

## 目次

### 調査・研究

- 耐流動性と耐油性に優れた高耐久アスファルト混合物の開発 ..... 小林靖明・山原詩織・東本崇 ..... 1
- 透水性コンクリート舗装(研磨仕様)の試験施工 ..... 藤井秀夫 ..... 5

### 施工報告

- 早期交通開放型コンクリート舗装(1DAY PAVE)の施工事例 ..... 大貫洋一・吉川武弘・南雲克之 ..... 11
- 外構工事におけるオーククレー・オークウッドの施工 ..... 種田龍一・栗原崇 ..... 15
- 高層住宅外構工事における景観舗装の施工 ..... 安達巧雄・渡邊潤一・小岩和雄・石田健 ..... 19
- 古街の景観と温暖化対策のための保水性舗装の施工 ..... 林滉大・大野倫弘 ..... 23
- 陸上競技場のトラックおよびフィールド舗装の施工 ..... 渡邊恵好・澤田和則・南賢一 ..... 27
- 高速道路における伸縮装置取替の施工事例 ..... 阿久津健次・金原貴 ..... 31
- 高性能床版防水(グレートII)の施工事例 ..... 野口真早仁・伊藤 肇・狩野行則 ..... 35
- 下水施設の再構築一事前の調査診断から工事の完成まで ..... 菊池邦弥・佐々木公和 ..... 39
- 光硬化工法による既設排水管の補強事例 ..... 中嶋朋也・米田雅俊・吉川朋幹 ..... 43
- 震災によって傾いた外部タンク基礎の修復事例 ..... 木村友哉・松尾輝巳 ..... 47
- 橋梁下部工耐震工事における基礎杭工法の変更事例 ..... 高沢俊之・八木英雄 ..... 51
- Dokaセルフクライミングシステムによる高橋脚の施工事例 ..... 高橋政昭・佐藤憲一・飯塚角男 ..... 55

### 海外出張報告

- 第26回世界道路会議(アブダビ大会)に参加して ..... 横山昂洋・鈴木徹 ..... 59

### 社外発表(土木学会第74回年次学術講演会—令和元年9月)

- 交通規制時の路面点滅誘導灯の開発と一対比較法による客観的評価 ..... 福井真男・武田有加里・保木本壽之・山岡良平 ..... 63
- SFRCにおける鋼繊維の分散性評価方法(非破壊検査) ..... 藤井秀夫・小関裕二 ..... 65
- 加熱サイロ貯蔵時の再生アスファルト混合物の劣化評価手法に関する一検討 ..... 小林靖明・上地俊孝・東本崇 ..... 67
- 硬化機構に着目した全天候型常温混合物の開発 ..... 上地俊孝・山原詩織・東本崇 ..... 69
- ICT舗装工における地上型レーザーキャナとGNSSを用いた  
三次元計測の効率化 ..... 佐藤正憲・山口雄希・森石一志・富山和也 ..... 71
- 点群データを活用した路面プロファイルの取得について ..... 森石一志・富山和也 ..... 73
- 研磨したポーラスアスファルト舗装における色彩と光沢の測定について ..... 小嶋匠・掛札さくら ..... 75

### 社外発表(第33回日本道路会議—令和元年11月)

- 再生用添加剤の再生効果の要素に関する一検討 ..... 梅本毅史・木谷貴宏・東本崇 ..... 77
- 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 ..... 79
- 加熱アスファルト混合物の作業性評価方法に関する一検討 ..... 小林靖明・小澤光一 ..... 81
- ポーラスアスファルト舗装の締固め度と研磨時の耐久性 ..... 掛札さくら・小嶋匠・藤原栄吾 ..... 83
- 透水性コンクリート舗装(研磨仕様)試験施工事例 ..... 藤井秀夫・中齊菜・小関裕二 ..... 85
- ICT舗装工における地上型レーザーキャナを用いた出来形管理の効率化 ..... 田原康平・森石一志・山口雄希・富山和也 ..... 87
- コンクリート舗装における早期切断目地に寄与する養生剤使用の検討 ..... 中齊菜・藤井秀夫 ..... 89
- 常温アスファルト混合物の品質管理手法における一検討 ..... 山原詩織・上地俊孝・東本崇 ..... 91
- ICT舗装工における効果と課題 ..... 野垣内毅 ..... 93

