

目 次

調査・研究

●舗装表面研磨による景観舗装の開発	小嶋匠・掛札さくら・上田一貴・岡田英泰	1
●デジパックのアスファルト舗装面への適用に関する検討	石川義人・有賀公則・有賀真	5
●国道4号幸手地区におけるアスファルト舗装破損調査結果	下館鎮・高山昌広・小菅俊弘・本多弘樹	9

施工報告

●OGP工法による広場舗装における平坦性向上事例	松尾賢治・上野裕輔・川田良秀	25
●オークマチックCrawler(耐キャタ舗装)施工事例	亀井彰吾・植松春夫・門田泰明	29
●高速道路の正面衝突事故防止対策(命を守る緊急対策)の施工	松岡伸児・小林隆・飯塚角男	33
●泥濃推進機によるφ2000mm推進管の布設	菊池邦弥・米田雅俊・尾崎巧	37
●造成工事におけるUAV(ドローン)の適用事例	後藤勉	41
●西湘バイパスにおける越波防止策の施工	狩野圭介・下野俊志	45
●都市部橋梁における夜間補修工事の施工事例	岡田浩之・国安幸一	49

社外発表(第20回舗装技術に関する懸賞論文)

●コンクリート舗装のほつき目粗面仕上げ開始時期の定量的管理手法(3等入選)	鈴木徹・東本崇・藤林省吾	53
●アスファルト舗装工事の品質確保を目的とした施工技術の開発 〈アスファルトフィニッシャー用の特殊保温プレート〉(佳作入選)	阿部慎	61

社外発表(土木学会第72回年次学術講演会)

●実道におけるゴム粒子入り凍結抑制舗装の効果に関する一考察	上地俊孝・鈴木徹・稲葉行則	67
●乳剤散布装置付アスファルトフィニッシャーの一般舗装への適用	小澤光一・菅野善次郎・細見耕平	69
●面的な舗装の出来形管理に関する一検討	森石一志・光谷修平・西川啓一	71
●改質グースアスファルト混合物のクッキング条件が 品質に与える影響について	木谷貴宏・稲葉行則・鈴木徹・上地俊孝	73
●路面削溝による路面表情付与一白色骨材配合アスコンの見え方	光谷修平・小嶋匠・堀繁	75
●コンクリート廃材を使用した舗装の一事例	井手義勝・渡邊満葉・狩屋雅之	77

社外発表(第32回日本道路会議)

●舗装の汚れに特化した洗浄剤の開発(優秀論文賞受賞)	掛札さくら・東本崇・澤田昭吾	79
●グースアスファルト舗装の施工継目に関する一検討(奨励賞受賞)	上地俊孝・川田良秀・鈴木徹	81
●MMSを活用した構造物の維持管理方法に関する検討	青山俊也・森石一志・橋本義明	83
●DSR試験によるポリマー改質アスファルトの分散過程の評価	梅本叡史・木谷貴宏・東本崇	85
●MMSを用いたコンクリート舗装の段差評価に関する検討	若林由弥・内田雅隆・渡邊一弘・藪雅行・森石一志	87
●早期交通開放型コンクリート舗装の新設高速道路への適用事例	藤井秀夫・青山博・新井秀和・池田健二	89
●広域面積における保水性舗装の施工事例	中齋菜・小嶋匠・小原裕介	91
●グースアスファルト混合物の製造における省力化	中山大輔・丸尾繁・山下武	93
●熱環境舗装の冬季における路面温度評価	小嶋匠・掛札さくら	95
●環境に配慮した歩道舗装の供用箇所における経年性能	石川義人・山田優・平松健	97
●全天候型常温混合物の開発	佐野俊哉・上地俊孝・鈴木徹	99
●再生材を使用したコンクリート舗装の一例	渡邊満葉・井手義勝・狩屋雅之	101
●「環境舗装」に関する取組	古川聡哉・石黒修一	103

社外発表(平成29年度北陸建設技術報告会)

●アスファルトフィニッシャー用の特殊保温プレートの開発	阿部慎	105
-----------------------------	-----	-----

社外誌掲載報文

●製鋼スラグと海水等を使用した転圧コンクリートの基本性状 (雑誌「舗装」2017年6月号)	下館鎮・新村亮・林正宏	109
●早期供用(復興)に向けた積極的な取組み一平倉地区舗装工事一 (雑誌「土木施工」2017年5月号)	鎌田真由子	113
●粗面型ゴム粒子入り凍結抑制舗装一「アイストッパーR」 (雑誌「建設機械」2017年11月号)	鈴木徹	117

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

舗装表面研磨による景観舗装の開発

小嶋 匠*
掛札 さくら**
上田 一貴**
岡田 英泰**

1. はじめに

景観舗装には、カラー舗装やブロック舗装のように路面の模様や色調を変更することで、能動的に道路の景観を向上させるもの、土系舗装や自然色舗装のように周囲の環境と調和を図るものがある。いずれも舗装がもたらす眺め(景)を人が感じ取る(観)ことによって成立するものであり、舗装を眺める人がこれを良好と感じることが重要である。

当社では、通常の舗装で使用する材料の特性を生かしながら周辺環境との調和を図り、良好な景観をもたらす舗装技術の開発に取り組んでいる。

本文では、舗装表面を研磨することによって、光沢のある仕上がりとなる景観舗装の開発について、その概要と研磨試験結果を示す。さらに、実用化に向けた今後の課題を述べる。

2. 開発目標とフロー

2-1 開発目標

建物のエントランスや建物廻りの床面では、大理石やテラゾ仕上げにより建物と調和した光沢のある鏡面仕上げが行われている。また、下地が土間コンクリートの場合、塗料の塗布やタイル貼りにより同様な仕上がりとしている。

近年では、写真-1のようにコンクリート素地を直接磨いて、鏡面仕上げを行う工法も開発されている。



写真-1 コンクリート床の鏡面仕上げ例

コンクリート床面を磨き上げると、降雨時に特にすべり易くなり、さらに大理石やテラゾのような二次製品を使用すると、目地部の凹凸によるつまずきの発生が懸念される。

そこで、目地を設ける必要がなく、また雨水を浸透、除去できるポーラスアスファルト舗装をベースに、その表面を研磨して、鏡面のような仕上がりとなる舗装を開発することとした。また、開発にあたっては、以下のような目標を設定した。

- ①粗骨材の色調を生かし光沢感のある仕上げとする。
- ②歩行に必要なすべり抵抗を確保する(BPN>40)。
- ③透水性能を確保する(300ml/15s以上)。

2-2 研究開発のフロー

研究開発のフローを図-1に示す。

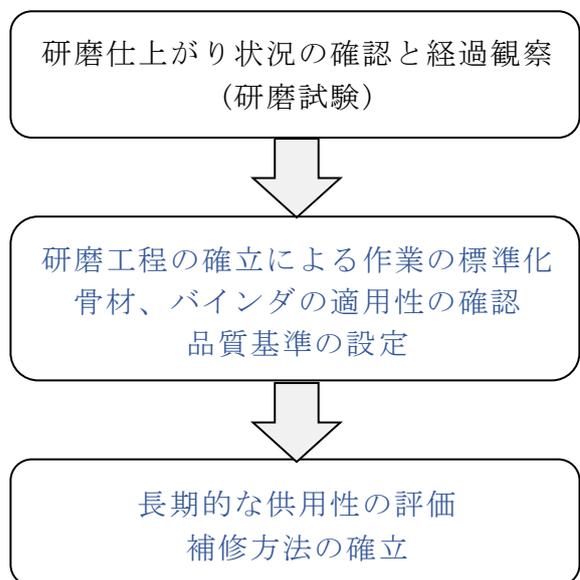


図-1 研究開発フロー(青文字は試験施工後に実施)

3. 研磨試験

3-1 母体舗装の舗設

舗設した母体のポーラスアスファルト舗装の外観を写真-2に示す。混合物は、空隙率20%のポーラスアスファルト混合物とした。

*技術研究所環境研究室主任研究員 **同研究室研究員



写真-2 研磨前の母体舗装(黒枠内)

3-2 舗装の研磨

舗設後 2 ヶ月経過してから、研磨機および端部処理用の小型研磨機によって研磨を行った。なお、図-2 示すように 4 工区にて磨き度合いを段階的に変更させながら、研磨を実施した。

研磨後の各工区の外観を写真-3~6 に示す。

5.700	1工区	2工区	3工区	4工区
	5.350	5.350	5.350	5.350

図-2 母体舗装の工区割り(単位:m)



写真-3 研磨完了(1工区)



写真-4 研磨完了(2工区)



写真-5 研磨完了(3工区)



写真-6 研磨完了(4工区)

研磨後の路面について、1 工区と 2 工区では路面に光沢があり、前方の建物の像が映り込んでいることがわかる。また、これらの工区では、粗骨材の表面のキズがなくなり光沢が増し、さらに粗骨材本来の色合いが現れると考えられる。

3-3 研磨後の性状評価試験

前章で示した目標を満足するかどうかを確認するため、研磨直後に路面の性状試験を実施した。その試験項目を表-1 に示す。

表-1 研磨後の性状試験項目

項目	使用機械	評価指標
磨き度合い	表面粗さ測定機	骨材の表面粗さ
路面のキメ深さ	CTM	MPD/RMS
すべり抵抗性	振り子式スキッドレジスタンステスト	BPN
	DFテスト	動的摩擦係数
	携帯型すべり試験機(ONO・PPSM)	CSR
透水性	現場透水量試験器	浸透水量

4. 路面の性状試験結果

4-1 磨き度合い

光沢感はモノの表面に当たった光が正反射したものを人が目で捉えたときの明るさや表面の映り込みを表現するもので、モノの大きさや捉える角度の他、心理的な要素も関係している。

一方、光沢は物体表面の物理的な性質であり、路面の磨き度合いと関係がある。この磨き度合いを定量的に評価するため、表面粗さ測定機を用いて、各工区上で粗骨材表

面の形状を測定し、算術平均粗さ(Ra)を JIS B 0601(1994)に基づいて算出した。その結果を図-3 に示す。

図-3 より、磨き度合いが高いほど Ra の値は小さいことがわかる。

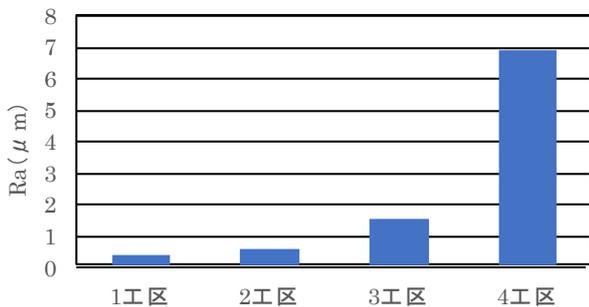


図-3 各工区の粗骨材表面の算術平均粗さ

4-2 路面のキメ深さ

排水性舗装の表面を研磨すると、表面の凸部が平らになる。このときの路面のキメ深さ(テクスチャ)を評価するため、CTM(Circular Track Meter)を用い、「回転式キメ深さ測定装置を用いた舗装路面のキメ深さ測定方法」¹⁾によって、平均溝深さMPDとテクスチャの2乗平均平方根RMSを算出した。

MPDとRMSの比は、テクスチャの形状を表すと考えられており²⁾、MPD/RMSが大きいほど凸な路面になる。

図-4 は各工区のMPD/RMSを示している。研削のみ実施した4工区の値が最も大きく、1、2および3工区では差がほとんど生じていない。

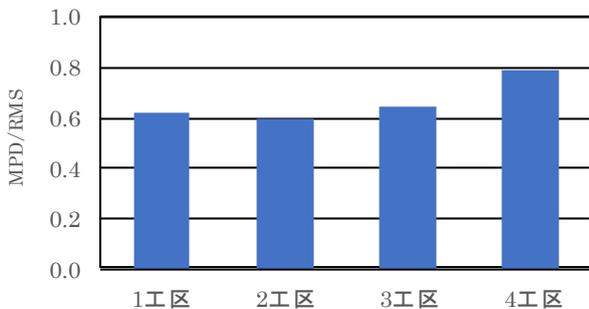


図-4 各工区のMPDとRMSの比

4-3 すべり抵抗性

路面の粗さとすべり抵抗性には密接な関係がある。路面の研磨がすべり抵抗性にどの程度影響するか評価するため、2種類の試験機を用いて測定を行った。

1) 振り子式スキッドレジスタンステスト(BPT)

振り子式スキッドレジスタンステストによる試験で得られるBPNは、室内で作製した供試体や現場の路面の摩擦特性とマイクロテクスチャを示すものとされている。

本装置を開発したTRRL(現在のTRL:Transport Research Laboratory)には、表-2のような指針がある。

表-2 TRLによるBPN指針³⁾

分類	対象となる現場状況	濡れた路面で必要なBPN	BPNの評価
A	非常に困難な場所 ①ロータリー ②狭い道路で半径500フィート(約150m)以下の曲線 ③坂道1/20(5%)またはそれ以上で距離100ヤード(約96m)以上 ④狭い道路で信号灯間近	65以上	良好 高速道路でも必要条件を満たし、すべり事故を繰り返さないような所
B	一般的必要要件	55以上	一般的に申し分ない 道路が遭遇する最も困難な状態を除いて全ての条件に合った所
C	容易な位置すなわち直線道路でなだらかな勾配とカーブで交差点が無く、特別条件(混合交通特に緊急状態を起こす危険)のない所	45以上	順調な状態の場合だけ申し分ない
D	全般の場所	45以下	すべる可能性もある

BPNの測定結果を図-5に示す。この測定結果から、3、4工区では表-2の分類Aで必要なBPN、1、2工区では分類Cで必要なBPNを満足している。

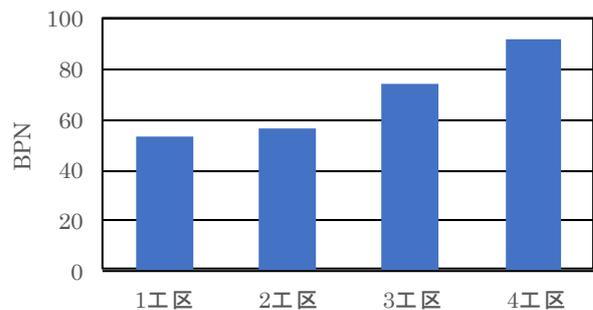


図-5 各工区のBPN

2) 携帯型すべり試験機(ONO・PPSM)

敷地内の通路などのすべりに関する指標として、JIS A 1454に定めるすべり抵抗係数CSR(Coefficient of Slip Resistance)がある。この測定に用いるO-Y・PSM(Ono-Yoshioka・Pull Slip Meter)と同じ原理の携帯型すべり試験機(ONO・PPSM)によってCSRを算出した。その試験状況を写真-7に、その測定結果を図-6に示す。



写真-7 ONO・PPSMによるすべり抵抗測定状況

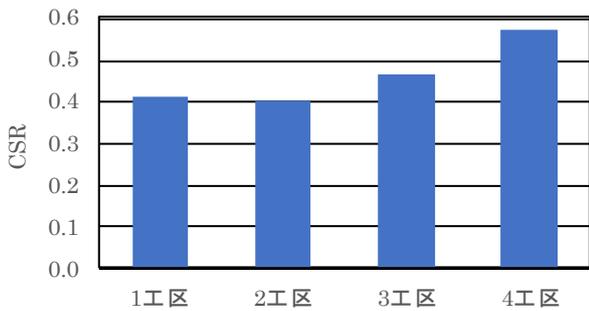


図-6 各工区のCSR測定結果

CSRは、歩行者を対象とした床の静摩擦係数の評価指標である。日本建築学会では、敷地内の通路、建築物の出入り口、および屋内の通路など、履物を履いて動作する床や路面のCSR値の推奨値を0.4以上と定めている。今回、4工区を除く路面は、推奨値の下限値と同程度であった。

4-4 浸透水量

ポーラスアスファルト舗装の表面を研磨すると、粗骨材間の隙間に空隙詰まりが生じる箇所があった。研磨作業が舗装の透水性にどの程度影響するかを確認するため、現場透水量試験器によって、各工区の浸透水量を測定した。その測定結果を図-7に示す。

測定結果から、いずれの工区でも浸透水量は1,000ml/15秒以上であり、研磨による浸透水量への影響は小さいことが判明した。

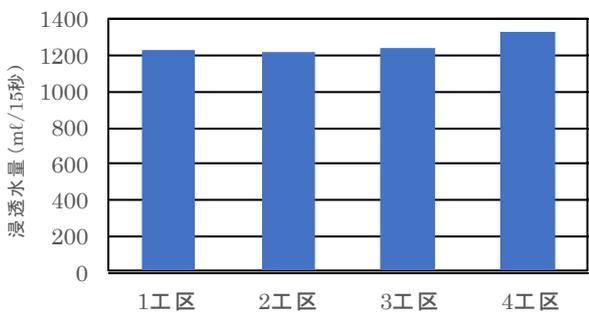


図-7 現場透水量試験結果

5. まとめ

今回の研磨試験で得られた知見を以下にまとめて示す。

- ・ポーラスアスファルト舗装の表面を研磨すると、コンクリート床と同様に光沢感のある仕上がりになる。今回の研磨試験では、1,2工区では磨くと光沢感が得られた。
- ・磨き度合いが高いと、粗骨材のRaの値は小さくなる。また、磨き度合いを高くしていくと、Raの変化量も小さくなる。
- ・MPD/RMSの値は、研磨により路面の凸部がなだらかになると小さくなり、やがて収束する。
- ・2種類のすべり測定装置で各工区のすべり抵抗を測定した結果、1、2工区では分類Cで必要なBPNを満足する。また、床材として評価した場合も推奨値の下限値と同程度である。ただし、分類Aに必要なBPNを満足しないため、車道への適用は難しい。
- ・研磨後の浸透水量を測定した結果、磨き度合いと浸透水量に明確な関係はない。研磨作業による透水性への影響は小さいと考えられる。

なお、今回の研磨試験は、光沢感が得られるかどうかを主眼として行ったものであり、作業性や研磨が舗装の耐久性に与える影響については検証していない。

今後は、光沢感と研磨の関係や研磨量について検討する。また、道路勾配、使用する骨材およびバインダが研磨作業に及ぼす影響についても確認する。

さらに、今回の研磨試験ですべりが大きな問題となっているので、その対策や適用範囲の設定なども検討していく予定である。

【参考文献】

- 1) 日本道路協会：舗装調査試験法便覧〔第一分冊〕、pp.110-116、2007.6
- 2) 玉井昭典、亀山修一、笠原篤、Anderson D.A、斎藤和夫：アスファルト混合物の粒度および二次転圧が舗装のマクロテクスチャに及ぼす影響、土木学会舗装工学論文集第8巻、2003.12
- 3) 市原薫、小野田光之：路面のすべりとその対策―道路・滑走路・床面・雪氷面―、技術書院、1997.3.
- 4) 日本道路協会：舗装性能評価法―必須および主要な性能指標編(平成25年版)、pp.122-123、2013.4

デジパックのアスファルト舗装面への適用に関する検討

石川 義人*
有賀 公則**
有賀 真***

1. はじめに

デジパック工法は、モータースポーツなどが開催されるイベント期間中に、会場のコンクリート壁面の既存広告を隠蔽して、その表面に関連スポンサーなどの広告を掲出できるものである。

現在は、デジパック工法は、コンクリート壁面のみに使用されている。しかし、昨今、イベント会場へのアクセス路などのアスファルト舗装面へ適用される期待が高まりつつあることを受け、歩道や通路の表面に施工が可能であるかどうかについて検討を行った。

2. デジパック工法の概要

デジパック工法の概要を図-1に、富士スピードウェイにおけるデジパック方法の実施状況を写真-1～7に示す。

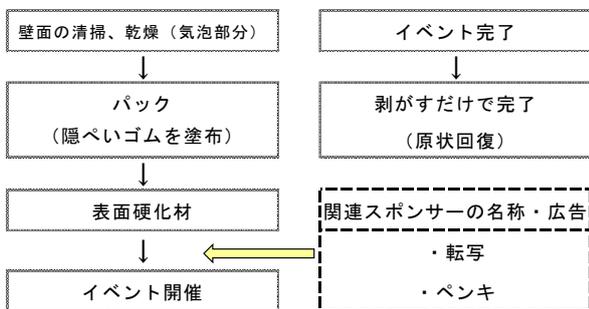


図-1 デジパック工法の概要



写真-1 乾燥（気泡部分）



写真-2 パック施工



写真-3 パック完了



写真-4 表面硬化材塗布



写真-5 新広告設置状況



写真-6 新広告設置完了



写真-7 撤去状況



3. 試験施工

3-1 路面への適用に際して求められる機能

デジパック工法をコンクリート壁面に用いる場合、表面にかかる外力が非常に少なく、デジパックが損傷を受けることはなかった。

しかし、歩道や通路では、歩行者の蹴りだしや自転車の制動力などが作用するうえに、公園内などでは管理用車両の往来もあることから、自動車の輪荷重、駆動力および制動力も作用する。

これらの外力が作用した場合に、デジパックが剥がれてしまうと、歩行者や自転車が安全に通行することができなくなる。また、イベント期間の終了後にデジパックを撤去した場合、舗装表面は原状回復されなければならない。そのため、デジパックを撤去する際に、ベビーサンダーなどの器具を使用することなく、人力で容易に剥がせるものでなければならない。

これらを整理すると、下記の3点がデジパックに求められる機能となる。

- ▶ ピンヒールや車両の輪荷重や制動力等の外力に対して耐久性を有する。
- ▶ デジパックを撤去した際、舗装表面が原状回復される。
- ▶ デジパックの撤去では、人力で簡単に剥がせる。

3-2 第1回試験施工(平成28年11月)

(1) 条件

前項に示した条件を考慮しながら、第一段階として、デジパックを舗装面に施工した場合の耐久性と撤去のしやすさを確認することとした。

デジパックの施工から撤去までの期間を20日間と設定することから、大阪支店の阪神営業所の敷地内で試験施工を実施した。

当該箇所の舗装路面は、排水性舗装が目詰まりをした状態であり、排水性舗装と密粒度舗装の中間程度の粗い路面であった。



写真-8 舗装の路面状態

(2) 結果

試験施工の結果を表-1に示す。舗装路面に用いた隠蔽ゴムの塗布量は、コンクリート壁面に施す塗布量の3倍および5倍の量とした。

表-1 第1回試験施工の結果

番号	塗り回数	表面硬化材	試験施工の大きさ	塗布量 (ℓ/m ²)	撤去のしやすさ	耐久性
①	3	シリコン系樹脂 (従来のデジパック)	1.4m×1.4m	1.5	△	×
②	3	ポリウレタン塗料	1.4m×1.4m	1.5	△	×
③	5	シリコン系樹脂 (従来のデジパック)	1.4m×1.4m	2.5	○	×
④	5	ポリウレタン塗料	1.4m×1.4m	2.5	○	×
⑤	5	アクリル系樹脂	1.0m×1.0m	2.5	○	×

【施工日】①～④：平成28年11月 7日～ 8日

⑤(追加分)：平成28年11月29日～30日

①隠蔽ゴムの塗布量が1.5ℓ/m²(3層施工)では、施工後10日程度の経過では撤去が可能であるが、20日程度の経過では撤去が困難となる。隠蔽ゴムの塗布量が2.5ℓ/m²(5層施工)では、施工後20日程度の経過でも撤去は可能。

②隠蔽ゴムの塗布量が2.5ℓ/m²(5層施工)では、歩行者の荷重により、一部損傷が生じ剥がれやすくなる。

③隠蔽ゴムの塗布量が1.5ℓ/m²(3層施工)、2.5ℓ/m²(5層施工)ともに、歩行者の荷重により一部損傷が生じ、剥がれやすくなる。

④隠蔽ゴム表面を強固にするためのトップコートについては、従来の表面硬化材(シリコン系)では特に問題は認められなかったが、ポリウレタン系のもは剥がれやすく、隠蔽いゴムとの付着性が悪い。



写真-9 試験施工箇所の全景



写真-10 5層施工部の撤去状況

3-3 第2回試験施工(平成29年3月)

(1) 条件

第1回試験施工の結果を踏まえて、デジパックの隠蔽ゴムを剥がしやすいように、シリコンからウレタンに変更した。さらに、撤去の容易性の確認のため、下地処理材と塗布量を変えて試験を行った。

作業は、『路面に下地処理材を塗布→1層目のウレタン塗布→ガラスクロス敷設→2層目のウレタン塗布→乾燥→完了』という手順で行った。

表-2 下地処理材の種類および塗布量
(1箇所あたりの面積 A=0.4m×0.4m=0.16m²)

番号	名称	商品名 (メーカー)	希釈 倍率	散布量 (g/m ²)
1	乳剤スプレー 0.40/m ²	ワンタッチコート (株式会社ニチュウ)	-	375
2	乳剤スプレー 0.20/m ²	ワンタッチコート (株式会社ニチュウ)	-	194
3	アスファルト 接着強化剤	アスファルト接着強化剤 (家庭化学工業株式会社)	-	344
4	ガラス飛散 フィルム	ガラス飛散防止フィルム (和気産業株式会社)	-	-
5	養生ビニル付 テープ	マスキングテープ	-	-
6	粘着シート	粘着シート (株式会社菊池襖紙工場)	-	-
7	クレラップ	クレラップ (株式会社クレハ)	-	-
8	シリコンルブ 0.50/m ²	シリコンルブ (株式会社クレハ)	-	538
9	シリコンルブ 1.00/m ²	シリコンルブ (呉工業株式会社)	-	994
10	水性クリヤー	水性離型剤SDコート (株式会社大木工藝)	-	350
11	油性クリヤー	油性離型剤バックコート (株式会社大木工藝)	-	725
12	障子のり	プロ用障子のり (株式会社アサヒペン)	原液	1,875
13	石粉 (加水混合)	門真アスコンより入手	-	-

【施工日】平成29年3月9日～10日



写真-11 乳剤スプレー



写真-12 シリコンルブ



写真-13 As接着強化剤



写真-14 障子のり

(2) 結果

1) 耐久性およびすべり抵抗性

3月10日に施工を完了してから、イベント期間を6日間と設定して、3月17日に撤去をするまでの間、耐久性を確認するために、施工箇所上を1日1回の頻度で連絡車を走行させるとともに、歩行者の通行により負荷を与えた。期間中、これらの負荷によるレジパックの“剥がれ”や“めくれ”が発生することはなかった。また、すべり抵抗については、光沢を帯

びてすべりやすく見える表面ではあるが、手指による触感ではグリップ力を感じるほどで、歩行者がすべる心配がないことも確認することができた。



写真-15 試験施工箇所

2) 撤去の容易性および舗装面の原状回復

イベント期間終了後にレジパックを容易に撤去することができ、舗装路面が原状回復できているかどうかについて、確認した結果を表-3に示す。耐久性やはく離の容易さのほかに、清掃のしやすさやコストを加味して総合的に評価を行った。

表-3 試験結果

区分	番号	名称	評価項目および結果				
			はく離	舗装面	耐久性	コスト	総合
乳剤系	1	乳剤スプレー 0.40/m ²	○	×	○	○	△
	2	乳剤スプレー 0.20/m ²	○	×	○	○	△
	3	アスファルト 接着強化剤	○	×	○	△	△
フィルム・シート系	4	ガラス飛散 フィルム	○	◎	○	×	○
	5	養生ビニル付 テープ	○	◎	○	×	○
	6	粘着シート	○	◎	○	×	○
	7	クレラップ	○	◎	○	×	○
シリコン・クリヤー系	8	シリコンルブ 0.50/m ²	×	-	-	-	×
	9	シリコンルブ 1.00/m ²	×	-	-	-	×
	10	水性クリヤー	×	-	-	-	×
のり	11	油性クリヤー	△	×	△	×	×
	12	障子のり	◎	◎	○	○	◎
石粉	13	石粉 (加水混合)	◎	△	○	○	◎

①乳剤系

人力で比較的、容易に剥がすことができたが、舗装表面に乳剤が残り、周囲の舗装面に比べてその部分だけが目立っていた。

②フィルムおよびシート系

完全に舗装とデジパックの縁が切れているため、力を入れることなく、人力で容易に撤去することができたが、一般的にコストが高い。



写真-16 乳剤系

写真-17 シート系

③シリコン系、クリヤー系

シリコンや水性クリヤーは、付着防止剤としての機能を果たしておらず、デジパックと舗装面が完全に付着してしまい、剥がすことができなかった。

油性クリヤーは、剥がすことはできたものの、舗装面が光沢を帯びてしまい、従来の舗装面に比べて異質な様相を呈していた。



写真-18 水性クリヤー

写真-19 油性クリヤー

④障子のりおよび石粉

今回の試験施工では、付着防止剤に“障子のり”と“石粉(加水混合)”を用いたものが良好であることが判明した。のりは、水洗い直後(3月17日)の路面

にまだ残っていたが、降雨による自然環境下で自然に原状回復されていた(4月25日)。一方、石粉は懸濁状の汚れが残っており、完全に原状回復されなかった。



写真-20 のり-3月17日(右上は4月25日)

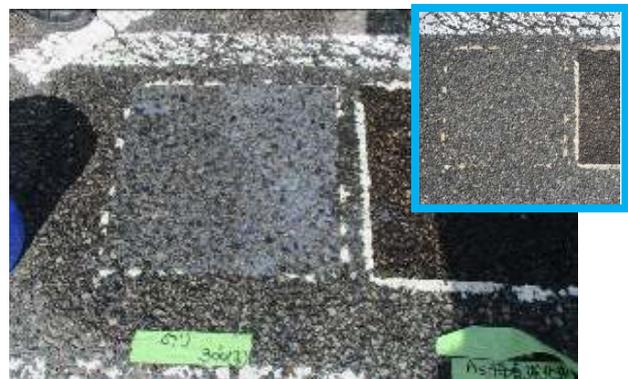


写真-21 石粉-3月17日(右上は4月25日)

4. おわりに

今後は、ウレタン塗布量の希釈調整や、材料の種類を変更した場合などの追加検討を行い、実際の面積である1m²に拡大して、試験施工を実施する予定である。

国道4号幸手地区におけるアスファルト舗装破損調査結果

下館 鎮*
 高山 昌広**
 小菅 俊弘***
 本多 弘樹****

1. はじめに

本書は、平成27年3月末に竣工した、長期保証工事である工事名「国道4号幸手地区舗装その3工事」において、施工区間に発生したアスファルト舗装の破損に対する調査結果をまとめたものである。

2. 現場の平面図と舗装断面等

当該現場の平面図を図-1に、横断面を図-2に、舗装断面面を図-3に、表層施工時の状況を写真-1、2に、および表層施工直後の状況を写真-3に示す。

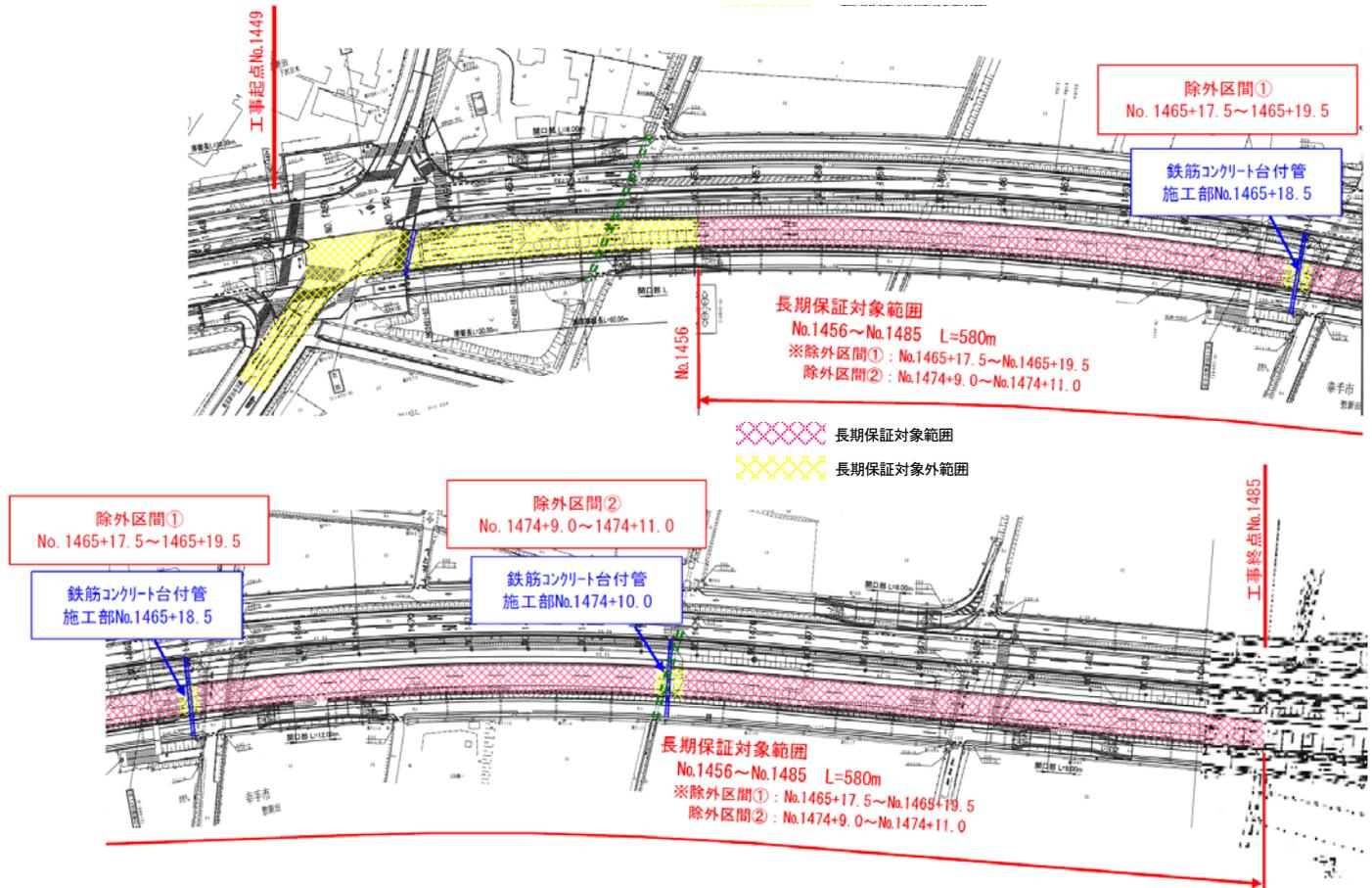


図-1 試験施工の流れ

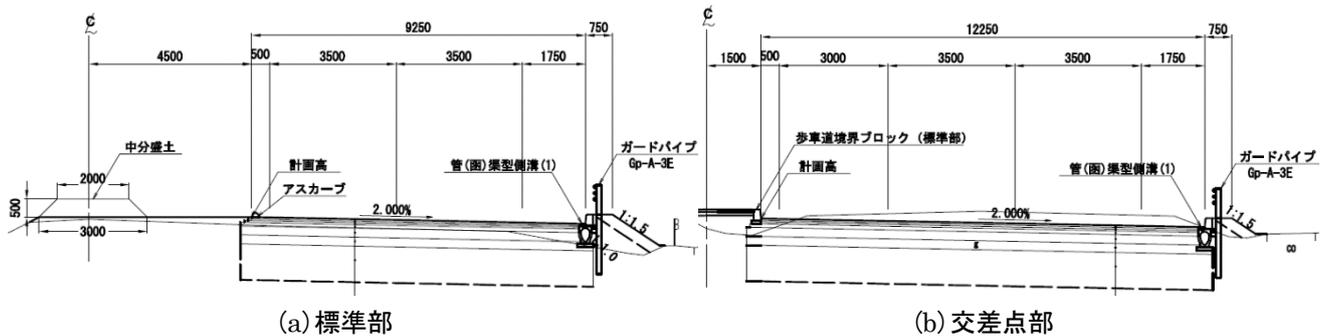


図-2 横断面

表層	改質Ⅱ型密粒度アスコン(20)	50mm
中間層	改質Ⅱ型粗粒度アスコン(20)	50mm
基層	再生粗粒度アスコン(20)	50mm
上層路盤(1)	再生瀝青安定処理	100mm
上層路盤(2)	再生粒度調整碎石(RM-40)	250mm
下層路盤	再生クラッシャーラン(RC-40)	250mm

設計CBR=8.0%

図-3 舗装断面



写真-3 表層施工直後の状況



写真-1 表層施工前のタックコート散布状況



写真-2 表層施工状況

3. 舗装の破損状況

当該現場で発生した舗装の破損状況とその範囲は、以下に示すとおりである。

破損の発生位置と範囲を表-1と図-1、2に、代表的な破損箇所を写真-4、5に示す。

破損の状況を以下に示す。

- ①すべての破損は、施工区間の走行車線のIWP(内側車輪通過位置)で発生しており、合計21ヶ所の破損(ポットホール)が連続的に発生している。
- ②21ヶ所の内2ヶ所では、10mと14mの範囲にポットホールが点在している。
- ③起点側(芝原交差点側)に、比較的大きなポットホールが発生している。
- ④ポットホール発生箇所は、起点側(芝原交差点側)になるほどわだち掘れを伴っている。
- ⑤追越車線と当社施工の前後の区間(他社施工区間)には、ポットホールはほとんど発生していない。

表-1 破損の発生位置と範囲

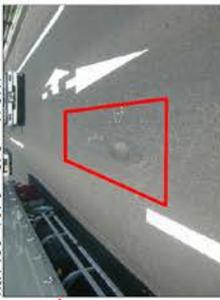
番号	測点	破損の範囲
1	No.1455+19.0	0.3×1.0m
2	No.1456+ 9.0~1456+19.0	0.5×10.0m
3	No.1457+ 4.0~1457+18.0	0.5×14.0m
4	No.1460+ 3.0	0.3×1.0m
5	No.1461+ 8.0	0.3×1.0m
6	No.1461+13.0	0.2×0.2m
7	No.1462+ 0.0	0.3×1.0m
8	No.1462+ 8.0	0.2×0.2m
9	No.1462+18.0	0.5×1.5m
10	No.1464+ 3.0	0.3×1.0m
11	No.1465+12.0	0.3×1.0m
12	No.1468+18.0	0.3×1.0m
13	No.1470+ 5.0	0.5×1.5m
14	No.1472+ 2.0	0.2×0.2m
15	No.1472+11.0	0.5×0.5m
16	No.1473+ 0.0	0.5×1.0m
17	No.1477+16.0	0.3×0.3m
18	No.1478+ 4.0	0.3×0.3m
19	No.1478+ 6.0	0.3×0.3m
20	No.1480+ 9.0	0.3×0.3m
21	No.1483+ 9.0	0.3×0.5m

補修方法は路面切削により不具合部を撤去、
改質Ⅱ型密粒度73コトにて復旧する。

補修幅は1.0m
補修長さは損傷部十前後50cm

平面図(1)

No.1455+19.0 0.3×1.0m



No.1456+9.0 0.5×10.0m



No.1457+4.0 0.5×14.0m



No.1460+3.0 0.3×1.0m

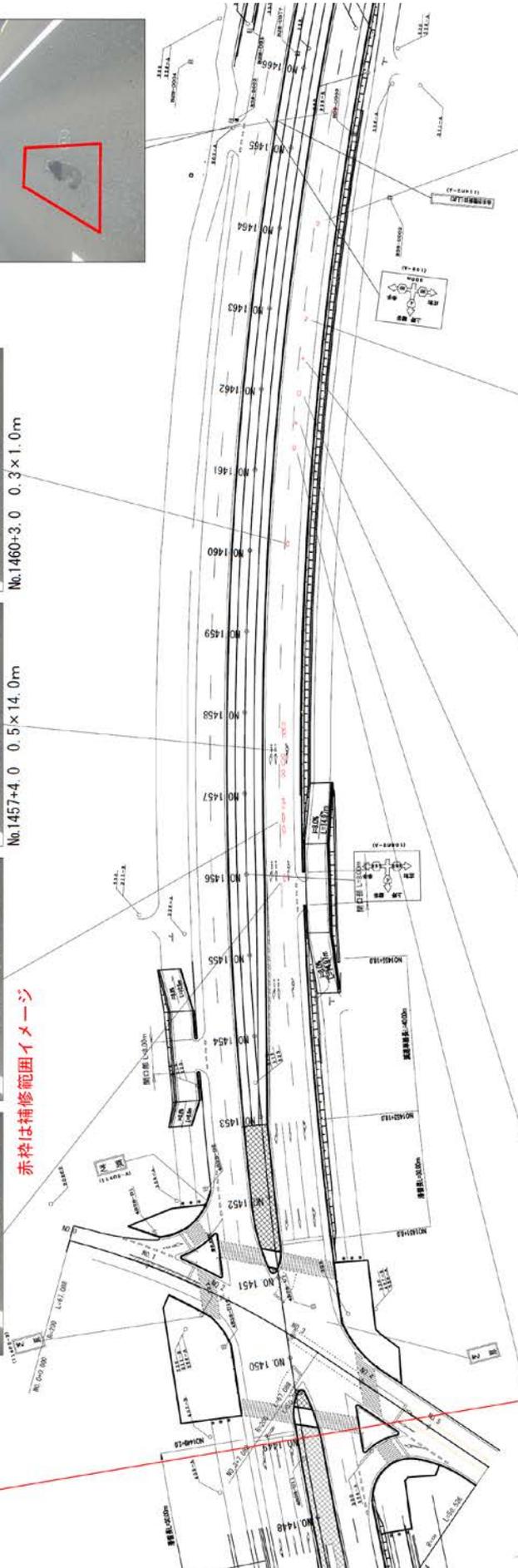


No.1465+12.0 0.3×1.0m



工事起点【No.1449】

赤枠は補修範囲イメージ



No.1461+8.0 0.3×1.0m



No.1461+13.0 0.2×0.2m



No.1462+0.0 0.3×1.0m



No.1462+8.0 0.2×0.2m



No.1462+18.0 0.5×1.5m



No.1464+3.0 0.3×1.0m

図-4 破損の発生位置と範囲(番号1~11)

平面図 (2)

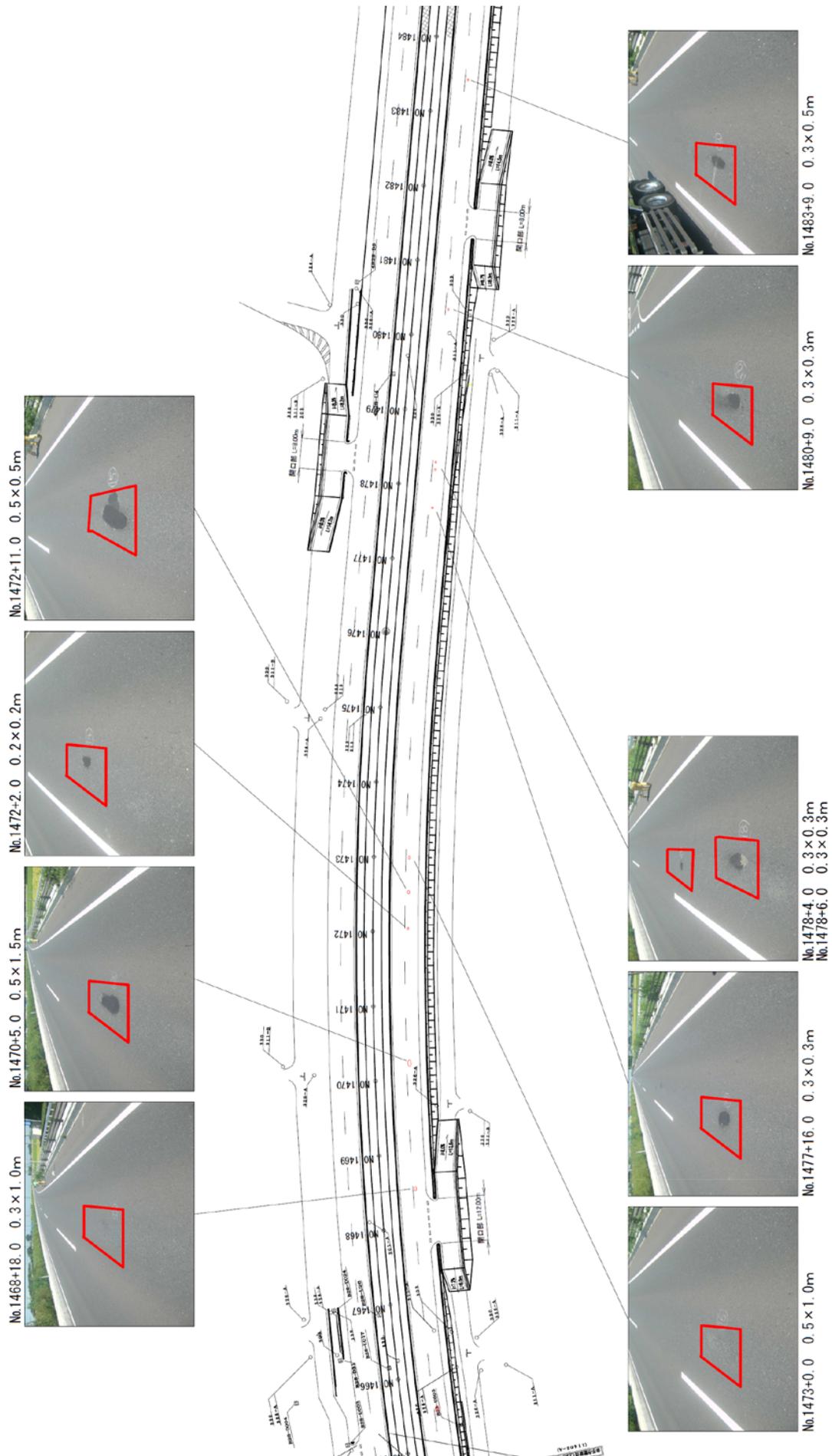


図-5 破損の発生位置と範囲 (番号 12~21)

4. 破損調査

4-1 調査概要

(1) 舗装補修時における目視調査

舗装補修時における目視調査は、小型切削機を用いた切削オーバーレイ時に実施した。目視調査の主な着目点は、①脆弱部の有無、②侵入水の有無、および③混合物のはく離状況、である。

(2) コア採取による混合物の目視観察と物性試験

コア採取による混合物の目視観察と物性試験では、以下に示す内容を実施した。

①健全部と損傷部から採取した混合物の目視観察

→ひび割れ・はく離の有無の確認

②健全部と損傷部から採取した混合物の密度測定

→密度と締固め度の確認・比較

③健全部と損傷部の表層と中間層間の接着強度試験

→表層中間層間の接着強度の比較(相対比較と一般的な接着強度に対する比較)

④健全部から採取した混合物のアスファルト抽出試験

→混合物粒度とアスファルト量の設計値との比較

⑤健全部と損傷部から採取した混合物の成分分析

→アスファルト成分分析による油脂等の確認

(3) 施工時の状況の聞き取り調査

現場の施工時の状況等について、現場担当者に聞き取り調査を行った。聞き取り調査の主な着目点は、①各層の施工時期、②施工方法・手順、および③施工時の状況、である。

4-1 調査項目と数量等

調査項目と数量を表-2 に、調査項目の詳細内訳を表-3 に、およびコア採取位置を図-6、7に示す。

表-2 調査項目と数量

調査項目	数量	単位	方法	内 訳
目視調査	1	式	—	舗装補修時、コア採取時
コア採取	20	箇所	エンジンコアカッターによる採取	t=25cm 6測点×3ヶ所(OWP、BWP、IWP) 2測点×1ヶ所(IWP)
コア密度測定	68	供試体	舗装調査・試験法便覧B008	14供試体×1層(表) 18供試体×3層(中・基・As安定)
接着強度試験	6	供試体	舗装調査・試験法便覧C003	IWP 表層と中間層間
アスファルト抽出試験	6	試料	舗装調査・試験法便覧G028	IWP 2層(表・中) BWP 4層(表・中・基・As安定)
アスファルト成分分析	5	試料	ガスクロマトグラフによるアスファルト成分分析	OWPの表層1試料、IWPの表層2試料 IWPの中間層2試料
聞き取り調査	1	式	—	現場施工担当者

表-3 調査項目の詳細内訳

測 点	表 層			中間層			基 層			上層路盤①		
	OWP	BWP	IWP	OWP	BWP	IWP	OWP	BWP	IWP	OWP	BWP	IWP
損傷部 No.1456+ 9.0	成分分析	抽出	成分分析・抽出		抽出	抽出		抽出			抽出	
損傷部 No.1461+ 8.0							抽出・成分分析 ^{**}					
損傷部 No.1465+12.0			接着試験後、抽出									
損傷部 No.1473+ 0.0												
健全部 No.1475+ 0.0		抽出			抽出	抽出		抽出			抽出	
損傷部 No.1477+16.0			成分分析・抽出			成分分析 ^{**}						
健全部 No.1479+ 0.0			接着試験後、抽出		抽出	抽出		抽出			抽出	
健全部 No.1484+ 0.0		抽出										

※成分分析はコアではなく、別途採取した試料

：密度測定



写真-4 わだち掘れを伴うポットホール



写真-5 わだち掘れを伴わないポットホール

補修方法は路面切削により不具合部を撤去、
改質Ⅱ型密粒度アクリルにて復旧する。

補修幅は1.0m
補修長さは損傷部+前後50cm

平面図(1)

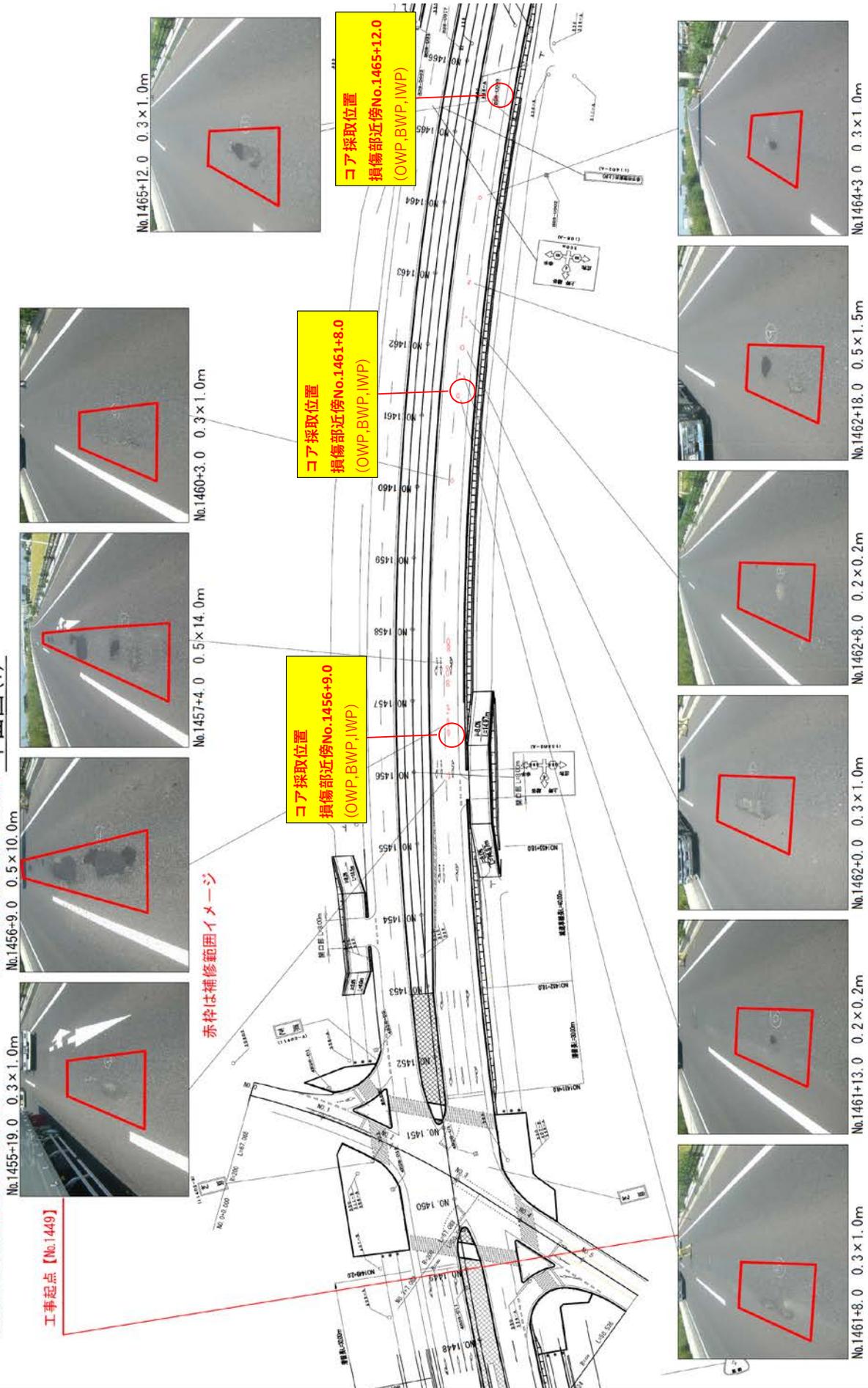


図-6 コア採取位置(1)

平面图 (2)

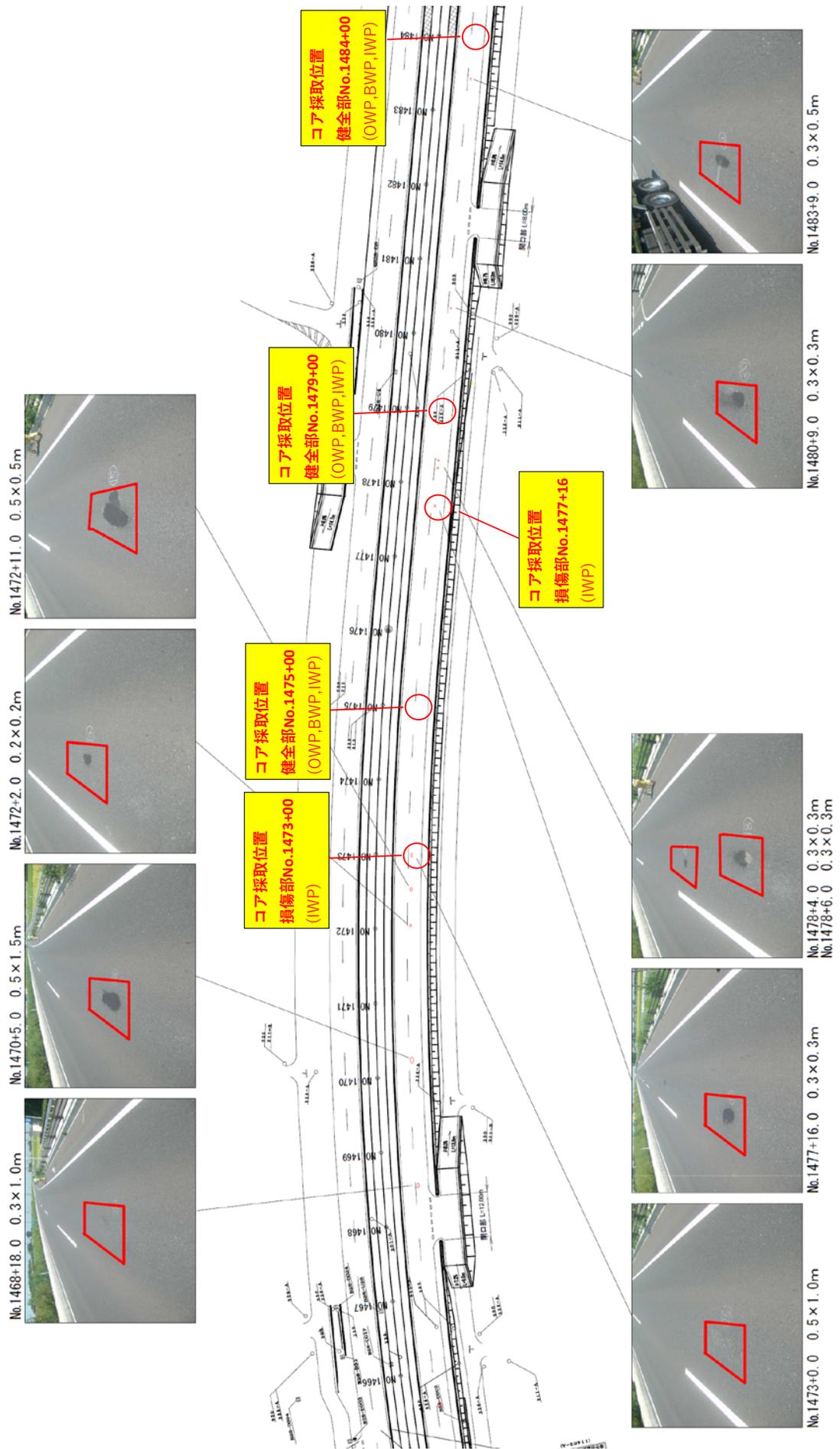


図-7 コア採取位置 (2)

5. 調査結果

5-1 舗装補修時における目視調査結果

(1) 表層切削後の中間層表面の状態

表層切削後の中間層表面の状態を以下に示す。

①表層の切削後の中間層の上面は、湿潤状態と乾燥状態の箇所があり、湿潤状態の箇所はハンマーで容易に削ることができ、削った混合物ははく離した状態であった(写真-6 参照)。

②切削面に対して打音検査を実施した結果、中間層と基層の間に接着不良はみられなかった。

③切削面の表面をハンマーで削りながら脆弱部の有無を確認し、脆弱部があった場合は、さらに 5cm 切削した。

④表層を常温合材で補修した部分を剥がすと、中間層表面がはく離した状態となっており、その部分をノミで削って掘り下げると固く緻密な混合物であった(写真-7 参照)。

以上のことから、表層切削後の中間層は、基層との接着状態に異常はみられなかったものの、湿潤状態の部分やポットホール直下は、表面がはく離によって脆弱化していた。ただし、混合物内部は、緻密で良好な状態であった。



