量に対して、乳剤濃度0.2～0.45%の範囲で3条件、塩酸を添加しない系を作製した。作製した乳剤について、各種性状試験を行った。

表-9 乳剤の作製条件(B2 乳剤濃度変化)

乳剤種	B2
乳剤濃度	0.15%、0.2%、0.25%、0.3% 0.45%、0.6%、0.75%、1.0%
酸、濃度	塩酸、0～0.2%
安定剤、濃度	塩化カル、0.5%
As:乳化水	50:50

※濃度は乳剤全量に対する濃度

(2) 試験結果

乳剤濃度とエングレー度(25°C)、貯蔵安定度、メディアン、および分解指数の関係を図-17～20に示す。

図-17から乳剤の粘性は、乳剤濃度と塩酸の有無にかかわらず一定であった。

図-18から乳剤濃度の上昇に伴い、貯蔵安定度が良好になる傾向が見られた。また、塩酸を添加した系では添加していない系と比較し、貯蔵安定度が良好になる傾向にあった。

図-19から塩酸の有無にかかわらず、乳剤濃度が高くなることで、粒子径は小さくなる傾向にあった。

また、塩酸を添加した系のメディアン径、貯蔵安定度のグラフから乳剤濃度0.3%付近に変曲点があり、乳剤濃度0.3%が経済的な添加量であることが判明した。

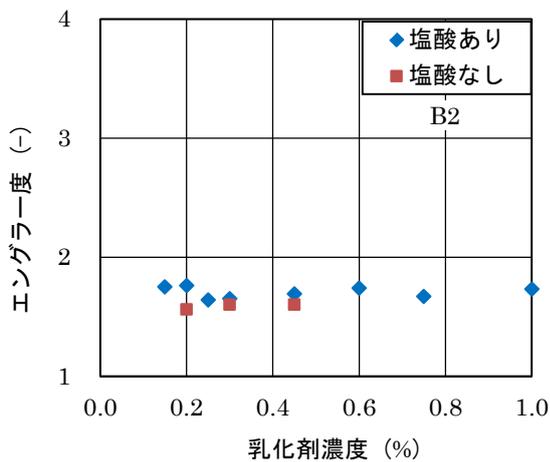


図-17 乳化剤濃度とエングラードの関係

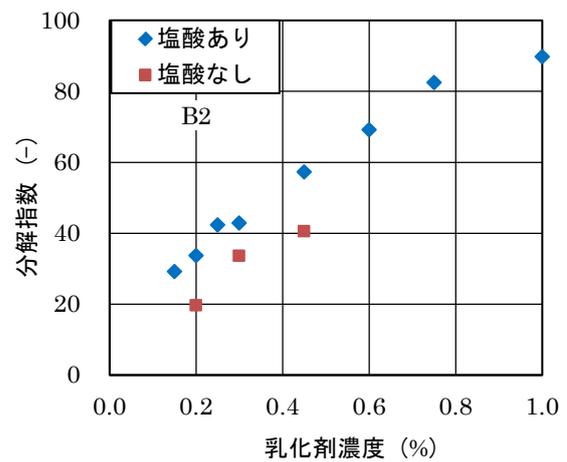


図-20 乳化剤濃度と分解指数の関係

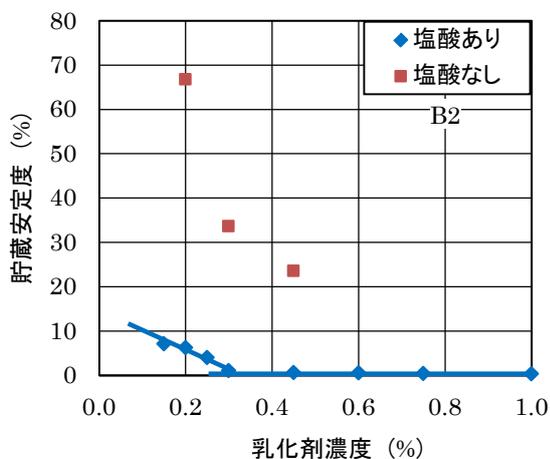


図-18 乳化剤濃度と貯蔵安定度との関係

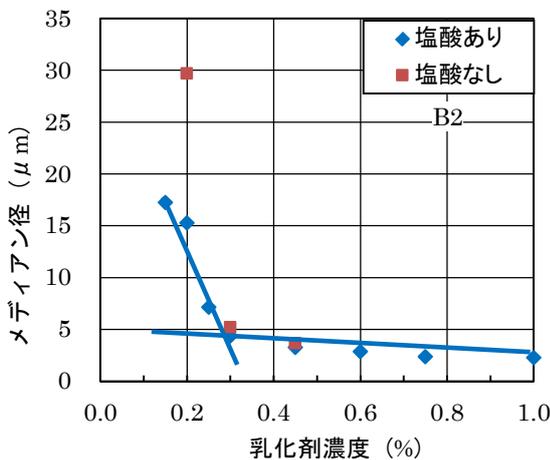


図-19 乳化剤濃度とメディアン径の関係

図-20から塩酸の有無にかかわらず、乳化剤濃度の上昇に伴い、分解指数は高くなる(分解しにくくなる)傾向にあった。塩酸を添加しない系では、分解指数が低くなる(分解しやすくなる)傾向にあった。

6-2 まとめ

混合用カチオン系乳剤(MK乳剤)の作製は、乳化剤として4級アンモニウム塩を使用し、乳化剤濃度0.3%程度が適量であることが判明した。また、若干の酸を添加すると、貯蔵安定性の大幅な向上がみられることが判明した。

7. 混合用ノニオン系乳剤の検討

本検討では、混合用ノニオン系乳剤(以下、MN-1乳剤)の作製にあたり、材料や配合条件の選定を行った。乳化剤は、ノニオン系乳化剤であるA5を使用し、市販品との比較を行った。

7-1 乳化剤濃度による乳剤性状

(1) 試験用乳剤の作製

乳剤の作製条件を表-10に示す。A5を乳剤全量に対して、乳化剤濃度(0.5~3.0%)の範囲で4条件作製した。作製した乳剤について各種性状試験を行った。

表-10 乳剤の作製条件(乳化剤濃度変化)

乳化剤種	A5
乳化剤濃度	0.5%、1.0%、2.0%、3.0%
酸、濃度	-
安定剤、濃度	-
As:乳化水	60:40

※濃度は乳剤全量に対する濃度

(2) 試験結果

乳化剤濃度と、エングラード(25℃)、貯蔵安定度、メディアン径および分解指数との関係を図-21~24に示す。

図-21から乳化剤濃度が上昇すると、粘性も高くなる傾向あり、変曲点は1.6%付近のところに観察された。

図-22からMN-1乳剤の規格値(1.0以下)を満たす貯蔵安定度は乳化剤濃度が1.0~2.0%の範囲内であることが判明した。

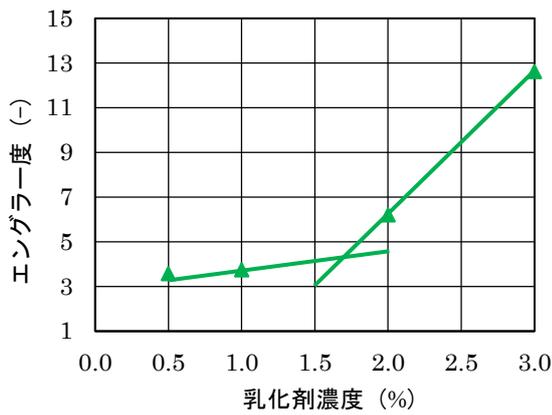


図-21 乳化剤濃度とエングラードの関係

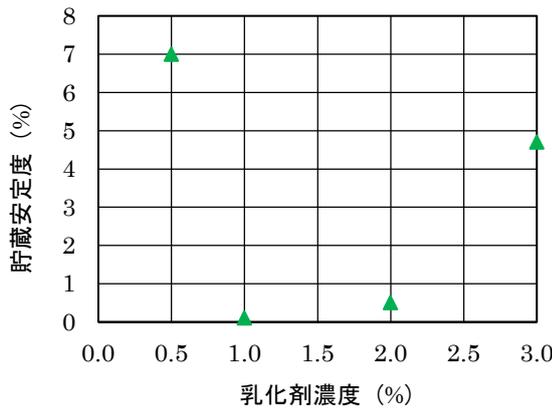


図-22 乳化剤濃度と貯蔵安定度との関係

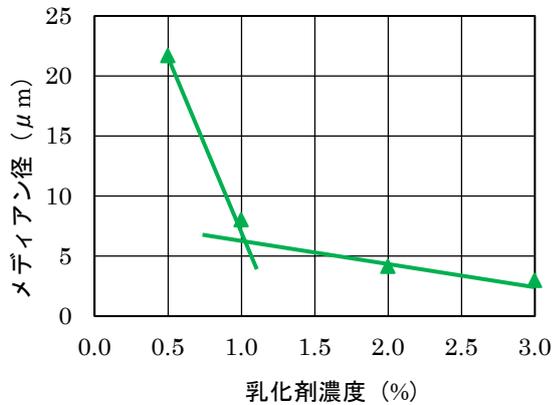


図-23 乳化剤濃度とメディアン径の関係

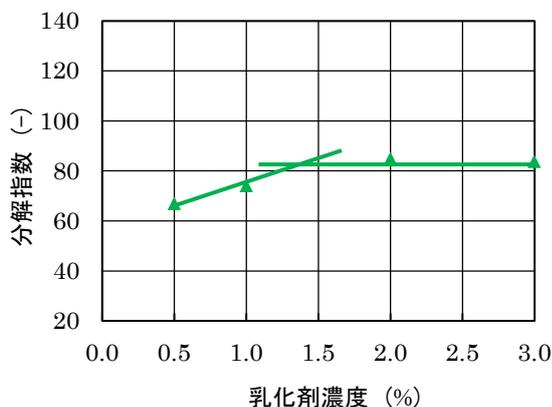


図-24 乳化剤濃度と分解指数の関係

図-23 から乳化剤濃度が上昇すると、粒子径が小さくなる傾向があり、変曲点は1.2%付近に観察された。

図-24 から乳化剤濃度が上昇すると、分解指数が高くなり、その後一定となる傾向が観察された。変曲点は1.3%付近に観察された。

以上の結果から、乳化剤濃度は1.0~1.6%程度が適量であると判断できる。

7-2 市販品 MN-1 乳剤の性状試験

(1) 市販品 MN-1 乳剤の性状試験結果

市販品 MN-1 乳剤の性状試験の結果を表-11 に、市販品 MN-1 乳剤の蒸発残留分とストアス 150/200 の性状試験結果を表-12 に示す。

表-11、12 から、市販品 MN-1 乳剤の蒸発残留分とストアス 150/200 は、同等の性状試験値であった。したがって、市販品 MN-1 乳剤は、ストアス 150/200 を使用していると思われる。

表-11 市販品 MN-1 乳剤の性状試験結果

項目	条件	規格値	試験値	
エングラード	25°C	2~30	4.1	
ふるい残留分(%)	1.18mm	0.3以下	0	
粒子の電荷	-	-	-	
蒸発残留分(%)	-	57以上	58.1	
貯蔵安定度(%)	24h	1.0以下	0	
蒸発残留分(%)	針入度	25°C、100g	60~300	195
	軟化点(°C)	-	-	37.1
	BF 粘度 (mPa·s)	180°C	-	47.5
		160°C		85
		140°C		180
120°C		457.5		
トルエン	-	97以上	99.96	

表-12 市販品 MN-1 乳剤とストアス 150/200 の蒸発残留分

項目	条件	ストアス	市販品
針入度	25°C、100g	170	195
軟化点(°C)	-	38.0	37.1
BF 粘度 (mPa·s)	180°C	-	47.5
	160°C	92.5	85
	140°C	200.0	180
	120°C	535.0	457.5

(2) 市販品 MN-1 乳剤との比較

各乳化剤濃度による乳剤性状と市販品 MN-1 乳剤の性状との比較を行った。

乳化剤濃度と、エングラード、貯蔵安定度、メディアン径、および分解指数との関係を図-25~28 に示す。

作製したノニオン系乳剤(A5)と市販品 MN-1 乳剤を比較すると、図-25 から乳化剤濃度が乳剤全量に対して約1.2%の時に同様な粘性を示した。

図-26 から乳化剤濃度1.0~2.0%の時に同様な貯蔵安定度を示した。

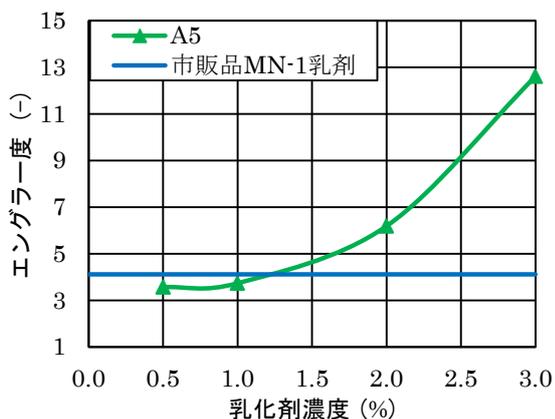


図-25 乳化剤濃度とエングラードの関係

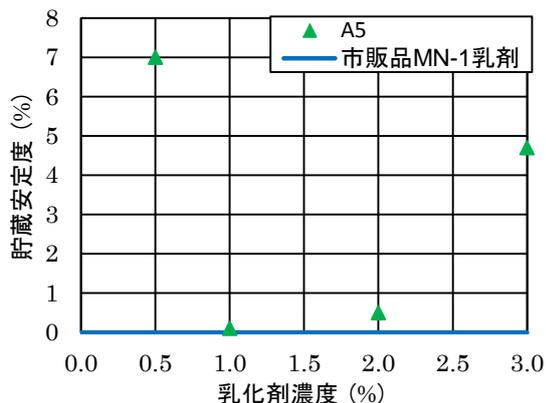


図-26 乳化剤濃度と貯蔵安定度との関係

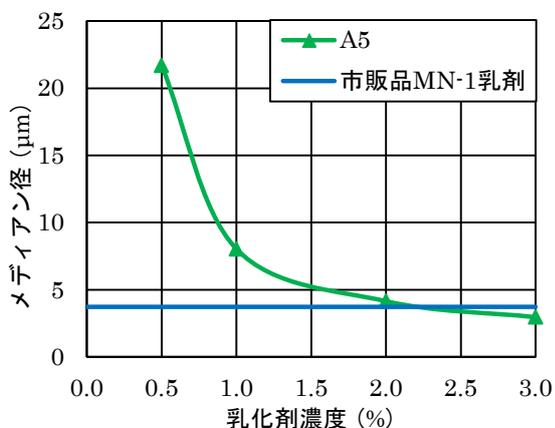


図-27 乳化剤濃度とメディアン径との関係

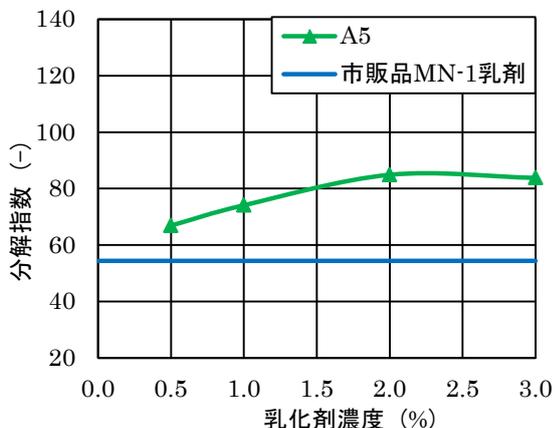


図-28 乳化剤濃度と分解指数との関係

図-27 から乳化剤濃度が、約 2.2%の時に同様な粒子径を示した。

図-28 から市販品 MN-1 乳剤は、A5 よりも分解指数が低い傾向にあった。また、試験結果では、A5 が徐々に固っていくのに対して、市販品 MN-1 乳剤は急激に硬化し、カチオン系乳剤のような様子を示した。

以上の結果より、ストアス 150/200 を使用し、乳化剤濃度を 1.2%程度とすれば、市販品 MN-1 乳剤と同様の性状の乳剤を得られることが判明した。

7-3 まとめ

本検討では、混合用ノニオン系乳剤の作製にあたり、材料や配合条件の選定を行った。その結果、ノニオン系乳化剤である A5 およびストアス 150/200 を用い、AC60%、乳化剤濃度 1.2%程度で、ほぼ同様の乳剤を得ることができると判明した。

8. まとめ

本研究で得られた知見を以下に示す。

(1) 浸透用カチオン系乳剤の検討

浸透用カチオン系乳剤 (PK乳剤) の作製は、一分子に 2つのアミノ基を有するジアミン系が有力である。乳化剤量は、牛脂プロピレンジアミンで 0.3%程度、硬化牛脂プロピレンジアミンで 0.4%程度が性能を満足しつつ、経済的な添加量である。酸の種類や添加量について検討した結果、酢酸、塩酸、および硝酸のどの酸でも乳剤を作製できる。計算によって求めた乳化剤が、イオン化するために必要な最低酸量は、塩酸で 0.41%、酢酸で 0.12%、および硝酸で 0.35% であり、これは 3種類の酸ともにメディアン径の変曲点とほぼ一致している。

カチオン系乳剤の ACは、50~60%が適正である。乳剤の性状は温度依存性があり、かつ使用した乳化剤の融点付近で変曲点がある。

(2) 混合用カチオン系乳剤の検討

混合用カチオン系乳剤 (MK乳剤) の作製は、乳化剤として 4級アンモニウム塩を使用し、乳化剤濃度 0.3%程度が適量である。また、若干の酸を添加すると貯蔵安定性の大幅な向上がみられる。

(3) 混合用ノニオン系乳剤の検討

混合用ノニオン系乳剤 (MN-1乳剤) の作製は、ノニオン系乳化剤である A5 とストアス 150/200 を使用し、AC60%、乳化剤濃度 1.2%程度で、市販品 MN-1 乳剤とほぼ同様の乳剤を得られる。

9. 今後の展望

(1) 浸透用カチオン系乳剤

各種乳化剤を用いた乳剤の性状を概ね把握し、所

定の性状を有する乳剤を概ね作製できるようになった。ただし、以下の課題が残っているために更なる検討が必要である。

- ① 乳剤の性状を微調整するために、単体の乳化剤だけでなく、数種類の乳化剤を混合する必要がある。
- ② 乳化機種類の違い(ホモジナイザ、コロイドミル)によって得られる乳剤の性状の変化を把握する。
- ③ 乳剤単体の試験だけではなく、タックコートの接着性の評価をするために引張試験などの散布した後の性状評価や散布性を評価する。
- ④ ディストリビューダのギアポンプに通したときの乳剤の安定性(機械安定性)を評価する。
これらの検討を行いより完成度を高めていきたい。

(2) 混合用カチオン系乳剤

MK乳剤を得られる乳化剤種は、現在のところ一種類であり、今後、乳化剤種を増加させて所定の乳剤性状を得るために、引き続き基礎的な研究が必要である。また、乳剤単体の試験だけではなく、骨材混合性試験(粗粒度骨材混合性試験、密粒度骨材混合性試験、土混じり骨材混合性試験)での評価を行う必要がある。

(3) 混合用ノニオン系乳剤

基本的なMN-1乳剤を作製する配合を見出した。ただし、以下の課題が残っているために更なる検討が必要である。

- ① 乳化剤種が一種類のために微調整を行うことができないため、ノニオン系乳化剤の種類を増やす。
- ② 乳化機種類の違い(ホモジナイザ、コロイドミル)によって得られる乳剤の性状の変化を把握する。
- ③ 骨材と混合した場合の可使時間など評価を行い、混合性を検討する。
- ④ ディストリビューダのギアポンプに通したときの乳剤の安定性(機械安定性)を評価する。
これらの検討を行い、より完成度を高めていく所存である。

【参考文献】

- 1) (一社)日本アスファルト乳剤協会:アスファルト乳剤の基礎と応用技術、2006.2
- 2) 大林道路株式会社:カチオン系アスファルト乳剤の調整法について、技術報、No.5、1971.8
- 3) 大林道路株式会社:マイクロサーフェシング混合物に関する実験、1998.5
- 4) (公社)日本道路協会:舗装調査・試験法便覧、2007.6
- 5) 伊藤亮、丸島孝和、保苅昭仁:乳剤工法の現状とタックコート用の新規改質アスファルト乳剤の開発、あすふあるとにゆうざい、No.132、1998.7
- 6) 伊藤亮:アスファルト乳剤に関する理論的アプローチ、あすふあるとにゆうざい、No.148、pp.4~8、2002.7

ミニ知識

我が国におけるアスファルト乳剤の種類

①日本工業規格 JIS K 2208 (2000)

種類	記号	用途		
カチオン乳剤	浸透用	1号	PK-1	温暖期浸透用及び表面処理用
		2号	PK-2	寒冷期浸透用及び表面処理用
		3号	PK-3	プライムコート用及びセメント安定処理層養生用
		4号	PK-4	タックコート用
	混合用	1号	MK-1	粗粒度骨材混合用
		2号	MK-2	密粒度骨材混合用
		3号	MK-3	土混り骨材混合用
ノニオン乳剤	混合用	1号	MN-1	セメント・アスファルト乳剤安定処理混合用

P : 浸透用乳剤 (Penetrating Emulsion) M : 混合用乳剤 (Mixing Emulsion)
K : カチオン乳剤 (Kationic Emulsion) N : ノニオン乳剤 (Nonionic Emulsion)

②日本アスファルト乳剤協会規格 JEAAS-2006

種類	記号	用途	
高浸透性アスファルト乳剤	PK-1	プライムコート用	
高濃度アスファルト乳剤	PK-H	浸透用および表面処理用	
カットバックアスファルト乳剤	MK-C	維持修繕の常温混合物用	
改質アスファルト乳剤	ゴム入りアスファルト乳剤	PKR-T	タックコート用
		PKR-S-1	温暖期表面処理用
		PKR-S-2	寒冷期表面処理用
	マイクロサーフェシング乳剤	MS-1	マイクロサーフェシング用

高性能アスファルト乳剤 High Penetrating Emulsified Asphalt 改質アスファルト乳剤 Emulsified Modified Asphalt
高濃度アスファルト乳剤 Emulsified Asphalt of High Content ゴム入りアスファルト乳剤 Emulsified Rubberized Asphalt
カットバックアスファルト乳剤 Emulsified Cutback Asphalt マイクロサーフェシング乳剤 Emulsified Asphalt for Microsurfacing

アイストッパーRの凍結抑制性能

鈴木 徹*
 東本 崇**
 菅野善次郎***
 稲葉 行則****

1. はじめに

当社では、弾性材料としてゴム粒子を使った物理系凍結抑制舗装について、長年研究してきており、要求される性能・機能に応じて、各種工法を開発・改良し、施工実績に結び付けている¹⁾。ルビット、オークサイレント、アイストッパーTおよびアイストッパーRの4種類の凍結抑制舗装があるが、最近では粗面型ゴム粒子入り凍結抑制舗装である、アイストッパーRを主軸に営業展開を図っている。

本文では、アイストッパーRの概要、施工方法、室内試験による凍結抑制性能、ならびに冬期路面調査による現道における凍結抑制性能について報告する。

1. アイストッパーRの概要

1-1 工法概要

アイストッパーRの概要を図-1に示す。アイストッパーRは、粗面型SMA混合物にゴム粒子を混合するとともに、舗装表面にもゴム粒子を散布接着させた物理系凍結抑制舗装である。その表面付近のテクスチャが、ポーラスアスファルト舗装と同等で、表面以下はSMAと同等に骨材間隙をアスファルトモルタルで充填された密実な構成を持つ舗装である。

アイストッパーRは、積雪寒冷地などの凍結抑制性能および雨天時の走行安全性が望まれる路線において、特に交通量が多い路線や除雪作業による骨材飛散が懸念される路線への適用が可能である。

概略図	
工法概要	粗面型砕石マスタック混合物に工業用ゴム端材有効活用品のゴム粒子を使用 舗装表面にアスファルト高付着型ゴム粒子を散布接着
特長	①ゴム粒子が交通荷重により変形し、雪水の破砕・除去を促進する ②舗装表面のきめ深さにより、降雨時の水膜発生を防止する(走行安全性確保) ③粗面SMAと同様な効果(骨材飛散抵抗性、耐流動性、耐水性の向上)が得られる ④舗装表面のきめ深さおよびゴム粒子によりタイヤ/路面騒音が低減される ⑤舗装表面の凹部により凍結防止剤の残留効果が高められる

図-1 アイストッパーRの概要

1-2 施工方法

機械編成例を図-2に、平成26年11月の国道17号川口地区凍結抑制舗装(国交省北陸地方整備局フィールド提供型試行工事)を例に施工手順を写真-3~7に示す。



図-2 機械編成例



写真-1 敷きならし状況



写真-2 表面ゴムチップ散布状況



写真-3 初期転圧、二次転圧状況

*技術研究所材料研究室室長 **技術研究所環境研究室室長 ***本店エンジニアリング部生産技術課担当課長
 ****本店エンジニアリング部担当部長



写真-4 仕上げ転圧状況



写真-5 完了状況

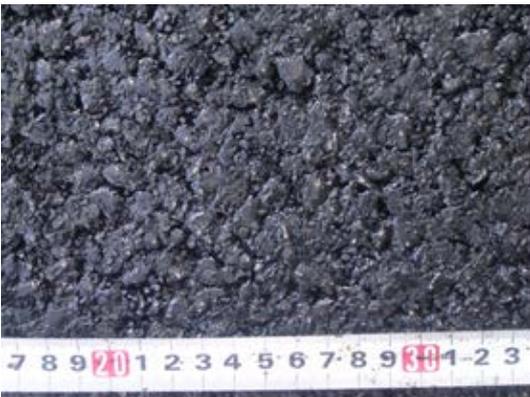


写真-6 舗装表面状況

ディスク散布方式のゴムチップスプレッダを使用する以外は、一般的な舗設機械で施工が可能である。ゴムチップスプレッダは、アスファルトフィニッシャのスクリ

ードステップに取り付けることで、フィニッシャの進行とともにゴム粒子を所定量散布できる機構となっている。したがって、一連の舗設の中で、一工程で凍結抑制機能を付与することができるため、施工性と経済性に優れた工法と考えられる。

3. アイストッパーRの性状

アイストッパーR混合物の性状例を表-1に示す。

アイストッパーRの性状は、NEXCOの高機能舗装II型の規格もほぼ満足するものである。

表-1 アイストッパーRの性状

項目	アイストッパーR		
	代表値	社内目標値	
アスファルトの種類	ポリマー改質アスファルトH型-F		
アスファルト量 (%)	6.3	—	
混合用ゴムチップ量 (%)	2.0	—	
空隙率	かさ (%)	4.6	—
	真空バック (%)	6.3	5.8~7.6
飽和度 (%)	68.8	65~85	
骨材間隙率 (%)	20.2	21以下	
マーシャル安定度 標準 (kN)	8.4	5以上	
マーシャル安定度 水浸 (%)	90程度	75以上	
フロー値 (1/100mm)	56	—	
カンタプロ損失率(20℃) (%)	—	—	
	4.8	20以下	
路面のきめ深さ(MDP) (mm)	1.3	1.2以上	
動的安定度 (回/mm)	10,500	3,000以上	
透水係数 (cm/sec)	不透水	1.0×10 ⁻⁷ 以下	
すり減り量	0.2	0.7以下	

※国土交通省：富山事例

4. アイストッパーRの施工実績

2014年末時点でのアイストッパーRの施工実績を表-2に示す。

アイストッパーRは、2012年に函館市で施工を行ったのが始まりであり、開発当初には、バインダーとしてポリマー改質アスファルトII型を使用していたが、重交通路線や除雪により骨材飛散が懸念される箇所にも適用できるように、ポリマー改質アスファルトH-Fの使用に移行してきている。

表-2 アイストッパーRの施工実績

No.	施工年月	発注者	工事名	施工場所	施工面積 (m ²)
1	2012年 6月	函館市	市道中島26号線ほか1線舗装道新設工事	函館市北美原地内市道	63
2	2013年 8月	国交省北陸地整金沢河川国道事務所	H25朝日地区外舗装修繕工事	富山県魚津市出地内 国道8号	882
3	2014年10月	東日本高速道路新潟支社	北陸自動車道新潟管内舗装補修工事	新潟県阿賀野町磐越自動車道	689
4	2014年10月	函館市	市道湯川2-13号線舗装工事	函館市日吉町地内	650
5	2014年11月	国交省北陸地整長岡国道事務所	川口地区凍結抑制舗装その5工事	新潟県長岡市東川口 国道17号	350
6	2014年11月	新潟県長岡地域振興局	平成26年度(国)117号県単舗装補修工事	新潟県長岡市川口牛ヶ島	525
				合計	3,159

5. 室内試験における凍結抑制性能の評価

5-1 氷着引張試験²⁾

1) 試験方法

氷着引張試験による氷着引っ張り強度は、氷結路面と氷板のはがれやすさの程度をいう。氷着引っ張り強度が小さいほど、凍結を抑制する効果および除雪の効率を高める効果が大いことを示す。

試験の概念図を図-3に示す。試験状況を写真-7に示す。

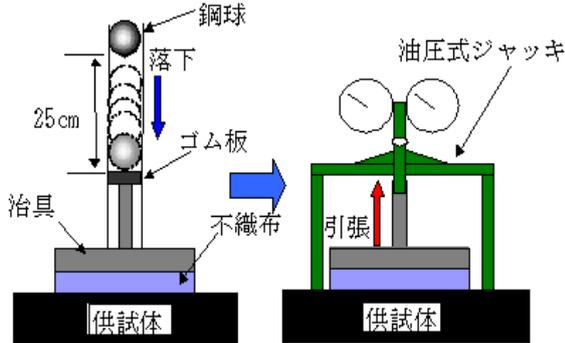


図-3 氷着引張試験の概念図



写真-7 試験状況

試験手順は以下のとおりである。

- ① 試験前日に恒温室に検討する供試体を入れ、供試体表面が -5°C になるまで養生する。
- ② 治具に張り付けている水を染み込ませた不織布を供試体表面に設置し、供試体に接地圧が 4kPa となる荷重をかけた状態で4時間以上養生する。
- ③ 荷重を取り除き、 $420\pm 10\text{g}$ の鋼球を高さ 25cm の位置から10回落下させる。
- ④ 建研式引張試験機をセットし、供試体から治具を引き抜き、最大荷重を読み取り、その供試体の引張荷重とする。

2) 試験結果

氷着引張強度試験結果の一例³⁾を図-4に示す。併せて当社保有の他の物理系凍結抑制舗装(ルビット、オークサイレント、アイストッパーT)と比較用の細粒度ギャップ

アスコンおよび密粒度アスファルト混合物の結果も示す。

アイストッパーRは、当社の他の凍結抑制舗装と同様に、比較混合物と比べて、氷着引張強度は小さく、雪氷は剥がれやすいことが確認できる。

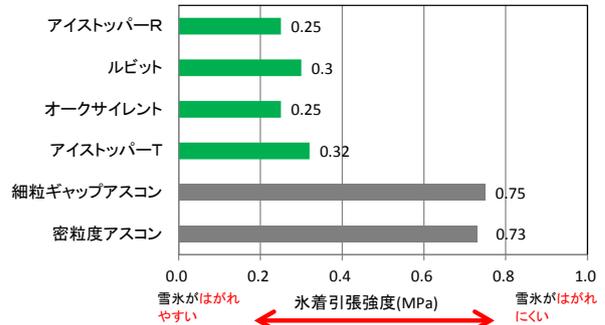


図-4 氷着引張試験結果の一例

5-2 氷板ホイールトラッキング試験^{4), 5)}

当該評価試験方法は、2010年に当社が受注した技術開発・工事一括発注方式(A型)の初弾となる北陸地方整備局発注の「排水性舗装における凍結抑制技術に関する技術開発」の業務において、筆者らが考案したものである。

1) 試験方法

氷板ホイールトラッキング試験(以下、氷板WT試験)は、縦 30cm ×横 30cm ×厚 5cm のWT試験用供試体の表面に氷板(縦 26cm ×横 12cm ×厚 0.15cm)を形成し、荷重走行試験を行い、氷板の破碎・はくり状況を評価する試験である。氷板WT試験の試験手順を図-5に、氷板の作製手順を図-6に、試験条件を表-3に、試験状況を写真-8に示す。

氷板作製条件は、型枠内の骨材間に氷板作製用試料を充填させ、厚さを型枠の天端合わせとし、試験対象混合物の表面形状に左右されず、人的誤差もなく、ほぼ平均的に骨材上から厚さ 1.5mm が確保できる条件とした。

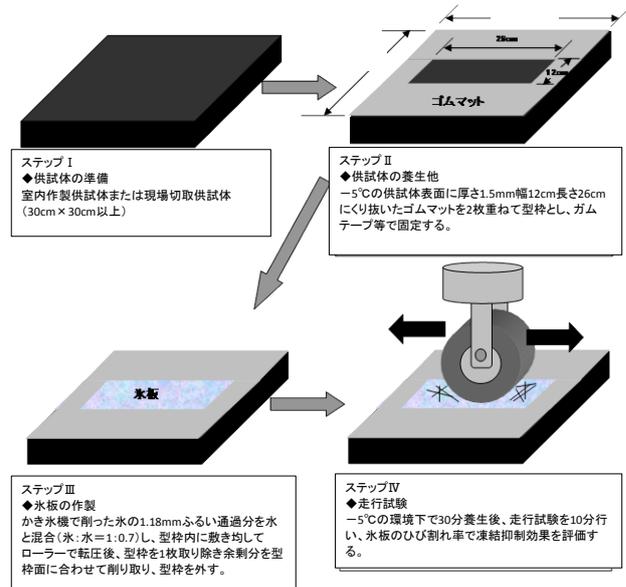


図-5 氷板WT試験手順

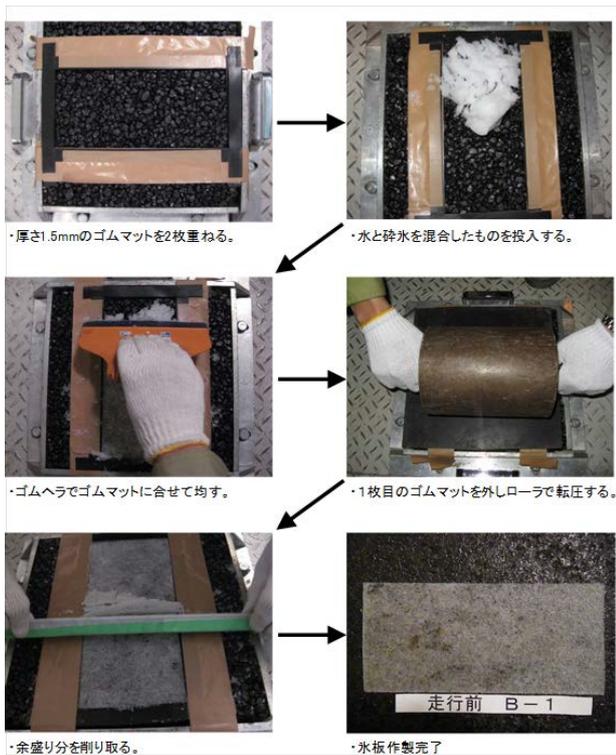


図-6 氷板作製手順

表-3 試験条件

項目		設定値
氷板作製条件	氷:水(質量比)	1:0.65
	氷板の厚さ	1.5mm
	氷板転圧荷重	136N
	氷板転圧回数	10往復
	氷板養生温度	-5℃
	氷板養生時間	30分
試験条件	試験温度	-5℃
	試験輪の種類	ソリッドタイヤ
	試験輪走行荷重	686N
	試験輪走行時間	10分



写真-8 氷板 WT 試験状況

2) 評価方法

評価方法を以下に示す。

- ① 氷板 WT 試験前の氷板表面の画像を記録しておく(図-7①参照)。
- ② 氷板 WT 試験後の氷板表面の画像を記録しておく。
なお、車輪走行箇所(幅 5cm)以外の箇所で、氷板の破

砕による移動等により容易にはくりと認められる箇所は、ハケで除去する(図-7②参照)。

- ③ 縦 26cm×横 12cm の氷板上に同サイズの 78 マス(1マス 2cm×2cm)のメッシュを重ね合わせる(図-7③参照)。
- ④ 氷板のひびわれ・はくりが見られる箇所と見られない箇所を区別し、(図-7④参照)、式(1)により氷板ひびわれ・はくり率を算出する。この値を凍結抑制性能の指標値と定義することにした。

$$\text{氷板ひびわれ・はくり率} = \frac{\text{ひびわれ・はくり箇所} \times \text{マス数}}{\text{全マス数 (78)}} \times 100 \quad \text{式(1)}$$

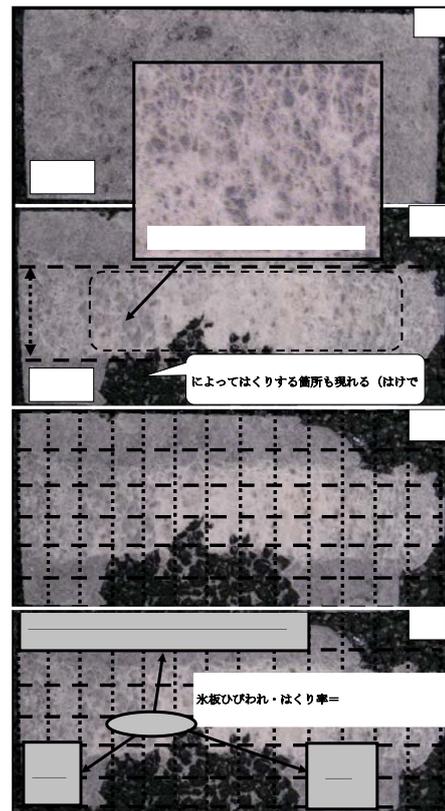


図-7 氷板作製手順

3) 試験結果

氷板ホイールトラッキング試験結果の一例³⁾を図-8に示す。併せて当社保有の他の物理系凍結抑制舗装(ルビット、オークサイレントおよびアイストッパー-T)と比較用の粗面型 SMA およびポーラスアスファルト舗装(空隙率 17%)の結果も示す。