### 社外発表(第24回北陸建設技術報告会—令和元年10月)

- 全天候型高耐久常温アスファルト合材(案ファルト)の開発 ..... 上地俊孝・東本崇・山原詩織 ..... 95

### 社外誌掲載

- カンボジアにおける橋面舗装(SFRC) ..... 鈴木徹 ..... 99  
(雑誌「道路建設」令和元年7月号)
- 舗装の汚れに特化した洗浄剤について ..... 掛札さくら・澤田昭吾 ..... 103  
(雑誌「アスファルト合材」令和元年10月号)

### 社外誌掲載(雑誌「舗装」令和元年)—報文記載なし

- 実道における凍結抑制舗装の効果の観測条件に関する一考察(1月号) ..... 上地俊孝・東本崇・鈴木徹
- 硬化機構に着目した全天候型常温混合物の開発(7月号) ..... 上地俊孝・東本崇・山原詩織・峯映博・松田幸洋
- 衝撃吸収性能評価を用いたゴムチップ舗装の設計事例(7月号) ..... 焼山明生・鈴木徹・稲葉行則
- 石貼り風半たわみ性舗装の変化部における目地デザインの記述化(8月号) ..... 武田有加里・小嶋匠・光谷修平・堀厚子・堀繁

### 社外誌掲載(雑誌「建設機械」令和元年)—報文記載なし

- 転圧機械の接触事故防止対策—ローラの緊急停止装置(1月号) ..... 池田恭平

## 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

企業理念を実現するための経営規範と行動規範

### 経営規範

---

1. 人々の期待に応え時代を先取りした技術により  
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

# 耐流動性と耐油性に優れた高耐久アスファルト混合物の開発

小林 靖明\*  
山原 詩織\*\*  
東本 崇\*\*\*

## 1. はじめに

少子高齢化・人口減少により社会資本整備費の抑制が求められる中、(公社)日本道路協会の「今後の取り組み方針中間報告<sup>1)</sup>」やNEXCOの「長寿命化に資する次世代舗装技術の一般公募<sup>2)</sup>」にみられるように、舗装の長寿命化が社会的要請となっている。また、物流の増加やドライバー不足によって車両の大型化が進んでおり、工場や物流センターなどの重荷重車両が走行・駐停車する施設の舗装においても、より高耐久な舗装が求められている。

工場や物流センターなどの構内舗装においては、通常、ポリマー改質アスファルトを使用したアスファルト舗装や半たわみ性舗装が適用されている。しかし、前者においては、後者と比較して耐流動性や耐油性が劣り、後者においては、工種が増える、交通開放までの養生時間が長い、といった課題がある。

そこで、筆者らは、これらの課題を解決するために、耐流動性および耐油性に優れた高耐久アスファルト混合物について開発を行い、現在、試験施工を実施するところまでに至っている。

本文は、開発した高耐久アスファルト混合物について、室内における検討結果と当社構内で実施した試験施工結果について報告するものである。

## 2. 開発のコンセプト

開発のコンセプトを以下に示す。

- ・アスファルト合材工場で製造可能な混合物とする。
- ・一般的なアスファルト舗装で使用する機械編成で施工可能な混合物とする。
- ・ポリマー改質アスファルト混合物よりも耐流動性および耐油性に優れた混合物とする。
- ・以上より、一般的なアスファルト混合物に特殊添加材をプラントミックスする形式の混合物とする。

## 3. 室内検討

### 3-1 特殊添加材

特殊添加材の概要を表-1に、外観を写真-1に示す。本特殊添加材は熱可塑性樹脂の一種であり、プラントミックスで使用する。

表-1 特殊添加材の概要

形状	粉末状(1mm程度)
色	白色
密度	0.93g/cm <sup>3</sup>



写真-1 特殊添加材外観

### 3-2 混合物の配合

ベースとする混合物の種類はポリマー改質アスファルトII型を使用した密粒度アスファルト混合物(13)(以下、改質II型アスコン)とした。混合物の合成粒度を表-2に示す。なお、アスファルト量は5.5%とした。