写真-6 中間層上面の状態



写真-7 中間層補修跡

(2) 表層切削後の側面の状態

表層の側面を観察すると、写真-8 に示すような粗い箇所が見受けられたが、後述する密度測定結果によれば、高い締固め度が得られているため、切削の影響によるものと考えられる。

(3) 中間層切削後の基層上面の状態

中間層切削後の基層上面は、写真-9 に示すように湿潤状態の箇所と乾燥状態の箇所があり、IWP を境に横断勾配の上側が湿潤状態、下側が乾燥状態となっていた。この原因としては、以下の二つのことが考えられる。



写真-8 表層側面の状態



写真-9 基層上面の状態

①中央分離帯側から水が浸入し、勾配下方側へ向かって、層間または混合物中の空隙を満たして、湿潤状態となった。

②ポットホールの発生箇所から水が浸入し、交通荷重による加圧水が、層間または混合物中の空隙を満たして、ポットホール周辺が湿潤状態となった。

(4) 中間層切削後の側面の状態

中間層切削後の側面を観察すると、写真-10 に示すように中間層全体が湿潤状態であったので、前記した侵入水は層間界面だけでなく、混合物中にも浸透していることが確認された。



写真-10 基層・中間層の側面の状態

5-2 コア採取による混合物の目視観察と物性試験

(1) コアの目視観察結果

コアの目視観察結果を以下に示す。

- ①採取したコアは、目視観察では各層(表層～上層路盤)とも概ね良好な状態であったが、損傷部近傍のIWP(図-8)から採取したコアでは、表層と中間層若若干は離状態のように見受けられたものがあった。
- ②損傷部(図-9)で採取したコアについては、中間層以下の層に大きな異常はみられなかった。

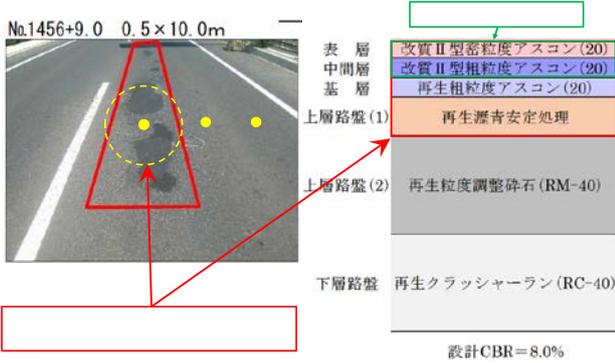


図-8 損傷部近傍のIWPのコア採取位置



図-9 損傷部のコア採取位置

(1) 混合物の物性試験結果

1) コア密度試験結果

コアの密度試験結果から得られた知見を以下に示す。

【表層(密粒度アスファルト混合物(13)改質II型)】

採取したコアの密度測定結果を表-4と図-10に示す。

- ①OWPのコア密度は2.409～2.457g/cm³で、全箇所とも締固め度が100%以上であった。
- ②BWPのコア密度は2.393～2.414g/cm³で、締固め度は99.7～100.5%であった。
- ③IWPのコア密度は2.389～2.402g/cm³で、締固め度は99.5～100.0%であった。
- ④すべてのコアの締固め度は、規格値を満足している。
- ⑤BWPに比べてOWPにおける締固め度が若干大きくなっている原因は、OWPが車輪通過位置であるため、走行車両の荷重による圧密のためと考えられる。
- ⑥健全部と損傷部近傍のOWPとBWPにおける締固め度を比較すると、ほぼ同様の値となった。

以上のことから、表層のコアの締固め度は、すべて規格を満足しており、また健全部と損傷部近傍のコア密度による相違は認められなかった。

表-4 表層の密度測定結果

測点	混合物種別	OWP		BWP		IWP		基準密度(g/cm ³)
		コア密度(g/cm ³)	締固め度(%)	コア密度(g/cm ³)	締固め度(%)	コア密度(g/cm ³)	締固め度(%)	
健全部	No.1475+0.0	2.435	101.4	2.409	100.3	-	-	2.401
	No.1479+0.0	2.433	101.3	2.401	100.0	-	-	
	No.1484+0.0	2.409	100.3	2.407	100.2	-	-	
損傷部近傍	No.1456+9.0	2.457	102.3	2.409	100.3	2.402	100.0	
	No.1461+8.0	2.452	102.1	2.414	100.5	-	-	
	No.1465+12.0	2.416	100.6	2.393	99.7	2.389	99.5	
損傷部	No.1473+0.0	-	-	-	-	-	-	
	No.1477+16.0	-	-	-	-	2.395	99.8	

※斜線部はコア未採取、横線部は接着試験によりコア破損のため試験できず。

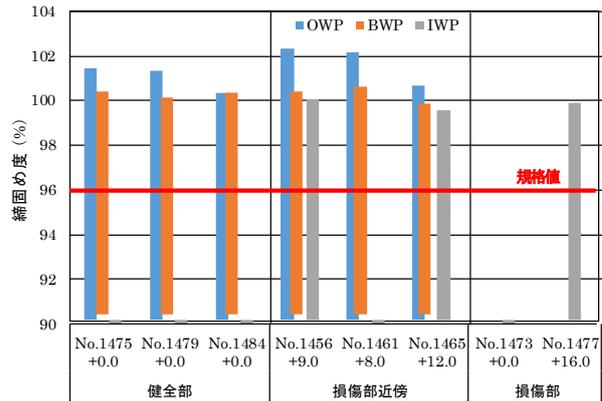


図-10 表層の密度測定結果

【中間層(粗粒度アスファルト混合物(20)改質II型)】

採取したコアの密度測定結果を表-5と図-11に示す。

- ①OWPのコア密度は2.332～2.424g/cm³で、締固め度は96.8～100.6%であった。
 - ②BWPのコア密度は2.321～2.381g/cm³で、締固め度は96.3～98.8%であった。
 - ③IWPのコア密度は2.334～2.415g/cm³で、締固め度は96.8～100.2%であった。
 - ④すべてのコアの締固め度は、規格値を満足している。
 - ⑤BWPに比べてOWPにおける締固め度が若干大きくなっている原因は、OWPが車輪通過位置であるため、走行車両の荷重による圧密のためと考えられる。
 - ⑥健全部と損傷部近傍の締固め度を比べると、健全部で若干のばらつきがあるものの概ね同様の値であった。
- 以上のことから、中間層のコアの締固め度は、すべて規格を満足しており、また健全部と損傷部近傍のコア密度による相違は認められなかった。

表-5 中間層の密度測定結果

測点	混合物種別	OWP		BWP		IWP		基準密度(g/cm ³)
		コア密度(g/cm ³)	締固め度(%)	コア密度(g/cm ³)	締固め度(%)	コア密度(g/cm ³)	締固め度(%)	
健全部	No.1475+0.0	2.395	99.4	2.343	97.2	-	-	2.410
	No.1479+0.0	2.332	96.8	2.344	97.3	-	-	
	No.1484+0.0	2.424	100.6	2.381	98.8	-	-	
損傷部近傍	No.1456+9.0	2.341	97.1	2.321	96.3	2.415	100.2	
	No.1461+8.0	2.377	98.6	2.355	97.7	-	-	
	No.1465+12.0	2.357	97.8	2.329	96.6	2.383	98.9	
損傷部	No.1473+0.0	-	-	-	-	-	-	
	No.1477+16.0	-	-	-	-	2.334	96.8	

※斜線部はコア未採取、横線部は接着試験によりコア破損のため試験できず。

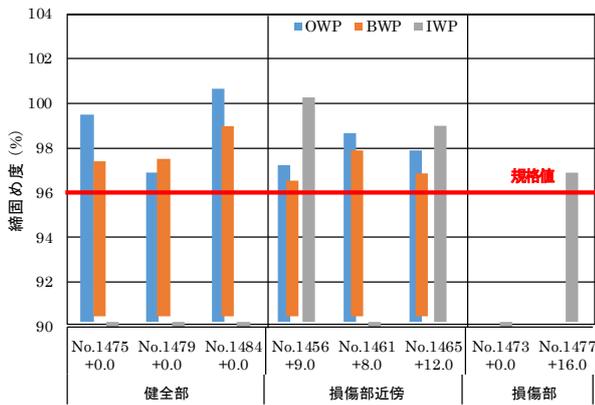


図-11 中間層の密度測定結果

【基層(再生粗粒度アスファルト混合物(20))】

採取したコアの密度測定結果を表-6 と図-12 に示す。

- ①OWP のコア密度は 2.320~2.370 g/cm³ で、締固め度は 96.0~98.1%であった。
 - ②BWP のコア密度は 2.326~2.369 g/cm³ で、締固め度は 96.3~98.1%であった。
 - ③IWP のコア密度は 2.323~2.350 g/cm³ で、締固め度は 96.2~97.3%であった。
 - ④すべてのコアの締固め度は、規格値を満足している。
 - ⑤OWP、BWP および IWP における締固め度を比較すると、ばらつきはあるものの三者に大きな差はない。
 - ⑥健全部、損傷部近傍および損傷部の締固め度を比較すると、ばらつきはあるものの両者に大きな差はない。
- 以上のことから、基層のコアの締固め度は、すべて規格を満足しており、また健全部、損傷部近傍および損傷部のコア密度による相違は認められなかった。

表-6 基層の密度測定結果

測 点	混合物種別	OWP		BWP		IWP		基準密度 (g/cm ³)
		コア密度 (g/cm ³)	締固め度 (%)	コア密度 (g/cm ³)	締固め度 (%)	コア密度 (g/cm ³)	締固め度 (%)	
健全部	No.1475+ 0.0	2.330	96.4	2.339	96.8	2.337	96.7	2.416
	No.1479+ 0.0	2.320	96.0	2.326	96.3	2.340	96.9	
	No.1484+ 0.0	2.358	97.6	2.369	98.1	2.347	97.1	
損傷部近傍	No.1456+ 9.0	2.329	96.4	2.327	96.3	2.341	96.9	
	No.1461+ 8.0	2.370	98.1	2.355	97.5	2.323	96.2	
	No.1465+12.0	2.370	98.1	2.351	97.3	2.334	96.6	
損傷部	No.1473+ 0.0					2.350	97.3	
	No.1477+16.0					2.344	97.0	

※斜線部はコア未採取

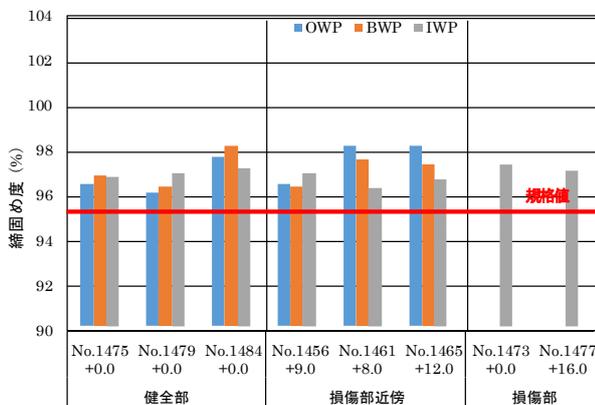


図-12 基層の密度測定結果

【上層路盤(再生 As 安定処理)】

採取したコアの密度測定結果を表-7 と図-13 に示す。

- ①OWP のコア密度は 2.316~2.411 g/cm³ で、締固め度は 97.2~101.2%であった。
 - ②BWP のコア密度は 2.327~2.396 g/cm³ で、締固め度は 97.7~100.5%であった。
 - ③IWP のコア密度は 2.320~2.412 g/cm³ で、締固め度は 97.4~101.2%であった。
 - ④すべてのコアの締固め度は、規格値を満足している。
 - ⑤BWP に比べて OWP の締固め度が若干大きくなっている原因は、OWP が車輪通過位置であるためと考えられる。
 - ⑥健全部、損傷部近傍および損傷部の締固め度を比較すると、OWP、BWP および IWP とともに概ね健全部の方が小さい値となっていた。
- 以上のことから、上層路盤の締固め度は、すべて規格を満足し、また損傷部近傍のコア密度は、OWP、BWP および IWP とともに健全部より大きい傾向が認められた。

表-7 上層路盤の密度測定結果

測 点	混合物種別	OWP		BWP		IWP		基準密度 (g/cm ³)
		コア密度 (g/cm ³)	締固め度 (%)	コア密度 (g/cm ³)	締固め度 (%)	コア密度 (g/cm ³)	締固め度 (%)	
健全部	No.1475+ 0.0	2.316	97.2	2.332	97.9	2.346	98.4	2.383
	No.1479+ 0.0	2.396	100.5	2.359	99.0	2.344	98.4	
	No.1484+ 0.0	2.357	98.9	2.327	97.7	2.320	97.4	
損傷部近傍	No.1456+ 9.0	2.387	100.2	2.371	99.5	2.412	101.2	
	No.1461+ 8.0	2.383	100.0	2.367	99.3	2.362	99.1	
	No.1465+12.0	2.411	101.2	2.396	100.5	2.407	101.0	
損傷部	No.1473+ 0.0					2.376	99.7	
	No.1477+16.0					2.344	98.4	

※斜線部はコア未採取

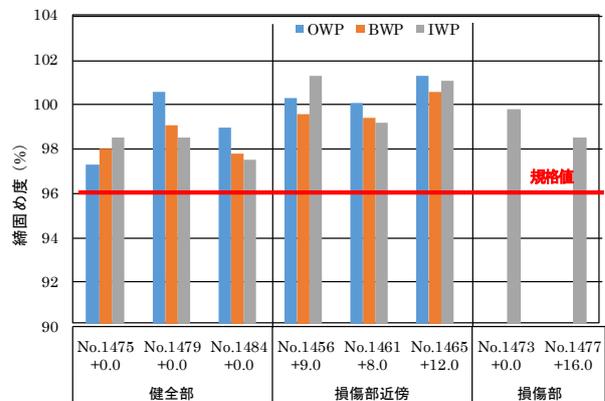


図-13 上層路盤の密度測定結果

2) 表層と中間層間の接着強度試験結果

表層と中間層間の接着強度試験結果を表-8 と図-14 に示す。その試験結果より、表層と中間層間の接着強度等についての知見を以下に示す。なお、当該現場では、表層と中間層間のタックコートとして、タイヤ付着抑制型アスファルト乳剤(PKM-T)を使用しており、今回使用した材料の標準的な接着強度は、1.2N/mm²弱(東亜道路工業製タックファインEのパフレットより)である。

- ①健全部の接着強度の測定は3箇所で行われ、その結果はそれぞれ0.50、0.90 および0.55MPa となり、破断

位置については、表層と中間層間破断、中間層破壊および表層破壊の三者三様となった。

- ② 損傷部近傍の接着強度の測定は2箇所を実施し、その結果は2箇所の内1箇所で0.50MPa、もう1箇所です試験前に破断して測定不能であった。なお、破断位置は両者とも表層と中間層間であった。
- ③ 損傷部の接着強度測定は1箇所を実施し、その結果は0.18MPaとなり、破断位置は表層と中間層間であった。
- ④ 比較的大きな接着強度を示した健全部 No.1479+00 の供試体は、接着強度としては標準的な値を若干下回る程度であり、供試体内部への侵入水がなく、界面はく離の状態も小さかった。
- ⑤ 健全部 No. 1479+00 以外の供試体は、接着強度としては標準的な値の約50%程度またはそれ以下であり、供試体内部への侵入水がみられ、界面はく離の状態も大きかった(写真-11、12 参照)。

表-8 表層と中間層間の接着強度試験結果

測点	接着強度 (MPa)	破断位置	備考
健全部 No.1475+ 0.0 IWP	0.50	表層と中間層間	侵入水あり、界面はく離大
健全部 No.1479+ 0.0 IWP	0.90	中間層破壊	侵入水なし、界面はく離小
健全部 No.1484+ 0.0 IWP	0.55	表層破壊	侵入水あり、界面はく離大
損傷部近傍 No.1461+ 8.0 IWP	0.50	表層と中間層間	侵入水あり、界面はく離中
損傷部近傍 No.1465+12.0 IWP	-	表層と中間層間	試験前に破断
損傷部 No.1473+ 0.0 IWP	0.18	表層と中間層間	侵入水あり、界面はく離大

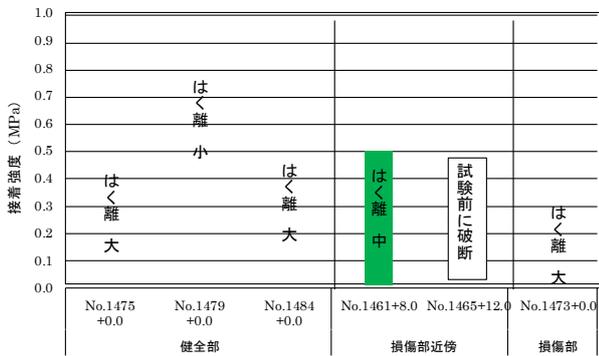


図-14 表層と中間層間の接着強度試験結果



写真-11 No.1475+00(健全部)の層間界面のはく離状況



写真-12 No.1473+00(損傷部)の層間界面のはく離状況

以上のことから、損傷部近傍と損傷部の接着強度は、界面はく離により標準的な値に対して小さくなっており、また健全部であっても界面はく離が大きい箇所では、接着強度が小さい傾向が認められた。

3) アスファルト抽出試験結果

アスファルト抽出試験結果から得られた知見を以下に示す。

【表層(密粒度アスファルト混合物(20)改質II型)】

アスファルト抽出試験結果を表-9と図-15に示す。

- ① 設計粒度に対して、BWPとIWPともに若干下方側であるが、ほぼ同様の粒度である。
- ② 設計アスファルト量に対して、BWPとIWPともにアスファルト量(以下、As量)が若干少なくなっているが、ほぼ同程度である。

以上のことから、表層の骨材粒度は、設計粒度とほぼ同様の粒度であり、As量についても設計値と比べてほぼ同程度であるので、表層の混合物配合に異常は認められなかった。

表-9 表層のアスファルト抽出試験結果

項目	表層(密粒度アスファルト混合物(20)改質II型)						
	ふるい目 (mm)	BWP		IWP		設計値	粒度範囲
		粒度	差	粒度	差		
通過質量百分率 (%)	26.5	100	0	100	0	100	100
	19.0	96.4	-3.1	98.9	-0.6	99.5	95 ~ 100
	13.2	80.7	-2.2	79.9	-3.0	82.9	75 ~ 90
	9.5	71.0	-	70.5	-	-	-
	4.75	56.0	-1.6	53.0	-4.6	57.6	45 ~ 65
	2.36	43.2	-1.7	40.6	-4.3	44.9	35 ~ 50
	0.6	25.5	-1.2	24.0	-2.7	26.7	18 ~ 30
	0.3	18.0	1.0	14.1	-2.9	17.0	10 ~ 21
	0.15	8.8	-1.4	7.2	-3.0	10.2	6 ~ 16
	0.075	5.3	-0.7	4.4	-1.6	6.0	4 ~ 8
As量 (%)	4.91	-0.19	4.73	-0.37	5.1	-	

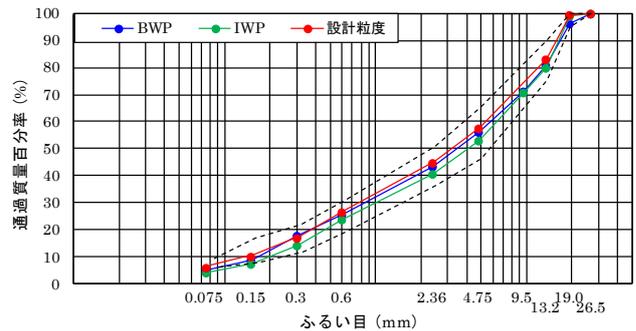


図-15 表層のアスファルト抽出試験結果

【中間層(粗粒度アスファルト混合物(20)改質II型)】

アスファルト抽出試験結果を表-10と図-16に示す。

- ① 設計粒度に比べ、BWPとIWPともに若干上方側であるが、ほぼ同様の粒度である。
- ② 設計アスファルト量に比べ、BWPとIWPともにAs量が若干多くなっているが、ほぼ同程度である。

以上のことから、中間層の骨材粒度は設計粒度とほぼ同様の粒度であり、As 量についても設計値に対してはほぼ同程度であるので、中間層の混合物配合に異常は認められなかった。

表-10 中間層のアスファルト抽出試験結果

項目		中間層(粗粒度アスファルト混合物(20)改質II型)				
ふるい目 (mm)	BWP		IWP		設計値	粒度範囲
	粒度	差	粒度	差		
26.5	100	0	100	0	100	100
19.0	99.1	-0.4	98.9	-0.6	99.5	95 ~ 100
13.2	82.5	1.4	82.6	1.5	81.1	70 ~ 90
9.5	71.5	-	69.0	-	-	-
4.75	51.5	3.5	51.7	3.7	48.0	35 ~ 55
2.36	31.7	2.1	32.3	2.7	29.6	20 ~ 35
0.6	19.8	2.0	21.2	3.4	17.8	11 ~ 23
0.3	14.5	3.2	14.7	3.4	11.3	5 ~ 16
0.15	7.4	0.2	7.6	0.4	7.2	4 ~ 12
0.075	4.7	0.3	4.7	0.3	4.4	2 ~ 7
As量 (%)	5.16	0.46	4.82	0.12	4.7	-

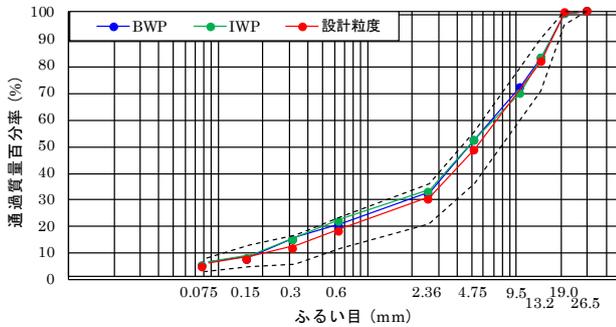


図-16 中間層のアスファルト抽出試験結果

【基層(再生粗粒度アスファルト混合物(20))】

アスファルト抽出試験結果を表-11 と図-17 に示す。

- ①設計粒度に比べ若干上方側であるが、ほぼ同様である。
- ②設計 As 量に比べ、As 量が若干多くなっているが、ほぼ同程度である。

以上のことから、基層の骨材粒度は設計粒度とほぼ同様の粒度であり、As 量についても設計値に対してはほぼ同程度であるので、基層の混合物配合に異常は認められなかった。

表-11 基層のアスファルト抽出試験結果

項目		基層(再生粗粒度アスファルト混合物(20))			
ふるい目 (mm)	BWP		設計値	粒度範囲	
	粒度	差			
26.5	100.0	0.0	100.0	100	
19.0	100.0	2.3	97.7	95 ~ 100	
13.2	89.2	4.3	84.9	70 ~ 90	
9.5	75.0	-	-	-	
4.75	51.9	5.8	46.1	35 ~ 55	
2.36	31.8	2.2	29.6	20 ~ 35	
0.6	20.9	4.6	16.3	11 ~ 23	
0.3	13.7	2.9	10.8	5 ~ 16	
0.15	10.1	3.4	6.7	4 ~ 12	
0.075	5.9	1.7	4.2	2 ~ 7	
As量 (%)	5.15	0.45	4.7	-	

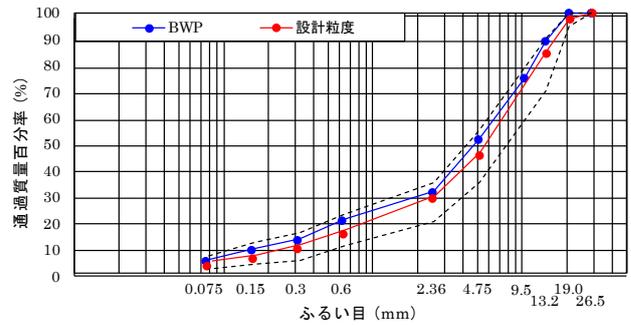


図-17 基層のアスファルト抽出試験結果

【上層路盤(再生 As 安定処理)】

アスファルト抽出試験結果を表-12 と図-18 に示す。

- ①設計粒度に対して、9.5mm 以上の通過量は上方側であるが、4.75mm 以下の通過量はほぼ同程度である。
- ②設計 As 量に対して、As 量が若干多くなっているが、ほぼ同程度である。

以上のことから、上層路盤の骨材粒度は、設計粒度とほぼ同様の粒度であり、As 量についても、設計値に対してはほぼ同程度であるので、上層路盤の混合物配合に異常は認められなかった。

表-12 上層路盤のアスファルト抽出試験結果

項目		上層路盤(再生As安定処理)			
ふるい目 (mm)	BWP		設計値	粒度範囲	
	粒度	差			
37.5	100	2.7	97.3	95 ~ 100	
31.5	98.9	5.2	93.7		
26.5	97.9	7.8	90.1		
19.0	94.9	9.9	85.0	50 ~ 100	
13.2	86.8	11.8	75.0		
9.5	78.7	-	-		
4.75	60.9	-1.1	62.0		
2.36	43.4	-2.4	45.8	20 ~ 60	
0.6	27.6	2.3	25.3		
0.3	20.1	2.9	17.2		
0.15	11.5	1.8	9.7		
0.075	7.0	1.9	5.1	0 ~ 10	
As量 (%)	4.7	0.5	4.2	-	

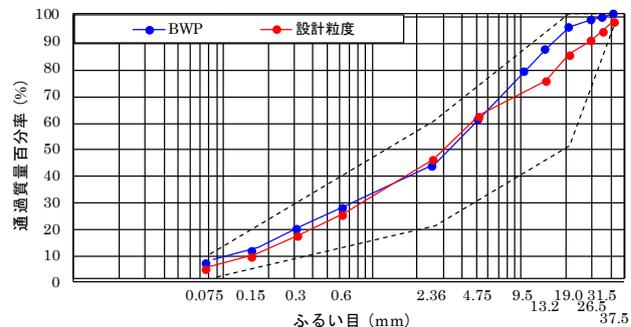


図-18 上層路盤のアスファルト抽出試験結果

4) アスファルト成分分析結果

健全部と損傷部から採取した試料を用いて、ガスクロマトグラフによるアスファルトの成分分析を行った。試

料採取位置を表-13 と図-19～21 に、健全部の成分分析図を図-22 に示す。

損傷部と損傷部近傍の成分分析図(図-23 参照)より、健全部と各損傷部のガスクロマトグラフのピーク形状の比較結果を表-14 に示す。

表-13 試料採取位置

区分	測点	備考
健全部	No.1456+ 9.0 OWP	図-19参照
損傷部近傍	No.1456+ 9.0 IWP	
損傷部	No.1477+16.0 IWP	図-20参照
損傷部近傍	No.1465+12.0 IWP	図-21参照
損傷部	No.1477+16.0 IWP	図-20参照

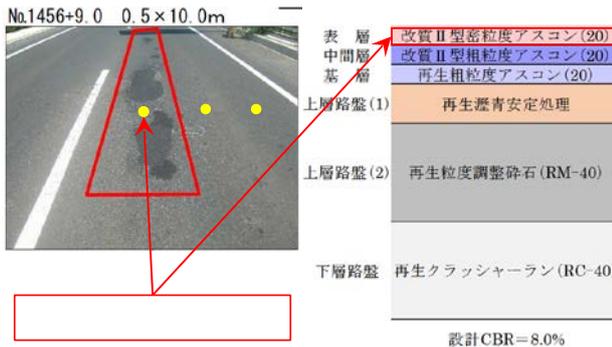


図-19 No.1456+9.0の試料採取位置



図-20 No.1477+16の試料採取位置

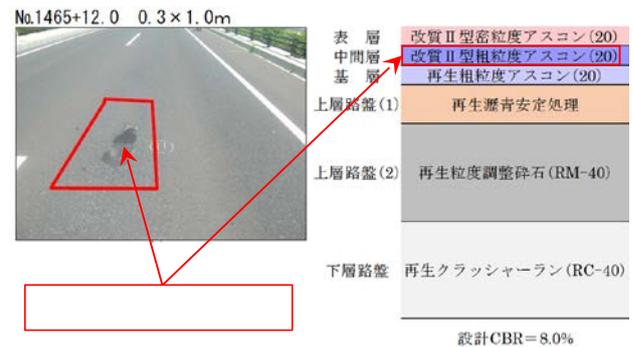


図-21 No.1465+12の試料採取位置

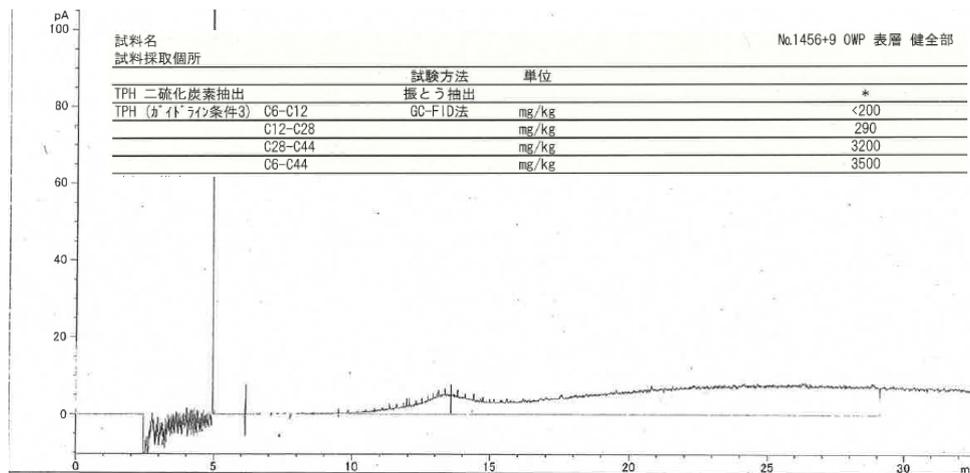


図-22 成分分析図(健全部の表層、No.1456+9.0 OWP)

表-14 健全部と各損傷部のガスクロマトグラフのピーク形状の比較結果

区分	測点	ガスクロマトグラフのピーク形状の比較
損傷部近傍	表層 No.1456+ 9.0 IWP	健全部とはほぼ同様なピーク形状だが、リテンションタイム13.5min付近のピークトップに着目すると、健全部よりもやや高い傾向を示している。この範囲に該当する石油製品としては、軽油や潤滑油が考えられる。
損傷部	表層 No.1477+16.0 IWP	健全部と比較すると、リテンションタイム11min付近を中心とする凸型のピーク形状を示している。この範囲に該当する石油製品としては、軽油が考えられる。
損傷部近傍	中間層 No.1465+12.0 IWP	
損傷部	中間層 No.1477+16.0 IWP	

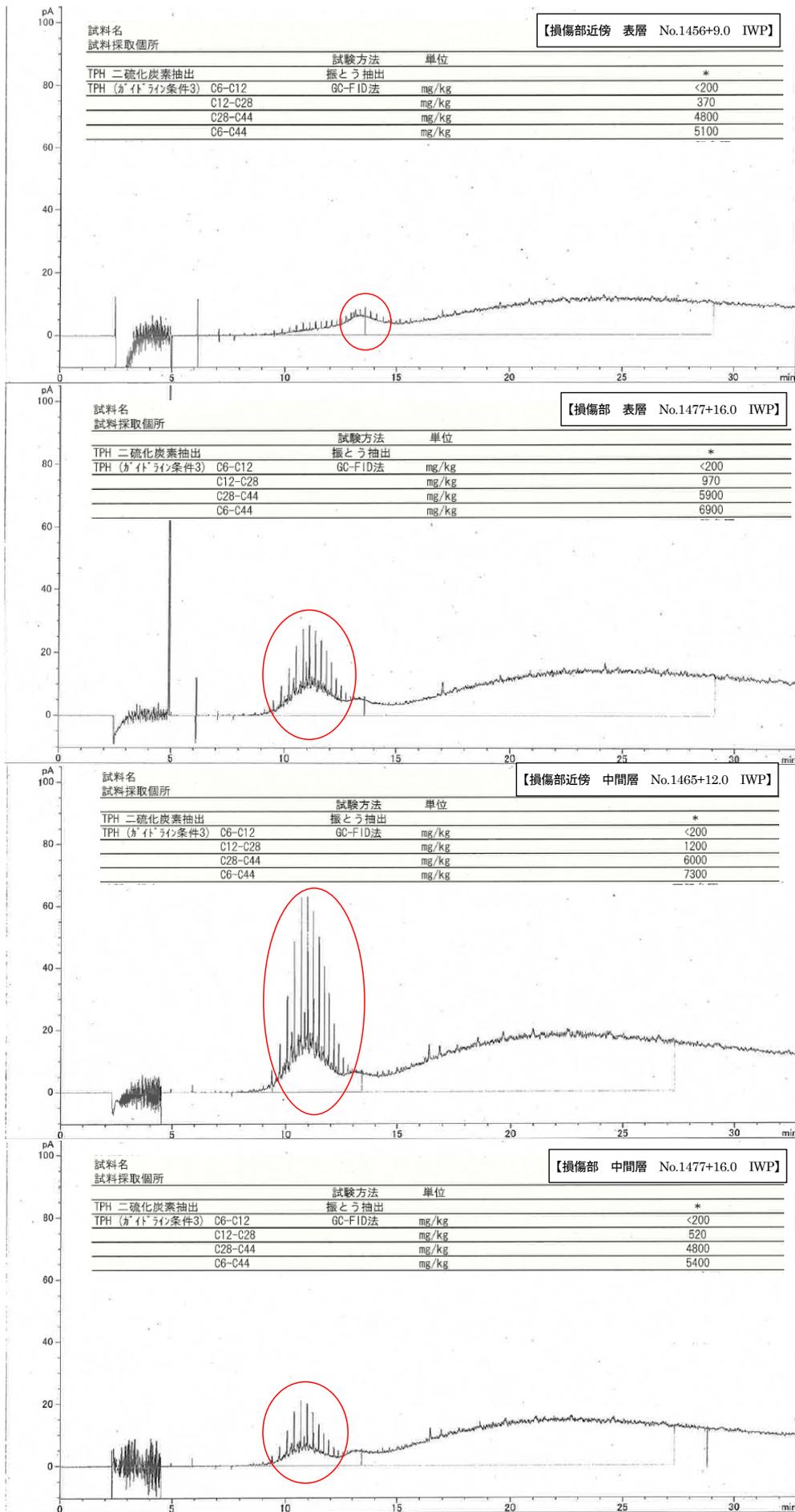


図-23 損傷部と損傷部近傍の成分分析図

5-3 現場担当者への聞き取り調査

現場担当者への聞き取り調査結果を以下に示す。

(1) 中間層施工後の状況

- ①中間層施工完了が12月19日、表層施工日が2月7日で、中間層施工後から表層施工まで50日間空いた。
- ②中間層施工後は、交差点(芝原交差点)工事のため工事用車両が中間層上を走行した。
- ③交差点工事の際の合材ダンプの通行経路については、No.1466付近に工事車両出入口を設け、そこから進入し、交差点側へバックで進出した(図-24参照)。

以上の聞き取り調査結果から、舗装の破損要因になり得る内容としては③が該当する。③については、合材ダンプからの油漏れの可能性が考えられたが、ダンプの待機場所であった可能性が高い交差点直前に破損がないので、この可能性は低いものと考えられる。

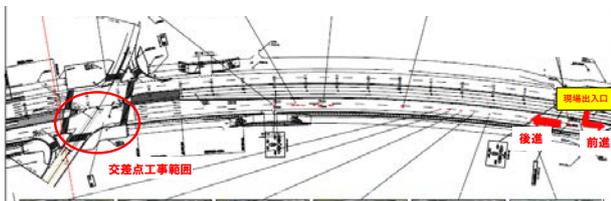


図-24 交差点工事における合材ダンプ搬入経路

(2) 表層施工時の状況

- ①タックコートには、タイヤ付着抑制型アスファルト乳剤(PKM-T)を使用した。
- ②タックコートは、表層施工日の前日に行った(養生時間は十分確保されている)。
- ③タックコートの散布量は $0.5\text{L}/\text{m}^2$ である(設計値 $0.4\text{L}/\text{m}^2$ 、写真-13参照)。
- ④タックコートの散布ムラはない(写真-14参照)。
- ⑤表層施工に使用したAsフィニッシャの状態に、異常はみられなかった。
- ⑥表層施工時の施工面にカットバックや材料分離等の異常はみられなかった。
- ⑦表層施工時に、合材待ちや転圧が敷きならしに追いついていない等の状況はみられなかった。また、合材温度(到着、敷きならし、および転圧温度)は適正であった。

以上の聞き取り調査結果から、舗装の破損の要因になり得る内容は見受けられなかった。



写真-13 乳剤散布量の確認状況



写真-14 タックコート散布状況

6. まとめ

今回の調査結果から得られた知見を以下に示す。

(1) 舗装補修時における目視調査結果

- ①打音検査の結果、中間層と基層の接着状態に異常はみられなかった。
- ②中間層において湿潤状態の部分やポットホール直下は、表面がはく離により脆弱化しているが、内部は緻密で良好な状態であった。
- ③基層上面に侵入水の形跡が見られ、その原因としては中央分離帯からの侵入水またはポットホールからの侵入水が考えられる。
- ④上記の侵入水は、層間界面だけでなく混合物中にも浸透している。

(2) コアの日視観察と物性試験結果

1) コアの日視観察結果

- ①採取コアの状態は概ね良好であったが、損傷部近傍のIWPから採取したコアについて、表層と中間層に若干はく離のような状態が見受けられたものがあった。
- ②損傷部直上で採取したコアには、中間層以下に大きな異常はみられなかった。

2) コア密度試験結果

- ①表層と中間層の締固め度はすべて規格を満足しており、また健全部と損傷部近傍に相違は認められなかった。
 - ②基層の締固め度はすべて規格を満足しており、また健全部、損傷部近傍および損傷部に相違はなかった。
 - ④上層路盤の締固め度はすべて規格を満足しており、健全部に比べ損傷部近傍の方が若干密度は大きかった。
- 以上の密度試験結果より、各層の締固め度はすべて規格を満足し、また健全部に対して損傷部近傍と損傷部の密度は、同等またはそれ以上となっていたので、破損の原因に混合物の密度は該当しないものと考えられる。

3) 表層と中間層間接着強度試験

- ①損傷部近傍と損傷部の接着強度は、界面のはく離によって標準的な値に比べて小さい。
- ②健全部において、界面のはく離が小さい供試体の接着強度は、標準的な値に近い。

③健全部であっても、界面のはく離が大きい供試体の接着強度は、標準的な値に比べ小さい。

以上の表層と中間層間接着強度試験の結果から、今回の破損の原因の一つとして、表層と中間層間の接着強度の低下が考えられる。

接着強度の低下には、タックコートの散布量不足や散布ムラ、散布後の養生不足、タックコート上の異物の混入、表層施工後の侵入水等の影響が考えられる。しかし、タックコートの散布および散布後の養生については適正に施工されているので、今回の接着強度の低下は、表層施工後の侵入水等の影響によるものと考えられる。

4) アスファルト抽出試験結果

①設計粒度に対して、表層の粒度は若干下方側で、中間層と基層の粒度は若干上方側であるが、ほぼ同様の粒度であった。上層路盤の粒度は、設計粒度に対してほぼ同様であった。

②設計 As 量に対して、表層の As 量は若干少なく、中間層、基層および上層路盤の As 量は若干多くなっているが、ほぼ同程度である。

以上のアスファルト抽出試験結果より、各層の混合物配合に大きな異常はみられなかったため、今回の破損の原因に混合物の配合は該当しないものと考えられる。

5) アスファルト成分分析結果

①損傷部近傍の No.1456+9.0(IWP) から採取した表層混合物から、軽油または潤滑油と考えられる成分が検出された。

②損傷部の No.1477+16.0(IWP) から採取した表層と中間層の混合物から、軽油と考えられる成分が検出された。

③損傷部近傍の No.1456+12.0(IWP) から採取した中間層混合物から、軽油と考えられる成分が検出された。

以上のアスファルト成分分析結果より、今回の破損の原因の一つとして、表層と中間層に油脂類が混入したことによってアスファルトがカットバックし、流動やはく離現象を起こして破損に至ったことが考えられる。

油脂類がアスファルト混合物に混入する原因としては、合材ダンプの付着防止用の油、施工中の工事用車両や施工機械からの油漏れ、および供用開始後の走行車両からの油漏れが考えられる。しかし、合材ダンプの付着防止用の油であれば、施工面に不均一に破損が発生するものと考えられるが、今回は走行車線の IWP に限定して発生しているため、破損の原因になった可能性は低いものと考えられる。聞き取り調査結果により、工事用車両や施工機械からの油漏れについては、破損の原因になった可能性は低いものと考えられる。

以上より、表層と中間層の損傷部に検出された油脂類の成分は、供用後の走行車両によるものと考えられる。

さらに、すべての破損位置が走行車線の IWP で発生していること、また破損位置と大型トラックの排気口の位置が一致していることも、当該油脂が走行車両による可能性が高いことを裏付けている。

(3) 推定される破損の原因とメカニズム

当該現場の破損のメカニズムを図-24 に示す。

当該現場に発生した破損は、まず供用開始後に走行車両の油漏れ等により表層がカットバックし、走行車両の荷重による流動や、繰り返し荷重による載荷・除荷で、はく離現象が作用して剥脱することによって、ポットホールが発生したと考えられる。また、はく離した混合物の空隙が大きくなって、水の侵入を促進しはく離現象が進行した。

侵入水により表層中間層間の接着強度が低下して層間はく離につながり、せん断抵抗性が低下したことによって表層破壊が進行し、さらに破壊した表層からの侵入水や油脂類の介在によって、中間層が脆弱化したものと考えられる。

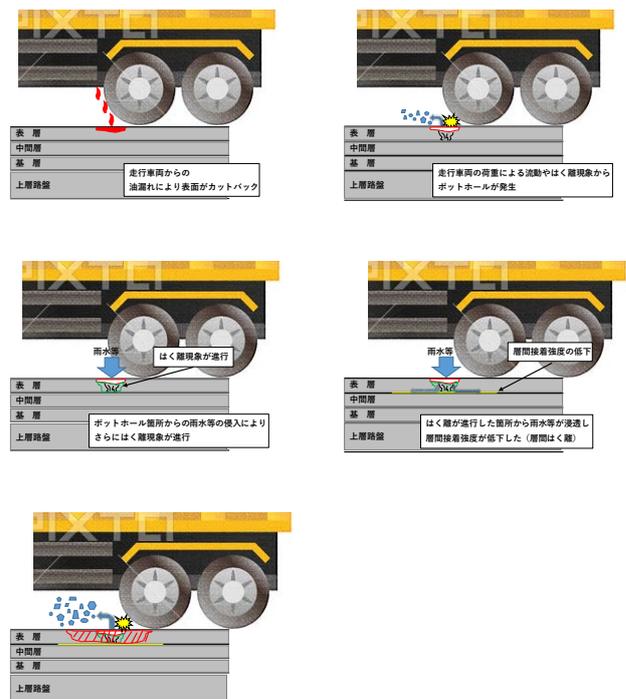


図-24 当該現場の破損(ポットホール)のメカニズム

7. おわりに

今回の調査結果から、現地で発生した舗装破損の主たる原因は、走行車両からの油漏れと推定された。

ただし、補修時の目視調査において中間層に侵入水が見られたことや、健全部から採取したコアについても接着強度の低下や侵入水およびはく離現象が見られたので、今後も混合物のはく離や層間はく離による舗装の破壊が発生する可能性があると思われるため、現地の供用状況や路面状況を継続して注視することが望ましい。

OGP 工法による広場舗装における平坦性向上事例

松尾 賢治*
上野 裕輔**
川田 良秀***

1. はじめに

昨年、某自動車会社の経営人材育成を行う研修を目的とした施設の外構工事を受注した。施主からは、当施設内にある多目的広場について、車両を実験的に走行する目的にも利用するため、平坦性を向上したいとの要望があった。そこで、当社のOGP (Obayashi road Global Pavement) 工法を提案したところ採用され、施工することとなった。

OGP工法とは、舗装の平坦性の向上を目的とした工事における情報化施工システムである。

近年では、情報化施工の導入により、施工方向(縦断方向)に対する平坦性は、 $\sigma=1.0\text{mm}$ 未満の施工が可能に技術は向上している。しかし、本件は、通常の道路等と違い、 $60\text{m}\times 60\text{m}$ のほぼ正方形の広場の舗装であった。そのため、施工ジョイントを含め、縦・横断方向ともに平坦性を向上することが課題であった。

本文では、OGP工法により、広場舗装における平坦性向上に成功した事例について、その概要と施工方法について報告する。

2. 工事概要

工事名：某研修施設建設工事のうち外構工事
 工事場所：愛知県蒲郡市海陽町地内
 発注者：某自動車会社
 元請：株式会社大林組
 工期：平成28年1月15日～平成28年8月15日
 (多目的広場舗装施工時期：平成28年7月)
 工事内容：多目的広場アスファルト舗装 3,600m²
 (下層路盤の不陸整正～表層工まで)

3. 施工方法

3-1 平坦性の目標値設定

発注者からは「高速道路並みの平坦性」を要求されていたので、平坦性の目標値をNEXCOの管理基準値である $\sigma=1.3\text{mm}$ 以下とした。

3-2 施工方法および機械の選定

目標値を達成するために、施工に先立ち機械センサーと打合せを行い、各施工方法や使用機械の設定について、以下のように決定した。

使用機械、施工フローおよび舗装施工編成を表-1、2と図-2に示す。

表-1 使用機械

機材名	型式	能力	台数	用途
モーターグレーダ	GD405A-3	3.1m	1	路盤工敷きならし
トータルステーションシステム(トプコン社製)	PS105A	—	1	グレーダ制御
マカダムローラ		10t	1	転圧
タイヤローラ		8～20t	1	転圧
タンデムローラ	コンバインド式	4t	1	転圧
アスファルトフィニッシャー	SUPER1603-1	2.5～6.95m	1	合材敷きならし
スクリード自動制御システム(東京計器社製)	マルチソニック2	—	1	フィニッシャー制御
ジョイントヒータ	L型	22,000kcal/h×2	1	ジョイント加熱

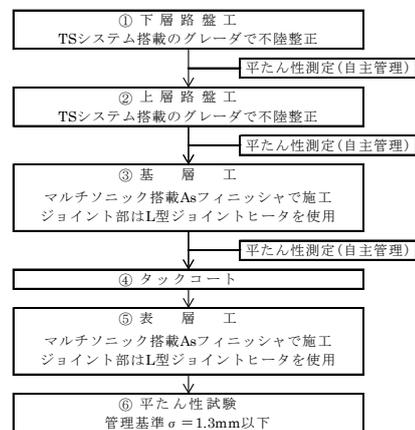


図-1 施工フロー図

表-2 舗装構成および機械編成

層種別	厚さ (mm)	敷均し機械	初転圧	二次転圧	仕上げ転圧
④ 表層 (改質II型密粒度As)	50	マルチソニック搭載Asフィニッシャー	タンデムローラ	マカダムローラ	タイヤローラ
③ 基層 (粗粒度As)	50	マルチソニック搭載Asフィニッシャー	タンデムローラ	マカダムローラ	タイヤローラ
② 上層路盤 (M-40)	100	TSグレーダ	マカダムローラ	タイヤローラ	—
① 下層路盤 (RC-40)	150	TSグレーダ	マカダムローラ	タイヤローラ	—

3-3 下層・上層路盤

下層・上層路盤工については、主に高さ管理であり、また当該施工箇所が中小規模であるので、トータルステーションシステム(以下、TSシステム)を用いたTSシステム搭載グレーダ(以下、TSグレーダ)による施工とした(写真-1、2)。

TSグレーダとは、グレーダのブレードに取付けたプリズムを、TSが自動追尾により視準することでブレードの位置を計算し、3次元設計データを基にブレードが自動制御され、仕上がり高さの精度を向上させるシステムである。

ブレードが自動制御されることによって、オペレ

一タの技量に左右されることなく、高精度で均一な仕上がりを得ることが可能である。



写真-1 路盤施工状況①



写真-2 路盤施工状況②

3-4 基層・表層工

基層・表層工については、さらに平坦性を向上させる必要があるため、マルチソニック搭載フィニッシャを使用した(写真-3)。マルチソニックとは、全長7.5mのビームに取り付けられた4台の超音波センサーが、舗装基面と敷きならし面の高さを測定し、その平均値を基準としてフィニッシャの敷きならし厚を自動制御するシステムである。平均値を基準に敷均すことにより、基面の不陸が軽減されるため、層を重ねるごとに平坦性を向上させることが可能である。



写真-3 マルチソニック搭載フィニッシャ

4. 現場での課題とその対応策

4-1 各施工段階での平坦性の確認

当社の過去の実績によると、平坦性は、施工層数が増えるほど向上することがわかっている

最終的に表層工仕上がりにおける平坦性 $\sigma = 1.3\text{mm}$ 以下を達成するため、基層工までの各施工段階において、次工程に移る前に自主管理として平坦性試験を実施した。各層での目標値は、表-3に示すような過去の実績から求められた平坦性向上率を参考に決定した。

表-3 各層間の平坦性向上率の目標値

平坦性 σ (mm)	平坦性向上率 (%)
$3.0 > \sigma \geq 2.0$	51
$2.0 > \sigma \geq 1.5$	35
$1.5 > \sigma \geq 1.0$	23
$1.0 > \sigma$	17

基 層：表層の $\sigma = 1.3\text{mm}$ として、表-3より平坦性向上率23%を乗じた値

$$\sigma = 1.3 \times 1.23 \div 1.5\text{mm}$$

上層路盤： $\sigma = 1.5 \times 1.35 = 2.0\text{mm}$

下層路盤： $\sigma = 2.0 \times 1.35 = 2.7\text{mm}$

各層において、目標値を満足しなかった場合は、プロフィールメータの波形から、不良箇所を特定し局部的に再施工を行った。

4-2 基・表層における施工割りと施工ジョイントの工夫

当該施工箇所は、周囲が丘になっており、出入口が1箇所しかないという不利な施工条件であった。基・表層については、フィニッシャの施工幅員、施工進行方向および横断部ジョイントの処理についての検討を行い、最適と考えられる施工順序を決定した。その結果、1箇所しかない出入口の位置を考慮して、施工レーンを14レーンにわけ、①～⑭の施工順序で行った。決定した施工割り図を図-2に示す。

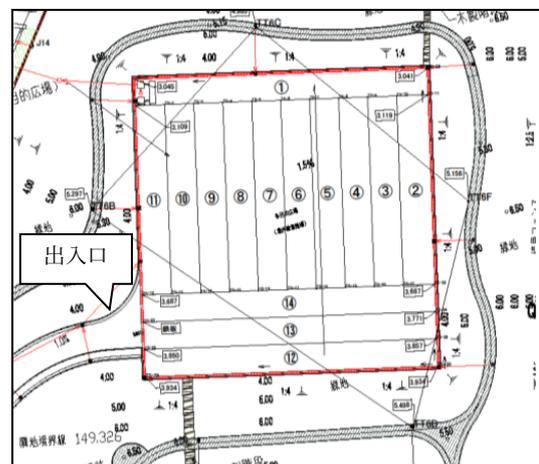


図-2 施工割り図

施工ジョイントは、平坦性を損ねる要因となるので、特別な配慮が必要であった。施工ジョイントの施工に対して、配慮した点を以下に列挙する。

- (1) 人力による敷きならしは、平坦性を悪化させる。そこで、人力施工部分を極力なくするため、図-3に示す②～⑩レーンと⑭レーンに接するジョイントについては、②～⑩レーンの施工時に、施工終点部にコンパネを仕込み、その上をフィニッシャが1.0～1.5m走り抜けて仕上げ、転圧完了後に規定のジョイント部にカッタを入れ、余分な箇所を撤去する方法をとった。人力施工箇所を撤去することにより、平坦性を確保した。
- (2) 通常の水を使用したカッタでは、切断する際に発生する泥水の筋が残る。そのため、水を使用しないドライカッタを選定した(写真-4)。



写真-4 ドライカッタ

- (3) L型ジョイントヒータをフィニッシャの端部に装着し、使用した。コールドジョイントを加熱しながら新規合材とのなじみを良くすることにより舗設横断方向に対する段差を軽減させた(写真-5)。



写真-5 L型ジョイントヒータ

- (4) 舗装定規の設置は、レベルにて高さを確認し、微調整をしながら行った。

5. 施工結果

平坦性については、縦断方向(南北方向)および横断方向(東西方向)で、それぞれ6mピッチに10本ずつ測定した。表層工の平坦性の測定箇所を図-3に、平坦性の測定データを表-3に示す。

その結果、最小 $\sigma=0.78$ mm、最大 $\sigma=1.27$ mm、平均 $\sigma=1.08$ mmとなり、すべての施工箇所、目標値 $\sigma=1.3$ mm以下を達成することができた。また、ジョイントの段差もなく全体的に平坦に仕上げることができた。



図-3 平坦性測定箇所

表-3 表層平坦性結果表

測定位置	測定距離(m)	標準偏差(mm)
東西①	起点～終点	0.78
東西②	起点～終点	1.15
東西③	起点～終点	1.17
東西④	起点～終点	1.22
東西⑤	起点～終点	1.26
東西⑥	起点～終点	1.12
東西⑦	起点～終点	1.18
東西⑧	起点～終点	1.27
東西⑨	起点～終点	1.16
東西⑩	起点～終点	1.11
南北①	起点～終点	1.11
南北②	起点～終点	1.10
南北③	起点～終点	0.88
南北④	起点～終点	0.87
南北⑤	起点～終点	0.81
南北⑥	起点～終点	0.81
南北⑦	起点～終点	1.16
南北⑧	起点～終点	1.12
南北⑨	起点～終点	1.17
南北⑩	起点～終点	1.15
平均	—	1.08

6. まとめ

本件の多目的広場舗装は、外構工事の一部であり、他業者との輻輳が多く、工期的にも厳しかった。そのため、OGP工法について準備不足な部分が多かったことが反省点である。

当社では、空港や高速道路等の大規模施工では、標準的にOGP工法を採用しており施工実績を延ばしている。しかし、中小規模での広場舗装としてのOGP工法は、まだまだ施工例が少ない。

近年では、自動運転車両の技術進歩がめざましいことから、今後は、走行試験ヤードの舗装等を受注する機会も増え、平たん性向上についてのニーズも高まるものと思われる。

今回の施工を改めて振り返り、今後の同種工事に対する重点事項は以下のとおりと考える。

- (1) 路盤については、仕上げる時間を十分とり、TS測量キットをTSグレーダ用と検測用の2台用意し、検測を徹底する。
- (2) 舗装については、型枠の高さを丁寧に検測し、ジョイント部分は、加熱状態で速やかに転圧し新規合材となじませる。

本件では、平たん性の目標値を満足することがで

き、施主には、品質、出来栄とも大変喜ばれ高評価を得たことから成功といえる。しかし、先述の重点事項を徹底することにより、今後は施工方向に直角方向(横断方向)でも平たん性は $\sigma=1.0\text{mm}$ 未満を実現できると考えられる。

7. おわりに

今回の研修施設は、「KIZUNAプロジェクト」と呼ばれ、某グループ企業の人材育成および交流の絆をテーマにしている。そのため、同施設では外構部分の各所に「KIZUNA」の文字を入れている。当社も「KIZUNAプロジェクト」の一環を担ったものとして、営業所、機械センターおよび支店との絆によって工事を成功できたと思う。

工事については、夏場時期の厳しい気象条件および建築外構との同時施工という厳しい工程の中、機械センター職員の方々が主体になり、施工を進めてくれた。

本工事に際し、指導・協力をいただいた支店、機械センターおよび協力業者の各位に感謝の意を表します。

最後に、本報文が今後の民間工事における中小規模広場舗装の施工に役立てば幸いである。



写真-6 完成写真①



写真-7 完成写真②

オークマスチック Crawler(耐キヤタ舗装)の施工事例

亀井 彰吾*
植松 春夫**
門田 泰明***

1. はじめに

某建機販売メーカーの建設機械教習コースでは、舗装に一般的な密粒度アスファルト混合物が採用されていた。しかし、バックホウのキヤタピラ、フォークリフトやタイヤショベルのタイヤなどのねじり作用により、舗装表面の骨材が飛散しているのが現状であった。

教習施設を新設する工事が発注になることから、当社のオークマスチック Crawler(耐キヤタ舗装)とコンクリート舗装を工期、費用およびその効果について比較検討して提案した結果、オークマスチック Crawler が採用された。

本文では、建設機械教習コースにおいて、オークマスチック Crawler を施工した事例について紹介する。

2. 工事概要

工事名：某建機販売メーカー支店改築工事

工期：平成29年2月9日～平成29年3月31日

主要工種：オークマスチック Crawler 1,543m²

(図-1中の青色斜線部)

舗装工、囲障工、擁壁工

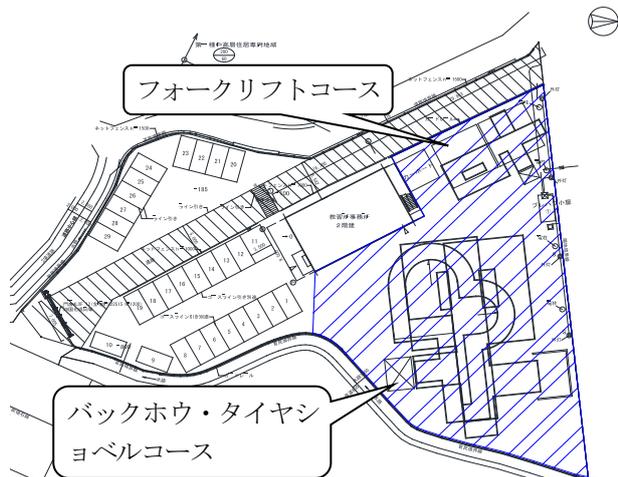


図-1 平面図

舗装断面については、当該現場の設計条件を表-1のように仮定し、必要 T_A を算出した。その結果、必要 T_A は17cm となり、図-2の当初設計断面は、必要とされる舗装厚さを満足している ($T_A = 22\text{cm}$) ことを確認してから施工した。