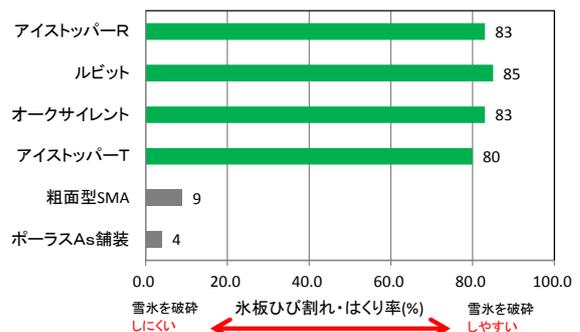


図-8 氷板ホイールトラッキング試験結果の一例

アイストッパーRは、当社の他の凍結抑制舗装と同様に、比較混合物と比べて、氷板ひび割れとはくり率が大きく、雪氷が破碎しやすいことが確認できる。

5-3 回転ラベリング試験による凍結抑制性能評価試験 (仮称: 圧雪回転ラベリング試験)^{6), 7)}

氷板 WT 試験では、物理系凍結抑制舗装の凍結抑制効果(弾性体上の氷板がひび割れる)を再現できると考えられる。しかし、試験の特性上、走行荷重は同箇所を繰り返し走行するため、氷板にひび割れは生じるが、除去までには至らない。冬期における実道に見られる凍結抑制効果は、何かしらの効果によって雪氷が破碎、または氷着力が緩み、それらが繰り返し生じ、また走行車両のタイヤの蹴り出しによって雪氷が除去され、路面が露出することによって、すべり抵抗値が増すものと考えられる。そこで、タイヤの蹴り出し効果を再現できる方法として、回転ラベリング試験により凍結抑制効果を検証することとした。

1) 試験方法

回転ラベリング試験による凍結抑制効果の検証試験は、供試体上に模擬圧雪を形成し、回転ラベリング試験機により車輪を走行させ、任意の回転数毎にすべり抵抗値(BPN)を測定し、すべり抵抗値の上昇具合から凍結抑制効果の評価する試験である。試験条件を表-4に示す。

表-4 試験条件

項目		設定値
氷板作製条件	氷:水(質量比)	1:0.65
	積雪厚さ	11.5mm
	養生温度	-5℃
	養生時間	30分
試験条件	試験輪空気圧	320±10kPa
	輪荷重	2.0kN
	走行輪の数	2輪
	走行速度	5km/h
	試験温度	-5℃
	走行回数	3,000回

2) 模擬圧雪作製

模擬圧雪作製手順を図-9に示す。

3) 試験結果

試験結果(走行回数と BPN の関係)を図-10に示す。走行3,000回後の供試体表面状況を写真-9に示す。

アイストッパーRは、1,500回走行時に路面が露出しはじめ、徐々にBPNが高くなり、3,000回走行後には写真-9に示すように、車輪走行箇所の端部を除いて、ほぼ露出していることが確認できた。一方、比較用の粗面型SMAは走行回数の増加とともに、表面の凹部分および骨材上面に圧雪による氷板が形成しはじめ、3,000回走行時にも写真-9に示すように、それらの多くが残っていることが確認された。

アイストッパーRと粗面型SMAは、表面のテクスチャが同程度であるにもかかわらず、このような凍結抑制性能の違いが見られるのは、内部および表面散布接着ゴム粒子が凍結抑制性能の向上に寄与しているものと考えられる。これらのことから、本評価試験によっても、妥当な凍結抑制性能を評価でき、加えてアイストッパーRは、通常舗装よりも早期に路面を露出させる凍結抑制性能を有していることを確認できた。

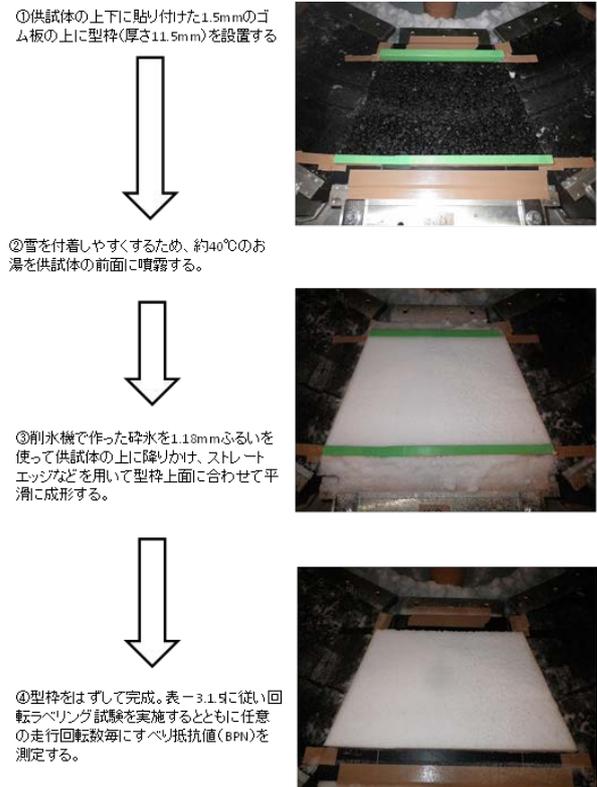


図-9 模擬圧雪作製手順

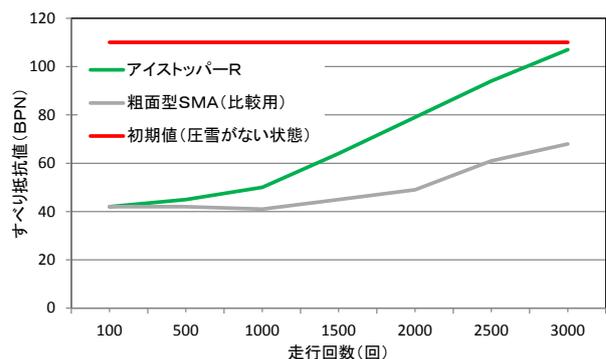


図-10 走行回数と BPN の関係



写真-9 走行回数と BPN の関係
(左: アイストッパーR、右: 粗面型 SMA)

以上、室内評価において、アイストッパーRは優れた凍結抑制性能を有していることを確認した。なお、氷板WT試験と圧雪回転ラベリング試験は、オフィシャルな試験方法ではないが、(国研)土木研究所や凍結抑制舗装技術研究会においても取り上げられている試験法であり⁶⁾、凍結抑制舗装技術研究会では平成27年度に、氷板WT試験と圧雪回転ラベリング試験の試験条件等について詳細に検討していく予定となっている。

6. 室内試験における凍結抑制性能の評価^{3), 8) ~ 11)}

6-1 H25朝日地区外舗装修繕工事(富山国道8号)

平成25年8月に施工した当該箇所について、供用開始一冬の平成26年2月に冬期路面調査を実施した。積雪時の時間経過による路面の露出状況を観察し、隣接する一般舗装部と比較することで、凍結抑制性能を評価した。時間経過に伴う冬期路面状況を写真-9~18に示す。なお、当該路線は、比較的広い歩道があるため、以下に示す写真は、すべて歩道側から直接デジタルカメラで撮影した画像である。



写真-9 路面状況 2/4 16:00 撮影



写真-10 路面状況 2/4 16:00 撮影

天候は曇りで、気温は -2.0°C での状況である。一般舗装工区は、タイヤのトレッドパターン状に圧雪された雪

が氷着しているが、アイストッパーRには氷着した雪はみられず路面が露出している。



写真-11 路面状況 2/4 17:00 撮影



写真-12 路面状況 2/4 17:00 撮影

天候と気温はそれほど変わらない状況で、一般舗装工区は16:00頃と比較して、氷着していた雪氷が融けて少なくなってきているが、路面はすべりやすい状態であった。



写真-13 路面状況 2/4 17:30 撮影



写真-14 路面状況 2/4 17:30 撮影

先の状況から降雪に切り替わり、気温は多少下がり-2.3℃になった。一般舗装工区は、雪氷上に降った雪が再氷着し始め、すべりやすい状態であった。アイストッパーR 工区は、変わらず路面が露出した状態である。



写真-15 路面状況 2/4 18:00 撮影

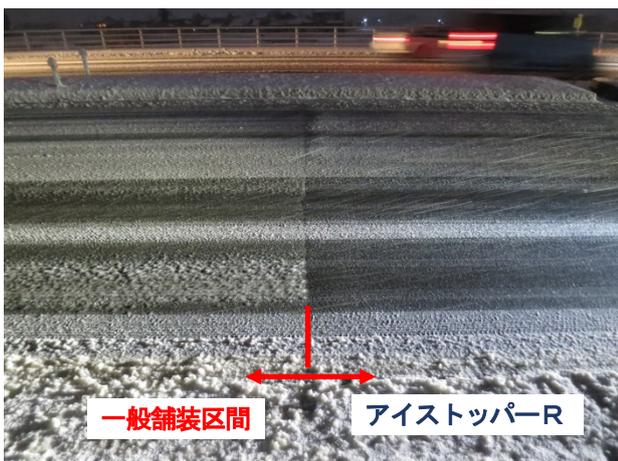


写真-16 路面状況 2/4 18:00 撮影

降雪が続き、気温は-2.6℃の状況である。一般舗装工区は先ほどと同様に、降った雪が再度氷着し、形成された雪氷の面積、厚さともに増大し始め、路面全体に雪氷

が広まった。アイストッパーR 工区では、タイヤ走行箇所は路面が露出した状態であった。



写真-17 路面状況 2/5 4:45 撮影



写真-18 路面状況 2/5 4:45 撮影

明るく日の早朝 4 時 45 分頃には降雪はなかったが、気温は-3.0℃に下がっていた。一般舗装工区は、雪氷で覆われているが、アイストッパーR 工区では、タイヤ走行箇所は路面が露出した状態であった。

以上、アイストッパーR は、現道においても優れた凍結抑制性能を有していることが確認できた。なお、当該箇所は平成 27 年に、二冬目の冬期路面調査を実施しており、凍結抑制性能は、前述の一冬目と同様であったことをここに付しておく。

6-2 H26(国) 117号県単舗装修繕工事(新潟小千谷)

当該工事は、平成 26 年 11 月に施工した箇所である。平成 27 年 1 月中旬に現地にて路面状況を撮影した。路面状況を写真-19~20 に示す。



写真-19 路面状況 1/19 8:45 撮影



写真-21 工区堺付近の路面状況の全景



写真-20 路面状況 1/19 8:45 撮影



写真-22 通常舗装工区の路面状況

調査時の天候は晴れで、気温は -0.6°C であった。アイストッパーR 区間は、全面路面が露出した状態であったが、一般舗装区間は、洗濯板状の雪氷が一部路面に氷着した状態であった。

6-3 北陸自動車道新潟管内舗装修繕工事(磐越道)

当該工事は、平成26年10月に行ったもので、冬期路面調査は平成27年3月に行った。前述の6-1と6-2では、現地傍からのデジタルカメラによる画像である。しかし、高速道路のような現地脇から撮影できない場合は、筆者らは以前から、車載デジタルビデオカメラにより、走行しながら路面を撮影し、評価区間の静止画を抽出して評価を行っている。

動画から静止画を抽出した、当該路線の工区堺付近の冬期路面状況の全景を写真-21に、通常舗装工区およびアイストッパーR工区のそれぞれの抽出画像を写真-22、23に示す。

写真-21の赤点線で示しているのが、アイストッパーRと通常舗装との工区境であり、手前が通常舗装、奥側がアイストッパーR工区である。この画像においても手前の通常舗装工区より、奥側のアイストッパー工区の方の路面色が黒いことが確認できる。その違いは、写真-22、



写真-23 アイストッパーR工区の路面状況

写真-23を見れば歴然である。

以上のように、アイストッパーRは、高速道路においても、凍結抑制性能を発揮していることが立証されたものと考えられる。

6-4 川口地区凍結抑制舗装工事(長岡市国道17号)

当該工事は、フィールド提供型試行工事において、当該路線に10社11技術の凍結抑制舗装を行ったケースである。各技術100mずつの施工であった。当社はルビッ

ト舗装とアイストッパーRの2工法を平成26年11月に施工した。平成27年1月に、前記6-3と同様な手法で車載デジタルビデオカメラにより凍結抑制性能を確認した。アイストッパーRと一般舗装部の画像を写真-24、25に示す。



写真-24 アイストッパーR工区の路面状況



写真-25 アイストッパーR工区の路面状況

写真-24の雪で覆われた反対車線は、一般舗装部である。このことから、および写真-26示した一般舗装区間との比較によっても、アイストッパーRの優れた凍結抑制性能を確認できた。

以上、現道における冬期路面調査から、室内評価と同様にアイストッパーRの凍結抑制性能は高いことを立証できたものと考えられる。引き続き、長期的に追跡調査していく次第である。

7. 現場調査結果による凍結抑制効果発揮条件

上記の現道調査の範疇内ではあるが、アイストッパーRの凍結抑制効果が発現した気象条件・雪氷の種類等を表-5に示す。

表-5 凍結抑制効果がみられた事例における

気象条件・雪氷の種類

調査箇所	調査日時		天候	気温(℃)	1時間当り降雪量(cm)※	積雪の深さ(cm)※	雪氷の種類【目視】	雪氷の厚さ【目視】(cm)
	年月日	時刻						
今回施工箇所 (新潟県内国道)	H27. 1. 17	14:40	雪	1.5	0	73	シャーベット	0~1
	H27. 1. 29	8:45	晴れ	-0.6	1	67	氷板	0~1
他施工箇所1 (新潟県内国道)	H27. 1. 18	9:30	曇り	2.9	0	78	氷板	1~3
他施工箇所2 (富山県内国道)	H26. 2. 4	16:00	曇り	-2.0	1	14	氷板	1~3
	H26. 2. 4	18:00	雪	-2.6	1	14	氷板	1~3
	H26. 2. 5	4:45	曇り	-3.0	0	12	氷板	1~3
	H26. 2. 8	13:00	雪	-0.8	6	23	氷板	1~3
	H26. 2. 10	6:00	雪	-1.5	0	29	氷板	1~3
	H26. 2. 10	7:30	雪	-2.3	0	29	氷板	1~3
他施工箇所3 (新潟県内高速道)	H26. 2. 12	6:40	雪	-0.4	0	85	圧雪	1~3
	H26. 2. 12	8:30	雪	-0.2	6	93	圧雪	1~3

※降雪量と積雪の深さは、気象庁HPの気象データを使用

一般的に、凍結抑制舗装の効果が顕著に現れる温域は、気温が-5℃程度以上といわれている⁵⁾。表-5から、凍結抑制効果がみられた気温の範囲は-3.0~2.9℃であり、上記の気温領域内である。効果がみられた雪氷の厚さは、いずれも3cm以下で、主に降雪初期あるいは除雪・凍結防止剤散布後において、効果が顕著に現れた。また、室内試験でも検証したとおり、氷板・圧雪に対して効果がみられた。これまでの室内試験および今回の現地調査の結果から、アイストッパーRの凍結抑制効果が期待できる条件を表-6に示す。

表-6 凍結抑制効果が期待できる条件

項目	条件	効果	コメント
気 温	-5℃以上	○	当該地区は最低気温が-5℃以下となる日はほとんどない
	-5℃以下	△	
雪氷の種類	水膜(フлакアイス)	◎	路面のきめ深さとゴム粒子により相乗的に効果を発揮
	氷板(アイスバーン)	○	
	圧雪	○	室内・現地調査により効果を確認
雪氷の厚さ	3cm以下	○	現地調査より効果がみられた時の雪氷の厚さは3cm以下
	3cm以上	△	
除 雪	有り	○	当該地域は積雪日が多いため、ある程度の除雪作業が必要
	無し	△	
凍結防止剤散布	有り	◎	舗装表面の瓦部により凍結防止剤の残留効果が高められる
	無し	○	

今回の調査の対象地域は気温-5℃となる日がほとんどなく-5℃以下での検証はできなかったが、-5℃以上では効果がみられ、厚さ3cm以下の雪氷、特に除雪・凍結防止剤の散布後に顕著な効果がみられた。

今回の検証は、限られた量(地域、調査日等)の調査結果であるため限定的ではあるもののアイストッパーRの凍結抑制効果が発揮される適用条件・適用箇所について検証できたと考える。

8. まとめ

アイストッパーRの室内評価および冬期現地調査により、得られた知見を以下に示す。

- (1) 氷着引張試験、氷板ホイールトラッキング試験および圧雪回転ラベリング試験より、アイストッパーRは優れた凍結抑制性能を有している。
- (2) 現道における冬期路面調査により、室内試験結果と同様に、現道においてもアイストッパーRは、凍結抑制性能を十分に発揮している。
- (3) 今回の現地調査の範疇内であり、データは少ないが、アイストッパーRは、-5℃以上では効果がみられ、厚さ

3cm以下の雪氷、特に除雪・凍結防止剤の散布後に顕著な効果がみられた。

9. おわりに

今後は、アイストッパーRに限らず、当社凍結抑制工法シリーズ(アイストッパーR、T、ルビット、オークサイレント)について、地域における冬期路面性状および供用性を長期的に継続して調査し、当社の凍結抑制工法シリーズの適用箇所および適用条件を明確化していきたい。

【参考文献】

- 1) 鈴木徹、東本崇: ゴム粒子を使った凍結抑制舗装、土木技術、第63巻、第3号、2008.3
- 2) (公社)日本道路協会: 舗装性能評価法別冊、2008
- 3) 上地俊孝、東本崇、鈴木徹: ゴム粒子を使用した凍結抑制性能の各地域における凍結抑制効果、第13回北陸道路舗装会議、2015
- 4) 鈴木徹、東本崇、稲葉行則ほか2名: 排水性舗装における凍結抑制技術の向上と凍結抑制性能評価方法に関する検討、第17回舗装技術に関する懸賞論文、(一社)日本道路建設業協会 HP、2012
- 5) 東本崇、鈴木徹、寺田剛、久保和幸: ゴム粒子を使用した新たな凍結抑制舗装の開発、舗装、Vol.48、No.4、pp.20-pp.25、2013
- 6) 北野原朋宏、鈴木徹、東本崇、稲葉行則: ハイブリッド舗装、第30回日本道路会議論文集(CD)、2013
- 7) 寺田剛、鈴木徹ほか3名: 凍結抑制舗装の評価方法の検討、土木学会論文集 E1(舗装工学)、Vol.69、No.3(舗装工学論文集第18巻)、I_25-I_31、2013
- 8) 澤田修平、東本崇、鈴木徹: 粗面型ゴム粒子入り凍結抑制舗装「アイストッパー」、平成26年度建設技術報告会(北陸)HP、2014
- 9) 上地俊孝、東本崇、鈴木徹: 粗面型ゴム粒子入り凍結抑制舗装の凍結抑制性能の検証、土木学会第69回年次学術講演概要集(CD)、2014
- 10) 鈴木徹、衣川眞仁、寺田剛: 粗面型ゴム粒子入り凍結抑制舗装「アイストッパー」、第13回北陸道路舗装会議 HP、2015
- 11) 前田昇吾、東本崇、鈴木徹: 冬期実道における凍結抑制効果検証の一例、第31回日本道路会議論文集(CD)、2015

ミニ知識

国土交通省北陸地方整備局では、凍結抑制舗装技術の活用の取組みとして、公共工事等における新技術活用システムのフィールド提供型を用いて、ニーズに合った技術を公募し、選定された11技術(下表)の試行工事を平成26年度に実施した。

施工後は、現地における凍結抑制効果やその持続性能について、舗装技術や道路管理に精通する専門家からなる「凍結抑制舗装技術に関する調査検討委員会」を設け、意見・助言を受けながら調査を進めている。

区間番号	技術名称	応募者	NETIS番号
①	ゴムパウダ型凍結抑制舗装 (廃ゴムのゴムパウダを利用した凍結抑制舗装)	(株)佐藤渡辺	HR-140009-VR
②	ザベック工法タイプG (ゴムチップ充填型 物理・化学系凍結抑制舗装)	世紀東急工業(株) 北陸支店	KT-990566-VR
③	グルーピングウレタン工法 (積雪地域のアイスバーン(冰雪路面))	鹿島道路(株) 北陸支店	選定時 (TH-990010-A)
④	アイストール (既設舗装対応型凍結抑制舗装)	オサダ技研(株)	HR-140010-VR
⑤	アイスクラッシュペイブ (弾性体混入型物理系凍結抑制舗装)	大成ロテック(株) 技術研究所	KT-140058-VR
⑥	アメニウレタン舗装 (多機能型砕石マスタック物理系(ウレタン樹脂充填)凍結抑制舗装)	日本道路(株) 北信越支店	TH-990054-V
⑦	アイス・インパクト (弾性モルタル型凍結抑制舗装)	福田道路(株)	HR-140001-VR
⑧	ゴムロールド (弾性体圧入型物理系凍結抑制舗装)	(株)NIPPO 北信越支店	KT-980121-V
⑨	ルビット舗装 (ゴム粒子入り凍結抑制舗装)	大林道路(株) 北信越支店	KT-990006-V
⑩	アイストッパー (粗面型ゴム粒子入り凍結抑制舗装)	大林道路(株) 北信越支店	KT-140064-VR
⑪	フル・ファンクション・ペープ (縦溝粗面型ハイブリッド舗装)	(株)ガイアート・K	KT-130010-VR

アスファルト乳剤を主体とした舗装補修キットの開発

光谷 修平*
 鈴木 徹**
 澤田 修平***

1. はじめに

社会インフラの老朽化と維持修繕・更新予算の不足がもたらす問題は、「荒廃するアメリカ」を引き合いとして、建設関連の有識者を中心に以前から指摘されて、対策の必要性が提言されていた。

2012年12月2日に発生した笹子トンネル天井板落下事故は、この老朽化がもたらす被害が具現化したものである。現在、国土交通省を中心に「全数監視」を原則とした総点検が開始される等、まずは管理方法の見直しが行われている。これにより、緊急性の有無から、維持修繕・更新の優先順位を適切に決定するシステムが構築されていくものと思われる。しかし、少子高齢化等を背景とする、経済の長期的な失速傾向を抜本的に解決することは困難である。維持修繕・更新予算の大幅な増額が見込み難い以上、限られた予算で必要な維持修繕・更新を適切な時期に実施するための更なる工夫に、あらゆる角度から取り組まなければならない。

維持修繕・更新の優先順位が高い不具合については、それぞれの分野の専門業者が、工事として受注して対応する。これに対して、優先順位が低く、すぐに工事として発注し難い不具合(局所的でリスクが小さい損傷)への対応には、よりきめ細かな工夫の余地がある。我々が関わる舗装の分野では、住宅街路の段差や水溜り等、その影響が近隣住民に限定されるような不具合を、住民自らが補修できるような使いやすい舗装用補修材があれば、いわゆる住民参加型の維持修繕が成立する可能性がある。

本文では、筆者らが「舗装技能を有さない一般人が、自身の周辺の舗装の不具合を自ら補修できること」をコンセプトに開発した、アスファルト乳剤(以下、乳剤)を主体とする舗装補修キットについて報告する。

2. 求める舗装用補修材

日本の道路の舗装の約95%は、アスファルト舗装である。アスファルト舗装の状態は、一般に‘わだち掘れ深さ’、‘ひびわれ率’、および‘平たん性’とこれらから算出されるMCIやPSI等で管理され、基準を割り込むと一定区間において、加熱アスファルト混合物を使用する切削オーバーレイ工法等により計画的に打ち換える。不具合を生じた舗装を層ごと加熱アスファルト混合物で更新すれば、その層は新設時の状態に戻り、耐久性を確保す

ることができる。

一方、点在するポットホールや段差等の局所的な損傷については、偶発的に発生するために計画的な維持管理が難しい。そのため、加熱アスファルト混合物による維持修繕は、舗装技能者や専用機材を要すること、温度低下により材料のロスが大きくなること等の理由により必ずしも適していない。

このように偶発的・局所的な損傷の緊急・応急処置には、カットバック系常温アスファルト混合物を利用する機会が多い。

アスファルトは、高温状態では軟化し、常温になると硬化する性状を有し、その変化を温度で調整する技術により、舗装材料として活用されてきた。いわゆる樹脂等の化学反応で硬化させる材料と比較して、難しい専門知識を必要とせず、安価である。

カットバック系常温混合物は、このアスファルトの軟化と硬化を、温度ではなく少量の油類等の有機溶剤によるカットバックと有機溶剤の揮発で調整する材料であり、加熱アスファルト混合物と比較して可使時間が長いこと、点在する局所的な損傷の補修に使用しても、材料のロスが少なくなる。ただし、有機溶剤が揮発しきれないうちに交通開放して、交通荷重を受けつつ揮発させ、徐々に硬化する形態のため、多少の飛散は避けられず、耐久性という面では信頼性が低い。また、薄層施工や段差修正に適さない。

樹脂系混合物は高強度で耐久性に優れ、薄層施工や段差補修にも適用可能である。ただし、高価で可使時間が短く、条件に応じて適用可能な材料を使い分ける等、取扱いに一定の知識と技能が必要である。

そこで、より扱い易い舗装用補修材として、アスファルトの軟化と硬化を乳化と分解で調整する技術である、乳剤を主体とする舗装補修キットの開発に着手した。

3. 材料構成

常温混合物の材料構成を図-1に示す。

- ①結合材は乳剤を主体とし、硬化後の結合力と付着性を補完した特殊乳剤とした。
- ②特殊乳剤と混合して乳剤の分解を促進し、かつ硬化後の骨材とする材料は、小規模なポットホールや段差等を転圧なしで充填・整形し、コテやゴムレーキで仕上

げられるよう粒径2.5mm以下の細骨材と、硬化後に適度な剛性を付与する成分を配合した粉体材とした。

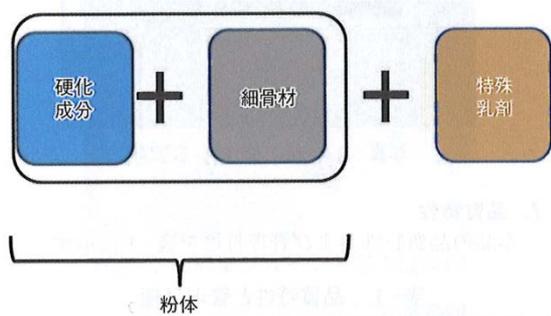


図-1 材料構成

4. 荷 姿

材料は、水分が混入しないようにそれぞれ軟質プラパックに詰めることとした(図-2)。



図-2 軟質プラパックに梱包

現場への供給は、補修対象の規模に応じて使い分けられるよう、小規模用として1.65kg/セット×4セットを段ボール1箱に梱包したSタイプ、9.5kg/セット×2セットを1箱に梱包したLタイプの2種類のキットを用意した。それぞれで施工可能な面積の目安を図-3に示す。

Sタイプ	Lタイプ
1セット当たりの施工量(目安) ・施工厚 5mm=約1m ² ・施工厚 2.5mm=約2m ²	1セット当たりの施工量(目安) ・施工厚 5mm=約0.15m ² ・施工厚 2.5mm=約0.3m ²

図-3 1セットの内訳および施工可能面積

5. 混合方法

ごく局部的な補修を対象として、少量で使用するSタイプにおける特殊乳剤と粉体の混合は、機材を必要としない手もみ混合とした(写真-1)。



写真-1 手もみ混合

ポットホール等を対象として、10kg単位で使用するLタイプにおける特殊乳剤と粉体の混合は、比較的取扱いが容易でレンタルも充実しているハンドミキサを用いるものとした(写真-2)。



写真-2 ハンドミキサ混合

6. 施工方法

本品の練上りはスラリー状で、ポットホールや舗装の凹みであれば、流込みでの施工が可能である(写真-3)。



写真-3 流込みによる施工

比較的広めの面積の舗装を補修する際は、流込んだ後、ゴムレーキ等で敷きならす方法が適切である(写真-4)。

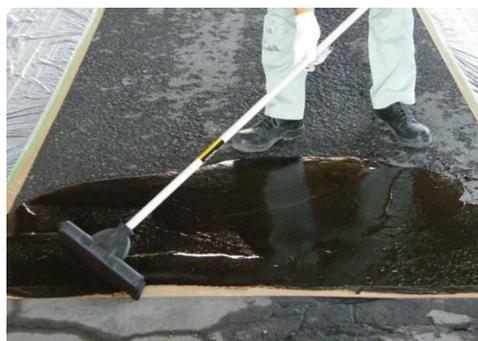


写真-4 ゴムレーキによる施工

少し深め(5cm以上)の場合は、適宜6~7号砕石等の粗

骨材を混合し、木ゴテや金ゴテで仕上げる方法も可能である(写真-5)。



写真-5 粗骨材入り金ゴテ仕上げ

ケーブル等を埋設した際にできる細い溝を充填して、復旧できるかどうかを確認するために、幅1.5cm、縦横30cm、深さ15cmの型枠(図-4)を作製し、型枠内の両側面を濡らして、底面に水をためた状態で投入した(写真-6)。1時間後に型枠をばらして確認したところ、十分硬化することがわかった。

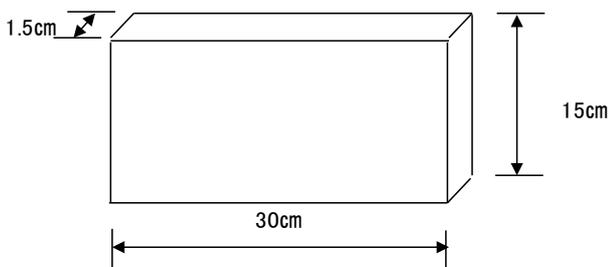


図-4 溝埋めシミュレーション型枠

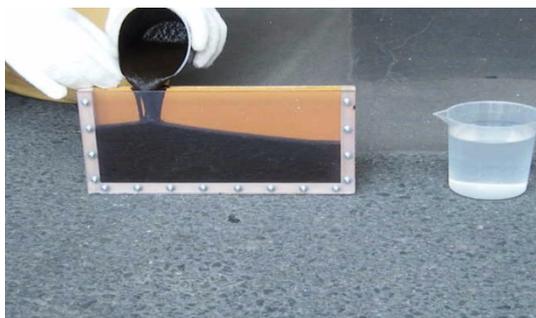


写真-6 溝に充填する実験

7. 品質特性

本品の品質特性および管理目標を表-1に示す。

8. 適用事例

本品の適用事例を以下に列記する。

(1) 幹線道路

本品は、交通量の多い幹線道路の補修にも、使用可能(所定の技能を有した作業員が必要)である。

表-1 品質特性および管理目標

試験項目		試験値	管理目標	試験方法
硬化前	可使用時間 (20℃) 分	9	5以下	手練り目視
	硬化時間 (20℃) 分	40	60以下	指触判定
硬化後	一軸圧縮強さ MPa	1.3	0.5以下	舗装調査・試験 法便覧D001T
	残留強度率 %	83.4	50以下	舗装調査・試験 法便覧D001T
	引張接着強度 MPa	1	0.5以下	舗装調査・試験 法便覧D001T
	WTAT摩耗量 g/m ²	340	500以下	舗装調査・試験 法便覧D001T

WTAT(ウエットトラック摩耗試験)は、20℃24時間養生後、25℃1時間水浸後の供試体を使用

WTAT以外の硬化後の物性値は、20℃3日養生後の供試体で実施

橋梁ジョイント部に生じた舗装の段差の補修に適用した事例を写真-7に、交差点部マンホール周りに生じた舗装の損傷を補修した事例を写真-8に示す。損傷の程度にもよるが、比較的短時間の交通規制で作業～養生を完了できるので、工事に伴う交通への影響は少ない。



写真-7 橋梁ジョイント部の補修例



写真-8 交差点部マンホール周りの補修例

(2) 工場や倉庫等の舗装

工場や倉庫等の舗装は、荷重重量が大きいトラックやトレーラ、前方に荷を抱えることで前輪に大きな荷重がかかり、これを支えるタイヤが小さいことで接地圧が大きく、作業時に短い間隔で発進・制動、小さい回転半径での旋回を繰り返すフォークリフト等、舗装への負荷が大きくなりやすい車両が走行し、しかも扱う製品によっては、振動や衝撃が厳禁となる厳しい条件で供用される。

本品は、アスファルト舗装、コンクリート舗装を問わずゼロすり付けが可能な補修材であり、優れた耐久性を

示すことから、営繕用としてこのような厳しい供用条件下においても適用可能である。

埋設管工事の復旧によって、舗装に発生した段差の補修に適用した事例を写真-9に、建屋の基礎部との境界に発生した舗装の段差の補修に適用した事例を写真-10に示す。



写真-9 工場構内の舗装の段差の補修例



写真-10 倉庫前面の舗装の段差の補修例

(3) 路面の荒れの補修

アスファルト舗装の表面は、紫外線劣化で脆化し、歩道等、日ごろタイヤによるニーディング作用が生じない箇所では‘荒れ’を生じやすい。‘荒れ’が生じた舗装でも、舗装全体の構造や紫外線劣化していない表層の下部が、ある程度良好な状態を保っていると判断される場合には、打換え等を行わず、本品を用いて表面をシールしてリフレッシュする方法も合理的と考えられる。歩道の舗装の‘荒れ’の補修例を写真-11に示す。また、充填にも使用可能である(写真-12)。



写真-11 舗装の‘荒れ’の補修例



写真-12 充填による補修例

9. おわりに

以上、筆者らが開発した、乳剤を主体とした舗装用補修キットを紹介した。本品は、特別な技能や道具がなくても使用可能であることから、気になる舗装の損傷を誰でも随意に補修できる利点がある。

現段階では、道路の維持補修用として舗装技能者に活用していただいている他、特に舗装技能を有していない工場・倉庫等の営繕担当者にも活用いただいている。

高齢化が進む我が国ではあるが、ものづくりの技能においては、若年者をはるかに凌ぐ高齢者の方も少なくない。

次のステージとして、本品がこういった一般の皆様が積極的に社会インフラの保全に住民参加型で取り組むためのツールのひとつとして活用いただけるようになれば幸甚である。

【参考文献】

澤田修平，水田中，鈴木徹：改良型常温硬化型路面補修材の性状と補修事例、第31回日本道路会議、2015.10

当報文は、一般社団法人日本アスファルト乳剤協会発行の「あすふあるとにゅうざい Vol.197(2016.1)」に掲載されたものを加筆・修正したものである。

アスファルト合材平積み装置の開発

門田 泰明*
並木 和夫**

1. はじめに

公共事業による舗装工事は、年々郊外への移行が進み、ダンプトラックの合材運搬時間は長くなり、平均1時間程度となっている。さらに、ポーラスアスファルト合材や再生合材など、温度低下しやすい合材が普及し、ダンプトラック荷台端部での温度低下に起因する、施工性の悪化や廃棄合材の増加につながっている。また、再生合材は、新規合材に比べ、再生骨材を使用するため、温度低下がしやすく、温度管理が重要となってくる。

運搬時の温度低下抑制対策としては、保温シート等を用いることが一般的であるが、ダンプトラック荷台端部での温度低下に起因する施工不具合が問題となるケースも多い。各アスファルトプラントでも二重シートによる運搬や外気温に応じた混合温度の調整、また、現場との連携により待ち時間の削減等を行うものの、どれもあまりきたりで目に見えるほどの効果は得られていない。

ダンプトラック荷台での温度低下は、端部と中心部分では違うことに着目した。積み荷中心部における厚みの大きい部分は、温度低下が見られないが、端部の厚みの少ない部分は、同じようにシートを掛けても極端に温度が低くなるのが判明している。このことから、積み荷を平坦にして厚みを均等にすれば、端部の温度低下が防げるものと考え、合材積み込み時に荷台上で合材を平坦にする装置を考案し、温度の変化を検証することとした。

本文は、積荷端部の温度低下の抑制を行うため、ダンプトラックの積み込み方法に着目した合材の平積み装置を考案し、検討した結果を報告するものである。

2. 平積み装置の開発

2-1 平積み装置の構造

平積み装置の構造を図-1に示す。プラント本体タワーの内側にガイドレールを設置し、その中でH鋼を巻き上げ用ウィンチで上下させ、中心に取り付けたブレードにて積み込みながら、ダンプトラックの後進する力によりアスファルト合材を平坦にすることのできる構造とした。

また、装置の防護は、安全性向上のため、巻き上げウィンチのチェーン切れによる落下からダンプ車体を守るようガイドレール内にストッパーを設置した。

2-2 積み込み順序

積み込み方法は、通常とほぼ同様である。ただし、車種

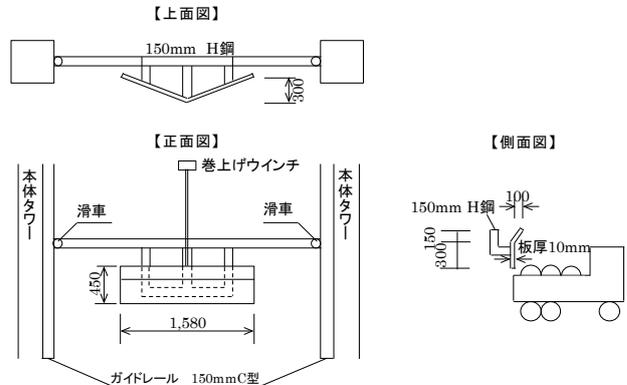


図-1 平積み装置構造図

により、荷台の深さや後方あおりの形状が異なるために1~3バッチを積み込んだあと後進し、荷台枠内に装置を下降させ、ブレード高さを調整後、平積みを成形しやすいように等間隔で積み込む方式とした。ダンプトラックの平積み状況を写真-1に、積み込み順序を図-2に示す。



写真-1 平積み状況

- ①1~3バッチ積み込み
ブレードが下降
- ②80cmピッチによる
積み込み
- ③ブレードによるならし

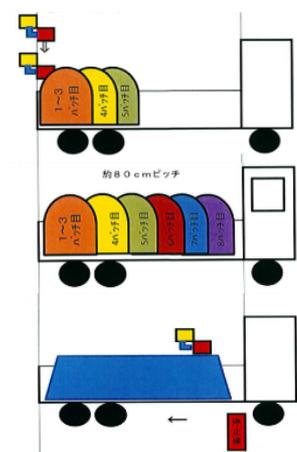


図-2 積み込み順序

*四国支店高知アスファルト混合所所長 **四国支店高知アスファルト混合所試験主任

2-3 積み荷の状態

8tのポーラスアスファルト合材を平積み完了後の状態を写真-2、3に示す。積み荷は、通常の積み方と比べて上部が平坦になっており、その分だけ端部の厚みが増していることがわかる。



写真-2 前方からの状態



写真-3 全体の状態

3. 効果の検証

第1回目の効果の検証の概要を以下に示す。

- ①工 事 名：高知自動車道 高知管内舗装修繕工事
- ②日 時：平成24年11月29日(外気温14℃)
- ③出荷合材：ポーラスアスファルト混合物
(8t積み、二重シート養生)
- ④運搬時間：1時間
- ⑤温度測定箇所：運搬後、平積み装置適用/非適用で端部と中心部で3か所

温度測定結果を図-3に示す。中心部では積み荷の形状にかかわらず、積み込み時からの温度低下が-3℃であった。しかし、端部においては、平積み装置適用の場合、温度低下は非適用と比較し8℃ほど小さくなり、端部の厚みを増すことによって、温度低下が抑制されたことを確認した。

舗設後の状況を写真-4に示す。

平積み装置を適用した場合、荷台端部における冷合材は大幅に減少し、舗設時の引きずりや塊除去のためのアスファルトフィニッシャ停止もほとんど無くなり、円滑な舗設作業が行えるようになった。また、除去した冷合