特殊添加材の添加量は、アスファルト量に対して0、10、15、20%とし、添加量と混合物性状の関係から、最適な添加量を決定した。

表-2 混合物の合成粒度

ふるい目(mm)	19.0	13.2	4.75	2.36	0.6	0.3	0.15	0.075
通過質量百分率(%)	100.0	98.5	65.9	45.5	28.5	18.7	9.0	5.8

### 3-3 試験項目

試験項目を表-3に示す。評価する項目として、耐流動性、耐油性、たわみ追従性および骨材飛散抵抗性とした。

表-3 試験項目

評価する性能	試験項目	測定項目	試験方法等
耐流動性	ホイール トラッキング試験	動的安定度 回/mm	舗装調査・試験法便覧 B003
耐油性 <sup>3)</sup>	油浸漬試験 <sup>*1</sup>	油浸漬後質量損失率 <sup>*2</sup> %	油浸漬前後の供試体 質量を測定
		油浸漬後残留安定度 <sup>*3</sup> %	油浸漬後、60°Cで マーシャル安定度試験
たわみ追従性	曲げ試験 (-10°C)	破断時の曲げ強度 MPa 破断時のひずみ ×10 <sup>-3</sup>	舗装調査・試験法便覧 B005
骨材飛散抵抗 性	ねじり骨材飛散試験 (供試体旋回タイプ)	ねじり骨材飛散量 g	舗装調査・試験法便覧 B021

\*1 マーシャル試験用供試体を灯油に48時間浸漬後、20°Cで12時間以上乾燥養生

\*2 油浸漬後質量損失率(%) =  $\frac{\text{油浸漬前供試体質量(g)} - \text{油浸漬後供試体質量(g)}}{\text{油浸漬前供試体質量(g)}} \times 100$

\*3 油浸漬後残留安定度(%) =  $\frac{\text{油浸漬後マーシャル安定度(kN)}}{\text{油浸漬前マーシャル安定度(kN)}} \times 100$

### 3-4 試験結果

#### (1) 耐流動性

ホイールトラッキング試験による動的安定度と特殊添加材量の関係を図-3に示す。0%と15%添加を比較すると、動的安定度が6,300回/mmから21,000回/mmまで上昇した。動的安定度は特殊添加材の添加量を増やすと大きくなるが、15%以上で改質効果は横ばいになった。

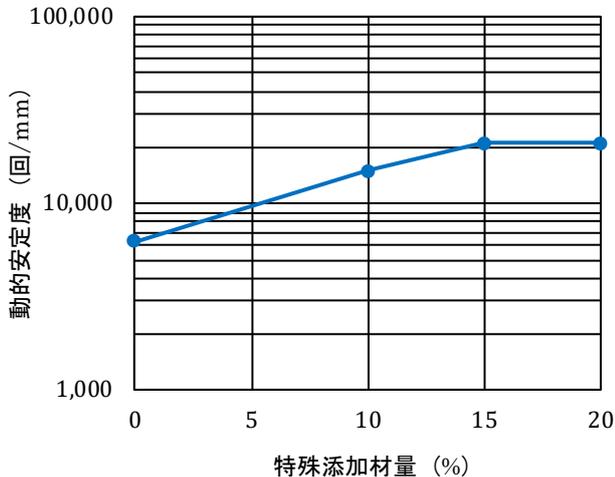


図-1 動的安定度と特殊添加材量の関係

#### (2) 耐油性

油浸漬試験による油浸漬後質量損失率と特殊添加材量の関係を図-2に、油浸漬後残留安定度と特殊添加材量の関係を図-3に示す。また、油浸漬後の供試体状況を写真-2に示す。図-2から特殊添加材を0%から15%まで増やすと、損失率が5.2%から0.4%まで減少した。図-3から、油浸漬後の残留安定度についても特殊添加材を0%から15%まで増やすと54.7%から79.5%まで直線的に上昇した。写真-2から特殊添加材量が0%の場合、アスファルトモルタルが剥脱しているのに対し、特殊添加材量15%では原形を保っていることが確認された。