表-1 設計条件

項目	設計条件	備考
舗装の設計期間	10年	アスファルト舗装
舗装計画交通量(台/日・方向)	$250 \leq T < 1000$	推定値
交通量区分	N5	
信頼度	75%	選択
設計CBR	8%	土質試験結果より
必要 T_A	17cm	

耐キヤタアスコン(20)	50mm
粗粒度アスコン(20)	50mm
セメント安定処理	150mm
クラッシャーラン(C-40)	150mm

図-2 舗装断面図

3. オークマスチック Crawler とは

オークマスチック Crawler は、バインダに耐久性に優れたポリマー改質アスファルトを使用した高耐久舗装であり、耐流動性や耐摩耗性に優れることから、重機モータープールや戦車道などに適用されている。

この舗装に用いる混合物は、写真-1示すようにクローラ等のねじれに対し、舗装表面の骨材が引っかかって飛散しないよう、密実かつ滑らかに仕上げるができる配合とすることが重要であり、次のような特徴を有する。



写真-1 オークマスチック Crawler の仕上り面

- ①骨材の噛み合わせ効果による耐流動性の向上
- ②粗骨材の最大粒径を大きくすることによるクローラ等の削潰に対する耐久性向上
- ③植物繊維の添加に伴う最適アスファルト量の増加によるたわみ性および水密性の向上

4. 施工上の留意点および対策

4-1 混合物の配合

オークマスチック Crawler の施工実績が少ないことから、混合物の配合は、過去の施工事例の良否を参考に決定した。

(1) 骨材配合割合

混合物の骨材配合割合は、骨材の噛み合わせ効果による耐流動性向上のため、表-2 に示すように 6 号砕石は使用しないものとした。その合成粒度は図-3 に示すように、可能な限り推奨粒度範囲の中央値を目標とした。

表-2 配合割合

材料名	5号砕石	6号砕石	7号砕石	粗目砂	細目砂	石粉	合計
配合割合 (%)	46.0	0.0	13.0	12.5	15.0	13.5	100.0

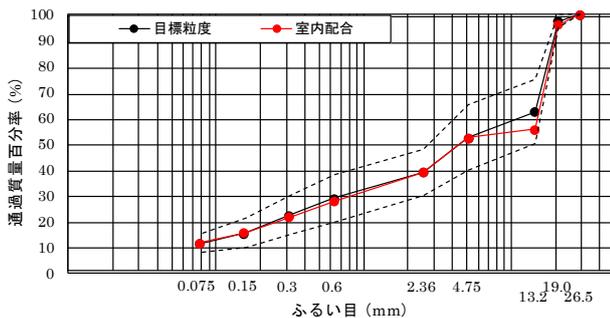


図-3 合成粒度

(2) 混合物の配合

混合物の配合は、締固め時に密実かつ滑らかな表面に仕上げるために、表-3 に示すように植物繊維を 0.3% 添加し、アスモル分が増えるように設定した。なお、現場の耐流動性については、DS=1,000 回/mm 以上を考慮して、アスファルトにはポリマー改質アスファルト II 型を用いた。

表-3 オークマスチック Crawler 用混合物の配合

材料名	4BIN	3BIN	2BIN	1BIN	石粉	改質As II型	合計	植物繊維
配合割合 (%)	38.4	5.2	13.3	24.7	13.3	5.1	100.0	0.3(外割)

4-2 混合物の製造

オークマスチック Crawler 用混合物は、ふるい目 2.36mm および 4.75mm の粒度が設定と異なる場合、仕上がり面が大きく変化するので、ホットビン粒度の管理回数を増やすとともに、ストックヤードの材料の粒度管理も徹底することにした。

4-3 混合物の運搬

本工事の施工時期は冬季であるので、混合物運搬時には急激な温度低下が懸念された。この温度低下の影響によって、転圧時に所定の温度を確保できない場合、締固め不足となり、アスファルトモルタルの浮き上がりが悪く、平滑な路面の形成が困難となる。

しかし、出荷温度を上げ過ぎると、混合物に劣化および材料分離などの問題が発生するので、出荷温度は 185°C を上限として高めに設定した。

また、ダンプトラックへの混合物の積み込みは、通常山積みでは、混合物の厚い中央部分は温度低下しにくいものの、写真-2 に示すように山積みの端部は、混合物が薄く温度低下が早い。

そこで、本工事では平積み装置を使用することによって、写真-3 に示すとおり混合物の山を平滑にし、厚さを均一にすることで、温度が低下しやすい部分をなくすようにした。

事前に温度測定を実施した結果では、山積みによって 4°C 温度低下を防げることを確認した。併せて保温シートを二重にすることで、さらなる温度低下の防止に努めることにした。



写真-2 通常の荷姿



写真-3 平滑にした荷姿

4-4 使用機械

使用機械を表-4に示す。

表-4 使用機械

施工	機械の種類	能力	備考
敷きならし	アスファルト フィニッシャー	ホイール型2.4~6.0m TV方式	高締固め 材料分離防止
初 転 圧	マカダムローラ 振 動 ロ ー ラ	10~12t コンバインド式3~4t	
二 次 転 圧	振 動 ロ ー ラ タイヤローラ	コンバインド式3~4t 8~20t	できるだけ高い 温度で進入
仕上げ転圧	タイヤローラ	8~20t	

アスファルトフィニッシャーは、高い締固めおよび材料分離の防止の観点から、タンバは1,200rpm、パイプは2,400rpm程度とできるだけ高く設定することにした。

転圧機械は、水平振動ローラの使用も検討したが、施工に慣れていないと仕上り面にばらつきが出るため、本工事では使用しないことにした。

4-5 施工

舗装の施工幅員は、アスファルトフィニッシャーにあわせて6.0mに設定すると、締固めのための重量が端部で不足する恐れが考えられた。このため、施工幅員は5.0mに設定し、施工ジョイント数は増えるが安定した締固めが得られるように計画した。ただし、施工ジョイントが増えると、舗装表面の仕上がりが悪くなるため、ジョイントの数をできる限り減らすことを考え、図-4に示すようなアスファルトフィニッシャーの舗設計画を立てた。なお、施工ジョイントにおいては、接着性を向上させるため、先に施工した表層側面をガスバーナーで加熱しながら、舗設することにした。

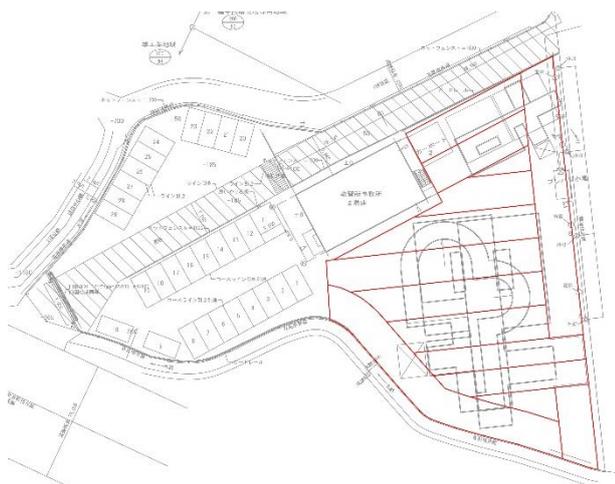


図-4 フィニッシャー割付図(図中の赤線)

混合物の敷きならしは、その速度が速すぎると、アスファルトフィニッシャーに抱えている混合物量が少なくなり、端部で材料分離が発生する恐れがある。そのため、事前打合せを十分に行い、低速での施工を行うようにオペレー

ターに周知した。

また、舗装の転圧は、締固め度の下限値を97%とし、あくまで100%を目標として、舗装表面の仕上がり面を目視で確認しながら、入念に締固めを行うことにした。

なお、緻密かつ滑らかな表面仕上げとするため、タイヤローラの転圧開始温度は100~120℃と、通常の舗装より高めに設定した。

5. 施工結果

5-1 混合物の温度管理

混合物の温度は、出荷温度の事前調整、平積み装置および保温シートの使用により、冬季の舗設に必要な温度を確保することができた。

5-2 敷きならし・転圧

混合物の敷きならしは、材料分離しないように注意しつつ、連続施工となるように混合物の供給速度を調整したが、少し速度が速くなると写真-4に示すように、スクリー端部に粗い骨材が集まる傾向が見られた。

特に材料分離が顕著な場合は、粗骨材をスコップで除去し、緻密な仕上り面の確保に努めた。



写真-4 スクリー端部

オークマチック Crawler は、高い締固めが要求される舗装であるので、基本的には機械施工が必須である。しかし、本工事では、建物および構造物際の一部に人力施工箇所が発生した。

人力施工箇所の転圧は、ビブロプレートではアスファルトモルタルの浮き上がりは認められなかった。しかし、振動ローラを用いて転圧することで、アスファルトモルタルの浮き上がりが確認でき、緻密な仕上がり面が得られた。

敷きならし時に発生した痘痕は、ふるい目2.36mmおよび5mmのフルイを使用して凹部を埋めた後、締固めを行った。穴埋め前後の状況を写真-5に示す。

なお、混合物積込みの際に使用する平積み装置は、混合物の温度低下防止だけでなく、荷姿を均一にするため、荷卸し時の材料分離防止にも効果があったと思われる。

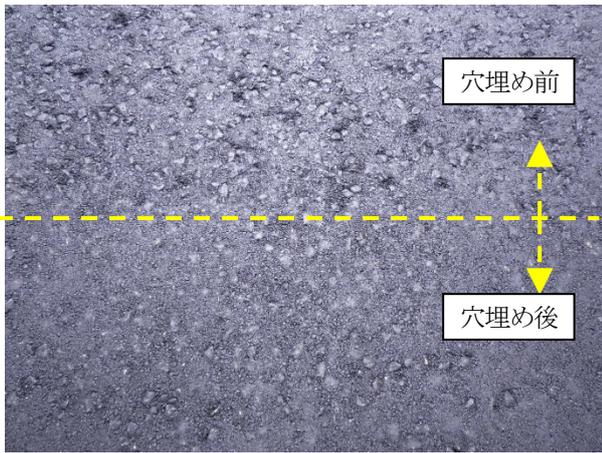


写真-5 フルイによる穴埋め実施面

6. まとめ

オークマスチック Crawler を施工した結果、以下のような知見が得られた。

- ①舗装表面の仕上りは、混合物舗設温度の影響が大きく、温度が低いと仕上がり面が粗くなるため、冬季施工では、出荷温度や運搬中の温度低下対策が重要となる。
- ②舗設に使用するフィニッシャーは、施工可能幅まで広げて施工すると、タンパおよびバイブの反力が小さく

なるため、舗装の仕上がり面が粗くなる傾向にあり、余裕を持たせた幅で舗設計画を行う必要がある。

- ③施工ジョイント部では、材料分離を原因とする痘痕が発生しやすい。施工ジョイントの数を減らすように舗設計画を行う必要がある。
- ④舗設は、原則として機械施工で行う。今回の現場条件では、一部手引き箇所が発生したが、網フルイを使用しての目詰め作業が必須であった。
- ⑤混合物の荷卸しおよび敷きならし時には、材料分離が起こりやすく、事前検討および打合せが重要である。
- ⑥施工後、舗装の強度が出るまで時間を要するため、施工後すぐに供用開始とせず、養生期間を設けた工程を計画する必要がある。

7. おわりに

オークマスチック Crawler(耐キャタ舗装)は、施工事例の少ない舗装であり、適切に施工するためには、工事に係わる職員および作業員に作業手順を周知させ、特に仕上がり面に影響がある混合物の締めと材料分離には十分注意して施工に臨む必要があると思われる。

本文が施工例の一つとして、今後施工される方の一助となれば幸いである。

ミニ情報

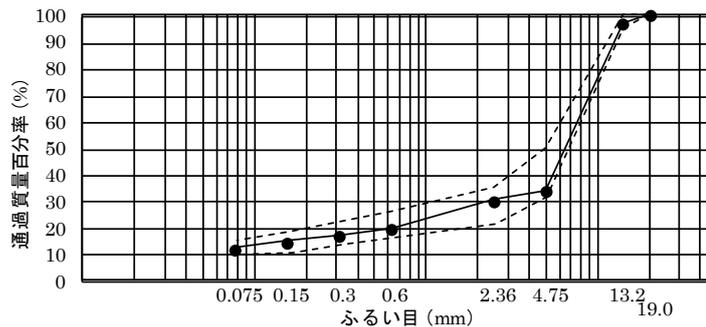
エポアスSMAによる耐キャタ舗装

1. 工事概要

工 事 名 : 富士(15)訓練場等整備土木工事
 発 注 者 : 防衛施設庁横浜防衛施設局
 施 工 場 所 : 静岡県駿東郡小山町地内
 施 工 年 月 : 平成16年12月
 施 工 内 容 : 戦車道における既設C-Boxの底版部の補修 t=5cm、123m²

2. 使用混合物

(1) 骨材粒度



(2) 使用バインダ

合成バインダ(ポリマー改質AsH型-F : エポキシ樹脂=80 : 20)

(3) 配合割合 (%)

6号砕石	64.4
粗目砂	16.8
石粉	12.1
改質As	5.4
エポキシ樹脂	1.3
植物性繊維	0.3
合計	100.3

(4) 混合物性状

かさ密度	g/cm ³	2.375
理論密度	g/cm ³	2.423
空隙率	%	2.0
飽和度	%	88.2
安定度	kN	21.6
フロー値	1/100cm	34.7
摩耗量	cm ²	0.09

高速道路における正面衝突事故防止対策(命を守る緊急対策)の施工

松岡 伸児*
小林 隆**
飯塚 角男***

1. はじめに

我が国の高速道路の約3割を占める暫定二車線区間は、その大部分がラバーポールで区分する構造となっているが、反対車線への飛び出しによる正面衝突事故が発生するなど、安全性の課題が指摘されている。このような交通事故に対する緊急対策として、ラバーポールに代えてワイヤーロープを設置する工事が、全国100kmを対象として実施されることになった。

本文では、対象100kmの車線区分柵工(ワイヤーロープ)のうち、全国に先駆けて15kmを当社が施工したので、その施工内容について報告する。

2. 工事概要

工事概要(車線区分柵工)を以下に示す。

工事名：北陸自動車道H27新潟管内舗装補修工事
工事箇所：高速自動車国道 日本海東北自動車道
聖籠新発田IC～荒川胎内IC間(図-1参照)

施工期間：平成29年4月4日～4月25日

発注者：東日本高速道路株式会社新潟支社

主要工種：車線区分柵工(A)：15,242m

車線分離標撤去工(N)：2,029基

中分縁石撤去工(N)：5,285基



図-1 現場位置図

3. 主要施工内容

3-1 施工フローおよび標準断面

全体施工フローを図-2に、車線区分柵の標準断面を図-3に示す。

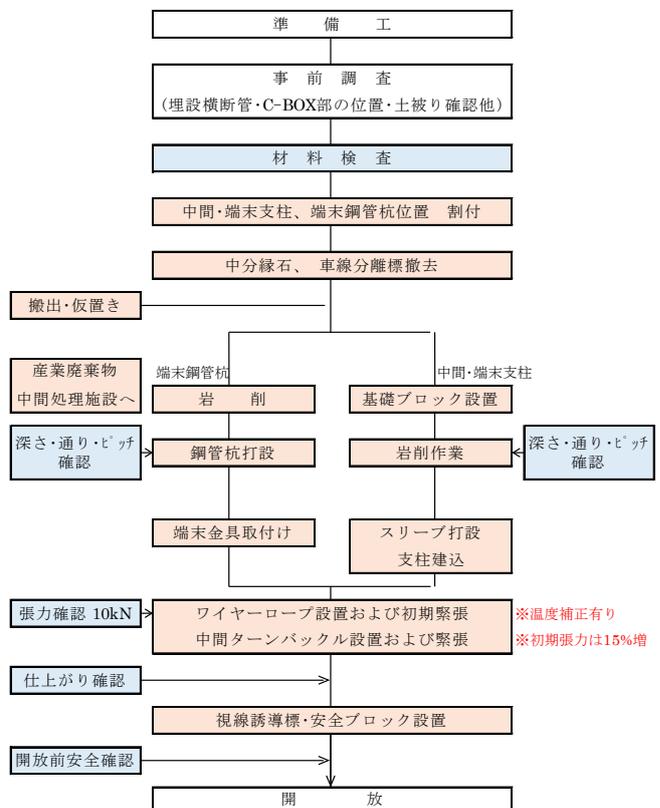


図-2 全体施工フロー

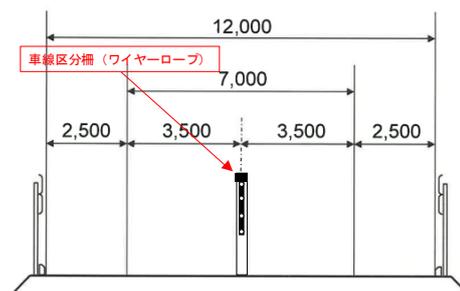


図-3 標準断面図

3-2 施工方法

(1) 事前調査

埋設横断管路の位置等を現地と照合・確認し、マーキングを行った。C-BOX部については、両端位置を調査し、計画したスリーブ設置高さや数量に変更が無いことを確認した。また、施工範囲起終点および端末支柱位置のマーキング(写真-1左)を行うとともに、車線分離標・中分縁石の撤去数量を確認した。

(2) 中分縁石・車線分離標の撤去

バックホウおよび人力にて中分縁石および車線分離標を撤去し(写真-1右)、場内仮置場へ集積した後、中間処理施設へ搬出した。車線分離標は、警察協議により交通開放時の安全対策として、20mに1本以上の割合で残した。



写真-1 施工位置マーキング(左)と中分縁石・車線分離標撤去状況(右)

(3) 中間支柱の基礎ブロック設置

中間支柱の基礎ブロックは、既設舗装面の高さに合わせて、人力にて設置した(写真-2)。この際、既設舗装面との隙間は、仕上り高さ-2cm程度まで砂で充填し、仕上り面までは、現場加熱タイプの弾性舗装材料(ファルコンHR)にて仕上げた。



写真-2 中間支柱基礎ブロック設置状況

(4) 岩削作業

岩削作業は、マーキングを基に芯ズレ、偏芯および傾きに注意しながら、岩削機にてH=600mm程度の深さまで行った(写真-3左)。その際に発生したAs混じり発生土は、人力およびトラック搭載型バキュームローダにて吸引し(写真-3右)、フレコンバッグに積込み仮置場に搬出した。



写真-3 岩削状況

(5) スリーブ打設・支柱建込

スリーブ打設は、トラック搭載型杭打機およびさや管打込み用治具を使用し、所定の深さまで芯ズレ、偏芯および傾きに注意しながら行った(写真-4左)。その際に縦断修正が必要な場合は、水系を使用して打込み高さに凹凸が生じないように注意した。

(6) 鋼管杭の打設

鋼管杭は、トラック搭載型杭打機および鋼管打込用治具を使用し、鋼管のベースプレート下面が舗装面に接するまで打込んだ(写真-4右)。岩削・鋼管杭打込み併用型を使用した施工の場合は、岩削作業と同時に鋼管杭の圧入作業を行った。



写真-4 スリーブ打設状況(左)と鋼管杭打設状況(右)

(7) 中間支柱建込・端末金具取付け・ワイヤーロープ設置

中間支柱の建込は、スリーブカバー(φ89.1×4.2)を取付け、人力にて設置した。また、端末鋼管杭の杭頭に端末金具およびジョーボルトならびにターンバックルと索端金具を取付け、インパクトレンチで締付けるとともに、ワイヤーロープの端部を索端金具に接続した(写真-5左)。

ワイヤーロープは、4tユニックの荷台に固定されたワイヤーロープドラム専用の架台を使用して、ドラムからワイヤーロープがずれないように低速で移動しながら引伸ばし、展開されたワイヤーロープを中間支柱に間隔材とともに人力にて取付けた(写真-5右)。ワイヤーロープは新材のため、初期張力(仮緊張)を15%増で緊張させた。



写真-5 端末金具取付け(左)とワイヤーロープ設置(右)

(8) 中間ターンバックルの設置および緊張

ワイヤーロープを緊張した状態でターンバックル取付け位置にマーキングを行い、レバーブロックにより部分的に一旦緊張を解いた状態でターンバックルを設置し(写真-6左)、その後再度緊張させ所定の張力(気温20℃で10kN)の確認を行った。

(9) 視線誘導標・安全ブロックの設置

起点側から中間支柱にロープ・間隔材・ストラップを掛けて5連設置した後、支柱天端のキャップおよび視線誘導標を取り付けた。安全ブロックは、端末支柱を基準に設置位置をマーキングし、人力にて

削孔後、ケミカルアンカーにてボルトを固定し(写真-6 右)、背面にエポキシ樹脂を塗布し設置した。



写真-6 中間ターンバックル設置状況(左)と安全ブロック設置状況(右)

4. 課題・問題点と解決策

4-1 工程

(1) 課題・問題点

車線区分柵工は、舗装補修工事に急遽追加された工事内容であり、発注者からの要望により4月の1ヶ月間で施工を完了させることが工事の条件であった。

この工事内容が最終的に決定されたのが12月下旬で、事前調査を1月下旬から開始したものの、降雪による影響や一部竣工検査準備と時期が重なるので、3月下旬までの期間でいかに時間を短縮し、万全の準備ができるかが第一の課題であった。

また、施工延長が約15kmと長く、複数班による同時施工が必須となることから、早急に施工業者の選定および確保に努める必要があること、および工程を少しでも短縮させる方策を検討し、1ヶ月で確実に工事を完了させる工程を立案し、遂行することが第二の課題であった。

(2) 解決策

事前調査については、当社所有のRIM(マルチ測定車)を活用することにより、現況路面の凹凸形状および施工延長の測定に要する時間を大幅に短縮することができた。

施工業者の選定については、材料の製造～納入に約2～3ヶ月かかるので、1月下旬には3分割した施工エリアに対して、それぞれ施工業者を選定し、3班による同時施工ができるように準備を進めた。また、本工事が夜間工事となるので、本施工前の3月に路肩規制による地中埋設物の調査や起終点のマーキング等を行い、本施工の作業効率の向上に備えた。さらに、事前にワイヤーロープの試験施工を実施し(写真-7 左)、各種施工方法の確認や騒音測定を行って本施工に反映させた。

本施工では、基礎ブロック部の舗装版撤去作業をロードカッターによる舗装切断およびハツリ作業によるものから、切削機による舗装版切削(写真-7 右)

に変更することで、7日間の工程短縮ができた。

これらの様々な方策を実施した結果、大きなトラブルや工程の遅れもなく、当初予定より3日早く工事を完了することができた。



写真-7 試験施工(左)と基礎ブロック部切削状況(右)

4-2 騒音

(1) 課題・問題点

車線区分柵工の施工区間の一部には沿道に民家があり、また工事が夜間作業であったため、中間支柱のスリーブや端末鋼管杭打設時に発生する騒音が大きく、沿道住民から苦情が発生する可能性が高かった。

(2) 解決策

中間支柱のスリーブや端末鋼管杭の打込み時には、すべての機械のストライカー部分に防音シートと吸音マットを巻いて施工を行った(写真-8 左)。

また、一部の区間では、打込み時の打撃音が発生しない油圧式のサイレントストライカーを使用し(写真-8 右)、騒音発生の防止に努めた。

さらに、民家が近接した区域では、『騒音規制区域』の表示を現地に明示し(写真-9)、当該区間では深夜0時以降に大きな音を発生させないように周知徹底した。

以上の騒音対策を行うことによって、沿道住民からの苦情は1件もなく、無事に作業を終えることができた。



写真-8 防音シート・吸音マット設置状況(左)とサイレントストライカーの使用(鋼管打込み)(右)



写真-9 騒音規制区域の明示

4-3 埋設物

(1) 課題・問題点

車線区分柵工の施工範囲内には、光通信ケーブル等の埋設横断箇所が 33 箇所あった。通常、NEXCO 工事では、光通信ケーブル等近接工事施工計画書や試掘調査計画書を作成し、発注者の承認を得た後、埋設横断箇所 1 箇所毎に試掘調査を実施して、埋設物を掘出すとともに高さ・位置を測定し、施工の支障の有無について報告書として提出する必要がある。そのため、この一連の手続き・作業に多大な労力および時間を費やさなければならないという課題があった。

(2) 解決策

今回の工事では、1 ヶ月間にすべての工事を完了させる必要があり、通常の方法では工期に間に合わないため、発注者側から特例として試掘調査は実施しなくてよいとの通知があった。なお、写真-10 に示す埋設管路調査および探針棒による確認は実施した。

また、横断埋設箇所の施工の際、平面位置については、割付を埋設横断箇所中心に 2m ずつ振分けて、埋設横断箇所直上を避けるようにし、深さ方向については、通常使用する根入れ長さ 700mm のスリーブを、基礎ブロック+長さ 395mm のスリーブに変更・提案した。これによって、平面および深さ方向の埋設物損傷事故のリスクを低減することが可能となり、協議した結果、承認を得ることができた。

本施工では、舗装版のみを機械で撤去し、掘削やスリーブの設置や基礎ブロックの設置は人力にて作業を行い(写真-11)、埋設物損傷事故防止に努め、無事故で工事を完了した。



写真-10 埋設管路調査(右)と探針棒による確認(左)



写真-11 人力掘削作業・埋設物注意看板設置

5. あとがき

本工事は、車線区分柵工を短期間に長距離を施工した、全国で初めての事例であったが、施工に至るまでに現場の段取りを熟考し、万全の体制で臨んだ結果、品質・安全・工程ともに問題なく施工できた。

また、施工中には、長距離の施工が初めての事例ということもあり、NEXCO や国交省等の関係者が多数見学にこられ、その対応に苦慮したものの、良好な現場施工状況を見せることで、良い印象を与えることができた。その結果、竣工検査時には、検査官より非常に高い評価をいただくことができた。

工事完了直後から7月初旬までの間に、ワイヤーロープ設置区間で 20 件の交通事故が発生しているが、死亡事故や重傷・軽傷等の大怪我につながった重大事故は 0 件で、まさにワイヤーロープで正面衝突事故を防止し、高速道路利用者の命を守る目的が達成できている。

最後に、本工事に協力していただいた、NEXCO 新潟支社および新潟管理事務所の方々、関東支店工事部、その他関係各位に本紙面により感謝の意を表します。



写真-12 完成写真

泥濃推進機によるφ2000mm 推進管の布設

菊池 邦弥*
米田 雅俊**
尾崎 巧***

1. はじめに

本工事は、ヒルトンホテルのある新宿国際ビルディング地下の第一熱供給プラントから、冷暖房に使用する温冷水配管を東京医科大学新病院(建設中)に引き込むため、φ2000mmの推進管を布設する工事である。当該施工箇所は、地下構造物や埋設管が近接し、さらに地下水位が非常に高い地盤であった。また、周辺環境の制約から到達立坑の設置が困難であったので、営業中のホテルの狭い地下空間に到達させ、その場で分解し、推進管内から発進立坑に搬出する必要があった。

本文では、地下構造物および周辺環境の制約が多い都市部において実施した、大口径推進工事の施工概要、施工上の課題と対応および創意工夫について報告する。なお、当該工事は当社において、設計、計画および施工を担当した。

2. 工事概要

工事概要を以下に示す。

- ①工 事 名：東京医科大学新病院洞道築造工事
- ②工事場所：東京都新宿区西新宿5丁目地内
東京医科大学新病院(図-1~2、写真-1参照)
- ③発 注 者：新都市熱供給株式会社
- ④元 請：株式会社大林組(建築)
- ⑤工 期：平成28年5月24日
～平成29年3月31日

⑥工事内容：

泥濃推進工 φ2000mmMAX 管(R=30m)	
推進延長	100.2m
発進立坑 L8000×W4500×H13000	1基
鋼矢板圧入工ウォータージェット併用	
鋼矢板 VL 型 L=17.0m	50枚
地盤改良工(CJG 工法) φ1600	46本
立坑埋戻し工(流動化処理土)	404m ³

[到達地上部]

路面覆工(OLY 工法)	18m ²
地盤改良工(S-RJP 工法) φ2600	6本
舗装、横断側溝復旧工	1式

[新宿国際ビルディング地下3階]

壁面コーキング工 φ150mm×L980	278本
開口部 鋼板閉塞工 3200×3200	1箇所
中込注入工(セメント系瞬結材)	1式



図-1 現場位置図

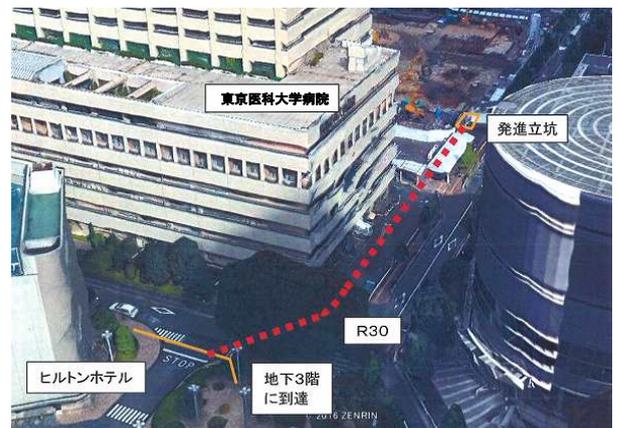


写真-1 施工ルート



図-2 現場平面図

3. 主要施工内容

3-1 発進立坑築造工

発進立坑は、新病院の根切り脇にウォータージェット併用で鋼矢板 VL 型(L=17.0m)を圧入し、底盤・坑口を CJG 工法による高圧噴射・地盤改良の後、掘削・土留めを行って築造した。なお、建築工事の根

切りが深くなると、推進反力が取れなくなるので、根切り前に推進完了となるように工程調整を行った。



写真-2 発進立坑掘削状況(左)と山留設置(右)

3-2 管路調査および到達部地盤改良

(1) 管路調査

推進管路に既存建築物のアースアンカーや鋼材が残置されていないか、鉛直磁気探査で調査した。また、電力、ガス、NTT、下水などの既存管路への影響について、二次元 FEM 解析により確認した。

(2) 到達部地盤改良

当初、ホテル側に到達立坑を設けて推進機を回収する計画としたが、到達立坑工事が路線バスの出入りに支障となるので、推進機を地下3階駐車場のファンルームへ直接到達させ、分割解体し回収する方法に変更した。なお、到達部の地盤改良のみは、地表面から行う必要があったので、試掘調査を実施の上で施工可能と判断し、地盤改良を実施した。

地盤改良箇所に OLY 工法で覆工板を設置し、当初は其中で改良径 $\phi 1600\text{mm}$ の CJG 工法によって、地盤改良を行う予定であった。しかし、車上プラントで4時間の規制(作業)時間では、多くの作業日数を要する。そこで、改良径 $\phi 2600\text{mm}$ の S-RJP 工法(写真-3 参照)を採用することによって、施工本数を13本から6本に減らして工期を短縮した。

地盤改良完了後、改良状況を確認するため、到達坑口より水平チェックボーリングを行った際、以下に示すような問題が発生した。

到達部の既存コンクリート壁外側にあるはずの SMW 連壁(図-3 左参照)が無く、親杭木矢板で施工されていた。今回施工した地盤改良体が壁面まで届いておらず(図-3 右、赤着色部)、そのままの状態

開口すると地山が崩壊してしまう恐れがあった。そこで、急遽、瞬結懸濁型高強度注入材(ソイルサポート)を地表面より追加注入して、地盤改良を行った。



写真-3 S-RJP 工法

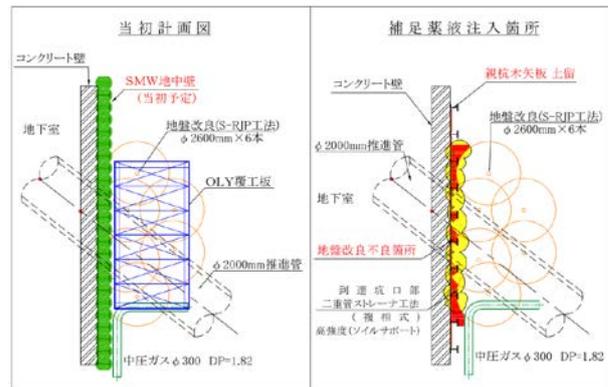


図-3 到達部地盤改良図 計画(左)と実施(右)

3-3 地下到達部 壁面開口工

地下到達部では、推進機を迎えるための開口作業が必要となるが、営業中のホテルの地下であるので、振動・騒音を伴うブレーカ作業は禁止されている。そのため、 $\phi 150\text{mm}$ のコアドリルを278本削孔して、 $\phi 2800\text{mm}$ の開口部を作った(写真-4 参照)。また、地下到達部であるファンルーム内では、削孔水や地下水を場内に流すことができないので、作業帯内に設置した1~2m³のポリタンクに水を溜めて、定期的に2t ダンプで発進立坑まで運搬し処理した。



写真-4 壁面コアボーリング状況

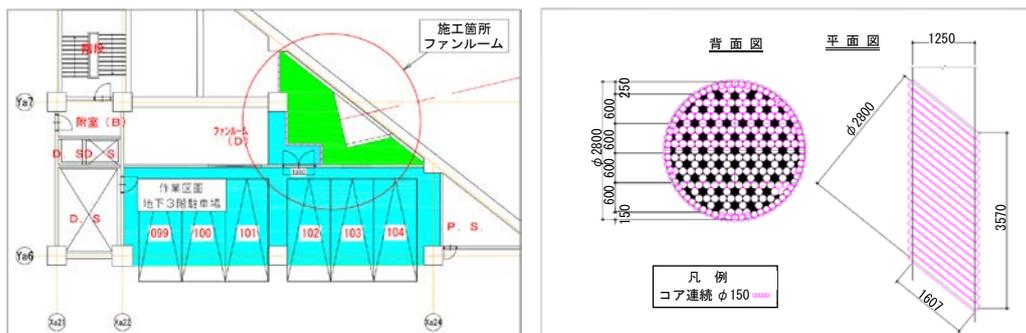


図-4 到達部地下平面図(左)とコア抜き図(右)

3-4 開口部 鋼板閉塞・充填工

推進機が壁面に対し 50° の角度で到達するので、坑口リングを直角に設置するための鋼板を取付けた(写真-5 参照)。

その後、壁面と鋼板との空間をセメント系注入材で充填し、推進機到達準備を完了した。



写真-5 開口部 鋼板設置状況

3-5 $\phi 2000\text{mm}$ 泥濃推進工

(1) 主要機材

推進機として、 $\phi 2000\text{mm}$ の分割回収式泥濃推進機を使用した(写真-6 参照)。また、推進路線に、 $R=30\text{m}$ の急曲線があるので、そこまでに用いる推進用ヒューム管は、鋼管で覆われた MAX1/4 管 ($L=600\text{mm}$) (写真-7 参照) とし、3本ずつセットして推進した。



写真-6 $\phi 2000\text{mm}$ 泥濃推進機

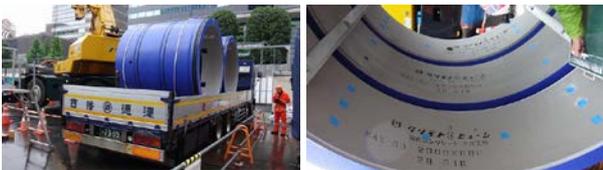


写真-7 推進用 MAX 管 ($L=600\text{mm}$)

(2) 推進工

初期掘進を行ったが、坑口改良体を通過した時点で、推進ジャッキを緩めた際に地下水圧により推進機がバックする現象が生じた。このように推進機がバックしすぎると、ヒューム管がセットできなくなるので、坑口側に推進機を鋼材で溶接し固定した。



写真-8 推進状況(左)と操作状況(右)

(3) 曲線推進工

旧病院や地下構造物の間を地中障害に接触することなく 62.5m 直進して $R=30\text{m}$ の右カーブにさしかかったため、方向修正をかけ始めたが思うように曲がらなかった。

地上から薬液注入により左側面を改良して反力を取ること検討したが、直上には旧病院に引き込んでいる特別高圧の電線が埋設されており、安全性を考慮すると薬液注入ができる状態ではなかった。そのため、推進管内で対応するしか方法はなかった。そこで、推進機に追従する推進管の内側左にセットしてあるジャッキピットの油圧ジャッキを 20t から 50t に変更し、強制的に左の目地を開くことによって、 $R=30\text{m}$ の線形に推進することができた。なお、推進の精度は、最終的に高さ $+46\text{mm}$ 、左 2mm と規格内に収めることができた。

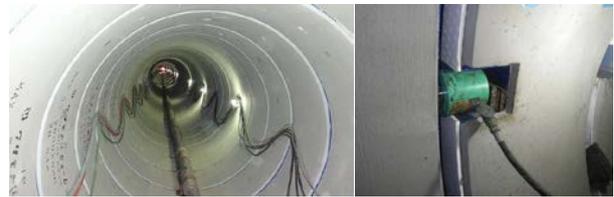


写真-9 推進管内(左)と油圧ジャッキ(右)

3-6 推進機到達・解体工

(1) 推進機到達

到達直前に推進機位置と方向を最終チェックして、到達側で待機した。推進機が閉塞鋼板の手前 10cm となったところでマシンを停止させ、推進機および推進管のグラウトホールより瞬結型の薬液注入剤を注入した。注入圧力が上がった時点で、閉塞鋼板センターに探り穴を開け、地下水が噴き出ないか確認した後、マシンセンターのチェックを行った。マシンセンター確認後、到達エントランスパッキンを取付け、坑口の鏡切断を行った。

通常、マシンが到達して坑口から押出す際、外周に密着・止水している薬剤が壊れるので、地下水が噴き出すことが多く、その場合、水中ポンプで水替えを行う。しかし、当該現場では排出先がないので、推進機の土砂取込口を掘り出して、排泥用のホースを到達側に引出し流水に備えた。また、2 インチの動力水中ポンプを予備として1基セットし、マシン内に排水するように対策を施した。



写真-10 鏡切断(左)と面盤掘削状況(右)



写真-11 推進機到達状況

(2)解体工

坑口前に門型支柱を組立て、チェーンブロックを2基セットし、カッターと面盤を吊りながらガス切断器で解体した。また、モーター・駆動ギヤ等は分解して、推進管内にセットした台車で発進立坑まで運搬し、移動式クレーンで地上に搬出した。その際、チェーン、レバーブロックおよび油圧ジャッキを駆使して、マシン全重量15.6 tを、駆動部は3.1 t、その他は0.5 t以下に分解して搬出した。

解体と並行して、推進管を坑口面まで押し出し、推進管裏込めおよび管目地を仕上げた後、坑口面を仕上げて到達側の作業を完了した。

(3)推進機解体後

発進側において、新病院根切り完了後、立坑背面と根切り床を貫通して推進管を延長し、空伏せ管に360°の



写真-12 推進機解体状況

巻立コンクリートを施工し、流動化処理土によって埋戻して完了した。また、長さ17mの鋼矢板は地上より1.5mの長さのみ切断して撤去し、残りはそのままにした。



写真-13 推進機解体完了(左)と坑口仕上げ完了(右)



写真-14 新病院側出口(左)と熱供給管設置状況(右)

4. おわりに

当該現場は、都心部の地下構造物が非常に多い地下空間におけるφ2000mmの大口径推進工事であり、R=30mという急曲線、また規制の多い建物の地下に直接到達させマシンを分割回収するという難工事であった。

分割式泥濃推進機の使用をはじめ、様々な創意工夫を行い、またトラブルに対しては元請および協力業者とその都度打合せし、的確な対応策を講じることによって、工期内に無事完了することができた。

現在、推進工事は減少傾向にあるが、今回のような都心における大口径推進工事はまだまだ潜在し、今後発注されるものと思われる。本報告が、そのような現場の参考になれば幸いである。

最後に、株式会社大林組西新宿工事事務所をはじめ、関係各位に本紙面により感謝の意を表します。

造成工事における UAV(ドローン)の適用事例

後藤 勉*

1. はじめに

国土交通省の最新動向である i-Construction 「ICT(情報通信技術)活用工事」には、ドローンを活用した工事の管理手法がある。

本文では、三次元測量による土量算出、各段階における現場状況写真の撮影などを民間の現場で取り入れることで、少人数で現場を運営した事例について紹介する。

2. 工事概要

- ①工 事 名：SC佐世保太陽光発電所造成工事
- ②施工場所：長崎県佐世保市江迎町七腕地内
(図-1参照)
- ③工 期：自)平成28年11月15日
至)平成29年 3月30日
- ④発 注 者：株式会社センコーコーポレーション
- ⑤工事内容：樹木伐採工2,112m²
切土36,911m³、盛土35,112m³
溝渠工1,491m、PCフェンス1,002m



図-1 位置図

3. UAV(ドローン)を使用した経緯

3-1 現場の状況を美しく記録

今回の太陽光発電所の建設は、事業主にとって大規模工事で大事業であるので、記録に残したくな

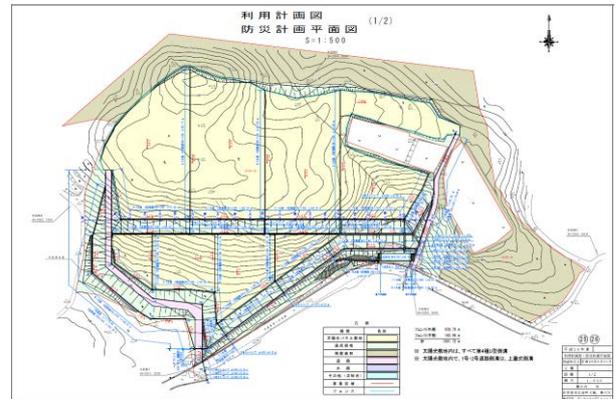


図-2 造成計画平面図

ると思われた。そういう顧客の思いを理解して、リアルタイムに変化していく現場の状況をひと目で美しく記録できる写真を安価で提供するために提案したのが、ドローンを使用した写真撮影である。

3-2 短期間での土量実数量の確認

契約時の切盛土量は、指定数量が36,900m³で、切土量と盛土量をほぼ同等にして、残土処分量を軽減する設計であったので、現場としても運営方針の決定や設計変更の対象とするため、早期に正確な実数量を把握しておく必要があった。そのような理由から、三次元的にデータを集約し、整理ができる測量の手法として、ドローンを使用する運びとなった。

3-3 ドローンの飛行制限のない地域

国土交通省航空局のガイドライン(図-3)より、「空港等の周辺(進入表面)の上空の空域(A)」、「150m以上の高さの空域(B)」および「人口集中地区の上空(C)」以上の空域による飛行は、あらかじめ、地方航空局長の許可を受ける必要があるとされている。

今回の現場(図-4、5)はすべてに該当せず、送電線などの鉄塔や鉄道もなく民家も少ないことから、ドローンによる空撮が適している場所として判断した。

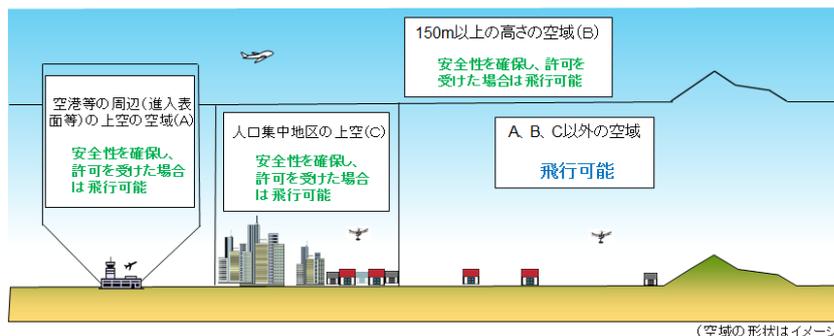


図-3 無人航空機(ドローン、ラジコン機等)の安全な飛行のためのガイドラインより抜粋



図-4 飛行場等の禁止区域



図-5 人口密集地域による禁止区域

4. UAV(ドローン)を使用した写真撮影方法

4-1 着工前写真の撮影

造成現場の着工前は、山林の状態であった。下方(前面道路)からの撮影(写真-1)では、写真撮影位置図を添付しないと状況が分かりにくく、何枚もの写真が必要であった。しかし、ドローンを使用して上空(地表から約30m)から撮影すると、全景が3枚の写真で分かりやすくなった(写真-2)。

今後、ここでは現場の移り代わりの状況をリアルタイムに撮影して記録する過程で、写真撮影の定点位置を固定させることが必要であった。

定点位置の決定は、竣工後の写真撮影の状況も想定し、キャリブレーションを行って、離陸ポイントや飛行高度なども考慮したうえで、竣工時まで変更できないように固定するものとした。



写真-1 下方からの着工前写真

定点位置は、GPSにより三次元で撮影位置が記憶でき、モニターマップ上で現在の飛行のポイントが確認できるため、カメラの撮影方向のみを考慮して撮影を行った。

4-2 施工中の写真撮影

現場では、施工段階毎に移り変わるロケーションを記録できるよう、着工前写真の撮影時に決定した定点位置にて適宜撮影(写真-3、4)することにした。



写真-2 上空からの着工前写真



写真-3 進捗状況写真(1)



写真-4 進捗状況写真(2)

4-3 竣工写真の撮影

工事完了後の写真は、施工中と同様に定点位置で撮影し、光の加減によるムラが極力少なくなるように着工前写真とほぼ同時刻にて撮影(写真-5、6)を行った。



写真-5 造成完了写真



写真-6 竣工写真

5. 造成現場ならではのドローンの活用

5-1 天候不良による現場の災害状況の早期確認

近年、異常気象などにより天気予報の予報情報をはるかに上回る降雨や風などが発生するため、早期に現場の現状把握や対策が必要となる。

現場では、自分の目で見て異常などを確認し、対応や対策などの判断をしなければならない。しかし、造成現場は敷地が広大であり、人が立ち入りづらい箇所の現状把握も必要になる。現場全体を確認して指示を出しては、対応や対策が遅れ、被害が拡大することが考えられる。

当該現場は、少人数で現場を運営していることもあり、降雨時は、自分達でできる範囲の現状確認を行い、天候が回復した後すぐにドローンを飛行させて、上空からの現場の状況を確認し、災害などへの対応の遅れがないようにした。

5-1 ドローンによる三次元測量

造成工事の土工事では、早期に土量を把握することが必要である。今回は、ドローンを活用して三次元測量を行って土量を算出し、現場全体の切り盛り土量を勘案した。

三次元測量は、測定面の任意の位置に対空標識を5箇所設置し、上空30m程度(一定の高度)から任意で空撮を行う。撮影データは、フォトスキャン(図-6)を使用して点群化データとすることができる。対空標識は、事前に座標を測定しておき、その測定値を入力することで、すべての点群データに座標を持たせることができる。



図-6 フォトスキャン画像

次に点群データを別のソフトであるEGメッシュマップを使用してメッシュ図面(図-7、8)を作成し、土量を算出する。

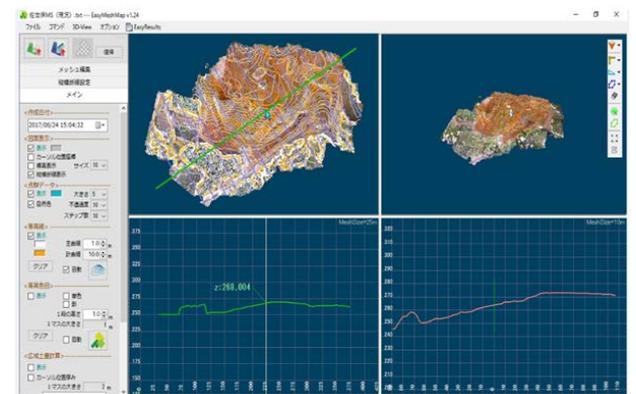


図-7 EGメッシュマップ画像(詳細な点群データ)

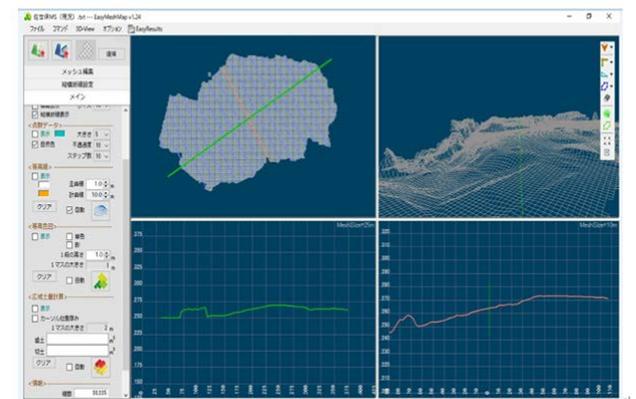


図-8 EGメッシュマップ画像(解析データ画像)

また、参考として、竣工データを入力することによって、施工途中の残土量を把握することができる。ここでは、竣工時との差異を確認していくことも可能である。これは出来形管理だけではなく、工程・積算と広範囲に応用して、データを収集することができる。

今回の現地測量では、ドローンの操縦者1名と手元作業員1名の計2名で、32,000m²の広大な敷地面積を約3時間程度で測定することができた。

ドローンを活用した三次元測量では、伐採前の測定は困難である。

従来のように敷地全体を測量して、各断面図を作成すると同時に断面積を算出してから土量を算出する平均断面法と比べると、表-1に示すように土量を算出するまでにかかる作業時間と労力が圧倒的に少なくできることがわかり、i-Constructionの「ICT技術の全面的な活用(土工)」である業務の省力化が図れるといえる。

表-1 従来の測量方法との比較

	測量面積	期間	費用	条件
平均断面法	32,112m ²	5日程度	労務費×15日	伐採前にも可能
三次元測量	32,112m ²	3H程度	労務費×2日	伐採前は不可

今回使用したドローンは、Phantomクラスであり、空撮高度を20m以下としなければ、画素数が不足するため、国土交通省の定める規格値の上では、ICTに対応できない機種である。

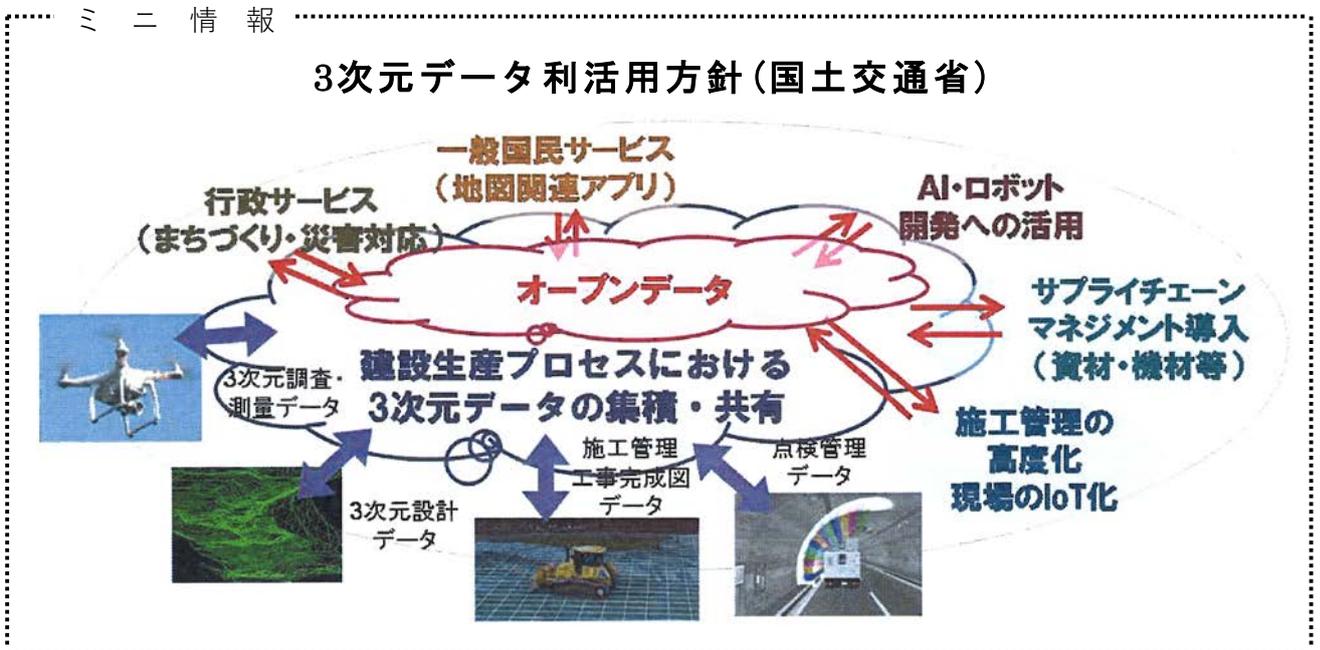
ICTに対応するには、本体S900クラスのドローンが必要となるが、本体とシステム価格が非常に高価であり、使用目的および頻度を考慮してドローンを選定する必要がある。

今回の事例のように民間工事における現場状況の撮影や土量の算出などであれば、Phantomクラスでも十分に活用できるものである。

6. おわりに

民間工事の造成現場において、ドローンを活用して現場の記録を美しく残せたことで、顧客のニーズに応えることができた。また、時間の短縮に伴い、施工性の向上につなげていけたので、今後にも十分に活用できる手法と考える。

最後に、今回工事を進めるにあたって、受注から設計・施工に至るまでに、ご支援下さいました社内外の関係者の皆様方に厚く御礼申し上げます。



西湘バイパスにおける越波防止柵の施工

狩野 圭介*
下野 俊志*

1. はじめに

西湘バイパスは、神奈川県大磯町から小田原市を結ぶ自動車専用道路(国道1号のバイパス、本線延長20.8km)である。海岸沿いに建設されており、ドライブコースとして人気のある道路であるが、強風・高波等の荒天時によく通行止めとなる。

今回施工を行った「西湘バイパス越波防止柵設置工事」は、当該道路の高波の被害が大きい3箇所(計591.5m)において、補強対策工として越波防止柵を設置する工事であった。

本文では、当該工事の概要と創意工夫した内容について報告する。

2. 工事概要

- ・工事名：西湘バイパス越波防止柵設置工事
- ・工事場所：一般国道1号(西湘バイパス)
神奈川県中郡二宮町二宮字向浜(0.0KP)
～小田原市風祭字君田島(14.5KP)
- ・工期：平成27年6月11日～平成28年4月5日
- ・発注者：中日本高速道路株式会社東京支社
- ・主な工種：越波防止柵 591.5m 遮音壁 104m

3. 既設擁壁の補強と設計検討

0.9KP、1.8KPおよび7.4KPにおける代表的な越波防止柵設置および既設擁壁補強工の断面図を図-2に示す。



図-1 現場位置図

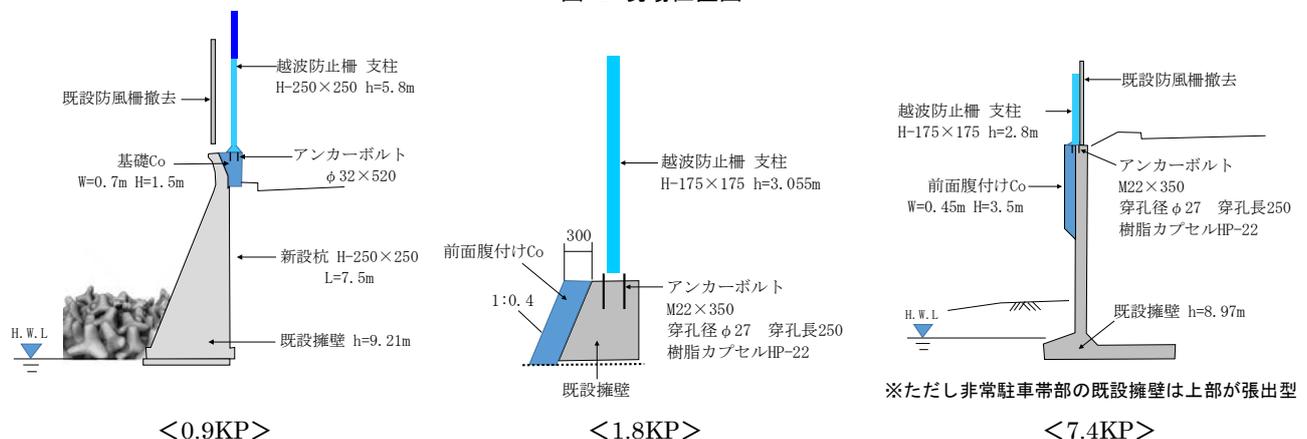


図-2 断面図

0.9KPの越波防止柵については、当初、既設擁壁の海側に補強擁壁を設置する計画であった。しかし、事前調査の結果、海側テトラポット等の影響で施工が困難との判断から、既設擁壁の内側(道路側)に設置するように再設計した。

いずれの断面の越波防止柵においても、アンカーボルトにより防止柵支柱を基礎コンクリートに固定する設計となっていた。このような場合には、このアンカーボルトに各種応力が発生した時、アンカーボルトが破断しないか、コンクリートからアンカーボルトが抜けてしまわないか、または基礎コンクリートが割れて抜けてしまうような破壊(コーン状破壊)が起こらないかの設計照査が必要であった。そのために設計の見直し、決定した既設擁壁の補強概要を表-1に示す。

表-1 既設擁壁の補強概要

施工箇所(KP)	延長(m)	基礎部 補強擁壁		補強擁壁と既設擁壁との接合方法	既設擁壁の形状	既設防風柵の撤去
		横断方向位置	鉄筋			
0.9	298.8	既設擁壁の内側(道路側)	有	ポリエチレンフィルムによる緑切	上部は波返しが付いた湾曲形状	有
1.8	140.1	既設擁壁の外側(海側)	無	サンドブラスト+アンカー	海側が斜め	無
7.4	152.6	既設擁壁の外側(海側)	有	脆弱部→WJ処理+アンカー 脆弱部以外→サンドブラスト+アンカー	両側面とも直	有