材の塊を回収し、処分する手間と時間も省けた。

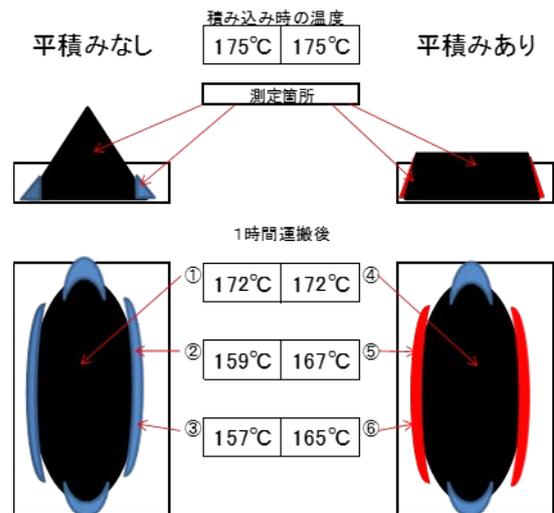


図-3 温度測定結果



写真-4 平積み装置適用時の舗設後の状況

第2回目の効果の検証は、NEXCO品質巡回指導の一環として行った。なぜならば、事前にNEXCO側よりポーラスアスファルト混合物の施工において『同業他社が行っているような、温度低下の対策はないのだろうか?』の要請があったからである。

第2回目の効果の検証の概要を以下に示す。

- ①工 事 名：高知自動車道 高知管内舗装修繕工事
- ②日 時：平成26年11月15日(外気温7℃)
- ③出荷合材：ポーラスアスファルト混合物
- ④運搬時間：1時間
- ⑤温度測定箇所：運転席前方の左右および後方の左右
- ⑥積み方：平積みおよび山積み、シート固定および密着の2種類とする。

温度測定位置を図-4、積み方を図-5に示す。

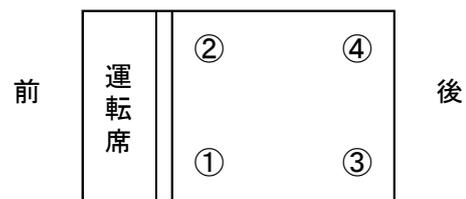
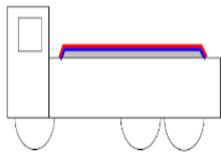


図-4 温度測定位置

①平積み+ドングロス密着+防災シート密着
※すべて撤去してから荷卸し



②山積み+ドングロス固定+防災シート固定
※後方のみ固定バンドを外して荷卸し

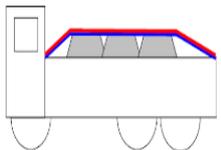


図-5 積み方

温度測定結果を図-6に、出荷温度と到着温度の差を図-7に示す。なお、測定はそれぞれ3台ずつ行い、その測定結果を平均で示した。

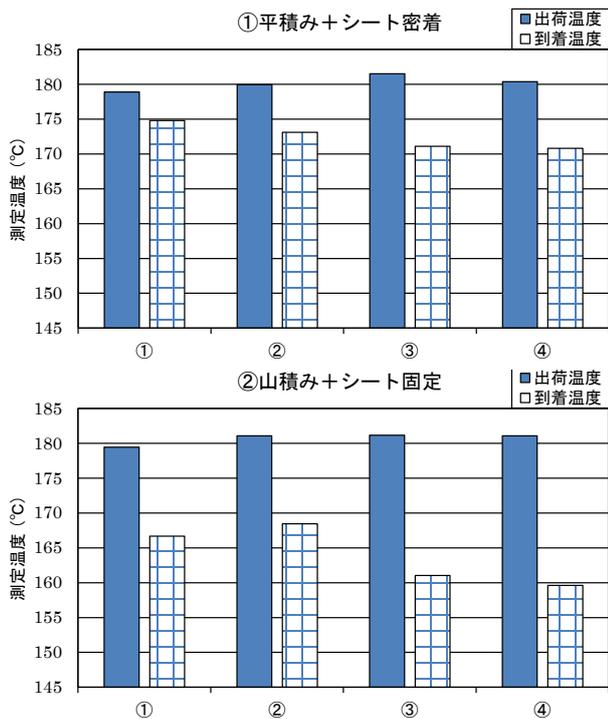


図-6 温度測定結果

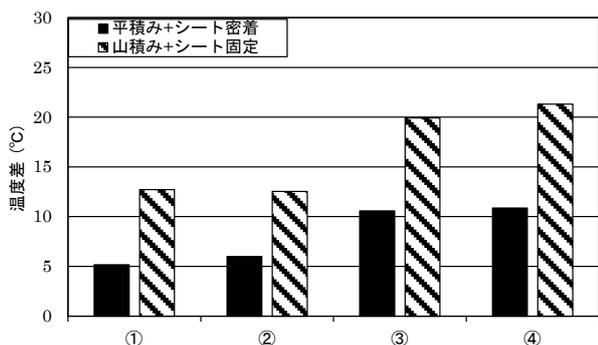


図-7 出荷温度と到着温度の差

温度低下は、平積みで約8°C、山積みで約16°Cであり、前者の方が大きかった。温度低下の傾向としては、荷台後方の方が大きいことがわかった。なお、今回使用したポーラスアスファルト混合物のメーカー推奨締固め温度は160±5°Cで、山積みでは転圧までの時間的余裕がなく、荷台後方部では廃棄温度まで低下すると予想された。

また、荷卸しの点から考察すると、シート固定式の場合は、内部のドングロス(麻シート)がハトメ部でちぎれ、アスファルトフィニッシャのホッパー内へ入り込む可能性が大きく、シートをかけたままでの荷卸しによる時間短縮および温度の維持はできにくいと感じた。実際、NEXCO品質巡回の講評において、同様のことが指摘されたので、平積み+シート密着にて本施工を行った。

4. 平積み装置による相乗効果

(1) シート掛け外し作業の安全性向上

積み荷が平坦になることから作業姿勢が安定し、荷台上でのシート掛け外し作業が高齢の運転手でも楽に行えるようになり、以前より安全性が向上した。

(2) 材料分離の補正

通常、ミキサーから合材を排出する際、積み荷の頂点に落ちた粒径の大きい粗骨材は、落下の勢いでダンプ荷台の左右に片寄る。さらに、アスファルト合材は、フィニッシャのホッパー端部に荷降ろすこととなり、材料分離を助長することとなるが、平積みでは頂点に残った細粒分をブレードで端部に送るため、積み込み時に発生する材料分離を補正する効果がある。

(3) 運搬時のイメージアップ

写真-2の荷姿のとおり、アスファルト合材は、ダンプトラック側面の荷台から15cm程度の高さで平坦にできるため、あおりを立てれば積み荷は全く見えなくなり、図-8に示す「過積載と疑わしき車輛の目安」にも該当しないため、発注者は適正積みが目瞭然で確認でき、工事全体のイメージアップに繋がると考えられる。

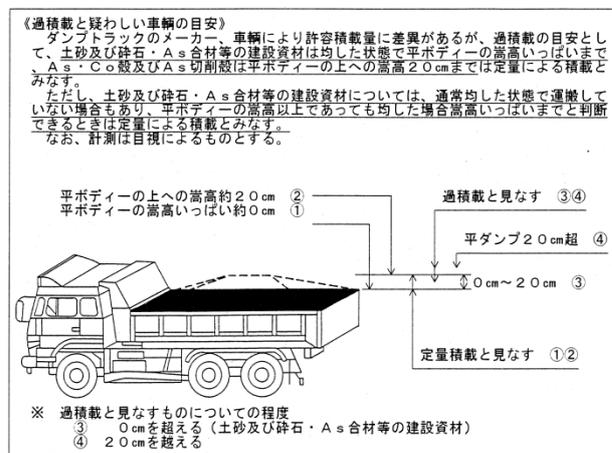


図-8 過積載と疑わしき車輛の目安

(奈良県ダンプトラック等過積載防止対策要領より抜粋)

5. 今後の課題

今後の課題を以下に示す。

①不慣れな運転手の場合は、アスファルト合材を積込む際、積み荷がダンプ荷台の中心線からずれて荷台から合材をこぼす可能性がある。

②平積み装置は、手動操作のため、誤操作によるダンプとの接触事故の可能性がある。

上記の課題に対処するため、プラント操作室からモニター監視にて操作を一括して行うことと、さらに、機械的に解決すべくメーカーとの検討とが必要であると考え

る。

6. まとめ

本装置の考案により、従来の温度低下対策に加え、平積みを行うことで、温度低下に起因する施工不具合は発生しておらず、冬期の温度低下の抑制の効果が確認できた。

現段階では、まだ改善の余地があるものの、予想を上回る相乗効果によって、現在、アスファルトプラントの抱える品質不良と安全操業のリスクを減少させつつ、今後の再生アスファルト合材の混入率向上へ大いに貢献できるものとする。

日本アスファルト合材協会設立30周年記念論文

☆優秀論文

「フォームド発生装置を用いた中温化技術の普及拡大に向けた検討」

前田道路株式会社：河合真邦、森田英克、清水泰成

「製造温度の上昇が再生加熱アスファルト混合物性状に与える影響」

日本道路株式会社：遠藤桂、立花徳啓、志村航

「試験屋さんから品質管理担当者に」

株式会社NIPPO：鈴木健洋

☆佳作

「新技術によるアスファルト合材工場の環境改善への試み」

前田道路株式会社：山本富業、宮澤哲、稲田寛之、高木耕平

「プラント廃熱を利用した砂予備乾燥システムの検討」

前田道路株式会社：山下晋仁、傳田喜八郎、佐藤泰仁

「大震災を経験して見えてきたアスファルト合材工場における震災への備え」

日本道路株式会社：三塚利彦

「アスファルト合材平積み装置の考案について」

大林道路株式会社：門田泰明

「軟質アスファルトの使用検討」

世紀東急工業株式会社：吉村誠

「アスファルトプラントに適応させた固形燃料燃焼システムと将来展望」

日工株式会社：蓬莱秀人、株式会社NIPPO 相田 尚

「中央混合方式による再生セメント・アスファルト乳剤安定処理路盤材の開発」

株式会社NIPPO：大橋貴志、尾本志展、西村拓治、成瀬修

「アスファルト混合物事前審査制度に思う」

千葉アスファルト合材協会：藤岡芳昭

「アスファルト混合物運搬時の温度・位置情報共有システムの開発」

東亜道路工業株式会社：塚本真也、金重俊弘、増戸洋幸

「アスファルト合材工場の省エネルギー化に関する取組み」

前田道路株式会社：永山二郎、傳田喜八郎

「アイストッパー」の施工事例

齊藤 秀樹*
北野原朋宏**

1. はじめに

アイストッパーは、碎石マスチック舗装(粗面型)(以下、粗面型 SMA)にゴム粒子を混合するとともに、舗装表面にもゴム粒子を散布接着させた凍結抑制舗装である。この舗装により積雪寒冷地において、冬期間に凍結抑制性能を発揮するほか、夏季の雨天時においても、走行安全性の向上が期待できる。また、骨材飛散抵抗性にも優れていることから、冬季の気象条件が厳しく、除雪作業やタイヤチェーンによる骨材飛散が特に懸念される北海道においても、普及が期待される工法である。

北海道支店では、平成 24 年に小規模ながら函館市内で当工法初の施工を実施し、地域住民や道路管理者から高評価を得ている。さらに、本支店や営業所による活発な営業活動によって、再度当工法による舗装工事を受注し、今回の施工の運びとなった。

本報文は、これら北海道におけるアイストッパーの施工事例について報告するものである。

2. アイストッパーの概要

アイストッパーの概念図を図-1、混合物の表面性状および断面を写真-1に示す。アイストッパーは、舗装表面付近の性状が、ポーラスアスファルト舗装と同等のきめ深さを有し、それより下部の層は碎石マスチック舗装と同様に、骨材間隙がアスファルトモルタルで充てんされた密実な構造を持つ舗装である。

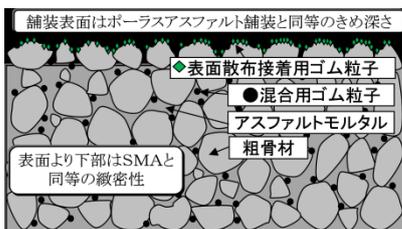


図-1 概念図



写真-1 表面性状および断面

3. アイストッパーの特長

アイストッパーの特長を以下に示す。

① 冬期の走行安全性確保

舗装表面および混合物中のゴム粒子が、交通荷重により変形することで雪氷を破碎・除去し、路面露出を促進させる。また、舗装表面に形成された凹部により、凍結防止剤の残留効果が高まる。

② 降雨時の走行安全性確保

舗装表面のきめ深さが、ポーラスアスファルト混合物と同等であるため、降雨時における路面上の水膜の発生を防ぎ、走行安全性を確保する。

③ 耐久性

舗装下部の骨材間隙が、アスファルトモルタルで充填されて、SMA と同等の密実な構造であるため、骨材飛散抵抗性、耐流動性および耐水性に優れている。

④ 騒音低減効果

舗装表面のきめ深さおよび舗装表面のゴム粒子により、タイヤ路面騒音を低減できる。

⑤ 製造・施工の容易さ

混合物の製造・運搬は、ゴム粒子の混合以外は、通常のアスファルト舗装と同様である。また、専用のゴムチップスプレッダを使用する以外は、一般的な舗設機械での施工が可能である。

4. 北海道における過去の施工実績

平成 24 年 6 月に、実道における初めての施工を函館市内の横断歩道部で実施した。当該施工箇所は、既設舗装にグルーピングタイプの凍結抑制舗装が施工されていたが、近隣住民より車両走行時の騒音が大きいと苦情があったため、凍結抑制性能と騒音低減性能が求められた現場であった。このような 2 つの性能を有する舗装としてオークサイレントがある。しかし、除雪作業やタイヤチェーンによる骨材飛散が懸念されたため、まだ施工実績はなかったものの、骨材飛散抵抗性に優れたアイストッパーを提案し採用されたものである。

舗装全景を写真-2に、施工直後と供用 2 年後の舗装表面を写真-3、4に示す。これらの写真より、施工直後と比較して供用 2 年後では、骨材表面のゴム粒子は損失しているが、凹部にはゴム粒子が残存しているのがわかる。また、クラックの発生やわだち掘れおよび骨材飛散もなく良好な状態であった。

*北海道支店函館営業所工事主任 **北海道支店函館営業所工事主任



写真-2 舗装全景



写真-3 施工直後(平成24年6月)



写真-4 供用2年後(平成26年10月)

5. アイストッパーの施工

5-1 工事概要

当該現場は、延長約121m、幅員5.0mの函館市道である。また、縦断勾配は8%程度と大きく、普通自動車の交通量が多い路線であるため、凍結抑制効果の検証を行うには適切な環境である。施工位置図を図-2に示す。施工日時および施工内容は、以下のとおりである。

(1) 施工日時

平成26年10月29日(水) 9:00~17:00

(2) 施工場所

函館市日吉町地内

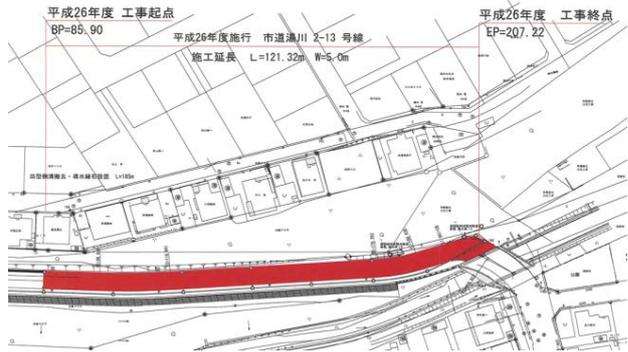
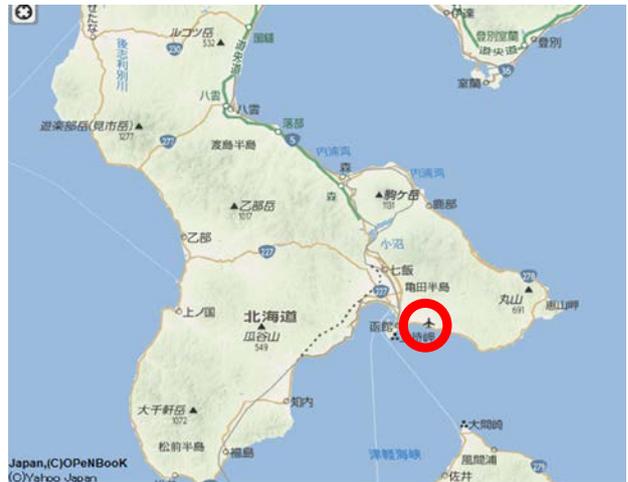


図-2 施工位置図

(3) 施工内容

- ・延長121.32m、幅員5.0m
- ・凍結抑制舗装 厚さ40mm
- ・天候および気温:晴れ、11℃

5-2 施工

アイストッパーの施工フローを図-3に、機械編成を表-1および図-4に示す。

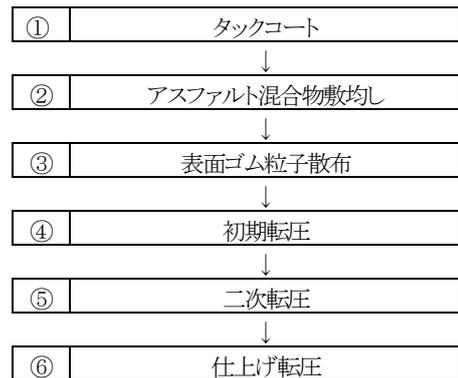


図-3 施工フロー

表-1 使用機械編成

機械名	能力	台数	用途	目標温度
アスファルトフィニッシャ	6m級	1	混合物敷きならし	到着温度 165℃~170℃
ゴムチップスブレッダ	—	1	ゴム粒子散布	—
タンデムローラ	4t	1	初期転圧	初期転圧温度 150℃~160℃
水平振動ローラ	7t	1	二次転圧(有振)	二次転圧温度 120℃~130℃
タイヤローラ	9~13t	1	仕上げ転圧	仕上げ転圧温度 80℃~100℃

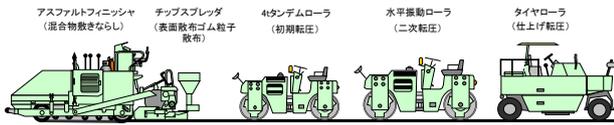


図-4 使用機械編成

アイストッパーの施工にあたっては、表面接着用ゴム粒子の散布にゴムチップスプレッダを使用したほかは、一般的なアスファルト舗装と同様な機械編成とした。当該施工箇所は、縦断勾配が大きいことから、転圧時の混合物の流動を防止するため、初期転圧には線圧の小さい4t タンデムローラを選定し、水平振動ローラによる二次転圧については、上り方向のみ有振とした。さらに、供用後の舗装面のズレが懸念されたため、タックコートにはゴム入りアスファルト乳剤(PKR-T)を使用し、基層面との付着を確保した。施工状況を写真-4～8に示す。



写真-4 乳剤散布状況



写真-5 敷きならしおよびゴム粒子散布状況



写真-6 初期転圧状況



写真-7 二次転圧状況



写真-8 仕上げ転圧状況

舗装完了後の路面状態を写真-9に示す。初冬の施工であったため、混合物の温度低下による密度の低下や、それに伴ってきめ深さが過大になることが懸念されたが、運搬時の保温シートを2枚使用して、温度低下を防止することにより、目標とする温度での施工ができ、良好な仕上がりとなった。



写真-9 舗装後の路面状態

CTメータによる舗装路面のきめ深さ測定状況を写真-10に示す。舗装路面のきめ深さMPDは1.2mmで、目標値である1.2mm以上を満足する結果であった。また、表面接着用ゴム粒子も、舗装表面および凹部に密着しており良好であった。

舗装完了後の全景を写真-11に示す。



写真-10 CTメータによるきめ深さ測定状況



写真-12 降雪後の路面状況(平成27年1月)



写真-11 舗装全景

施工区間の前後に比較対象となる舗装がないため判別しづらいが、凍結抑制舗装面には積雪がなく、路面は露出していた。また、表面付着用ゴム粒子は大部分が残存しており、良好な状態を保持していた。

7. おわりに

本報文では、北海道におけるアイストッパーの施工事例について紹介した。当該施工箇所では、近隣の住民から通行車両による騒音が小さくなったと好評であったほか、凍結抑制性能も確認することができた。今後も、長期にわたる耐久性および凍結抑制性能の観察を行っていく予定である。また、今後、凍結抑制舗装の有用性がより広く認知され、施工実績の拡大につながることを期待している。

最後に本店エンジニアリング部、技術研究所および関係施工業者に対し感謝の意を表したい。

6. 冬期間の経過観察

供用後、函館市内で降雪が観測された直後の状況を写真-12に示す。

大林道路の物理系凍結抑制舗装シリーズ

名称	ルビット	アイストッパー-T	アイストッパー-R	オークサイレント
概略図				
工法概要	・ギャップ粒度混合物にゴム粒子を混入	・ギャップ粒度混合物にゴム粒子を混入	・顔面型砕石マスタック混合物にゴム粒子を混入 ・舗装表面にゴム粒子を散布接着	・ポラスアスファルト混合物にゴム粒子を混入 ・舗装表面にゴム粒子を散布接着
混合物の種類	ギャップアスファルト混合物	ギャップアスファルト混合物	顔面型砕石マスタック混合物	ポラスアスファルト混合物
ゴム粒子混合量	廃タイヤを粉砕したゴム粒子 2~3% (対混合物質量比)	工業用ゴム端材有効活用を粉砕したゴム粒子 2~3% (対混合物質量比)	工業用ゴム端材有効活用を粉砕したゴム粒子 1~3% (対混合物質量比) アスファルト高付着型ゴム粒子 0.3±0.1kg/m ²	工業用ゴム端材有効活用を粉砕したゴム粒子 0.5~1% (対混合物質量比) アスファルト高付着型ゴム粒子 0.3±0.1kg/m ²
ゴム粒子散布量	—	—	13mm	13mm
粗骨材最大寸法	20mm、13mm (標準は20mm)	5mm	13mm	13mm
標準使用アスファルト	ポリマー改質アスファルトII型	ポリマー改質アスファルトII型	ポリマー改質アスファルトII型-F	高耐久型ポリマー改質アスファルト
施工厚	4~5cm	2~3cm	4~5cm	4~5cm
施工編成	一般的な機械編成	一般的な機械編成	一般的な機械編成+チップスブレダ	一般的な機械編成+チップスブレダ
長所	・除雪作業等で舗装表面が削られても、舗装体内に混入されたゴム粒子が現れるので、効果が持続する	・除雪作業等で舗装表面が削られても、舗装体内に混入されたゴム粒子が現れるので、効果が持続する ・薄層舗装(2~3cm)として適用可能	・表面排水(水膜発生防止)および騒音低減効果を有する ・排水性舗装(オークサイレント含む)より、骨材飛散抵抗性および耐久性に優れる ・融雪剤等の残留効果が高い	・排水機能および騒音低減効果を有する
短所	・排水機能はない。 ・交通量が極端に少ないと効果が得られにくい	・排水機能はない。 ・交通量が極端に少ないと効果が得られにくい	・オークサイレントと比べ表面ゴム粒子が飛散しにくい、除雪作業等により飛散減少すると凍結抑制効果が小さくなる ・交通量が極端に少ないと効果が得られにくい	・除雪作業等により表面散布ゴム粒子が飛散減少すると、凍結抑制効果が小さくなる ・交通量が極端に少ないと効果が得られにくい
凍結抑制効果	◎	◎	◎	◎
効果の持続性	◎	ルビット(薄層ゴム粒子入り凍結抑制舗装) ≧	アイストッパー >	オークサイレント
骨材飛散抵抗性	◎	◎	◎	△
耐流動性(動的安定度)	◎	◎	◎	◎
排水機能	×	×	3,000 [◎] 回/mm △ (水膜発生防止)	3,000 [◎] 回/mm ○
適用箇所	・従来の密粒度舗装の代わりに凍結抑制性能が望まれる箇所	・従来の密粒度舗装の代わりに凍結抑制性能が望まれる箇所 ・機面舗装など舗装厚さが確保できない箇所 ・既設舗装が健全で薄層オーバーレイとして適用したい箇所	・雨天時の走行安全性が望まれ、交通量が多い路線や除雪作業による骨材飛散が懸念される路線において凍結抑制性能が望まれる箇所	・排水機能および低騒音機能が求められ、凍結抑制機能を付加したい箇所

鋼床版上の SFRC 舗装の施工

高浜 真一*
小林 隆**

1. はじめに

近年、鋼床版形式の橋梁において、デッキプレートの疲労損傷が問題となっている。このため、重交通路線を中心に、鋼床版の補強を目的として、鋼床版上に鋼繊維補強コンクリート(Steel Fiber Reinforced Concrete : 以下、SFRC)を施工することが行われている。

本書は、「新4号新利根川橋外舗装工事」における、鋼床版上のSFRC舗装の施工および創意工夫について報告するものである。

2. 工事概要

現場位置図を図-1に、工事位置図を図-2に示す。本工事は、国道新4号春日部古河バイパスの4車線化拡幅工事に伴い、五霞町から境町までの上り線橋梁部(L=985m)で、片側2車線(W=8.0~11.5m)を舗装する工事であった。

そのうち五霞高架橋から新利根川橋の一部で、既設鋼床版のデッキプレート厚が、旧規格の12mmであったため、既設舗装を撤去後にSFRC舗装を施工した。

本工事の概要は、以下のとおりである。

- ①工事場所：自) 茨城県猿島郡五霞町大福田
至) 茨城県猿島郡境町塚崎
- ②工 期：平成26年5月2日～同年11月10日
- ③発 注 者：国土交通省関東地方整備局
宇都宮国道事務所

④SFRC舗装の工事内容

路面切削	2,468 m ²
研掃(ショットブラスト)	2,468 m ²
スタッド設置	6,314 本
SFRC舗装	2,468 m ² (212 m ³)

3. 鋼床版上SFRC舗装の概要

鋼床版上SFRC舗装とは、デッキプレートに高耐久性のエポキシ系接着剤を塗布しながら、フレッシュコンクリート状態のSFRCを打設して、鋼床版とSFRC舗装の一体化を図る工法である。

当該工事の標準断面図を図-3に示す。近年の鋼床版上SFRC舗装では、基層としてSFRCを厚さ40mmで施工し、その上に表層としてアスファルト舗装を施工する2層構造が主流である。しかし、当該現場では、SFRC舗装を設計厚75mm(実測82mm)にて1層仕上げとする構造であった。



図-1 現場位置図

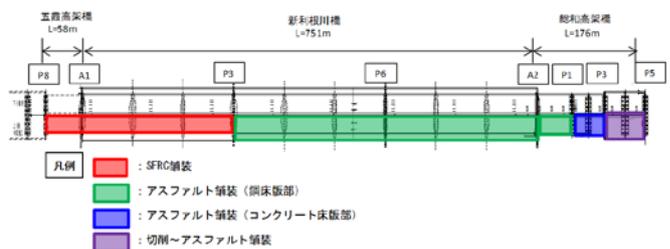


図-2 工事位置図

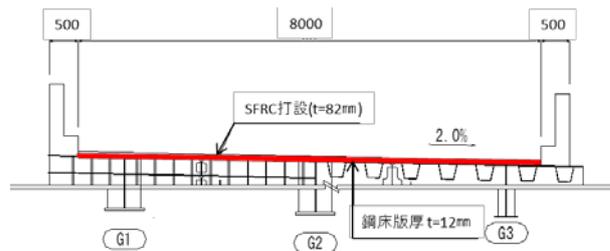


図-3 標準断面図

当社が開発した小型コンクリートフィニッシャ(CCF)の施工実績は無く、施工時期が夏期のため、SFRCの乾燥ひび割れの発生の防止といった品質や平坦性の確保が課題であった。

4. 施工フロー

施工フローを図-4に示す

*関東支店栃木営業所 **関東支店栃木営業所工事長

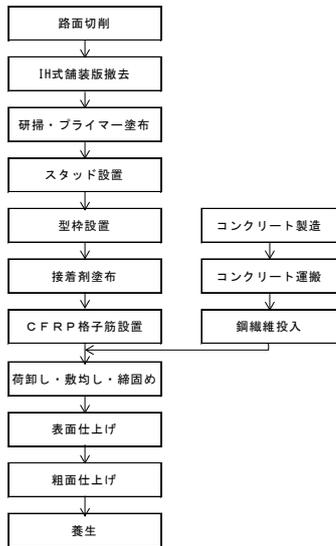


図-4 施工フロー

5. SFRCの配合

SFRCの品質管理基準を表-1に示す。

鋼繊維混入後のスランプについては、夏場の施工による運搬中と打設中のスランプロス、および鋼繊維混入によるスランプロスを考慮して協議を行った結果、鋼繊維混入後スランプの目標管理基準の変更を行った。

表-1 SFRCの品質管理基準

圧縮強度 材齢7日 (N/mm ²)	粗骨材の 最大寸法 (mm)	セメント の種類	鋼繊維混入後		鋼繊維 混入量 (kg/m ³)
			スランプ (cm)	空気量 (%)	
30	13	早強	8+2.5、-1.5	5.0±1.5	120

6. 施工および創意工夫

6-1 路面切削・IH式舗装版撤去

既設舗装版撤去作業において、当初は路面切削機で切削する設計であったが、鋼床版面まで切削した場合、鋼床版面の損傷およびハンドホール等の突起物の破損の可能性があった。そのため、表層4cmのみを切削機で切削し、残りの舗装版には、「IH式舗装版撤去工法」を採用した。これによって、鋼床版面の損傷を抑制し、また、施工時の騒音・振動・粉塵の発生を低減し、容易に舗装版撤去をすることができた(写真-1)。なお、本工法は、発注者にも非常に好評であった。



写真-1 IH式舗装版撤去工法

6-2 研掃・プライマー塗布

ショットブラスト機で、鋼床版面の研掃を投射密度

300kg/m²で行った(写真-2)。研掃面は発錆しやすいため、研掃直後に床版面に残存物が無いことを確認後、プライマーを塗布した(写真-3)。



写真-2 研掃状況



写真-3 プライマー塗布状況

6-3 スタッド溶接

SFRCと鋼床版の一体化および乾燥収縮によるコンクリート版の反り上がりを抑制する目的で、SFRC舗装の打継目と舗装端部の近傍にスタッド(直径9mm、長さ40mmの頭付スタッド)を設置した(写真-4)。

プライマー硬化後に墨出しを行い、スタッド打設箇所をディスクグラインダで研磨し、スタッドを溶接した。また、スタッドおよび研磨部には、同様にプライマーを刷毛で再塗布した。



写真-4 スタッド設置状況

6-4 型枠設置

鋼床版面に舗装型枠を固定する方法として、釘等が使用できないため、マグネットを使用して舗装型枠を固定した。さらに、舗装型枠表面に養生テープを貼付け、コンクリートに型枠材が付着するのを防止することで、脱枠時の省力化を図った(写真-5)。



写真-5 型枠設置状況

6-5 コンクリートの運搬および鋼繊維投入

ベースコンクリートは、定置プラントで製造出荷し、アジテータ車で運搬した。運搬には約20分を要した。

鋼繊維は専用の鋼繊維投入機を使用して、現場においてアジテータ車に120kg/m³の割合で直接投入し、混合した(写真-6)。また、鋼繊維投入に伴う巻き込みエアによって、コンクリートの空気量が増加するため、消泡剤を混合して空気量を調整した。

さらに、鋼繊維の投入において、混入量の間違いが無く投入量をすぐに確認できるように、投入量早見表を投入箇所付近に設置し、品質確保に努めた(写真-7)。



写真-6 鋼繊維投入状況



写真-7 鋼繊維投入量早見表

6-6 接着剤塗布

接着剤塗布前に鋼床版面の温度を測定し、接着剤適用範囲の確認を行った。夏期の鋼床版温度の上昇を低減させるため、接着剤塗布の直前まで、鋼床版上に防災シートを被せたままにした(写真-8(左))。

接着剤は、所定の割合で主剤と硬化剤を色むらがなくなるまで、攪拌機を用いて攪拌混合し、鋼床版上にゴムレーキ、左官コテおよびローラー刷毛等を用いて、均一に塗布した(写真-8(右))。

また、塗布してから打設可能時間内にコンクリート打設を完了しなければならないため、コンクリート打設のタイミングを常に確認しながら施工を行った。



写真-8 防災シート敷設状況と接着剤塗布状況

6-7 CFRP格子筋の設置

主桁部の直上等で発生する負曲げによるコンクリートのひび割れを抑制する目的で、CFRP(炭素繊維強化プラスチック)格子筋を主桁上に配置した。接着剤塗布直後、コンクリート打設直前の配置となるため、事前に格子筋をバー型スペーサーと結束し、所定の位置に配置することによって、時間のロスを低減した(写真-9)。



写真-9 CFRP格子筋結束状況と設置状況

6-8 SFRC打設

夏期施工のため、鋼繊維投入後のコンクリートの品質を確認後、バックホウで受けて、小分けで搬入し、人力で敷きならしを行った。粗ならしが極端に高い場合は、フィニッシャに過度な負荷がかかり、平坦性に影響を及ぼす。また、低すぎる場合は、十分な締固めができず、ジャンカが発生する。そのため、随時、高さの確認を行いながら施工した。粗ならし後、小型コンクリートフィニッシャで敷きならし、締固めを行った。

表面仕上げは、コテと回転仕上げ機や通常の長さの人力フロート(1.5mフロート)を併用し、平坦性を考慮して3mフロートを使用して行った。コンクリート表面の光沢が消えたのを確認後、ホウキや刷毛にて粗面仕上げを

行った(写真-10)。

また、暑中コンクリートのため、養生マットを敷設するまでの間、乾燥収縮ひび割れを防止するため、コンクリート乾燥遅延剤を散布して、また、自走式作業台に設置したミスト発生装置を使用して、湿潤状態を保つことで品質確保に努めた(写真-11)。



写真-10 SFRC打設状況



写真-11 ミスト発生装置

6-9 養生

養生マットを設置後、適時散水を行って、3日間湿潤養生した。また、目視による湿潤状態を確認するため、一定の間隔で吸水変色型養生マットを敷設した。さらに、強風によるマット飛散を防止するため、養生マット上を飛散防止ネットで覆った(写真-12)。



写真-12 養生状況

6-10 その他の創意工夫(熱中症対策)

鋼床版上での夏場の長時間作業のため、熱中症予防対策として、テント・保冷車を移動式休憩所として設置した(写真-13)。



写真-13 保冷車使用状況

7. 施工結果

夏場の暑中コンクリートの施工であったが、湿潤養生を適切に行ったことで、硬化後のコンクリートのひび割れは発生せず、所定の品質を確保することができた。

平たん性の測定結果を表-2に示す。平たん性に関しては、社内目標値を確保できたものの、アスファルト舗装施工箇所と比較して劣る結果となった。これは、SFRCの施工に際して、暑中コンクリートによる品質の確保を重視したことが原因と考えられる。

表-2 平たん性の測定結果(単位mm)

	上り線	下り線	社内目標値
SFRC舗装部	1.85	1.87	2.00
As舗装部	0.72	0.68	1.60

8. 今後の課題

本工事によって、表層における鋼床版上SFRC舗装の施工方法を確立でき、今後、この経験とノウハウを大いに活用できるものと考えられる。同時に表層施工における課題も明らかになった。

当面の課題として、平たん性や機械施工の作業性のさらなる向上が必要と考える。そのためには、SFRC荷卸し後の人力粗ならしの効率化や、精度良く効率的にSFRC舗装面を仕上げられる小型機械の改良が望まれる。

謝辞

「新4号新利根川橋外舗装工事」の施工にあたって、多岐にわたり御指導いただいた国土交通省関東地方整備局宇都宮国道事務所の皆様に感謝の意を表します。

高尾山山頂における土系舗装(オーククレーG)の施工

小熊 誠*
飯塚 角男**
五十嵐孝司***
小島 匠****

1. はじめに

東京都八王子市にある高尾山(標高599m)は、都心に近く1年中多くの観光客が訪れるが、冬季には気温が氷点下になり、積雪もある山である。このたび高尾山の山頂、大見晴園地において、冬期、土系舗装(オーククレーG)を施工した。

本文は、事前に検討した凍結防止対策の検討結果や施工結果を報告するものである。

2. オーククレーGの概要

オーククレーGは、真砂土などの砂質土に玉砂利や碎石を混入し、固化材を添加した土系舗装である。砂利を混入することにより、一軸圧縮強度(材令7日)が3MPaと大きく、歩行者系道路の土系舗装の中でも、比較的強度が必要とされる箇所に適用される。

3. 工事の概要

工事の概要を以下に示す。

- ① 工事件名：大見晴園地改修工事
- ② 工期：平成26年12月1日～平成27年3月13日
- ③ 元発注者：東京都環境局多摩環境事務所
- ④ 工事箇所：東京都八王子市高尾町
- ⑤ 工事内容
 - 土系舗装A (t=70mm) 1,236m²
 - 土系舗装B (t=50mm) 257 m²
 - 土系舗装C (t=50mm) 56 m²



図-1 施工位置図

4. オーククレーGの配合

(1) 使用材料

使用材料を表-1に、骨材の物性を表-2に示す。

表-1 使用材料

材料名	種別	生産地	生産者・納入者	備考
砂質土	真砂土	茨城県	栃木鉱業(株)	—
玉砂利4~8mm	鹿島砂利	茨城県	日本銀砂(株)	金華
玉砂利2~4mm	鹿島砂利	茨城県	日本銀砂(株)	金華
セメント	高炉B種	—	住友大阪セメント(株)	—

表-2 使用骨材の物性

	ふるい目 (mm)	骨材の物性			
		砂質土	玉砂利 4~8mm	玉砂利 2~4mm	混合土 (質量比)
通過質量 百分率 (%)	9.5		100.0		100.0
	4.75	100.0	18.1	100.0	78.1
	2	75.9		6.6	46.4
	0.850	43.7			26.2
	0.425	29.8			17.9
	0.250	23.3			14.0
	0.106	15.1			9.1
0.075	12.9			7.7	
骨材の密度 (g/cm ³)		2.644	2.673	2.638	2.650

(2) 配合試験

骨材配合は、茨城産の真砂土を60%、鹿島砂利を40%とした。なお、鹿島砂利は、4~8mmの玉砂利:2~4mmの玉砂利=2:1とした(表-3参照)。

固化材は、高炉B種のセメントを用い、目標とする一軸圧縮強さ(7日養生:6日空中、1日水中)を3MPaとし、固化材の添加量を決定した。

突固め試験結果を表-4に、セメント量と一軸圧縮強さの関係を図-2に示す。この結果から、セメントの添加量は4.3%となった。

表-3 骨材配合(質量比)