以上の結果から、添加量15%程度で耐油性を十分に付与できるとわかった。

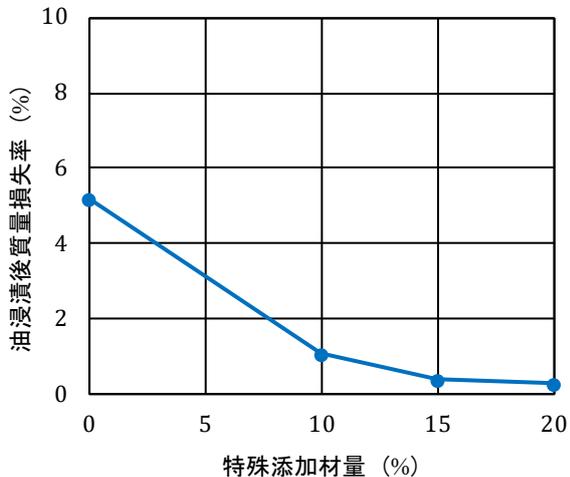


図-2 油浸漬後質量損失率と特殊添加材量の関係

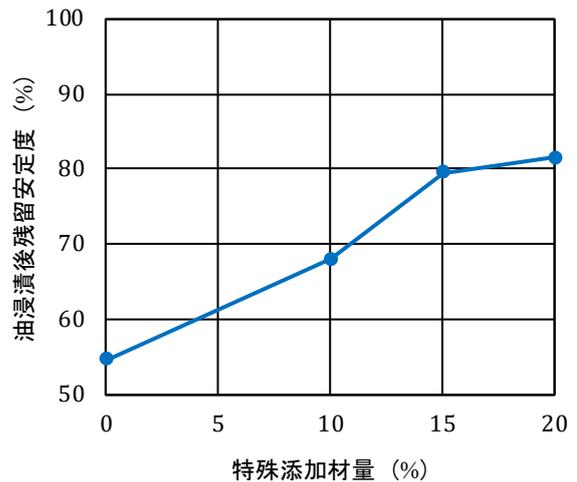


図-3 油浸漬残留安定度と特殊添加材量の関係

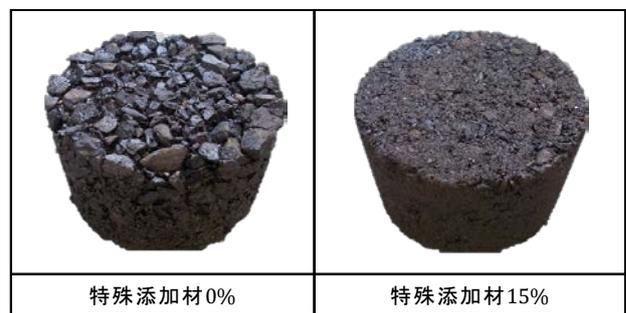


写真-2 油浸漬後の供試体

#### (3) たわみ追従性

曲げ試験による曲げ強度と特殊添加材量の関係を図-4に、破断時のひずみと特殊添加材量の関係を図-5に示す。図-4から特殊添加材を添加することによって、曲げ強度が大きくなるのがわかった。特殊添加材量10~20%においては、添加量による曲げ強度に大きな差はみられなかった。図-5から添加量にかかわらず、破断時のひずみはほとんど変わらなかった。