注) 7.4KPの既設擁壁の形状→非常駐車帯部は上部が張出形状

4. 工事の流れ

越波工事の施工の流れを図-3に示す。

本工事では、以下の施工方針を策定して施工に臨んだ。

- ①高速道路の交通規制を伴う施工であるので、一般通行車両への第三者災害を防止する。
- ②最新の気象予報をもとに高波による災害を防止する。
- ③近隣住民の生活環境に配慮し、騒音・振動を最小限とするとともに相模湾(海)を汚染しない。

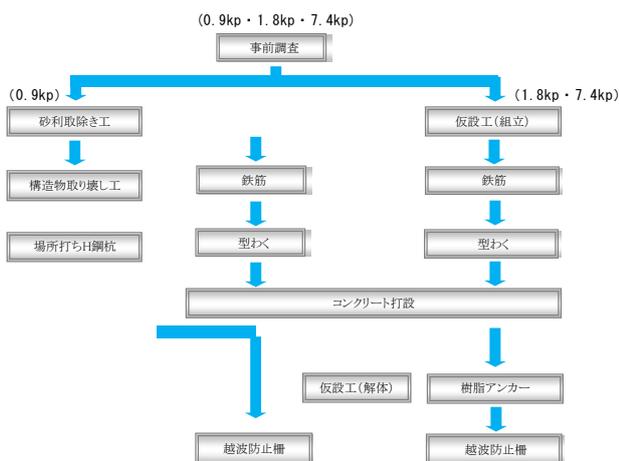


図-3 越波工事の施工の流れ

4-1 0.9KP 越波防止柵工

0.9KP越波防止柵工の施工の流れおよび状況を図-4に示す。



図-4 0.9KPの越波防止柵工の施工の流れおよび状況

4-2 1.8KP越波防止柵工

1.8KPの越波防止柵工の施工の流れおよび状況を図-5に示す。

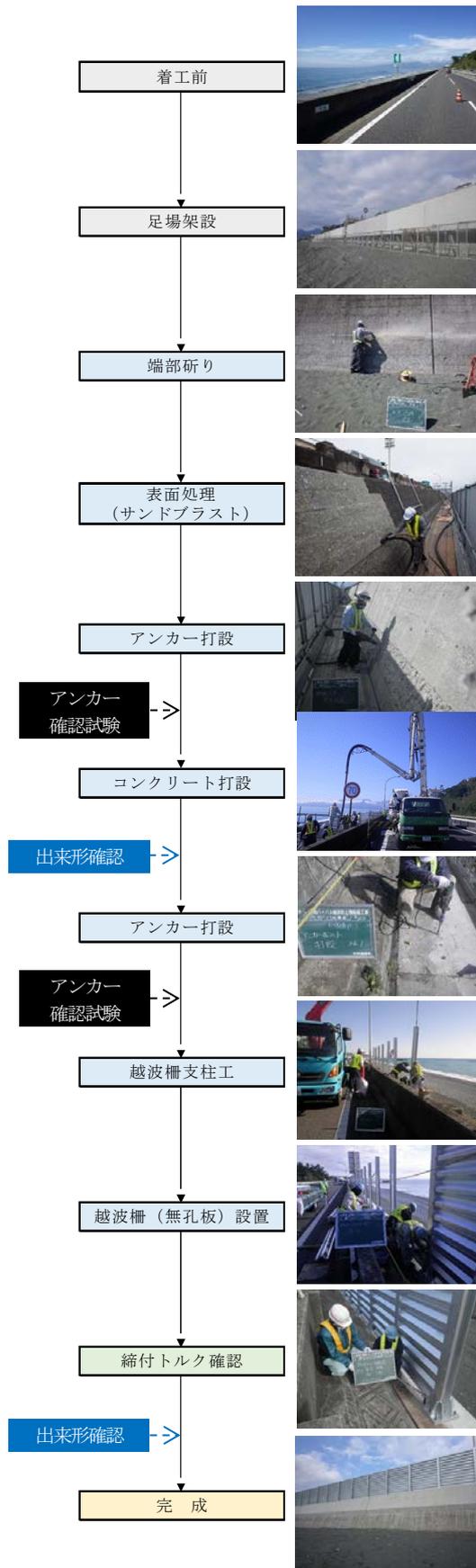


図-5 1.8KPの越波防止柵工の施工の流れおよび状況

4-3 7.4KP越波防止柵工

7.4KPの越波防止柵工の施工の流れおよび状況を図-6に示す。

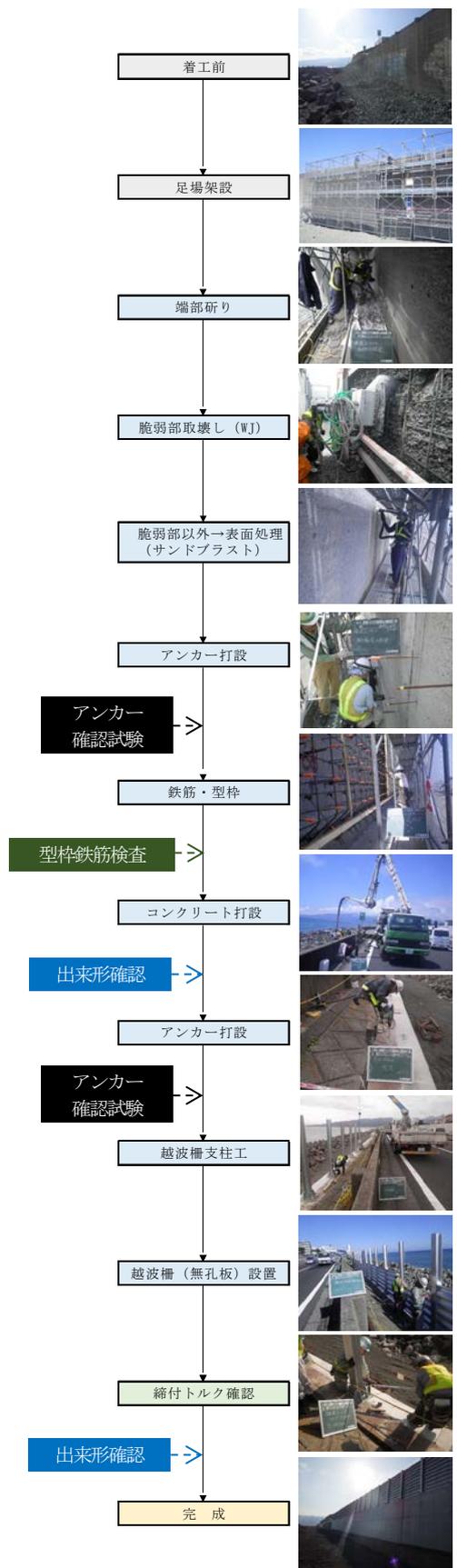


図-6 7.4KPの越波防止柵工の施工の流れおよび状況

5. 施工における創意工夫

5-1 バイブロハンマーの使用

0.9KPの越波防止柵工において、H型鋼の設置はオーガーで掘削し、セメントミルクを注入後にH型鋼を20～30cm押込む手法とした。押込み時に底部の締まった砂層への圧入を容易にするため、バイブロハンマーにて振動を与え、所定の高さまで圧入した。これによって、H型鋼のスムーズな圧入およびH型鋼天端の損傷防止ができた。



写真-1 バイブロハンマーによるH型鋼打設状況

5-2 ウォータージェット施工時の汚泥流出防止

7.4KPの非常駐車帯部の越波防止柵工において、既設擁壁の脆弱部をウォータージェットにて研掃する際、その作業に発生する汚泥が海(相模湾)に流出しないようにするため、図-7に示すような養生を施した。シート端部にはコーキングを施し、完全に汚泥の流出を防止した。ウォータージェット工に用いた機械を図-7に示す。

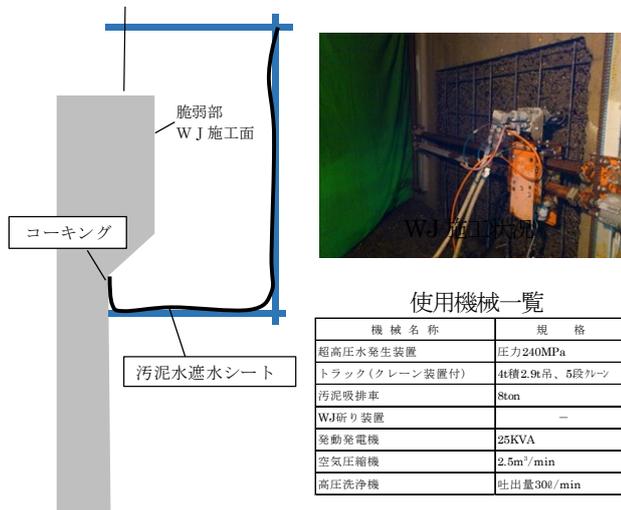


図-7 ウォータージェット施工時の汚泥流出防止

5-3 ロングタイプのPコン・穴埋め材の使用

当該コンクリート構造物は、常に潮風に晒される状況となるので、セパレーターの錆防止対策として、通常より長いPコンを用いた。Pコン部の穴埋めとしては、専用のコンクリート2次製品(写真-2の右側)を樹脂ボンドで接着・挿入した。



写真-2 通常より長いPコンと穴埋め材

5-3 防護板および荷台シートによる粉塵の飛散防止

0.9KPの越波防止柵工では、研り作業が既設防護柵の背面となり、通常の置式の飛散防止ネットではガラがネットを越えて飛散する可能性があったため、既設防護壁背面にベニア板を万力で挟み込み固定し飛散防止を徹底した(写真-3)。万力で挟み込みベニア板を固定することで、ベニアが飛ばされる心配がなかった。

また、当該箇所は風が強いため、残土や研りガラ運搬時の飛散防止対策として、荷台へのシート養生において荷台に隙間をつくらぬよう、シートで完全に覆うことを徹底した(写真-4)。

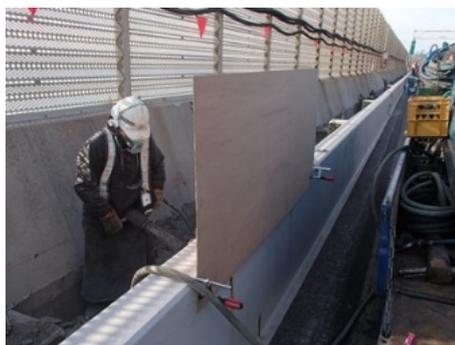


写真-3 飛散防止の例



写真-4 荷台からの飛散防止対策

6. おわりに

本工事は、供用中の道路での海岸に接した箇所での施工であったため、風と環境保全に対する対策が通常の工事以上に重要であった。管理の徹底と協力会社の協力によって、無事故無災害で工事を完成させることができ、NEXCO中日本東京支社から安全優良事業所表彰をいただくとともに、高評価をいただいた。

本文が今後の同様の工事の参考になれば幸いである。

都市部橋梁における夜間補修工事の施工事例

岡田 浩之*
国安 幸一**

1. はじめに

「豊水大橋」は、札幌都心部の北側を東西につなぐバイパス「札幌新道」の一部を構成し、国道274号が豊平川を跨ぐ位置にある。本橋は供用開始後35年以上が経過し、老朽化が進行していることから、5年前から順次補修工事が行われている。

当年度も国土交通省北海道開発局札幌建設部は地元ゼネコンへ発注し、当社は舗装打替を含めた橋梁補修工事を下請負した。

本文では、交通量が上下線合わせて約5万台に達する主要道路で、終日規制を行えない条件下での橋梁補修工事について報告する。

2. 工事概要

工事概要を以下に示す。なお、豊美大橋の構造諸元は表-1に示すとおりである。

工事名：一般国道274号 札幌市 豊水大橋補修工事

工期：平成28年4月5日～平成29年2月18日

概要：路面切削工A=13,400m²

橋面防水工A=4,360m²

舗装工A=12,800m²

断面修復工(床版)

車道V=40m³ 歩道V=11m³

(夜間工事・交通規制時間21:00～6:00)

現場の位置図を図-1に、橋梁の横断面図・補修部を図-2に示す。本工事の目的は、事前劣化調査を基にC～B判定箇所の補修を行い、橋梁の長寿命化を図ることである。

表-1 豊水大橋構造諸元

橋長	下り(L側) 555.250m 上り(R側) 542.390m
幅員	0.55m + 8.00m + 2.00m(歩) + 0.55m = 11.10m
上部工型式	A1-P3 3径間連続PCポステン中空床版 床版コンクリート $\sigma_{ck}=40\text{N}/\text{mm}^2$
	P3-P6 3径間連続PCポステン中空床版 床版コンクリート $\sigma_{ck}=40\text{N}/\text{mm}^2$
	P6-P7 単純鋼合成鉄桁 床版コンクリート $\sigma_{ck}=30\text{N}/\text{mm}^2$
	P7-P10 3径間連続非合成箱桁 床版コンクリート $\sigma_{ck}=24\text{N}/\text{mm}^2$
	P10-P12 2径間連続非合成鉄桁 床版コンクリート $\sigma_{ck}=24\text{N}/\text{mm}^2$
	P12-P13 単純鋼合成鉄桁 床版コンクリート $\sigma_{ck}=24\text{N}/\text{mm}^2$
	P13-A23 3径間連続PCポステン中空床版 床版コンクリート $\sigma_{ck}=40\text{N}/\text{mm}^2$
下部工型式	RCL型式橋台、RC壁式橋脚
基礎形式	場所打ち杭、ケーソン基礎
設計荷重	TL-20、1等橋
適用示方書	S43道示



図-1 現場位置図(航空写真：google Mapより)

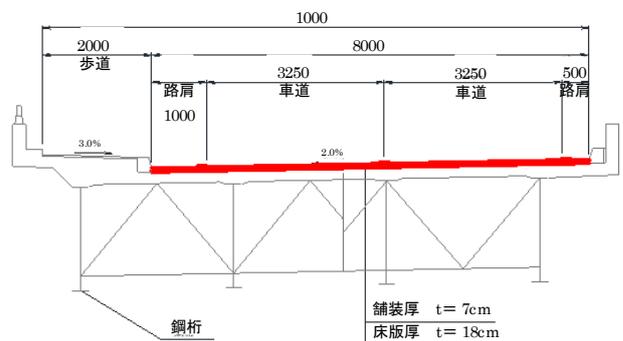


図-2 豊水大橋下り横断面図・補修部(赤)

3. 当初計画の問題点

3-1 施工方法の問題

当初計画は、図-3のように路面切削、床版補修、表層舗設までを規制時間内に実施し、日々完成させるものであった。しかし、日々の施工エリアで床版の損傷の程度や面積が異なるので、規制時間内に交通解放する工程を計画することが困難であった。

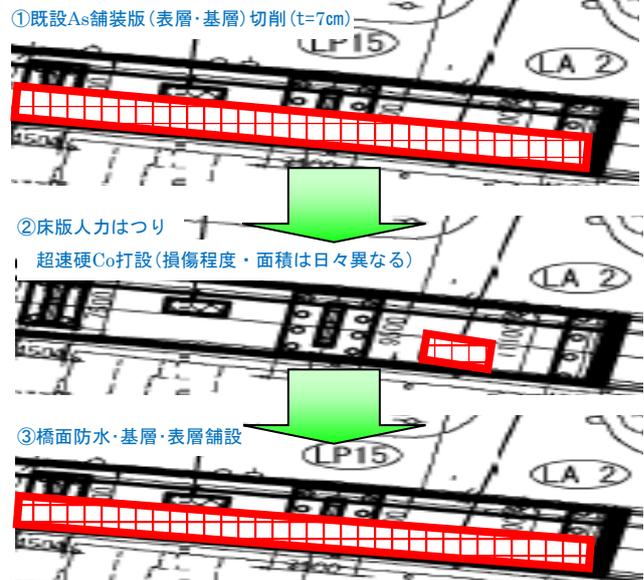


図-3 当初計画

3-2 騒音対策

施工箇所の周辺には、約110軒の住宅があり、騒音対策を実施する必要があった。

本工事の技術提案であげた『防音パネル』が、騒音に対してどのような効果を発揮するかシミュレーション解析し、環境基準値55dBをクリアすることが確認できたので工事を開始した。

しかし、施工初日に実際、騒音測定したところ、場所によっては55dBを超える箇所があった(最大84dB)。そこで、さらなる騒音対策の検討が必要となった。

4. 施工方法の検討

4-1 施工方法の変更

床版補修後の品質を確保したうえで、確実に日々の交通解放を行うために、仮切削・仮舗装により床版の調査を先行して実施し、日々の施工工種を確定させる施工方法および変更計画を、元請を通じ発注者へ提案した。この方法では仮舗装の数量が大幅に増えるため、計画変更の交渉は難航した。

そこで、施工初日に作業の流れと床版の劣化状態について、発注者に立会を求めた。その結果、床版の損傷程度・範囲が予想以上に激しく、発注者も計画変更を理解を示し設計変更に持込むことができた。

4-2 設計変更後の施工方法

協議により認められた設計変更の概要および施工手順を以下に示す。

(1) 床版の調査

① 既設アスファルト舗装の表層のみを切削(図-4)

工事期間中、一般車両の走行に支障が無いように、あらかじめ表層の切削を2車線とも全面にわたって行うことで、部分的な場合に比べ本復旧までにかかる時間を短縮することができる。

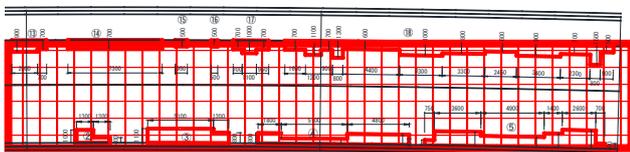


図-4 表層切削範囲

② 伸縮装置間の1車線分の基層切削・床版防水層撤去およびコンクリートテストで圧縮強度の推定を行い、床版の劣化状態を調査(図-5、写真-1)。

1日あたり施工量を考慮し、1線ずつ切削し調査を行う。このとき、既設防水層が残っているとカットバックを起こす可能性があるため、ケレンまたは研掃し完全に除去する必要がある。

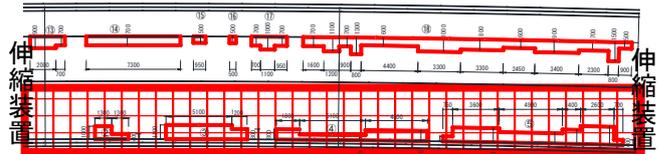
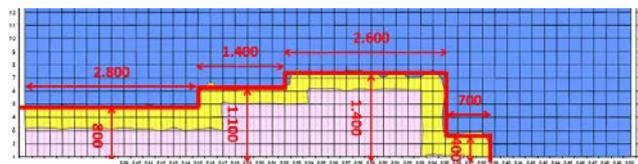


図-5 基層切削・床版調査範囲



写真-1 コンクリートテストによる床版調査

調査により補修範囲をマーキングした後、床版上の仮舗装を行い交通解放する。調査の成果図を図-6に、変更後の設計図を図-7に示す。



凡例
■ 40~50N/mm² 健全
■ 20~40N/mm² やや低強度 B判定
■ 0~20N/mm² 低強度 C判定

図-6 床版調査成果図(位置は図-7参照)

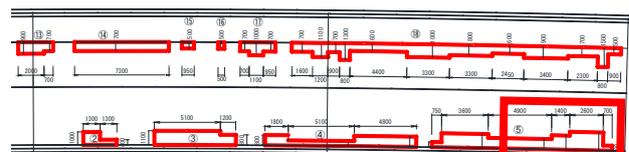


図-6 箇所

図-7 変更後設計図

(2) 本施工

① 仮舗装一部撤去・床版補修・再仮舗装

成果図により当日の補修範囲を決定し仮舗装を撤去し、床版コンクリートを人力はつりにて撤去する。はつり深さは既設の配筋を考慮して7cmとした。その後、バッチャー車にて超速硬コンクリートを打設し、仮舗装を行って即日交通解放する(図-8)。

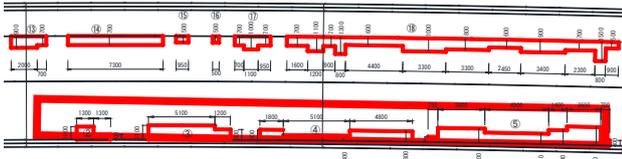


図-8 床版補修範囲

②仮舗装切削・床版防水・基層舗設

①の工程が完了後、日々の施工量から床版防水範囲を計画的に割り振り、仮舗装を切削にて撤去し、床版防水を施工する。その後、基層を施工し即日交通解放する(図-9)。

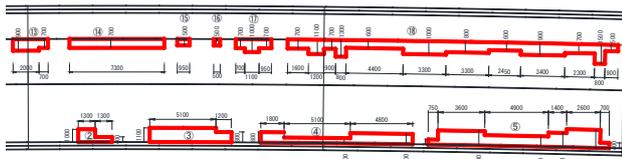


図-9 床版防水・基層範囲

③上下線ごとに一括の表層舗設・区画線設置

②の工程が完了後、表層および区画線を一括して施工し、完成となる(写真-2)。



写真-2 完成

4-3 施工方法変更(設計変更)の効果

本変更による効果を以下に列記する。

- ①仮舗装をうまく2回取り入れたことで床版補修と床版防水を2段階に分けて施工できたので即日交通開放を遅延なく100%遵守できた。
- ②床版コンクリートの損傷調査を先行し補修範囲を確定したので、計画的な工程を組むことができた。
- ③早い段階で工程を算定できる施工方法の変更を提案し認めてもらうことができたこともあり、元請・発注者からの信頼が厚くなり、その後の交渉も順調に進むことにつながった。

5. 騒音対策の提案

騒音を環境基準値の55dB以下に抑えるために、追

加の騒音対策を以下のとおりに行った。

①防音シート

重ねて使用すれば防音効果を高めることができ、防音パネルより高さで自在性に富むので設置しやすい(写真-3)。



写真-3 防音シート

②防音カバー

ハンドブレーカ用の防音カバーには、さまざまな種類から装着状態や防音性能を比較し、写真-4に示す仕様(富士ZET:FZ-20XT)を選定した。

はつり能力は10~20%程度低下するが、防音効果は7~9dB程度低減したので使用する価値はあった。



写真-4 ハンドブレーカ用防音カバー装着状態

①の防音シートを二重にし、防音カバーを装着して研ると、防音パネルよりも実質20dB程度の低減効果があった(ブレーカ使用時間は24時までとした)。

③橋面反響抑制対策

騒音シミュレーションと実施工の相違は、橋面振動が橋梁下面で反響音になると考え、枠組足場と防音シートを活用した防音壁を、橋梁下部に隙間が空かないように組立て、反響音を13~15dBまで大幅に低減させた(写真-5)。



写真-5 枠組足場と防音シートによる防音壁

上記の①～③を行った効果を表-2、3に示す。①～③のトータルにより55dB以下に騒音を抑えて、はつり作業ができた(最小時：47dB)。

表-2 ①と②の効果

	対策効果	
	当初	当社提案
防音パネル	-12dB	-
防音シート(ダブル)+ 防音カバー	-	-21~-24dB

表-3 ③の効果

	対策効果	
	当初	当社提案
橋面反響抑制シート	-	-13~-15dB

6. まとめ

床版の損傷程度が未定のまま補修する当初設計では、即日交通解放が困難である場合も出てくると考え、発注者に損傷程度を事前に把握できる仮舗装案を提案したが、理解を得られなかった。

そこで、現場立会いを粘り強く求め、施工初日に床版の損傷を確認してもらった。これが功を奏して

提案が採用され、予想以上に損傷していた床版の補修を、即日交通解放することができた。

仮舗装案の実施により事前に日施工量を的確に配分し、綿密な日々のタイムスケジュールを基に施工できた。このため不安要素であった悪天候や見えない床版劣化の影響を受けることもなかった。本案は即日交通解放が厳守で、交通量が多い都市部の橋面補修工事で非常に有効であった。

工事中の騒音の広がりにおいて、シミュレーションと実態が決定的に違うのは、前者では音源が限定されており、後者では音源のほかに橋面の振動が橋下の空間に反響し騒音が増幅されることである。このことに施工日毎の騒音測定でいち早く気づき、反響音を外に逃がさないように現場に即した橋面反響音抑制対策を講じた。その結果、規定内の騒音に抑えることができ、110軒の住宅から騒音の苦情はなかった。この対策は、今後の同種の工事に適用できると考える。

7. おわりに

住宅地が近接し交通量が多い札幌新道の夜間工事で難易度の高い工事であったが、施工方法の変更による品質向上と効果的な騒音対策を行い、無事故無災害で完成できた。その結果、元請も発注者から工事成績点81点の高評価を受け、当社も大変感謝されることになった。

本文が、皆様のさらなる技術向上への参考になれば幸いです。

3 等

コンクリート舗装のほうき目粗面仕上げ 開始時期の定量的管理手法

大林道路(株) 技術研究所

// //

// 東北支店工事事部

鈴木

東本

藤林

徹

崇

省吾

1 はじめに

コンクリート舗装の施工では、表面仕上げの行程で、荒仕上げ、平たん仕上げの後に、すべり抵抗性確保および対向車線のヘッドライトの防眩のため、粗面仕上げを行う。コンクリート舗装の施工方法、施工管理方法において、「粗面仕上げで所定のきめ深さを確保するための方策」や、「粗面仕上げの時期を判定する工夫」についてなどの懸案事項が、昨今多くなってきている。

ほうき目粗面仕上げの時期は、共通仕様書などでは、コンクリート表面の水光りが消えるのを待ってから、ナイロン、スチール、シュロなどで作製したほうきやはけにより、比較的浅い溝をつける。

このほうき目粗面仕上げの開始時期は、目視で確認してからと定性的判断にゆだねられる。現場技術者は、ほうき目粗面仕上げの均一なきめの確保のため、平たん仕上げ終了後に、気象条件の変化（気温、風、日射など）に対応した仕上げの推定を経験則（熟練者が表面に手を当てて、手のひらへのモルタル分付着状態を的確に把握）に頼っているのが実情である。このようなことから、コンクリート舗装の施工経験者が不足している現状の中、ほうき目粗面仕上げの開始時期を定量的に

判定できる手法の確立が望まれる。

本稿は、ほうき目粗面仕上げの開始時期（仕上げのタイミング）を定量的に評価できる手法の確立と、均一なきめ深さを確保を目的に、近赤外水分計による評価方法を考案し、実際の現場での検証により、ほうき目粗面仕上げの施工管理手法の有効性を報告するものである。

2 定量的に判定する手法

2-1 定量的判定手法のコンセプト

コンクリート舗装の粗面仕上げの終了時期に関する文献¹⁾はみられるが、粗面仕上げ開始時期に関して、定量的判定手法とほうき目のきめ深さなどに関連した報文などは見当たらない。

コンクリート表面の軟らかさが一定でないと均一な粗面を得ることが難しく、また、表面が硬いと溝がつきづらくなる。ほうき目粗面仕上げ開始時期のコンクリートは、硬化前のいわゆるフレッシュ状態であり、このコンクリート表面の状態（微妙な凹凸、濡れなど）を定量的に判定する場合、水分状態（濡れ状態）を評価するのが妥当と考えられ、水分計を用いて検討することとした。

2-2 測定機器選定

コンクリート表面の水分状態測定について、含水率の測定方法としては、①電気的測定方法、②湿度（結露測定方法）、③中性子水分計による方法（図-1参照）がある。

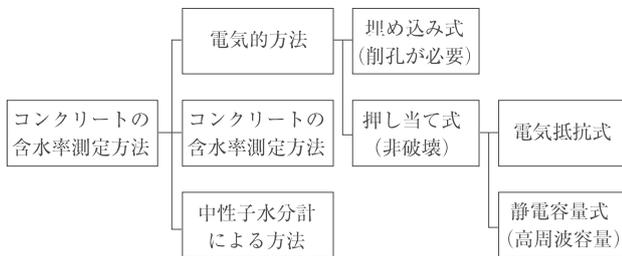


図-1 含水率測定方法の種類²⁾

例えば、押し当て式の電気抵抗式や静電容量式は、床版防水工における床版コンクリート表面の水分量（含水率）管理に用いられているが、いわゆる硬化体の乾燥度合を評価するものである。ほうき目粗面仕上げの時期は、施工中の硬化する前のフレッシュコンクリート状態のコンクリート舗装表面の濡れ具合を評価する目的であること、硬化前のコンクリートには上記機器をしっかりと押し当てることができないこと、迅速かつ簡易に判定できる手法の確立が目的であることから、試料に含まれる成分を定量測定する方法の一つである近赤外線分光法による評価に用いられている近赤外水分計を測定機器に選定した。当該機器による測定方法は、食品、土壌、医療などの分野で幅広く利用されている³⁾。本検討では、写真-1に示す市販されているハンディ型の近赤外水分計KJT-130(株)ケット科学研究所)を用いて検討を行った。



写真-1 近赤外水分計

2-3 近赤外水分計

水には近赤外線領域に1.2 μm 、1.45 μm 、1.94 μm の3波長の吸収帯があり、これらの波長光を物質に当てた場合、その物質の含有水分に応じて光が吸収される。その減衰量を調べることで、水分量を測定することができる。なお、吸収波長のみの計測では、物質の表面状態、粒子の大きさ、色などの影響を受け安定した測定ができないため、水に影響を受けにくい近赤外線を別に設定し（参照波長）、吸収波長を当て、反射してくる両波長のエネルギーの比を求め水分量に換算する。

近赤外水分計の長所、短所⁴⁾を以下に示す。

(1) 長所

- ・表面のみ測定するため、設置が簡単である。
- ・薄い材料に有効で、測定物を傷めない。
- ・本検討で用いた近赤外水分計の質量は1.1kg、測定時間は数秒（値が安定するまで）であり、迅速に判定できる。

(2) 短所

- ・表面のみ数百 μm （1ミリ）以下の測定であることから、表面水の影響を受ける場合がある。
- ・測定物の色が変わった場合に影響されることもある。

なお、近赤外水分計は試料中に存在する水の吸収波長に対する吸光度を特定する装置であり、含水率を定量測定するためには、あらかじめ試料の含水率と吸光度の関係がわかっているなければならない。そこで一般的には、試料の吸光度を測定した後に試料を絶乾するなどして含水率を求めて含水率と吸光度の関係を調べ、検量線と呼ばれる校正曲線を作成する³⁾。本検討で用いた近赤外水分計は、装置内で検量線を簡単な操作で登録できる機構となっている。本検討では、検量線作成にあたり、含水比が異なる10種類のモルタルを用いて検量線を作成し、表面のみ数百 μm の測定結果が部材の厚いコンクリート舗装表面の時間経過に伴う濡れ状態を、定量的に示すことができるかを事前に室内実験で検討した。

2-4 事前室内検討

事前検討に用いたコンクリートの配合条件と、配合から計算上求められる各配合のフレッシュ時の水分率を表-1に示す。

配合 No.1 はセットフォーム工法、配合 No.2 は人力施工、配合 No.3 はスリップフォーム工法を想定したスランプとしている。

表-1 検討に用いたコンクリートの配合条件とフレッシュ時の水分率

配合 No.	スランプ (cm)	セメント種類	W/C (%)	s/a (%)	フレッシュ時の水分率 (%)		
					単位水量	骨材中	全含水率
1	2.5	N	45.0	37.9	6.08	1.08	7.16
2	6.5	N	45.0	38.9	6.46	0.74	7.20
3	4.0	N	43.0	36.7	6.43	0.74	7.12

表-1の配合で、室温 20℃、無風の室内で 15 × 15 × 53 cm の供試体を作製し、表面を平滑にならした直後から、時間経過ごとに、近赤外水分計で表面の水分率を測定した。測定結果を図-2に示す。なお、近赤外水分計の水分表示は式(1)に示すウェットベース表示として水分率 (%) で表示されるものである。

$$\text{ウェットベース [\% WB]} = M \times 100 / (G+M) \quad \text{—式(1)}$$

ここで、

G : 乾燥して水分がなくなった状態の重量

M : 蒸発した水分の量

なお、検量線作成時の含水率のデータの inputs は各サンプルを式(1)に基づいて含水率を測定し、作成した。

図-2より、配合の違いに関わらず、時間経過

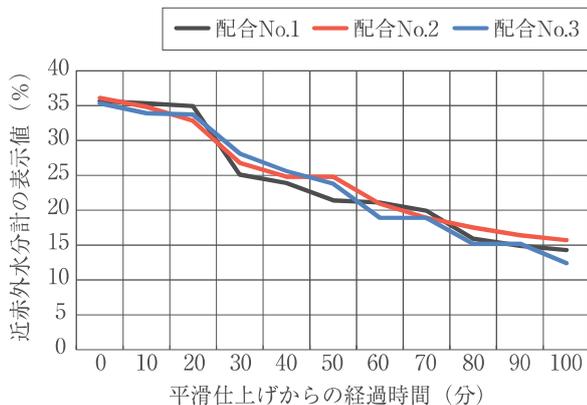


図-2 近赤外水分計測定結果

に伴い近赤外水分計による水分率は低下傾向を示した。また、いずれの配合も、目視による水光りがなくなったと思われる時点での水分率は 20 ~ 30 % の範囲であった。

ここで、表-1で示した各配合のフレッシュ時の水分率は 7 % 程度である。したがって、水光りが消え、硬化過程を経て完全に硬化・乾燥するまでの実際の含水率は 7 % 以下に推移するものと考えられる。しかし、今回の測定結果では近赤外水分計の水分率としての表示が 13 % ~ 35 % 程度となり、理論上の含水率との乖離^{かいり}が生じる。

前述のとおり、近赤外水分計は薄い部材に有効（事前に紙に既知の含水量を与え、既知の含水率とそのときの吸光度にて検量線を作成すれば、実際の測定値はほぼ含水率と一致した）であり、表面の数百 μm の測定であること、検量線作成は数サンプルの実際の含水率と吸光度で行うことを考えると、供試体は部材が厚いこと、表面の状態（例えば水光りの有無）に関わらず、実際の含水率は大きな変化はないこと、検量線作成は実際の全体の含水率と吸光度で作成するため、理論上の含水率と乖離が生じるものと考えられる。ただし、図-2で示したとおり、時間経過に伴い水分率は減少する傾向が見られ、見かけ上の表面の濡れ状態を示しているものと考えられる。したがって、実際の含水率を評価するものではないため、本検討における近赤外水分計により表示される水分率を「表面濡れ率 (%)」として示すこととした。

以後、この「表面濡れ率 (%)」でほうき目粗面仕上げの開始時期を定量的に示すことができるか、数現場において実地検証を行った。

3 実地検証

3-1 経験則によるほうき目粗面仕上げのきめ深さ

近赤外水分計によるほうき目粗面仕上げの開始時期の検討を行う前に、一般的な経験則による目視（水光りの有無の判定）にて、ほうき目粗面仕

上げを行った場合の実際のきめ深さを確認するため、コンクリート舗装施工現場において、きめ深さとしてCTメータによる平均プロファイル深さ(MPD: Mean Profile Depth)を測定した。測定はコンクリート舗装舗設の翌日に行った。併せてDFテストですべり摩擦係数($\mu 60$)を測定した。

実地検証した施工条件、配合条件を表-2に示す。ほうき目粗面仕上げ状況を写真-2に、各測定箇所の代表的なほうき目粗面仕上げのほうき目状態を写真-3に、MPD、すべり摩擦係数($\mu 60$)測定結果の一例を表-3に示す。

表-2 施工条件、配合条件

施工条件	セメント種類	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)				
				W	C	S	G	Ad
明かり部 セットフォーム	BB	45.0	37.9	140	311	683	1170	3.11



写真-2 ほうき目粗面仕上げ状況

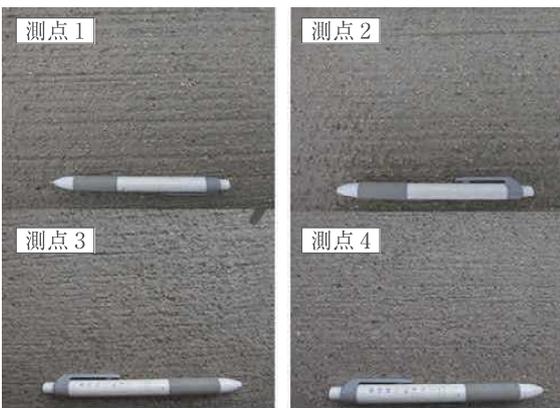


写真-3 各測定のほうき目状態

表-3 MPDと $\mu 60$ の測定結果

	MPD (mm)	$\mu 60$
測点1	0.84	0.65
測点2	0.72	0.62
測点3	0.51	0.57
測点4	0.44	0.52

当該現場での、各測点のMPDは0.4~0.84mmとばらついているものの、MPDが最も小さい測点4のすべり摩擦係数 $\mu 60$ は0.52であり、MPDが0.4mm程度あればすべりに関しては問題ないものと考えられる。したがって、経験則による場合、目視判断さえ間違わなければ均一ではないものの粗面に仕上がっていることが確認された。

表-3で示した結果から、例えば確実にMPDが0.5mm以上得られる粗面状態にしたい場合のコンクリート舗装表面の状態を定量的に示すことができれば、現場技術者の粗面仕上げの実施時期の判断の根拠となり、仕上げ精度の向上につながるものと考えられる。そこで、近赤外水分計による表面濡れ率とほうき目粗面仕上げの開始時期について実施検証を行った。

3-2 表面濡れ率(%)とほうき目粗面仕上げの開始時期の実地検証

(1) ケース1

実地検証した施工条件、配合条件を表-4に示す。

表-4 施工条件、配合条件

施工条件	セメント種類	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)				
				W	C	S	G	Ad
明かり部 スリップフォーム	N	43.2	37.0	143	339	663	1151	3.39

実地検証方法は以下のとおりとした。

- 1) スリップフォームペーバが通過した時刻を基準時間(0分)とし、10分間隔で舗装端部から30~50cmの位置で、近赤外水分計を用いて表面濡れ率を測定する。
- 2) 外気温、コンクリート表面温度を測定する。
- 3) 打設翌日に表面濡れ率を測定した箇所のきめ深さ(MPD)を測定する。

コンクリート打設状況および測定状況を写真-4~写真-7に示す。

各測点における経過時間と表面濡れ率の関係を図-3に示す。

各測点とも、時間が経過すると表面濡れ率は低下する傾向であった。各測点における表面濡れ率の初期値は気象条件(日射、風など)の影響で8.5%

程度の差が見られたが、舗装表面の光沢が落ちつくに伴い、ほうき目粗面仕上げ開始直前の表面濡れ率は20%～25%の範囲に収まっている。打設翌日に、各測点のほうき目のきめ深さを測定した



写真-4 コンクリート打設状況



写真-5 人力フロート施工状況



写真-6 近赤外水分計測定状況



写真-7 ほうき目粗面仕上げ状況

結果、MPDは0.58～0.62mmであり、均一なきめ深さを確保していることが確認された。

なお、写真-2と写真-7で示したとおり、ほうきの種類や仕上げ方法に違いはあるが、きめ深さに顕著な差がないことが確認された。

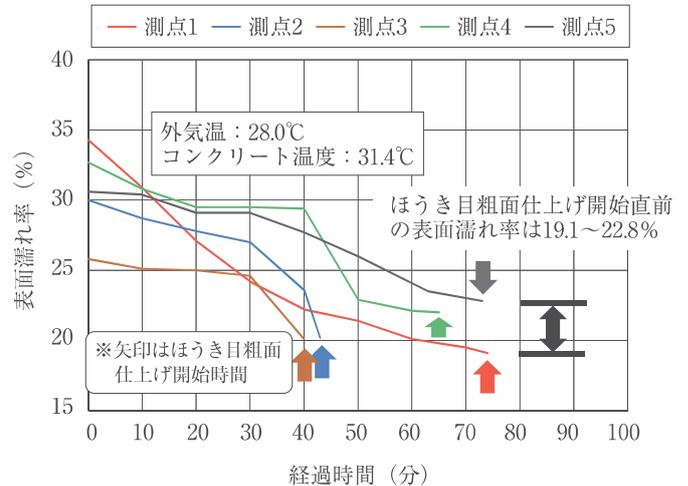


図-3 経過時間と表面濡れ率の関係

(2) ケース2

実地検証した施工条件、配合条件を表-5に示す。

表-5 施工条件、配合条件

施工条件	セメント種類	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m³)				
				W	C	S	G	Ad
明かり部 セットフォーム	BB	36.0	32.9	145	403	587	1189	4.03

ケース1と同様の手順で、近赤外水分計により測定した経過時間と表面濡れ率の関係を図-4に示す。

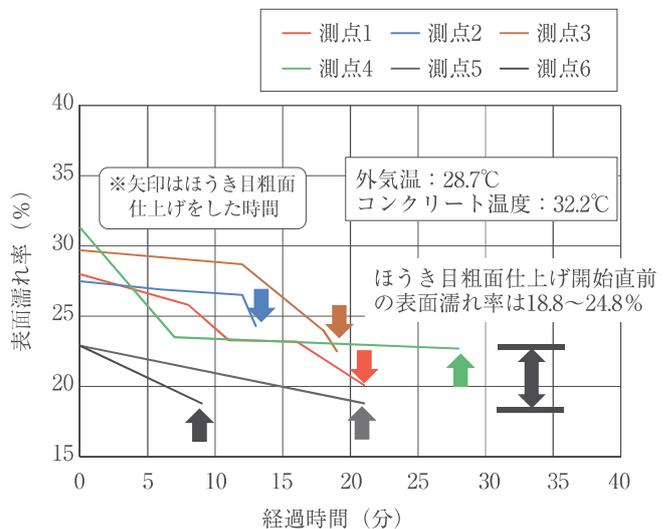


図-4 経過時間と表面濡れ率の関係

セットフォームの場合、縦型フロートが通過した時点を目安として、打設翌日に各測点のきめ深さ（MPD）を測定した。

図-4で示した各測点のほうき目粗面仕上げ開始直前の表面濡れ率と、同測点で測定したきめ深さ（MPD）の関係を図-5に示す。

実際に測定した表面濡れ率は18.8%～24.8%の範囲内ではあるが、表面濡れ率が減少すると表面が硬くなるため、きめ深さ（MPD）は低下する傾向であった。

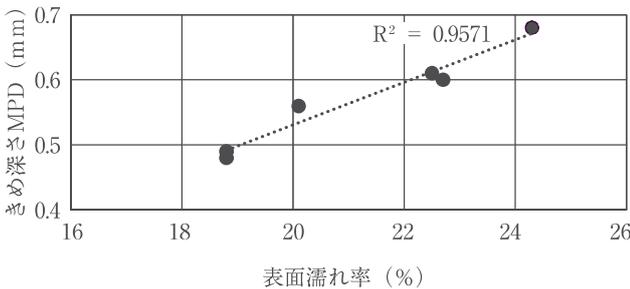


図-5 表面濡れ率ときめ深さ（MPD）の関係

(3) ケース3、4

ケース1、2は明かり部での検証であった。ケース3、4は明かり部より気象条件の変動が少ないと思われるトンネル内施工での検証事例である。

実地検証したケース3、4の施工条件、配合条件を表-6に示す。

表-6 施工条件、配合条件

現場	施工条件	セメント種類	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m³)				
					W	C	S	G	Ad
ケース3	トンネル部 スリップフォーム	BB	40.3	36.7	151	375	609	1158	3.75
ケース4	トンネル部 セットフォーム	N	35.0	32.8	135	386	617	1233	3.86

ケース3、4の経過時間と表面濡れ率の関係を図-6、図-7に示す。

ケース1、2の明かり部での表面濡れ率の初期値の変動は8.5%であったが、トンネル内では初期値の変動は2.9%～5.0%であり、舗装表面の光沢が落ち着くに伴い測定値は安定し、ケース3、ケース4のほうき目粗面仕上げ開始直前の表面濡れ率はそれぞれ20%～24.5%、21%～21.9%であった。打設翌日に測定したきめ深さ（MPD）

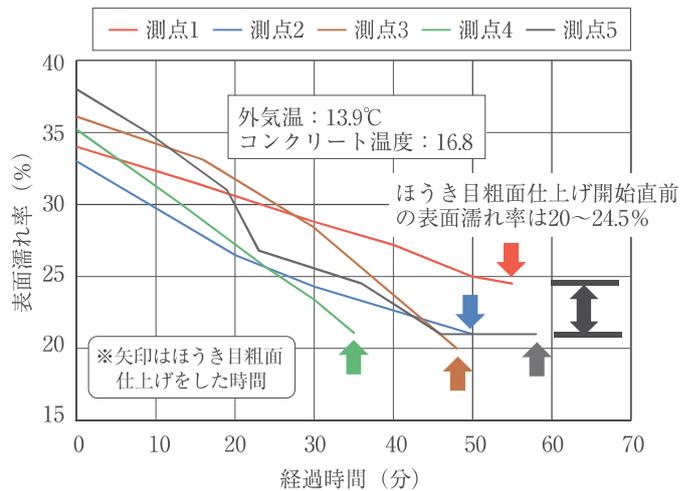


図-6 経過時間と表面濡れ率の関係（ケース3）

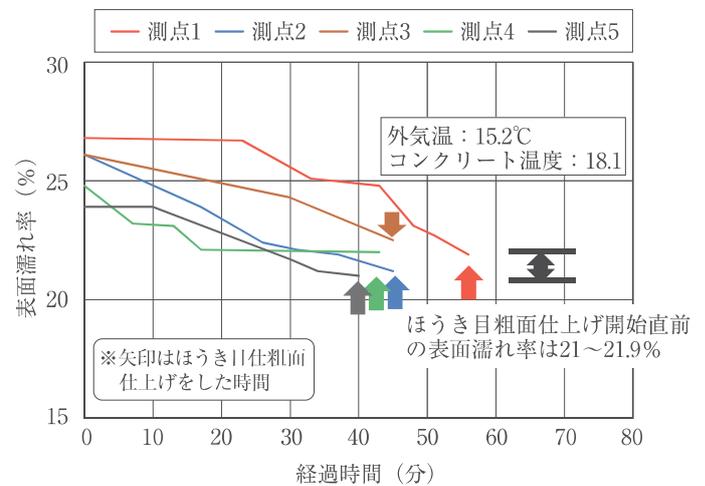


図-7 経過時間と表面濡れ率の関係（ケース4）

はケース3で平均して0.61mm、ケース4は平均して0.59mmであった。

以上、4カ所の実地検証現場の施工条件（明かり部、トンネル内）、施工機械条件（セットフォーム、スリップフォーム）やコンクリートの種類（水セメント比、単位水量、セメントの種類）に関わらず、コンクリート舗装のほうき目粗面仕上げの開始時期は、近赤外水分計による表面濡れ率で定量的に示され、この表面濡れ率を目安にほうき目粗面仕上げを行えば、均一なきめ深さが確保できると考えられる。

4 まとめ

コンクリート舗装のほうき目粗面仕上げの開始時期を定量的に評価でき、かつ、均一なきめ深さ

の確保を目的に、近赤外水分計を用いた定量的評価方法を考案し、本評価方法により各現場の現地検証から得られた知見を以下に示す。

- 1) 近赤外水分計を用いて表面濡れ率 (%) を測定することで、施工条件 (明かり部、トンネル部)、施工機械条件 (セットフォーム、スリップフォーム) やコンクリートの配合の違いに影響を受けない、ほうき目粗面仕上げの開始時期を定量的に評価する手法を検証した。
- 2) 今回の現地検証の範囲内であるが、ほうき目粗面仕上げの開始時期は明かり部、トンネル内の施工に関わらず、近赤外水分計による表面濡れ率は 18.8 % ~ 24.5 % の範囲であった。
- 3) 上記の表面濡れ率の範囲内でのほうき目粗面仕上げを行えば、均一なきめ深さを確保でき、きめ深さ (MPD) は平均して 0.59 mm 程度であった。
- 4) 適切な表面濡れ率の範囲設定は、施工 (打設) 初日に表面濡れ率測定を数回行い、表面濡れ率の範囲を想定し、翌日にきめ深さを測定し、目標きめ深さであることを確認して、表面濡れ率の範囲を決定し、これをほうき目粗面仕上げの施工標準とすれば良い。

以上のことより、コンクリート舗装のほうき目粗面仕上げの管理手法 (案) を以下に示す。

- ① 測定器具は近赤外水分計とし、表示される水分率を表面濡れ率として取り扱う。
- ② 施工初日にコンクリート打設直後 (表面仕上げ) から、測点を固定して表面濡れ率を 5 ~ 10 分間隔で測定する。
- ③ 施工現場において、ほうき目粗面仕上げ担当者が舗装表面の状況を確認し、仕上げのタイミングを合図する。
- ④ 合図のあった時間に表面濡れ率を測定して記録する。
- ⑤ 打設初日にこの作業を 2 ~ 3 回以上繰り返して、最適な表面濡れ率の範囲を目視にお

けるほうき目を見て想定する (表面濡れ率のキャリブレーション)。

- ⑥ 打設翌日に、きめ深さを測定して、社内基準値 (目標値) のきめ深さであることを確認して、⑤の表面濡れ率の範囲を施工標準とする。
- ⑦ 打設日には、表面濡れ率測定者が、ほうき目粗面仕上げ担当者にタイミングを指示する (例えば、ほうき目粗面仕上げ作業が行える箇所までカラーコーンで明示しておく)。

5 おわりに

筆者らは、これまで定性的経験則で行われていたほうき目粗面仕上げ開始時期およびほうき目の均一なきめ深さを確保するための管理手法について検討を行ってきた。今回、近赤外水分計を用いて、コンクリート舗装表面の濡れ状態を表面濡れ率 (%) として示し、この表面濡れ率を測定、管理することが、ほうき目粗面仕上げの開始時期を定量的に管理・表現し、均一なきめ深さを確保できる有効策の一つと考えている。

今後も引き続き、当該管理手法を用いて更なるデータ収集、整理を行い、コンクリート舗装の品質管理に努める所存である。

最後に、本稿で示した取り組み方法がコンクリート舗装の品質向上および普及の一助になれば幸甚である。

【参考文献】

- 1) 常松直志ほか 2 名：コンクリート舗装の効率的な施工方法の検討、第 30 回日本道路会議 (CD-ROM)、2013
- 2) 谷倉泉ほか 2 名：床板防水工における水分計の適用性に関する研究、土木学会構造工学論文集 Vol59 A、pp.1112-1123、2013
- 3) 濱田一成ほか 6 名：近赤外線水分計を用いた軟骨含水率の定量評価に関する基礎的研究、非破壊検査第 57 巻 2 号、pp.89-95、2008
- 4) <http://zmchip.com/2499suibunkei.pdf>

ミニ知識

「舗装技術に関する懸賞論文」におけるこれまでの入選論文

第2回	3等	著者名	国分修一
		論文名	鋼繊維補強コンクリートによるアスファルト舗装のオーバーレイ
	佳作	著者名	浦辺孝司、長崎真二
		論文名	アスファルト舗装の路上再生法による一補修工法について
第3回	佳作	著者名	藤本政直、香川保徳、高倉拡
		論文名	寒冷期におけるアスファルト舗装の施工法に関する提案
	佳作	著者名	大島剛、小熊誠
		論文名	劣化アスファルトの複合処理による性状回復について
第4回	2等	著者名	谷口豊明、長屋龍三、高橋哲躬
		論文名	路上表層再生工法(リミックス式)用軟化剤の開発とひびわれ路面への適用
第5回	3等	著者名	谷口豊明、堀浩明
		論文名	舗装用アスファルトの熱劣化特性に関する一考察
第6回	佳作	著者名	松本歳一、佐々木俊一
		論文名	半たわみ性舗装工事における施工の合理化(移動式ポータブルプラントの開発)
第7回	佳作	著者名	西槇重博、八尋正典、北川順三
		論文名	排水性舗装の高速道路中央分離帯への適用 ー積雪地域での暫定一車線区間の排水対策ー
第8回	佳作	著者名	勝俣健二、稲葉行則
		論文名	凍結抑制機能を有した舗装の施工方法と供用性評価
第9回	佳作	著者名	光谷修平
		論文名	廃プラスチックの舗装材料への実用化に向けて
第10回	佳作	著者名	稲葉行則、国分修一、石川健
		論文名	凍結抑制効果の向上を目指した表面処理工法の開発
	佳作	著者名	吉居英夫
		論文名	ゴム粒子混入型低騒音舗装の減音効果と舗装技術
第12回	2等	著者名	小関裕二、小笠幸雄、石川健
		論文名	車道透水性コンポジット舗装の開発
	奨励賞	著者名	赤川宏幸、原田清貴
		論文名	毛細管現象による表面への連続自然給水を可能にした湿潤舗装システムの開発
第13回	佳作	著者名	光谷修平、小宮英孝
		論文名	揚水性舗装と路盤に着目した貯水方法について
第14回	佳作	著者名	鈴木徹、石川洋、光谷修平
		論文名	小粒径薄層排水性舗装の街路への適用
第17回	佳作	著者名	鈴木徹、東本崇、稲葉行則、岡田茂彦、吉田健一、徳橋良幸
		論文名	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18回	3等	著者名	鈴木徹、塚本真也、坂本寿信、酒井宏和、鎌田孝行、齊藤一之
		論文名	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
第19回	2等	著者名	川田良秀、高野亨、阿部慎、小関裕二、菅野善次郎
		論文名	舗装工事の高度化を目的とした施工技術の開発 ーレベリングセンサとL型ジョイントヒーターー

佳作

アスファルト舗装工事の品質確保を 目的とした施工技術の開発

<アスファルトフィニッシャ用の特殊保温プレート>

大林道路(株) 本店機械部 阿部 慎

1. はじめに

冬季のアスファルト舗装工事の施工では、アスファルトフィニッシャのホッパに加熱アスファルト混合物（以下、合材と称す）を受けると合材温度が低下し、締固め不足や粗い仕上がりといった不具合が発生することが懸念される。一般的な対策として、ホッパ全体を遮熱シートで覆う方法やホッパ外側に断熱材やヒーターパネルを設置する方法があるが、合材が供給されるまでの待機時間内での保温や部分的な保温・加熱では保温効果に限界があると考えられる。

そこで、筆者らは以下の方針で合材の温度低下を抑制する「特殊保温プレート」を開発した。

- ・保温効果を高めるために、熱伝導率の低い断熱材を選定する
- ・ホッパ内の熱を蓄熱する構造とする
- ・ホッパ内側の設置制約（ $t \leq 20\text{mm}$ ）を設け、これを満たす断面構造とする

本稿は、断熱性が高い素材を組み合わせ、これをホッパ内側に貼り付けることにより合材の温度低下を抑制し、アスファルト舗装工事の品質を確保することを目的に開発した「特殊保温プレート」について報告するものである。

2. 断熱材の選定

2. 1 断熱材の検討

保温効果が持続する構造の一例として、魔法瓶には

図-1に示すような真空層が設けられており、銅箔などを挟み込んで熱エネルギーを反射して内部に熱を保つ構造となっている。このような真空層をホッパ部に構築することは技術的に困難であることから、熱伝導率が低い層を設けることを検討した。そのため、熱伝導率の低い断熱材とホッパ内側の設置制約の条件を満たすような薄い素材の断熱材（5mm以下）で断熱効果と耐久性を評価した。使用した断熱材を表-1に示す。

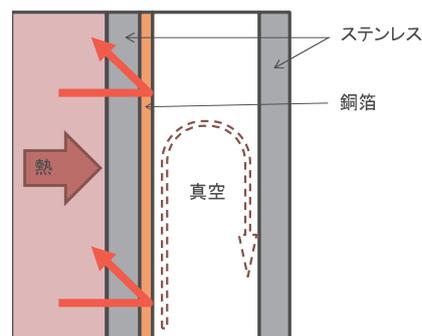


図-1 保温効果のある構造

表-1 検討に用いた断熱材

断熱材	ガラス ファイバー 不織布	ガラス ウール シート	発泡 スチロール
熱伝導率 (W/mK)	0.020	0.023	0.030
厚さ (mm)	5	4	5

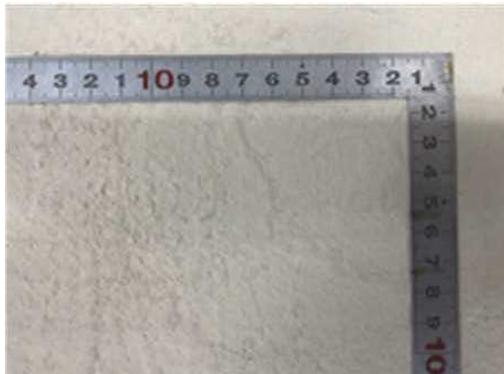


写真-1 グラスファイバー不織布

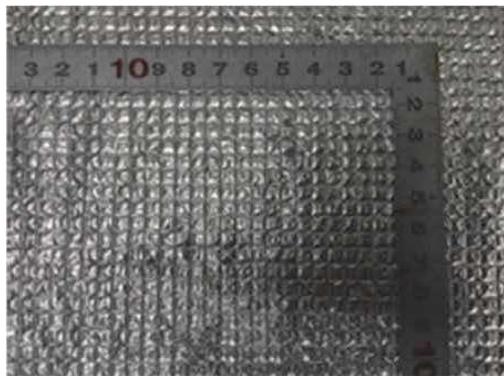


写真-2 グラスウールシート

表-1の断熱材のうち、グラスファイバー不織布は、固体としては最も低い熱伝導率を有するシリカエアロジェルを含浸させた断熱材である。主に工場の屋外の高温で帯びているダクト等に使用されている。グラスウールシートは、低熱伝導金属微粒子配合の発泡体のガラス繊維でできた綿状グラスウールの防食性を高めたアルミ合金箔で挟み込んだ断熱材であり、住宅や飛行機等で使用されている。発泡スチロールは、気泡を含ませた発泡プラスチックの一種のポリスチレンであり、全体の98%が空気で成型された断熱材である。主に保冷バッグ等に使用されている。