材料名	配合割合 (%)	備考
砂質土	60	絶乾状態
玉砂利4~8mm	27	絶乾状態
玉砂利2~4mm	13	絶乾状態
セメント	6、8、10	混合土に対して外割

表-4 突固め試験結果

セメント量 (%)	6	8	10
最適含水比 (%)	9.0	8.8	8.8
最大乾燥密度 (g/cm ³)	2.093	2.096	2.102

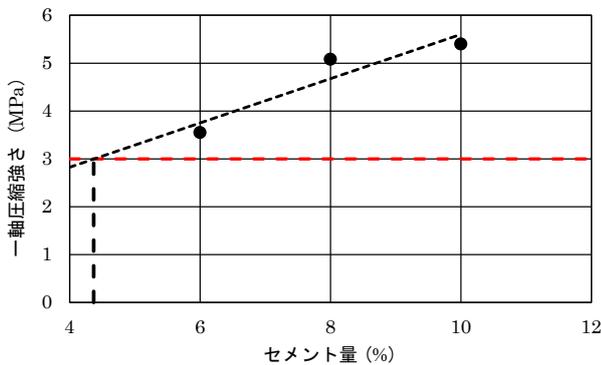


図-2 セメント量と一軸圧縮強さの関係

(3) 決定配合

決定したオークレーGの現場配合を表-5に示す。セメント量は割増率を40%とし、 $4.3 \times 1.4 = 6.0\%$ とした。

表-5 決定現場配合

配合 割合 (%)	砂質土	60
	玉砂利4~8mm	27
	玉砂利2~4mm	13
	セメント	6
最適含水比 (%)		9.0
最大乾燥密度 (g/cm ³)		2.093

5. 施工手順および事前の検討事項

(1) 施工手順

施工手順は、図-3に示すとおりとした。

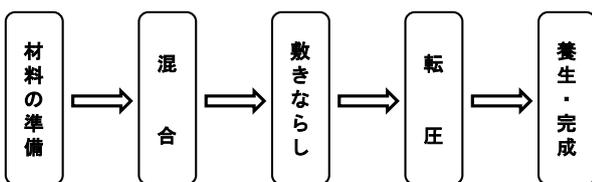


図-3 施工手順

(2) 事前の検討事項

事前施工検討会における決定事項を以下に示す。

- ・荷揚げ用の2tダンプは、スタッドレスタイヤをはいた4輪駆動車とする。
- ・支持力不足によるひび割れの発生を防止するため、路盤の施工完了後、ブルーフローリングを実施し、支持力不足箇所は、事前にセメント改良することとする。
- ・試験施工を実施し、製造・施工・仕上がり状態で問題点を抽出し、その解決策を決定後、本施工に臨む。
- ・日々の施工ジョイントは目地構造とする。(目地板+コーキング)

・標高が599mで施工時期が1月~3月であり、図-4に示すように最低気温が0℃を下まわる可能性が大きいため、凍結防止策として、施工後の路面をポリフィルムで養生し、その上から養生マットをかけ、さらに電線を養生マット上にはわし、その上にブルーシートをかけ、加熱養生する(電線による加熱養生1日、マット養生3日)。

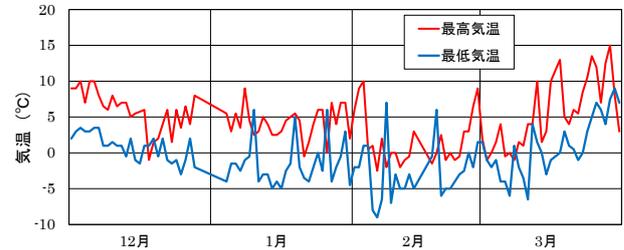


図-4 前年度の気温

6. 施工

(1) 製造

製造の手順および注意点を以下に示す。

- ・気温が低い時は、水と骨材を加温した(写真-1参照)。



写真-1 水と骨材の加温状況

- ・一日の施工時間が短く、施工目地が多くなることから、収縮目地をなくすため、収縮低減剤を使用した。
- ・混合作業の前に、使用材料の含水比を測定し、最適含水比となるよう加水量を決定した。
- ・ミキサーの1バッチ分の骨材、セメント、水の計量方法は、水はバケツ、骨材はバックホウのバケツにマーキングし計量することとした。
- ・ミキサーへの投入順は、水の大部分→粗骨材(鹿島砂利)の半分→細骨材(真砂土)の半分→セメント全量→細骨材(真砂土)の残り半分→粗骨材(鹿島砂利)の残り半分→水の残りとし、混合・攪拌した。混合・攪拌状況を写真-2に示す。
- ・ミキサーから吐き出された混合物は、タイヤショベルで受けて運搬した。



写真-2 混合・攪拌状況

(2) 敷きならし

敷きならしは、人力(レーキ)とした。土塊は取り除き、表面が粗いところは、ふるいにて目潰しを行った。敷きならし状況を写真-3に示す。



写真-3 敷きならし状況

(3) 締固め

初転圧は小型振動ローラで行い、二次転圧はコンパインドローラにて実施した。締固め状況を写真-4に示す。



写真-4 締固め状況

(4) 養生

前述のように、気温がマイナスになることが予測されたため、事前に養生方法を検討した(写真-5)。ポリフィルム+ブルーシート、ポリフィルム+養生マット(スポンジ)、ポリフィルム+養生マット(毛布状)、ポリフィルム+養生マット(毛布状2枚重ね)にて検討した結果を図-5に示す。この結果より、養生方法として、ポリフィルム+養生マット(スポンジ)を選択した。



写真-5 室内試験による養生方法の検討状況

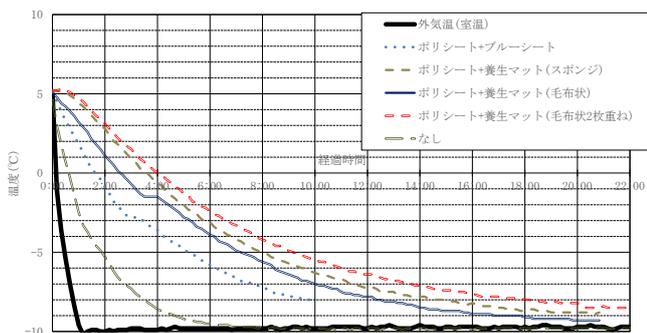


図-5 各種養生方法の室内試験結果

なお、現場では路面をポリフィルムで養生し、その上から養生マットをかけ、電線を養生マット上にはわし、その上にブルーシートをかけ加熱養生した。また、施工終了3日後にトップコート(アクリル樹脂)を行った(写真-6参照)。



写真-6 現場の養生状況

平成27年1月23日施工時の、外温度、養生シート内の温度、および土の温度を図-6に示す。図より、外気温が-3.5℃の時に、養生シート内の温度は3.2℃、土の温度は3.7~4.1℃であり、養生の効果があつたことがわかつた。

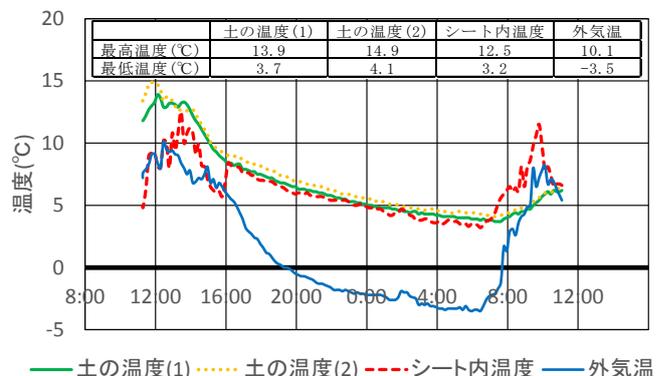


図-6 現場の温度測定結果

(5) 仕上がり

仕上がり状況を写真-7に示す。仕上がり状況は良好であった。

また、現場作製供試体の一軸圧縮強さ試験結果を表-6に示す。目標強さ(材令7日)の3MPaを満足していた。

表-6 現場作製供試体の一軸圧縮強さ試験結果

作製日	試験日	一軸圧縮強さ (MPa)
2015年1月19日	2015年1月26日	4.35
2015年2月12日	2015年2月19日	5.12
2015年2月24日	2015年3月3日	5.90



写真-7 仕上がり状況

7. おわりに

冬期の施工であったため、山頂は雪になることがあった。一度雪が降ってしまうとなかなか解けず、路床も凍結してしまうため、それらの撤去に手間がかかった。また、平日でもかなりの観光客があり、予想以上に作業効率が低下した。

施工については、事前に凍結防止方法および材料の搬入や施工手順の検討を行うとともに、本施工前に試験施工を実施した結果、無事終了することができた。

今後追跡調査を行い、今回の施工方法の検証を行う予定である。本報告が今後の同様の工事の参考になれば幸いである。



改質グースアスファルト舗装の施工事例

菅野善次郎*
 稲葉 行則**
 鈴木 徹***
 上地 俊孝****

1. はじめに

グースアスファルト舗装は、グースアスファルト混合物(以下、グースアスコン)を用いた不透水性、たわみ性等の性能を有する舗装で、主に鋼床版舗装の基層として用いられている。一般的なグースアスコンは、ストレートアスファルト20~40(以下、ストアス20/40)にトリニダットレイクアスファルト(以下、TLA)を混合した硬質アスファルトに粗骨材、細骨材、フィラーを配合し、アスファルトプラントで製造後、流し込み工法が施工可能な流動性と安定性が得られるようクッカの中で攪拌、混合した混合物である。

近年、鋼床版部の舗装の老朽化に伴う補修工事が増える中、特に温暖地域の重交通路線においては、従来のグースアスコンの弱点の一つである塑性変形抵抗性の向上を含めた、さらなる品質の向上(たわみ追従性や塑性変形抵抗性)も要求されるケースが多くなっている。

また、ストアス20/40やTLAのように、入手が比較的に困難な材料が用いられていることに加え、製造において専用の攪拌装置付きケトルやTLAの小割作業も必要となり、プラントにおける作業効率が悪いものとなっている。

そこで、これらの課題を解決するために、ストアス20/40やTLAを使用せず、入手が容易な改質アスファルト(以下、ベース改質As)や特殊添加剤を用いた新たなグースアスコンの検討を行ってきた。その結果、従来のグースアスコンと比べ塑性変形抵抗性、たわみ追従性、および曲げ疲労抵抗性に優れた改質グースアスコンを開発し、これまで各地で施工が行われてきた。

本文は、改質グースアスコンの概要と混合物性状例と平成25~26年度の施工事例2件をまとめたものである。

2. 改質グースアスコンの概要

(1) 材料

従来のグースアスコンと改質グースアスコンの材料構成を図-1に示す。改質グースアスコンは、従来のグースアスコンで使用しているストアス20/40やTLAを混合した硬質アスファルトに代わって、ベース改質Asと特殊添加剤を使用したものである。

このため、従来のグースアスコンに比べて、材料調達が容易になった。

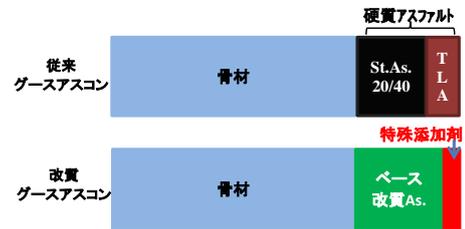


図-1 材料構成

(2) 製造および施工

改質グースアスコンのバインダは、製造において混合時に特殊添加剤を人力投入するだけであり、専用の攪拌装置付ケトルやTLAの小割などが不要なく、作業性が向上した。施工においては、混合物の流動性が優れているため、クッカ車での練り上がり温度を従来よりも約20℃低減できる。また、施工時の硬質アスファルト特有の臭気も低減できる。その他については、従来のグースアスコンと同じ製造・施工方法である。

(3) 経済性

改質グースアスコンは、特殊添加剤によりコストが上がるが、ベース改質Asに一般的な材料を使用し、製造の手間も軽減できるため、従来のグースアスコンと製造・施工コストはほぼ同等である。

3. 改質グースアスコンの混合物性状

(1) 基本性状

改質グースアスコンの基本性状例および基準値を表-1に示す。

表-1 基本性状例および基準値

混合物の種類	骨材粒度	バインダ量 (%)	リュエル流動性*1 (秒)	貫入量 (mm)	動的安定度 (回/mm)	曲げ破断ひずみ (×10 ⁻³)
従来グースアスコン	中央粒度	8.4	14.3	2.14	320	8.3
改質グースアスコン	中央粒度	8.1	11.9	2.48	810	12.0
基準値*2	—	7~10	20以下	1~4	300以上	8.0以上

*1 リュエル流動性は混合物温度240℃での試験結果。 *2 本州四国連絡橋橋面舗装基準(案)の基準値を採用。

*本店エンジニアリング部生産技術課担当課長 **本店エンジニアリング部担当部長 ***技術研究所材料研究室室長
 ****技術研究所環境研究室

改質グースアスコンは、従来のグースアスコンと比べ貫入量は同程度で、動的安定度と曲げ破断ひずみが優れていることから、耐久性とたわみ追従性がともに向上している。特に動的安定度は、グースアスコンとしては、高い値を示している。

(2) 2層構造体ホイールトラッキング試験結果

表・基層一体としての耐流動性を比較検証するため、2層構造体でホイールトラッキング試験(舗装調査・試験法便覧B003)を実施した。表層厚さ40mm(高機能舗装Ⅱ型)、基層厚さ40mmで行った試験結果を図-2に、試験後の断面を写真-1、2に示す。

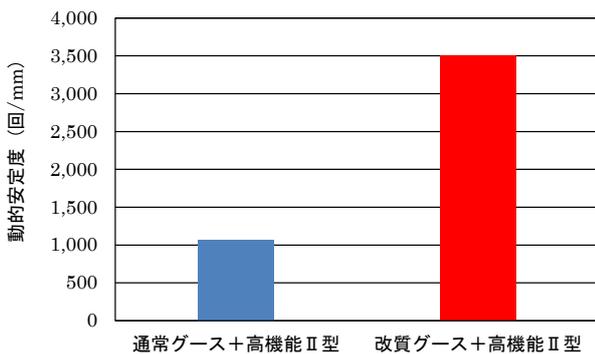


図-2 2層構造体ホイールトラッキング試験結果

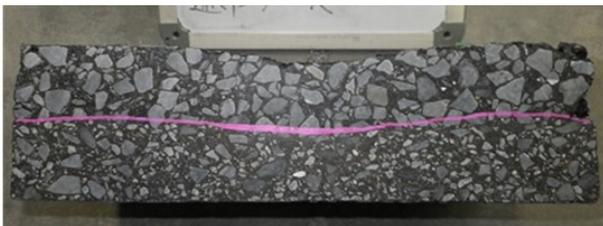


写真-1 試験後の断面(従来グースアスコン)

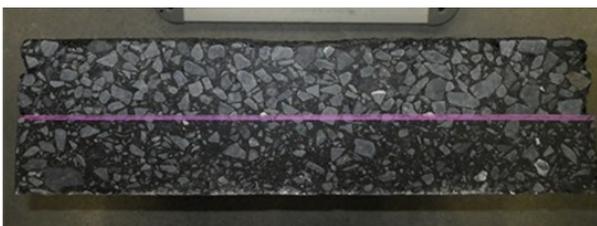


写真-2 試験後の断面(改質グースアスコン)

基層に改質グースアスコンを用いたものは、動的安定度が3,000回/mm以上となり、従来のグースアスコンを用いた場合に比べ、2層構造体としての耐流動性が向上している。また、写真からわかるように、従来のグースアスコンでは、基層部も流動しているのに対し、改質グースアスコンでは、ほとんど変形していないことがわかる。

以上のことから、改質グースアスコンを基層に適用することで、2層構造体として重交通路線にも十分に対応できる耐流動性を確保し得る。

(3) 曲げ疲労抵抗性試験結果

改質グースアスコンの曲げ疲労抵抗性を評価するために、曲げ疲労試験(舗装調査・試験法便覧B018T)を実施した。試験温度0℃、載荷周波数5Hzで行った試験結果を図-3に示す。

従来のグースアスコンと改質グースアスコンの破壊回数を比較すると、各設定ひずみにおいて改質グースアスコンのほうが1オーダー大きい破壊回数を示し、曲げ疲労抵抗性に優れていることがわかる。

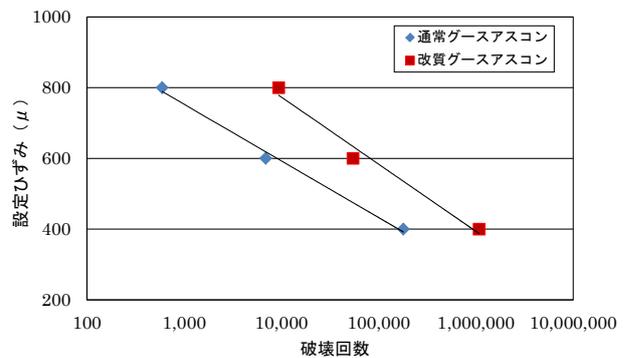


図-3 曲げ疲労抵抗性試験結果

(3) 臭気測定結果

従来のグースアスコンは、TLAという天然アスファルトを使用しているため、この天然アスファルト単体の臭気により、プラント周辺や施工現場周辺の住民から、しばしば苦情が寄せられることがある。

今回、それぞれのバインダ単体を臭気計によって評価した。試料の液面より高さ6cmの位置で測定した試験状況を写真-3に、その結果を図-4に示す。

この測定結果より、改質グースアスコン用バインダ(ベース改質As+特殊添加剤)の硬質アスファルト(ストアス20/40+TLA)に対する優位性を確認した。



写真-3 臭気試験状況

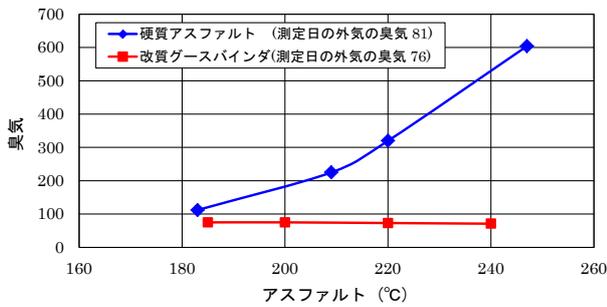


図-4 臭気試験結果

3. 平成25、26年度施工事例

これまでにベース改質Asに特殊添加剤を加えた改質グースの施工は5件ある。本文では、平成25年度施工の「常磐自動車道谷和原管理事務所舗装補修工事」および平成26年度施工の「一般国道231号石狩市花畔大橋舗装補修外一連工事」の事例を紹介する。

3-1 常磐自動車道 谷和原管理事務所舗装補修工事

(1) 工事概要

- ①施工場所：首都圏中央自動車道つくばJCT
- ②発注者：東日本高速道路株式会社
- ③施工面積：9,345m²
- ④施工厚さ：基層t=40mm(表層t=40mm)
- ⑤施工断面：図-5に示すとおり

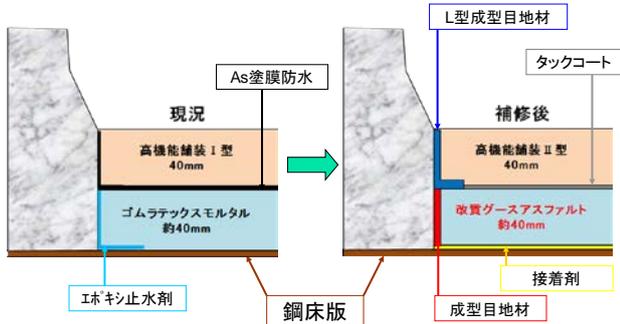


図-5 既設舗装断面と施工断面

当該箇所は、以前に他社でゴムラテックスモルタルと呼ばれるセメント系材料で基層が施工されていたが、膨張等により、鋼床版とゴムラテックスモルタル層の間で「浮き」が生じ(写真-4参照)、舗装破損が発生したため、補修工事の対象となった事例である。

交通量が非常に多い路線のため、従来のグースアスコンより耐久性の高い品質が求められ、改質グースアスコンを提案して採用された。

(2) 配合設計

改質グースアスコンの室内配合試験フローを図-6に示す。



写真-4 ゴムラテックスモルタルの「浮き」現象

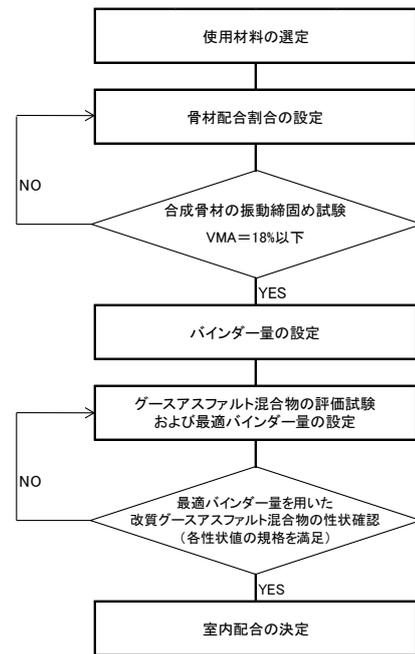


図-6 改質グースアスコンの室内配合試験フロー

振動締固め試験結果より、骨材間隙率が18%以下となった粒度は、中央粒度および下方粒度であったが、粗い粒度に設定すると、供用後のブリスタリングの一因となることから中央粒度を選択した。

配合設計により決定された合成粒度(中央粒度)を表-2、決定配合割合を表-3、決定配合による混合物性状試験結果を表-4に示す。

表-2 合成粒度(NEXCO谷和原)

ふるい目 (mm)	通過質量百分率 (%)	
	合成粒度	規格 (舗装設計施工指針)
19	100.0	100
13.2	99.3	95 ~ 100
4.75	76.4	65 ~ 85
2.36	53.0	45 ~ 62
0.6	41.3	35 ~ 50
0.3	36.3	28 ~ 42
0.15	30.0	25 ~ 34
0.075	23.1	20 ~ 27

表-3 決定配合割合(NEXCO谷和原)

骨材配合率 (%)				
6号砕石	7号砕石	砕砂	細目砂	石粉
21.0	22.0	16.5	5.5	26.6
As量 (%)				合計 (%)
ベース改質As+特殊添加剤				
8.4				100.0

表-4 混合物性状試験結果(NEXCO谷和原)

項目	測定値	規格値 (目標値)
リュエル流動性 240℃ (sec)	8.1	3~20
リュエル流動性 220℃ (sec)	14.9	(15)
貫入量 40℃ (mm)	3.00	1~6
動的安定度 (回/mm)	690	150以上 (600程度)
曲げ破断ひずみ ($\times 10^{-3}$)	13.10	8.0以上

※特殊添加剤は全As量の5%

(3) 本施工

本施工は、従来のグースアスコンと同様の施工方法にて実施した。なお、プレコートチップは、事前検討および試験施工を踏まえ、使用骨材は6号砕石で散布量を3.5kg/m²とした。施工状況を写真-5に示す。



写真-5 施工状況

3-2 一般国道231号石狩市花畔大橋舗装補修外一連工事

(1) 工事概要

- ①施工場所: 国道231号 花畔(バンナグロ)大橋
- ②発注者: 国土交通省 北海道開発局
- ③施工面積: 2,880m²
- ④施工厚さ: 基層t=60mm(表層t=40mm)
- ⑤施工断面: 図-6に示すとおり

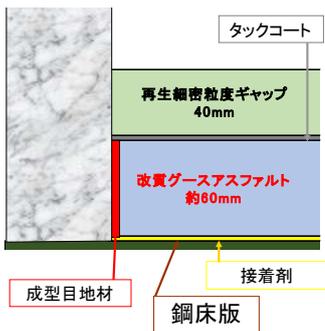


図-6 施工断面

当該箇所は、添接版のボルト高さが50mmであったことから(写真-5)、設計基層厚さが60mmとなった。



写真-6 鋼床版上の添接版

(2) 配合設計

配合設計は、図-6と同様のフローである。

振動締固め試験結果より、3粒度(上方、中央、下方)すべてにおいて、骨材間隙率が18%以下となった粒度は、上方粒度および中央粒度であったが、最も小さい値となった上方粒度(17.6%)を選択した。

配合設計によって決定された合成粒度(上方粒度)を表-5、決定配合割合を表-6、決定配合による混合物性状試験結果を表-7に示す。

表-5 合成粒度(北海道 花畔大橋)

ふるい目 (mm)	通過質量百分率 (%)	
	合成粒度	規格 (舗装設計施工指針)
19	100.0	100
13.2	99.7	95 ~ 100
4.75	78.0	65 ~ 85
2.36	58.9	45 ~ 62
0.6	46.5	35 ~ 50
0.3	34.1	28 ~ 42
0.15	29.7	25 ~ 34
0.075	25.9	20 ~ 27

表-6 決定配合(北海道 花畔大橋)

骨材配合率 (%)				
6号砕石	7号砕石	粗目砂		石粉
19.2	20.1	24.6		27.4
As量 (%)				合計 (%)
ベース改質As+特殊添加剤				
8.7				100.0

表-7 混合物性状試験結果(北海道 花畔大橋)

項目	測定値	規格値 (目標値)
リュエル流動性 240℃ (sec)	8.1	3~20
リュエル流動性 220℃ (sec)	14.9	(15)
貫入量 40℃ (mm)	3.00	1~6
動的安定度 (回/mm)	690	150以上 (600程度)
曲げ破断ひずみ ($\times 10^{-3}$)	13.10	8.0以上

※特殊添加剤は全As量の5%

(3) 本施工

当該箇所は縦断勾配が大きいことから、敷きならし直

後の混合物の「ダレ」が懸念された。本施工では、横断方向に設置されていた添接版部でグース表面の凹凸が発生したため、マカダムローラによる転圧を行うことで、平坦性の確保に努めた。添接版敷きならし状況を写真-7、ダレ防止を目的としたローラ転圧状況を写真-8に示す。

改質グースアスコンの流動性が良好であったため、敷きならし時に添接版部で空隙が発生することなく、流し込むことができた（写真-9）。なお、プレコートチップは発注者の意向により、散布していない。



写真-7 敷きならし状況



写真-8 転圧状況(ダレ防止)



写真-9 添接部の敷きならし状況

4. 改質グースアスコンの留意点

特殊添加剤は、高熱による影響を受けやすく劣化し易いため、改質グースアスコンの製造・施工においては、特に混合物の温度やクッカによるクッキング時間等、取り扱いに十分に気を付ける必要がある。

これまでの実績から、改質グースアスコンの製造・施工上の留意点を以下に示す。

(1) 製造時の留意点

- ・アスファルトタンクの温度は通常の温度(170℃～180℃)にする。
- ・骨材温度は、なるべく高い温度(250℃前後)にする。
- ・出荷温度の目標は、180～190℃とする。
- ・特殊添加剤は、ある程度ウェットミキシングを行った後で、骨材にアスファルトが十分に被膜されてからミキサ内へ投入することを厳守する。ウェットミキシング時間が60秒の場合、15～20秒経過後に特殊添加剤を投入すると良い。

(2) クッカによるクッキング時の留意点

- ・特殊添加剤の熱劣化を抑えるため、現場におけるクッカ車でのクッキングは、3時間以内が望ましい。
- ・クッカ車での過加熱は、アスファルトの劣化による混合物性状の低下を招くので、温度管理を慎重に行う。220℃付近で所定のリュエル流動性(15秒程度)を確保した配合としているので、混合物温度を必要以上(230℃以上)に上げない。

(3) 施工時の留意点

- ・現場の諸事情で待機時間が長くなりそうなときは、クッカ車の回転トルクが200bar以下の範囲で、クッキング温度を下げるようにする。

5. まとめ

改質グースアスコンの施工は、平成27年3月末で5件(13,580m²)の実績がある。現在、供用7年後においても良好な状態を保っている。今後は、更なる品質の安定性向上を目指していく所存である。

【参考文献】

上地俊孝、東本崇、鈴木徹：改質グースアスファルト混合物の性状と施工事例、第31回日本道路会議論文集(CD)、2015

版厚 65cm のコンクリート舗装の設計・施工

小菅 俊弘*
市村 文男**
吉川 哲男***

1. はじめに

K社茨城工場の大型ダンプ(最大荷重300t)車両試験場の西側道路舗装工事において、版厚65cmのコンクリート舗装の施工を行ったので、その設計および施工の概要を報告する。

2. 工事概要

- ① 工事名：K社茨城工場車両試験場建設工事の内
西側道路舗装工事
- ② 工事場所：茨城県ひたちなか市長砂163-13
- ③ 工期：平成25年3月12日～平成25年6月15日
- ④ 工事内容：
- ・アスファルト舗装版の撤去 4,382m²
 - ・コンクリート舗装工(t=65cm) 4,169m²
 - ・悪路工 1式

3. コンクリート版の設計

コンクリート版については、アーリントン公式によって算定される曲げ応力を基準として版厚を決定した。
アーリントン公式を以下に示す¹⁾。

$$\sigma = \frac{10CP}{h^2} \left(1 - \frac{\sqrt{a/l}}{0.925 + 0.22a/l} \right)$$

ここに、

- σ ：コンクリート版の直角隅角部の最大応力度(N/mm²)
- C ：係数、スリップバーを用いる場合は3.36
- P ：荷重(kN)
- h ：コンクリート版の厚さ(cm)
- a ：荷重の接地半径(cm)
- l ：コンクリート版の剛比半径(cm)

$$l = 4 \sqrt{\frac{E \times h^3}{12(1 - \mu^2) \times K_{75}}}$$

- E ：コンクリートの弾性係数(N/cm²) 3,500,000 N/cm²
- μ ：コンクリートのポアソン比 0.15
- K_{75} ：路盤の設計支持力係数(N/cm³) $K_{75} = K_{30} / 2.8$

設計条件は、以下のとおりとした。コンクリート版厚は65cmで検証した。

- ・設計輪荷重 P ：1,000kN
- ・接地半径 a ：トランスファーレンの接地面積を参照¹⁾

$$a = \sqrt{8,740/\pi} = 52.76\text{cm}$$

- ・路盤の設計支持力係数 K_{75} ：200/2.8≒71N/cm³
- ・コンクリート版の厚さ h ：65cm
- ・剛比半径 l ：
$$l = 4 \sqrt{\frac{3,500,000 \times 65^3}{12(1 - 0.15^2) \times 71}} = 184.32$$

この設計条件におけるコンクリート版の曲げ応力 σ は、以下のとおりとなった。

$$\sigma = \frac{10CP}{h^2} \left(1 - \frac{\sqrt{a/l}}{0.925 + 0.22a/l} \right) = \frac{10 \times 3.36 \times 1000}{65^2} \times \left(1 - \frac{\sqrt{52.76/184.32}}{0.925 + 0.22 \times 52.76/184.32} \right) = 3.65$$

コンクリートの設計曲げ強度を4.5N/mm²、安全率を1.18とすると、コンクリートの許容曲げ強度 σ_a は、以下のとおりとなる。

$$\sigma_a = 4.5/1.18 = 3.81$$

したがって、 $\sigma < \sigma_a$ となり、コンクリート版厚は65cmで問題ないと判断した。

4. タイバー・ダウエルバーの設計

(1) タイバーの設計²⁾

タイバーの寸法、間隔および長さは、次式によって求めた。

$$A_s = \frac{b \cdot f \cdot W}{\sigma_{sa}}$$

$$S = \frac{1000A}{A_s}$$

$$L = \frac{2\sigma_{sa} \cdot A}{\tau_{oa} \cdot U} + 50$$

ここに、

- A_s ：目地長さlmあたりのタイバーの所要断面積(mm²)
- b ：問題にしている目地からそれに最も近い自由端、またはタイバーなしの目地までの距離(m)
- f ：コンクリート版と路盤との摩擦係数(普通1.5とする)
- W ：コンクリート版1m²あたりの重量(N)
=23.5×コンクリート版厚(mm)
- σ_{sa} ：鉄筋の許容引張応力度(N/mm²)
- S ：タイバー間隔(mm)
- A ：タイバー1本の断面積(mm²)
- L ：タイバーの所要長さ(mm)
- U ：タイバー1本の周長(mm)
- τ_{oa} ：コンクリートの許容付着応力度(mm²)

設計条件は、以下のとおりとした。タイバーの寸法は22mmで検証した。

- ・コンクリート版厚 h : 650mm
- ・縦目地から自由端までの距離 b : 5.4m
- ・コンクリート版1m²あたりの重量
 $W=23.5 \times 650=15,275\text{N}$
- ・鉄筋の許容引張応力度 σ_{sa} : 197 N/mm²
- ・鉄筋の許容付着応力度 τ_{oa} : 1.8 N/mm²
- ・タイバー1本の断面積 A : 387.1 mm²
- ・タイバー1本の周長 U : 70mm

この設計条件におけるタイバーの間隔 S および長さ L は、以下のとおりとなった。

$$A_s = \frac{b \cdot f \cdot W}{\sigma_{sa}} = \frac{5.4 \times 1.5 \times 15275}{197} = 628.06$$

$$S = \frac{1000A}{A_s} = \frac{1000 \times 387.1}{628.06} = 616.34$$

$$L = \frac{2\sigma_{sa} \cdot A}{\tau_{oa} \cdot U} + 50 = \frac{2 \times 197 \times 387.1}{1.8 \times 70} + 50 = 1260.46$$

以上の計算結果から、当該コンクリート版のタイバーの直径、長さおよび間隔を、それぞれ22mm、120cmおよび70cmとした。

(2) ダウエルバー(スリップバー)の設計²⁾

ダウエルバーの寸法、間隔および長さは、次式によって求めた。

$$r = a + t$$

$$a = 5d \sqrt{\frac{\sigma_{sa}}{\sigma_{ca}}} \sqrt{\frac{a + 1.5t}{a + 8.8t}}$$

$$P_a = \frac{2d^3 \cdot \sigma_{sa}}{a + 8.8t}$$

$$S = \frac{1.8 \cdot l \cdot P_a}{0.4P}$$

ここに、

- r : ダウエルバーの長さ (mm)
- a : ダウエルバーの長さから目地の幅を減じた長さ (mm)
- t : 目地の幅 (mm)
- d : ダウエルバーの直径 (mm)
- σ_{sa} : ダウエルバーの許容引張応力度 (N/mm²)
- σ_{ca} : コンクリートの許容支圧応力度 (N/mm²)
- P_a : 1本のダウエルバーが伝達する荷重 (N)
- S : ダウエルバーの間隔 (mm)
- l : 舗装の剛比半径 (mm)
- P : 輪荷重 (N)
- K_{75} : 路盤の支持力係数 (MN/m³)
- E_c : コンクリートの弾性係数 (N/mm²)

設計条件は以下のとおりとした。ダウエルバーの寸法は38mmで検証した。

- ・輪荷重 P : 1000,000 N

- ・目地の幅 t : 3 mm
 - ・ダウエルバーの許容引張応力度 σ_{sa} : 157 N/mm²)
 - ・コンクリートの許容支圧応力度 σ_{ca} : 12 (N/mm²)
 - ・路盤の支持力係数 K_{75} : 71 MN/m³
 - ・コンクリートの弾性係数 E_c : 35,000 N/mm²
 - ・コンクリート版厚 h : 650 mm
 - ・コンクリート版の剛比半径 l : 1843.2 mm
- この設計条件におけるダウエルバーの間隔 S および長さ r は、以下のとおりとなった。

$$a = 676$$

$$r = a + t = 676 + 3 = 679$$

$$P_a = \frac{2d^3 \cdot \sigma_{sa}}{a + 8.8t} = \frac{2 \times 38^3 \times 157}{676 + 8.8 \times 3} = 24530$$

$$S = \frac{1.8 \cdot l \cdot P_a}{0.4P} = \frac{1.8 \times 1843.2 \times 24530}{0.4 \times 1000000} = 203.4$$

以上の計算結果から、当該コンクリート版のダウエルバーの直径、長さおよび間隔を、それぞれ38mm、70cmおよび20cmとした。

5. 舗装構造およびコンクリート版の配合

前項までの設計検討を踏まえ、大型ダンプ(最大荷重300t)が通過するコンクリート舗装の構造およびコンクリート版の配合を、図-1~4、表-1に示すとおりとした。

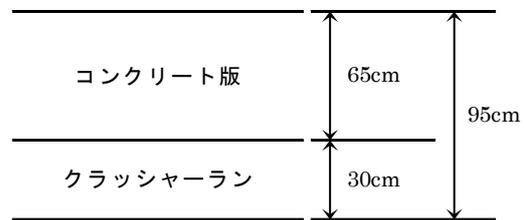


図-1 舗装構造

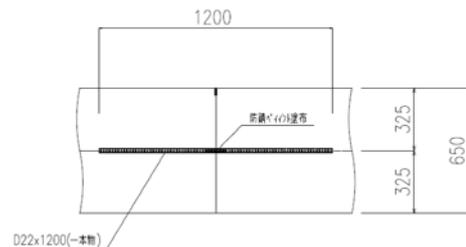


図-2 縦目地断面図

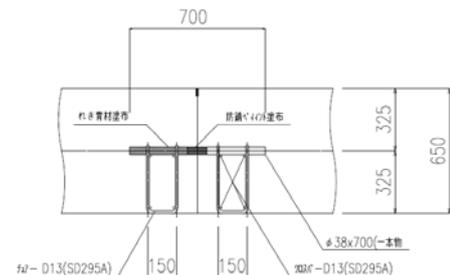


図-3 収縮目地断面図

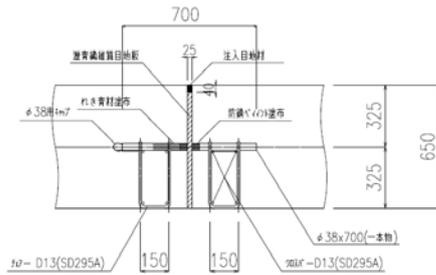


図-4 膨張目地断面図

表-3 コンクリート版の配合

呼び強度 (N/mm ²)	スラブ (cm)	粗骨材の 最大寸法 (cm)	セメント の種類			
曲げ4.5	6.5	40	普通ポルト ランドセメント			
単位量 (kg/m ³)						
水セメ ント比 W/C (%)	細骨材 率 S/a (%)	水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	AE 減水剤
41.6	41.7	154	371	736	1094	3.71

6. コンクリート舗装の施工

(1) 路盤工

路盤工の施工状況を写真-1に示す。路盤面上に乳剤を散布し、路盤への水の浸透防止を図った。乳剤の散布状況を写真-2に示す。



写真-1 路盤の施工状況



写真-2 乳剤散布状況

(2) コンクリート版工

コンクリート版工は、以下に示す手順とした。

- ①試験練りの実施
- ②型枠、タイバー・ダウエルバーの設置
- ③製造・運搬
- ④バックホウによる荷下ろし
- ⑤下層の敷きならし
- ⑥鉄網の設置
- ⑦上層の敷きならし
- ⑧締固め・荒仕上げ
- ⑨平坦仕上げ
- ⑩粗面仕上げ
- ⑪初期養生(養生剤散布)
- ⑫後期養生
- ⑬誘発目地の設置
- ⑭目地材注入