以上の結果から、特殊添加材を添加することで、曲げ強度は大きくなるが、たわみ追従性は低下しないことが確認された。

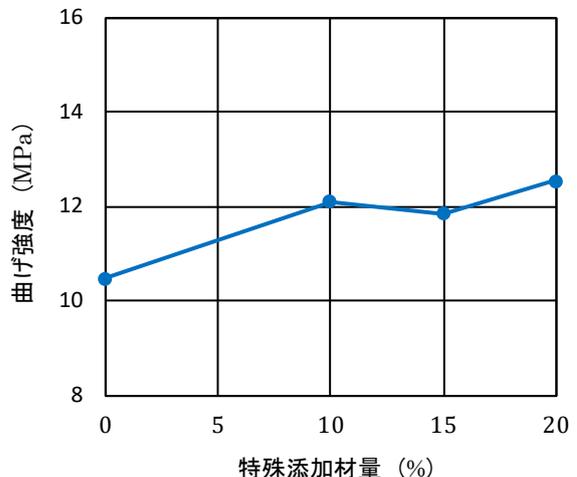


図-4 曲げ強度と特殊添加材量の関係

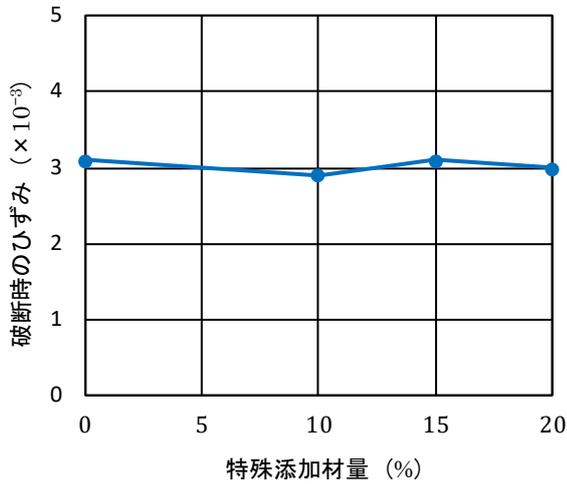


図-5 破断時のひずみと特殊添加材量の関係

#### (4)ねじり骨材飛散抵抗性

特殊添加材量 0%と 15%におけるねじり骨材飛散試験結果を図-6に示す。図-6から、骨材飛散量は、添加量 0%で 58.6gであったのに対し、添加量 15%では 10.0gであった。このことから、特殊添加材を添加することで、骨材飛散抵抗性が向上することがわかった。

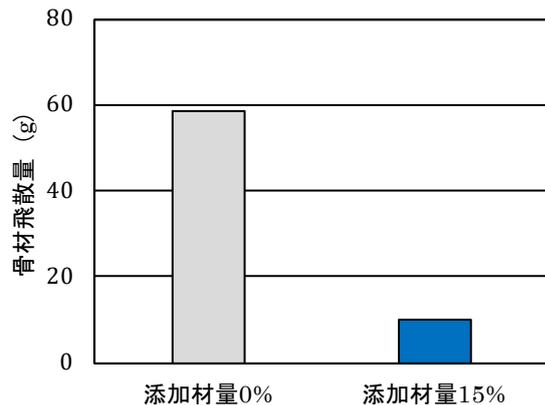


図-6 ねじり骨材飛散試験結果

### 3-5 室内検討のまとめ

改質Ⅱ型アスコンに特殊添加材を適用することで、たわみ追従性を保ったまま耐流動性、耐油性および骨材飛散抵抗性の改善が可能であった。性能改善効果と経済性を考慮して、特殊添加材の配合量をアスファルト量に対して外割で 15%に決定した。以降、本混合物を高耐久アスコンと称す。

## 4. 試験施工

### 4-1 試験施工概要

高耐久アスコンの施工性および供用性を確認するため、当社構内において試験施工を実施した。なお、比較工区と

して改質Ⅱ型アスコンと半たわみ性舗装を施工した。基層(改質Ⅱ型粗粒度アスファルト混合物)を施工した上に、タックコート(PK-4)を散布して、各工区を舗設した。試験施工概要を表-4、試験施工ヤードを図-7に示す。

表-4 試験施工概要

項目	内容
施工場所	当社材工場構内
施工時期	2019年9月
施工内容	高耐久アスコン：100m <sup>2</sup> 改質Ⅱ型アスコン：50m <sup>2</sup> 半たわみ性舗装：50m <sup>2</sup>
施工機械	敷きならし：アスファルトフィニッシャ 初転圧：マカダムローラ 二次転圧：タイヤローラ