2.2 断熱効果と耐熱性の評価

断熱材は間接的に合材と接するため、合材温度以上の耐熱性を有している必要がある。そこで、以下の方法で断熱材の効果と耐熱性を評価した。

まず、シリコンヒータ上に合材投入時の衝撃から断熱材を保護することを想定した鋼板(厚さ6mm)と断熱材を載せ、断熱材の上部と下部に温度センサを設置

した。次に、ホoppaを想定した鋼板(厚さ9mm)を断熱材の上に乗せ、合材の到着温度(170℃±10℃)の上限値(180℃)までシリコンヒータを加熱して、断熱材上部および下部の温度を測定した。

シリコンヒータ加熱時の温度測定位置を図-2に、加熱状況を写真-3に示す。

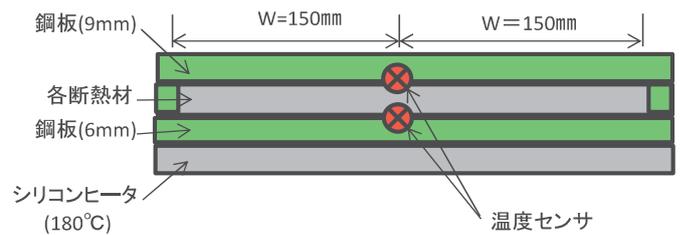


図-2 温度測定位置



写真-3 シリコンヒータによる加熱状況

2.3 断熱効果と耐熱性の評価結果

断熱材を挟んだ鋼板を加熱したときの断熱材上部と下部の温度測定結果を図-3に、加熱後の断熱材の状態を写真-4に示す。図より、グラスファイバー不織布の上部の温度は他の2種類の断熱材より低く、断熱効果が高いといえる。また、加熱後の断熱材の状態をみると、熱による収縮や変形も生じておらず、耐熱性も有している。一方、グラスウールシートと発泡スチロールの上部温度はグラスファイバー不織布よりも最大で約20℃高く、加熱時に断熱材の収縮あるいは溶解しており、合材を扱う上で必要な耐熱性を有していないと考えられる。

以上の結果から、グラスファイバー不織布を特殊保温プレート用の断熱材として選定した。

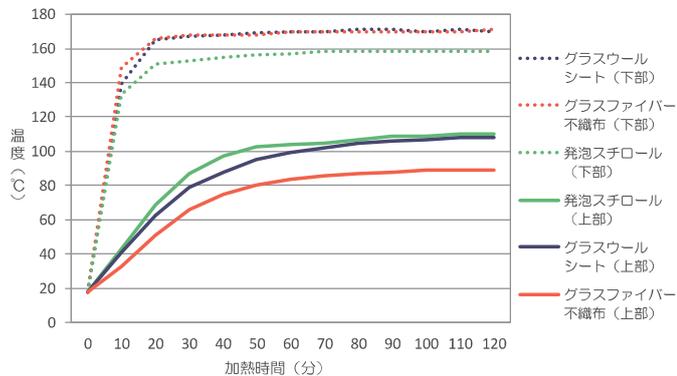


図-3 断熱材の上部と下部の温度測定結果



写真-4 加熱後の断熱材の状態（上段：グラスファイバー、中段：グラスウール、下段：発泡スチロール）

3. 特殊保温プレートの構造の検討

3. 1 各種プレートの選定と組み合わせ

特殊保温プレートの構造を検討するため、アスファルトフィニッシャのホッパ部の従来構造（A）に熱が伝わりにくいステンレス鋼，断熱材と合材の熱を蓄える銅板を複数層に組み合わせた3種類のプレート（B，C，D）を作製した。各構造の部材の厚さを表-2に、使用した部材の熱伝導率を表-3に示す。

表-2 各構造と部材の厚さ

構造	鉄鋼	ステンレス鋼	断熱材	銅板	ステンレス鋼
A	9	-	-	-	-
B	9	5	5	5	5
C	9	3	5	1	5
D	9	1	5	1	5

(単位:mm)

表-3 各部材の熱伝導率

部材	熱伝導率 λ (W/mK)
ステンレス鋼	16
銅板	80
銅板	401

3. 2 プレートの保温効果の検証

表-2に示したプレートの保温効果を検証するため、以下の方法でその効果を確認した。まず、写真-5に示す複数層で形成されたプレートをホッパ断面に見立てた一辺 300mm の立方体の箱型内側に設置する。次に、箱型に 70°Cの温水を入れ 26°Cの水槽に箱型を浸して経過時間と温度を測定した。温度測定位置を図-4に、測定状況を写真-6に示す。



写真-5 複数層で構成される特殊保温プレート

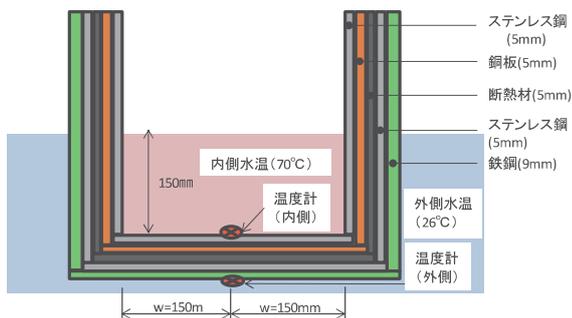


図-4 箱型の温度測定位置 (B構造)



写真-6 箱型の温度測定状況

図-5 水浸後の温度の推移

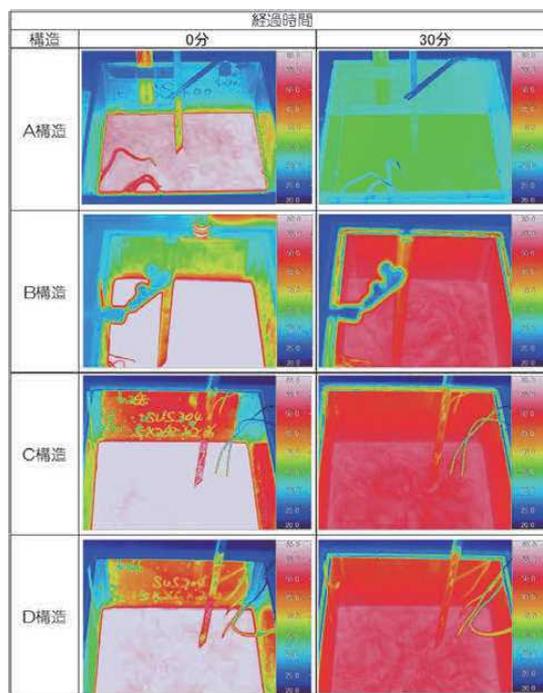
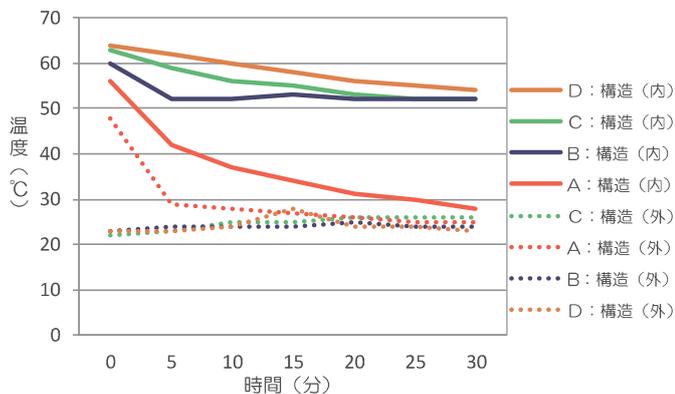


図-6 箱型内部の温度分布

3. 3 プレートの保温効果の検証結果

(1) 保温効果の比較

プレートを設置した箱型を水槽に浸したときの温度の推移を図-5に、サーモグラフィによる箱型の温度分布を図-6に示す。箱型の内側の温度を比較すると、A構造以外は内側に遮熱層を設けているため50°C以上を維持している。また、30分後の温度分布から銅板の温度上昇が確認できる。なお、A構造では水槽の水温とほぼ同程度まで低下している。一方、箱型の外側の温度は、A構造以外は水浸後の温度変化が小さく、ステンレス鋼や銅板の厚みによる差はそれほど生じていない。



(2) 銅板の有効性

図-5の箱型内部の水温の推移に着目すると、C、D構造はほぼ同様に推移している。一方、B構造は試験開始5分間で約10°C温度が低下している。この結果をふまえて、C構造で銅板の有無による蓄熱効果を検証したところ、銅板が内部の熱を奪う様子がうかがわれ、銅板を入れない方が保温効果は高いことが判明した。

こうしたことから、銅板による蓄熱効果は小さいと判断し、合材の荷受け時の衝撃を考慮してC構造から銅板を外したものを【ステンレス鋼3mm・断熱材5mm・ステンレス鋼5mm】を特殊保温プレートの基本構造に決定した。プレートの構造断面を図-7に示す。

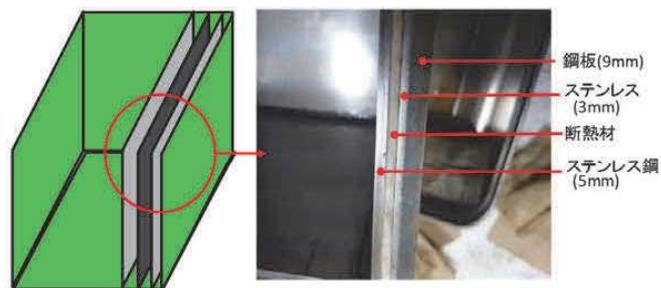


図-7 特殊保温プレートの構造断面

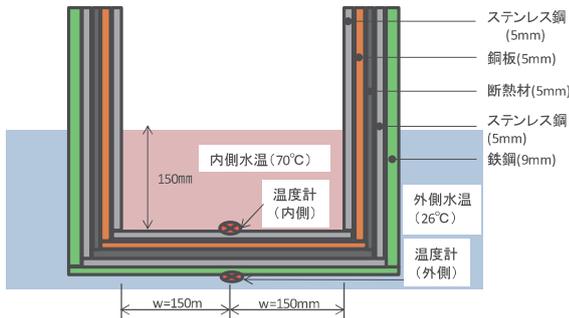


図-4 箱型の温度測定位置 (B構造)



写真-6 箱型の温度測定状況

図-5 水浸後の温度の推移

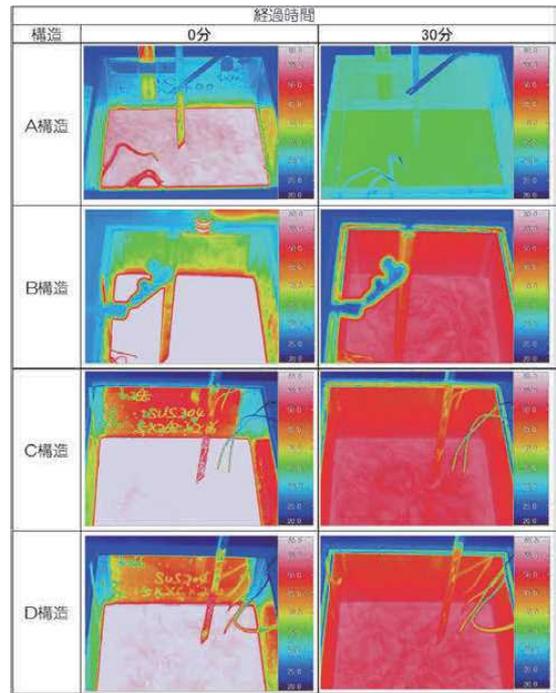
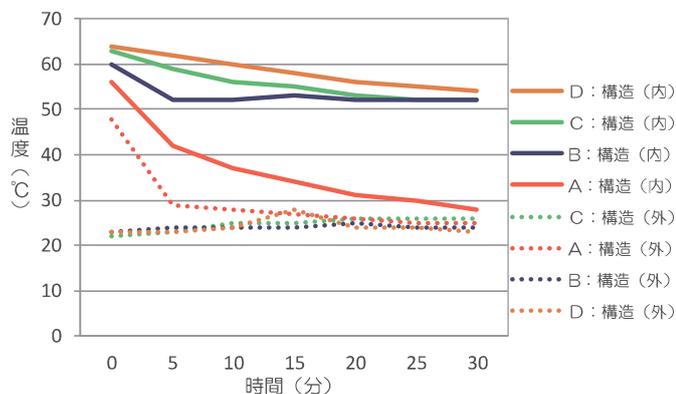


図-6 箱型内部の温度分布

3.3 プレートの保温効果の検証結果

(1) 保温効果の比較

プレートを設置した箱型を水槽に浸したときの温度の推移を図-5に、サーモグラフィによる箱型の温度分布を図-6に示す。箱型の内側の温度を比較すると、A構造以外は内側に遮熱層を設けているため50°C以上を維持している。また、30分後の温度分布から銅板の温度上昇が確認できる。なお、A構造では水槽の水温とほぼ同程度まで低下している。一方、箱型の外側の温度は、A構造以外は水浸後の温度変化が小さく、ステンレス鋼や銅板の厚みによる差はそれほど生じていない。



(2) 銅板の有効性

図-5の箱型内部の水温の推移に着目すると、C、D構造はほぼ同様に推移している。一方、B構造は試験開始5分間で約10°C温度が低下している。この結果をふまえて、C構造で銅板の有無による蓄熱効果を検証したところ、銅板が内部の熱を奪う様子がうかがわれ、銅板を入れない方が保温効果は高いことが判明した。

こうしたことから、銅板による蓄熱効果は小さいと判断し、合材の荷受け時の衝撃を考慮してC構造から銅板を外したもの【ステンレス鋼3mm・断熱材5mm・ステンレス鋼5mm】を特殊保温プレートの基本構造に決定した。プレートの構造断面を図-7に示す。

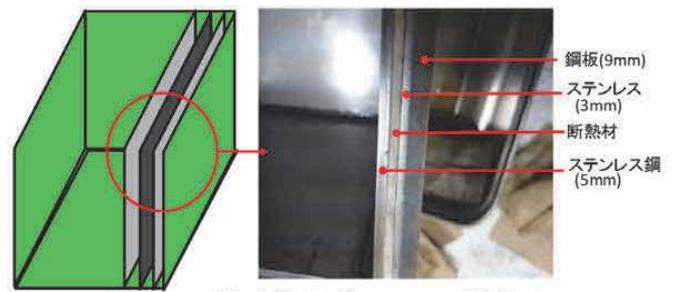


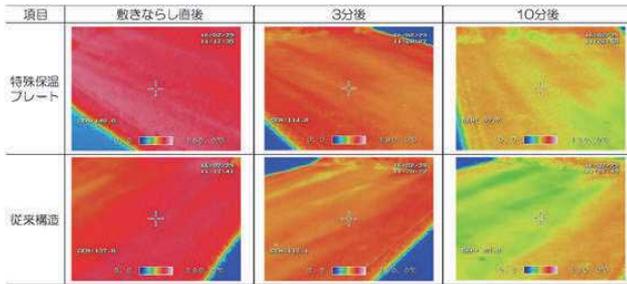
図-7 特殊保温プレートの構造断面

表一六 敷きならし直後の合材の内部温度と表面温度

	内部温度 (°C)	表面温度 (°C)
特殊	129.3	138.6
従来	117.6	109.8
差	11.7	28.8

表一七 到着温度と敷きならし温度の関係

	施工開始時 (合材ダンプ 1 台目)				温度差 【平均】 (°C)
	出荷温度 (°C)	到着温度 (°C)	敷きならし 温度 (°C)	温度差 (°C)	
特殊	170.0	164.3	152.7	11.6	6.2
従来	170.0	164.7	146.5	18.2	17.9



図一八 サーモグラフィによる路面温度の分布

4. 2 実施工による検証

(1) 実施工の概要

新設の舗装工事の実施工（基層工）で使用するアスファルトフィニッシャに特殊保温プレートを装着して保温効果を検証した。実施工の概要を以下に示す。

- ①施工日時：平成 28 年 3 月 18 日～19 日
- ②施工条件：外気温 10°C以下、風速約 3m程度、運搬時間約 30 分の沿岸付近の国道
- ③施工幅員：9m (4.5m×2 レーン)
- ④施工延長：450m
- ⑤施工厚さ：50mm
- ⑥使用材料：再生粗粒度アスファルト混合物 (20)
- ⑦施工機種：フェーゲル 1803-2 (特殊保温プレート有り・無し)

(2) 実施工による保温効果の検証

実施工では、初日にアスファルトフィニッシャに特殊保温プレートを装着し、2 日目はプレートを外して従来構造で施工した。合材ダンプの出荷温度、到着温度と敷きならし温度の関係を表一七に示す。なお、表中の温度差は到着温度と敷きならし温度の差、温度差【平均】は全ての合材ダンプで測定した到着温度と敷きならし温度の差の平均値である。施工日が異なるため、気象条件等による合材の到着温度の違いを考慮する必要があるが、今回の実施工による検証では、特殊保温プレートを装着した場合の到着温度と敷きならし温度の差が従来構造よりも小さく、施工が進むにつれて一層小さくなることを示唆する結果を得た。

5. まとめ

冬季の合材の温度低下を抑制して舗装の品質を確保する事を目的として、アスファルトフィニッシャのホップに装着する「特殊保温プレート」を開発し、その効果を検証した。その中で得られた知見を以下に示す。

- 1)シリコンヒータ上に鋼板で保護した断熱材を設置して断熱性と耐熱性を評価した結果、グラスファイバー不織布が最も断熱効果が高く、耐熱性も高いことが判明した。
- 2)断熱材と部材を組み合わせたプレートをホップに模した箱型の内部に設置し、温水を入れた箱型を水槽に設置した結果、断熱材と鋼板による断熱効果は高いが、銅板は蓄熱に寄与しないことが分かった。
- 3)作製した特殊保温プレートをフィニッシャに装着し、試験施工で合材を荷受けしてホップと合材温度を測定した結果、プレートの断熱効果により保温効果が得られること、敷きならし後もその効果が持続することを確認した。
- 4)実施工で合材温度の低下の抑制効果を検証した結果、特殊保温プレートを装着したフィニッシャは従来構造のフィニッシャよりも到着温度と敷きならし温度の差が小さく、特殊保温プレートによる保温効果が実施工でも期待できることが分かった。

6. おわりに

今回開発した「特殊保温プレート」は、舗装の品質向上に寄与することを確認した。合材の温度低下を抑制することで敷きならし後の締め固め温度を確保でき、初期転圧でフィニッシャと接近することも少なくなり、作業員や重機に接触する危険も軽減できると考える。

当社では保有する全てのアスファルトフィニッシャに特殊保温プレートを装着済みであり、冬季や夜間、風が強い橋梁部等の他、中温化アスファルト混合物の品質確保にも寄与する技術として積極的に展開していく。今後は、他の機械や設備に向けた用途拡大も視野に入れて検討を行う予定である。

実道におけるゴム粒子入り凍結抑制舗装の効果に関する一考察

大林道路（株）技術研究所 正会員 ○上地 俊孝
 同 正会員 鈴木 徹
 同 正会員 稲葉 行則

1. はじめに

凍結抑制舗装は降雪時も安全な路面状態を維持する目的で積雪寒冷地域を中心に採用されている。しかし、その効果の検証方法は、室内試験によるものが多く、実道において評価される事例は少ない。その原因として、実道で凍結抑制効果を表す定量的な指標がないこと、路面凍結の発生は気象条件のみならず交通条件、道路管理条件、道路環境など、様々な要因に左右されることが挙げられる。このため、実道で調査する場合は、降雪時に目視等により通常舗装と相対的に評価するのが一般的である。筆者らも北陸地方の実道で凍結抑制舗装を調査し、凍結抑制効果が現れる諸条件について検証を行ってきた¹⁾。凍結抑制舗装を継続的に現地調査した事例が少ない中、本報では供用4冬目の調査で凍結抑制効果を確認し、その発生条件について考察した。

2. 調査内容

調査は、車載ビデオによる撮影および沿道からの写真撮影を行い、隣接の通常舗装の路面状況と比較した。ただし、通常舗装は降雪時、必ず凍結するものではなく、一定水準以上の降雪量が必要である。逆に凍結抑制舗装は降雪量が多すぎたり、気温が低すぎると効果が発揮されない。このため、凍結抑制効果が現れる気象条件には上限と下限が存在する。そこで、凍結抑制効果が現れた時間帯の気象データを用いて凍結抑制効果が現れる気象条件を検証した。

積雪寒冷地域における冬期の路面性状の分類を表-1²⁾に示す。今回の調査で凍結路面として判断した路面の分類を赤枠で示している。

調査を実施した凍結抑制舗装の概要を図-1、2に示す。ギャップ型凍結抑制舗装（以後、ギャップ型）は路面が密実な物理系凍結抑制舗装、粗面型凍結抑制舗装（以後、粗面型）は表面がポーラスアスファルト舗装と同様かつ表面より下部はSMAと同様に緻密な物理系凍結抑制舗装である。

調査箇所は積雪寒冷地域の重交通路線（交通量区分N7）の国道で、平成25年8月に施工した凍結抑制舗装工の一部区間である³⁾。調査は供用1冬目、2冬目、4冬目の積雪が見込まれる日に実施した。

3. 調査結果

平成26年～29年の調査において凍結抑制効果が現れた時間帯の気象条件等を表-2に示す。凍結抑制効果が現れた時間が朝の場合は赤塗り、昼の場合は白塗り、夕刻～夜の場合は灰塗りで示している。今回の調査範囲では、ギャップ型、粗面型ともに通常舗装に凍結が見られる条件では凍結抑制効果を確認できる事例が多く、また同じ時間帯に同程度の凍結抑制効果が確認された。まず表-2の灰塗り箇所に着目すると、いずれも気温が-2.0℃以下

表-1 冬期の路面性状の分類

雪水の有無	表面の光沢	トレッド跡	雪の状態	雪の色		雪の厚さ	路面の分類
				下層の状態	厚さ		
有り	光っている	あまり付かない		白っぽい			非常にすべりやすい圧雪
				黒っぽい (灰、茶色)	1mm以上		非常にすべりやすい氷板
				黒っぽい (灰、茶色)	1mm以下		非常にすべりやすい氷膜
				白っぽい			圧雪
	光っていない	付く(ぬかる)	さらさら (雪煙が発生) ざくざく (ザラメ状、粒状) べたべた (水を含んだもの) その他 (締まっている)	下層なし			こな雪
				下層氷板、氷膜			こな雪下層氷板
				非常にすべりやすい圧雪			つぶ雪
				下層なし			つぶ雪下層氷板
				下層氷板、氷膜			シャーベット
				非常にすべりやすい圧雪			圧雪
無し	湿潤 乾燥					湿潤 乾燥	

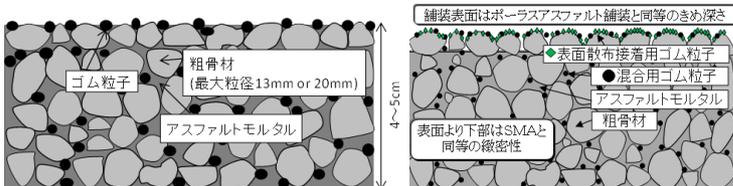


図-1 ギャップ型の概要

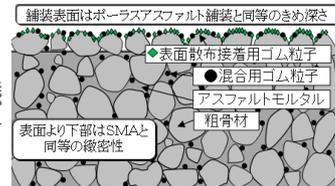


図-2 粗面型の概要

キーワード ゴム粒子入り凍結抑制舗装、凍結抑制効果

連絡先 〒204-0011 東京都清瀬市下清戸 4-640 大林道路(株)技術研究所 TEL042-495-6800

であり積雪深さが 10cm 以上となっている。また、いずれの場合も 2 時間以内に降雪量 1cm/h 以上を記録しており、通常舗装、凍結抑制舗装ともに一度積雪し、その後、交通量の増加とともに凍結抑制舗装は路面が露出し、通常舗装は積雪が車輻走行で踏み固められ氷板が発生するといった経緯をたどっている。また、降雪量が 1cm/h 以上にもかかわらず通常舗装の路面に積雪が見られなかった事例では気温が -2.0℃ 以上である傾向があったことから、気温が -2.0℃ 以下になることが当該調査箇所における積雪条件の一つと考えられる。

次に赤塗り箇所に着目すると、平成 27 年に調査した粗面型を除き、いずれも前日の夕刻～夜に凍結抑制効果が確認されている。深夜は交通量が少なく気温も低いことから、早朝は前日の夕刻～夜の路面状態を維持しているか、積雪が増えていると考えられる。それらが朝の交通量の増加とともに凍結抑制舗装は早期に路面が露出する一方で、通常舗装は氷板の消失に時間がかかるといった状況が確認できた。

また、白塗り箇所に着目すると、気温が -1.0℃ 前後でも効果が確認できた事例がある。しかし、降雪量は 3～6cm/h と降雪量が多いときに限られる。言い換えれば、降雪量 3～6cm/h 以上と極めて強い降雪時でも、気温が -2.0℃ 以上であれば凍結抑制効果が確認できる場合もある。

凍結抑制効果が現れた状況例を写真 1 に示す。いずれの場合も通常舗装には文献 4) に示されているそろばん道路の様な氷板路面が発生しており、発生条件もそろばん道路の発生しやすい条件に類似している。今回の調査箇所はそろばん道路が発生しやすく、凍結抑制舗装はそのような路面状態を抑制する効果があることが分かった。



写真 1 凍結抑制舗装（粗面型）の効果を確認した状況例（左から供用 1 冬目、2 冬目、4 冬目）

4. おわりに

今回は限定された箇所での調査ではあるが、供用 4 冬目の凍結抑制効果を確認し、凍結抑制舗装が効果を現す一定の条件を示すことができた。今後も現地調査を継続的に実施して凍結抑制性能の持続性を確認するとともに、その発生条件を更に明確化することで、適用箇所の取りまとめを目指す。

参考文献

- 1) 前田、鈴木、菅野：粗面型ゴム粒子入り凍結抑制舗装「アイストッパー」、第 13 回北陸道路会議報文集、2013
- 2) 宮本修二：講座 路面の評価－積雪寒冷地の路面－、舗装、Vol.37、No.1、2002
- 3) 東本、鈴木：ゴム粒子を使った凍結抑制舗装に関する研究、第 26 回ふゆトピア研究発表会論文集、2014 ふゆトピア・フェア in 釧路 HP、2014
- 4) 蟹江、Zheng、横見ら：そろばん道路の発生過程とその条件：定点カメラ観測に基づく一考察、北海道の雪氷 (No.35)、2016

表 2 凍結抑制効果が現れた気象条件等*1

調査箇所	調査日時		天候	気温 (°C)	降雪量 (cm/h)	積雪の深さ (cm)	通常舗装 タイヤ走行 箇所の 路面状態	凍結抑制舗装 タイヤ走行 箇所の 路面状態	通常舗装 雪水の厚さ 【目視】 (cm)	凍結抑制舗装 雪水の厚さ 【目視】 (cm)	
	年月日	時刻									
ギャップ型	H.26.2.4	15:30	曇り	-2.4	1	14	水板	まだらに水板*2	1~3	1~3	
	この間は通常舗装と凍結抑制舗装の路面状態に違いがみられていた。										
		16:30	曇り	-2.1	1	14	水板	まだらに水板*2	1~3	1~3	
	H.26.2.5	4:30	曇り	-2.8	0	12	水板	湿潤	0	0	
	H.26.2.8	12:30	雪	-1.1	3	17	水板	シャーベット	0	0	
	H.27.2.9	18:00	雪	-2.8	1	24	水板	湿潤	0	0	
	この間は通常舗装と凍結抑制舗装の路面状態に違いがみられていた。										
		18:15	雪	-2.8	1	24	水板	湿潤	0	0	
		20:00	雪	-2.0	0	26	水板	シャーベット	0	0	
		20:30	雪	-2.0	0	26	水板	シャーベット	0	0	
粗面型	H.27.2.10	5:45	曇り	-1.7	0	29	水板	シャーベット	0~1	0	
	この間は通常舗装と凍結抑制舗装の路面状態に違いがみられていた。										
		8:00	雪	-2.0	0	26	水板	シャーベット	0	0	
	H.29.1.14	12:20	雪	-2.6	1	11	氷膜	湿潤	0	0	
	H.26.2.4	16:00	曇り	-2.0	1	14	水板	湿潤	0	0	
	この間は通常舗装と凍結抑制舗装の路面状態に違いがみられていた。										
	18:00	雪	-2.6	1	14	水板	湿潤	0	0		
	4:45	曇り	-3.0	0	12	水板	湿潤	0	0		
	5:15	曇り	-3.0	0	12	水板	湿潤	0	0		
	13:00	雪	-0.8	6	23	水板	シャーベット	0	0		
	6:00	雪	-1.5	0	29	水板	湿潤	0	0		
	7:40	雪	-2.3	0	29	水板	湿潤	0	0		
	12:20	雪	-2.6	1	11	氷膜	0~1.5	湿潤	0		

*1 気温、降雪量、積雪の深さは気象庁のホームページより引用
*2 湿潤路面にまだらに氷板がついている状態(氷板路面より湿潤路面の方が圧倒的に多く、ほとんど滑らない)

乳剤散布装置付アスファルトフィニッシャの一般舗装への適用

大林道路（株）技術研究所 正会員 ○小澤 光一
 大林道路（株）エンジニアリング部 正会員 菅野 善次郎
 大林道路（株）機械センター 細見 耕平

1. はじめに

従来のアスファルトフィニッシャを用いる舗装の施工は、アスファルトディストリビュータでタックコート用アスファルト乳剤（以下 As 乳剤と称する）を散布して、分解養生後アスファルトフィニッシャで混合物を舗設するものである。一方、乳剤散布装置付アスファルトフィニッシャ（Self Priming Asphalt Finisher, 以下 SPAF と称する）を用いる舗装の施工は、1 台のアスファルトフィニッシャが As 乳剤を散布しながらアスファルト混合物の敷きならしを同時に行うものである。

SPAF を用いて舗装する場合、As 乳剤の散布とアスファルト混合物の敷きならしは同時に行うため、従来の施工方法と比較して効率的な施工が期待できる。また、SPAF およびアスファルト混合物を運搬するダンプトラックは As 乳剤の散布面を走行しないため、クローラやタイヤに As 乳剤を付着させることなく走行できる。その結果、As 乳剤ははく離することなく散布面に残存することで上層と下層の接着性を確保するとともに、施工現場周辺の路面を汚さないなどの利点がある。

しかしながら、一般的なアスファルト舗装に SPAF を用いる場合、As 乳剤が完全に分解せずに水分が層間に残留することで、接着性の低下やプリスタリングの発生が懸念される。

本文は、室内実験および試験施工を実施してこれらの課題を明らかにし、一般的な舗装工事に SPAF を導入することを検討したものである。

2. 室内実験および試験施工の概要

使用材料および断面の構成を表-1 に、試験施工の使用機械を表-2 に、評価項目を表-3 示す。

表層は密粒度 AC の場合とポーラス AC の場合を設けた。試験施工の断面は、表層が密粒度 AC の場合、基面となる基層部を新設面と切削面の 2 パターンとしたが、表層がポーラス AC の場合、表層のみの切削オーバーレイの事例があまりないことから、基層部を新設面のみとした。

試験施工は、As 乳剤の残留水分によるプリスタリングが発生しやすい条件とするため、表層が密粒度 AC の区間は表層厚を極力薄く 3cm とした。表層がポーラス AC 場合、空隙率が大きくプリスタリングは発生しないと考えられることから、表層厚は一般的な 4cm とした。

3. 結果

1) 表層と基層の接着性

室内作製した供試体と試験施工ヤードから採取した切り取り供試体の表層と基層の界面における引張接着強

表-1 使用材料および断面の構成

項目	室内実験				試験施工						
	条件 A	条件 B	条件 C	条件 D	条件 1	条件 2	条件 3	条件 4	条件 5	条件 6	
表層	材料の種類	密粒度 AC(13)		ポーラス AC(13)		密粒度 AC(13)			ポーラス AC(13)		
	厚さ(cm)	5				3			4		
タックコート	種類	PK-4		PKR-T		PK-4			PKR-T		
	散布時期	前日	直前	前日	直前	前日	直前	前日	直前	前日	直前
	散布量(Q/m^2)	0.4				0.4					
基層	上面の状態	新設				新設			切削		
	材料の種類	粗粒度AC				粗粒度AC					
	厚さ(cm)	5				7			6		

表-2 試験施工の使用機械

項目	名称	形式	製造元
As乳剤散布	乳剤散布装置付きアスファルトフィニッシャ	S-1800SJ	VÖGELE社
敷きならし	マカダムローラ	MW700	酒井重工業
二次転圧	タイヤローラ	GW750	酒井重工業

表-3 評価項目

項目	方法	条件
表基層の接着性	直接引張試験	表層構築7日後、20℃、50mm/min
プリスタリングの有無	目視、試験施工で実施	2箇月後（2年間継続観察予定）

キーワード 乳剤散布装置付アスファルトフィニッシャ、タックコート、接着性、プリスタリング

連絡先 〒204-0011 東京都清瀬市下清戸 4-640 大林道路（株）技術研究所 TEL 042-495-6800

さを、各々図-1と図-2に示す。これらの結果から、以下に示すことがわかる。

- ①図-1より、供試体を室内で作製し、表層舗設直前にAs乳剤を散布した場合の接着強さは、前日散布した場合とあまり変わらない。
- ②図-2より、試験施工ヤードから採取した供試体のうち表層が密粒度ACでAs乳剤の散布時期が表層舗設直前と舗設前日の場合を比較すると、接着強さは基層面が新設の場合は直前散布した方が大きく、切削の場合は直前散布した方が小さい。
- ③図-2より、試験施工ヤードから採取した供試体のうち表層が密粒度ACで基層が新設面と切削面の場合を比較すると、接着強さはAs乳剤を表層舗設直前に散布した場合は切削面の方が小さく、前日に散布した場合は切削面の方が大きい。
- ④図-2より、試験施工ヤードから採取した供試体のうち表層が密粒度ACで接着強さが最も小さいのは切削面にAs乳剤を直前散布した場合であるが、その接着強さは最も標準的条件と考えられる新設面に前日散布した場合とあまり変わらない。

- ⑤図-1および図-2より、基層が新設面、表層がポーラスACで、As乳剤の散布時期が舗設直前と舗設前日の場合、両者の接着強さはあまり変わらない。

2) ブリスタリング

試験施工ヤードにおける舗装表面のブリスタリングは経過観察中であり、梅雨および夏期を経過後に観察する予定であるが、施工2箇月後では何れの条件とも発生していない。

4. 考察

図-2に示すように、表層用混合物とAs乳剤の種類が同一であっても、基層面の状態およびAs乳剤の散布時期によって接着強さが異なるのは、表層と基層の接着性は基層上面の形状、表層混合物の空隙、散布したAs乳剤に残留する水分の交互作用を受けるためと考えられる。また、図-1および図-2に示すように、表層が密粒度ACで基層面が新設の場合、As乳剤の散布時期による接着強さの変化傾向が室内作製したものと異なるのは、表層の厚さと締固め度と基層表面のきめの影響を受けたためと考えられる。

これらの結果から、表層混合物の舗設直前に散布した一般的なAs乳剤は、新設基層面上に前日散布した場合と同程度以上の接着性を示すことが明らかになり、接着性に関し問題はないものと判断できる。

ブリスタリングは、表層混合物の舗設直前にAs乳剤を散布しても発生する可能性は小さいと考えられる。

5. まとめ

以上の検討から、表層混合物の舗設直前に一般的なAs乳剤を散布しても、表層と基層の界面の接着性に問題はなく、ブリスタリングが発生する可能性は小さいと考えられる。したがって、一般的なアスファルト舗装の施工にSPAFを適用することは可能と判断できる。

6. おわりに

本文は、SPAFを一般的なアスファルト舗装へ適用することによる施工の合理化を検討したものである。今後、ブリスタリングの継続調査や施工事例を取りまとめ、別途に報告する機会を得たいと考えている。

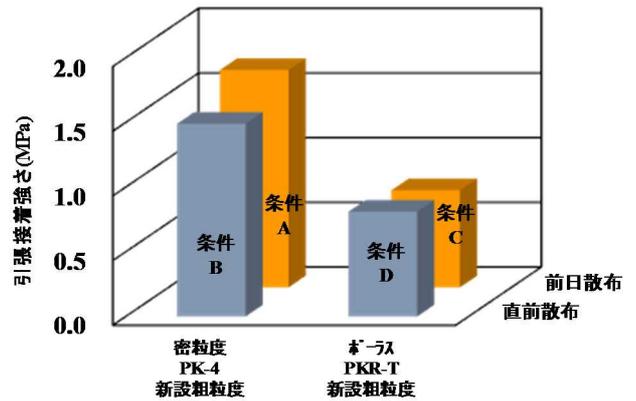


図-1 室内作製供試体の引張接着強さ

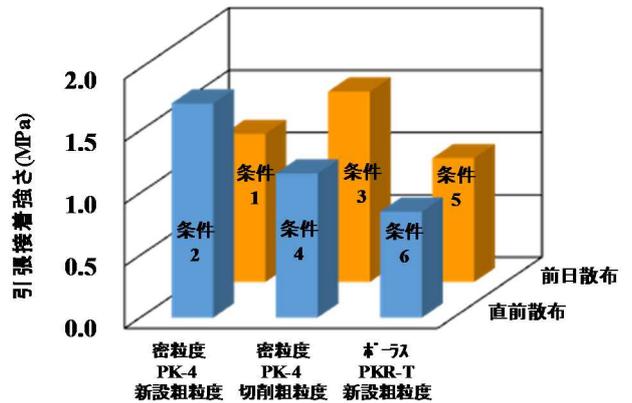


図-2 試験施工切取り供試体の引張接着強さ

面的な舗装の出来形管理に関する一検討

大林道路株式会社 正会員 ○森石 一志
 大林道路株式会社 正会員 光谷 修平
 iシステムリサーチ株式会社 正会員 西川 啓一

i-Construction による施工の効率化が進められている中、試行工事が橋梁等では実施されているが、今後は舗装の分野でも摘要されることが予想される。そこで著者らは舗装の効率化の中でも出来形管理に着目し、検討を実施した。

1. 目的

i-Construction¹⁾のうち、CIM²⁾は土木構造物の設計・施工・維持管理を三次元データで一元管理することを目的とするが、実際は設計・施工と維持管理のデータ共有が難しい。これは設計・施工の図面と施工後の竣工図との形状の相違や竣工図の三次元データの取得方法や技術が確立されていないためである。また舗装分野における CIM の事例はほとんどない。そのような中、国立研究開発法人土木研究所では三次元点群データを活用した舗装の維持管理手法の検討が実施されている³⁾。そこで著者らは高密度レーザスキャナを搭載した移動体計測装置（以下 MMS）を使用して三次元点群データによる面的な舗装の出来形管理手法の検討を行った。

2. 検討概要

2.1 試験ヤード

本検討は、試験ヤードとしてコンクリート床板上に防水層（塗膜系）およびレベリング層を試験施工した際に同時に実施することとし、検討範囲を幅員約 10.0m、延長約 20.0m とした。



図-1 MMS の外観

2.2 測定方法

測定は図-1 に示す MMS で幅員の中央を走行しデータを取得した。

2.3 解析方法

解析は各施工精度の確認と舗装の出来形の 2 種類を以下の手順で実施した。

(1) 施工精度

- 1) 評価は擁壁の目地ごととし、前後の目地で囲まれた箇所を評価工区とする。（図-2）
- 2) 各工区を両側にある擁壁を基準とし、基準面を作成する。（図-3）
- 3) 上記基準面から各点との距離を算出し、コンターを作成する。

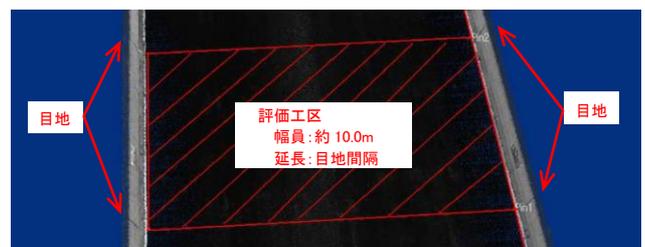


図-2 評価工区

(2) 舗装の出来形

- 1) レベリング層の差分を求めたい対象の点から一定の範囲にあるコンクリート床板の点の(1)2)で求めた距離の平均を求める。
- 2) (1)と同様の方法でレベリング層の基準面との距離を算出する。
- 3) 上記の距離と1)の距離の平均との差を差分とする。



図-3 基準面の作成方法

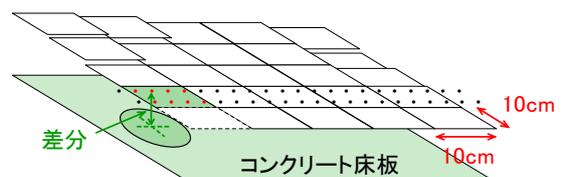


図-4 メッシュおよび差分

キーワード 出来形管理, i-Construction, CIM, 三次元点群データ, コンター

連絡先 〒346-0035 埼玉県久喜市清久町 6-5 大林道路株式会社 TEL 0480-23-6100

- 4) 各工区の起点側から 10cm メッシュを作成する.
- 5) 3)で求めた点の 10cm メッシュ内の点の平均をそのメッシュの値とする.

3. 解析結果および考察

3.1 施工精度の確認

施工精度の確認結果を図-5 に示す. これらの図から, コンクリート床板の施工精度が防水層に影響していることが分かる. さらにレベリング層ではそれらの凹凸は解消されていることが確認された.

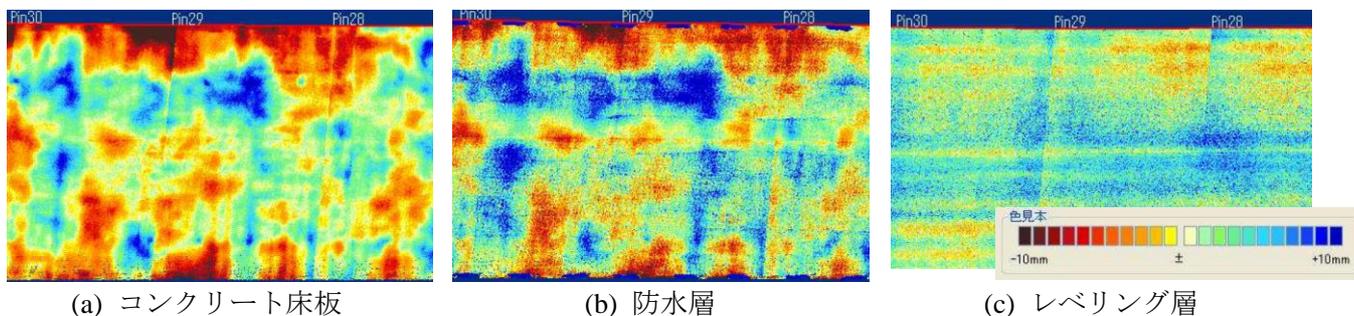


図-5 各路面のコンター (一部)

3.2 出来形管理

コンクリート床板とレベリング層との差分で算出した厚さの可視化した結果を図-6 に, 数値化した結果を表-1 にそれぞれ示す. それぞれの結果から舗装厚の可視化および数値化が可能であることが確認できた. 今後は色見本 (凡例) の設定方法の検討や実際にコア採取を行い, 整合性を確認する必要がある.

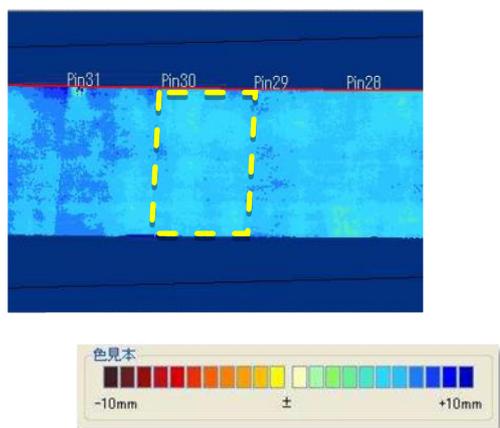


図-6 可視化結果

表-1 厚さ算出結果

	4角点名	x (m)	y (m)
	4隅座標	L1	-0083.74
L2		-0083.55	△△95.18
R1		-0074.11	△△02.08
R2		-0073.86	△△96.11
メッシュNo.	x (m)	y (m)	舗装厚 (cm)
1	-0083.8	△△99.9	6.3
2	-0083.8	△△00.0	6.1
3	-0083.8	△△00.1	5.7
4	-0083.8	△△00.2	5.9
5	-0083.8	△△00.3	5.8
⋮	⋮	⋮	⋮
5934	-0073.9	△△96.4	6.6
5935	-0073.9	△△96.5	6.6
5936	-0073.9	△△96.6	6.8
5937	-0073.9	△△96.7	6.8
5938	-0073.9	△△96.8	6.8

4. まとめ

本検討から舗装の厚さを可視化および数値化することが可能であることが分かった. しかし, 今回は1種類の混合物での検討であることから, 各混合物の表面のキメが影響すると考えられるレーザのバラつきを考慮していない. そのようなことから, 今後は実際に抜き取りコアの結果との整合性の確認, 混合物によるバラつきの有無およびその対策を検討していく.

参考文献

- 1) 国土交通省: i-Construction~建設現場の生産性向上の取り組みについて~, <https://www.mlit.go.jp/common/000221538.pdf>, 2015.12.
- 2) 国土交通省: CIM (Construction Information Modeling) の導入検討について, <https://www.mlit.go.jp/common/001113551.pdf>, 2012.8.
- 3) 森石, 富樫, 中村, 渡邊: 三次元点群データを用いた路面の面的評価および構造的健全性との関連性の検討, 土木学会論文集 E1, Vol.71, No.3, 2015.12.

改質グースアスファルト混合物のクッキング条件が 品質に与える影響について

大林道路(株) 技術研究所 正会員 ○木谷 貴宏
同 正会員 稲葉 行則
同 正会員 鈴木 徹
同 正会員 上地 俊孝

1. 目的

グースアスファルト混合物（以下、グースアスコン）のバインダには、ストレートアスファルト 20~40（以下、St.As.20/40）、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を使用するのが一般的である。しかし、St.As.20/40 や TLA は、やや入手が困難な材料であることに加え、製造においては専用の攪拌装置付きケトルや TLA の小割作業も必要であり、プラントにおける作業効率が悪い。また、骨材粒度の特性から塑性変形抵抗性も低い。これらの課題を解決するために、比較的入手が容易な改質アスファルト（以下、ベース改質 As.）と特殊添加剤をバインダに用いた改質グースアスコンを開発した。改質グースアスコンは従来のグースアスコンと比べ、製造・施工時の臭気が低く、塑性変形抵抗性、たわみ追従性、曲げ疲労抵抗性に優れている¹⁾。しかし、ベース改質 As は熱による性状の変化が指摘されており²⁾、特殊添加剤にも同様の懸念がある。このため、改質グースアスコンは、クッキング時の加熱方式やクッキング時間により品質が変動する可能性があり、本検討ではそれらの要因による品質の変動について試験練りにて確認した。

2. クッキング条件および供試体採取場所

クッキング時における改質グースアスコンの性状の変化を明らかにするため、本検討では表-1 に示す条件にて試験練りを行った。クッカ車の加熱方式にはガス式と電気式があり熱源の温度に違いがあることから、加熱方式の違いが混合物の昇温速度や混合物性状に与える影響を検討した。同様に混合物の積載量の違いについても検討した。また、クッカ内にて混合物性状が均一であるかを確認するため、供試体作製用試料の採取場所をクッカ車排出口（下部）とクッカ車積み込み口（上部）とした。

3. 加熱方式および積載量による昇温速度の違い

図-1, 2 にガス式、電気式および積載量の違いによるクッキング時間と混合物温度の関係を示す。凡例の上方温度計とはクッカ車に設置されている温度計の読みとり値であり、上部からの測定温度とはクッカ車上部にある混合物積み込み口から熱電対を挿入して測定した混合物上部の測定温度である。図-1, 2 より加熱方式と昇温速度の関係は、積載量の違いによらずガス式に比べて電気式の方が 5°C/h 程度速い結果となった。これは混合物積載前の予熱の程度がガス式と電気式では異なるためと推察される。また、積載量と昇温速度の関係は、加熱方式によらず 6t 積み比べ 4t 積みの方が 10°C/h 程度速い結果となった。これは加熱エネルギーが一定の場合、積載量が少ないほど全体の昇温速度が速くなるためである。

表-1 クッキング条件

試験水準No.	①	②	③	④
クッカ車の種類	ガス式	電気式	ガス式	電気式
クッカ車積載量	4t		6t	
ホットビン温度	255±10°C			
アスファルト加熱温度	175±5°C			
石粉温度	常温			
混合練り落とし温度	180°C±10°C			
DRYミキシング時間	60秒			
WETミキシング時間	90秒			
添加材投入タイミング	WETミキシング開始30秒後			
加熱ヒーター設定値	-	400°C	-	400°C
過熱防止装置 温度計位置	上	上	上	上
過熱防止温度 設定値	220°C	220°C	220°C	220°C

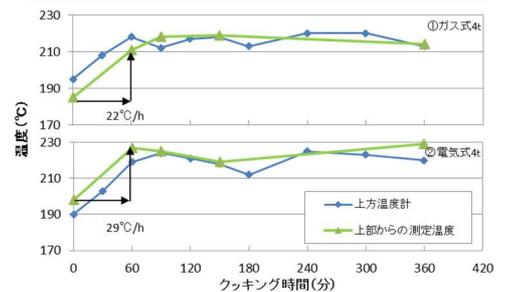


図-1 クッキング時間と混合物温度の関係 (4t)

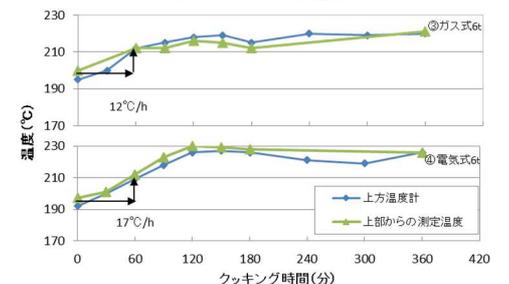


図-2 クッキング時間と混合物温度の関係 (6t)

キーワード グースアスファルト混合物, クッキング, 鋼床版

連絡先 〒204-0011 東京都清瀬市下清戸 4-640 大林道路(株)技術研究所 TEL 042-495-6800

4. 加熱方式および積載量による混合物性状の違い

図-3, 4 にクッカ車排出口（下部）から採取した試料で試験した，ガス式，電気式および積載量の違いによる試験温度とリュエル粘度の関係を示す。通常のグースアスコンのリュエル粘度基準値は3～20秒（240℃）であるが，改質グースアスコンの目標値はこれまでの実績より15秒（220℃）程度としている。図-3, 4 より積載量に関係なく，ガス式に比べ電気式の方が若干高い傾向がみられた。しかし，220℃で15秒程度であり加熱方式や積載量の違いがリュエル粘度に及ぼす影響は少ないと判断される。

図-5, 6 にクッカ車排出口（下部）およびクッカ車積み込み口（上部）から採取した試料で試験した，加熱方式および積載量の違いによるクッキング時間と動的安定度の関係を示す。動的安定度は，4t 積みではガス式と電気式は同程度であり，6t 積みではクッキング時間が180分までは同程度，それ以降はガス式の方がやや高い傾向があった。通常のグースアスコンの動的安定度の基準値は300回/mm以上，改質グースアスコンでは実績より600回/mm以上を目標値としているが，今回の検討においても同程度であった。また，試料採取場所による動的安定度の違いは小さく，同程度であることから，クッカ車内にて特殊添加剤と混合物の均一性は保たれている。これは施工箇所によって改質グースアスコンの性状に違いがないことを示す。

図-7 にクッカ車排出口（下部）から採取した試料で試験した，加熱方式および積載量の違いによるクッキング時間と曲げ破断ひずみの関係を示す。加熱方式や積載量に関わらず，曲げ破断ひずみは $8\sim 10\times 10^{-3}$ 程度であり，クッキング時間が長くなると曲げ破断ひずみが低下するなどの傾向は見られなかった。

5. まとめ

本検討から得られた知見を以下に示す。

- ・クッキング時の昇温速度は，積載量が少ないほうが速く，電気式がガス式に比べてやや速いが顕著な差はない。
- ・リュエル流動性は，積載量によらず電気式がガス式より高い傾向を示すが，おおむね220℃で15秒程度である。
- ・動的安定度は，総じて目標値の600回/mm程度である。4t 積みでは加熱方式によらず同程度であり，6t 積みでは180分までは同程度，それ以降はガス式の方が高い傾向がある。また，クッカ車内にて混合物の均一性は保たれている。
- ・曲げ破断ひずみは，加熱方式および積載量による影響は少なく，6時間のクッキングにおいても低下しない。

今後は改質グースアスコンの低臭気，高耐流動性，高たわみ追従性などの利点を更に向上させるべく改良に努めたい。

参考文献

- 1) 菅野ほか3名：改質グースアスファルト混合物の性状と施工事例，舗装，Vol.51 No.3，2016年3月
- 2) 上坂ほか3名：排水性舗装用高粘度改質アスファルトの材料特性と製造方法に関する研究，土木学会舗装工学論文集，第9巻，2004年12月

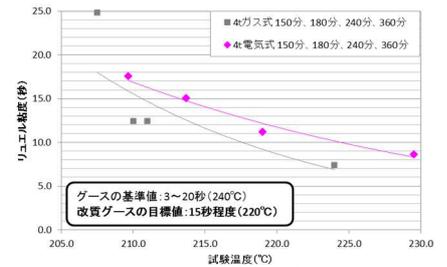


図-3 リュエル流動性 (4t)

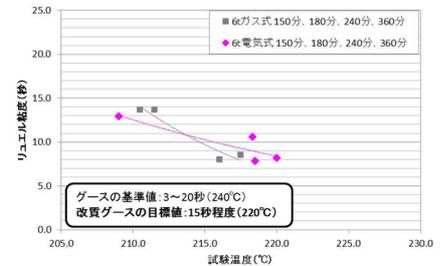


図-4 リュエル流動性 (6t)

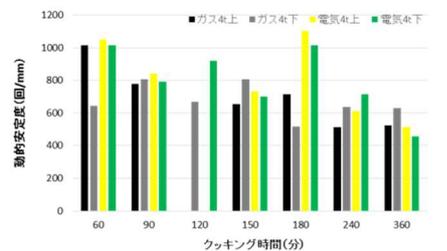


図-5 クッキング時間と動的安定度 (4t)

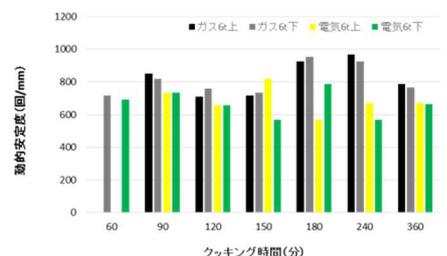


図-6 クッキング時間と動的安定度 (6t)

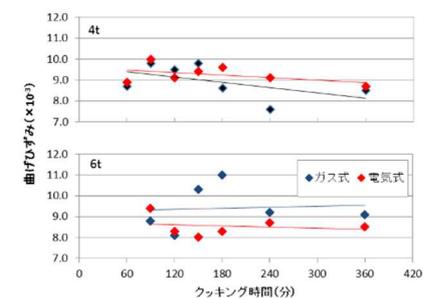


図-7 クッキング時間と曲げ破断ひずみ

路面削溝による路面表情付与

－白色骨材配合アスコンの見え方－

大林道路株式会社 正会員 ○光谷 修平
 " 正会員 小嶋 匠
 東 京 大 学 堀 繁

1. 目 的

現在、「景観舗装」は「道路景観の構成要素のうち大きな割合を占める舗装において、テクスチャや色味などで能動的に景観を向上させる役割や場合によっては受動的に周囲の景観と調和を図る役割を担うものをいう。」と定義¹⁾されており、石畳やカラー舗装等、一般のアスファルト舗装とは異なる質感や色彩を有する舗装材が用いられている。このため、舗装材の素材（骨材やバインダー）が一般の舗装とは異なる高価なもの、あるいは強度等に問題があるものが用いられる場合が多い。

本稿は、白色骨材を配合した密粒度アスコンに切り込みを入れること（以下「削溝」と称す）で舗装路面に表情を付与することを目的として実施した試験舗装の結果を報告するものである。

2. 基本方針

アスファルト舗装の色は、アスファルト被膜による暗灰色である。アスコンに白色の骨材を配合し削溝すれば削溝面に骨材の白色が出るので路面に表情がつけられる。

密粒度アスコンは、基本的に車道の表層に必要な強度・耐久性を有する舗装材である。削溝すると、溝が弱点となり走行する車両の走行により層を貫通するひび割れに発達する危険性を伴う。しかし走行する車両による引張応力は層の下方側に発生するので上面から削溝の影響は比較的小さいと考えられる。事実、すべり止めや音響道路²⁾を目的としてグルーピングを施しても破壊に至ることはない。以上の理由から本研究では白色骨材を配合した密粒度アスコンによる舗装を舗装厚の1/3以下の深さで削溝して、路面の見え方を含む路面性状の変化を実地で観測することを基本方針とした。

3. 実地実験

3-1 削溝装置と母体アスコン

削溝には音響道路の構築に使用するグルーピングマシン（写真-1）を使用した。グルーピングマシンには刃厚9mmのブレードを装着した。また、母体となるアスファルト舗装は、削溝断面が目立つように骨材の1/4に白色（石灰岩）の6号砕石を配合した密粒度アスコン（改質Ⅱ型）を使用し、厚さ50mmで新設した。さらに削溝の角部を削って、その見え方の差と角欠防止効果を検討するための面取マシン（写真-2）を工夫した。