なお、バックホウによる荷下ろしができない箇所は、ポンプで荷下ろしした。

当初、型枠はH鋼で行う予定であったが、以下の理由で木製型枠とした。

- ・H鋼2段積みではタ、イバー部の設置が困難となる。
- ・コンクリートの打設中に位置がずれた時に、H鋼ではその微修正にレッカーが必要となる。
- ・木製型枠の場合、上記の課題を克服でき、経済的にも優位である。

打設コンクリート版が65cmと厚いため、型枠設置下面に、幅1.0m、厚さ50mmで捨てコンクリートを打設し、補強対策を講じることとした。タイバー(直径22mm、長さ120cm)は間隔70cm、ダウエルバー(直径38mm、長さ70cm)は間隔20cmで設置した。

型枠の設置状況を写真-3に、タイバーの設置状況を写真-4に、ダウエルバーの設置状況を写真-5に示す。

以上の手法でコンクリートを打設した結果、型枠の膨らみ、ズレ等は生じなかった。



写真-3 型枠の設置状況



写真-4 タイバーの設置状況



写真-5 ダウエルバーの設置状況



写真-10 フロート・回転ゴテによる仕上げ状況

コンクリート版の施工状況を写真-6～14に示す。



写真-6 荷下ろし



写真-11 粗面仕上げ(ほうき目)状況



写真-7 下層敷きならし



写真-12 初期養生(養生剤の散布)状況



写真-8 鉄網の設置状況



写真-13 誘発目地施工・後期養生状況



写真-9 敷きならし・締固め状況



写真-14 目地材の注入状況

7. コンクリート版の打設完了

目地施工前のコンクリート版の打設完了状況を写真-15、16に示す。



写真-15 コンクリート舗装の打設完了状況 (1)



写真-16 コンクリート舗装の打設完了状況 (2)

8. おわりに

65cm厚のコンクリート舗装は前例がなく、型枠の設置や打設方法については、事前の施工検討会を開催し、本施工に臨んだ。

厳しい工程であったが、天候に恵まれ、協力会社の協力により無事、良好なコンクリート舗装に仕上げることができた。本報告が、今後の同様の工事の参考になれば幸いである。

最後に、(株)大林組、東洋テックス(株)、当社技術研究所の関係各位に感謝の意を表します。

【参考文献】

- 1) 社団法人日本港湾協会: 港湾の施設の技術上の基準・同解説、pp.871-882、1999.4
- 2) 財団法人港湾空港建設技術サービスセンター: 空港舗装構造設計要領、pp.114-117

ミニ知識

空港舗装と港湾施設のエプロン舗装におけるコンクリート舗装の相違点図

	空港舗装構造設計要領	港湾の施設の技術上の基準・同解説(エプロン)																																
設計条件	(1) 路盤の設計支持力係数 $K_{FS}=70\text{MN/m}^2$ (2) 路盤厚設計曲線 設計要領(平成11年版)図4.1 (3) コンクリートの設計基準曲げ強度 5N/mm^2 (4) 曲げ応力計算式 Westergaardの中央載荷式 (5) コンクリートの安全率 <table border="1"> <tr> <td>設計反復作用回数</td> <td>M</td> <td>N</td> <td>O</td> </tr> <tr> <td>安全率</td> <td>1.7</td> <td>2.0</td> <td>2.2</td> </tr> </table>	設計反復作用回数	M	N	O	安全率	1.7	2.0	2.2	(1) 路盤の設計支持力係数 $K_{FS}=200\text{MN/m}^2$ $K_{FS}=K_{SQ}/2.8=200/2.8=70$ (2) 路盤厚設計曲線 Co舗装要領(昭和59年版)図-2.3 (3) コンクリートの設計基準曲げ強度 4.5N/mm^2 (4) 曲げ応力計算式 Atkinsonの隅角載荷式 (5) コンクリートの安全率 <table border="1"> <tr> <td>荷重の種類</td> <td>フォークリフト等の走行車両</td> <td colspan="2">トラック等のアトリガ荷重</td> </tr> <tr> <td>区分</td> <td>a</td> <td>b</td> <td>b</td> </tr> <tr> <td>安全率</td> <td>1.75</td> <td>2.00</td> <td>1.50</td> </tr> </table> <table border="1"> <tr> <td>荷重条件</td> <td>区分a</td> <td>区分b</td> </tr> <tr> <td>①設計荷重</td> <td>ほぼ不変</td> <td>変化する</td> </tr> <tr> <td>②設計荷重の作用頻度</td> <td>普通</td> <td>大きい</td> </tr> <tr> <td>③舗装箇所の重要度</td> <td>普通</td> <td>大きい</td> </tr> </table>	荷重の種類	フォークリフト等の走行車両	トラック等のアトリガ荷重		区分	a	b	b	安全率	1.75	2.00	1.50	荷重条件	区分a	区分b	①設計荷重	ほぼ不変	変化する	②設計荷重の作用頻度	普通	大きい	③舗装箇所の重要度	普通	大きい
設計反復作用回数	M	N	O																															
安全率	1.7	2.0	2.2																															
荷重の種類	フォークリフト等の走行車両	トラック等のアトリガ荷重																																
区分	a	b	b																															
安全率	1.75	2.00	1.50																															
荷重条件	区分a	区分b																																
①設計荷重	ほぼ不変	変化する																																
②設計荷重の作用頻度	普通	大きい																																
③舗装箇所の重要度	普通	大きい																																
縦方向目地	(1) 目地間隔 3.0~7.5m 版厚が30cm未満で目地間隔が5mを超える場合、および版厚が30cm以上で目地間隔が7.5mを超える場合、中央に縦方向収縮目地を設け、その構造はスリッパ付きのこみぞ型、自由端から12m以内の目地についてはタイバー付きのこみぞ型(スリッパと同じ寸法) (2) 施工目地 ・スリッパ付き突合せ型 自由端から12m以内の目地、幅23m以下の誘導路等 ・タイバー付き突合せ型(スリッパと同じ寸法)	(1) 目地間隔 3.5~5.1m 5m以上になると縦ひび割れが発生しやすく、2.5m以下になると横ひび割れが発生しやすい。 版厚30cm未満で幅が5.1m以上の場合、中央に縦収縮目地を設け、その構造はタイバー付き目地。 (2) 施工目地 ・タイバー付き突合せ型																																
横方向目地	(1) 目地間隔 <table border="1"> <tr> <td>版厚30cm未満</td> <td>4.5~6m</td> </tr> <tr> <td>版厚30cm以上</td> <td>5.0~7.5m</td> </tr> </table> (2) 収縮目地 標準 ・スリッパ付きのこみぞ型 自由端から12m以内の目地 ・タイバー付きのこみぞ型(スリッパと同じ寸法) (3) 施工目地 ・スリッパ付き突合せ型	版厚30cm未満	4.5~6m	版厚30cm以上	5.0~7.5m	(1) 目地間隔 5m程度 (2) 収縮目地 ・スリッパ付き目地 (3) 施工目地 ・スリッパ付き突合せ型																												
版厚30cm未満	4.5~6m																																	
版厚30cm以上	5.0~7.5m																																	
膨張目地	(1) 目地間隔 100~200mを標準(寒中打設、膨張性が大きい) 舗装が建築物または他の構造物と接する部分、および滑走路、誘導路、エプロンの交差する部分あるいはその付近には必ず設ける。 版の増厚は、通常の交通状態の場合30% (2) 膨張目地 ・スリッパ型、端部増厚型または枕板設置型 ・舗装が構造物と接する部分では端部増厚型	(1) 目地間隔 温暖な場合100~200m、寒冷な場合50~100m (2) 膨張目地 ・スリッパ型																																

両勾配同時施工工法によるコンクリート舗装の施工

加藤 賢一*
北脇慎太郎**
山下 則明***

1. はじめに

山梨県南都留郡富士河口湖町の一般国道137号新倉トンネルにおいて、両勾配コンクリートフィニッシャーを用い、トンネル内コンクリート舗装を両勾配同時施工したので、施工方法および注意点について報告する。

2. 工事概要

- ①工 事 名：一般国道137号(新倉トンネル(仮称))
舗装工事その2
- ②工事場所：山梨県南都留郡富士河口湖町
河口地内(図-1参照)
- ③元発注者：山梨県
- ④工事時期：平成26年4月7日～平成26年5月31日
- ⑤工事内容：トンネル内コンクリート舗装
延長 L=1,236m、幅員 W=7.086m
Co版厚=25cm、A=8,860m²



図-1 位置図

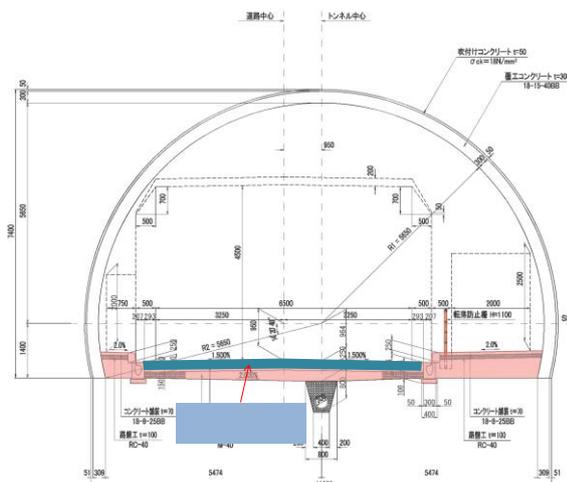


図-2 トンネル標準断面図

3. 両勾配同時施工工法とは

コンクリート舗装における両勾配同時施工工法は、両勾配ブレードスプレッダ、両勾配コンクリートフィニッシャーおよび両勾配コンクリートレベラーを用いて、両勾配のコンクリート版を2車線同時に施工するものである。

横断勾配が変化した場合でも施工が可能で、2車線をワンパス施工できるため工程が短縮できる。ただし、2車線分が作業帯となるため、材料供給が片側からの対応となるリスクがある。



写真-1 両勾配のブレードスプレッダ(左)、コンクリートフィニッシャー(右)、コンクリートレベラー(中央)

4. 使用材料

使用材料を表-1に示す。

表-1 使用材料

材 料 名	単位	設計数量	備 考
アスファルト乳剤 PK-3	リットル	11,163.6	
コンクリート 4.4MPa (車道)	m ³	2,281.0	㈱タクムラ生コン
鉄筋鉄網 D6 150×150	m ²	8,852.0	
補強鉄筋鉄網 D13 200×200	t	14.7	
補強鉄筋	kg	343.0	
タイバー D22×1000	本	1,314.0	
クロスバー SD345 D13	kg	11,757.7	
チェアー φ13×500	個	1,293.0	
スリッパ φ25×700	本	2,510.0	
チェアー φ13×450	個	5,062.0	
注入目地材 加熱注入型 10×40	kg	1,674.0	
注入目地材 加熱注入型 10×70	kg	431.9	

*関東店多摩営業所工事主任 **関東店多摩営業所 ***関東店多摩営業所副所長

5. 使用機械

使用機械を表-2に示す。

表-2 使用機械

機 械 名	型 式	舗装幅・重量	台数
ブレードスプレッド	KS85A-TN2 両勾配対応	5.15～9.5m MAX11t	1
コンクリートフィニッシャー	KF85A 両勾配対応	5.15～9.5m MAX23t	1
コンクリートレベラー	KL85A 両勾配対応	5.15～9.5m MAX12t	1
作業台	足場幅900m	5.25～8.5m	1
作業台	足場幅900m (ぼうき目レール付)	5.25～8.5m	1

6. 施工の流れ

施工の流れを図-3に示す。

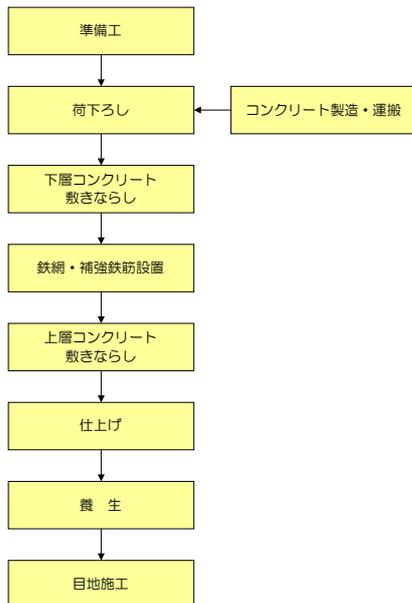


図-3 施工の流れ

7. 施工方針(目標)

施工に先立ち、現場の達成目標として、「平坦性 $\sigma=1.2\text{mm}$ 以下」を掲げた。このために以下の対策を講じることとした。

- ・現場に施工性の良いコンクリートを供給する。
- ・レールのたわみを小さくするため、15kg/mレールから22kg/mレールに変更し、受け台は83cm間隔とする。
- ・初日の施工数量を少なくし、スランプも許容範囲以内で大きくする。
- ・日々の施工の終点部における止め型枠の高さを精度良く設置する。
- ・横断勾配が変化する区間には、施工目地を設けない。
- ・仕上がり精度を上げるため、スレート版による施工目地は実施せず、すべてカッター目地とする。

8. 施工方法および注意点

(1) 準備工

両勾配用機械の現場への搬入状況を写真-2に示す。



写真-2 機械の搬入状況

- 準備工において注意した点は、以下のとおりである。
- ・縁石ブロック上にレールを設置することとしたが、事前に発生する応力を算出して、ブロックの曲げ強度と比較することで強度確認をした。
 - ・縁石ブロックのズレ・欠けを防止するため、歩道側の土間コンを先に打設した。
 - ・レールの設置幅(車輪間寸法)は、事前に10mごとに現地を確認して決定した。(図-4参照)

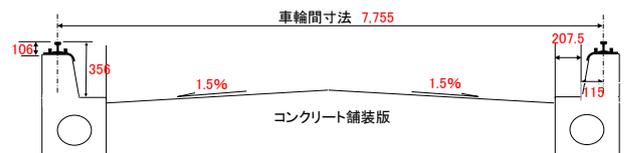


図-4 レールの設置図

- ・R200m以下のカーブは無いため、5mレールを使用し、レールジョイント部は5mm空けた
- ・レールのR止め金具は166cm間隔とし、レールジョイント部も確実に設置した。また、R止め金具間にカットベニアを使用した(写真-3参照)。



写真-3 レールの設置状況

- ・勾配変化区間では、トンネル側面に5m間隔でセンターの折れ(クラウン値)をmm単位でマーキングした。
- ・チェアーは、打設面上の路盤の両隅に置き、メッシュは、1スパンごとにトンネル歩道部に仮置きした。

- ・三角目地は、打設時に先行で2スパンごとに設置した。
- ・生コンで円形水路が汚れるため、厚手のビニールで養生した。
- ・路盤面のゴミ、浮石を取り除き、適度に乾燥した状態でディストロビュータにてアスファルト乳剤を均一に散布した。

(2) 運搬・荷下ろし

コンクリートの配合は、曲げ強度4.4MPa、スランプ2.5±1.0cm、最大骨材寸法40mm、普通ポルトランドセメント使用とした。

生コンはダンプトラックで運搬したが、生コンの運搬距離や運搬時期によってスランプロスが変動するため、施工前にスランプロスを測定し、これを出荷時のスランプの決定に反映した。当該現場では、スランプロスが3.0cmであったため、プラント出荷時のスランプを6.0cmとし、現着のスランプ3.0cmを目標値にした。

なお、ダンプアップ時にトンネル上部の構造物およびトンネル躯体に接触しないように、ダンプトラックの荷台上部に衝突防止バーを設置した（写真-4参照）。



写真-4 衝突防止バーの設置状況

(3) 下層コンクリートの敷きならし

下層コンクリートの敷きならしには、両勾配ブレードスプレッダを使用した。敷きならし状況を写真-5に示す。



写真-5 下層コンクリートの敷きならし状況

(4) 鉄網・縁部補強鉄筋の設置

下層コンクリート施工後、すぐに鉄網および縁部補強鉄筋を設置した。鉄網および縁部補強鉄筋は、コンクリート上面から8.5cmの深さに設置した。鉄網の継手は、20cmを重ね継手とし、結束線で結束した。鉄網および縁部補

強鉄筋の設置状況を写真-6に示す。



写真-6 鉄網・補強鉄筋の設置状況

(5) 上層コンクリートの敷きならし

上層コンクリートの敷きならし状況を写真-7に示す。



写真-7 上層コンクリートの敷きならし状況

(6) コンクリートの締固め

敷きならしたコンクリートは、両勾配コンクリートファイニッシャーを使用して締固めを行い、所定の高さに荒仕上げを行った。締固め状況を写真-8に示す。

(7) 平たん仕上げ

両勾配コンクリートレベラーを使用して、表面を平たんに仕上げた。平たん仕上げ状況を写真-9に示す。

(8) 粗面仕上げ

粗面仕上げは、ブラシを用いて人力で行った。粗面仕上げ状況を写真-10に示す。

(9) 養生

初期養生の良否がコンクリートの品質に与える影響が大きいため、高品質被膜養生剤(エム・キュアリング)を用いた。エム・キュアリングは、ブリージング水が消失し、水分の光沢が見られなくなった時、均一に連続的に散布した（散布量は100～150g/m²）。それによって、コンクリート表面に密度の高い防水性のある被膜を形成して、水分の蒸発を抑え、乾燥収縮を遅らせスムーズな

硬化を促して、初期ひび割れの発生を防止できた。養生剤散布後、養生マットを布設し、散水養生を行った。



写真-8 コンクリートの締固め状況



写真-9 平坦仕上げ状況



写真-10 粗面仕上げ状況

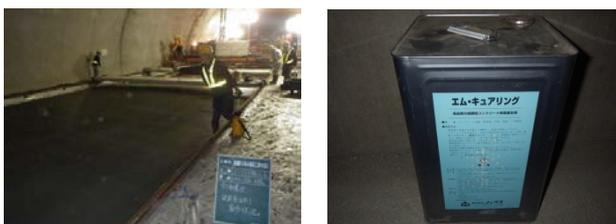


写真-11 エム・キュアリングの散布状況

(10) 目地溝設置・目地材注入

ひび割れを誘発させるため、コンクリート打設の翌日に、カッターでコンクリートを切断した。カッター切断状況・目地溝清掃状況を写真-12に示す。注入目地材には、ゴム化アスファルト系加熱注入式目地材を使用した。



写真-12 カッター切断・目地溝清掃状況

(11) 完成

完成状況を写真-13に示す。



写真-13 完成状況

9. 施工結果

平坦性の測定結果を表-3に示す。表に示すようにR側が1.14mm L側が1.20mmであり、当初の目標値 $\sigma=1.2\text{mm}$ 以下をギリギリではあるが達成することができた。

コンクリートのスランプ、空気量、および曲げ強度試験結果は、すべて規格値を満足していた。

表-3 平坦性の測定結果

測定範囲	測定車線	平坦性 (mm)
No.128+16~No.67	R側	1.14
No.67~No.128+16	L側	1.20
規格値(機械施工)		2.0以下

10. おわりに

両勾配コンクリートフィニッシャを用い、トンネル内コンクリート舗装を施工した結果、平坦性の良好なコンクリートを施工することができた。本報告が、今後の同様の工事の参考になれば幸いである。

最後に、今回の工事で、ご指導いただいた元請会社の皆様、およびご協力いただいた当社機械センターの方々に感謝の意を表します。

再材料化手法による再生ポーラスアスファルト舗装の施工

小玉 忠孝*
 新谷 悟**
 松田 良夫***

1. はじめに

ポーラスアスファルト舗装は、水跳ねやハイドロプレニング現象の抑制および騒音低減等の機能の優位性により広く普及している。

一方、維持更新を迎えるストックも膨大な量となり、ポーラスアスファルト舗装からの発生材の有効活用が求められている。そこで、ポーラスアスファルト舗装発生材から良質な粗骨材を取り出し、これをポーラスアスファルト舗装に再活用する再材料化手法(再生骨材に付着している旧アスファルトを取り除き、原骨材を回収)が検討されている¹⁾。この再材料化手法を用いた再生ポーラスアスファルト舗装の実証工事について、千葉県発注の工事で平成22年度、23年度および26年度と3件、当社は千葉県内の地方道と一般国道で施工している。

本報文は、当該技術の施工事例を、平成26年度工事分について紹介するとともに、併せて過去2件の追跡調査結果についてとりまとめたものである。

2. ポーラスアスファルト舗装の再生の課題

ポーラスアスファルト舗装に従来の再生方法をそのまま適用するのは困難とされており、その理由は以下のとおりである。

- ①ポーラスアスファルト舗装には、熱可塑性樹脂が多量に添加された高粘度改質アスファルトが使用されているため、これらが多く付着した再生骨材をドライヤーで加熱した場合、内部の壁面や羽根に付着し、プラント設備に支障をきたす恐れがある。
 - ②再生混合物内で再生骨材を被覆している旧アスファルトと新たに加える新アスファルトが均一に混合されにくく、再生アスファルトの性状が把握しにくい。
- 上記の課題を克服するため、再材料化手法による再生ポーラスアスファルト舗装が検討されてきている。

3. 再材料化手法による再生ポーラスアスファルト舗装の概要

図-1に当該技術の流れを示す。また、当該技術の概要を以下に列記する。

- ①ポーラスアスファルト舗装の発生材を破碎・分級し、再生骨材(13~5mm)を製造する。
- ②上記再生骨材に、砂状の添加材(電炉スラグ砂等)を加

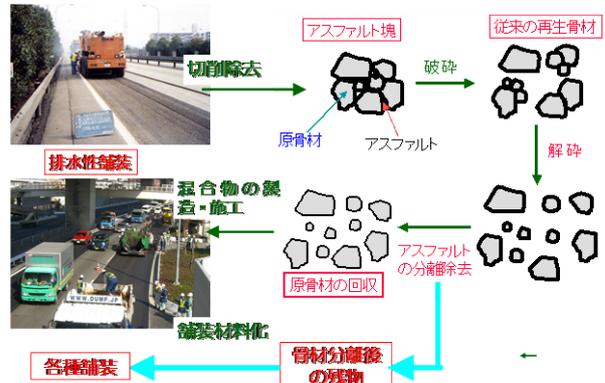


図-1 当該技術の流れ

え、加熱混合して、粗骨材に被覆している旧アスファルトを除去する。

- ③旧アスファルトを除去した再生骨材をスクリーンで分級し、得られた再生6号碎石と砂、石粉、アスファルトを使用し配合設計を行い、現場配合に修正後、同じ材料を加熱混合し、再生ポーラスアスコンを製造し、舗設する。なお、図-1の下部に示す骨材分離後の残留物の舗装材料化については、本報文の範疇外である。

従来の再生混合物製造技術と当該技術の相違点は、上記の②と③で、旧アスファルトを除去して再生6号碎石を製造(原骨材の回収)することであり、この工程が当該技術の根幹をなしている。以降に再生6号碎石の製造について詳細に示す。

4. 再生6号碎石の製造

再生6号碎石の製造手順を図-2に示す。



図-2 再生6号碎石の製造の流れ

*関東支店千葉営業所工事長 **関東支店千葉営業所所長 ***関東支店千葉アスファルト混合所所長

また、製造の流れを以下に列記する。

- ①ポーラスアスファルト舗装発生材(切削材)のストック
ポーラスアスファルト舗装の切削材は、他切削材と混じらないように千葉アスファルト混合所にストックした。
- ②一次処理再生骨材の製造
ストックした切削材を破碎し、一次処理再生骨材13～5mmとした。写真-1にストック状況を示す。



写真-1 一次処理再生骨材のストック状況

- ③一次処理再生骨材の表面処理
一次処理再生骨材(13～5mm)には、劣化した高粘度アスファルトが被膜されている。この旧アスファルトを除去するため、電炉スラグ砂と混合し、再生ドライヤーにて加熱混合した。

- ④旧アスファルトを除去した骨材の分級
旧アスファルトを除去した骨材をダンプトラックに積み込み、運搬し、移動式ふるい分け機により分級した。分級状況を写真-2に、分級後の再生6号砕石を写真-3に示す。写真-3より再生6号砕石は、旧アスファルトが除去され、健全な状況であることが分かる。

なお、旧アスファルトの除去程度は、旧アスファルト量が1.0%以下の状態で、原骨材の回収と定義されており、再生6号砕石の旧アスファルト量は1.0%以下であり、規格を満足していることを確認した。

5. 再生ポーラスアスファルト混合物の配合および物理性状

平成26年度施工分の再生6号砕石を用いた再生ポーラスアスファルト混合物の配合を表-1に、物理性状を表-2

に示す。



写真-2 移動式ふるい分け機による分級状況



写真-3 分級後の再生6号砕石

表-1 再生ポーラスアスファルト混合物の配合

配 合 (%)				
再生6号砕石	細目砂	石粉	アスファルト	計
82.8	7.6	4.8	4.8	100.0

表-2 再生ポーラスアスファルト混合物の物理性状

空隙率	密度	マーシャル安定度	フロー値	残留安定度	カンタプロ損失率	動的安定度
%	g/cm ³	kN	1/100cm	%	%	回/mm
20.0	2.008	6.4	30	91.7	9.5	7,000

再生ポーラスアスファルト混合物の配合は、過去2件と同じであり、物理性状はほぼ同様な値であった。

6. 工事概要

工事概要を過去の2件を含め、表-3に示す。

表-3 工事概要

	1回目の施工	2回目の施工	今回の施工概要
工事件名	県単舗装道路修繕工事(試験舗装工)	県単舗装道路修繕工事(横渚・特殊舗装)	県単舗装道路修繕工事(横渚・特殊舗装)
工 期	平成22年7月27日～平成22年10月24日	平成23年11月1日～平成24年3月9日	平成26年11月22日～平成27年3月25日
発 注 者	千葉県千葉土木事務所道路維持課	千葉県安房土木事務所	千葉県安房土木事務所
工事箇所	千葉県習志野茜浜3丁目(図-2参照)	千葉県鴨川市横渚(図-2参照)	千葉県鴨川市横渚(図-2参照)
路 線 名	主要地方道 千葉船橋海浜線	一般国道128号	一般国道128号
工事内容	工事延長:L=320m 幅員:W=9m 高耐久不透水層(t=3mm) : 3,020m ² 再生ポーラスアスファルト舗装(t=50mm) : 3,020m ²	工事延長:L=216m 幅員:W=8～10m 路上路盤再生(セメント・乳剤) : 2,000m ² 基層工(再生密粒度As20) : 2,000m ² 再生ポーラスアスファルト舗装(t=50mm) : 2,000m ²	工事延長:L=180m 幅員:W=7.7～11.5m 路上路盤再生(セメント・乳剤) : 1,550m ² 基層工(再生密粒度As20) : 1,550m ² 再生ポーラスアスファルト舗装(t=50mm) : 1,550m ²
舗装構成			

平成26年度の今回の工事も2回目の工事と同様、施工時期が2月の厳寒期であり、プラントから現場までの距離が75kmで、運搬時間が120分程度かかるという条件であった(図-3参照)。



図-3 施工位置

(2) 再生ポーラスアスファルト舗装工

前述のとおり、施工時期が2月下旬の厳寒期であり、再生ポーラスアスファルト混合物の運搬時間が120分程度かかることを鑑み、運搬時および施工時における合材温度低下防止対策を、以下のとおりとした。

- ・合材の荷姿を図-4のようにして、合材荷姿の薄い箇所をなくし、温度低下低減に努めた。
- ・保温シートには通常の帆布に替えて、高性能保温シート「GOマット」を使用した。
- ・当社の中温化アスファルト混合物(エコスムージーR)に使用している中温化剤レジセットを施工性改善剤として、再生ポーラスアスファルト混合物に添加し、冬期舗設時の締固め度の確保に努めた。プラントにおける合材荷姿修正状況を写真-5に示す。

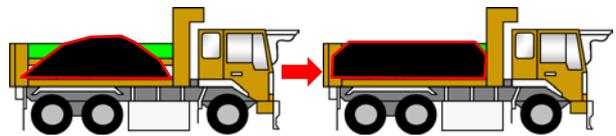


図-4 合材の荷姿

7. 施工

(1) 路上路盤再生および基層

本件では、既設の老朽化したアスファルト舗装を原位置で粉碎し、既設路盤とともに攪拌し、セメントとアスファルト乳剤を加えて混合、締固めて耐久性の高い路盤に再生する路上路盤再生工法が採用された。工法の特徴は、以下のとおりである。

- ・全断面打換え工法と比較し、舗装発生材が少なく、施工速度が速い。
- ・疲労破壊抵抗性が大きく、構造強化が図れる。

路上路盤再生工の施工状況を写真-4に示す。

路上路盤再生工法には、特に養生期間は設けず、当日に再生密粒度アスコン(20)で基層を施工した。

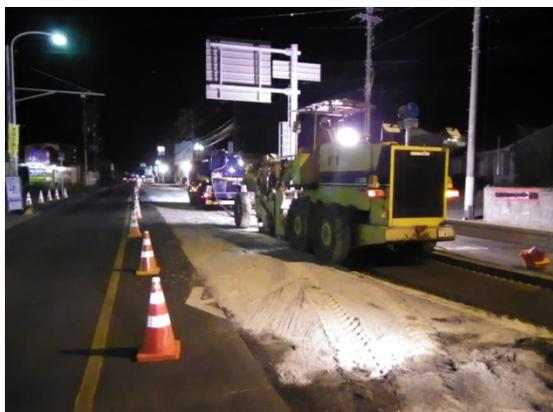


写真-4 路上再生路盤工の施工状況



写真-5 プラントにおける合材荷姿修正状況

再生ポーラスアスファルト混合物の敷きならし・転圧状況を写真-6に示す。



写真-6 敷きならし・転圧状況

8. 施工結果および追跡調査結果

施工直後に実施した現場試験結果を1、2回目の結果と併せて表-4に示す。

完成した再生ポーラスアスファルト舗装の仕上がりは良好で、交通開放直後の骨材飛散も少なく、特に不具合は発生していない。

表-4 施工直後の現場試験結果

No.	試験実施日	工事箇所	平坦性	わだち	ひび割れ	すべり抵抗値		現場 透水量 (ml/15秒)
			σ (mm)	掘れ量 (mm)	率 (%)	BPN	動的摩擦 係数 μ_{40}	
1	平成22年9月	千葉県習志野市	1.51	1.1	0	75	0.48	1,249
2	平成24年2月	千葉県鴨川市	1.49	1.7	0	78	—	1,265
3	平成27年2月	千葉県鴨川市	1.68	1.7	0	65	—	1,408

1回目および2回目施工分の供用開始3年後の追跡調査結果を表-5に示す。

表-5より、第1回目の現場透水量は低下しているものの(空隙つぶれではなく、空隙詰まりによるものと考えられる)、その他の性状は問題なく、再生ポーラスアスファルト舗装は、一般的なポーラスアスファルト舗装と同等の性能を有していることが確認できた。

表-5 追跡調査結果(供用開始3年後)

No.	試験実施日	工事箇所	平坦性	わだち	ひび割れ	すべり抵抗値		現場 透水量 (ml/15秒)
			σ (mm)	掘れ量 (mm)	率 (%)	BPN	動的摩擦 係数 μ_{40}	
1	平成22年9月	千葉県習志野市	2.16	3.2	0.54	75	0.48	169
2	平成24年2月	千葉県鴨川市	2.43	5.7	0	78	—	992

9. 課題

再生ポーラスアスファルト混合物の製造上の課題は、以下のとおりである。なお、施工上の課題はないと判

断した。

- ①既設ポーラスアスファルト舗装の切削材をストックするヤード、および骨材表面処理後の材料をふるい分けするヤードが必要である。
- ②切削材が細粒化されること、および製造過程でロスが発生するため、既設ポーラスアスファルト舗装の切削材は、配合上必要な再生骨材(13~5mm)の2~3倍の量を確保する必要がある。
- ③再生骨材(13~5mm)の製造工程で、副産物(5~0mm)のスラグ砂等の細粒アスファルト材が発生する。この副産物の利用方法を検討する必要がある。

10. おわりに

1回目および2回目の施工とも、良好な供用性を保持しており、今回(3回目)の施工についても、今後追跡調査を実施し、再生ポーラスアスファルト舗装の供用性(耐久性)を確認していく次第である。

本報文が、今後の再生ポーラスアスファルト混合物の実用化の参考になれば、幸甚である。

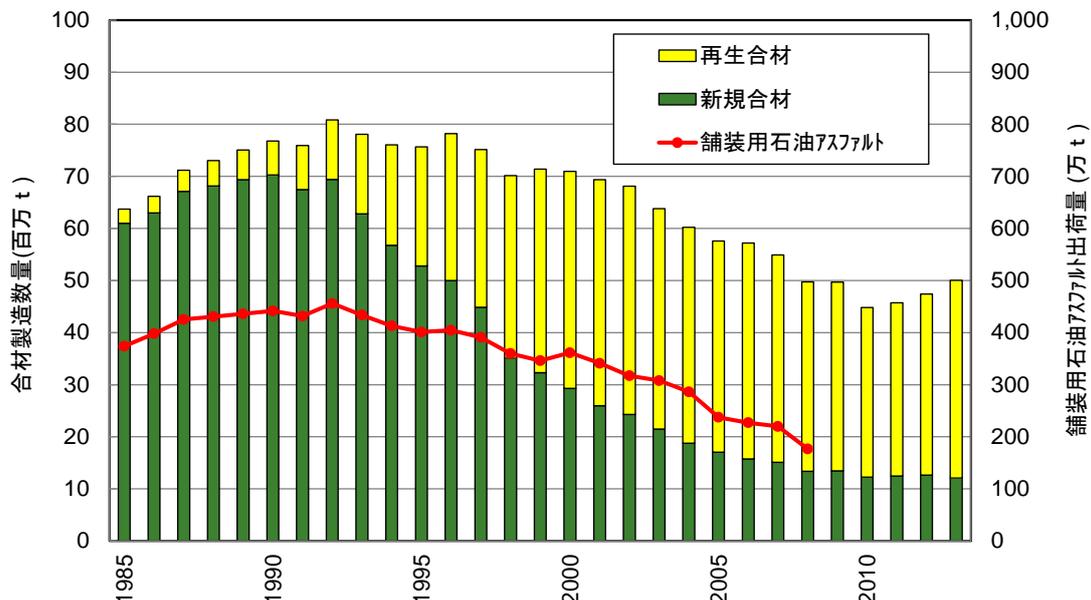
最後に、新しい再生技術の施工に携わることができ、今後も積極的に新技術に挑戦し、技術研鑽に努める所存である。

【参考文献】

- 1) 新都市社会技術融合創造研究会排水性舗装混合物のリサイクル技術の研究プロジェクト：排水性舗装混合物のリサイクル技術の研究報告書、2008.3
- 2) 日本道路協会：舗装再生便覧(平成22年版)、2010.11

ミニ知識

我が国における再生合材の製造数量



即時開放型半たわみ性舗装の施工事例

澤谷 修慶*
山本 紀彦**
井手 義勝***

1. はじめに

道路補修工事により発生する工事渋滞や交通障害は、都市活動や生活環境に悪影響を与え、貴重な時間やエネルギーの損失など、経済的に多大な影響を及ぼし、これらのことが道路管理者の懸念材料になっている。とりわけ近年の建設業界にとって、生活環境の保全は重要な課題となっている。特に都市部においては、工事に関わる社会的(利便性)時間損失の最小化や環境負荷低減を優先した工法が採用される傾向にある。

今回、イオンモール岡山の開業に併せ、岡山駅バスターミナル補修工事において、半たわみ性舗装(当社工法名:ハイシール)が発注された。従来のハイシールを使用した半たわみ性舗装では、施工後に3時間~7日程度の養生期間をとらなければ、供用を開始することができなかった。

今回、社会的な要求を背景に、作業時間を確保し、急速大規模施工を見据え、ポーラスアスファルト舗装充填用セメントミルク(当社製品名ハイシールJ^{1,2)})を改良した即時開放型セメントミルク(以下、ハイシールJ1)による施工の機会を得ることができた。

本書は、ハイシールJ1を使用し、急速施工に対応した即時開放型半たわみ性舗装の施工事例について報告するものである。

2. 「ハイシールJ1」とは

2-1 概要

ポーラスアスファルト混合物を対象に、施工直後の母体アスファルト混合物へ容易に充填でき、かつ短時間で開放強度を発現させ、早期交通開放を目的として開発された「ハイシールJ」に特殊添加剤を配合し、大規模施工に対応すべく作業性を大幅に改善し、即時開放型として改良した製品が「ハイシールJ1」である。

2-2 特長

ハイシールJ1の特長は、以下のとおりである。

- ①高性能減水剤等の配合により、空隙率17~20%の排水水性舗装に充填できる高浸透性(従来の半たわみ性舗装の母体混合物の空隙率は21~25%)
- ②添加剤の配合により、アスファルト混合物内部温度60~80℃の高温母体へ注入可能(従来品は混合物内部温

度50℃以下でなければ注入できない)

③特殊セメントの配合により、交通開放までの養生時間は1~1.5時間(従来品の超速硬タイプは3時間)

④計量するのは水だけであり、従来品と変わらず施工効率が良好

3. 施工事例その1

3-1 工事概要

工事箇所は、写真-1に示す供用中のバスターミナル(A=3,530m²)である。

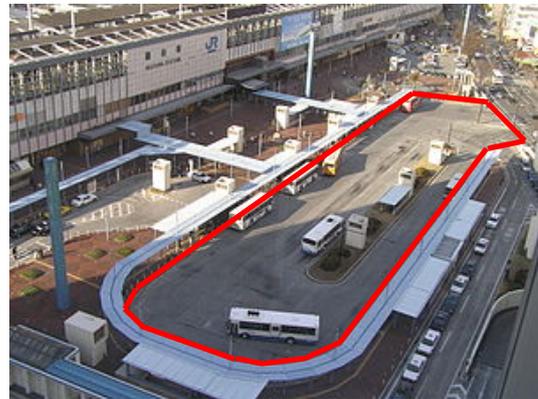


写真-1 岡山駅バスターミナル

舗装前日までに表層を切削し、バスの運行終了から始発までの夜間8時間(22:00~6:00)で開粒度アスファルト混合物を舗装し、直後にセメントミルクを充填し、かつ即日開放の半たわみ性舗装を施工する設計となっている。図-1に舗装構成を示す。