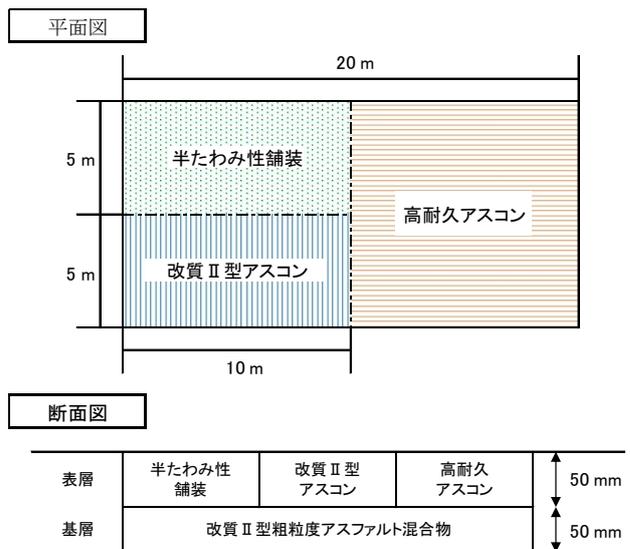


図-7 試験施工ヤード

### 4-2 実機製造混合物の性状

プラントで製造した混合物の性状を表-5に示す。動的安定度に着目すると、高耐久アスコンは14,000回/mm、改質Ⅱ型アスコンは9,692回/mmであった。耐油性に関しては、高耐久アスコンの油浸漬後質量損失率が0.2%、油浸漬後残留安定度が82.5%であった。一方、改質Ⅱ型アスコンの油浸漬後質量損失率は6.5%、油浸漬後残留安定度は56.0%であった。

これらの結果から、実機製造した高耐久アスコンは、室内検討時と同様に、改質Ⅱ型アスコンよりも高い耐流動性と耐油性を有することが確認できた。半たわみ性舗装については、動的安定度が25,200回/mm、油浸漬後質量損失率が0%と、高耐久アスコンよりも高い耐流動性と耐油性を有していた。しかし、施工コストや手間の面では、半たわみ性舗装より高耐久アスコンの方に優位性があると考えられる。

表-5 実機製造混合物の性状

混合物種	耐流動性	耐油性		たわみ追従性	
	動的安定度 (回/mm)	油浸漬後 質量損失率 (%)	油浸漬後 残留安定度 (%)	曲げ強度 (MPa)	破断時の ひずみ (×10 <sup>-3</sup> )
高耐久アスコン	14,000	0.2	82.5	11.135	3.2
改質Ⅱ型アスコン	9,692	6.5	56.0	10.733	3.4
半たわみ性舗装	25,200	0	140.3	6.469	2.6

#### 4-3 試験施工

試験施工状況を写真-3 に、試験施工箇所全景を写真-4 に示す。一般的な改質Ⅱ型アスコンと同様に、各工区の敷きならし温度は $165 \pm 10^{\circ}\text{C}$ 、初転圧温度は $160 \pm 5^{\circ}\text{C}$ を目標とした。施工の際、作業員から、スコップやレーキで高耐久アスコンを取り扱ったときの感覚が、改質Ⅱ型アスコンより若干重いとの評価があった。しかし、施工時の締固め度は、高耐久アスコンで97.9%、改質Ⅱ型アスコンで98.2%と、ほとんど変わらなかった。人力施工による狭小箇所の施工には、検討の余地がある一方、機械施工であれば、改質Ⅱ型アスコンと同様に施工できると判断した。

#### 5. おわりに

一般的な改質Ⅱ型アスコンに特殊添加材を加えることで、高い耐流動性と耐油性を付与することができた。

また、試験施工においては、改質Ⅱ型アスコンよりも高耐久、かつ一定の施工性を保持した混合物が製造できることを確認した。

今後は、試験施工箇所の追跡調査を実施し、高耐久アスコンの長期供用性を確認していく所存である。

#### 【参考文献】

- 1) 日本道路協会：舗装委員会における今後の取り組み方針 中間とりまとめ—新時代の舗装技術に挑戦する—、[https://www.road.or.jp/technique/pdf/hosou\\_chukan.pdf](https://www.road.or.jp/technique/pdf/hosou_chukan.pdf) (2020.2.25 閲覧)
- 2) NEXCO 中日本 HP、[https://www.c-nexco.co.jp/corporate/pressroom/news\\_release/4626.html](https://www.c-nexco.co.jp/corporate/pressroom/news_release/4626.html) (2020.2.25 閲覧)
- 3) 杉山ほか：高安定性アスファルト混合物の耐油性評価方法と施工事例について、平成 24 年度近畿地方整備局研究発表会、新技術・新工法部門 (2012)



写真-3 試験施工状況



写真-4 試験施工箇所全景

# 透水性コンクリート舗装(研磨仕様)の試験施工

藤井 秀夫\*

## 1. はじめに

透水性コンクリート舗装は、同業他社が保有している一般的な技術である。

本試験施工は、汎用性のある透水性コンクリートの配合を構築するとともに、その施工性および施工方法を確立することを目的として実施した。また、当社保有工法の研磨による表面性状の評価も合わせて実施した。