3-2 削溝寸法パターンと削溝の見え方の評価

前述本件では、削溝断面に母体密粒度アスコンに配合した白色骨材の切口を浮き出させることで、暗灰色の舗装面に白線で任意の模様を描ける可能性を検証した。削溝の寸法のパターンとその評価を表-1に示す。

キーワード アスファルト舗装, 意匠, 景観, 削溝

連絡先 〒101-8224 東京都千代田区猿樂町2-8-8 大林道路株式会社 技術部 TEL03-3295-8855



写真-1 グルーピングマシン



写真-2 削溝用面取マシン

表-1 削溝の寸法のパターンとその評価

No.	ピッチ (mm)	断面	寸法	評価	No.	ピッチ (mm)	断面	寸法	評価
1	120		深さ10mm、7mm、3mm 下幅9mm 上幅15mm	○ はっきり溝がわかる	8	60		深さ10mm、5mm 下幅9mm 上幅12mm	△ 全体が白く見える
2	120		深さ10mm 下幅9mm 上幅9+6mm	○ はっきり溝がわかる	9	60		深さ10mm 下幅9mm 上幅9+3mm	△ 全体が白く見える
3	60		深さ10mm、7mm、3mm 下幅9mm 上幅15mm	○ 溝は分かるが全体が白く見える	10	120		深さ10mm 幅9mm	× 溝はほとんど見えない
4	60		深さ10mm 下幅9mm 上幅9+6mm	○ 溝は分かるが全体が白く見える	11	60		深さ10mm 幅9mm	× 溝はほとんど見えない
5	—	ショット プラスト	投射密度 30、50、70、100kg/m ²		12	30		深さ10mm 幅9mm	△ 全体が白く見える
6	120		深さ10mm、5mm 下幅9mm 上幅12mm	○ No. 1, 2に比べると細いが、溝はわかる	13	60		縦グルーピング 深さ10mm 幅9mm	○ はっきり溝がわかる
7	120		深さ10mm 下幅9mm 上幅9+3mm	○ No. 1, 2に比べると細いが、溝はわかる	<削溝の見方(順光)> <削溝の評価(白色の溝がよく見えるか)> ○: よく見える △: 見えにくい ×: ほとんど見えない				

3-3 結果

(1) ピッチの影響

石灰岩を含むアスファルト舗装に削溝を施すと、意図したように暗灰色の路面に白色の線が見える舗装となった。この際、削溝の断面が同じでもピッチの長短で白色の具合を調整できそう（写真-3）であった。



写真-3 削溝ピッチの影響：左から 120 mm (No.10), 60 mm (No.11), 30 mm (No.12)

(2) 形状の影響

削溝断面を階段状に広げた場合と、上面の幅が同じになるように面取りした場合を比較すると、僅かではあるが、面取りの優位性（写真-4）が伺えた。



写真-4 同じ上幅 左:階段状 右:面取り

4. まとめ

本実験から以下の知見を得た。

- ① 削溝で一般のアスファルト舗装に模様を施すことは可能である。
- ② 削溝の幅を変えることで線に強弱をつける。ピッチを変えることで線として見せる、全体を白く見せるなど、模様の見え方を調整できる。
- ③ 削溝は、同じ上幅であれば面取りの方が効果的である。

一方、以下の課題が抽出された。

- ④ 本実験では母体アスコンに白色骨材を配合することで削溝を白く見せようとしたが、実際は白色の点線に見えてしまうことが確認された。日光の当たり具合によっては溝に影ができて黒色の実線に見えることもあることから、白色骨材を含まない一般のアスコンで同様の検証をすべきと考えられた。

最後に施工面でご協力いただいた末広産業(株)の皆様に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 舗装工学ライブラリー 5・街路における景観舗装, 土木学会, 2007
- 2) 足立, 雑誌舗装 vol. 44 No. 9, 音を使った注意喚起型舗装の施工, p3~p4, 2009

コンクリート廃材を使用した舗装の一事例

大林道路株式会社 正会員 ○井手 義勝
 // 渡邊 満葉
 岡山県立笠岡工業高等学校 狩屋 雅之

我国では、アスファルト舗装を更新等で解体してもほぼ100%アスファルト舗装材としてリサイクルできる。一方、コンクリート舗装を含むセメントコンクリート構造物の廃材（以下「コンクリート廃材」）のコンクリート舗装材へのリサイクルは進んでおらず、各方面で試行された報告¹⁾がなされている段階にある。

本稿は、岡山県立笠岡工業高校構内にコンクリート廃材を使用したコンクリート舗装を構築（産学連携による実践型施工体験学習）して得られた知見を紹介するものである。

1. 目的

コンクリート廃材を使用したコンクリート（以下「再生コン」）舗装は、リサイクルの他に大気中のCO₂を固定する性質^{*1}があり、環境負荷が一般の舗装と比較して小さい舗装といえる。本件では環境土木を専攻する現役の高校生と施工および追跡調査を行い、その汎用性と環境負荷低減の程度の検証を目的とした。

2. 実施概要

実施概要を以下に列記する。

- ① 実施時期 平成28年6月
- ② 施工箇所 環境土木科棟南側駐車場
- ③ 施工範囲 延長 約42m、幅員1.6m、約67m²

試験ヤードは路床の床付けや縁石の据え付け等の準備工から高校生が実地に施工（写真-1）した。

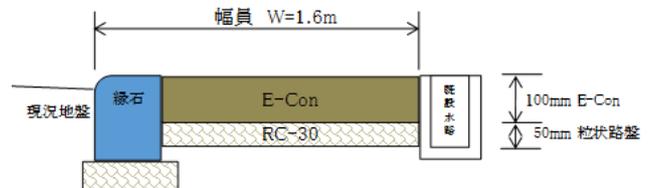


図-1 試験舗装断面



写真-1 準備工施工状況

3. 配合

ポラコンの素材には、最大粒径13mmの状態に調整されたコンクリート廃材（以下「再生砕石」）の他、銑鉄製造時の副産物を砂状に調整した高炉スラグ（以下「スラグ砂」）、および高炉セメントを使用した。施工当日における再生砕石の含水率を考慮した現場配合を表-1に示す。

表-1 ポラコンの現場配合

材料名	再生砕石	スラグ砂	高炉セメント	水
計量値 (kg)	47.2	43.1	13.3	3.6



写真-2 再生コンの製造状況

キーワード コンクリート廃材, コンクリート舗装, リサイクル, 二酸化炭素固定

連絡先 〒101-8228 東京都千代田区猿樂町2-8-8 大林道路株式会社 技術部 TEL03-3295-8855

再生コンの製造にはパン型モルタルミキサを用い（写真-2），各素材の計量は性状の均一化を考慮して各種材料を個別に計量した。（本高校ではコンクリートを用いたいろいろな創作学習をおこなっており，高校生による再生コンの製造や一輪車による運搬作業は手際よく行われた。）

4. 舗設

一輪車により運搬した再生コンは，スコップとレーキを用いて人力で敷きならした（写真-3）。初期転圧は，ビブロプレートで空隙潰れを生じさせないよう木製合板（コンパネ）を敷いた上から行い（写真-4），ハンドガイドローラ（鉄輪タンDEM 0.6t）で二次転圧を行った。舗設完了後ただちに被膜養生剤を散布し，養生マットで覆い7日間湿潤養生を行った。完成状況を写真-5に示す。



写真-3 敷き均し状況



写真-4 初期転圧状況



写真-5 完成状況

4. CO₂の固定

前述，再生コンには大気中のCO₂を固定する性質がある。本件では，携帯型のCO₂濃度計（写真-6）を構築したポラコン舗装上に置き，プラスチック容器で覆って密閉，容器内の空気中CO₂濃度の変化を観測することでCO₂の固定量を算出する（写真-7）こととした。



写真-6 CO₂濃度計と密閉状況



写真-7 CO₂濃度変化測定

本方法による時間・面積当たりの固定量は2測点で測定，本稿執筆時点で6/29から2/3まで13回行っている。内1測点の結果を図-2に示す。

各測定日の気温および湿度，測定日前後の降雨の状況等がCO₂固定量に影響を与える。

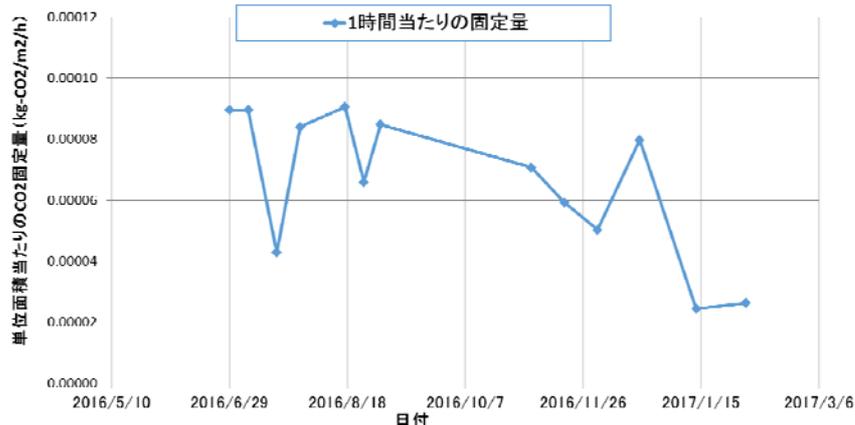


図-2 1㎡換算 時間あたりCO₂固定量の変化

5. まとめ

本件から以下の知見が得られた。

- ①再生コンの製造・施工は，特別な装置や技能を必要とするものではない。
- ②再生コンによるCO₂固定は，6か月以上経過しても継続するが温度等の影響を含めてなお検証が必要。

参考文献

- 1) 井手，杉本，鷹野，平田，大森，川上：CO₂排出量を低減した再生コンクリート舗装の適用事例，第30回日本道路会議

舗装の汚れに特化した洗浄剤の開発

大林道路（株）技術研究所
同
大林道路（株）技術部

○掛札 さくら
東本 崇
澤田 昭吾

1. はじめに

舗装面には様々な汚れが付着し、それらは景観や路面標示の視認性を低下させてしまう。舗装面は種々のアスファルト舗装やコンクリート舗装など、テクスチャや汚れの付きやすさが多様である。汚れはタイヤ痕、鉱物油、錆、乳剤汚れが頻繁に見られる。これらの舗装汚れの洗浄作業では、次の点に留意する必要がある。

- (1) より効果的な洗浄のためには、汚れの種類により洗浄剤の選定を要する。
- (2) 洗浄作業の際にハイウォッシャー等の機械を必要とする場合がある。
- (3) 汚れの程度によっては長時間の作業を要する。

そこで、これらの問題点を解決するため、小労力で洗浄可能かつ、様々な舗装・汚れに対応した新規の舗装用洗浄剤「S」および「E」を開発した。本稿では、これらの洗浄効果の確認、舗装の強度に与える影響の確認および、他製品との比較を行った結果を報告する。

2. 新規舗装用洗浄剤 S および E

洗浄剤は種々の界面活性剤、助剤、添加剤から構成される。界面活性剤は1分子中に疎水基と親水基を有し、これにより「乳化作用（図-1：汚れを包み込んで水中に安定化させる作用）」および「表面張力の低下（図-2：汚れと被洗物の間に入り込む作用）」を洗浄剤に与え、洗浄効果を発揮する。S および E は、各成分の種類やバランスを調製することで界面活性剤の作用を効果的に発揮し、舗装の各汚れに特化した洗浄剤となっている。

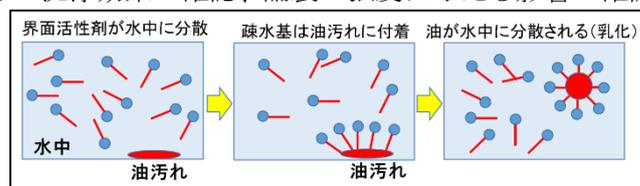


図-1 乳化作用

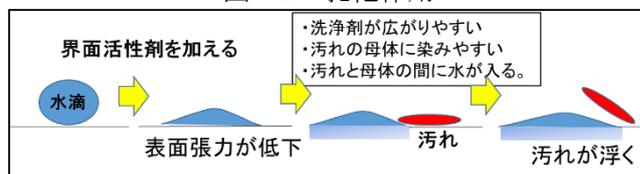


図-2 表面張力の低下

S はアスファルト舗装やコンクリートに付着したタイヤ痕、鉱物油、錆を対象としている。E はコンクリートに付着した乳剤汚れを対象とした洗浄剤である。

3. 実験

3. 1 洗浄効果の確認（室内試験）

S、市販酸性洗浄剤、市販アルカリ性洗浄剤、市販中性洗浄剤の効果を室内で検証するため、各舗装の供試体に種々の汚れを付着させ、各洗浄剤で洗浄を行った。洗浄は全て手作業で行い、ブラシ、ウエスを用いて同じ回数だけ汚れを擦った。洗浄前後の例を表-1、2に、S と市販洗浄剤の目視による評価のまとめを表-3に示す。酸性洗浄剤は、錆の洗浄には優れているが、セメント成分と反応するため、コンクリート系の舗装に損傷を与える。アルカリ性洗浄剤は、密粒の鉱物油（カーボンブラック）以外は△または×の評価であった。中性洗浄剤は、タイヤ痕や鉱物油汚れで効果を示したが、錆では評価が低い。一方、S はタイヤ痕、錆、鉱物油汚れで平均して高い評価となった。特に、錆汚れで市販酸性

表-1 S と市販洗浄剤の比較（室内試験）

	洗浄前	洗浄後
コンクリート タイヤ痕		中性 アルカリ S
コンクリート 鉱物油+酸化鉄		アルカリ S
コンクリート 錆		S 酸
密粒 錆		S 酸

洗浄剤に次いで高い評価を示した。これは S の高い乳化作用と表面張力を下げる性能により、酸の様に錆を化学反応で落とすのではなく、錆と舗装の隙間に入り込み、錆を舗装面から分離させるためである。加えて、S はアルカリ性のため、コンクリート系舗装を傷めないという利点がある。表-2 より、E は 2 種類の類似品よりも洗浄効果が高く、落とした汚れの再付着がないことが確認された。以上のことから、S および E は市販品と比べて各舗装の各汚れに対応した洗浄剤であることが分かった。

表-3 S と市販洗浄剤の評価 (室内試験)

汚れの種類	鉱物油+カーボンブラック					錆				
	Con	密粒	Con	半たわみ	保水	Con	密粒	Con	半たわみ	保水
S	◎	○	△	△	◎	◎	○	○	○	○
酸性	△	○	△	△	○	△	△	△	△	△
アルカリ	△	○	△	△	○	△	△	△	△	△
中性	x	○	○	◎	x	△	x	x	x	△

評価順 1位:◎ 2位:○ 3位:△ 4位:x ◎*:母体を傷めている

3. 2 洗浄効果の確認 (屋外試験)

屋外で汚れが付着して日数が経過した路面の洗浄を行った。その例を表-4 に示す。コンクリートやアスファルト舗装などに付着した種々の汚れや複合汚れを洗浄することができ、その後の供用にも問題がないことを確認した。

3. 3 強度試験 (圧裂試験)

洗浄剤を用いて舗装を洗浄する際、舗装を傷めてしまうことが危惧される。そこで、洗浄剤が舗装の強度におよぼす影響を確認した。具体的には、密粒度アスファルト舗装 (ストレートアスファルトおよび脱色アスファルト+弁柄)、開粒度アスファルト舗装および半たわみ性舗装の供試体を S に 360 分間浸漬させた後、圧裂試験を行い、浸漬させていない供試体 (空中養生) と圧裂強度を比較した。結果を図-3 に示す。値に多少の前後はあるが、全ての結果において空中養生の値と大きな差はなかった。また、試験後の供試体表面や破断面でも剥離などの劣化は確認できなかった。この結果から S は、舗装の強度に影響をおよぼさないことが確認できた。

4. まとめ

本研究では、小労力かつ効果的な舗装面の洗浄を目的とし、舗装用洗浄剤「S」および「E」の開発を行った。これらと市販洗浄剤の効果の比較および、舗装面に与える影響を検証した結果、以下のことが分かった。

- ・ S は各舗装の様々な汚れに対応し、市販洗浄剤よりも高い効果を示す。
- ・ E は類似品よりも乳剤汚れの洗浄効果が高い。
- ・ S は舗装の強度や色に影響をおよぼさず、洗浄 6 ヶ月後も舗装面の変質はない。

5. おわりに

S は広範囲な舗装の種類と汚れに対応しており、また、小労力での洗浄作業を可能とする。E は乳剤汚れに優れた効果を発揮した。これらは、今回検証した日数が経過した汚れに対して効果を発揮したが、汚れが付いてから迅速に洗浄することでより高い洗浄効果が得られると思われる。S および E を有効的に活用することで舗装汚れの問題解決に役立てば幸甚である。

表-2 E と類似品の比較 (室内試験)

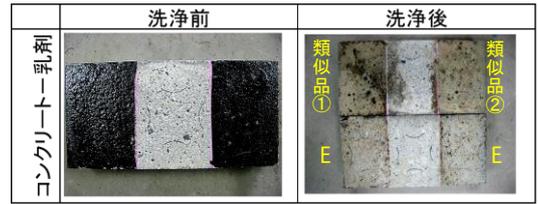


表-4 屋外での洗浄の効果

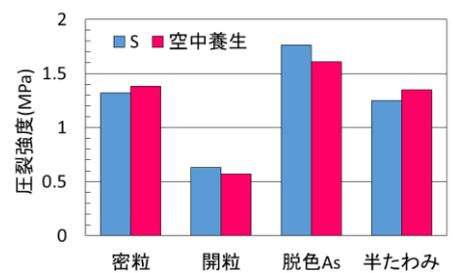
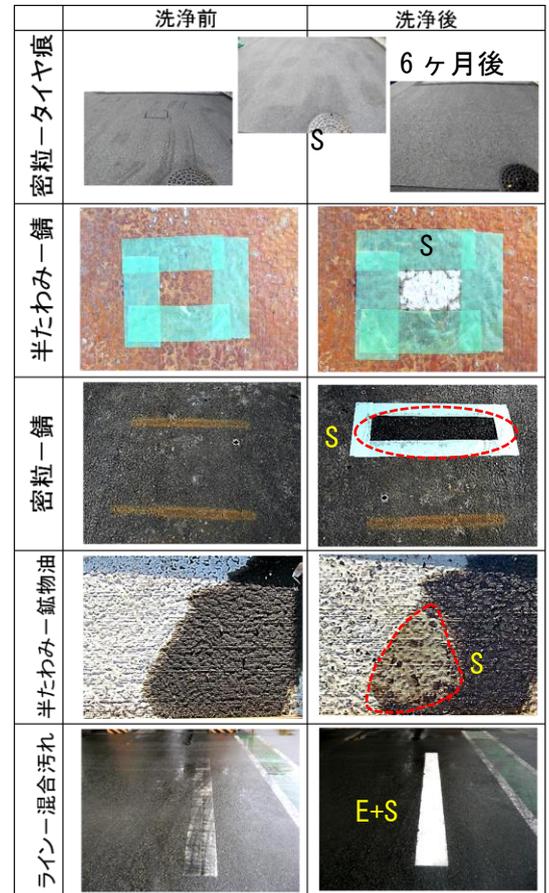


図-3 圧裂試験結果 (S に 360 分浸漬と空中養生の比較)

グースアスファルト舗装の施工継目に関する一検討

大林道路(株) 技術研究所
本店機械部
本店技術部

○上地 俊孝
川田 良秀
鈴木 徹

1. はじめに

橋梁などの鋼床版舗装の基層には遮水性とたわみ追従性に優れたグースアスファルト舗装が適用されている。グースアスファルト舗装の施工では、鋼床版への水の浸入を防ぐため、端部に成形目地材などの止水材が一般的に用いられている。一方で施工継目については、浸水の要因となるといった認識はされているが、これまでその処理方法について詳細に検討された事例はみられない。このため、施工担当者や管理者の判断で処理されているのが実状である。本報では、グースアスファルト舗装の施工継目の処理方法として、床版防水層用プライマーの塗布、成形目地材の適用、L型ジョイントヒータによる継ぎ目部の加熱などを行ったときの遮水性と強度を試験施工で比較評価したのでその結果を報告する。

2. 試験条件

本検討ではグースアスファルト舗装の施工継目の処理方法の違いによる遮水性と圧裂強度を評価した。試験水準およびL型ジョイントヒータ¹⁾による加熱状況を表-1、写真-1に示す。工区IIでは舗装温度が25°C程度となった既設のグースアスファルト舗装に打ち継ぐ形でグースアスファルト舗装を施工した。工区IIIでは溶剤型プライマーを既設舗装の打ち継ぎ面に塗布してから打ち継いだ。工区IVではテープ状に成型された感圧タイプの目地材を打ち継ぎ面に張り付けてから打ち継いだ。工区Vでは工区IIIの処理に加え、直前に打ち継ぎ面をL型ジョイントヒータで120°C程度(表面温度)まで加熱してから打ち継いだ。

評価項目を表-2に示す。真空透気試験はアスファルト表面遮水壁の遮水機能を確認するために実施される試験である。一般に試験機と舗装面の間に88.26kPaの負圧を与え、その後1分間の圧力上昇が+2.95kPa以下であれば測定箇所の遮水性は確保されていると判断されている²⁾。真空透気試験は施工継目上で実施し、加圧透水試験、圧裂試験は施工継目が円の中心を通るように採取したコアおよび工区Iのコアで実施した。

表-1 試験水準

工区	施工継目の処理方法
I	施工継目無し
II	処理なし
III	床版防水層用プライマーの塗布
IV	成形目地材の設置
V	III+L型ジョイントヒータによる加熱



写真-1 加熱状況

表-2 評価項目

試験対象	試験名	試験の目的	備考
現場試験	真空透気試験 ^{*1} (透気量)	施工継目の遮水性の評価	真空透気試験機による
採取コアに対する試験 ^{*2}	加圧透水試験	施工継目の遮水性の評価	舗装調査・試験法便覧B017T
	圧裂試験 (試験温度: -10°C)	施工継目の強度の評価	舗装調査・試験法便覧B006

*1 水工用アスファルト混合物の施工継目の遮水性を確認するために行われる現場試験。

*2 同じコアで加圧透水試験、圧裂試験の順番で試験に供する。

3. 試験結果

3-1 真空透気試験

真空透気試験では、圧力上昇が2.95kPa/min以下(遮水性あり)、2.95~5.90kPa/min、5.90kPa/min以上(遮水性なし)となる測点の発生確率で評価した。真空透気試験結果および真空透気試験状況を図-1、写真-2

に示す。施工継目の処理をしていない工区Ⅱでは半分以上の測点で大きな透気量を示しており遮水性を確保できていないことが確認された。工区ⅢとⅤを比較すると、いずれも測点の一部が基準値（2.95kPa/min）以上であったが工区Ⅴは極端に大きな透気量の箇所は無かった。これは、L型ジョイントヒータによる加熱処理の効果と考えられる。成形目地材で処理した工区Ⅳについては全ての測点で基準値を満足した。

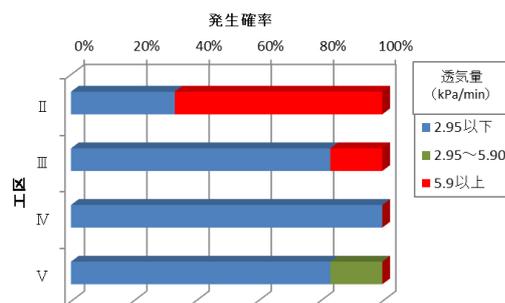


図-1 真空透気試験結果

3-2 加圧透水試験

一般に透水係数が $1.0 \times 10^{-7} \text{cm/sec}$ 以下であれば工学的に不透水であると判断されている。加圧透水試験結果は、工区Ⅱのうち真空透気試験で極端に大きな透気量を示した測点で採取したコアが $1.4 \times 10^{-6} \text{cm/sec}$ であり、その他のコアは全て不透水であった。

3-3 圧裂試験

圧裂試験状況および試験結果を写真-3、図-2に示す。圧裂試験では施工継目が試験の载荷方向と平行となるように設置し、施工継目に引張方向の力がかかるように実施した。また、成形目地材で処理した工区Ⅳについては試験中に明確なピークが確認できなかったため、目地部を境にしたズレや変位が起こるタイミングを目視で確認し、そのときの荷重を最大荷重に採用した。

圧裂強度は、施工継目が無い工区Ⅰに比べ、施工継目が有る工区Ⅱ～Ⅴはいずれも低かった。ただし、工区Ⅱ～Ⅴで比較すると、施工継目の処理をした工区Ⅲ～Ⅴは施工継目の処理をしていない工区Ⅱの2倍以上の圧裂強度であった。施工継目の処理方法で比較すると床版防水用プライマーとL型ジョイントヒータを併用した工区Ⅴが最も高く、優位性が確認された。

4. おわりに

本検討から、施工継目の処理方法により施工直後の遮水性や圧裂強度に違いがあることを確認した。また、その処理方法として成形目地材の設置や床版防水用プライマーとL型ジョイントヒータによる加熱との併用に優位性があることが分かった。しかしながら、実際のグースアスファルト舗装には鋼床版舗装特有の繰返しひずみが発生しており、処理方法によっては疲労による施工継目部の強度の低下も懸念される。一方で成形目地材の使用による表層の不具合も問題視されている。今後はこのような供用環境を複合的に考え、各処理方法を比較評価していく所存である。



写真-2 真空透気試験状況



写真-3 圧裂試験状況

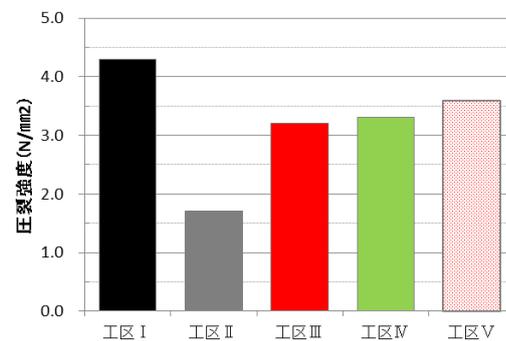


図-2 圧裂試験結果

【参考文献】

- 1) 川田ほか：舗装工事の高度化を目的とした施工技術の開発ーレベルセンサとL型ジョイントヒータ，道路建設，No.752，pp.56-62，2015.9
- 2) 公益社団法人 土木学会：舗装工学ライブラリー8 アスファルト遮水壁工，2012

MMS を活用した構造物の維持管理方法に関する検討

大林道路株式会社 ○青山 俊也 森石 一志
iシステムサーチ株式会社 橋本 義明

1. はじめに

近年、工事の設計・施工・維持管理における ICT 技術の導入が進んでおり、国土交通省も i-Construction¹⁾を推進し、工事の省力化および生産性を向上させる取り組みを行っている。そのような流れの中で、レーザスキャナ等により取得された三次元データの活用が注目されている。特に、短時間で広範囲な三次元データを取得できる MMS (Mobile Mapping System) の活用が増加しており、筆者らも MMS の効率性・利便性に着目し導入した。現在 MMS の道路の維持管理への適用が検討されている²⁾ものの、その事例は少なく、周辺構造物においても同様である。そこで、MMS の活用方法の一つとして、構造物の一つとして歴史的建造物の維持管理に着目し、特に災害等により崩壊した石垣の復旧への適用可否を検討した。その際、オフィスセキュリティ等に活用される顔認証システムの発想を基に、形状の異なる個体を認識し、仕分けるシステムの構築を試みた。この技術は、道路の維持管理においても、石張舗装のずれ、ブロック張工やブロック積工など法面保護工のブロックのズレや崩落、縁石やガードレールの破損や異常箇所の自動抽出に応用できると考えている。本稿では、MMS により取得した三次元データを活用して、災害等により崩壊した石垣の復旧方法について検討した結果について報告する。



図-1 計測対象とした石垣
(拡大図)



図-2 MMS (RIM)

2. 検討概要

城郭や寺社等に設けられている石垣は、その多くが築造から数百年を経過しており、経年劣化による老朽化が進んでいる。特に文化価値の高い石垣が崩落した場合には、その外観においても正確な修復が求められる。またこのような石垣は、個々の形状が全て異なっている場合が多く、崩落した石を正確に復元するには崩落する前の正確な施工管理図が必要となる。そこで昨今、様々な施工管理図の作成方法が提案されている³⁾。しかしその方法は、石垣の外観を構成する個々の石の形状や配置を把握して修復するものではない。また、通常の MMS に搭載されているレーザスキャナでは、石の精細な形状を把握できないことから、筆者らは、高密度レーザスキャナを搭載した MMS (当社装置名称：RIM) を導入した。

そこで、以下のような復旧支援方法を考え、解析を行った。

- ① 石が崩落する前の石垣の表面形状を予め MMS で計測し、崩落する前の石の配置状況を把握する。
- ② その後、石が崩落した際、MMS で各石の表面形状を取得する。
- ③ 予め取得しておいた石の形状・位置情報を使用して石垣の復旧支援を行う。

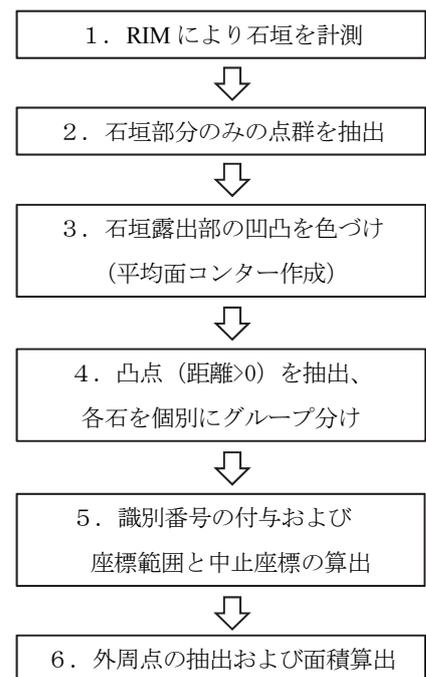


図-3 解析フロー

3. 解析手順および結果

図-3に解析手順のフローチャートを示す。解析を行うにあたり、まずMMSにより取得した三次元データから、石垣部分のみの点群を抽出した。その後、図-4に示すように、取得した各点について周囲の点との(凹凸)関係をコンターで表現した。なお、コンター作成時に使用した平均面より凸部を青系色で、凹部を赤系色で表示した。この結果から、目地にあたる箇所がほぼ濃赤色になっており、各石の凹凸もコンターで表現できていることが分かる。

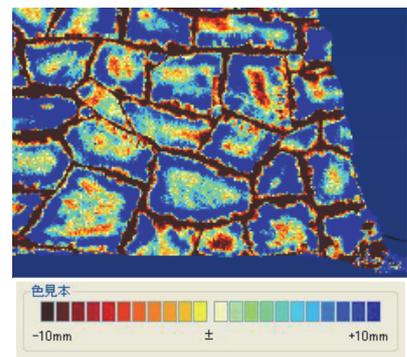


図-4 平均面コンター (一部)

次に、コンターの平均面からの距離が0より大きい(図-4の青系色)の点のみを抽出し、石ごとに点群のグループ分けを行った。図-5にグループ分けを行った際の解析画面を示す。また、グループ化した点群データから、各石の座標範囲と中心座標をまとめた結果を表-1に、各石の中心座標に識別番号のタグを表示した例を図-6に示す。これらの結果より、各石の位置と形状を三次元的に管理できると考えられる。

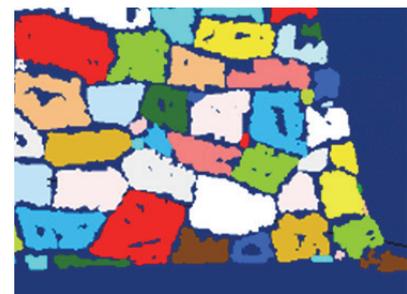


図-5 点群のグループ分け (一部)

最後に、石の位置と形状の他に、露出面積を算出することで、石垣復旧に役立つ要素とすることができると考え、グループ化した各石の点群を用いて、面積の算出を試みた。面積の算出にあたり、抽出した各石の外周点を図-7に示す。各石の面積の算出結果例を表-2に示す。なお、表中のx、y、h座標は、石垣の左右への広がり(正面中央を原点)として、立面を平面化(石垣をねかせた)座標で表現している。

表-1 各石の座標範囲と中心座標 (一部)

No.	凸点数	x座標範囲		y座標範囲		h座標範囲		中心座標x, y, h		
		最小	最大	最小	最大	最小	最大	x	y	h
0	3028	12570.29	12570.81	13223.86	13224.85	15.80	16.00	12570.55	13224.36	15.90
1	5827	12570.42	12570.90	13223.37	13224.76	15.90	16.52	12570.66	13223.76	16.21
2	55	12570.91	12570.93	13223.77	13223.87	16.57	16.81	12570.92	13223.82	16.69
3	8303	12570.52	12570.94	13223.06	13223.80	16.54	17.93	12570.73	13223.49	16.94
4	56	12570.94	12570.95	13223.67	13223.72	16.94	17.09	12570.95	13223.69	17.02
5	2898	12570.80	12571.01	13223.17	13223.63	17.30	17.84	12570.91	13223.40	17.57



図-6 石の識別番号表示例 (一部)

4. まとめ

今回の検討で、当社のMMSは石垣を形成する各石を判別するツールとして利用できていることが分かった。

5. おわりに

高密度レーザスキャナを搭載した当社のMMSは、面的に詳細な路面形状が把握できることから、路面性状調査のほか、路面の沈下やポットホール、ブリスタリングといった局所的な変状の検出、トンネル等構造物の変状把握が可能である。今後は今回の解析手順を用いて実現場におけるシミュレーションを行うとともに、前述したように、この技術を活用して、石張舗装、法面保護部材、縁石やガードレール等の損傷・異常箇所の自動抽出に適用できないかを模索していく。

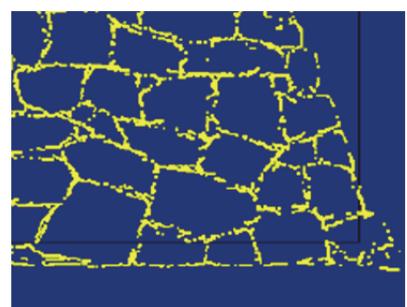


図-7 各石の外周点の抽出 (一部)

参考文献

- 1) 国土交通省：i-Construction～建設現場の生産性向上の取り組みについて～、<http://www.mlit.go.jp/common/001113551.pdf>
- 2) 森石ほか：三次元点群データを用いた路面の面的評価および構造的健全性との関連性の検討、土木学会論文集 E1、Vol.71、No.3、2015
- 3) 岡松ほか：旧江戸城石垣の崩壊および復旧工事に関する研究、土木史研究、第18号、1998年5月

表-2 各石の面積算出結果 (一部)

No.	凸点数	x座標範囲		y座標範囲		h座標範囲		中心座標x, y, h			面積
		最小	最大	最小	最大	最小	最大	x	y	h	
0	3028	-0.020	0.184	13.864	14.888	-0.435	0.000	0.082	14.376	-0.218	0.487
1	5827	0.078	0.701	13.533	14.371	-0.695	-0.325	0.389	13.952	-0.511	0.482
2	55	0.748	0.985	14.083	14.151	-0.787	-0.711	0.857	14.122	-0.749	0.015
3	8303	0.721	1.513	13.312	14.083	-0.903	-0.687	1.117	13.698	-0.795	0.613
4	56	1.118	1.275	14.008	14.048	-0.856	-0.816	1.196	14.028	-0.836	0.015
5	2898	1.476	2.020	13.514	13.975	-1.023	-0.881	1.748	13.745	-0.952	0.246

DSR 試験によるポリマー改質アスファルトの分散過程の評価

大林道路(株)技術研究所 ○梅本 叡史

同上 木谷 貴宏

同上 東本 崇

1. はじめに

ポリマー改質アスファルト（以降、PMA）は耐流動性等に優れ、幅広く普及している。PMA の改質材として、スチレン-ブタジエン-スチレンブロック共重合体（以降、SBS）が一般的に用いられている。PMA の性能はアスファルト中の SBS の分散状態に大きく影響を受けることが報告されているが¹⁾、粘弾性的観点からの SBS の分散状態に関する報告例は少ない。

本報では、SBS がアスファルト中に分散していく過程を、DSR 試験による粘弾性測定によって評価した結果を報告する。

2. 試験条件

表 1 サンプルとサンプリング時間

2.1 サンプル作製条件

本試験における各サンプルとサンプリング時間を表 1 に示す。ストレートアスファルト（以降、ストアス）に市販の SBS を 8% 添加し、高せん断ミキサーで 40 分間攪拌し溶解させた PMA を基準のものとした。高せん断での攪拌終了時には SBS の溶け残りは目視によって観察できなかつた。次に、この基準の PMA を 185°C で加熱しながら低せん断プロペラミキサーで攪拌養生を行い、各時間においてそれぞれサンプリングを行い、それを用いて各種試験を行った。

アスファルト	ストアス 60/80
SBS	スチレン成分：30%
サンプリング時間(h)	0, 3, 6, 9, 24

2.2 分散評価試験条件

表 2 DSR 試験条件

DSR 試験条件を表 2 に示す。本試験では SBS の分子運動から分散性を評価するため、損失剛性率 G'' と損失正接 $\tan\delta$ に注目して試験を行った。これらに着目した分析は高分子ブレンドの相溶性の分析によく用いられる手法の 1 つである。一般的に混ざり合った 2 成分系サンプルは良く相溶している場合、それぞれの固有の分子運動の粘弾性ピークはお互いの分子運動に影響を受けることが知られている。これは各成分の分子鎖が相互作用しているからであり、これらは DSR 測定における G'' と $\tan\delta$ を解析することによって評価することが可能である。

試験装置	T.A instruments 社製 ARES
プレート	平行プレート(25mm)
測定温度	10~130°C
昇温速度	1°C/min
周波数	1 rad/s
歪み	1, 5, 10, 30 %

また、SBS のモルフォロジーの評価として、蛍光顕微鏡観察を実施した。蛍光に反応するため SBS 相は発光し、蛍光に反応しないアスファルト相は発光しないため暗い色で観察される。

3. 結果と考察

DSR 試験で得られた G'' と $\tan\delta$ の結果をそれぞれ図 1 と図 2 に示す。 G'' の結果は SBS のスチレン相の分子

運動のピークを観察したものであり、 $\tan\delta$ の結果はアスファルトと SBS のピークを示したものである。

G''の結果より、100°C 近傍に SBS のスチレン成分のガラス転移温度（以降、T_g）由来のショルダーピークの存在が確認できた。このピークは養生時間の増加とともに消失する結果を示しており、このことから SBS はアスファルト中に分散して、相溶性が増加したためピークが減少したと考えられる。

また、 $\tan\delta$ の結果からもアスファルト中の SBS の分散性の向上が確認できる。30°C に見られるピークはアスファルテンのピークであり、マルテン中に馴染んでいたため見られなかったアスファルテンの T_g である。SBS の分散が進行し、マルテンを取り込み膨潤したために明確にアスファルテンの分子運動が観測されたものだと考えられる。

次に、蛍光顕微鏡観察の結果を図 3 に示す。養生時間が 0~3h においては暗いアスファルト部分と白く光る SBS のネットワーク構造が明確に判別できる。これは SBS の分散の程度が低いため、SBS 同士で凝集していることを示している。一方、養生が 6~9h になると SBS のネットワーク構造は確認できなくなっていく、24h になるとほとんどアスファルト中の SBS を判別できない。これはアスファルト中に細かく分散したためだと考えられ、DSR 試験の結果と関連した結果であると考えられる。

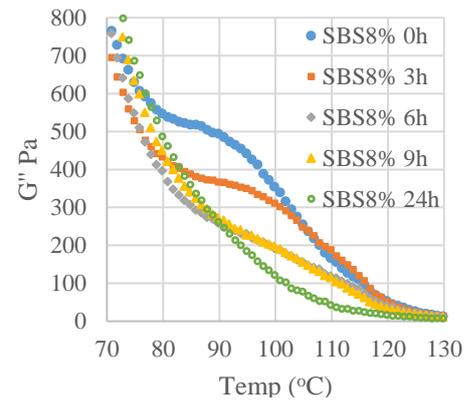


図 1 DSR 試験結果(G'')

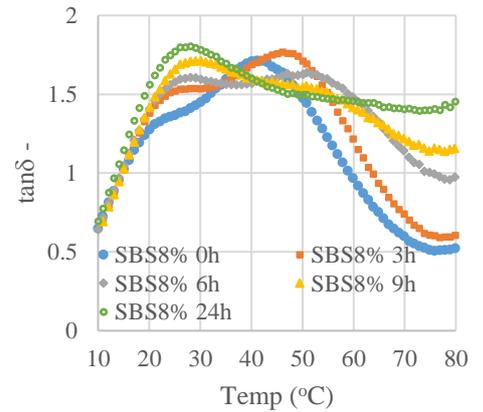


図 2 DSR 試験結果(tanδ)

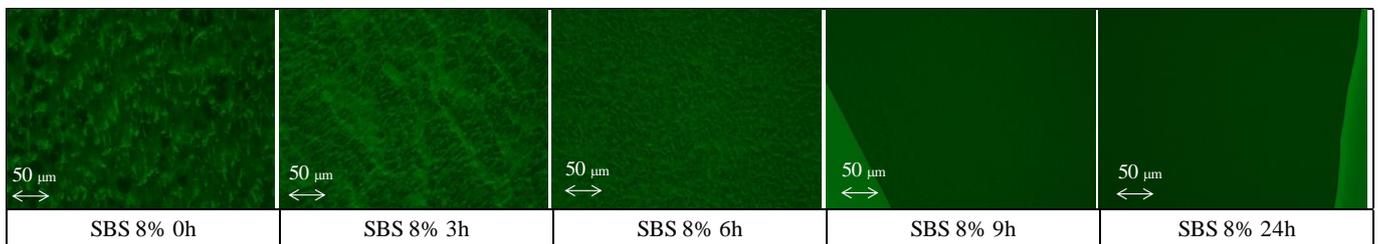


図 3 SBS のモルフォロジーの変化

4. 終わりに

本報告において、DSR 試験を用いて PMA 中の SBS の分散過程の評価を行った。アスファルト中の SBS は養生時間が短いと SBS 特有の挙動が観察されたが、養生時間が長くなると SBS の挙動が消失し分散していることが確認できた。また、アスファルト中のアスファルテンの挙動からも SBS の分散の進行が確認された。

一方、蛍光顕微鏡による SBS の分散状態の可視化においても養生時間による分散状態の変化は確認でき、養生時間が長くなると SBS のモルフォロジーは判別出来なくなり、DSR 試験による SBS の分散状態の評価の妥当性を確認することができたと考えられる。

5. 参考文献

- 1) 羽生ほか：SBS 改質アスファルトの分散形態がバイндаおよび混合物の性能に与える影響、土木学会舗装工学論文集，第 9 巻，2004.12.

MMS を用いたコンクリート舗装の段差評価に関する検討

(国研) 土木研究所 舗装チーム ○若林 由弥, 内田 雅隆, 渡邊 一弘, 藪 雅行
大林道路 (株) 技術部 森石 一志

1. はじめに

コンクリート舗装の目地部は雨水の浸入のリスクが高く、コンクリート版下の路盤の支持力低下やダウエルバーなどの目地金物の腐食・破断に伴う荷重伝達機能の低下などにつながるおそれがあるため、構造上の弱点になると認識されている。目地部において荷重伝達機能が低下すると、ポンピング作用により版下に空洞が発生し、最終的に段差が生じる。そのため、段差が生じている箇所について早期に把握し、措置を講ずることがコンクリート版の高耐久性を維持するために重要と考えられる。現在、目地部の段差の測定方法については、2本のスケールを用いて測定する手法が一般的であるが、交通規制が必須であるうえ、スケールを当てる位置などにより測定値にバラつきが生じる。また、段差についての交通規制を必要としない簡易な評価手法としては、加速度を用いた手法が知られているが、加速度は段差以外にも路面上の様々な要素の影響を受ける。

本研究では、交通規制を要さずに効率的かつ、より精緻に段差を定量的に評価できる可能性のある技術の1つとして、MMS (Mobile Mapping System) に着目し、土木研究所舗装走行実験場内のコンクリート舗装目地部を対象に、プロファイラとMMSから算出した段差の比較を行い、測定精度の確認を行った。

2. 実験手順

2-1. 測定箇所

図-1に本研究の測定対象箇所の概要を示す。場所は土木研究所舗装走行実験場の試験走路のうち、コンクリート舗装の10m区間である。片方の端部はダウエルバーを用いない突合せ目地構造で他のコンクリート版と接続しており、もう片方の端部はアスファルト舗装と接続している。また、コンクリート版の中央は目地板およびダウエルバーを使用した膨張目地構造となっている。以上3つの箇所について、それぞれ図-1に示す7側線(延長1m)の縦断プロファイルを取得し、比較した。

2-2. 測定の実施

上記に示した側線について、路面プロファイラおよびMMSを用いて測定を行い、路面のプロファイルを取得した。このMMSは車両に搭載された高密度レーザスキャナにより取得した膨大な3次元点群データの中から、同時に撮影している路面の写真などを使用し側線を特定し、レーザ特有の点群のバラツキを抑えるため、測線を中心に左右5cmの範囲内にある点群の平均をその測線の点とし、側線のプロファイルとした。続いて、図-2に使用した路面プロファイラの外観を示す。このプロファイラは、梁

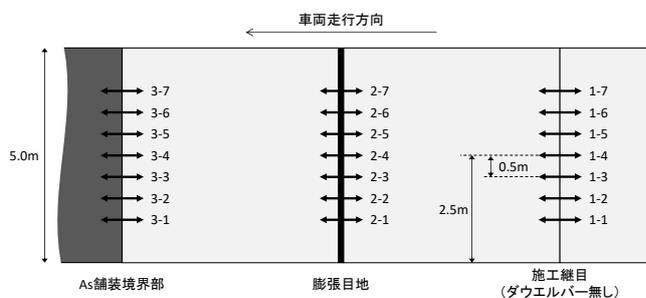


図-1. 測定箇所概要



図-2. 路面プロファイラ

に沿って移動する架台に設置されたレーザー変位計を用いて、測線上の各地点の高さを測定する形式のものである。

2-3. 段差の算出

図-3 に MMS およびプロファイラから取得した縦断プロファイルから段差を算出する方法を示す。側線中央から前後 300mm の範囲を対象に、得られた路面プロファイルで直線回帰を行い、

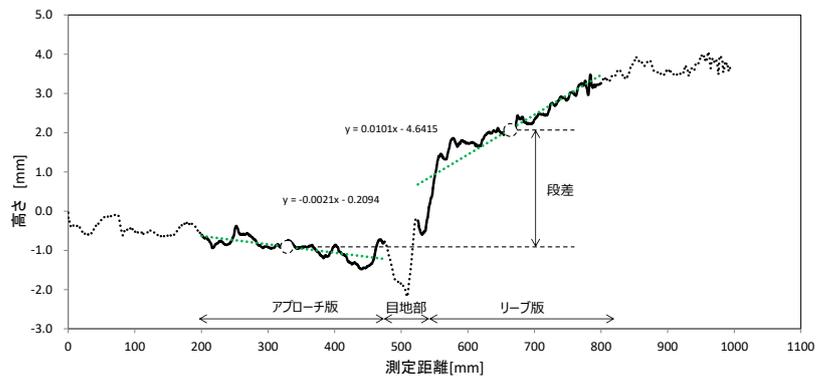


図-3. 路面プロファイルによる段差の算出方法

それぞれの回帰区間中央部の高さの差を段差と定義した。なお、測定区間中央には目地が存在し、直線回帰を行う際に影響を受けてしまうため、施工継目とアスファルト舗装の境界部については 50mm、膨張目地については 100mm の区間を除外して回帰を行った。

また、今回は前後 300mm の区間で回帰を行ったが、この範囲を変えれば段差の大きさは変化する。一般的に用いられるスケールを用いた測定方法についても、同様にスケールの長さや測定位置によって値が変化するため、定量的な評価を行う上で統一を図る必要があると考えられる。

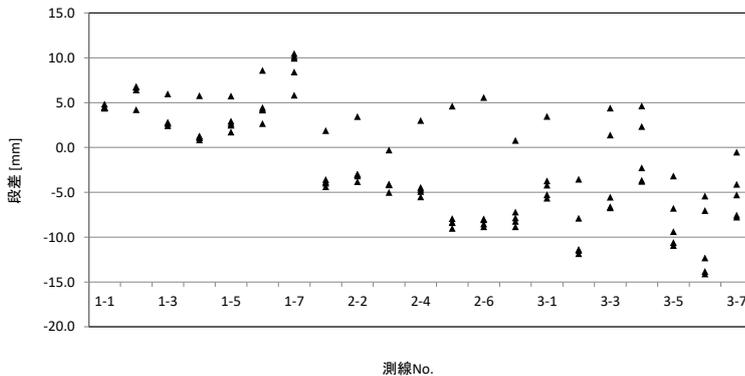


図-4. MMS による段差算出結果

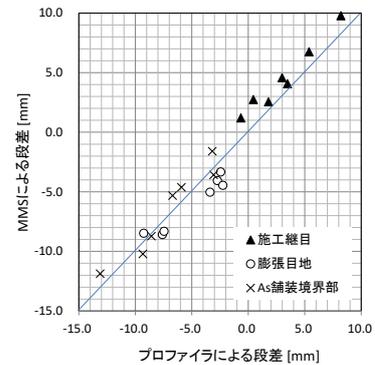


図-5. プロファイラと MMS の比較

3. 測定結果

図-4 に MMS による段差算出結果を示す。MMS による測定は 5 回行った。値のバラつきは最大で 10mm 程度存在するが、他の値に比べ誤差の大きい値のほとんどは、同じ 1 回の測定で得られた結果であった。これは、取得した側線の点群データの位置のずれや、特質な凹凸（飛散した骨材やキメ部など）が起因したものと推察される。続いて、プロファイラと MMS でそれぞれ算出した段差を比較した。図-5 に結果を示す。MMS の段差については上述の通り測定によるバラつきがあるため、最大値と最小値を除いた 3 つの測定データの平均値を採用した。プロファイラから算出した値に対して 2~3mm 以内の誤差の範囲内に留まっており、この範囲内の評価であれば MMS でも十分段差を評価可能であると考えられる。

4. おわりに

本研究では、コンクリート舗装の段差を効率的に取得する手法の 1 つとして、MMS に着目し、路面プロファイラとの比較を行った。その結果、複数回測定を行うことで路面プロファイラによって算出した段差に対して 2~3mm 以内の誤差で測定が可能であることが分かった。一方、段差量と目地部の構造的な損傷についての関係について必ずしも明確になっていないため、得られた段差に関するデータと目地部の構造的な損傷の関係性について、さらに検討を進めていく予定である。

早期交通開放型コンクリート舗装の新設高速道路への適用事例

大林道路株式会社 ○藤井 秀夫 青山 博
株式会社佐藤渡辺 新井 秀和
中日本高速道路株式会社 名古屋支社 四日市工事事務所 池田 健二

1. はじめに

新設高速道路のコンポジット舗装に適用されるコンクリート舗装は、連続鉄筋コンクリート舗装であり、鉄筋組立工程や養生期間を要することから、アスファルト舗装に比較し完成するまでの工程が長くなる。

当工事では、平成 27 年 9 月の台風による災害が発生したことにより、前段工事からの引渡しが遅れたため、工程の回復、短縮を行う必要性が生じた。そこで、早期交通開放型コンクリート舗装（以下 1DAY PAVE）に着目することとなった。

2. 工事概要

当工事は、新名神高速道路の四日市市に位置する箇所、四日市 JCT～新四日市 JCT 間の工事であった。発注者は中日本高速道路株式会社名古屋支社（以下、NEXCO 中日本）、施工者は大林道路・佐藤渡辺特定建設工事共同企業体（以下、当 JV）であった。その内、1DAY PAVE の施工は、連続鉄筋コンクリート（スリップフォーム工法）舗装と橋梁背面の踏掛版を接続する後続施工箇所であった。

3. 配合設計

1DAY PAVE の配合が NEXCO 中日本配合ではなく、NEXCO 中日本配合からの修正手順を考える必要があり、発注者、当 JV および生コン製造会社により協議を綿密に行い配合設計を行った。配合条件を表-1、配合設計フローを図-1 に示す。ステップ 1 では、既存の H2-1（*1）の配合を早強セメント使用の配合に変更し、標準養生日で条件 1 を満足するか確認をする。その結果、満足しなかった場合、ステップ 2 で、AE 減水剤標準形 I 種と高性能 AE 減水剤の効果の違いも合わせて、1DAY PAVE の実績配合の検証をする。ステップ 3 では、W/C を 3 点とり、現場管理上必要となる強度関係式を作成する。以上が、配合設計のフローとなった。この結果、1DAY PAVE の実績配合を示方配合として採用することとなった。示方配合を表-2 に示す。

（*1）NEXCO 中日本の人力による舗装コンクリート配合

4. 試験舗装他

国内高速道路本線上で施工実績のない 1DAY PAVE を適用するため、試験舗装前にポンプ圧送性（ピストン式ポンプ車使用）を確認し、試験舗装では、模擬連続鉄筋コンクリート舗装版を実際の現場のスケールに合わせて施工し、生コン製造業者と当 JV の施工体制を構築した。試験舗装時の目視確認では、打設初期の乾燥収縮等によるひび割れは見られず、打設直後から打設 7 日後まで、有害となるひび割れは発見されなかった。（ひび割れは無かった。）

表-1 配合条件

条件1	1日 で交通開放を目的とするため、標準養生1日 で3.5N/mm ² 以上を確保する。そのために、変動係数から割増しを行って目標強度3.85N/mm ² となるよう配合設計を行う。	
条件2	粉体量（セメント量）が多くなるため、ワーカビリティを確保する。	
ステップ1	既存のH2-1(※1)の配合を普通セメントから早強セメントに変更し、標準養生1日 で条件1を満足するか確認する。(参考)3日強度も確認する)	レミコンの特性値 スランプ: 6.5cm 空気量: 4.5%
YES 変更した配合をB配合として次工程に移行		
NO		
ステップ2	1DAYPAVEの実績からW/C=35.0%として条件2を確認するが、AE減水剤標準形を高性能AE減水剤に変更することも検討材料とする。(スランプの目標値は、1DAYPAVEの実績により12cm)	レミコンの特性値 スランプ: 6.5cm OR12.0cm 空気量: 4.5%
ステップ3	作成した配合をB配合としてW/Cとσ7の関係式およびσ1とσ7の関係式を算出するため、A配合(B配合W/C+5%)・B配合・C配合(B配合-5%)の試し練りを実施する。 *示方配合決定の保障材齢は、7日 でσ _{bk} =4.5N/mm ² 以上、材齢1日 で3.5N/mm ² 以上とする。	レミコンの特性値 スランプ: 6.5cm OR12.0cm 空気量: 4.5%

図-1 配合設計フロー

表-2 示方配合

配合	粗骨材の最大寸法 (mm)	水セメント比 W/C (%)	細骨材率 s/a (%)	単位量 (kg/m ³)							
				水		粗骨材 S		粗骨材 G		高性能 AE 減水剤	混和剤
				W	C	S ₁	S ₂	G ₁	G ₂	(g/m ³)	(g/m ³)
	20	35.0	40.0	155	443	339	338	1067	3101	310	

また、試験舗装時にひび割れ指数 (Icr) を算出したが、採用した後期養生方法 (水膨潤ウレタンを用いた湿潤養生マットによる養生) により表面温度が外気温の影響を受けにくいと判断されたため、この指標 (ひび割れ指数) ではひび割れ危険度は判断できないと考えられた。そこで、表面付近の引張応力及び現場養生供試体による引張り強度 (曲げ強度から推定) から内部拘束によるひび割れを検討することとした。その結果、内部温度上昇による表面の引張応力に比較し、推定引張り強度が打設後 1、2 時間は低い、以降から優位となると判断された。この結果から、配合が 1DAY PAVE ということもあり強度発現が早期であり、外気温の影響を受けにくい養生方法をとることにより内部拘束によるひび割れはほとんど起きないと考えられた。1DAY PAVE 温度測定を図-2 に、ひび割れ危険度の検討を表-3 に示す。

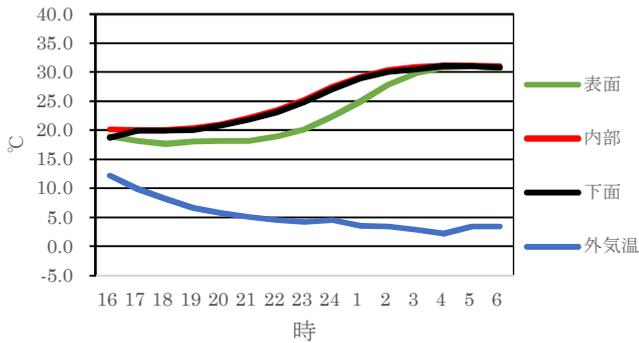


図-2 1DAY PAVE 温度測定

表-3 ひび割れ危険度の検討

経過時間	Icr	推定引張応力 (N/mm ²) Oo: 温度差による	推定引張強度 (N/mm ²) goralによる	内部拘束によるひび割れ危険度
0	1.2	0.20	0.00	-
1	0.9	0.27	0.14	有
2	0.8	0.35	0.28	有
3	0.7	0.35	0.40	無
4	0.6	0.42	0.53	無
5	0.5	0.59	0.65	無
6	0.5	0.69	0.76	無
7	0.4	0.75	0.87	無