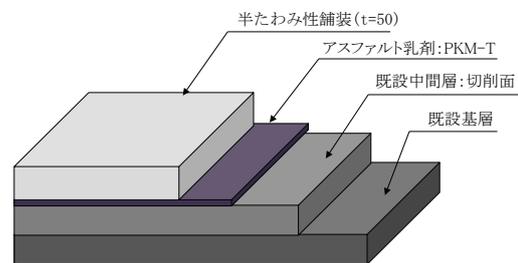


図-1 舗装構成

当該工事は、岡山駅周辺施設での工事のため、作業時間内での交通開放強度の確保と規制時間の厳守について、発注者からは強く要望された。

供用中のバスターミナルで、「ハイシールJ1」を使用した施工の前例はないが、従来のハイシール工法を踏襲す

*中国支店岡山営業所 **中国支店山口千葉営業所工事長 ***中国支店工事部エンジニアリング課担当課長

る手順で施工計画を立案した。

3-2 試験施工

事前に「ハイシールJ1」の性状および施工性を把握する目的で、技術研究所および材料メーカー立会のもと試験施工を行なった。

(1) 試験施工における確認事項

試験施工における確認事項を以下に列挙する。

- ①母体アスコンの温度降下時間
- ②施工のタイムスケジュールの判定
- ③セメントミルクのハンドリングタイム
- ④特殊添加剤の添加量
- ⑤セメントミルクの攪拌状況と充填状況
- ⑥交通開放強度発現までの所要時間

(2) 検討配合・条件

実施工で想定される4パターンの配合・条件について、検討することにした。各配合・条件を表-1に示す。

表-1 各配合・条件

条件	水粉体比	特殊添加剤量	注入時の母体アスコンの内部温度
配合	(%)	(%)	(°C)
配合①	46	0	80
配合②	46	0.02	80
配合③	40	0.04	80
配合④	40	0.02	60

(3) 試験施工結果

強度発現までの経過時間の測定結果を図-2、表-2に示す。いずれのパターンでも、セメントミルクの充填性は良好であった。しかし、フロー値(充填性)、仕上げまでの許容時間(施工性)および強度発現までの時間(養生時間の短縮・早期開放性)の観点から、従来品の水粉体比46%から練り混ぜ水量を15%減じた水粉体比を40%とし、特殊添加剤を0.02%添加する配合④を、本施工に使用する現場配合に決定した。

3-3 本施工(セメントミルク注入工)

試験施工に基づき、タイムスケジュールを検討した結果、日当たり施工量500m²は施工可能と判断し、7日工程で施工を実施した。施工性は従来品と同等であり、不具

合なく施工を実施することができた。

施工状況を写真-2、3に、本施工のタイムスケジュールを表-3に示す。

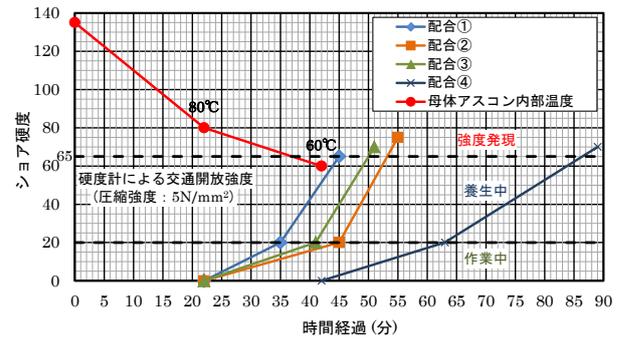


図-2 試験施工における強度発現時間

表-2 試験結果一覧

確認事項	配合	配合①	配合②	配合③	配合④
フロー値	(秒)	8.72	8.45	9.67	9.31
仕上げまでの許容時間	(ℓ)	13	23	19	21
強度発現までの時間	(min)	23	31	28	45
充填状況(切取供試体による)		◎	◎	◎	◎



写真-2 流し込み状況



写真-3 充填状況

表-3 タイムスケジュール(岡山駅バスターミナル)

時刻	22		23		0		1		2		3		4		5		備考
	0	30	0	30	0	30	0	30	0	30	0	30	0	30	0	30	
作業内容																	
交通規制	[Bar chart showing traffic restrictions from 22:30 to 05:30]																
舗装前下処理	[Bar chart showing sub-base treatment from 22:30 to 23:00]																
タックコート	[Bar chart showing tack coat from 22:30 to 23:00]																
舗装工	[Bar chart showing paving work from 23:00 to 01:30]																
資機材搬出入	[Bar chart showing material/equipment movement from 23:00 to 23:30 and 04:30 to 05:00]																
準備工	[Bar chart showing preparation work from 23:30 to 00:00]																
注入工	[Bar chart showing injection work from 00:00 to 04:30]																
養生	[Bar chart showing curing from 00:00 to 05:30]																
後片付け	[Bar chart showing cleanup from 04:30 to 05:00]																

3-4 本施工で発生した課題

前述のとおり、施工自体は問題なく実施できたが、以下の理由で想定外の材料ロスが発生した。

(1) 施工基面の影響

今回の施工は、切削面に表層を舗設する設計であったため、切削面の凹凸にセメントミルクが充填され、材料の増減に大きな影響を与えた。

(2) 母体アスコンの空隙率

配合設計での空隙率は24%の母体アスコンであったが、現地で採取した供試体の空隙率は27%であった。空隙率の誤差が材料ロスを増加させた(ロス率15%)。

(3) 高浸透性の弊害

浸透性に優れたセメントミルクであるため、母体アスコンの底部まで完全に充填されていたが、流動性が高いため充填が容易な反面、舗装端部や型枠の底部からセメントミルクが流出して、材料ロスが生じた。

3-5 上記課題に対する今後の対応策

(1) 施工基面の影響

施工基面の状態が、材料ロスに大きな影響を与えるため、施工基面を含めた2層切削・2層オーバーレイの設計が望ましい。

(2) 母体アスコンの空隙率

母体アスコンの空隙率が、材料の増減に大きく影響する。必ず切取供試体による空隙率の確認とハイシールJ1用の母体アスコンの配合の見直しが必要である。

(3) 高浸透性の弊害

高浸透性はハイシールJ1の特長であるが、今回の設計空隙率24%は大きすぎたと考える。施工の方向性を早期に決定し、空隙率を18~20%に下げる、または、空隙率24%のまま材料の粘度を高めてフロー値をコントロールするなど、事前の対応立案が重要となる。

3-6 今後の本施工に対する方策

当日2層切削・2層オーバーレイの場合、タイムスケジュールがさらに厳しくなり、施工量が減少する。施工基面の重要性を考慮すると、打替え工法が望ましく、施工量を増やすためには、表層の材料を排水性舗装に変更する協議を発しても良いと考える。たとえば、全面的舗設が完了した後に注入のみ施工する方法で、1バッチあたりの練混ぜ量を増やすことで、1,000m²/日の施工が可能で、さらに工期短縮が図れると考える。

3-7 施工後の評価

諸々の課題は抽出されたが、母体アスコン舗設直後の施工にもかかわらず、セメントミルクも十分に充填されて、所定の品質を確保することができた。また、発注者が懸念していた作業時間内の開放強度の発現も余裕を

持って確認できた。予定時間に遅れることなく交通開放を行なえたことで、発注者の評価も高く、満足のいく結果であった。

4. 施工事例その2

上記の施工から半年後、幸運なことに山口県下関市内の下関駅東口ターミナルにおいて、寒冷期における「ハイシールJ1」を施工する機会を得ることができた。

今回の施工は、改良工事の遅延により、発注者からは工期内完成を強く要請され、工期短縮が命題の現場であった。岡山での経験を踏まえ、当初設計の見直しを提案し、施工優位性、経済優位性、メリット・デメリットを明示した評価をもって協議を行った結果、工程短縮の有効性を認められ、翌日にセメントミルクを施工する工法へ変更することができた。

4-1 材料の改良

昼間の交通開放時に仮設養生が不要で、骨材飛散と交通荷重に耐えられる必要があるため、表層に使用する材料には、改質アスファルトII型を使用し、目標空隙率を20%に設定した。

施工の方向性が決定したことにより「ハイシールJ1」に有機系の増粘剤を使用して粘性を高め、目標フロー値を11秒程度で調整できるようにした。

寒冷期の施工であるため、外気温により水量を調整し、状況により遅延材を添加、作業性を確保しつつ、強度発現に要する時間は1.5時間以内を目標とした。

4-2 試験結果

今回の母体アスコンの空隙率も2.0~2.5%大きくなっていたため、配合の見直しを指示した。

交通開放強度は養生時間60分で硬度70、1時間30分では硬度80程度に達しており、目標とする時間内での強度発現が確認できた。ミルクの充填率は93%と高い値を示したが、複合体の曲げ強度で岡山の試料に比べ、若干であるが低い値になった。

曲げ強度は、複合体のセメントミルクの全体量に影響されるので、母体アスコンの空隙率が小さい当該下関の工事では、ミルクの全体量が少ないので、妥当な結果と考えられる。ただし、物性的には問題ない値であることを確認した。

4-3 本施工(セメントミルク注入工)

改良工事の遅れのため、排水構造物が設置できた箇所から舗設する状況であったため、割付けにより日当たり600~700m²程度と施工量に制限を受けた。割付けに基づき6日工程で実施し、予定どおりの進捗状況であった。

本施工のタイムスケジュールを表-4に示す。

表-4 タイムスケジュール(下関駅東ローターミナル)

時刻	22		23		0		1		2		3		4		5		備考
	0	30	0	30	0	30	0	30	0	30	0	30	0	30	0	30	
作業内容	[Gantt chart grid]																
交通規制	[Gantt chart grid]																5:30交通開放
舗装前下処理	[Gantt chart grid]																
タックコート	[Gantt chart grid]																
舗装工	[Gantt chart grid]																
資機材搬出入	[Gantt chart grid]																
準備工	[Gantt chart grid]																
注土工	[Gantt chart grid]																
養生	[Gantt chart grid]																
後片付け	[Gantt chart grid]																

本施工の状況は、以下のとおりである。

(1) 施工基面

岡山の時と同じく切削面に表層を舗設する設計であったため、こまめにビットの交換を行い、可能な限り平滑な施工基面を目指した。

(2) 母体アスコンの空隙率

見直しを図ったことにより、現地の母体アスコンの空隙率を20%程度に収めることができた。

(3) 高浸透性

材料の粘性を高めたが充填に問題はなかった。また、セメントミルクの漏洩を抑えることができ、材料ロスの改善が図れた。

5. まとめ

岡山と下関の現場では、施工時期や施工方法、使用した材料の違い単純に比較はできないが、規制時間の厳守および工期短縮、規制時間内での開放強度の確保と発注者の懸念材料を払拭した確実な施工を実施することができた。

事前に十分な検討を重ねたことで、施工規模が大きく、早急な交通開放が必要な供用中のバスターミナルに対応

した即時開放型半たわみ性舗装は、発注者の要望に応える高度な技術として高い評価を受けられると思われる。

セメントミルク製造機の開発など改良の余地はあるが、この実績を基に、工事に関わる社会的(利便性)時間損失の抑制を最大限にアピールすることができると自負している。

課題となった問題点を改良・改善した製品の開発を進め、さらに受注の機会を増やすことができればと考えている。

最後に、当該工事を進めていくうえで、ご尽力いただいた本店エンジニアリング部、技術研究所および秩父コンクリート(株)の皆様、この場を借りて厚くお礼申し上げます。

【参考文献】

- 1) 尾崎浩司、鈴木徹、清水進：ポーラスアスファルト舗装充填用セメントミルクについて、第28回日本道路会議論文集(CD)、2009.10
- 2) 尾崎浩司、鈴木徹：ポーラスアスファルト舗装充填用セメントミルク(ハイシールパウダーJ)、大林道路(株)第19回施工技術発表会報文集、2009.11

高靱性モルタルによるコンクリート床版の補修

松岡 伸児*
小沼 史明**
佐久間恒明***

1. はじめに

北陸自動車道小高高架橋舗装補修工事において、橋梁コンクリート床版の脆弱部をウォータージェットにて撤去し、高靱性モルタルにて断面修復を行ったので、本工事の概要とあわせて報告する。

2. 工事概要

工事概要は、以下のとおりである。

- ①工 事 名：北陸自動車道 小高高架橋舗装補修工事
- ②工 期：平成26年6月14日～同年10月11日
- ③元発注者：東日本高速道路株式会社新潟支社
- ④工事箇所：北陸自動車道 新潟県燕市佐渡(三条燕IC)～新潟市西蒲区漆山(巻潟東IC)

⑤主な工事内容

切削オーバーレイ工 (t=75mm)	11,096 m ²
伸縮装置取替	404 m
コンクリートはつり・断面修復工	154 m ²
床版防水工 (I型)	9,896 m ²
端部防水工 (II型)	1,572 m ²

3. 本体工事の工程および施工の流れ

(1) 工程

本体工事(切削オーバーレイ工)は、図-2に示す施工範囲の上り走行①～④および下り走行⑨～⑫を平成26年6月16日～6月19日に昼夜連続で施工し、上り追越⑤～⑧



図-1 位置図

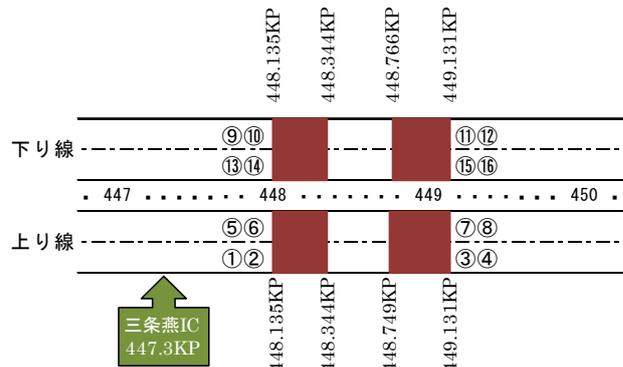


図-2 施工範囲図

および下り追越⑬～⑯を平成26年6月23日～6月25日に昼夜連続で施工した。表-1に実施工程を示す。

表-1 実施工程

工 種	日 時	平成26年6月																													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
準備工		[Green shading]																													
走行車線 中之口川橋 448.135KP～448.344KP 小高高架橋 448.766KP～449.115KP		[Green shading]																													
縁石塗膜除去工		[Green shading]																													
路面切削工		[Green shading]																													
床版研掃工		[Green shading]																													
コンクリートはつり		[Green shading]																													
断面修復工		[Green shading]																													
防水工		[Green shading]																													
舗装工		[Green shading]																													
路面標示工		[Green shading]																													
追越車線 中之口川橋 448.135KP～448.344KP 小高高架橋 448.766KP～449.115KP		[Green shading]																													
縁石塗膜除去工		[Green shading]																													
路面切削工		[Green shading]																													
床版研掃工		[Green shading]																													
コンクリートはつり		[Green shading]																													
断面修復工		[Green shading]																													
防水工		[Green shading]																													
舗装工		[Green shading]																													
路面標示工		[Green shading]																													

(2) 施工の流れ

本体工事の施工の流れは、図-3に示すとおりである。

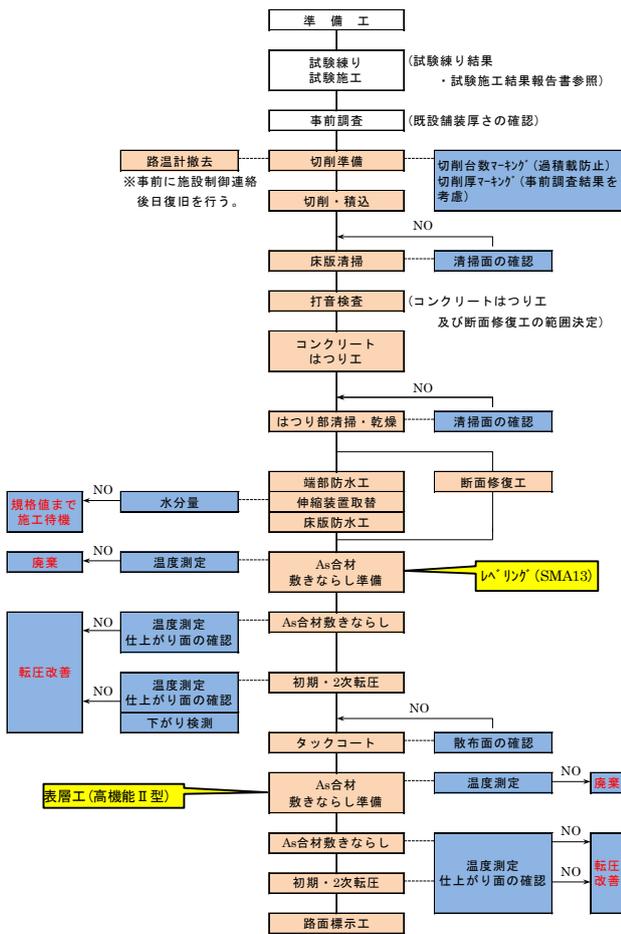


図-3 本体工事の施工の流れ

4. コンクリート床版の断面修復工

4-1 コンクリートはつり工

(1) 使用機械

コンクリートはつり工に用いた使用機械を表-2に示す。

表-2 コンクリートはつり工使用機械

機械名	規格	予定台数	使用目的
超高圧ポンプ車 (NLB-35215D型)	吐出圧力 245MPa(最大) 吐出流量 46ℓ/min(最大)	2台	はつり作業
超高圧水発生装置搭載車	4.5tクラス	2台	はつり作業
コンクリート除去処理装置 (JMK-2100型)	吐出圧力 245MPa(最大) 対応流量 90ℓ/min(最大)	1台	はつり作業
給水タンク車(資材車)	4tクラス	1台	はつり作業
散水車	4tクラス	2台	はつり作業 下部洗浄作業
超高圧ホース	φ8mm×20m	1式	はつり作業
給水用水中ポンプ	3.7KW、2インチ	2台	はつり作業 洗浄作業
給水ホース	2インチ、25m	1式	作業全般
発動発電機	20KVA	1台	はつり作業
発動発電機	10KVA	1台	汚濁水処理作業 工事用高圧洗浄機用
特殊強力吸引車	中型クラス(風量60m³以上)	2台	はつり作業のガラ・汚濁水集積作業
工事用高圧洗浄機	6MPa-30ℓ/minクラス	1台	はつり部と構造物等の洗浄作業
pH計測器・濁度計測器		1式	汚濁水処理作業
汚濁水処理用水中ポンプ	3.7KW、2インチ	2台	汚濁水処理作業
汚濁水処理用pH処理装置	2.8KW、10m³/h	1台	汚濁水処理作業
汚濁水ホース	2インチ、25m	1式	汚濁水処理作業
汚濁水処理用タンク	水タンク、20m³クラス	2台	汚濁水処理作業
ユニック車	4tクラス、2.98t吊り	1台	作業全般

(2) 施工の流れ

コンクリートはつり工の施工の流れを図-4に示す。

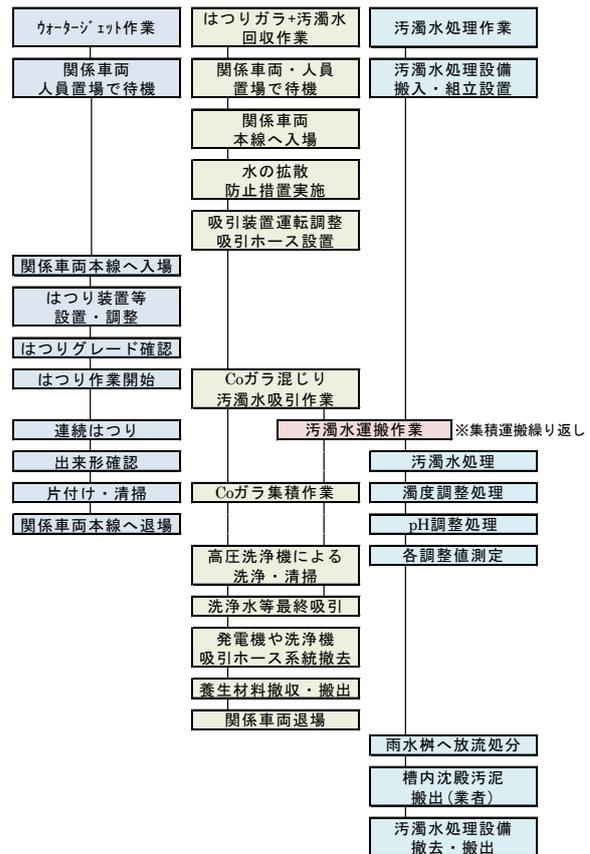


図-4 コンクリートはつり工の施工の流れ

(3) 施工方法および施工状況

1) はつり工

具体的な施工手順は、以下のとおりである。はつり装置(写真-1)を作動させ運転調整→はつり箇所の幅、深さに合わせて機械をセット→高圧水噴流で床版の破碎を開始→圧力・水量を調節しはつり深さを調整→連続はつり(写真-2)→はつり終了後鉄筋の裏側まで均一に平坦にはつり取れているか確認→ジョイント部等の狭窄部のはつりはウオータージェットランスで行う。

なお、超高圧ホースに緩みがないか、外れ防止装置を確認するとともに、超高圧ホースが物の下敷きになっていないか、継手部および被覆部から水漏れがないか点検した。また、施工中隣接する車線へ水が流出しないよう、汚濁水の吸引に注意した。



写真-1 はつり装置



写真-2 はつり状況

表-3 濁水処理基準

水素イオン濃度 (水素指数)	pH5.8以上8.6以下
浮遊物質 (SS)	日間平均150mg/ℓ以下



写真-3 汚濁水の吸引回収・清掃

2) 濁水吸引・運搬・処理

濁水処理の流れを図-5に、濁水処理のイメージを図-6に示す。また、濁水処理基準を表-3に示す。

特殊強力吸引車にて汚濁水(コンクリート殻、ヘドロ、水)を吸引回収している状況を写真-3に、ベッセルに汚濁水を排出している状況を写真-4に、中和処理槽にて希硫酸・炭酸ガスで水素イオン濃度pHを5.8以上～8.6以下に調整している状況を写真-5に示す。

中和した水はポンプで最寄りの排水施設へ放流した。



写真-4 汚濁水の排出



写真-5 水素イオン濃度確認

4-2 断面修復工

(1) 使用材料

使用材料は、高靱性モルタル(オートモルスーパー)とした。オートモルスーパーの特徴は、以下に示すとおりである。

- ・流動性、充填性を確保できる。
- ・練混ぜから仕上げまでの可使時間-40分以上、材齢3時間の圧縮強度-24N/mm²以上、スランプフロー-35cm以上、材齢3時間の接着強度-1.0N/mm²以上
- ・練混ぜ時の繊維分散性が良い有機短繊維を採用。
- ・製造はハンドミキサーやグラウトミキサーで可能。運搬はモルタルポンプで圧送可能。2cm程度の薄層補修対応が可能。

補強繊維のポリプロピレン繊維を写真-6に、スランプ試験後の高靱性モルタルを写真-7示す。

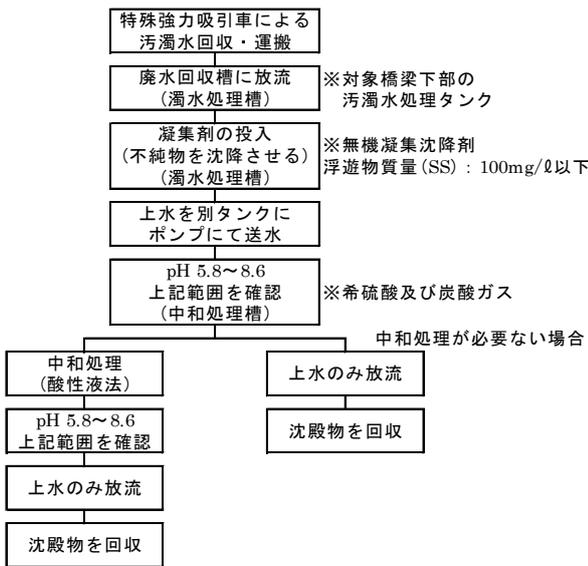


図-5 濁水処理の流れ

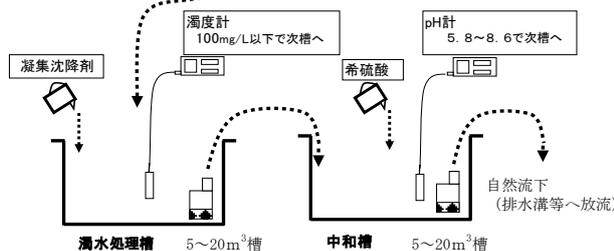
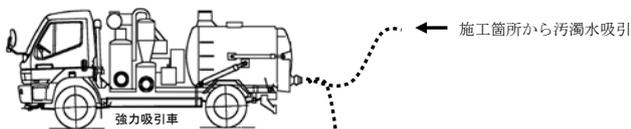


図-6 濁水処理のイメージ

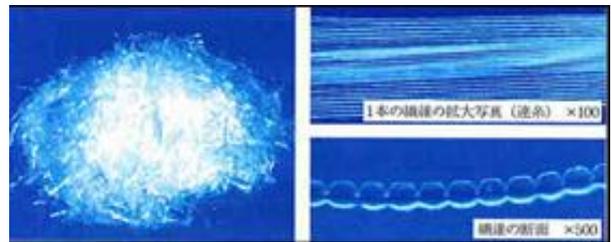


写真-6 ポリプロピレン繊維



写真-7 スランプ試験後

(2) 施工の流れ

断面修復工の施工の流れを図-7に示す。

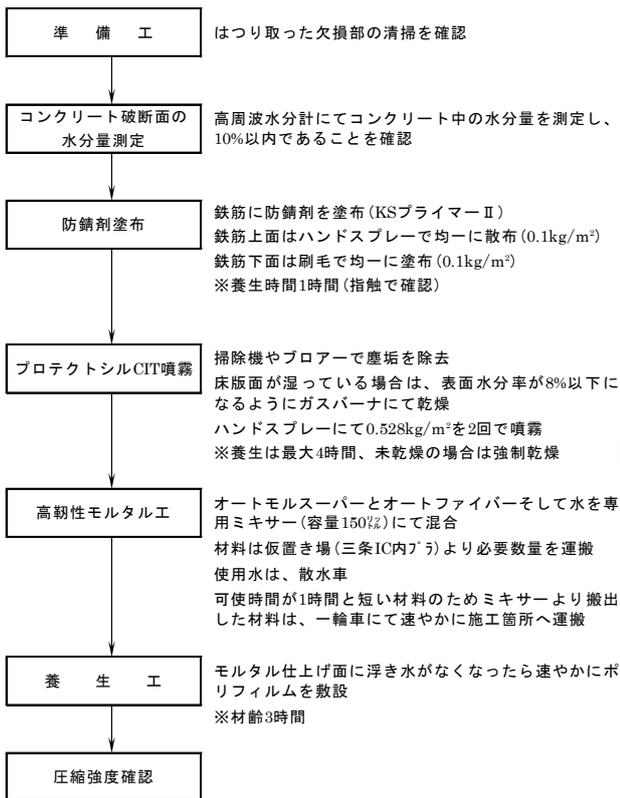


図-7 断面修復工の施工の流れ

(3) 施工方法および施工状況

1) 防錆剤塗布工 (写真-8)

主剤・硬化剤を所定の混合比 (2 : 1、質量比) で配合し、均一になるように十分に攪拌・混合した。

鉄筋の発錆前にKSプライマーを塗布した。鉄筋上面はハンドスプレーで散布し、鉄筋下面は刷毛で塗布した。乾燥時間は1~2時間とした。



写真-8 KSプライマー塗布

2) プロテクトシルCIT噴霧工 (写真-9)

補修した電気抵抗の大きい部分と、電気抵抗の小さいコンクリートの間で発生するマクロセル腐食を抑制するため、シラン系含浸剤のプロテクトシルCITを噴霧した。噴霧器やローラを用い下部から上部に向かっ

て塗布し、垂直面・床面に分け、塗布回数は2回とした。その時の施工間隔は、指触乾燥後 (20分以上) とした。



写真-9 プロテクトシルCIT噴霧工

3) オートモルスーパーの混合

オートモルスーパーの混合は、以下のとおりとした。

練り混ぜ水を計量27ℓ計量→オートモルスーパーを6袋×25kg=150kgミキサーに投入→ミキサーを回転させオートモルスーパーの空練→練り混ぜ水の投入→オートファイバーを1,092g投入→ミキサーよりモルタルを一輪車へ排出 (80ℓ、1サイクル5分) →モルタルを打設場所へ運搬・投入 (写真-10)。



写真-10 オートモルスーパーの混合

4) オートモルスーパーの打設 (写真-11)

オートモルスーパーの打設は、以下のとおりとした。

- ・オートモルスーパーを打ち込み、速やかに高周波バイブレータで締め固めた。その際、鉄筋の下にモルタルが充填するように注意した。
- ・人力フロートおよび鏝により表面を平滑に仕上げた。
- ・表面仕上げ終了後、ポリフィルムで養生した。その際、風散養生に注意した。
- ・打設および仕上げ完了後、速やかに汚れの清掃を行った。
- ・所定の養生時間 (材齢3時間) 経過後、オートモルスーパーの圧縮強度の確認を行った (写真-12)。



写真-11 オートモルスーパーの打設



写真-12 圧縮強度の確認

(4) 施工管理結果

断面修復工の試験結果は表-4に示すとおりで、すべての基準値を満足することができた。

表-4 断面修復工の試験結果

試験方法	基準値	頻度	試験結果
流動性試験 スランプフロー (混合時)	35±10cm	最初の1ハッチ 以後1回/5m ³	41cm
圧縮強度試験 (3時間後)	$\sigma_{3h}=24\text{N/mm}^2$ 以上	1回/5m ³ (最低1日1回)	25.1N/mm ²
空気量 (混合時)	3.0±1.0%	以後1回/5m ³ 最初の1ハッチ	2.7%

5. おわりに

北陸自動車道小高高架橋における高靱性モルタルによるコンクリート床版の断面修復について報告した。本報告が、今後の同様の工事の参考になれば幸いである。

繊維補強セメント複合材料に用いる繊維の特性

ミニ知識

繊維補強セメント複合材料に用いる繊維の特性

繊維種別	引張強度 (N/mm ²)	引張弾性率 ($\times 10^3\text{N/mm}^2$)	破断時伸び率 (%)	比重
ポリプロピレン	300~750	1.4~2.2	10~15	0.91
ナイロン繊維	750~900	3.9~4.9	13~25	1.1
アクリル繊維	200~390	2~11	25~45	1.18
アラミド繊維	2,000~2,900	62~130	2~4	1.45
炭素繊維 PAN	2,500~3,600	230~350	1~2	1.9
炭素繊維 ピッチ	760~2,900	39~98	1~2	2
耐アルカリガラス繊維	2,500	74	2	2.78
鋼繊維	490~980	200	—	7.85
高強力ポリエチレン繊維	2,200~4,800	70~175	3~6	0.98
高強力PVA繊維	2,000~2,600	39~41	5~6	1.3
PBO繊維	5,800	180~270	2~4	1.55

会誌「コンクリート工学」Vol.50, No.5より抜粋

オープンシールド工法による U 型水路 およびボックスカルバートの施工

米田 雅俊*
熊澤 輝彦**
尾崎 巧***

1. はじめに

埼玉県川越市において、U型水路およびボックスカルバートをオープンシールド工法にて布設したので、その概要について報告する。

2. 工事概要

本工事は、埼玉県川越市小仙波地内において国道254号上り車線から国道16号大宮方面へ流入する道路の渋滞緩和および歩道の拡幅を目的とした交通安全対策工事の一部として行われ、国道16号と平行する水路に、内空2,000mm×1,500mmのU型水路およびボックスカルバートを延長195mにわたり布設する工事である。

当初は、開削工法で計画されていたが、写真-1に示すように、U型水路およびボックスカルバートを設置する箇所が、国道と民家等に挟まれた狭小な箇所であり、また、国道を規制しての工事は難しいということで、オープンシールド工法を採用した。

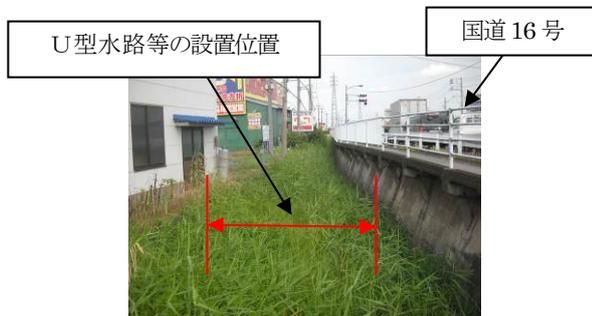


写真-1 現場の状況

工事概要は、以下のとおりである。

- ①工 事 名：H24大宮国道管内交通安全対策他工事
- ②工事場所：埼玉県川越市小仙波地内(図-1)
- ③工 期：平成23年3月1日～平成24年3月31日
- ④発 注 者：国土交通省 関東地方整備局
大宮国道事務所
- ⑤工事内容：
オープンシールド工
U型水路 2,000×1,500 79.4m
ボックスカルバート 2,000×1,500 115.6m
発進立坑 SPⅢ型 L8400×W4000 山留1段 H=2,350
到達立坑 SPⅢ型 L5600×W4000 山留1段 H=3,080



図-1 位置図

3. オープンシールド工法とは

3-1 工法概要

オープンシールド工法は、開削工法とシールド工法の長所を生かし、土被りの浅い地中に函体を布設する工法である。オープンシールド機(以下、シールド機)上に配置したバックホウで前面を掘削し、設置した函体を反力にして油圧ジャッキでシールド機を掘進させる。シールド機内部に1函体分の空間を作り、シールド機上部に配置した門型クレーンにて函体を吊り込み設置する。函体固定の後、シールド機と函体との隙間に瞬結の充填材を注入し、掘進を繰り返し施工を進めていく。

オープンシールド工法の概要図を図-2に示す。

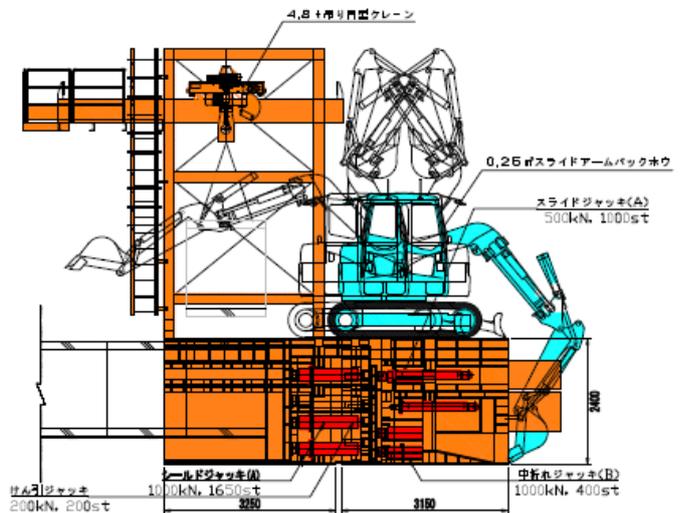


図-2 オープンシールド工法の概要図

*関東支店埼玉営業所工事長 **関東支店埼玉営業所工事長 ***関東支店工事部担当部長

3-2 工法の特徴

(1) 狭小な作業帯での施工が可能

開削工法では、函体を設置する施工エリアの外に、重機等を配置する作業帯を確保することになるが、オープンシールド工法の場合は、函体の外側に400mm程度の空間があれば、施工が可能となる。

土砂の搬出や函体の供給も、据え付けた函路上を通路とするため、別途、作業通路を確保する必要がない。施工状況を写真-2に示す。



写真-2 施工状況

(2) 曲線施工が可能

オープンシールド機は地中を掘り進む推進機やシールド機と違い、函体と掘進機が独立しているため、函体を据え付ける空間を確保するのが目的となる。シールド機は短く中折れできる構造であり、先端部を上下左右に向きを変え矩形の函体を据え付けることで曲線の施工が可能となる。

(3) 軟弱地盤での施工が可能

シールド機には底盤や止水ゲート(隔壁)を有しているため、軟弱地盤や帯水層でも施工が可能となる。

また、函体周囲には可塑性のグラウト材を充填するため、周辺地盤への影響も少なく、また、シールド機の移動とともに充填埋め戻しをするため施工も早い。

(4) 機内への通水が可能

既設河川工事の際、降雨時や満水時は水の処理に苦慮するが、使用機械類はシールド機上に搭載しており、機内には油圧ジャッキ類しかないため、一時的に機内の排水ゲートを解放し、通水することで新たに排水設備を設ける必要がない。

4. 施工概要

4-1 施工の流れ

当該工法のフローチャートを図-3に、着工前と完成後を写真-3、4に示す。

4-2 施工方法および施工状況

① シールド機組立工

ラフタークレーンを使って発進立坑内にシールド機を組み立てた。

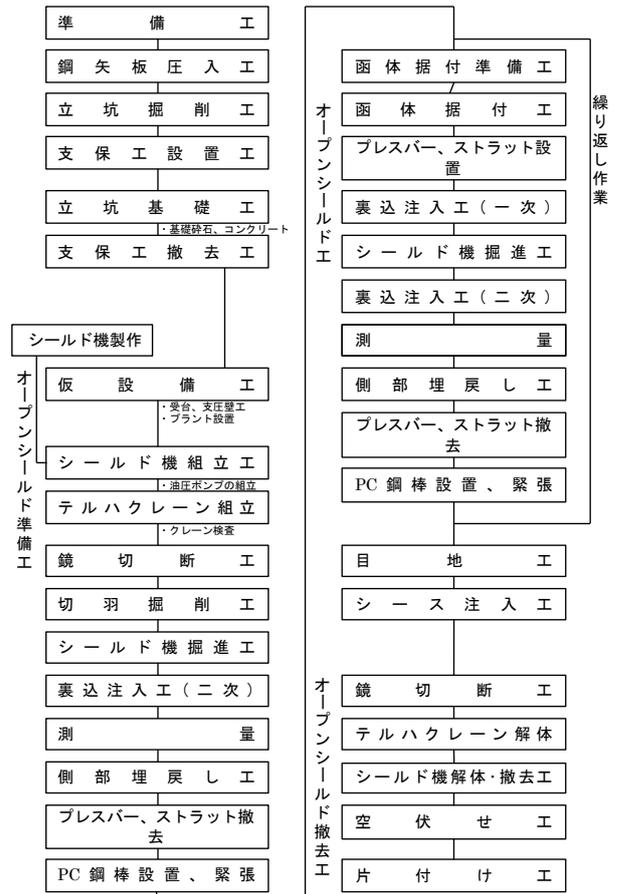


図-3 施工の流れ



写真-3 着工前



写真-4 完成



写真-5 シールド機

② オープンシールド準備工

シールド機組立後、初期掘進の反力となる支圧壁や発進坑口を取り付けた。

③ 初期掘進工

発進立坑マシン通過部の鋼矢板(鏡)をガス切断、撤去後、シールド機前部をバックホウで掘削し前進させた。

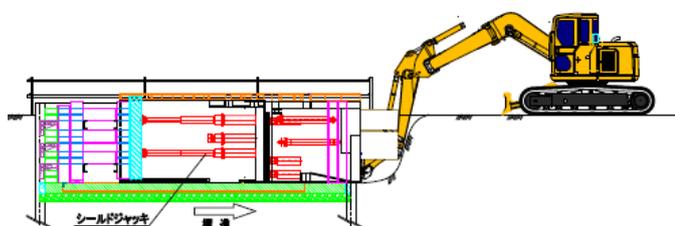


図-4 初期掘進図

④ 函体設置

シールド機上に門型クレーンを設置後、0.25m³バックホウを搭載した。また、フォークリフトにて函体を運搬後、門型クレーンにてシールド機内に据え付けた。

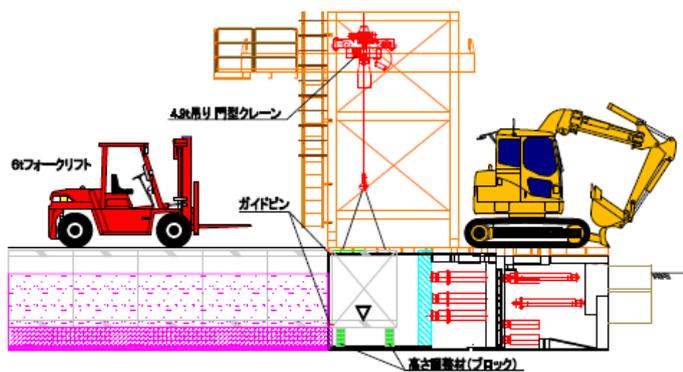


図-5 函体設置図



写真-6 函体設置状況

⑥ 一次注入工

函体設置後、シールド機との隙間に瞬結の注入材を函体グラウトホールより充填した。注入材製造の自動プラントを写真-7に、一次注入状況を写真-8に示す。一次注入工の縦断図は、図-6に示すとおりである。

注入にはクリーンパック工法を使用し、薬液注入と同様の水ガラス系瞬結材を二重管を通して充填した。注入材のゲルタイムは8.5秒、1時間後の一軸圧縮強度は0.19N/mm²であった。



写真-7 注入材製造プラント



写真-8 一次注入状況

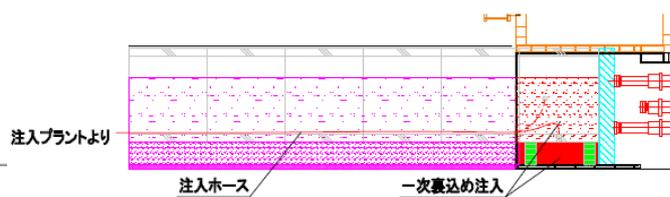


図-6 一次注入工

⑦ 掘進および二次注入工

シールド機に搭載したバックホウで掘削し、4tダンプにて残土運搬を行った。

平行して、シールド機が移動した空隙部に一次注入と同様に、グラウトホールより底部、側壁に二次注入を行った。

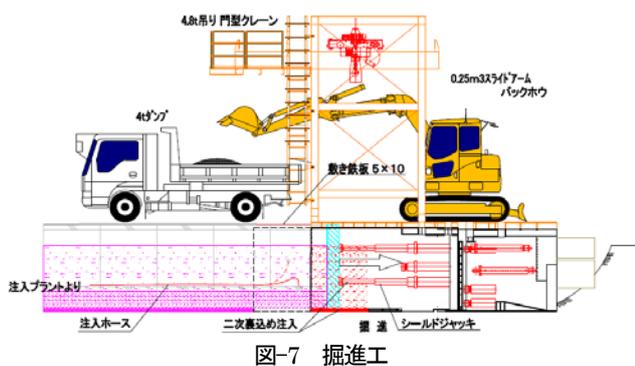


図-7 掘進工

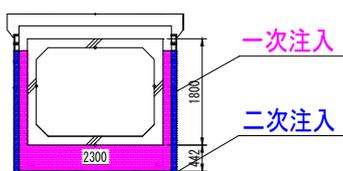


図-8 注入断面図



写真-9 掘進状況

⑧ 函体緊張工

二次注入完了後、函体同士をφ13mmのPC鋼棒4本でセンターホールジャッキを使用して緊張、固定した。

緊張は、函体の対角2箇所ごとに行い、緊張力は30kNとした。

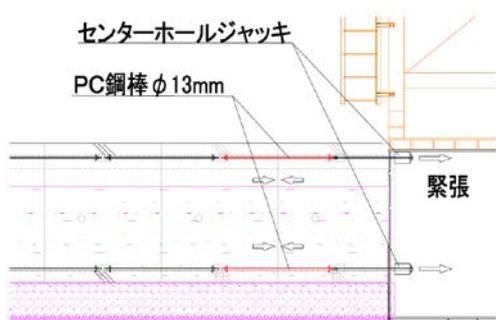


図-9 函体緊張

⑨ シールド機到達、解体工

立坑到達の後、鏡を切断し坑口取付け後、シールド機を到達立坑内に入れて解体を行った。



写真-10 緊張状況(緊張力:30kN)

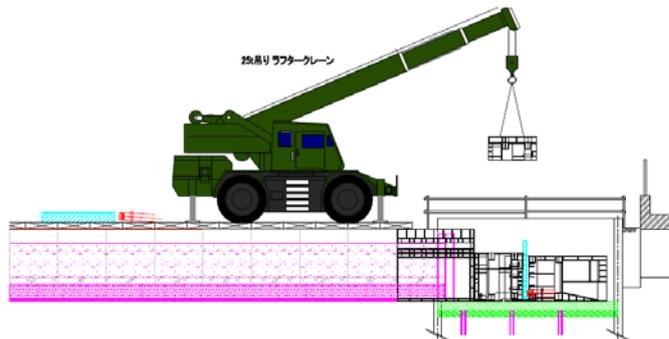


図-10 シールド機解体工

⑩ 目地・モルタル工

シールド機回収後、函体の各目地およびPC鋼棒が通ったシース内を無収縮注入材で充填し、函内の箱抜き部および吊具取付部をモルタルで閉塞した。

⑪ ウィープホール設置工

U型水路において、周囲の地下水位が上昇すると、函体に浮力がかかる恐れがあるため、函体のグラウトホールに水抜用のウィープホールを取り付けた。



写真-11 ウィープホール



写真-12 水抜状況

5. 施工結果

シールド機が、軟弱地山のために沈下し始めたことがあった。しかし、バックホウをシールド機前部に降ろし、荷重をかけないようにして何とか乗りきった。また、函体据付後、重機や車両が荷を積んで通過するために、設置後20~30mm程度下がったが、3次注入によって正規の高さに戻した。

最終的には、函体の据付精度を規格内の±20mm以内に収めることができた。

工程に関しては、当初のシールド機の製作の遅れと、2月上旬に数回にわたって降られた豪雪によって、1週間ほど水路の水が引かず遅れたが、昼夜間体制で何とか工期に間に合わせる事ができた。

完成状況を写真-13、14に示す。



写真-13 完成状況(1)



写真-14 完成状況(2)

6. おわりに

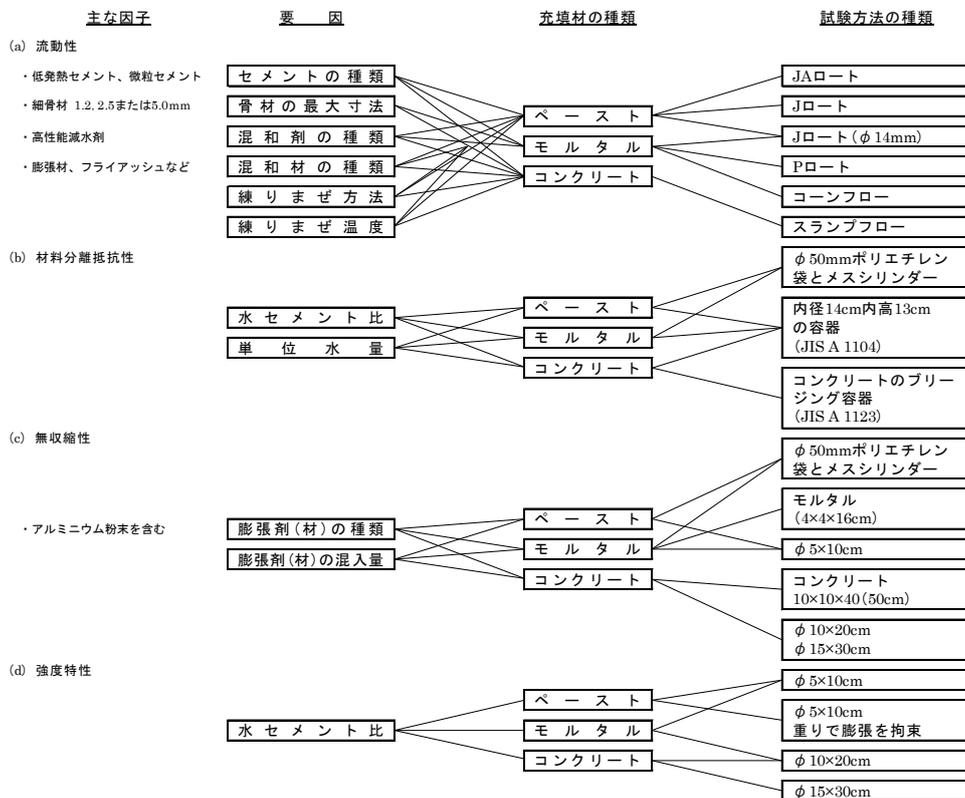
当該現場は、交通量の非常に多い国道と民家等に挟まれた狭小な箇所であり、地盤の支持力も小さい、施工条件の悪い箇所であったが、オープンシールド工法によって、無事竣工することができた。

狭小な場所に暗渠や側溝を設置する際、通常の開削工事では施工困難と思われる場合に、本報告の工事例が参考となれば幸いである。

最後に大宮国道事務所をはじめ関係各位に感謝の意を表します。

ミニ知識

充填材の材料特性に及ぼす各種の要因



コンクリート工学ジャーナル Vol.31 No.8、1993.8より抜粋

軟弱地盤対策としての載荷盛土工法の施工

杉山 誠治*

1. はじめに

本工事は、約40年前に浚渫土で埋立てされた愛知県内の某工業団地内で、軟弱地盤対策としてプレロードによる圧密促進を実施するものである。当社は、サンドマット工および載荷盛土工などの施工を受注した。

載荷盛土工を施工する場合、定められた工期の中で、所定の品質を確保することは最も重要となる。一方で、工事の進捗に応じて地盤沈下が発生するため、盛土量が契約数量をオーバーするなど、契約上のリスクを事前に回避することも非常に重要となる。

本書は、工事の契約と施工管理における創意工夫の事例、および軟弱地盤の沈下状況に関する様々な事象について報告するものである。

2. 工事概要

愛知県の知多半島に位置する当現場は、約1.4m分高上げされ、一定期間のプレロードが終わった時点で新たな工場を建設する予定となっている。

元発注者からの情報によれば、当現場で軟弱地盤対策を行わないで盛土を行った場合、圧密度が90%となるのは約30年後であると、予想しているとのことであった。その対策として、排水層となるサンドマットを施工した後、プラスチックドレーンを施工して、間隙水の強制排出を行いながら、載荷盛土工を行うこととなった。

工事概要を以下に示す。

- ①工事期間：平成26年12月～平成27年6月
- ②元発注者：某大手開発関連会社
- ③主な工事内容

サンドマット工(t=500mm)	36,165m ²
水平ドレーン敷設工(W=500mm)	1,718m
載荷盛土工	39,724m ³
法面整形工	3,052m ²

3. 受注内容の確認と盛土の施工方針

3-1 盛土量の契約について

元発注者の設計部門で検討した結果、プレロード期間を経て残留沈下量で10cm、または圧密度90%となる時点の高さを、TP=4.3mに設定することとなった。また、沈下予測解析の結果、計画盛土高さはその沈下量を見越してTP=5.4mとし、1.1mの余盛が必要となることが分かった。そのため、現地盤高と計画盛土高さの差に相当

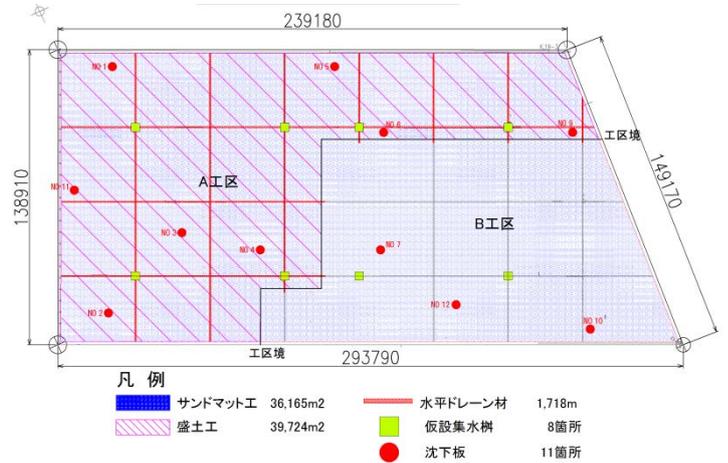


図-1 計画平面図

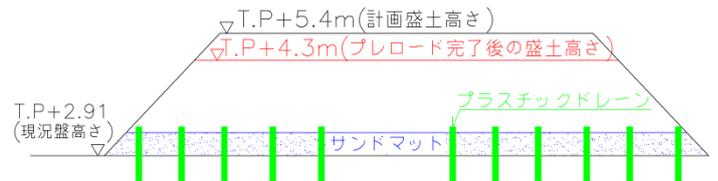


図-2 標準横断模式図

する土量は、計算の結果39,724m³となり、当社がこの載荷盛土工を施工することとなった。

当現場において、サンドマット工に着手する時期は、すなわちプレロード工の開始時期である。その後に地盤の沈下が始まるので、計画盛土高さ(TP=5.4m)を標高で管理した場合には、盛土量が増え続け、最終的に必要な盛土量は予想できなくなり、搬入土の食い込みが発生する。そこで、TP=5.4mの高さを示す標尺を現場に設置して、それを表示する位置まで盛土すれば、契約上の盛土量に変動が生じないものと考え、協議の上でこの内容を踏まえて契約した。

なお、この標尺は、全箇所で一斉に設置することは不可能であるため、サンドマットの施工後に穴を掘り、露出させた現地盤の上に設置することを、現場の施工条件とした(図-3)。

3-2 盛土用標尺の設置と当社の施工管理

TP=5.4mの高さを示す標尺は、現場の縦横40m間隔に設置した。この標尺は、汎用品の赤白ポールを真似た木製とし、巻出し厚さの30cm間隔に合わせて、赤・白色で表示した。これによって、施工の精度が向上し、均等な厚さが確保できるほか、工事の進捗状況もわかりやす

*中部支店南部営業所

くなった(写真-1)。

盛土工の着手に先立ち、現場内で試験施工を行い、元発注者および元請会社立会の上、所定の締固め度を確保するための転圧回数を決定した。これによって、現場における当社の施工管理は、巻出し厚さと転圧回数および締固め度の管理のみとなった。以上のことを踏まえて、見積書の提出時に、これらの内容を条件書に織り込み、盛土量のロスを防止した。

一方、元請会社からは、盛土施工期間中は敷きならし面の沈下状況を把握するため、現地に沈下板を設置して定期的に沈下量観測を行い、その結果を報告することを要請された。また、元発注者と元請会社との間で、軟弱地盤対策を行うかどうかの協議が予想以上に長引いた。その影響で、造成完了後に予定されている建築工事の日程の関係から、当社の施工期間を約2か月短縮しなければならなくなり、効率の良い工程管理を求められることとなった。

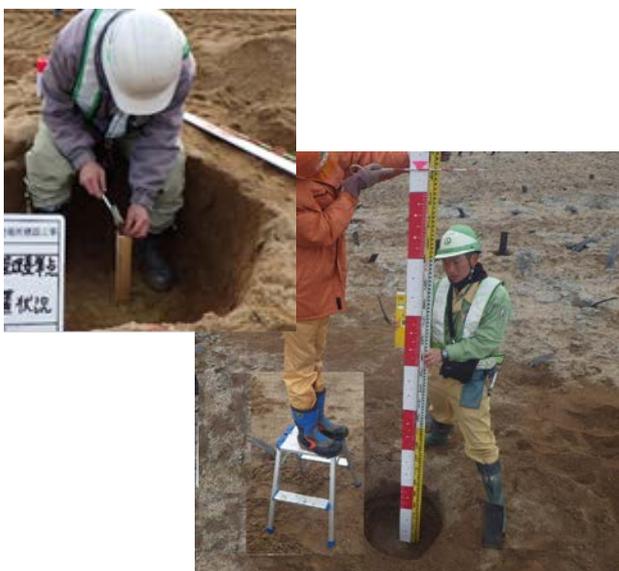


写真-1 標尺の設置状況

沈下板は、サンドマット工の着工前に元発注者立ち合いの上、所定の基面上(現地盤上)に固定した。沈下板は、その後の盛土工において、傾きが生じないように細心の注意が必要である。そのため、沈下棒を保護する目的で、その周囲を塩ビ製のさや管で覆うことを提案した。また、さや管内における沈下棒の変形を防止するため、鉄筋の組立時に使用するドーナツ型スペーサーを取り付けて、より正確な観測ができるようにした。なお、ロッドの継足しに合わせて、さや管も塩ビ製ソケットを使用して延伸させた(写真-2)。

沈下板を設置した後、直ちにサンドマット工に着手した。元発注者との協議の結果、使用材料の洗い砂の品質は、74 μ ふるいの通過率が3.0%以内とし、5,000m³に一回の頻度でその品質を確認するものとした。

プラスチックドレーンは、縦横1m間隔(深さ16.7~27.3m)で設置した。水平ドレーン敷設は、サンドマットの施工が完了した場所から順に行い、縦横35m間隔に敷設し、鉛直ドレーンから吸い上げた間隙水を外周の素掘り側溝に排水させた。現場では、海側からの強い風が吹くため、水平ドレーンの上面で50cmおきに、サンドマットの砂を載せる等の飛散対策を実施した(写真-2)。

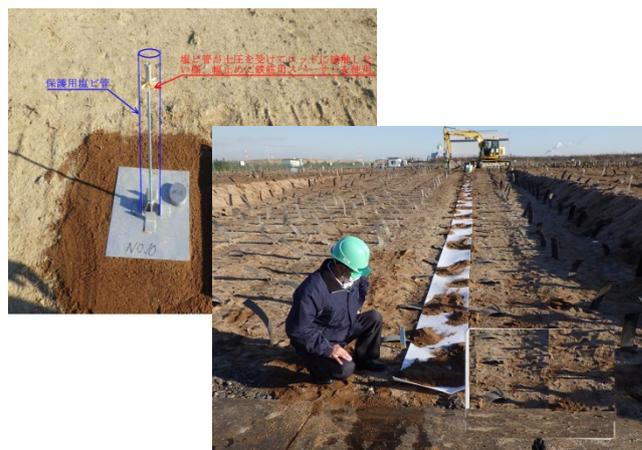


写真-2 沈下板と水平ドレーンの設置状況

4. 施工計画およびその結果について

4-1 沈下板の設置とサンドマット工の施工

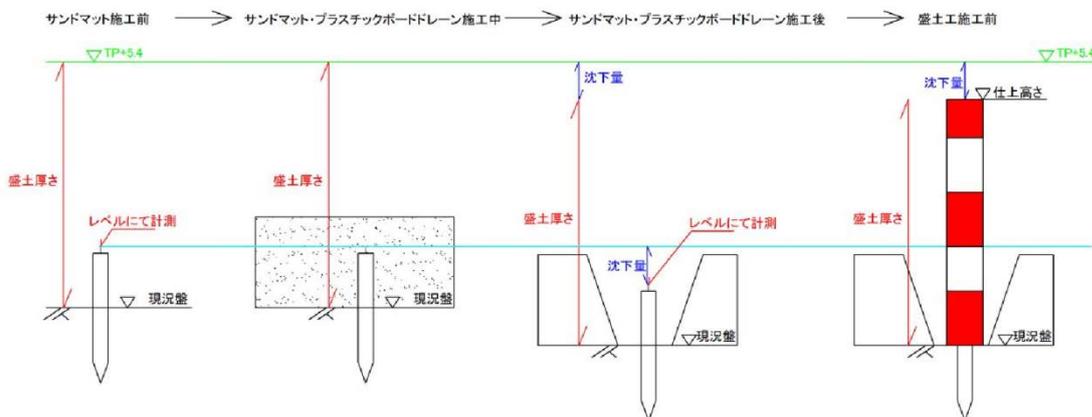


図-3 標尺の設置手順

4-2 施工効率の向上対策

洗い砂の運搬では、十分なトラフィカビリティを確保するため、場内走路に仮設用敷鉄板(1.5m×6.0m)を敷設した。これは、運搬走路を明示することとなり、場内の安全確保と滞留をなくして、効率をアップする相乗効果があった。サンドマットの敷きならしは、厚さ25cmの二層施工とし、TS(トータルステーション)を搭載したブルドーザーによって、精度よく仕上げることができた。また、週間打合せの結果をもとに現場内をブロック化し、作業は各ブロックの外周から順にその中心方向に向かって行うものとした。施工が進むにつれて、場内の仮排水を効率よく行うため、釜場を施工範囲の中心部付近に集中させ、釜場の設置数と排水用ホースの移動距離を減らして、降雨の影響による休止期間を最小限にしたのも効率アップにつながった。

ると、アスファルト舗装と附帯構造物の接続部で約2cmの隙間と約1cmの段差が発生していた(写真-3)。



写真-3 周辺道路の変状

4-3 品質管理の結果と盛土の沈下状況

(1) 盛土の品質管理結果

載荷盛土工の締固め度の管理には、密度と含水量を同時に測定可能とする透過型RI測定器を採用した。平均的な盛土材料の搬入量は、日当たり約660m³であったが、毎日15箇所を測定をわずか一時間でできるため、測定時間の短縮には非常に効果的であった。基準密度に対する締固め度の集計結果を表-1に示す。平均値で95%、標準偏差2.2%と非常に良好な結果となった。

表-1 載荷盛土工の締固め度の測定結果

標本数	平均	標準偏差	最大	最小
124	95	2.2	99.8	90.8

(2) 沈下観測の結果と隣地への影響

沈下板による動態観測の結果と、今後の予測値についてまとめたのが図-4である。多くの観測ポイントの中の一例ではあるが、着工後7か月経過した頃には、事前予測の平均値である95cmに達する状況にある。

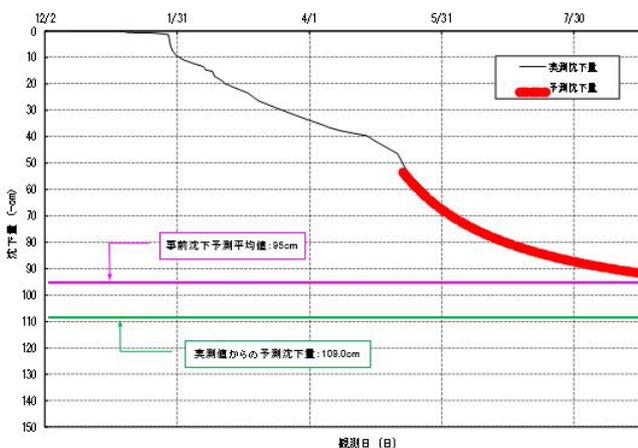


図-4 沈下状況と予測値の比較

他方、盛土開始後2か月が経過した頃から隣接する市道の舗装や構造物に変状が観察された。実測してみ

これらの事象は、図-5に示す模式図のように、本工事の盛土の影響によって、現場全体が鉛直方向に沈下したために、周辺の市道が民地側に引きずられた結果であるものと思われた。

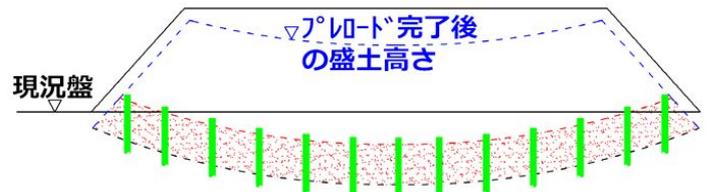


図-5 現場の沈下状況予測(模式図)

定点観測による着工時からの沈下状況は、市道との境界線、縁石ブロックでそれぞれ、50~70mm、30~40mmとなっていた。また、現場敷地と反対の官民境界線付近においても、10mm程度の沈下が認められたことから、載荷盛土工の影響が広い範囲に及んでいるものと考えられる(図-6)。



図-6 周辺道路の変状(模式図)

4. あとがき

現場で観測した沈下量は、徐々に元発注者が予測した値に近づいていることが明らかとなった。元請会社の担当者から、この事象は盛土の品質の良さを裏付けるものであるとの評価を受けた。本工事の受注から完成の途中まで、様々な方面で助言をいただいた方々に対し、書面をお借りして感謝の意を表する次第である。

*中部支店南部営業所

ゴメコ・スクールに参加して

阿部 慎*

1. はじめに

当社が保有するスリップフォームペーパーのメーカーであるゴメコ社(アメリカ合衆国アイオワ州アイダグローブ)では、毎年、ユーザーの現場に携わる実務者を対象として、最新の機械の動向や制御の仕組みに関する講習や、施工現場の状況視察を目的とした研修会「ゴメコ・スクール」が開催されている。

今回、その海外研修に参加させていただいたので、研修内容について報告する。

2. 研修概要

2-1 研修日程

ゴメコ・スクール(写真-1)の研修は、平成25年10月6日(日)～10月19日(土)の14日間で実施された。主な現場視察先は、アイオワ州(図-1)のアイダグローブ、デモイン等であった。



写真-1 ゴメコ・スクール

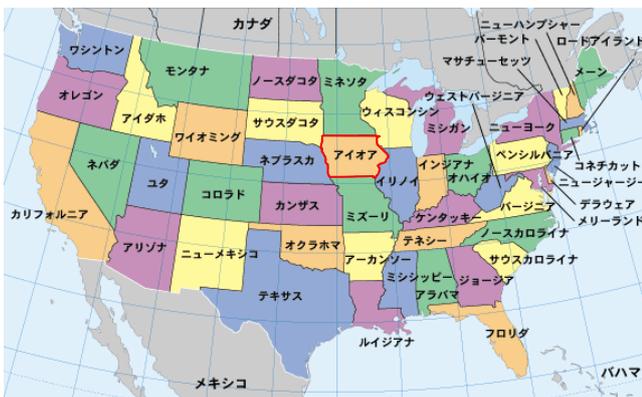


図-1 アメリカ合衆国アイオワ州

2-2 研修内容

(1) コントロールパネルの発展の流れ

ゴメコ社のスリップフォームペーパーのコントロールパネルは、これまで6回にわたりリニューアルしてきた。

現在では、制御に関わる部分をすべてデジタル信号で制御する、ネットワークコントロール方法を活用するまでに発展している。

そのネットワークコントロール方法を導入した、高い解析処理能力をもったコンピュータのG+(ジープラス、写真-2)を搭載することによって、現在の情報化施工などの、多様化するマシンコントロールに対応することが可能となり、今後、日本向けにも導入を予定している。



写真-2 G+のコマンダーⅢ

(2) ホワイトトッピング(White Topping)

近年、アスファルト舗装の原料でもある原油が高騰しているため、アメリカでは、アスファルト舗装の表面を切削した上にコンクリート舗装を舗装するホワイトトッピングの需要が拡大している。(写真-3、4)

一般的な施工厚さは、100mm から 250mm 程度であり、コンクリートの目地間隔は5m以内であった。また、表面処理として、縦断方向にフレッシュブルーピングを施している。

*機械センター機械主任



写真-3 As 切断面に材料荷下し



写真-4 機械施工(GP-2400)

(3) 最新技術 GSI (GOMECO Smoothness Indication) について

アメリカでは、ホワイトトッピングの舗装の割合が多いため、コンクリート舗装の平坦性(カルフォルニアプロファイラや IRI: 国際ラフネス指数)についても大きな関心がある。その平坦性の良し悪しに応じて、工事の評価点が決まり、報奨金が加算されるシステムがある。

そのため、施工中にリアルタイムで平坦性を測定できる GSI(写真-5)を使用している。この GSI の構造としては、2つの超音波センサを使用して施工した路面の形状を測定して、リアルタイムに平坦性が表示される。

この GSI を施工前と施工中に使用することによって、施工の出来形管理に活用している。



写真-5 GSI のモニター

(4) RTP (Rubber-Tracked Placer)について

RTP は、アスコンやコンクリートをホッパーで受けて、ベルコンで材料供給をする機械である。さらに、アスファルトフィニッシャの様にスクリッドを取り付けることで、コンクリートを敷きならしから成型まで施工することができる(写真-6)。さらにトータルステーション(GPS も可能)を4つ使用すれば、ステアリングから成型まで、自動制御することが可能である。



写真-6 多機能プレーシングマシン(RTP-500)

(5) 9000/9500 トリマーについて

トリマーは、フロント部分が切削機のようなドラム構造になっており、切削ドラムに路盤材を削る専用のビット(ヤードイドチップ)が取り付けられている。主に締め固められた路盤の不陸整正に使用している。その他にも、陸上競技場や複雑な道路線形にも使用されることが多い(写真-7)。

また、アスコン専用のビット(マイニングヘッド)を取付けて施工することも可能である。その時の切削幅は約 4.5m で、主に不陸整正で使用されている。



写真-7 トリミング状況(トリマー-9500)

(6) 第4次排ガス規制登録エンジン搭載の状況

現行機に搭載されているエンジンは、第3次排ガス規制登録エンジン(キャタピラ社製 C7-tier-225hp)であるが、日本と同様なアメリカの第4次排ガス規制(tier-4)に先立ち、ゴメコ社では 2015 年度内を目標に、最終の

第4次排ガス規制登録エンジン(キャタピラ社製 C7-1-tier-174hp)を搭載することになっている(写真-8)。

搭載するエンジンの特徴は、排ガスのクリーン化、騒音・振動の低減、および出力向上が図れるコモンレール式の燃料噴射システムを採用していることである。



写真-8 CAT社製 C7-1-tier(Final)

(7) 3D マシンコントロールの現在の使用状況

ゴメコ社製スリップフォームペーパーバで使用している3D マシンコントロールのユーザーは、世界中で154社{2012年のデータ、米国…95、米国以外…59(日本…13)}に達している。また、2013年度内に測器取扱い会社のライカ、トプコン、ニコントリブルの3社が、ゴメコの3D マシンコントロール(写真-9)に対応可能となった。

(8) シリンダフィニッシャについて

シリンダフィニッシャは、コンクリート舗装の簡易フィニッシャとしてラインナップされており、構造としては、材料を敷きながらロータリーと表面仕上げのドラムが横断方向に往復しながら、施工方向に20cm 間隔で敷きならしをする機械である。主な使用場所は、横断面が

曲線である場合や施工幅員が広い等の条件の場合で、最大48mの幅員まで対応できる仕様となっている(写真-10)。



写真-9 TS(ライカ社製)



写真-10 シリンダフィニッシャ

3. 現場視察

天候に左右されながらも、2州7都市、総移動距離1,500kmで、7現場を視察した。



図-2 現場視察経路

3-1 おもな視察現場

(1) 施工場所

アイオワ州デモイン市近郊インターステートハイウェイ80号ランプ

(2) 使用機械

スリップフォームペーパー GHP-2800

(G+システム・5400 シリーズモールド・ライカ 3D・TS×4台)・RTP-500

(3) 施工会社

MANATTS 社

(4) 施工状況

今回の見学した現場は、幅員(W=4.0m)が狭く、通常では、中型機のスリップフォームペーパーを使用する規模の工事であったが、大型機の GHP-2800 を使用していた。その理由は、ダンプトラック積載してくる 8m³の材料を、材料供給機の RTP-500(写真-11)が 2 分程度で供給できるため、材料の敷きならし能力の大きい大型機を使用した方が施工量が増えるからである。

現地のダンプトラックは、直射日光から材料を避けるため、運転手が乗車したままで養生シートを自動開閉できるようになっており、荷おろし時に荷台に振動を加えて、荷をおろす構造となっている。

通常の縦目地の構造では、ネジ付きタイバーもしくは削孔によるタイバーの設置が一般的であるが、アメリカではコンクリート打設時にタイバーを挿入するタイバーインサータを使用している(写真-12)。

タイバーインサータとは、挿入時に微弱な振動を与えながら、所定の位置にタイバーを挿入する機構となっている(写真-13)。

また、表面仕上げについては、機械による表面仕上げをしない現場も多いことから、平坦性確保のために人力で 5m フロートを使用している状況が見受けられた(写真-14)。



写真-11 材料供給機(RTP-500)

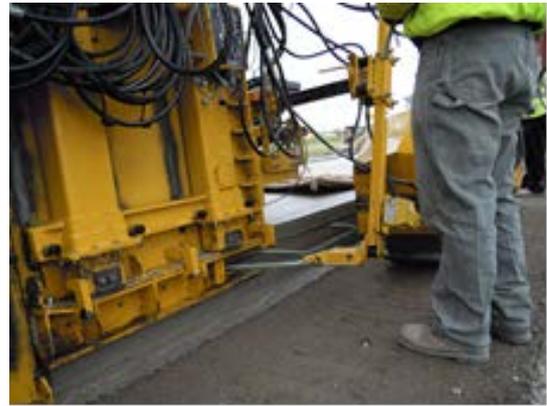


写真-12 タイバーインサータ



写真-13 タイバー挿入後



写真-14 5m 平面フロート

4. おわりに

アメリカにおいて、最先端技術のスリップフォーム工法を実際に体験したことで、日本では見られない施工方法を確認できたことは貴重な経験である。今以上に現場からの要望に応えられるように、新技術や機械の改良を実施し、安全面や工期短縮、およびコストの低減に努めていきたい。

最後に、この貴重な体験の機会を与えていただいたことに、深く感謝致します。

平成22年から平成27年までに社外で発表・掲載された論文を以下に示す。

☆The 11th International Conference on Asphalt Pavements (ISAP NAGOYA 2010)

論文名	Research and Study on Quality Control Method of Pavement Construction by Acceleration of Vibratory Roller	
著者	小関裕二、牛袋昭宣 高倉 拓 古屋弘	大林道路株式会社技術研究所 大林道路株式会社エンジニアリング部 株式会社大林組生産技術本部
抄録	近年、情報と通信技術は、急速に発達してきた。特に、GPSによる測位技術と自動機械制御技術は、建設現場で適用されてきたが、品質管理技術は、舗装工事のために開発されてこなかった。そこで、筆者らは、振動ローラの挙動が地盤剛性によって変わることによって焦点を合わせている。筆者らは、振動ローラの加速度による、アスファルト舗装の品質管理方法について研究した。試験施工ヤードにおいて、路床、下層路盤、上層路盤および表層面上で、振動ローラの加速度を測定した。加速データによって、各層の地盤係数を計算した。他方では、実験室内で各層の材料のレジリエントモジュラスを調べた。レジリエントモジュラスは、アスファルト舗装の理論的設計方法に使用できる。筆者らは、振動ローラによって発生する現位置の応力状態をシミュレーションして、各材料の現位置におけるレジリエントモジュラスを推定した。室内試験とシミュレーションした評価との結果から、平均弾性係数を計算した。現場試験から求めた地盤剛性と室内試験の平均弾性率とを比較することによって、両方の係数の良い相関関係を見出した。最後に、筆者らは、アスファルト舗装の理論的な設計方法と組み合わせて、アスファルト舗装工事のための品質管理の方法を提案した。	
論文名	Innovative QC/QA Compaction Method for HMA Pavement using Intelligent Compaction(IC) Technology	
著者	古屋弘 月本行則、内山恵一 小関裕二 T. Mansell V. L. Gallivan	株式会社大林組生産技術本部 酒井重工業株式会社 大林道路株式会社技術研究所 Sakai Ameica Federal Highway Administration (USA)
抄録	締固め品質と作業を改善するために、最近、米国と日本で実施されているIC(intelligent compaction)技術が加熱アスファルト混合物(以下、HMA)舗装の品質管理・検査法に適用できることが分かってきた。大部分のICシステムは、密度、転圧回数、および転圧中の舗装温度のような締固め情報を提供し、転圧区域から100%のデータをサンプリングする。大部分の国におけるHMA舗装の従来の品質管理・検査基準は、限られた数のコアサンプルに基づいている。いろいろな機器メーカーが、振動したドラムの処理加速度信号によって、HMA舗装の剛性または弾性係数を提供する。しかし、舗装全体の締固め品質を評価する相対的な値として、データが統計学的に処理されるならば、それはより有益となるであろう。本文では、HMAの締固めにおける従来のIC品質管理・検査法とによる統計分析の比較とともに、IC技術とその実施に関する最新情報について報告する。HMA舗装の品質を改善するだけでなく、リアルタイム品質管理・検査プロセスを使用することによって建設から検査、維持までのライフサイクルコストを下げるためにも、IC品質管理・検査法が有益であることを証明する。	
論文名	Evaluation Method for Moisture-Induced Damage of Binder Course Mixtures under Porous Asphalt Pavements, Including Digital Image Analysis	
著者	藤田義憲、藤井秀夫、田嶋匠	大林道路株式会社技術研究所
抄録	日本では、基層上の既設密粒度混合物層をポーラスアスファルト混合物で切削オーバーレイした時、主にアスファルトのはく離に起因する基層混合物の破損が、しばしば報告されている。このような破損を防ぐためには、水分によって引き起こされる破損に対する既設の基層混合物の耐久性評価方法を確立することが必要不可欠である。筆者らは、締固めたアスファルト混合物を水で飽和し、水浸させた促進状態の試料について研究してきた。さらに、室内試験において、水浸後の間接引張強度とはく離率との関係に注目してきた。この報文では、新たに舗装したポーラスアスファルト混合物直下の基層混合物の耐水性を評価する方法を提案するとともに、デジタル画像解析によって、はく離率を評価する方法も提示している。	
論文名	The credibility of visual survey result against pavement performance analysis	
著者	藤原栄吾 高山昌大	大林道路株式会社技術研究所 フォレストコンサルタント株式会社
抄録	舗装をそのサービス期間によい状態に保つためには、定期的な診断、適切な処置、診断の基づいた修繕および適当な追跡調査が重要である。舗装技術者による目視調査と縦断プロフィールとわだち掘れ調査による評価は、診断のための2つの一般的な方法である。目視状態調査は、容易にさまざまな路面に適用できるが、一般的にその結果の実用化の前に結果の正確さと変動を綿密に評価しなければならない。信頼性を確保するために目視調査結果を検証するには、表面プロファイラーとFWDは役に立つ道具である。研究によって、目視調査結果だけで、機能的な舗装状態が予測できることを示す。将来の舗装状態の信頼できる予測を得るために、いくつかの特定の診断基準が重要となる。道路を評価するための交通量の算定は、舗装の構造的損傷を予測するための主な要因の1つである。	