*1) ひび割れ指数 Icr は、次式により算定する。 ΔT_o : 断面平均最高温度と外気温平準時温度との差 (°C)

$$\frac{10}{(R/\Delta T_o + \Delta T_i/2)} = Icr$$
 ΔT_i : 版表面と下面の温度差 (°C)
 R: 路盤からの軸方向拘束度, 1としてよい
 Icr: ひび割れ指数

*2) 推定引張応力の計算は、コンクリートの線膨張係数を $10 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ・ヤング係数を $15,000\text{N}/\text{mm}^2$ と仮定して推定した。

*3) 推定引張強度は、現場養生供試体の曲げ強度試験結果から Goral 式により推定した。

交通開放強度に関しては、試験舗装時に現場養生供試体とその養生温度により積算温度を算出し、現場の養生温度を計測することにより管理することとした。(実施施工時はコンクリート上面温度を計測したが、表面温度と内部温度との平均値よりも低くなり、積算温度から算出される養生時間が長くなるため、安全側の管理となる。) 交通開放時期の目安を図-3 に示す。図-3 は、現場養生供試体の強度と養生温度の関係から積算温度を算出し、養生温度が 5°C 以上 10°C 未満、10°C 以上 15°C 未満および、15°C 以上の場合の養生日数を表したものである。

5. 本施工

試験舗装時の実施施工条件の決定、生コン製造業者と当 JV の連絡体制の構築および不測の事態に備えた作業員の増員対策等の準備周到に、良好な打設および養生を実施することができ、仕上がり、コンクリート強度および工程短縮 (スリップフォーム工法用のコンクリートの養生日数と比較し 4 日短縮) の目標を達成した。

表-4 曲げ強度試験結果

曲げ強度 (N/mm ²)		備考
σ_1	σ_7	
5.57	7.89	σ_1 : 現場養生 σ_7 : 標準養生

6. まとめ

当該工事で実施した 1DAY PAVE は、施工時のフレッシュ性状、強度特性ともに問題なく、現在も供用されている。今後の工事においてもその有用性が期待できると考える。【謝辞】 本施工に際し、ご協力頂いた中日本高速道路株式会社名古屋支社四日市工事事務所の皆様および太平洋セメント株式会社技術部の皆様に感謝の意を表します。

【参考文献】東日本高速道路株式会社、中日本高速道路株式会社、西日本高速道路株式会社:コンクリート施工管理要領 平成 27 年 7 月

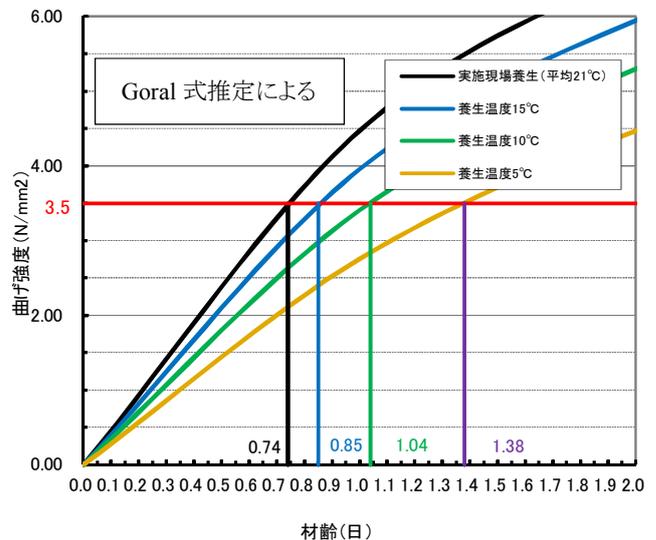


図-3 交通開放時期の目安

広域面積における保水性舗装の施工事例

大林道路株式会社 技術部 ○中齊 葉
 " 技術研究所 小嶋 匠
 " 松江営業所 小原 祐介

1. はじめに

保水性舗装とは、雷おこしのような空隙の多い舗装体内に保水材を混合したセメントミルクを充填した舗装で、降雨や散水によって貯留された水分が蒸発することで、水の気化熱により、一般的なアスファルト舗装より路面温度の上昇を抑制することができる舗装である。夏季の路面温度上昇を抑制し、路面からの赤外線量を減らすことで照り返しを緩和する機能を有する保水性舗装は、明色系のセメントミルクを充填するため完成直後の見た目にムラができる。特に、広い面に適用するとムラが目立ち全体空間の景観を損ねることが懸念される。

そこで本件では、一般に強度、これに伴う剥離耐力とトレードオフの関係にある保水性能バランスを検討し、施工の仕上げ方法にも留意して施工を行った。

2. 施工概要

名 称：安来市民会館（仮称）建設（建築）工事
 工 種：保水性舗装
 施工面積：8,050m²
 舗装構成：表層 ポーラスアスファルト混合物 t=4cm
 基層 再生密粒度アスファルト混合物 t=3cm
 充填剤 保水性セメントミルク

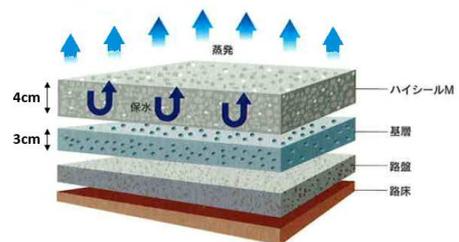


図-1 舗装断面イメージ

3. 施工方法

保水性舗装は遮水層を設ける必要があり、遮水層として厚さ 3cm の再生密粒度アスファルト混合物の基層部、4cm のポーラスアスファルト混合物（空隙率 20%）の表層部の 2 層の構成とした。施工箇所は安来市総合文化ホールの駐車場であり、構造物周辺の施工や舗装継目の段差が生じないように丁寧な作業が必要であった。舗設作業は通常のアスファルト舗装の施工手順と同様である。セメントミルクの充填作業は仕上がりの均一性を重視し、かつ車両が頻繁に走行する部分は表面のセメントミルクがすり減り、景観的にも、効果の持続性にも悪影響となることを考慮し、以下の点に注意しながら施工を行った。

- ① セメントミルク充填性の確保 --- 昼間に水温（気温）が上がるとセメントミルクの硬化が早まるため硬化遅延剤を使用した
- ② セメントミルク打ち継目部 --- 硬化したセメントミルク部はジョウロ等で水を撒き、湿潤状態にして打ち継作業を行った
- ③ 仕上げ方法 --- ゴムレーキで表面の余剰なセメントミルクを完全に除去した

また、新設の文化ホールの駐車場として景観にも配慮した仕上がりを目指した。

4. 保水性舗装としての性能評価

1) 強度

保水性セメントミルクの強度と保水量にはトレードオフの関係があり、一般に半たわみ性舗装で使用されているセメントよりも保水セメントは強度が小さい。当初の予定では、ねじり走行による舗装表面の荒れ防止のため表面強化も検討したが、経済性向上と効果の持続性を確保するため、通常使用している保水セメントよりも強度の高い保水セメントで施工を行うこととした。それに伴い性能試験として供試体の曲げ強度および圧縮強度の確認を行った。試験結果はそれぞれ 2.0N/mm^2 以上となり目標の強度を満足できた。

2) 保水量

保水性舗装の主目的は、降雨や散水により舗装体内に水分を貯めておくことにある。このため、保水量の要求性能を満足しているかを確認する保水性能試験を行い、 3.0kg/m^2 （舗装厚 5cm 換算）以上の保水量があることが確認できた。



写真-1 施工完了状況



写真-2 施工完了表面

5. まとめ

駐車場に適用する保水性舗装の強度を検討したことで、必要な性能を満足しつつ経済的かつ耐久性の高い保水性舗装の施工ができた。

今回は駐車場という広域面積における保水性舗装の施工であり、景観性も考慮する必要があった。安来市の昼間の気温に合わせて適量の硬化遅延剤をセメントミルクに投入し、かつゴムレーキで舗装表面のセメントミルクを完全に除去することで、仕上がりおよび色ムラが出ないように注意しながら施工を行い、発注者も満足のいくものに仕上げることができた。

施工完了して間もないため現地での保水量や効果の確認は現段階ではできていないが、効果の持続性を確認する予定である。



写真-3 施工完了全景

グースアスファルト混合物の製造における省力化

大林道路（株）技術研究所

○中山 大輔

同 技術研究所

丸尾 繁

同 鹿児島アスファルト混合所

山下 武

1. はじめに

グースアスファルト混合物（以下、グースアスコン）は、防水性、たわみ追従性および流動性を有することから、主に鋼床版の橋面舗装に用いられてきた。本混合物に用いるアスファルトは、一般的にストレートアスファルト 20/40（以下、StAs20/40）とトリニダットレイクアスファルト（以下、TLA）であり、混合物はアスファルトプラントで混練後、クッカに積載し、攪拌しながら所定の温度まで加熱される。この度、これらの製造過程を見直すと、非効率的な作業が多く、生産性向上が可能と思われる項目が確認できた。

本報文はグースアスコンの製造における課題と、その省力化に取り組んだ結果について報告するものである。

2. グースアスコン製造時の課題

（1）準備

TLA の納品時の荷姿は、写真-1 のとおり約 200kg 毎に紙ドラムに封入されており、使用前に小割りが必要となる。小割りは、一般的に重機を使用し大まかな破碎を行い、最終的には写真-2 のとおり 50mm 程度の寸法になるまで人力にてハンマで破碎する。特に気温が高い場合、TLA は重機やハンマに付着するため手間を要する。



写真-1 TLA (納品時)

また、StAs20/40 の手配は、アスファルトタンクが空いているケースが少なく、通常使用しているアスファルトを空にして準備するか、タンクローリ車を常駐させてアスファルトプラントに直結させる必要があり、損料を要する。なお、StAs20/40 を製造している製油所は限られており、地域によっては輸送距離が長くなり、コスト高になる場合がある。そのため、StAs20/40 を用意することが現実的ではない地域では、TLA 以外の添加剤が必要となることがあり、その手配も必要となる。

（2）製造

施工時の流動性を確保するためには、混合物温度を約 240℃まで加熱する必要がある。しかし、一般的に使用するフィラが常温であることから、アスファルトプラントにおける練り落とし温度は約 190℃となり、クッカの加熱能力は 20℃/h 程度であることから、クッカによる混合は約 2.5 時間もの時間が必要となる。



写真-2 TLA (小割後)

（3）環境

TLA を用いたグースアスコンは、特有の臭気があり、アスファルトプラント周辺や施工現場周辺の住民に配慮する必要がある。そのため、現場近傍のアスファルトプラントで出荷できない場合があり、輸送距離の増加に伴う運搬コストが増加することになる。

3. 省力化の方策

(1) 使用材料

課題を解決する方策として、TLA および StAs20/40 を使用せず、特殊添加剤とポリマー改質アスファルトを用いた改質グースアスファルト混合物（以下、改質グースアスコン）を採用した結果、省力化を図れることが確認された。改質グースアスコンの材料構成りを図-1 に、特殊添加剤を写真-3 に示す。

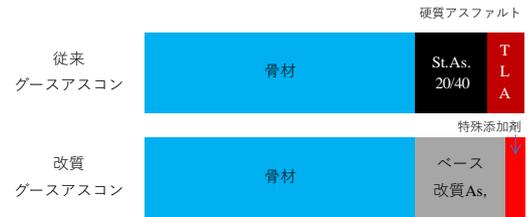


図-1 材料構成

(2) 物性

改質グースアスコンの物性を表-1 に示す。このように改質グースアスコンは、従来のグースアスコンと同等以上の品質を確保しながら、リュエル流動性は 220℃で約 15 秒となる施工性を確保できている。



写真-3 特殊添加剤

4. 改質グースアスコン混合物の製造

(1) 準備段階の改善

特殊添加剤は、写真-3 のとおりの粒状であることから取扱いが容易で、準備にかかる工数および時間は表-2 のとおりで、機械の使用、工数削減および準備時間の短縮など省力化されていることが確認された。また、汎用的なポリマー改質アスファルトの使用により、新たなアスファルトタンクの確保が不要になった。

表-1 改質グースアスコンの物性

項目	従来	改質	目標値
リュエル流動性 (sec)	13.3 (240℃)	15.0 (220℃)	3~20
貫入量 (mm)	2.20	2.17	1~6
動的安定度 (回/mm)	343	670	300以上
曲げ破断ひずみ (×10 ⁻³)	8.86	10.70	8.0以上

(2) 製造段階の改善

改質グースアスコン製造における温度と時間の関係を図-2 に示す。改質グースアスコンは、流動性を確保できる温度が約 220℃であることから、クッカでの加熱・攪拌時間を約 1 時間短縮することができた。また、プラントで混合する骨材の加熱温度も約 20℃低減できることから、燃料の使用量も低減できた。

表-2 準備にかかる工数および時間

出荷量18t当りの小割り、計量

材料	使用機械	工数	準備時間(日)
TLA	破砕機	オペレータ 1	1.0
	なし	労務 3	1.0
特殊添加剤	なし	労務 1	0.5

(3) 環境への改善

改質グースアスコンは、特有の臭気が少ない。そのため、プラント周辺や施工現場周辺に影響が少なく、苦情を寄せられることはなかった。さらに、混合温度低減により CO₂ 削減効果も期待できる。

5. おわりに

改質グースアスコンは従来グースアスコンと同等以上の品質を確保しつつ、準備・製造・環境において省力化を図れることが確認できた。今後は、周辺環境への聞き取り調査および耐久性の評価を行い、コスト面を含めて省力化を図っていきたいと考える。

[参考文献]

- 1) 上地俊孝、鈴木 徹、稲葉行則、菅野善次郎：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(2015)

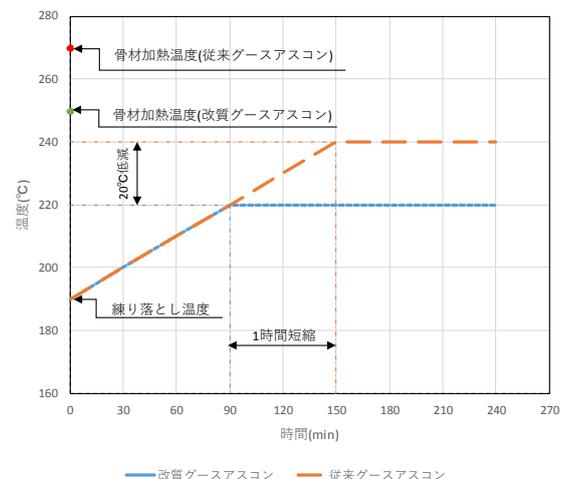


図-2 改質グースアスコンの製造における温度と時間の関係

熱環境舗装の冬季における路面温度評価

大林道路(株)技術研究所 ○小嶋 匠
同 掛札 さくら

1. はじめに

保水性舗装や遮熱性舗装などの熱環境舗装は、夏季に路面温度上昇を抑制する効果がある舗装である。これらの舗装は、路面温度が高いときの効果のみが重要視されており、既往の関連する文献を見ても、夏季のみ評価をしていることが多い。しかし、これらの舗装について、冬季には路面温度が通常の舗装よりも低くなり、雪が残りやすいのではないかと、路面が凍結しやすく危険ではないかなど問い合わせがある。このような疑問に対し、遮熱性舗装、保水性舗装で個々に冬季の路面温度の調査や評価について行っている文献¹⁾²⁾は数件あるものの、同じ環境条件のもと長期に連続したデータ収集を行っていることは少ない。そこで、本文では冬季（12月～2月）のみの熱環境舗装について路面温度の評価を行った。

2. 測定場所の概要

熱環境舗装を測定した場所は、当社営業所構内にあり、熱環境舗装、景観舗装などの各種の機能性舗装を紹介するための展示場として使用している。熱環境舗装については、常に路面温度が表示されるようになっており、その温度データは年間を通じて蓄積されている。路面温度は、非接触の温度計により1分間隔で記録している。対象とした舗装は、母体が透水性アスコンの遮熱性舗装（写真-1）、保水性舗装（写真-2）、比較舗装として透水性舗装（写真-3）とした。



写真-1 遮熱性舗装



写真-2 保水性舗装



写真-3 透水性舗装

3. 遮熱性舗装

遮熱性舗装と透水性舗装の12月1日から2月28日まで各日の最高温度および最低温度を図-1に示す。また、晴天時の1日の温度変化を図-2に、積雪時の1日の温度変化を図-3示す。

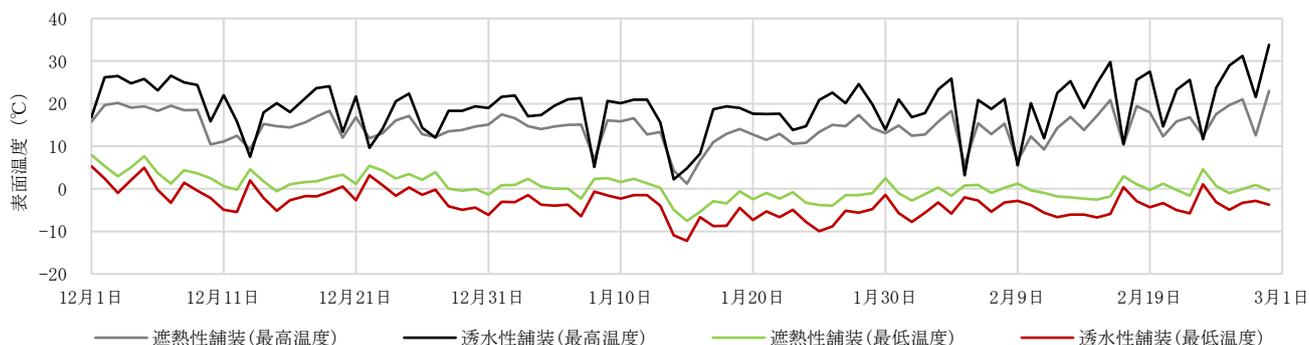


図-1 12月～2月の遮熱性舗装の温度

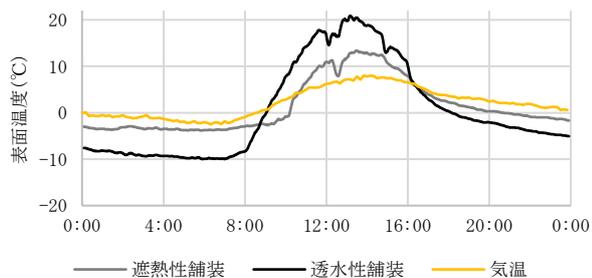


図-2 1日の遮熱性舗装の温度変化(1月25日)

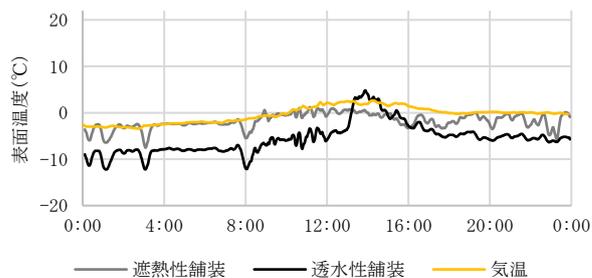


図-3 積雪時の遮熱性舗装の温度変化(1月15日)

その結果、遮熱性舗装は透水性舗装に比べ、各日の最高温度および最低温度の変化は小さい。また、1日の温度の変化も小さく、透水性舗装が0°Cを下回っても、遮熱性舗装の路面温度は0°C程度であった。

4. 保水性舗装

保水性舗装と透水性舗装の12月1日から2月28日までの各日の最高温度および最低温度を図-4に示す。また、晴天時の1日の温度変化を図-5に、積雪時の1日の温度変化を図-6に示す。

その結果、保水性舗装も遮熱性舗装と同様に透水性舗装に比べて温度の変化は小さい。



図-4 12月～2月の保水性舗装の温度

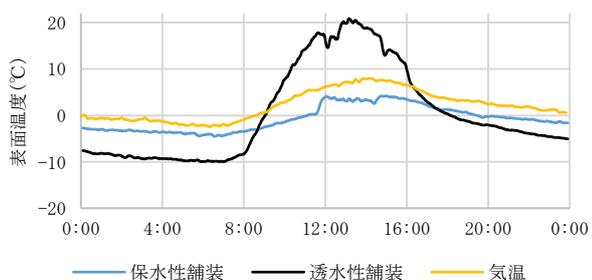


図-5 1日の保水性舗装の温度変化 (1月25日)

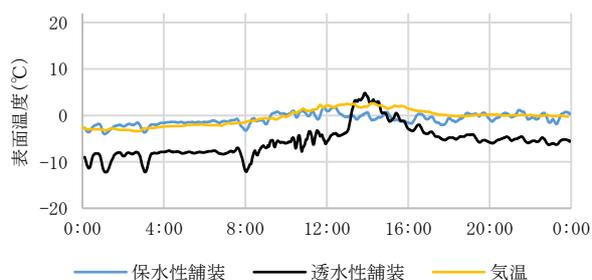


図-6 積雪時の保水性舗装の温度変化(1月15日)

5. おわりに

熱環境舗装が、透水性舗装と比べて路面が凍結しやすいとはいえないことを確認できた。

施工後1年程度であり、まだ温度データも十分ではない。今後も継続してデータを収集し、年間を通して温度変化を観測していくことで、夏季以外の熱環境舗装の効果をさらに検証していきたい。

<参考文献>

- 1) 福田他：冬季自然状態における保水性舗装の熱環境特性に関する実験的研究，土木学会論文集 No.634，pp.243～254，1999
- 2) 吉中他：遮熱性舗装の路面温度上昇抑制効果に関する一検討，土木学会第57回年次学術講演会，pp.787～788，2002

環境に配慮した歩道舗装の供用箇所における経年性能

大林道路（株）大阪支店 ○石川 義人
 大阪市立大学 名誉教授 山田 優
 国土交通省 近畿地方整備局 近畿技術事務所 平松 健

1. まえがき

歩道は、歩行者にとって重要な空間であるが、従来、アスファルト舗装で画一的に整備されてきているため、路面温度上昇によるヒートアイランド現象の助長、雨水の流出量の増加等、環境への負荷が増大している。このため、国土交通省近畿地方整備局が、産学官で設立した新都市社会技術融合創造研究会の新規研究プロジェクトのテーマの1つとして、環境歩道舗装に係わる技術基準の基礎資料の収集を目的として「環境に配慮した歩道舗装に関する研究（以下、『環境歩道舗装』と称す）」を平成25年度より3年間実施した。最終年度では長期供用に関するデータを採取する目的として、琵琶湖の南西に位置する国道161号の道の駅「妹子の郷」で試験施工を行った。本文は供用から1年後の各試験結果についてとりまとめたものである。

2. 概要

試験施工に用いた舗装の種類は表-1に示す7種類で、土系、樹脂・アスファルト系、コンクリート系の舗装に分類される。当該箇所の気象の特徴として、冬季は比良山系からの吹きおろしにより気温が氷点下となり、積雪も多い地域である。平成26年度の気象庁観測データ（試験施工箇所の約10km北側にある“南小松”）では12～3月までの121日のうち33日（27%）が氷点下を記録している。とりわけ土系舗装は、凍結融解による劣化損傷が懸念されるため、近畿圏では試験施工に望ましい箇所といえる。各種試験は、竣工時（H27.7.31）、半年後（H28.2.2）1年後（H28.9.16）に行い、表面温度測定は竣工時（H27.7.31）と1年後（H28.8.9）に実施した。それらの結果を図-1～図-10に示す。

3. 調査結果

①GB試験：樹脂・アスファルト系、コンクリート系は性能目標値の70%を若干超えるが、『木質加熱アスファルト舗装』、『樹脂で固めた土舗装』は反発係数が低くソフトな歩き心地を呈している。②平坦性：全般に性能目標値を満足しているがGB係数で良好な値を示した『樹脂で固めた土舗装』の値が増加している。③すべり抵抗値：全般に性能目標値を十分に上回っている。④表面温度：測定前日までの条件は異なるが、密粒のピーク時と比較すると、-3.7～-13.4℃の温度低減効果が認められた。このように供用1年後の各環境歩道舗装の性能目標値は、概ね満足していることが確認された。

表-1 環境歩道舗装の種類

番号	環境歩道舗装の名称
NO.1	自然石風常温透水薄層カラー舗装
NO.2	樹脂で固めた土舗装
NO.3	土系舗装
NO.4	木質加熱アスファルト舗装
NO.5	遮熱型常温透水薄層カラー舗装
NO.6	路面温度低減舗装
NO.7	透水性コンクリート舗装

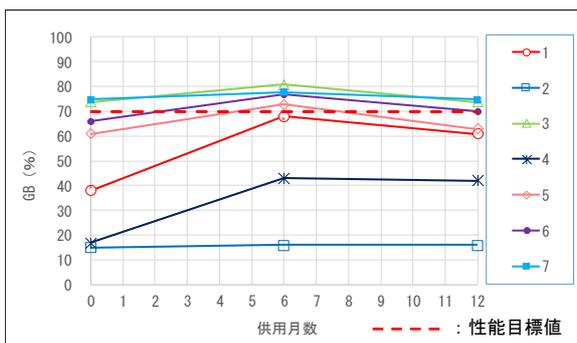


図-1 GB試験

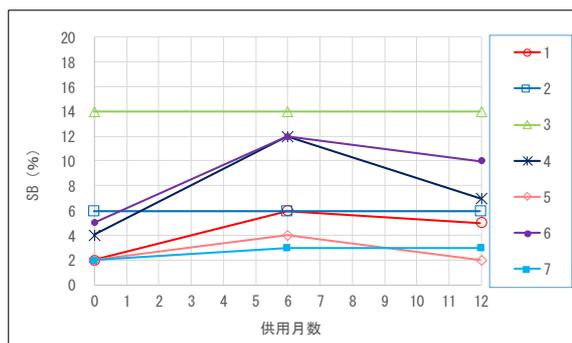


図-2 SB試験

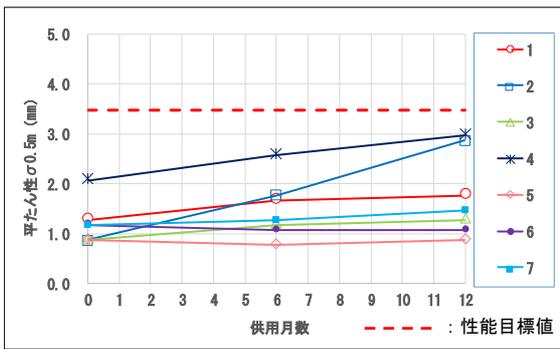


図-3 平たん性

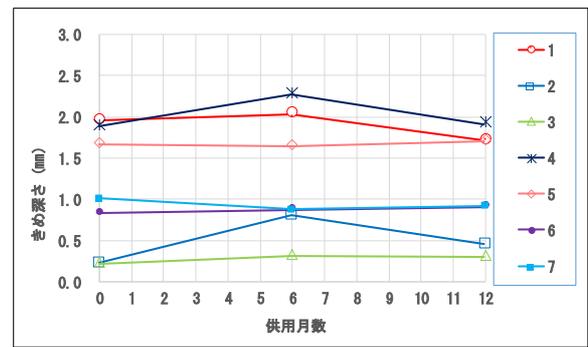


図-4 きめ深さ

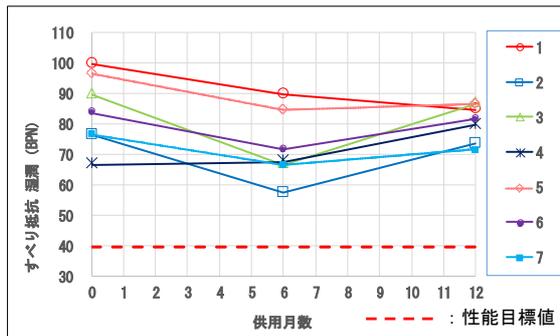


図-5 すべり抵抗 湿潤

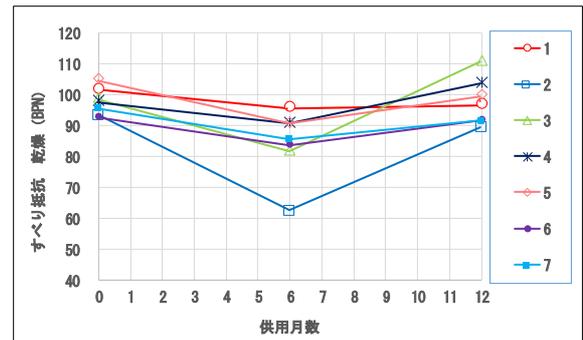


図-6 すべり抵抗 乾燥

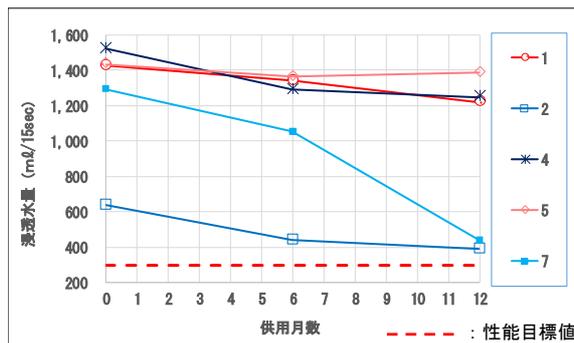


図-7 浸透水量 (NO. 2, 3, 6 は非開粒タイプ)

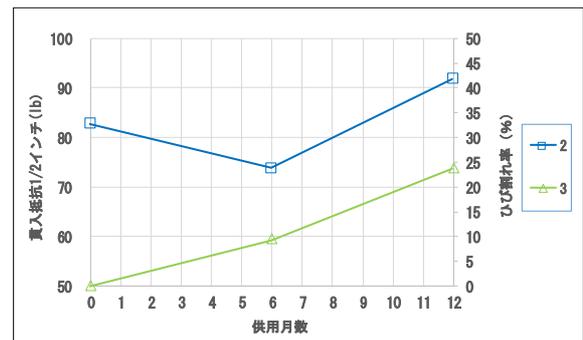


図-8 貫入抵抗 (NO. 2), ひび割れ率 (NO. 3)

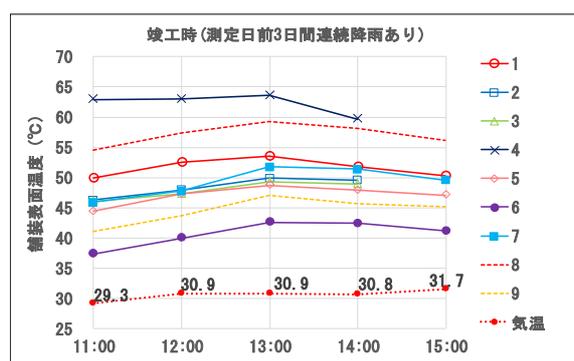


図-9 表面温度 (竣工時)

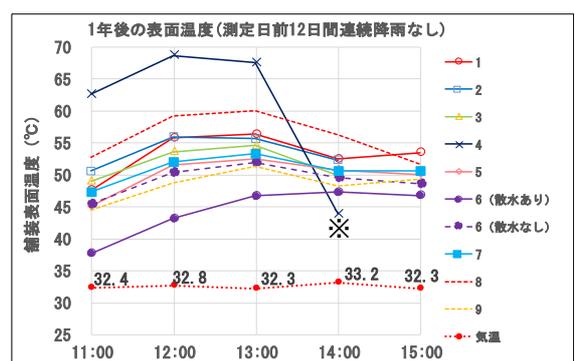


図-10 表面温度 (1年後)

※13時から14時前まで雲量が増加し、日射が遮られたために14時の温度が低下している。

4. あとがき

近畿技術事務所では、環境歩道舗装の長期供用性能を確認するために、平成32年度までの5年間にわたり本調査を実施していく予定である。＜謝辞＞道の駅における試験施工は、新都市社会技術融合研究会（環境に配慮した歩道舗装に関する研究プロジェクト）が実施したものであり、国土交通省近畿地方整備局近畿技術事務所、滋賀国道事務所ならびに株式会社桑原組の関係各位に感謝の意を表します。

全天候型常温混合物の開発

大林道路(株)技術研究所 ○ 佐野 俊哉
 同上 上地 俊孝
 大林道路(株)技術部 鈴木 徹

1. はじめに

ポットホールなどの舗装の損傷は、発見後、走行安全性の観点から即補修が必要である。この補修材として、取り扱いが便利で簡単な袋詰め常温混合物があり、昨今では雨天時や降雪時等、天候に左右されずに使用可能な全天候型（高耐久型）と呼ばれる製品が多くなってきている。常温混合物に求められる性能は、初期安定性（早期交通開放）、供用時の耐久性、全天候性、貯蔵性、施工性があげられる。これらの性能に関して、筆者らが開発を進めている全天候型常温混合物（以下、全天候型）の評価を行った。本論は開発した常温混合物の評価結果の一部を報告するものである。

2. 全天候型常温混合物の概要

写真-1に開発した全天候型の外観を示す。

特徴は以下の通りである。

- ・袋詰め保存が可能
- ・雨天時や降雪時、水たまりにも使用可能である。
- ・スコップや足で転圧するだけで締め固まる。
- ・施工後、ただちに交通開放できる。



写真-1 全天候型常温混合物

3. 評価方法

表-1に実施した試験項目を示す。混合物

の基本的な性状を把握するために、マーシャル安定度試験とカンタプロ試験、写真-2に示す作業性試験¹⁾を行い、従来品（一般的な揮発性溶剤でカットバックした常温混合物）と比較した。また、全天候型（高耐久型）の常温混合物の品質規格として最も一般的な東京都建設局の重交通対応・全天候型常温混合物の試験方法²⁾に準拠して品質を評価した。更に長期供用後の耐久性の評価として、供試体作製後に20℃で1週間養生した混合物についてマーシャル安定度試験、ホイールトラッキング試験、曲げ試験を行い、密粒度アスファルト混合物（13）（以下、加熱アスコン）と比較した。

表-1 実施した試験項目

種別	項目	試験項目	試験までの供試体養生条件	試験温度
混合物の基本性状	マーシャル安定度試験		20℃で0～7日養生	20℃
	常温カンタプロ試験(20℃)		20℃で30分養生	20℃
	作業性試験		供試体作製直後に試験	5℃
東京都土木材料仕様書の品質規格項目の確認	常温ホイールトラッキング試験		供試体作製直後に試験	20℃
	一軸圧縮試験		60℃で7日間養生	20℃
	簡易ポットホール走行試験(水浸)		供試体作製直後に試験	20℃
長期供用時の性状	マーシャル安定度試験		20℃で7日養生	60℃
	ホイールトラッキング試験		20℃で7日養生	60℃
	曲げ試験		20℃で7日養生	-10℃



写真-2 作業性試験状況

4. 試験結果

4.1 混合物の基本性状

図-1～3にマーシャル安定度試験結果、カンタプロ試験結果および作業性試験結果を示す。マーシャル安定度については従来品の初期強度が2kN程度なのに対して全天候型は6kN程度と約3倍の結果であった。さらに初期強度だけでなく、20℃で一週間養生した後の強度は従来品は4kN程度であり、全天候型は9kN程度

であった。カンタブロ損失率については従来品が80%程度とほとんど崩壊したが、全天候型は13%程度であり、骨材飛散抵抗性に優れていることを確認した。作業性については大きな差は見られず、施工性は低下していない。これらの結果から全天候型は、耐久性が向上し、施工の容易さは従来品と変わらないと評価できる。

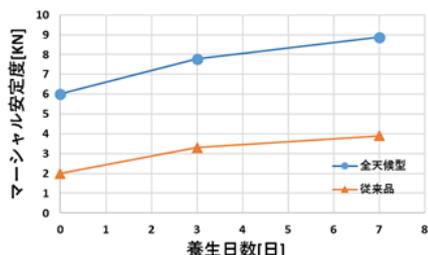


図-1 マーシャル安定度試験結果

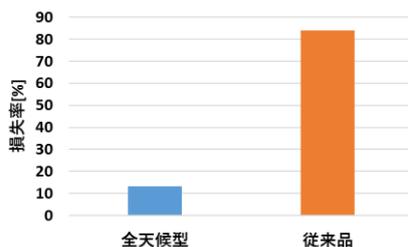


図-2 カンタブロ試験結果

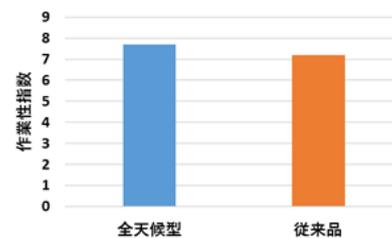


図-3 作業性試験結果

4.2 重交通対応・全天候型常温混合物の品質規格項目の試験結果

表-2 に重交通対応・全天候型常温混合物の品質規格項目の試験結果を示す。常温ホイールトラッキング試験の規格は20mm沈下時の走行回数50回以上であるが、走行回数2520回（走行時間60分）でも沈下量は3～5mmであり、高い初期安定性を有していることが確認された。一軸圧縮試験の規格は残留ひずみ率1.0%以上あるが、残留ひずみ率は2.0%であり、規格を十分に満足する結果であった。簡易ポットホール走行試験（水浸）の規格は3mm沈下時の走行回数30回以上であるが、走行回数2520回（走行時間60分）でも沈下量は1～2.5mmであり規格を十分に満足する結果であった。この結果から雨天時の実用に対して問題ないといえる。

表-2 重交通対応・全天候型常温混合物の品質規格項目の試験結果

種別	項目	試験項目	試験結果	規格値
東京都 土木材料仕様書	常温ホイールトラッキング試験	20mm沈下時の走行回数	2520回以上	20mm沈下時の走行回数50回以上
	一軸圧縮試験	残留ひずみ率	1.95%	残留ひずみ率1.0%以上
	簡易ポットホール走行試験（水浸）	3mm沈下時の走行回数	2520回以上	3mm沈下時の走行回数30回以上

4.3 長期供用時の性状

表-3 に長期供用時の性状確認試験結果を示す。マーシャル安定度（標準）は、加熱アスコンが9kN程度であるのに対して全天候型は2kN程度であり加熱アスコンに比べて小さかった。一方、全天候型の残留安定度は100%を超えていた。これは全天候型が反応タイプの常温混合物であるため、60°C48hの水浸養生により硬化が促進したものと思われる。ただし、強度の低下がみられないことから耐水性については良好と考えている。動的安定度は加熱アスコンが654回/mmに対して全天候型は1500回/mmであり、全天候型は耐流動性に優れていた。また、曲げひずみについても加熱アスコンが 2.9×10^{-3} に対して全天候型は 7.4×10^{-3} であり、たわみ性に優れていた。以上の結果より、全天候型は施工後、供用過程において耐久性が向上し、1週間程度で加熱アスコンと比べても遜色ない性状を有するようになると思われる。

表-3 長期供用時の性状確認試験結果

	全天候型	加熱アスコン
マーシャル安定度(標準) [kN]	1.99	9.33
残留安定度 [%]	140.7	87.6
動的安定度 [回/mm]	1500	654
曲げひずみ	7.4×10^{-3}	2.9×10^{-3}

5. おわりに

開発品の全天候型常温混合物は、従来品よりも耐久性に優れていることが確認できた。また、東京都建設局による土木材料仕様書における全天候型常温混合物の規格を全て満足することが確認できた。更に長期供用後の耐久性は加熱アスコン混合物と比べて遜色ないことも確認できた。今後は長期貯蔵性などを確認するとともに、さらなる性能の向上に努める所存である。

参考文献

- 1) 峰岸ほか:低騒音舗装の破損実態と補修用常温混合物の室内評価法の検討、都土木技センター年報、2007
- 2) 東京都建設局:土木材料仕様書、2015

再生材を使用したコンクリート舗装の一例

大林道路株式会社 技術研究所 ○渡邊 満葉
 〃 技術部 井手 義勝
 岡山県立岡山工業高等学校 土木科 狩屋 雅之

1. はじめに

セメントコンクリート構造物の廃材であるコンクリート塊は主に路盤材として再利用されている。しかし、近年道路工事件数は減少傾向にあり、高度経済成長期に建設された構造物が更新時期を迎えるとコンクリート塊の余剰が発生することが見込まれる。一方、セメントやスラグは大気中の CO_2 を固定することが知られており、これらを表層材料に使用することで環境負荷を低減することが出来る。

そこで著者らは、コンクリート塊と高炉スラグを主原料とすることで環境負荷を低減するコンクリート舗装（以後、新型低炭素舗装と称す）について検討を行ってきた。¹⁾

本稿は、環境土木を専攻する現役の高校生と産学連携による実践型施工体験学習および追跡調査を行い、その汎用性と環境負荷低減の程度を報告するものである。

2. 新型低炭素舗装概要

新型低炭素舗装は、コンクリート塊、銑鉄製造時の副産物である高炉スラグ細骨材、および高炉スラグ微粉末といった再生材を使用しており、さらに供用後も CO_2 を固定するため環境負荷を低減することのできるコンクリート舗装である。固定を促すため、一般的な舗装用コンクリートより空隙が多いものとなっている。



写真-1 新型低炭素舗装断面および表面

表-1 出荷配合

材料	コンクリート再生骨材	高炉スラグ細骨材	高炉セメントB種	水
計量値(kg/m ³)	908	835	266	134

3. 試験施工

(1) 実施概要

施工日は平成28年6月であり、延長42m、約67m²、厚さ10cmで施工を行った。施工場所は、岡山県立笠岡工業高等学校内の駐車場であり、施工後は自転車道として利用される箇所となる。

路床の床付けや縁石の据付等の準備工から高校生が実際に施工した。

(2) 配合

出荷配合を表-1に示す。コンクリート塊は、高度処理を施さずに最大粒径13mmに調整したものを使用し、セメントは高炉スラグ微粉末が40~45%含まれている高炉セメントB種を使用した。

(3) 施工

施工手順を図-1に示す。製造は、プラントと現地のパン型モルタルミキサの両方で行った。プラントで出荷したものは、含水比が変わらないようダンプトラックの荷台にブルーシートを被せて運搬した。パン型モルタルミキサでの製造は高校生が行い、一輪車で運搬した。その後スコップとレーキを用いて人力で敷きならし、目地には目地板

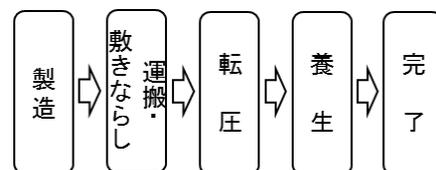


図-1 施工手順



写真-2 製造状況

を設置した。初期転圧は、均等に締め固めるため木製合板（コンパネ）を敷いた上からビブロプレートで行い、二次転圧は、ハンドガイドローラ（鉄輪タンDEM 0.6t）で行った。舗設完了後は、ただちに被膜養生剤を散布し、養生マットで覆い7日間湿潤養生を行った。完成状況を写真-3に示す。



写真-3 完成状況

(4) 品質試験結果

管理項目と試験結果を表-2に示す。新型低炭素舗装の適用箇所は歩道および管理用車両程度が走行する道路としており、室内実験で各項目の基準値を決定した。また、環境への影響を配慮して六価クロム溶出量の確認も行った。本試験施工の結果は、基準値をすべて満足するものであった。

表-2 管理項目と試験結果

項目	社内基準値	施工結果	養生期間
一軸圧縮強さ	6.0MPa以上	12.2MPa	7日
曲げ強度	2.5MPa以上	3.3MPa	
ねじり骨材飛散率	0.3%以下	0.1%	
六価クロム溶出量	0.05mg/L以下	0.01mg/L	

表-3 材料製造時のCO₂排出量

	新型低炭素舗装	舗装用コンクリート
CO ₂ 排出量 (kg-CO ₂ /m ³)	140.52	289.61

4. CO₂ 排出量低減効果

(1) 材料製造時のCO₂排出量

材料製造時に排出されるCO₂排出量を原単位²⁾から算出し、一般的な舗装用コンクリートと比較した結果を表-3に示す。新型低炭素舗装は、再生材を使用するため、一般的な舗装用コンクリートに比べCO₂排出量を約50%以上低減することが出来る。



写真-4 CO₂濃度計と密閉状況

(2) CO₂固定量の算出

写真-4のように携帯型のCO₂濃度計を舗装上に置き、プラスチック容器で覆って密閉し、容器内のCO₂濃度の変化を測定することでCO₂固定量を算出することとした。結果を図-2に示す。

6ヶ月経過してもCO₂を固定しているが、施工後から時間が経つにつれてその固定量は低下していく傾向にある。固定量にはばらつきがあり、測定日の気温、湿度、天気関係するものと思われる。施工面積における6ヶ月間の固定量は、14.90kg-CO₂と算出された。同期間のスギの木1本の固定量から換算すると、約3本半³⁾分に相当する結果となった。

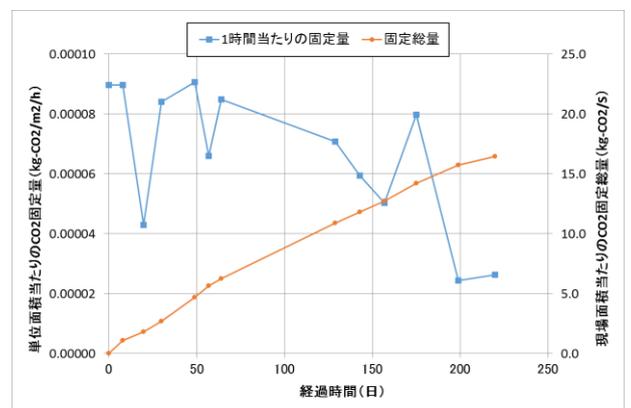


図-2 1時間当たりのCO₂固定量

5. おわりに

本試験施工から以下の知見が得られた。

- ・ 新型低炭素舗装の製造・施工は、特別な装置や技能を必要とするものではない。
- ・ 新型低炭素舗装によるCO₂固定は、6か月以上経過しても継続するが固定量は低下していく傾向にある。温度等の影響を含めてなお検証が必要である。

現在、当現場は施工から1年経過しているが、破損などは見られず良好な状態を保っている。今後も長期的な追跡調査を続けていき、耐久性、固定量についてさらなる検証をしていきたい。

<参考文献>

- 1) 井手、杉本、鷹野、平田、大森、川上；CO₂排出量を削減した再生コンクリート舗装の適用事例、第30回日本道路会議
- 2) (社)日本道路協会 舗装の環境負荷低減に関する算定ハンドブック
- 3) 林野庁 地球温暖化防止に向けて http://www.rinya.maff.go.jp/j/sin_riyou/ondanka/20141113_topics2_2.html

「環境舗装」に関する取組

大林道路（株）中部支店 ○古川 聡哉
大林道路（株）中部支店 石黒 修一

1. はじめに

都市空間を構築する上で、舗装は基本的な役割を担っている。近年では、地球温暖化やヒートアイランド現象等による熱環境、景観、緑化、水循環等、舗装に求められる「環境」をキーワードとする社会のニーズが高まり、これらを指向する舗装技術が「環境舗装」と総称されるようになった。来たる2020年には東京オリンピック・パラリンピックの開催を控えており、海外にもわが国の「環境舗装」を発信する機会が増えることが予想される。本稿はいろいろなスケールの環境改善に「環境舗装」を活用いただけるよう、社会の認知度をあげる取り組みの一環について紹介する。

2. 「環境舗装」のショースペース

一般に足下の舗装に関心を寄せる人は少ない。特に都市部においては舗装されているのが当たり前の状態にあり、破損しない限りはほとんど意識されることはない。そのため「環境舗装」を活用することで生活環境が改善されるといった情報を知る機会もごく少ない。そこで、住宅地に立地している社屋の構内に、「環境舗装」を知っていただくための「舗装の見えるショースペース」を構築し、社会インフラ整備の関係者だけではなく、広く地域住民や学生の皆様にも見学いただけるようにした。

全景を図-1に示す。

2-1 路面の温度を「見る」

各種舗装には路面温度計を設置し、常時表示・記録している。見学者には、各舗設箇所にある路面温度表示版、および屋内のテレビモニター（写真-1）にて、実際に現在の路面温度を見ていただくことができる。また、この路面温度はパソコンに連動して常時記録しており、経時変化のグラフなどを見ていただくことができる。

2-2 舗装を「触って」比べてみる

各種環境舗装の隣接箇所には、通常のアスファルト舗装が舗設されている。見学に来られた際には、両手で実際に舗装を触って、従来の舗装との温度の違いを比べることができる。（写真-2）

2-3 効果を「体感」

石貼り風保水性舗装のコーナーでは、散水装置（写真-3）が設置されている。この散水装置は、任意に設定した路面温度に応じて自動的に散水を開始・停止する。実際に見学に来られた際には、手動にてその場で散水することで、打ち水の効果を体感できる。

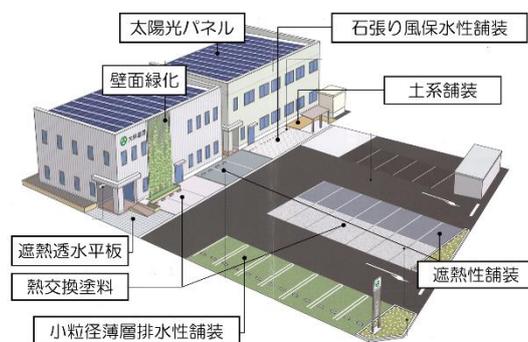


図-1 ショースペース全景



写真-1 路面温度表示モニター（屋外・屋内）



写真-2 素手で温度差を実感



写真-3 路面散水装置（拡大）

3. 展示した「環境舗装」

ショースペースに展示した「環境舗装」を以下に列記する。

3-1 遮熱性舗装

太陽光の近赤外線を高反射する遮熱塗料を塗布する工法である。着色も自在で、既設の舗装（車道、歩道）にも適用できる。また、密粒タイプの舗装にもポーラスタイプの舗装にも適用できる。

3-2 遮熱透水平板ブロック

太陽光の近赤外線を反射して路面温度上昇を抑制する透水性の平板ブロックである。自然石の美しさを活かした仕上げとなっている。

3-3 熱交換塗料

太陽光線のエネルギーを吸収しにくい特殊材料が入った塗料を塗布する工法である。ペイントローラーや簡易な塗布道具で施工が可能のため、小規模の施工にも対応できる。車道には適用不可である。

3-4 土系舗装

砂や真砂土と脱色アスファルトを用いた土系舗装である。砂の風合いを表現でき、公園などの景観に適している。(写真-4)

3-5 石貼り風保水性舗装

粗骨材の岩種とショットブラストで色調を、目地切りでデザインを工夫できる保水性舗装である。本件では路面散水装置を併設することにより、晴天が続いても保水状態にできる。(写真-5)

3-6 小粒径薄層排水性舗装

粒径 10 mm以下の小粒径骨材を使用した薄層の排水性舗装である。小粒径であるためにきめが細かい仕上がりとなり、また、カラー化することで景観性も良好である。



写真-4 土系舗装外観



写真-5 石貼り風保水性舗装外観

4. 技術データの蓄積

本ショースペースでは、それぞれ路面温度を自動測定し、その変化を細かく記録している。夏季における熱低減効果の確認や他の季節における特性の把握等、技術データとして活用している。夏季の採取データの解析の一例を図-2に示す。

今後は、舗装の経年劣化による路面温度上昇抑制効果や見栄えの変化、破損の有無による耐久性の検証等に係るデータの中・長期にわたり蓄積していく。

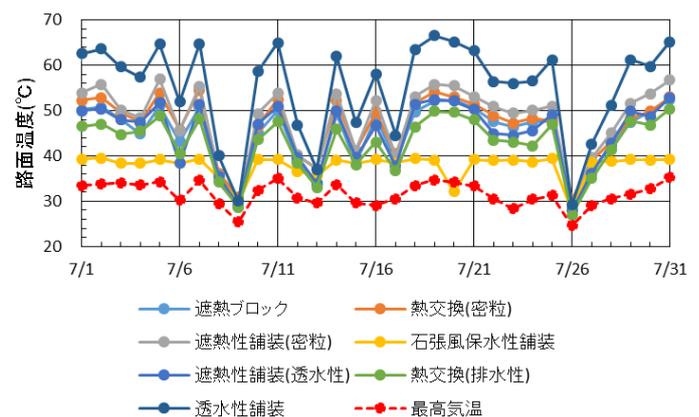


図-2 H28年7月の日別最高路面温度の変化

5. おわりに

「環境舗装」の活用によるいろいろなスケールでの環境保全は、舗装に携わる者として積極的に推進しなければならない目標である。今回、ショールームにより「環境舗装」を見える化としたことで、広く地域の方々にも知っていただけるプレゼンテーションの場を設けることができた。今後とも「環境舗装」を拡大して環境改善にまい進する所存である。

アスファルトフィニッシャ用の特殊保温プレートの開発

大林道路(株) 本店 機械部機械課主任 阿部 慎

1. はじめに

冬季のアスファルト舗装工事の施工では、アスファルトフィニッシャのホッパに加熱アスファルト混合物（以下、合材と称す）を受けると合材温度が低下し、締固め不足や粗い仕上がりといった不具合が発生することが懸念される。一般的な対策として、ホッパ全体を遮熱シートで覆う方法やホッパ外側に断熱材やヒーターパネルを設置する方法があるが、合材が供給されるまでの待機時間内での保温や部分的な保温・加熱では保温効果に限界があると考えられる。

そこで、筆者は以下の方針で合材の温度低下を抑制する「特殊保温プレート」を開発した。

- ・保温効果を高めるために、熱伝導率の低い断熱材を選定する
- ・ホッパ内の熱を蓄熱する構造とする
- ・ホッパ内側の設置制約 ($t \leq 20\text{mm}$) を設け、これを満たす断面構造とする

本稿は、断熱性が高い素材を組み合わせ、これをホッパ内側に貼り付けることにより合材の温度低下を抑制し、アスファルト舗装工事の品質を確保することを目的に開発した「特殊保温プレート」について報告するものである。

2. 断熱材の選定

2.1 断熱材の検討

保温効果が持続する構造の一例として、魔法瓶がある。魔法瓶には図-1に示すような真空層が設けられており、魔法瓶には銅箔などを挟み込んで熱エネルギーを反射して内部に熱を保つ構造となっている。このような真空層をホッパ部に構築することは技術的に困難であることから、熱伝導率が低い層をホッパ部に設けることを検討した。そのため、熱伝導率の低い断熱材とホッパ内側の設置制約の条件を満たすような薄い素材の断熱材 (5mm 以下) で断熱効果と耐久性を評価した。使用した断熱材を表-1に示す。

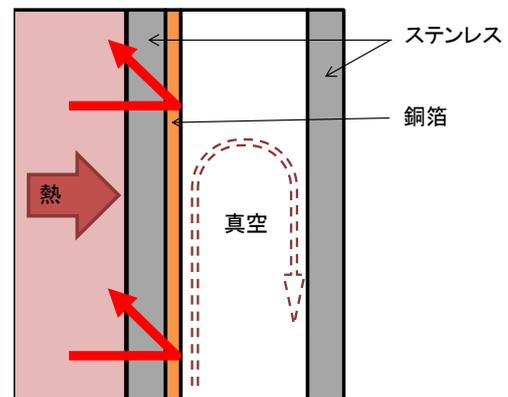


図-1 保温効果のある構造

表-1 検討に用いた断熱材

断熱材	グラスファイバー不織布	グラスウールシート	発泡スチロール
熱伝導率 (W/mK)	0.020	0.023	0.030
厚さ (mm)	5	4	5

表-1の断熱材のうち、固体としては最も低い熱伝導率を有するシリカエアロジェルを含浸させた断熱材であるグラスファイバー不織布を写真-1に示す。主に工場の屋外の高温で帯びているダクト等に使用されている。グラスウールシートは、低熱伝導金属微粒子配合の発泡体のガラス繊維でできた綿状グラスウールに防食性を高めたアルミ合金泊で挟み込んだ断熱材であり、住宅や飛行機等で使用されている。発泡スチロールは、気泡を含ませた発泡プラスチックの一種のポリスチレンであり、全体の98%が空気で成型された断熱材である。主に保冷バッグ等に使用されている。



写真-1 グラスファイバー不織布

2. 2 断熱効果と耐熱性の評価

断熱材は間接的に合材と接するため、合材温度以上の耐熱性を有している必要がある。そこで、以下の方法で断熱材の効果と耐熱性を評価した。

まず、シリコンヒータ上に合材投入時の衝撃から断熱材を保護することを想定した鋼板(厚さ6mm)と断熱材を載せ、断熱材の上部と下部に温度センサを設置した。次に、ホッパを想定した鋼板(厚さ9mm)を断熱材の上に乗せ、合材の到着温度(170℃±10℃)の上限値(180℃)までシリコンヒータを加熱して、断熱材上部および下部の温度を測定した。

シリコンヒータ加熱時の温度測定位置を図-2に、加熱状況を写真-2に示す。

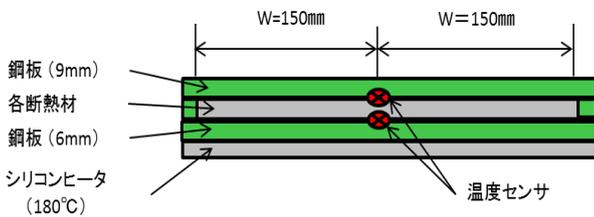


図-2 温度測定位置



写真-2 シリコンヒータによる加熱状況

2. 3 断熱効果と耐熱性の評価結果

断熱材を挟んだ鋼板を加熱したときの断熱材上部と下部の温度測定結果を図-3に示す。図より、グラスファイバー不織布の上部の温度は他の2種類の断熱材より低く、断熱効果が高いといえる。また、加熱後の断熱材の状態をみると、熱による収縮や変形も生じておらず、耐熱性も有している。一方、グラスウールシートと発泡スチロールの上部温度はグラスファイバー不織布よりも最大で約20℃高く、加熱時に断熱材の収縮あるいは溶解しており、合材を扱う上で必要な耐熱性を有していないと考えられる。