★土木学会論文集E1 (舗装工学)

論文名	ポーラスアスファルト混合物の不飽和浸透特性 : Vol.66 (2010) No.4, pp.452-465	
著者	矢野隆夫、西山哲 中島伸一郎 森石一志 大西有三	京都大学大学院工学研究科 山口大学大学院理工学研究科 大林道路株式会社技術研究所 京都大学理事・副学長
抄録	透水性舗装の貯留・浸透特性を精緻に評価するためには、舗装を構成する各材料の保水特性と透水特性を把握しておくことが必要不可欠である。本研究では、ポーラスアスファルト混合物の保水・透水特性を明らかにすることを目的として、それらの特性に影響を与えると考えられる供試体の最大粒径、空隙率および厚さを変えた直径 $\phi=150\text{mm}$ のポーラスアスファルト混合物供試体に対して、水分保持特性試験と飽和・不飽和透水試験を実施した。その結果、水分保持特性はVan Genuchten式で、不飽和浸透特性はIrmay式でよく表現できることを示した。	
論文名	粒状路盤材および路床材の不飽和浸透特性 : Vol.67 (2011) No.2, pp.120-130	
著者	矢野隆夫、西山哲 中島伸一郎 森石一志 大西有三	京都大学大学院工学研究科 山口大学大学院理工学研究科 大林道路株式会社技術研究所 京都大学
抄録	透水性舗装の貯留・浸透特性を飽和・不飽和浸透解析や気液二相流解析等で評価する場合、舗装を構成する各材料の不飽和浸透特性を精緻に把握しておくことが必要である。そこで透水性舗装の材料としてポーラスアスファルト混合物、路盤材および数種の路床材に対して、水分保持特性試験および飽和・不飽和透水試験を実施し、解析における不飽和パラメータの取得を行った。ポーラスアスファルト混合物に対する試験結果については既に報告しており、本論文では路盤材および路床材の結果について報告する。試験結果を既存のモデル式でフィッティングしたところ、水分保持特性はVan Genuchten式の適用性が良い事を、路盤材の不飽和透水特性は主にIrmay型の式で、路床材はVan Genuchten式でよく表現できることを示した。	
論文名	透水性能を有する景観舗装の雨水流出抑制効果 : Vol.67 (2011) No.3, pp.155-163	
著者	森石一志、小関裕二 西山哲、矢野隆夫 大西有三	大林道路株式会社技術研究所 京都大学大学院工学研究科 京都大学
抄録	近年多発する集中豪雨により、大部分の道路がアスファルト舗装で被覆されている都市部では降雨が排水施設の容量の限界を超え、河川へ流れ込み氾濫し、また道路の冠水や床下浸水の被害が発生している。そのようなことから透水性舗装の持つ雨水流出抑制性能が有効な対策の一つとして考えられ、車道への適用も検討されている。しかし、透水性舗装を車道へ適用する場合は、雨水浸透による耐久性の低下が懸念され、実用化には課題が残されている。そこで本研究では、実績の多い歩道を対象に都市部に透水性舗装とインターロッキングブロック舗装を適用した場合の雨水流出抑制効果を明らかにするため、各材料の不飽和浸透特性を求め、さらに雨水流出抑制効果をシミュレーション解析で検証した。	
論文名	飽和・不飽和浸透解析を用いた透水性舗装の洪水抑制機能に関する研究 : Vol.68 (2012) No.1, pp.32-44	
著者	矢野隆夫、西山哲 大西有三 中島伸一郎 森石一志 和田實	京都大学大学院工学研究科 京都大学 山口大学大学院理工学研究科 大林道路株式会社技術研究所 社団法人近畿建設協会技術管理部
抄録	透水性舗装は都市環境改善および都市水害防止の対策工法として注目されているが、透水性舗装における雨水の浸透は、非定常かつ不飽和状態であり、なおかつ、路盤などの湿潤状態により異なることから、雨水浸透・流出抑制効果を正確に評価することは難しい。そこで、透水性舗装のそれらの効果を解明するため、実物大舗装モデルによる散水実験を実施し、降雨強度、溢流量などの計測結果に基づき、著者らが明らかにしたポーラスアスファルト混合物と路盤材、路床材の不飽和浸透特性を用いて飽和・不飽和浸透解析を行った。その結果、透水性舗装の雨水浸透・流出抑制効果は飽和・不飽和浸透解析で評価できることを示した。	
論文名	三次元点群データを用いた新たな路面評価手法の検討 : Vol.69 (2013) No.3, pp.9-16	
著者	森石一志 中村博康 渡邊一弘	大林道路株式会社技術研究所 株式会社NIPPO技術研究所 独立行政法人土木研究所つくば中央研究所道路技術研究グループ
抄録	効率的な舗装管理に向け、幹線道路を中心として従来より路面性状測定車を用いた路面性状調査が行われている。しかし、調査費用・解析時間等といった課題も存在する。一方、MMS (Mobile Mapping System) を用いた効率的な地図・台帳の整備等が近年進められている。そこで著者らは、高密度レーザスキャナを搭載した改良型のMMSを作製し、路面性状調査の効率化に向け、この改良型のMMSにより取得できる三次元点群データの集合体による路面の把握手法についての検討を行い、三次元点群データを基に作成したコンター図により路面凹凸の度合いが確認可能であること等を明らかにした。さらに、FWDによるたわみ量と著者らが検討している路面の凹凸体積との関係による舗装の構造評価の可能性についても試みた。	

論文名	凍結抑制舗装の評価法の検討 : Vol. 69 (2013) No. 3、pp.25-31	
著者	寺田剛 鈴木徹 青木政樹 佐々木昌 坂本寿信	独立行政法人土木研究所道路技術研究グループ舗装チーム 大林道路株式会社技術研究所 大成ロテック株式会社技術研究所 株式会社NIPPO技術開発部 凍結抑制舗装技術研究会
抄録	冬期路面对策の一手法として、多種多様な凍結抑制舗装が開発されているが、路面凍結抑制や除雪圧雪補助または路面に付着した圧雪を剥がす効果等は限られた場所や条件でしか発揮されないこともあり、効果の持続性や耐久性にも課題がある。そこで、冬期路面对策や凍結抑制機能を効率的で効果的に発揮できる凍結抑制舗装の改良や新しい技術の開発及び効果を適切に評価できる試験法を提案する目的で「凍結抑制舗装技術の開発に関する共同研究」を実施している。共同研究の一環として、凍結抑制効果を適切に評価できる試験法の検討を行った結果、氷着引張試験、氷板WT試験及び回転ラベリング試験が有効であることが分かった。本論文はその結果を報告する。	

論文名	実路における三次元点群データを用いた路面評価手法の実用性の検討 : Vol. 70 (2014) No. 3、pp.33-40	
著者	森石一志 中村博康 渡邊一弘	大林道路株式会社エンジニアリング部 株式会社NIPPO技術研究所 独立行政法人土木研究所つくば中央研究所道路技術研究グループ
抄録	筆者らは、現在主に道路地図・台帳の整備等に活用されているMMS(Mobile Mapping System)に着目し、MMSを活用した効率的な路面性状調査手法に関する検討を進めている。既報にて、高密度レーザスキャナを搭載した改良型MMSを作製し、それによる三次元点群データを用いた路面評価手法に関する検討結果を報告しているが、それらは構内道路での検証に留まるものであった。本文では、検証対象を実道とし、供用中の道路における実際の路面の凹凸を対象に、三次元点群データを用いた路面評価手法の検討結果を報告すると共に、供用中のある時点から約半年後の路面の微小な変形の把握可能性についての検証結果を報告する。	

★アスファルト合材協会誌「アスファルト合材」

論文名	各種ゴム粒子入り凍結抑制舗装について : No.104、pp.48-53	
著者	鈴木徹 稲葉行則	大林道路株式会社技術研究所 大林道路株式会社エンジニアリング部
抄録	冬期道路の交通安全確保のために様々な凍結抑制舗装が各研究機関で開発されている。凍結抑制舗装は大別して、物理系、化学系、物理化学系ならびに粗面系があるが、本報では、ギャップ型、ポーラス型ならびに粗面型の各種ゴム粒子入り凍結抑制舗装について紹介している。	

★雑誌「舗装」

論文名	再生骨材を使用した転圧コンクリート舗装(RCCP)の検討 : Vol.46 (2011) No.3、pp.3-6	
著者	安藤豊、竹津ひとみ 加形護 鈴木徹 富吉末広 山田優	住友大阪セメント株式会社セメント・コンクリート研究所 鹿島道路株式会社技術研究所 大林道路株式会社技術研究所 国土交通省近畿地方整備局近畿技術事務所 大阪市立大学名誉教授
抄録	コンクリート舗装の普及とコンクリート塊から発生する再生骨材の用途展開を目的として、再生骨材を用いた転圧コンクリート舗装(RCCP)を検討した。コンクリート塊は建築物から発生する場合が多く、再生粗骨材には川砂利が多く含まれている。再生粗骨材をRCCPに用いると、転圧時に骨材の跳ね上がり現象等が起こることが懸念された。そこで、再生粗骨材の混合率を変え、硬化性状および施工性への影響について室内実験および試験施工にて検討した。その結果、本実験範囲内では、石灰石を用いた配合と同等の施工性などが認められた。これらの検討結果について報告する。	

論文名	景観に配慮した保水性舗装の施工 : Vol.47 (2012) No.4、pp.3-6	
著者	尾崎浩司 大野倫弘	大林道路株式会社中国支店工事部 大林道路株式会社備前アスファルト混合所
抄録	近年、路画温度の上昇を抑制して快適な歩行空間を創出する舗装が広く施工されているが、このような箇所は、人の往来が多いため、特に都市景観に配慮することも同時に求められるようになってきている。本文では、従来の保水性舗装の機能は維持したまま、景観に配慮した保水性舗装の施工事例を紹介する。	

論文名	凍結抑制舗装の評価法の検討 : Vol. 69 (2013) No. 3、pp.25-31	
著者	寺田剛 鈴木徹 青木政樹 佐々木昌 坂本寿信	独立行政法人土木研究所道路技術研究グループ舗装チーム 大林道路株式会社技術研究所 大成ロテック株式会社技術研究所 株式会社NIPPO技術開発部 凍結抑制舗装技術研究会
抄録	冬期路面对策の一手法として、多種多様な凍結抑制舗装が開発されているが、路面凍結抑制や除雪圧雪補助または路面に付着した圧雪を剥がす効果等は限られた場所や条件でしか発揮されないこともあり、効果の持続性や耐久性にも課題がある。そこで、冬期路面对策や凍結抑制機能を効率的で効果的に発揮できる凍結抑制舗装の改良や新しい技術の開発及び効果を適切に評価できる試験法を提案する目的で「凍結抑制舗装技術の開発に関する共同研究」を実施している。共同研究の一環として、凍結抑制効果を適切に評価できる試験法の検討を行った結果、氷着引張試験、氷板WT試験及び回転ラベリング試験が有効であることが分かった。本論文はその結果を報告する。	
論文名	実路における三次元点群データを用いた路面評価手法の実用性の検討 : Vol. 70 (2014) No. 3、pp.33-40	
著者	森石一志 中村博康 渡邊一弘	大林道路株式会社エンジニアリング部 株式会社NIPPO技術研究所 独立行政法人土木研究所つくば中央研究所道路技術研究グループ
抄録	筆者らは、現在主に道路地図・台帳の整備等に活用されているMMS(Mobile Mapping System)に着目し、MMSを活用した効率的な路面性状調査手法に関する検討を進めている。既報にて、高密度レーザスキャナを搭載した改良型MMSを作製し、それによる三次元点群データを用いた路面評価手法に関する検討結果を報告しているが、それらは構内道路での検証に留まるものであった。本文では、検証対象を実道とし、供用中の道路における実際の路面の凹凸を対象に、三次元点群データを用いた路面評価手法の検討結果を報告すると共に、供用中のある時点から約半年後の路面の微小な変形の把握可能性についての検証結果を報告する。	

★アスファルト合材協会誌「アスファルト合材」

論文名	各種ゴム粒子入り凍結抑制舗装について : No.104、pp.48-53	
著者	鈴木徹 稲葉行則	大林道路株式会社技術研究所 大林道路株式会社エンジニアリング部
抄録	冬期道路の交通安全確保のために様々な凍結抑制舗装が各研究機関で開発されている。凍結抑制舗装は大別して、物理系、化学系、物理化学系ならびに粗面系があるが、本報では、ギャップ型、ポーラス型ならびに粗面型の各種ゴム粒子入り凍結抑制舗装について紹介している。	

★雑誌「舗装」

論文名	再生骨材を使用した転圧コンクリート舗装(RCCP)の検討 : Vol.46 (2011) No.3、pp.3-6	
著者	安藤豊、竹津ひとみ 加形護 鈴木徹 富吉末広 山田優	住友大阪セメント株式会社セメント・コンクリート研究所 鹿島道路株式会社技術研究所 大林道路株式会社技術研究所 国土交通省近畿地方整備局近畿技術事務所 大阪市立大学名誉教授
抄録	コンクリート舗装の普及とコンクリート塊から発生する再生骨材の用途展開を目的として、再生骨材を用いた転圧コンクリート舗装(RCCP)を検討した。コンクリート塊は建築物から発生する場合が多く、再生粗骨材には川砂利が多く含まれている。再生粗骨材をRCCPに用いると、転圧時に骨材の跳ね上がり現象等が起こることが懸念された。そこで、再生粗骨材の混合率を変え、硬化性状および施工性への影響について室内実験および試験施工にて検討した。その結果、本実験範囲内では、石灰石を用いた配合と同等の施工性などが認められた。これらの検討結果について報告する。	
論文名	景観に配慮した保水性舗装の施工 : Vol.47 (2012) No.4、pp.3-6	
著者	尾崎浩司 大野倫弘	大林道路株式会社中国支店工事部 大林道路株式会社備前アスファルト混合所
抄録	近年、路画温度の上昇を抑制して快適な歩行空間を創出する舗装が広く施工されているが、このような箇所は、人の往来が多いため、特に都市景観に配慮することも同時に求められるようになってきている。本文では、従来の保水性舗装の機能は維持したまま、景観に配慮した保水性舗装の施工事例を紹介する。	

論文名	本州四国連絡橋における橋面舗装の変状原因調査：Vol.47 (2012) No.7、pp.3-6	
著者	中村哲也、石倉健治 下館鎮、小関裕二 稲葉行則	本州四国連絡橋高速道路株式会社 大林道路株式会社技術研究所 大林道路株式会社エンジニアリング部
抄録	本州四国連絡橋の一つである大島大橋は、供用開始から20年以上が経過し、一部区間でプリスタリング(舗装膨れ)による舗装の損傷が著しくなり、詳細調査の結果、損傷が広範囲に広がっていることが確認された。このため、2010年夏にグースアスファルト混合物層を含めた橋面舗装の補修工事を実施し、この補修工事に併せてプリスタリングの原因調査を行った。調査の結果、プリスタリングの原因は、供用開始時点から存在していたグースアスファルト舗装裏面の「おこし状」の空隙に何らかの原因により浸入したプリスタリング要因物質(水分、油分等)が起因しているものと推察された。	
論文名	ゴム粒子を使用した新たな凍結抑制舗装の開発：Vol.48 (2013) No.4、pp.20-25	
著者	東本崇、鈴木 徹 寺田剛	大林道路株式会社技術研究所 独立行政法人土木研究所道路技術研究グループ舗装チーム
抄録	ゴム粒子を使用した新たな凍結抑制舗装として、薄層ゴム粒子入り凍結抑制舗装および粗面型ゴム粒子入り凍結抑制舗装を開発した。薄層ゴム粒子入り凍結抑制舗装は、最大粒径が5mmのアスファルト混合物中にゴム粒子を混合した物理系凍結抑制舗装で、施工厚が制限された橋梁や薄層オーバーレイなどに適用できる工法である。粗面型ゴム粒子入り凍結抑制舗装は、砕石マチック舗装(粗面型)にゴム粒子を混合するとともに、舗装表面にもゴム粒子を散布接着させた物理系凍結抑制舗装で、骨材飛散抵抗性、耐流動性および耐水性に優れた凍結抑制舗装である。本文では、これら2工法の概要、混合物性状および施工事例について紹介する。	
論文名	排水性舗装における凍結抑制技術の向上について －技術開発・工事一括発注方式による技術成果－：Vol.48 (2013) No.6、pp.3-8	
著者	高橋大輔 山田一夫 鈴木徹	国土交通省北陸地方整備局新潟国道事務所 国土交通省北陸地方整備局前新潟国道事務所 大林道路株式会社技術研究所
抄録	日本海沿岸東北自動車道の排水性舗装工事において、「排水性舗装における凍結抑制技術の向上」を目的として、技術開発・工事一括発注方式を北陸地方整備局として初めて試行した。これは、平成20年4月に策定された「国土交通省技術基本計画」による施策の一つであり、工事に必要な技術開発と工事を一体的に発注する方式である。この発注方式は、民間の技術開発意欲を促進し、より質の高い社会資本整備を目的とするものである。本文では、本舗装工事で技術提案された「排水性舗装における凍結抑制技術に関する技術開発」の概要と開発の成果について報告する。	
論文名	凍結抑制舗装の評価法の検討：Vol.49 (2014) No.3、pp.10-15	
著者	寺田剛 鈴木徹 青木政樹 佐々木昌 坂本寿信	独立行政法人土木研究所道路技術研究グループ舗装チーム 大林道路株式会社技術研究所 大成ロテック株式会社技術研究所 株式会社NIPPO技術開発部 凍結抑制舗装技術研究会
抄録	冬期路面对策や凍結抑制機能を効率的で効果的に発揮できる凍結抑制舗装の改良や新しい技術の開発および効果を適切に評価できる試験法を提案する目的で「凍結抑制舗装技術の開発に関する共同研究」を実施している。共同研究の一環として、凍結抑制効果を適切に評価できる試験法の検討を行った結果、氷着引張試験、氷板WT試験および回転ラベリング試験が有効であることが分かった。本文は、その結果を報告するものである。	
論文名	コンクリート再生材を用いたポーラスコンクリート舗装：Vol.50 (2015) No.10、pp.32-38	
著者	井手義勝、尾崎浩司 杉本浩一 平賀税、入江睦生	大林道路株式会社中国支店 大林道路株式会社技術研究所 西日本高速道路株式会社福山高速道路事務所
抄録	コンクリート廃材を破碎して製造する再生骨材は、表面に吸水率の高い硬化セメント分が付着しており、レディーミクストコンクリートに再生するには処理が必要となる。付着物の除去を行わないコンクリート再生骨材は、廃コンクリートに含まれるカルシウム分と二酸化炭素の反応により二酸化炭素を固定し、潜在的な硬化性も有することから、再生資源の有効利用と環境負荷の低減が可能なポーラスコンクリート舗装を開発した。	

論文名	弾性体混入型 ルビット舗装 : Vol.50 (2015) No.11、pp.36-37	
著者	鈴木徹	大林道路株式会社技術研究所
抄録	ルビット舗装は、廃タイヤを粉砕したゴム粒子をギャップ粒度のアスファルト混合物に混合した物理系凍結抑制舗装で、ゴム粒子が交通荷重により変形することで雪氷の破砕率・除去を促進して、凍結抑制性能を発揮するものである。本工法は、これまでに118万m ² の施工実績を有しており、代表的な物理系凍結抑制舗装の1つである。本文では、国道17号川口地区における試行工事を例に、当該工法の概要について紹介する。	
論文名	弾性体混入・散布型 アイストッパー : Vol.50 (2015) No.11、pp.38-39	
著者	鈴木徹	大林道路株式会社技術研究所
抄録	大林道路株式会社と(国研)土木研究所では、「凍結抑制舗装技術の開発に関する共同研究」を実施し、ゴム粒子を使用した新たな凍結抑制舗装として粗面型ゴム粒子入り凍結抑制舗装(アイストッパー)を開発した。アイストッパーは、粗面型砕石マスチックアスファルト混合物にゴム粒子を混合するとともに、舗装表面にもゴム粒子を散布・接着させた物理系凍結抑制舗装である。本文では、国道17号川口地区における試行工事を例に、当該工法の概要について紹介する。	

★セメント・コンクリート論文集

論文名	再生骨材を用いた転圧コンクリート舗装に関する研究 : Vol.64 (2010) No.1、pp.231-237	
著者	竹津ひとみ 加形護 鈴木徹 富吉末広	住友大阪セメント株式会社セメント・コンクリート研究所 鹿島道路株式会社技術研究所 大林道路株式会社技術研究所 国土交通省近畿地方整備局近畿技術事務所
抄録	コンクリート構造物の更新に伴い発生する再生骨材の用途展開およびコンクリート舗装の普及を目的とし、再生骨材を用いた転圧コンクリート舗装(RCCP)を検討した。使用した再生粗骨材中の原骨材は、川砂利が多く含まれており、転圧時に骨材の跳ね上がり現象等が起こることが懸念された。そこで、再生粗骨材の混合率を変え、施工性への影響について室内試験および試験施工にて比較検討を行った。その結果、本実験範囲内では、砕石を用いた配合と同等の施工性が確認された。	

★土木学会年次学術講演会

論文名	アスファルト混合物の施工時のレジリエントモデュラスの推定 : 65回(2010)、V-007	
著者	小関裕二、牛袋昭宣 高倉拓 古屋弘	大林道路株式会社技術研究所 大林道路株式会社エンジニアリング部 株式会社大林組生産技術本部
論文名	排水型物理系凍結抑制舗装の凍結抑制効果の評価に関する検討 : 65回(2010)、V-016	
著者	船井俊孝、鈴木徹、東本崇	大林道路株式会社技術研究所
論文名	路床の不飽和浸透特性に関する研究 : 65回(2010)、V-104	
著者	森石一志 矢野隆夫、西山哲 中島伸一郎	大林道路株式会社技術研究所 京都大学大学院 山口大学大学院
論文名	再生骨材を用いた転圧コンクリート舗装に関する研究 : 65回(2010)、V-144	
著者	竹津ひとみ 加形護 鈴木徹 富吉末広 山田優	住友大阪セメント技術研究所 鹿島道路株式会社技術研究所 大林道路株式会社技術研究所 国土交通省近畿地方整備局近畿技術事務所 大阪市立大学名誉教授
論文名	高じん性繊維補強セメント複合材料によるRC床版上面増厚工法の施工性確認試験 : 66回(2011)、V-191	
著者	小関裕二、牛袋昭宣 伊奈義直、高橋敏樹 青木茂	大林道路株式会社技術研究所 株式会社大林組生産技術本部 株式会社大林組技術研究所
論文名	粗面型ゴム粒子入り凍結抑制舗装の凍結抑制性能の検証 : 69回(2014)、V-572	
著者	上地俊孝、東本崇、鈴木徹	大林道路株式会社技術研究所
論文名	高い凍結抑制効果を有する物理系凍結抑制舗装の開発 : 69回(2014)、V-573	
著者	青木 政樹 東本崇 寺田剛、久保和幸	大成ロテック株式会社技術研究所 大林道路株式会社技術研究所 独立行政法人土木研究所道路技術研究グループ舗装チーム

★舗装技術に関する懸賞論文(日本道路建設業協会)

論文名	佳作－排水性舗装における凍結抑制技術の向上と凍結抑制性能評価方法に関する検討：17回(2011)	
著者	鈴木徹、東本崇 稲葉行則 岡田茂彦、吉田健一、徳橋良幸	大林道路株式会社技術研究所 大林道路株式会社本店エンジニアリング部 国土交通省北陸地方整備局道路部
論文名	3等－舗装用スリップフォーム工法コンクリートの自立性、脱型性を評価する品質管理手法について：18回(2013)	
著者	鈴木徹 塚本真也 坂本寿信 酒井宏和 鎌田孝行 斉藤一之	大林道路株式会社技術研究所 東亜道路工業株式会社技術本部技術部 株式会社佐藤渡辺技術研究所 三井住建道路株式会社技術研究所 常盤工業株式会社技術研究所 株式会社ガイアートT・K技術研究所
論文名	2等－舗装工事の高度化を目的とした施工技術の開発－レベリングセンサとL型ジョイントヒータ：19回(2015)	
著者	川田良秀、高野亨、阿部慎 小関裕二 菅野善次郎	大林道路株式会社機械センター 大林道路株式会社技術研究所 大林道路株式会社エンジニアリング部

★地盤工学研究発表会

論文名	振動ローラの加速度応答を利用した路床・路盤の品質管理に関する研究：45回(2010)、pp.1047-1048	
著者	小関裕二、牛袋昭宣 高倉弘 古屋弘	大林道路株式会社技術研究所 大林道路株式会社エンジニアリング部 株式会社大林組生産技術本部

★セメント技術大会

論文名	再生骨材RCCPに関する研究：64回(2010)、pp.90-91	
著者	竹津ひとみ、安藤豊 加形 護 鈴木 徹	住友大阪セメント株式会社セメント・コンクリート研究所 鹿島道路株式会社技術研究所 大林道路株式会社技術研究所
論文名	高炉徐冷スラグ粗骨材を使用したRCCPの施工例：66回(2012)、pp.1212-1213	
著者	林口幸子 赤羽健一 紙田晋 鈴木徹	住友大阪セメント株式会社セメントコンクリート研究所 住友金属工業株式会社鹿島製鉄所 住金鉱化株式会社 大林道路株式会社技術研究所

★日本道路会議

論文名	ゴム粒子入り混合物を使用した小規模リフレクションクラック抑制工法：29回(2011)、2080	
著者	小井住孝義、尾崎浩司 古田泰則	大林道路株式会社中国支店 国土交通省中国地方整備局
論文名	震災による管路損傷の調査とその補修方法：29回(2011)、3014	
著者	矢野伊佐夫、阿部浩 岡崎仁	大林道路株式会社環境施設営業部 東洋パイプリーノバート株式会社工事部工事課
論文名	わだち掘れ量を指標とした長期保証工事における対策：29回(2011)、3023	
著者	田村和慶、松崎真一 廣長義紀	大林道路株式会社東北支店福島営業所 大林道路株式会社東北支店岩手営業所
論文名	排水構造物のコスト縮減に寄与する舗装の追跡調査：29回(2011)、3035	
著者	森石一志 須藤賢治 白鳥哲也	大林道路株式会社技術研究所 千葉市建設局土木部維持建設課 千葉市花見川・稲毛土木事務所維持建設課
論文名	天然砂利舗装用チップスプレッドの開発：29回(2011)、3068	
著者	阿部慎、山口雄希	大林道路株式会社本店機械センター
論文名	中温化アスファルトの開発：29回(2011)、3076	
著者	木谷貴宏、鈴木徹、東本崇	大林道路株式会社技術研究所
論文名	北海道におけるポーラスアスファルト舗装の施工事例について：29回(2011)、3085	
著者	高江正之、松尾輝己 幡鎌嘉一	大林道路株式会社北海道支店 大林道路株式会社札幌試験所
論文名	凍結抑制性能の室内および現地評価事例－ゴム粒子散布接着型排水性舗装－：29回(2011)、3111	
著者	澤田修平、鈴木徹、東本崇	大林道路株式会社技術研究所
論文名	排水性舗装表基層切削材の全量再生有効利用：29回(2011)、3121	
著者	有賀公則 佐野正典 太田衛司、近藤康由	大林道路株式会社大阪支店工事部 近畿大学理工学部 国土交通省近畿地方整備局兵庫国道事務所

論文名	給水型保水性舗装の揚水性能の向上に関する検討：29回(2011)、3P09	
著者	小嶋匠、藤田義憲 赤川宏幸	大林道路株式会社技術研究所 独立行政法人土木研究所
論文名	薄層ゴム粒子入り凍結抑制舗装の開発：29回(2011)、3P14	
著者	東本崇、鈴木徹 寺田剛、久保和幸	大林道路株式会社技術研究所 独立行政法人土木研究所
論文名	特殊繊維を使用した車道用自然石ブロック舗装工法の開発：29回(2011)、3P18	
著者	藤林省吾 北岡善文 清水進	大林道路株式会社大阪支店工事部 大林道路株式会社エンジニアリング部 秩父コンクリート工業株式会社
論文名	吸水変色型養生マットを使用したコンクリート打設後の養生管理方法とその表現方法：29回(2011)、3P33	
著者	友滝康平 徳久啓二	大林道路株式会社大阪支店 アオイ化学工業株式会社本店
論文名	加熱アスファルト混合物用高性能保温マット(GOマット)：29回(2011)、3P34	
著者	尾崎浩司、橋本了 徳久啓二、中島一成	大林道路株式会社中国支店工事部 アオイ化学工業株式会社
論文名	高じん性セメントボードを用いた路面段差抑制舗装の検討：30回(2013)、2034	
著者	小関裕二 細谷芳巳 古屋弘、佐原守	大林道路株式会社技術研究所 大林道路株式会社エンジニアリング部 株式会社大林組技術研究所
論文名	三次元点群データを用いた新しい路面性状評価手法の一検討：30回(2013)、3042	
著者	森石一志 中村博康 渡邊一弘	大林道路株式会社技術研究所 株式会社NIPPO技術研究所 独立行政法人土木研究所
論文名	施工性に配慮した小型コンクリートフィニッシャー：30回(2013)、3064	
著者	細見耕平 菅野善次郎 杉本浩一	大林道路株式会社機械センター 大林道路株式会社エンジニアリング部 大林道路株式会社技術研究所
論文名	CO ₂ 排出量を低減した再生コンクリート舗装の適用事例：30回(2013)、3122	
著者	井出義勝 杉本浩一 鷹野明 平田惣己治、大森康晴 川上篤史	大林道路株式会社中国支店工事部 大林道路株式会社技術研究所 JFEミネラル株式会社 備前市産業部都市整備課 独立行政法人土木研究所舗装チーム
論文名	ゴム粒子入り凍結抑制舗装の凍結抑制効果の現地確認結果：30回(2013)、3127	
著者	澤田修平 坂上剛、佐藤正憲、栗原潔	大林道路株式会社技術研究所 大林道路株式会社北信越支店
論文名	景観性に配慮した保水性舗装：30回(2013)、3P09	
著者	嶋崎明代 光谷修平 尾崎浩司	大林道路株式会社環境施設営業部 大林道路株式会社エンジニアリング部 大林道路株式会社中国支店工事部
論文名	目地給水型保水性ブロック舗装：30回(2013)、3P10	
著者	光谷修平 嶋崎明代 三木功、山本幹晃	大林道路株式会社エンジニアリング部 大林道路株式会社環境施設営業部 東洋工業株式会社
論文名	ハイブリッド凍結抑制舗装：30回(2013)、3P13	
著者	北野原朋宏、鈴木徹、東本崇 稲葉行則	大林道路株式会社技術研究所 大林道路株式会社エンジニアリング部
論文名	樹脂結合型土系舗装の施工事例：30回(2013)、3P17	
著者	小嶋匠	大林道路株式会社技術研究所
論文名	運搬時の加熱アスファルト混合物の保温効果向上を目的とした側壁用保温シートの開発：31回(2015)、3011	
著者	森石一志、光谷修平 井手義勝	大林道路株式会社エンジニアリング部 大林道路株式会社中国支店工事部
論文名	IH技術を利用した石貼り舗装工法の開発：31回(2015)、3015	
著者	渡邊満葉、杉本浩一 光谷修平	大林道路株式会社技術研究所 大林道路株式会社エンジニアリング部

論文名	凍結防止対策を考慮した土系舗装の施工事例：31回(2015)、3018	
著者	小嶋匠、掛札さくら 小熊誠	大林道路株式会社技術研究所 大林道路株式会社関東支店工事部
論文名	環境に配慮した歩道舗装における舗装表面温度の計測結果：31回(2015)、3040	
著者	石川義人 山田優 塩谷普三	大林道路株式会社大阪試験所 大阪市立大学名誉教授 国土交通省近畿地方整備局近畿技術事務所
論文名	三次元点群データによる道路空間情報の活用について：31回(2015)、3045	
著者	青山俊也、森石一志、光谷修平	大林道路株式会社エンジニアリング部
論文名	アスファルト乳剤の分解指数試験に関する一検討：31回(2015)、3074	
著者	小林靖明、木谷貴宏、鈴木徹	大林道路株式会社技術研究所
論文名	改良型常温硬化型路面補修材の性状と補修事例：31回(2015)、3112	
著者	澤田修平、鈴木徹 水田中	大林道路株式会社技術研究所 大林道路株式会社本店営業部
論文名	改質グースアスファルト混合物の性状と施工事例：31回(2015)、3140	
著者	上地俊孝、鈴木徹 稲葉行則	大林道路株式会社技術研究所 大林道路株式会社エンジニアリング部
論文名	冬期実道における凍結抑制効果検証の一例：31回(2015)、3142	
著者	前田昇吾、東本崇、鈴木徹	大林道路株式会社技術研究所
論文名	振動ローラの加速度応答を利用した転圧管理システムの検討：31回(2015)、3P19	
著者	小関裕二 高山昌大 古屋弘	大林道路株式会社技術研究所 東洋テックス株式会社コンサルタント事業部 株式会社大林組技術研究所
論文名	導電材料を使用したセメントモルタルの電気抵抗特性：31回(2015)、3P26	
著者	掛札さくら、小嶋匠、岡田英泰	大林道路株式会社技術研究所

★北陸道路舗装会議

論文名	熱可塑性ポリウレタンエラストマーを改質材としたポリマー改質アスファルトの基本的性状：12回(2012) B-2	
著者	木谷貴宏、澤田修平、鈴木徹	大林道路株式会社技術研究所
論文名	粗面型ゴム粒子入り凍結抑制舗装の開発：12回(2012) C-2	
著者	北野原朋広、澤田修平、鈴木徹	大林道路株式会社技術研究所
論文名	ゴム粒子混入・散布接着型凍結抑制舗装の現地における凍結抑制性能の検証 (技術開発・工事一括発注方式による排水性舗装における凍結抑制舗装)：12回(2012) C-3	
著者	東本崇、船井俊孝、鈴木徹	大林道路株式会社技術研究所
論文名	自然な土の風合いを生かした土系舗装の適用事例：12回(2012) C-28	
著者	小嶋匠 衣川眞仁	大林道路株式会社技術研究所 大林道路株式会社北信越支店北陸営業所
論文名	ゴム粒子を使用した凍結抑制舗装の各地域における凍結抑制効果：13回(2015)	
著者	上地俊孝、東本崇、鈴木徹	大林道路株式会社技術研究所
論文名	寒冷期における橋面レベリング層に用いるアスファルト混合物に関する室内検証結果：13回(2015)	
著者	木谷貴宏、前田昇吾、鈴木徹	大林道路株式会社技術研究所
論文名	ゴム粒子入り凍結抑制舗装「ルビット舗装」：13回(2015)	
著者	東本崇、澤田修平 衣川眞仁	大林道路株式会社技術研究所 大林道路株式会社北信越支店
論文名	粗面型ゴム粒子入り凍結抑制舗装「アイストッパー」：13回(2015)	
著者	鈴木徹 衣川眞仁 寺田剛	大林道路株式会社技術研究所 大林道路株式会社北信越支店 独立行政法人土木研究所

★雑誌「月刊防水ジャーナル」

論文名	床版防水システムの施工：No.490(2012)、pp.86-88	
著者	小関裕二	大林道路株式会社技術研究所

★雑誌「建設機械」

論文名	ゴム粒子を使用した4つの凍結抑制舗装：Vol.51(2015) No.6、pp.32-36	
著者	菅野善次郎	大林道路株式会社エンジニアリング部

★雑誌「土木施工」

論文名	凍結抑制舗装の概要と積雪寒冷地における施工事例：Vol.52(2011) No.5、pp.70-72	
著者	坂本寿信 鈴木徹	凍結抑制舗装研究会 凍結抑制舗装研究会(大林道路株式会社技術研究所)
論文名	アスファルト舗装がコンクリート舗装に?—ホワイトトッピング工法—：Vol.52(2011) No.10、pp.72-75	
著者	小関裕二	大林道路株式会社技術研究所
論文名	橋面上における排水性舗装17年の省察：Vol.55(2014) No.6、pp.113-116	
著者	袴田文雄、木下孝樹 光谷修平	阪神高速道路株式会社技術研究所 大林道路株式会社エンジニアリング部

★雑誌「建材フォーラム」

論文名	適度な衝撃吸収性で足に優しい樹脂結合型土系舗装：Vol.456(2014) No.8、pp.18-19	
著者	藤田義憲	大林道路株式会社技術研究所

★日本建設機械施工協会機関誌「建設の施工企画」

論文名	凍結抑制舗装技術の概要と施工事例：No.744(2012)、pp.31-35	
著者	及川義貴、小柴朋広 鈴木徹	凍結抑制舗装研究会 凍結抑制舗装研究会(大林道路株式会社技術研究所)

★ゆきみらい研究発表会

論文名	薄層型および粗面型ゴム粒子入り凍結抑制舗装の開発：第25回(2013)	
著者	東本崇、鈴木徹 寺田剛、久保和幸	大林道路株式会社技術研究所 独立行政法人土木研究所舗装チーム

★2014ふゆトピア・フェアin釧路

論文名	ゴム粒子を使った凍結抑制舗装に関する研究	
著者	東本崇、鈴木徹	大林道路株式会社技術研究所

★雑誌「北陸の建設技術」

論文名 発表： 大林道路	振動ローラの加速度応答を利用した舗装工品質管理の合理化：Vol.221(2010)	
	樹脂結合型土系舗装の施工事例：Vol.249(2012)	
	粗面型ゴム粒子入り凍結抑制舗装「オークサイレントII型」：Vol.260(2013)	
	薄層ゴム粒子入り凍結抑制舗装：Vol.271(2014)	
	打ち水を目から感じるブロック舗装の開発：Vol.289(2015)	

★北陸建設技術報告

論文名	振動ローラの加速度応答による舗装工の品質管理技術：(2010)	
著者	牛袋昭宣、小関裕二 古谷弘	大林道路株式会社技術研究所 株式会社大林組生産技術本部
論文名	Fi-mix工法(自然石舗装用モルタル工法)の開発と施工事例：(2012) No.1、1-II-7	
著者	小嶋匠、藤田義憲 光谷修平	大林道路株式会社技術研究所 大林道路株式会社エンジニアリング部
論文名	粗面型ゴム粒子入り凍結抑制舗装：(2013) No.2-I-2	
著者	北野原朋宏、東本崇、鈴木徹	大林道路株式会社技術研究所
論文名	粗面型ゴム粒子入り凍結抑制舗装「アイストッパー」：(2014) No.2-IV-16	
著者	澤田修平、東本崇、鈴木徹	大林道路株式会社技術研究所
論文名	粗面型ゴム粒子入り凍結抑制舗装「アイストッパー」：(2015) No.1-II-4	
著者	前田昇吾、鈴木徹 菅野善次郎	大林道路株式会社技術研究所 大林道路株式会社エンジニアリング部