以上の結果から、グラスファイバー不織布を特殊保温プレート用の断熱材として選定した。

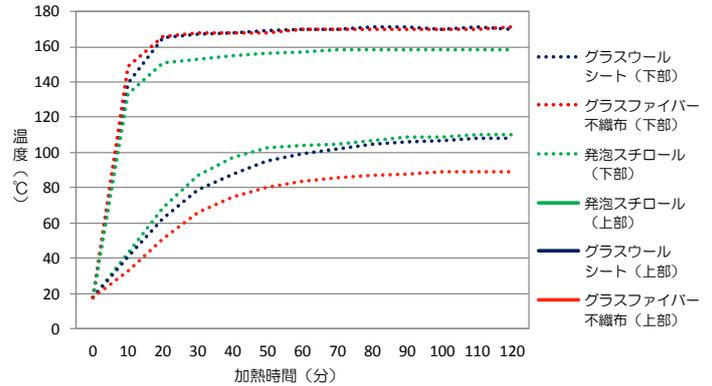


図-3 断熱材の上部と下部の温度測定結果

3. 特殊保温プレートの構造の検討

3. 1 各種プレートの選定と組み合わせ

特殊保温プレートの構造を検討するため、アスファルトフィニッシュのホッパ部の従来構造(A)に熱が伝わりにくいステンレス鋼や断熱材に合材の熱を蓄える銅板を複数層に組み合わせた3種類のプレート(B, C, D)を作製した。各構造の部材の厚さを表-2に、使用した鋼材の熱伝導率を表-3に示す。

表-2 各構造と部材の厚さ

構造	鉄鋼	ステンレス鋼	断熱材	銅板	ステンレス鋼
A	9	-	-	-	-
B	9	5	5	5	5
C	9	3	5	1	5
D	9	1	5	1	5

(単位:mm)

表-3 各部材の熱伝導率

鋼材	熱伝導率 λ (W/mK)
ステンレス鋼	16
銅板	80
銅板	401

3. 2 プレートの保温効果の検証

表-2に示したプレートの保温効果を検証するため、以下の方法でその効果を確認した。まず、図-4に示す複数層で形成されたプレートをホッパ断面に見立てた一辺300mmの立方体の箱型内側に設置した。次に、箱型に70℃の温水を入れ26℃の水槽に箱型を浸して経過時間と温度を測定した。

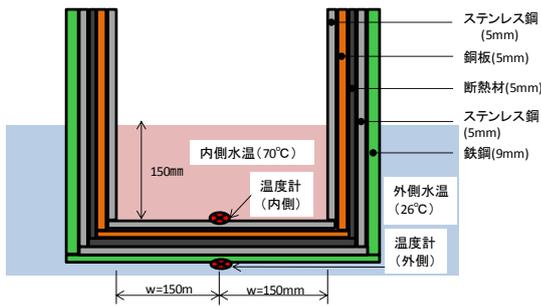


図-4 箱型の温度測定位置 (B構造)

3. 3 プレートの保温効果の検証結果

3. 3. 1 保温効果の比較

プレートを設置した箱型を水槽に浸したときの温度の推移を図-5に示す。箱型の内側の温度を比較すると、A構造以外は内側に遮熱層を設けているため50°C以上を維持している。また、30分後の温度分布から銅板の温度上昇が確認できる。なお、A構造では水槽の水温とほぼ同程度まで低下している。一方、箱型の外側の温度は、A構造以外は水浸後の温度変化が小さく、ステンレス鋼や銅板の厚みによる差はそれほど生じていない。

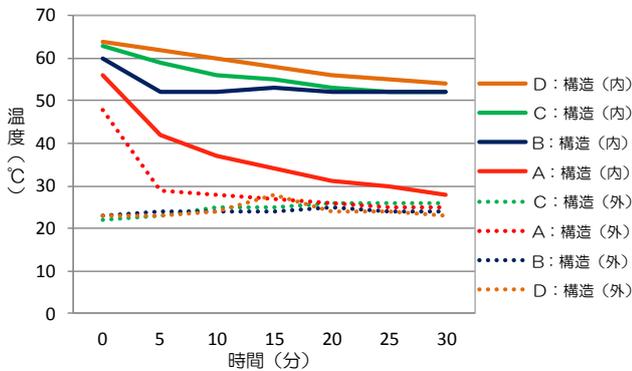


図-5 水浸後の温度の推移

3. 3. 2 銅板の有効性

図-5の箱型内部の水温の推移に着目すると、C、D構造はほぼ同様に推移している。一方、B構造は試験開始5分間で約10°C温度が低下している。この結果をふまえて、C構造で銅板の有無による蓄熱効果を検証したところ、銅板が内部の熱を奪うことが推察され、銅板を入れない方が保温効果は高いことが判明した。

以上より、銅板による蓄熱効果は小さいと判断し、合材の荷受け時の衝撃を考慮してC構造から銅板を外

したものを【ステンレス鋼3mm・断熱材5mm・ステンレス鋼5mm】を特殊保温プレートの基本構造に決定した。特殊保温プレートの構造断面を図-6に示す。

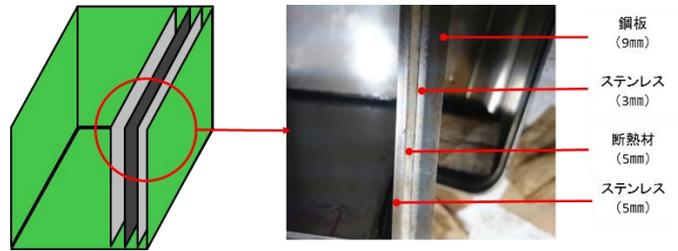


図-6 特殊保温プレートの構造断面

4. フィールドにおける保温効果の検証

4. 1 実施工による概要

特殊保温プレートの保温効果をフィールドで検証するため、新設の舗装工事の実施工(基層工)において、同プレートをホッパに装着したアスファルトフィニッシュャとプレートを装着しない従来構造のフィニッシュャにて保温効果を比較検証した。これらのホッパの外観を写真-3、4に示す。なお、実施工の概要を以下に示す。

- ①施工日時：平成28年3月18日～19日
- ②施工条件：外気温10°C以下、風速約3m程度、運搬時間約30分の沿岸付近の国道
- ③施工幅員：9m(4.5m×2レーン)
- ④施工延長：450m
- ⑤施工厚さ：50mm
- ⑥使用材料：再生粗粒度アスファルト混合物(20)
- ⑦施工機種：フェーゲル1803-2(特殊保温プレート有り・無し)



写真-3 特殊保温プレートを装着したホッパ



写真-4 従来構造のホップ

4. 2 実施工による保温効果の検証

実施工では、初日にアスファルトフィニッシャに特殊保温プレートを装着し、2日目はプレートを外した従来構造で施工した。合材ダンプの出荷温度、到着温度と敷きならし温度の関係を表-4に示す。なお、表中の温度差は到着温度と敷きならし温度の差、温度差【平均】は全ての合材ダンプで測定した到着温度と敷きならし温度の差の平均値である。施工日が異なるため、気象条件等による合材の到着温度の違いを考慮する必要があるが、今回の実施工による検証では、特殊保温プレートを装着した場合の到着温度と敷きならし温度の差が従来構造よりも小さく、図-6に示すように特殊保温プレートを装着した方が敷きならし直後の合材温度が高く、敷きならし面の引きずり等が発生しにくいと考えられ、施工が進むにつれて一層小さくなることを示唆する結果を得た。

表-4 到着温度と敷きならし温度の関係

	施工開始時 (合材ダンプ1台目)				1日平均 温度差 (°C)
	出荷温度 (°C)	到着温度 (°C)	敷きならし 温度 (°C)	温度差 (°C)	
特殊	170.0	164.3	152.7	11.6	6.2
従来	170.0	164.7	146.5	18.2	17.9

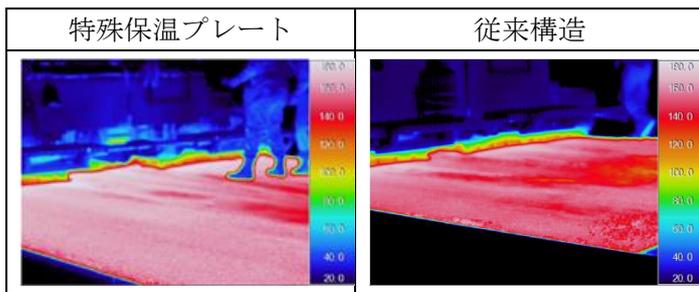


図-6 施工開始1台目の敷きならし直後の温度分布

5. まとめ

冬季の合材の温度低下を抑制して舗装の品質を確保する事を目的として、アスファルトフィニッシャのホップに装着する「特殊保温プレート」を開発し、保温効果を検証した。検証結果から得られた知見を以下に示す。

- 1) シリコンヒータ上に鋼板で保護した断熱材を設置して断熱性と耐熱性を評価した結果、グラスファイバー不織布が最も断熱効果が高く、耐熱性も高いことが判明した。
- 2) 断熱材と部材を組み合わせたプレートをホップに模した箱型の内部に設置し、温水を入れた箱型を水槽に設置した結果、断熱材と鋼板による断熱効果は高いが、銅板は蓄熱に寄与しないことが分かった。
- 3) 作製した特殊保温プレートをフィニッシャに装着し、試験施工で合材を荷受けしてホップと合材温度を測定した結果、プレートの断熱効果により保温効果が得られること、敷きならし後もその効果が持続することを確認した。
- 4) 実施工で合材温度の低下の抑制効果を検証した結果、特殊保温プレートを装着したフィニッシャは従来構造のフィニッシャよりも到着温度と敷きならし温度の差が小さく、特殊保温プレートによる保温効果が実施工でも期待できることが分かった。

6. おわりに

今回開発した「特殊保温プレート」は、舗装の品質向上に寄与することを確認した。合材の温度低下を抑制することで敷きならし後の締固め温度を確保でき、初期転圧でフィニッシャと接近することも少なくなり、作業員や重機に接触する危険も軽減できると考える。

当社では保有する全てのアスファルトフィニッシャに特殊保温プレートを装着済みであり、冬季や夜間、風が強い橋梁部等の舗装工事の他、中温化アスファルト混合物の品質確保にも寄与する技術として積極的に展開を図っていく。今後は、他の機械や設備に向けた用途拡大も視野に入れて検討を行う予定である。

製鋼スラグと海水等を使用した転圧コンクリートの基本性状

しもだて 下館 まもる 鎮* しんむら 新村 あきら 亮** はやし 林 まさひろ 正宏***

近年、舗装の分野では、ライフサイクルコストの観点から耐久性に優れているコンクリート舗装を見直す機運が高まってきている。転圧コンクリート舗装(RCCP)は、従来のコンクリート舗装の短所であった施工性や養生期間等を改良した第3の舗装と言われており、これからのコンクリート舗装の普及に大きなポテンシャルを有しているものと考えられる。

本検討は、RCCP用コンクリート(RCC)に適用できる材料の選択範囲を広げることによりRCCPの普及に役立てることを目的に、社会的あるいは地域的要請の観点から製鋼スラグや海水のRCCへの適用性を評価しようとするものである。

検討の結果、これらの材料はRCCへの適用の可能性を有しているものと考えられる。

キーワード：製鋼スラグ、コンクリート舗装、転圧コンクリート舗装、海水、樹脂繊維

はじめに

近年、舗装の分野では、ライフサイクルコストの観点から耐久性に優れているコンクリート舗装を見直す気運が高まってきている。しかし、通常のコンクリート舗装は、型枠や特殊な機械の使用に起因した施工の煩雑性および長期間のコンクリート養生による供用開始の遅延等により、適用する箇所が限定される傾向がある。一方、コンクリート舗装の一種である転圧コンクリート舗装(Roller Compacted Concrete Pavement：以下、RCCP)は、アスファルト舗装用機械を使用して施工を行うことによる施工の簡便さ、および初期材齢の耐荷力に優れていることによる工事規制期間の短縮という、通常のコンクリート舗装が持っていた短所を克服した第3の舗装とも言われており、これからのコンクリート舗装の普及に大きなポテンシャルを有しているものと考えられる。

本検討は、RCCP用コンクリート(Roller Compacted Concrete：以下、RCC)に適用できる材料の選択範囲を広げることによりRCCPの普及に役立てることを目的に、社会的あるいは地域的要請の観点から選定した材料のRCCへの適用性を評価することとした。選定した材料は次の3種類とした。

- ①天然骨材の枯渇対策および他産業リサイクル材の有効活用を目的として、骨材および結合材に鉄鋼スラグ(製鋼スラグ、高炉スラグ微粉末)を

使用する。

- ②離島や海岸へき地等の真水の入手が困難な地域への適用を目的として、練混ぜ水に海水を使用する。
- ③耐久性向上を目的として、コンクリート補強材に樹脂繊維を使用する。

1. 性状評価試験の概要

(1) 試験の流れ

種々の材料を用いたRCCの基本的性状を評価する試験の流れを図-1に示す。

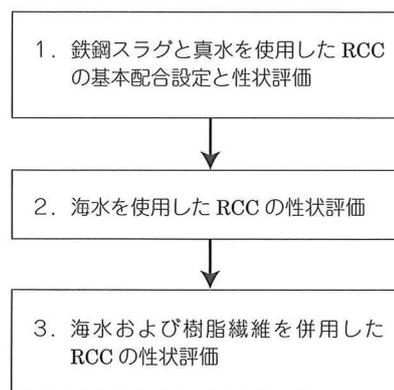


図-1 試験の流れ

(2) 使用材料

使用材料を表-1に示す。また、ポリプロピレン繊維を写真-1に示す。

(3) 使用機械

使用機械を表-2に示す。

(4) 配合設定方法および試験方法

配合の設定は、「転圧コンクリート舗装技術指針

* 大林道路(株) 関東支店 技術部 技術課

** (株)大林組 生産技術本部

*** JFE スチール(株) スラグ事業推進部

表-1 使用材料

材 料	種 別
水	上水道水, 東京都水道局
	海水: 久里浜, Cl: 1.88%
セメント	普通ポルトランドセメント, 密度3.15g/cm ³
高炉スラグ微粉末	密度2.86g/cm ³
細骨材 (5~0mm)	製鋼スラグ (密度3.13~3.19g/cm ³ , 吸水率4.4~4.6%)
粗骨材 (10~5mm)	製鋼スラグ (密度3.47~3.52g/cm ³ , 吸水率3.6~3.8%)
粗骨材 (25~10mm)	製鋼スラグ (密度3.23~3.55g/cm ³ , 吸水率3.2~3.4%)
混和剤	AE 減水剤(標準型), チューボール EX-20
樹脂繊維	ポリプロピレン繊維
	MK 改良品2000dtex×30mm 密度0.91g/cm ³

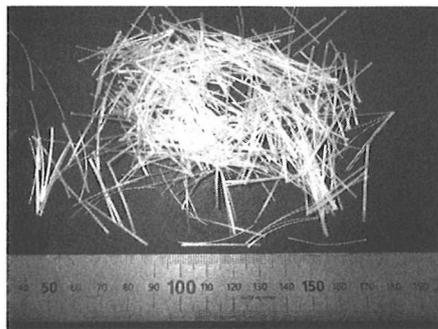


写真-1 ポリプロピレン繊維

表-2 使用機械

名称	型式等	適用
二軸バグミルミキサ	WHQ-60A 公称容量: 0.06m ³ ドラム容量: 0.24m ³	コンクリート 練混ぜ
移動式マーシャルランマ	ハンマ重量4.5kg 落下高さ45.7cm	コンシステンシー 試験
振動タンバ	ボッシュタンバ	供試体作製
アムスラー式載荷試験機	最大荷重100t	曲げ強度試験
ラベリング試験機	NKA-121	ラベリング試験

表-3 試験項目および試験方法

試験項目	試験方法
コンシステンシー	技術指針 付録3 マーシャル突固め試験方法
曲げ強度	JIS A 1106
曲げ強度試験用 供試体の作製	技術指針 付録6 曲げおよび圧縮強度試験用供試体の作製方法
すり減り量	舗装調査・試験法便覧 B002 ラベリング試験方法 往復チェーン型

(案)」(以下, 技術指針)に準拠して行った。適用した試験項目および試験方法を表-3に示す。

2. RCCの基本配合の設定と性状確認結果

2-1 基本配合の設定の流れ

基本配合の設定の流れを図-2に示す。

2-2 配合条件

製鋼スラグと真水を使用したRCCの配合条件を表-4に示す。

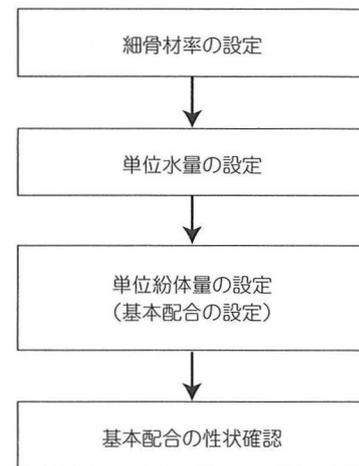


図-2 基本配合の設定の流れ

表-4 RCCの配合条件

項目	目標値	備考
基準曲げ強度	4.34N/mm ²	材齢7日
目標曲げ強度	6.2N/mm ²	材齢28日
コンシステンシー	締固め率96%	

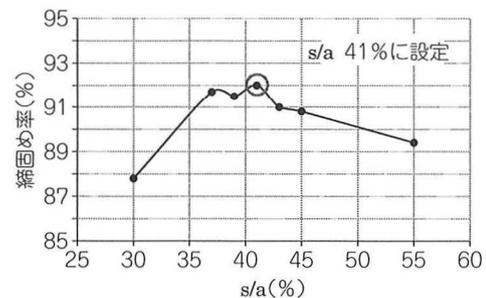


図-3 s/aと締固め率の関係

2-3 基本配合設定

(1) 細骨材率の設定

細骨材率の設定に用いた配合は, 予備試験等を参考に, 単位水量を88kg/m³, 単位紛体量329kg/m³(普通ポルトランドセメント(以下, NP)を110kg/m³, 高炉スラグ微粉末(以下, BP)を219kg/m³)とし, 細骨材率(以下, s/a)は, 41%を中心に計7水準のs/aを設定してマーシャル突固め試験を行った。その結果, 最も高い締固め率が得られた41%をs/aに設定した(図-3)。

(2) 単位水量の設定

s/aの設定の際に用いた単位水量を中心に±10, 20kg/m³とした5水準の配合についてマーシャル突固め試験を行い, また, その際に突固め後の供試体表面の水の浮き具合も観察した。その結果, 96%の締固め率が得られる93kg/m³を単位水量に設定した(図-4)。

(3) 単位紛体量の設定

s/a41%, 単位水量93kg/m³の配合の単位紛体量を

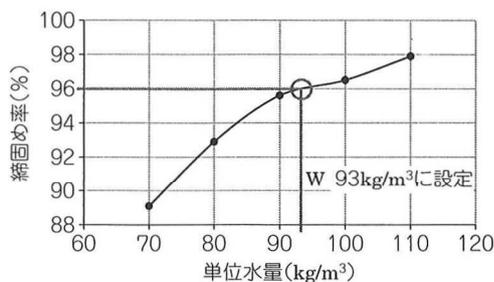


図-4 単位水量と締固め率の関係

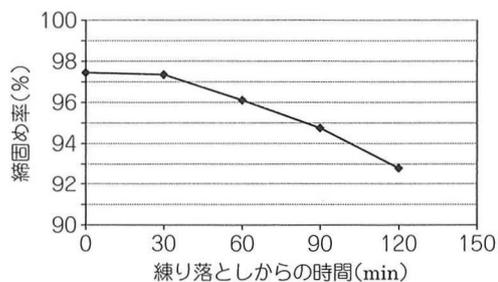


図-6 練り落としからの時間と締固め率の関係

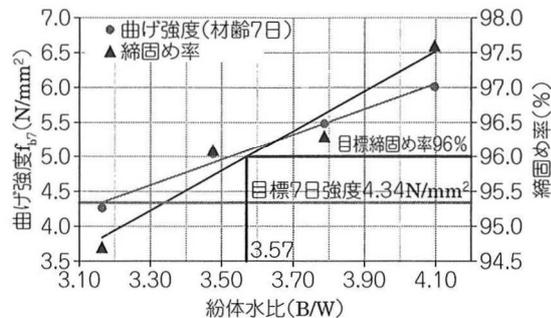


図-5 粉体水比と曲げ強度(材齢7日)・締固め率の関係

表-5 RCCの基本配合

粗骨材 の最大 寸法 (mm)	細骨 材率 s/a (%)	水粉 体比 W/B (%)	単位量(kg/m³)					混和 剤	
			水 W	スラグ 微粉末 BP	セメ ント NP	スラグ骨材			
						25~10	10~5		5~0
25	41	27.9	93	205	134	1,052	453	1,151	1.70

4水準設定し、マーシャル突固め試験および曲げ試験を行った。

単位粉体量については、BPとNPの比率は変えずに粉体量全体を増減することとした。しかし、予備試験の結果、これまでのBP:NP(219kg/m³:110kg/m³)の比率では基準強度を満足できない可能性のあることが判明したため、単位粉体量は変えずにBP:NPを199kg/m³:130kg/m³に変更した。その結果、材齢7日の基準曲げ強度を満足し、かつ締固め率が96%となる粉体水比B/Wは3.57で(図-5)、水粉体比W/Bにすると27.9%となった。

決定したRCCの基本配合を表-5に示す。

(4)基本配合のRCCの性状

基本配合のRCCを用いてコンシステンシー、曲げ強度、すり減り量を測定した。

なお、コンシステンシーの経時変化を把握するため、練り混ぜたRCCに対して練混ぜ直後から30分ごとに2時間後までマーシャル突固め試験を行って締固め率を測定した。

1)コンシステンシー

RCCのコンシステンシー(締固め率)は、練り落としから30分後まではほとんど変化が無く、その後

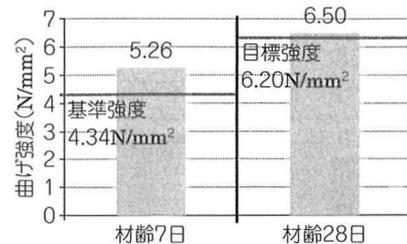


図-7 RCCの基本配合の曲げ強度

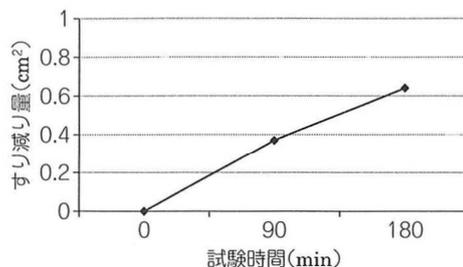


図-8 RCCの基本配合のラベリング試験結果

徐々に低下する傾向を示し、練り落とし2時間後では練り落とし直後に比べ、締固め率が約5%低下する結果となった(図-6)。

通常、締固め率の目標値として96%を用いることから、本試験結果より、RCCのコンシステンシーを満足できる練り落としからの時間は60分程度と判断できる。

2)曲げ強度

RCCの曲げ強度は、材齢7日で5.26N/mm²、材齢28日で6.50N/mm²となり、基準強度(材齢7日:4.34N/mm²)および目標強度(材齢28日:6.2N/mm²)を満足した(図-7)。

3)すり減り量

ラベリング試験によるすり減り量は、試験時間90分で0.37cm²、試験時間180分で0.64cm²となった(図-8)。

3. 海水使用RCCと海水と樹脂繊維併用RCCの性状

海水使用RCCの配合は、基本配合の真水を海水に変えたものとし、海水・樹脂繊維併用RCCの配合は、海水使用RCCの配合に樹脂繊維を外割りの

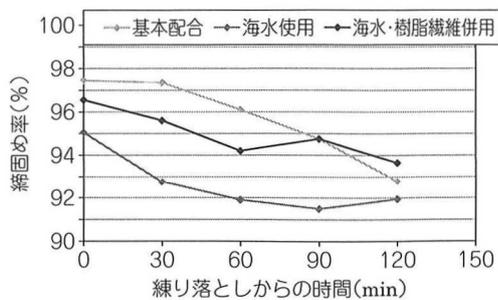


図-9 各配合の締固め率の経時変化

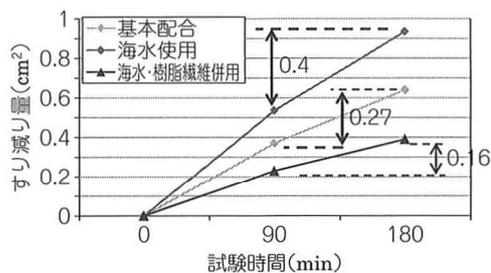


図-11 各配合のラベリング試験結果

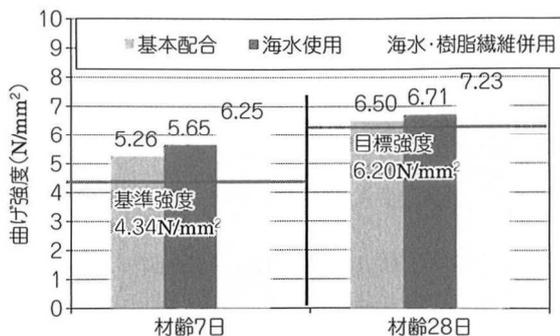


図-10 各配合の曲げ強度

体積比で0.6%添加したものとした。

以下に、海水使用 RCC および海水・樹脂繊維併用 RCC の基本的性状を示す。なお、比較対象として、基本配合 RCC の性状も併記する。

(1) コンシステンシー

図-9 に各配合の締固め率の経時変化を示す。この図より、海水を使用すると真水に比べ締め固めにくくなっていることが分かる。しかし、樹脂繊維を併用することにより締固め率が向上したことから、樹脂繊維がコンシステンシーを阻害する効果は認められなかった。

(2) 曲げ強度

図-10 に各配合の曲げ強度を示す。材齢 7 日、28 日とも基本配合 RCC、海水使用 RCC、海水・樹脂繊維併用 RCC の順に曲げ強度が大きくなったことから、海水による強度増加および樹脂繊維による強度増加の効果が認められた。

(3) 摩耗抵抗性

図-11 に各配合のラベリング試験結果を示す。基本配合 RCC に比べ海水使用 RCC のほうがすり減り量は大きくなったが、樹脂繊維を併用することによりすり減り量は大きく減少した。これは、海水の効果でモルタル分が硬質化しもろくなって、すり減り量が増加したが、樹脂繊維を併用することで海水によるぜい性の低下を補い、衝撃に対する耐久性も増加したものと考えられる。

4. まとめ

本検討結果を以下にまとめる。

- ①製鋼スラグと高炉スラグ微粉末を使用した基本配合 RCC の基本性状は、通常の RCC と同等の性状を有しているものと判断できる。
- ②海水使用 RCC は、基本配合 RCC に比べて、曲げ強度は増加するが、コンシステンシーや摩耗抵抗性は低下する傾向が認められる。
- ③海水と樹脂繊維併用 RCC は、基本配合 RCC に比べて、コンシステンシー性状は若干低下するが、曲げ強度および摩耗抵抗性は増加する傾向が認められる。

おわりに

本検討結果より、RCC の骨材および混和材として、製鋼スラグおよび高炉スラグ微粉末を用いることは十分可能であると判断できる。練混ぜ水に海水を使用した場合、強度的には問題ないがコンシステンシーや摩耗抵抗性にやや課題が残る。しかし、配合や施工の工夫により、真水の入手が困難な条件での適用の可能性はあるものと考えられる。

海水と樹脂繊維を混合した RCC は、コンシステンシーの若干の低下傾向は見られるものの、曲げ強度や摩耗抵抗性に対する補強効果は認められたことから、RCC の補強材として樹脂繊維は適用可能と判断できる。

問い合わせ先

〒101-0052 東京都千代田区神田小川町3-20
 大林道路(株)関東支店技術部技術課 下館 鎮
 TEL: 03-3296-6682 FAX: 03-3296-6690
 E-mail: mamoru-shimodate@obayashi-road.co.jp

早期供用(復興)に向けた積極的な取組み

—平倉地区舗装工事—

大林道路㈱ 東北支店
鎌田 真由子



はじめに

登米志津川道路は、東北地方整備局が震災復興のリーディングプロジェクトとして整備を進めている復興道路「三陸沿岸道路(延長359km)」のうち、登米IC～志津川ICに至る延長16.1kmの自動車専用道路である(図-1)。

早期供用の必要性と現場の課題

(1) 早期供用の必要性

三陸沿岸道路は今回の震災において、「命の道」として機能を発揮した。

地域の暮らしを支え、命を守るためには、全線整備が必要であり、平時には暮らしを支え(医療サービス、産業、観光)、災害時には命を守る(避難、救命救急、復旧)という機能を持った道路整備が必要であり、沿岸地域住民からも早期完成が強く求められていた。

宮城県では被災地の1日も早い復興と、被災された地域の方々に明日への前向きな力が戻ることを祈念し、平成23年11月19日(土)に復興道路である三陸沿岸道路の着工式が志津川トンネル南三陸町側坑口付近で行われ、以後、整備が急ピッチで進められている。

(2) 現場の課題

現場乗込み時の状況は、現場約半分にあたる切土部が伐採のみで土工事が未着手のままであった。

早期部分供用を目標としている発注者の強い要望もあり、約11万 m^3 の掘削工の検討を行い、舗装工事ではあるが施工を行うこととした(写真-1)。

当初は2,000 m^3 /日の掘削・土砂運搬(敷均し、締固めは他業者)を予定し、約3か月半で掘削完了する工程を立案し、作業を開始したが、他業者の構造物工事等の輻輳作業の影響等受け入れ側の都合より、土砂の受け入れは500~1,000 m^3 /日になり工期内完成が危ぶまれる状態となり、工程の変更、工期短縮の検討を余儀なくされた。

また、現場内では掘削が進むに連れ岩盤(中硬岩)が出現し、掘削(ブルドーザリッパ作業)では作業量の確保が厳しくなり、工程進捗に影響が出始めた。



図-1 登米志津川道路位置図(東北地方整備局HPより)

本工事は登米東和IC～三滝堂IC間のうち延長約1.3kmの道路改良およびアスファルト舗装の新設工事である。

以下に工事概要等を示す。

工 事 名:平倉地区舗装工事

工事場所:宮城県登米市東和町米谷字福平地内

工 期:平成27年3月5日～平成28年7月8日(最終)

発 注 者:東北地方整備局 仙台河川国道事務所

工事内容:

*道路土工:掘削工 約106,000 m^3 、盛土工 約2,300 m^3
:法面整形工 約8,600 m^2

*アスファルト舗装工:改質アスファルト舗装約20,600 m^2

*排水構造物工、集水柵工、縁石工、防護柵工、通信管路工、ハンドホール工、区画線工、道路附属施設工他



掘削工 約11万 m^3

写真-1 三滝堂IC付近の現況



地盤の出現約1.2万 m^3

写真-2 掘削状況

早期供用に向けての取組み

工期内の完成に向けて、以下の4項目を主な課題とし積極的に対策を進めた。

- ①全体工程の確保・短縮への取組み
- ②関連業者間における工程調整
- ③道路土工における掘削方法の検討
- ④トータルステーション(以下、TSと称す)による工期短縮、品質確保の工夫

(1)全体工程の確保・短縮への取組み

現場事務所、所轄営業所および東北支店工事部を含めた全体工程のフォローアップを毎月行い、工程の遅れ度合の把握、職員・作業員の配置計画見直し、施工機械の再配置等を行って、全体工程を確保した。

土工の遅れによる工程短縮の方策として、表層工は終盤に全延長を連続的に施工して、品質および平坦性を確保することが望ましいが、表層後の作業を前倒しで施工するため、工区を二分割し、起点側の盛土部(工区延長の約半分)を先行して表層まで施工することにより、工程を1か月以上短縮した(図-2)。

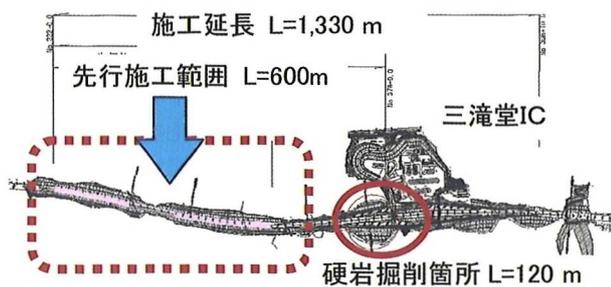


図-2 平倉地区舗装工事平面図

(2)関連業者間による工程調整

登米東和IC～三滝堂IC間の早期部分供用を目的として、関係関連業者10社で連絡協議会を設立、毎週打ち合わせを実施した。

関連業者10社の全体工程表の取りまとめ役を当社が担い、全体工程会議開催時の資料作成、修正工程表の全関係者への共有を遅滞なく実施できたことで、各社の工程遅延に的確な対応ができ、目標であった年度内完成に大きく貢献できた。

また、関連業者間で協力し、作業調整を密に行うことで、IC内で多くの業者が輻輳する中の作業であっても、一切のトラブルもなく無事故無災害で作業を終えることができた。

(3)道路土工における掘削方法の検討

岩盤の発現による施工量の低下の対策として、まず岩盤区分の判定を実施し工法の検討を行った。岩盤は簡易弾性波試験を実施した結果、1.3km/secで、亀裂間隔30～

50cm程度で、中硬岩と認められたため、発破による掘削を提案して、すぐさま発破の申請等の準備を行った。

まったく経験のない工事であり、申請等の準備に1か月半ほど時間が掛かったが、協力業者、支店の全面支援のもと発破を実施したことにより、掘削量が飛躍的に伸びた(1日平均40～70m³の掘削量が約520m³となった)。

これにより、目標であった年内で掘削工事が完了した(中硬岩掘削量 V=13,000m³)。

(4)TSによる工期短縮、品質確保の工夫

この現場では土工から舗装工事までTSの使用により、工期の短縮、品質の確保を行った。

土工はもちろん舗装工事でもTSによる出来形管理を実施することで、今まで検測や出来形確認に多くの人数を要していたが、労力や時間が軽減できた。また、出来形帳票作成時の作業が効率化できた。

本工事では施工速度の向上(工程短縮)およびさらなる仕上がり精度の向上を目的に、路床・路盤の敷き均し、整正作業はTSマシンコントロールシステムを採用した(図-3)。



写真-3 簡易弾性波試験の実施状況



写真-4 実施箇所(三滝堂IC付近)



写真-5 発破作業状況



図-3 TSマシンコントロールシステムの概要

施工はマシンコントロールシステムに自動追尾型のTSを用いることで、設定した高さ(設計)どおりにモーターグレーダのブレード(排土板)が自動制御可能となった。

よって、オペレータの技術や経験によらず、敷き均し精度がより向上・安定し、重機の反復動作が削減できることで、作業員との接触の危険が少なくなるなど、安全面でも大きく貢献できた。



写真-6 TSマシンコントロールシステムによる整正状況

その他の取組み

現場においては、これまでの経験を踏まえて種々の取組みを実施した。主な取組みを紹介する。

(1) 広報紙による周辺地域住民とのコミュニケーション

登米志津川道路の早期部分供用に向けた円滑な施工のためには、周辺地域の方々のご理解とご協力を得ることが必要不可欠であった。

本工事では、毎月1回簡単な自作の広報紙を配布し、地域の方々に工事情報の発信を行った(約50世帯)。

広報紙は進捗情報と、写真とイラストを用いて、現在施工中の工事内容をわかりやすく説明したものとした(図-4)。

現場の情報を常時発信することにより、地域の方々に工事を身近に感じてもらうことができた。



図-4 平倉地区舗装工事 広報紙の例 (12月号)

また、硬岩掘削としての発破作業がいつもより音が大きくなると事前にお知らせした結果、工事内容をご理解していただけたのか、クレームより励ましの声を多く聞くことができた。

(2) 若手育成

建設業界の作業環境は3K(キツイ・汚い・危険)のイメージがいまだに大きく、若手技術者が不足している原因の1つであると考えられる。

次代の建設業界をけん引する若手技術者の確保のためには、悪いイメージの払拭と仕事への誇りややりがいを持つこ

とが不可欠であり、未来の人材育成の一環として、建設業に就職希望する大学生を対象に現場見学会を開催した。

道路舗装会社の仕事を身近に感じ、現場で働く職員の日常を知ってもらいたく、職員の日常業務の紹介やTSを使用した測量業務の説明などを行った。

見学会は、盛り沢山な内容となったが、情熱は伝えることができたと感じられた。

また、新入職員を積極的に現場に受け入れ、弊社の将来を担う若手の教育の場を提供した。

技術者不足と言われているなか、「ものをつくる」魅力と「仕事の面白さ」を現場でしか伝えることができない「生きがい、働きがい」をどのような形で後輩達に受け継いでいくかを考えたとき、先輩である自分たちの表現する工夫、伝える力の向上と情熱が最も大切だと痛感した。

(3) 作業環境の改善

今回、新入職員のなかには2名の女性職員がいた。

最近、建設業界では女性活躍支援・推進に取り組んでいる。働く意欲のある女性は多いと思うが、「男性の職場」というイメージと、労働環境も整っていないため、建設業への入職や定着に結びついていないように思える。

女性が活躍するためには環境整備が必要であり、今回、作業環境の改善の1つとして、現場内に快適な簡易水洗トイレを設計・製造し現場に設置した。トイレは手洗い場を備えてある男女別の保温便座付洋式トイレである。寒い冬でも快適に使用でき、女性はもちろん男性にも好評であった。



写真-7 TSによる測量作業の説明



写真-8 新入職員の日常業務の説明



写真-9 簡易水洗トイレ外観および内部

(4) その他

現場においては、職員や作業員さん達が快適さを味わえるちょっとした工夫も行った。

①姿見の設置

舗装工事の繁忙期になると朝早くから日没まで作業することが多くなるが、朝礼やKY活動のあとに、安全掲示板の横に設置してある姿見により、ヘルメット、安全チョッキ、安全靴等の確認を習慣として全員にお願いした。

これは、服装の乱れは気の緩みや不安全行動の始まりと考え、その小さい芽を摘み取る役目を果たしたと思う。

②プランターの設置

現場のイメージアップの工夫として、フラワーポットを設置するが、維持管理の問題により造花とする場合が多いが、今回は世話が大変であったが生花にこだわり、水やりを欠かさず行った。

写真-10
姿見の設置写真-11 現場場所の安全掲示板、
フラワーポット設置

おわりに

平成28年4月16日に登米東和IC～三滝堂IC間の部分供用し、平成28年10月30日には三滝堂IC～志津川IC間が開通し、登米志津川道路は全線開通となりました。

開通することにより、南三陸町の津波浸水域を回避でき、災害時の緊急輸送路が確保されるだけでなく、国道45号や国道398号の線形不良箇所や交通混雑箇所を回避することができ、利便性と安全性が増しています。

また、仙台から三陸道1本でアクセスできるということで南三陸町の街づくりにも貢献できると期待されています。

私は今回の現場で復興道路関連の施工に携わるのは復興支援道路を含め3件目です。

1件目は震災直前に開通した釜石山田道路であり、初めて現場代理人として思い入れのある現場でもあります。震災時には「命の道」として570人の小中学生が現国道45号から石屋さんの庭先を通り高台の高規格道路に駆け上がって避難して助かった道路でした。

当時はテレビでも放映され「釜石の奇跡」と言われた現場周辺でした。あの現場では苦労もありましたが、「あの道路が開通したおかげで何とか助かった」という電話を頂き、そ

れが今の「やりがい」につながっていると思います(この話題は「国土交通省 道路局長に聞く 新時代にむけた道路整備と活用」道路建設 平成26年1月号、特別インタビューに掲載されています)。

2本目は平成29年3月26日に開通した阿武隈東道路です。3.11震災後の東京電力第1原子力発電所の事故当時は原発から約10km西側の常磐自動車道の富岡～浪江間の工事現場に従事しており、郡山に緊急避難しました。

その後、復興支援道路の阿武隈東道路の「松ヶ房トンネル」工事において、連続鉄筋コンクリート舗装と二車線道路の中央分離帯(コンクリート剛性防護柵)の施工をスリップフォーム工法で行うという貴重な経験が得られました。

当時は放射線被ばくと風評被害に悩んだ時期でもありましたが、現在もすこぶる健康で仕事をしています。

また、建設業における女性活躍推進については、平成26年8月に、建設業に携わる女性技術者・技能者を5年以内に倍増することを目指し、「もっと女性が活躍できる建設業行動計画」を官民共同で策定しました。

しかし、道路建設業においては、まだまだ女性技術者の数も少なくネットワークの形成やつながりが上手くできていないと感じています。

これからも少しでも地域のみなさまに喜んでいただけるような仕事を続けていきながら、女性技術者の一員として社会に貢献していきます。



写真-12 完成(切土部)



写真-13 完成(盛土部)

おまけですが、現在従事している現場(栗子地区改良舗装工事:東北地方整備局 福島河川国道事務所発注)において快適トイレがさらにレベルアップしました。皆さま(特に女性のかた大歓迎)のお越しをお待ちしております。



写真-14 快適トイレ(化粧室)のレベルアップ

粗面型ゴム粒子入り凍結抑制舗装

＝「アイストッパーR」＝

大林道路(株) 鈴木 徹

1. はじめに

凍結抑制舗装はロードヒーティング等の消雪効果を発揮するものではなく、降雪時や凍結初期に凍結抑制効果を発揮し、冬期の路面管理を補う工法である。つまり、路面の凍結する時間帯や期間を短くできること、凍結防止剤の散布量、散布回数や除雪作業回数を減らすこと、除雪の効率化などの効果を狙ったものである。このような効果から、スリップ事故の低減による交通安全確保、凍結防止剤散布量の低減による沿道環境保全および冬期路面管理コスト低減につながると考えられる。

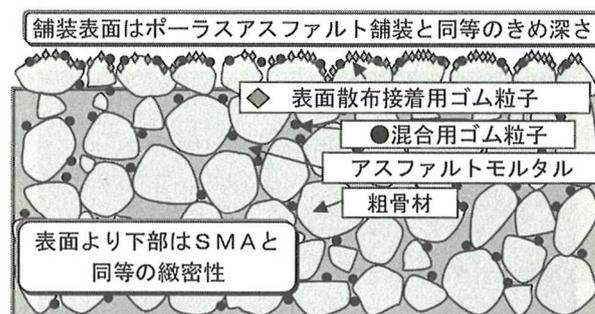
これまでにゴム粒子を使った物理系凍結抑制舗装について当社は、長年の研究を重ね、様々な条件や要求性能・機能に応じて4工法を開発・改良し、施工実績に結びつけている。

本稿では、当社凍結抑制舗装の一つである、粗面型ゴム粒子入り凍結抑制舗装「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。

2. 工法概要

アイストッパーR (NETIS:KT-140064-VR) は、碎石マスチック舗装(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・接着させたもので、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あり、表面より下部は碎石マスチック舗装と同等に骨材間隙が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。概念図を第1図に、舗装表面を写真1に示す。



第1図 アイストッパーRの概念図

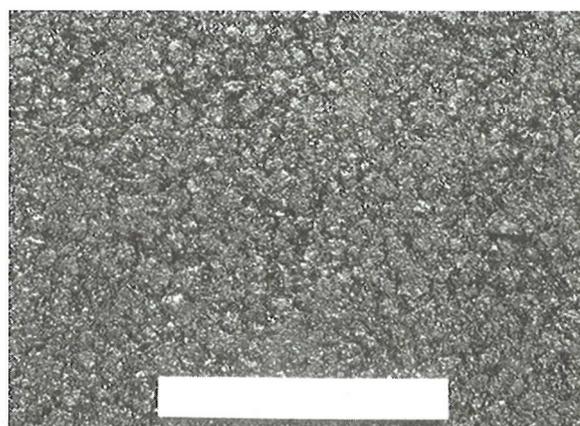


写真1 アイストッパーRの舗装表面

アイストッパーRの特長を以下に示す。

① 舗装表面および混合物中のゴム粒子によ

り、凍結抑制機能を発揮する。

- ② 舗装表面のきめ深さにより降雨時における路面の水膜発生を抑制し、走行安全性を確保する。
- ③ 砕石マスチック舗装（粗面型）と同様な骨材飛散抵抗性、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。

本工法は、重交通量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、冬期や降雨時の走行安全性が望まれる箇所へ適用できる。

3. 混合物製造および施工

3-1 混合物の製造

混合物の製造時にゴム粒子を混合する以外は、通常のアスファルト混合物と同様にアスファルトプラントで製造することができる。

混合物性状の一例を第1表に示す。

第1表 混合物性状の一例

動的安定度(回/mm)	6300
カンタプロ損失率(-20°C)(%)	4.2
摩耗量(cm ²)	0.37
きめ深さ(MPD)(mm)	1.2
透水係数(cm/sec)	不透水

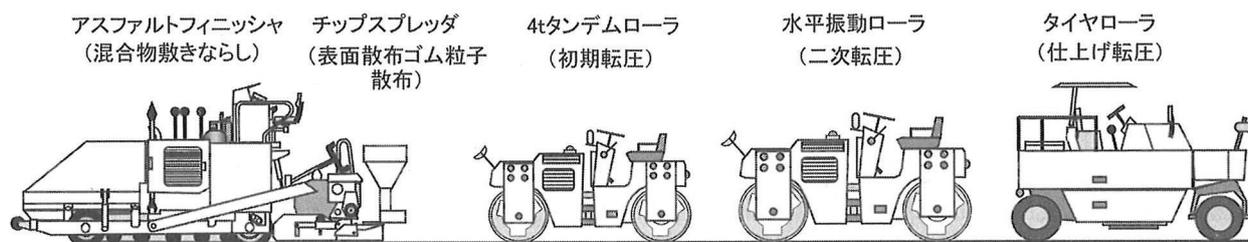
3-2 施工

アイストッパーRは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施工が可能である。施工機械編成例を第2図に、ゴムチップスプレッダを写真2に示す。アスファルトフィニッシャのステップに、ディスク散布方式のゴムチップスプレッダを取り付けており、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方式となっている。

4. 凍結抑制効果の検証（室内）

4-1 氷着引張強度試験

氷着引張強度試験結果を第3図に示す。比較として、アイストッパーR以外の当社凍結抑制



第2図 アイストッパーRの施工機械編成例

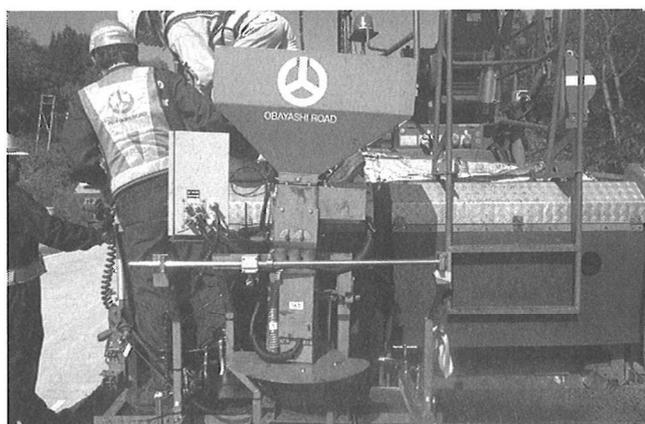
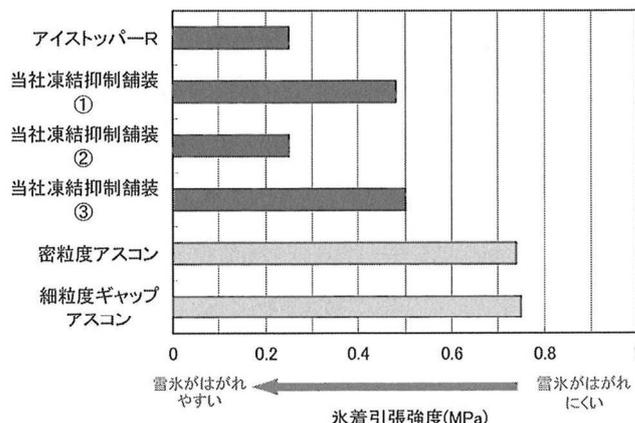


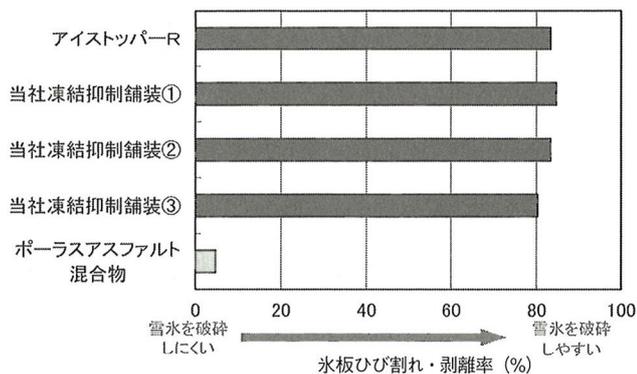
写真2 ゴムチップスプレッダ



第3図 氷着引張強度試験結果

舗装3工法を併せて示す。密粒度アスコンおよび細粒度ギャップアスコンと比較して氷着引張強度は小さく雪氷がはがれやすいことが確認できる。なお、アイストッパーRと当社凍結抑制舗装②は氷板の接触面積が小さいことから、他2工法と比較して氷着引張強度は小さい値となっている。

凍結抑制効果の検証として、交通荷重により氷板が破砕する状態をシミュレートした氷板ホイールトラッキング試験を実施した。試験結果を第4図に示す。ポーラスアスファルト混合物の氷板・ひび割れ剥離率は5%程度であるのに対し、アイストッパーRは80%以上となっており、雪氷を破砕しやすいことが確認できる。



第4図 氷板WT試験結果

4-2 冬期路面状況

写真3に東北地域におけるアイストッパーR施工箇所の冬期路面状況の一例を示す。この画

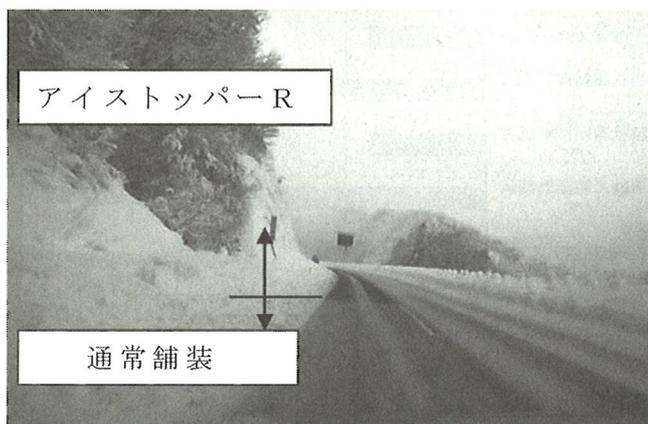


写真3 冬季路面状況の一例

像は、写真4に示すように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、動画から静止画を抽出した画像である。



写真4 デジタルビデオ設置状況

写真3より、手前側の通常舗装は路面上に白く雪氷が残っているが、工区堺から奥側のアイストッパーR施工箇所は路面が露出していることがわかる

写真5～写真7に北陸地域におけるアイストッパーR施工箇所の一冬目、二冬目および四冬目の冬期路面状況を示す。いずれも同一路線である。

前述のように走行車両からの調査ではなく、近傍からのデジタルカメラによる画像である。

一冬目、二冬目、四冬目とも、アイストッパーR工区は路面が露出しているが、通常舗装工区は雪氷が洗濯板状に根付いている。

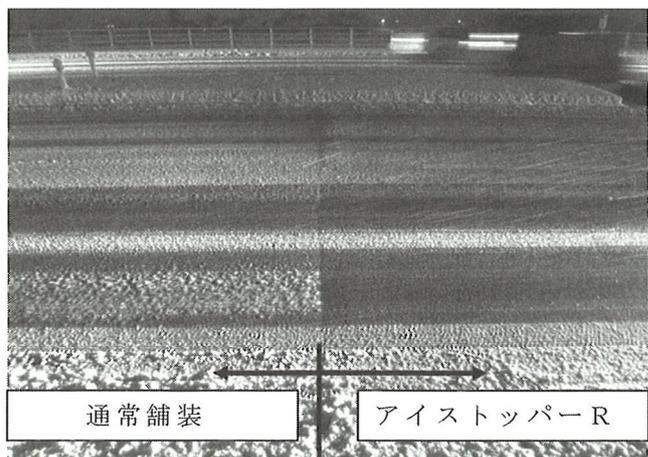


写真5 冬季路面状況（一冬目）

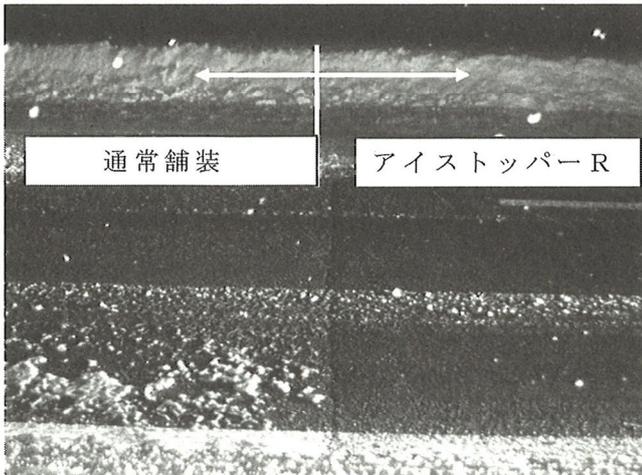


写真6 冬季路面状況（二冬目）



写真8 騒音計の設置状況

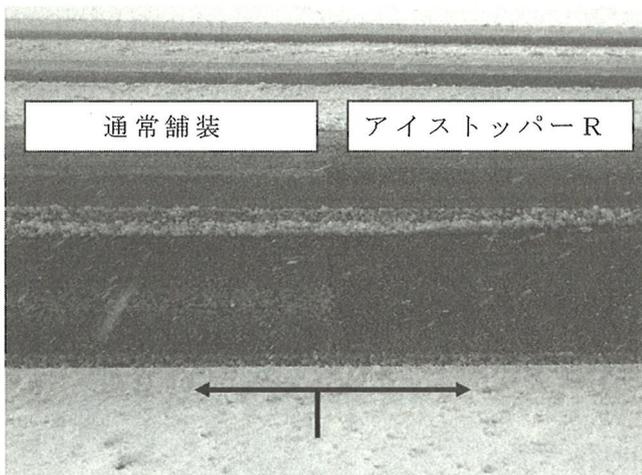
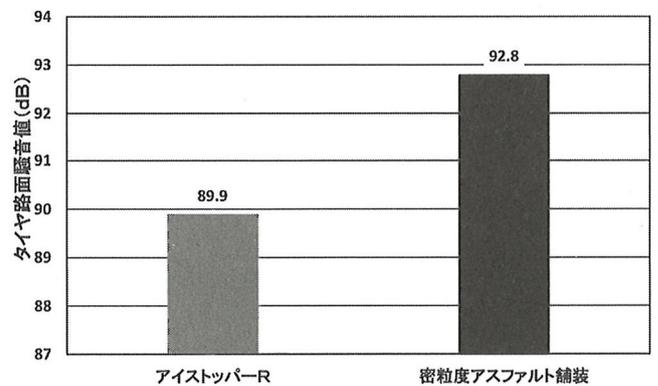


写真7 冬季路面状況（四冬目）



第5図 タイヤ路面騒音測定結果

以上、室内試験、冬期現道状況においてアイストッパーRは高い凍結抑制効果が期待できる工法である。

4-3 その他の性能

(1) 騒音低減効果

タイヤ路面騒音の測定方法は、「舗装調査・試験法便覧S027-1T普通タイヤによるタイヤ路面騒音測定方法」に準拠した。騒音計の設置状況を写真8に示す。測定結果を第5図に示す。

第5図より、アイストッパーRの騒音値は89.9dB、密粒度アスファルト舗装は92.8dBであり、アイストッパーRは3dB程度の路面騒音の低減効果が確認された。

(2) 水膜防止効果

写真9に雨天時の路面状況を示す。

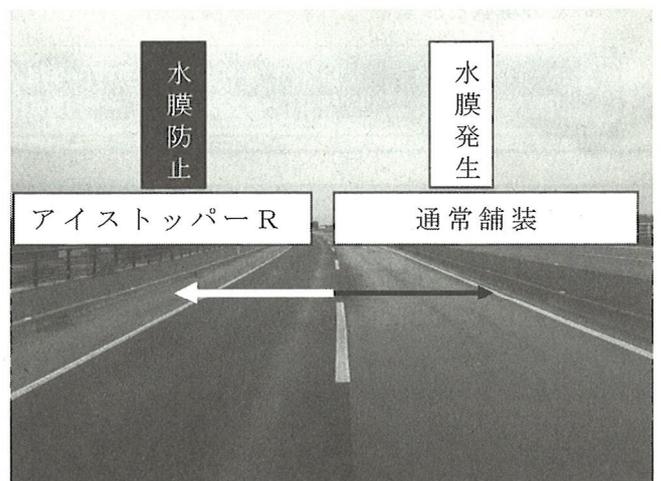


写真9 雨天時の路面状況

通常舗装の方は水膜が発生し、水光りがあるのに対して、アイストッパーRの方は水膜が発生せず、視認性が向上し、走行安全性に寄与するものと考えられる。

5. おわりに

本稿で紹介した粗面型ゴム粒子入り凍結抑制舗装「アイストッパーR」は、大きな凍結抑制効果が期待できる工法である。また、冬期の走行安全性確保だけでなく、雨天時においても水膜防止など、年間を通して走行安全性に配慮した工法である。

最後に、当該凍結抑制舗装が道路利用者の冬期の交通安全確保の一助になれば幸甚である。

【筆者紹介】

鈴木 徹

大林道路㈱ 技術部 副部長

<主なる業務歴および資格>

1992年4月、大林道路㈱入社。工事事務所、技術研究所、2017年4月現在に至る。

技術士（建設部門）

<会社の主な事業内容>

道路工事、舗装工事、造園、敷地造成工事、上下水道工事その他の土木工事及び建築工事。アスファルト混合物の製造及び販売。アスファルト及びコンクリート廃材の中間処理業務。