なお、コンクリートの配合は、一般的な生コンプラントで特別な混和材等を投入することなく製造可能なものとした。

## 2. 目的

試験施工の目的は、以下のとおりである。

- ①コンクリートの製造方法の検討
- ②現場における舗設方法の検討
- ③供用性および耐久性の評価

## 3. 計画の概要

計画の概要は、以下のとおりである(図-1、2参照)。

- ・施工年月日：平成31年2月20日(予備練り)  
2月21日(本施工)
- ・施工箇所：機械センター内

- ・施工形態：フルデプスポーラスコンクリートを敷きならし、表面を研磨する。
- ・舗装面積：  
A工区(5mmtop)、B工区(13mmtop) - 3.0×5.0m  
C工区(13mmtop)、D工区(40mmtop) - 3.0×2.5m  
すり付け区間(13mmtop) - 3.0×1.0m
- ・施工厚：t=10cm(A、B工区)  
t=15cm(C、D工区)  
t=10~15cm(すり付け区間)

## 4. 使用材料

透水性コンクリート版工の使用材料を表-1に示す。

表-1 使用材料

種別	材料名
細骨材	砕砂 フレコン
	砕石40-20 フレコン
粗骨材	5号砕石 フレコン
	6号砕石 フレコン
	7号砕石 フレコン
セメント	普通ポルトランドセメント25kg袋
混和剤	高性能AE減水剤
目地材	瀝青繊維質目地材
	常温注入式目地材
養生剤	浸透型表面養生剤

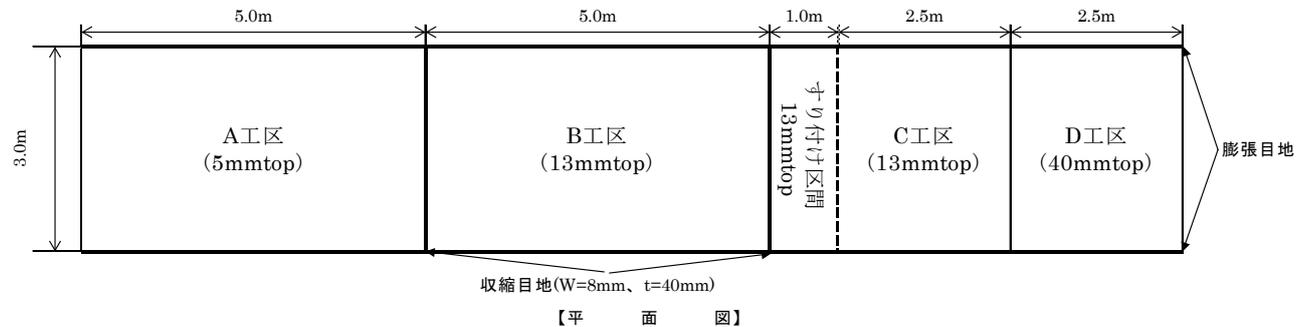
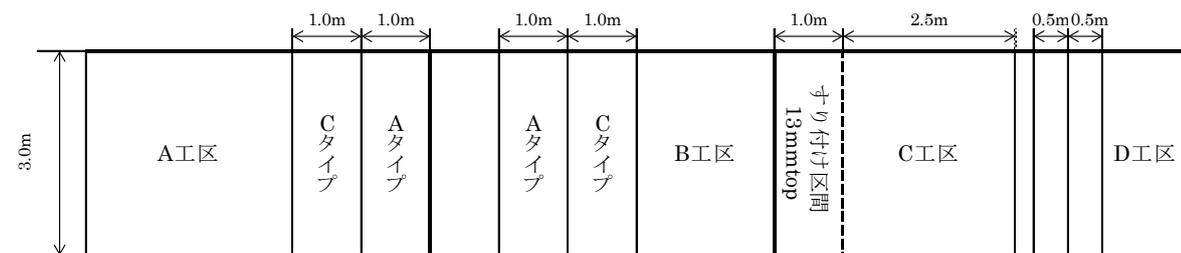


図-1 舗装計画図



## 5. 使用機械

透水性コンクリート版工の使用機械を表-2示す。

表-2 使用機械

項目	機 械 名	諸元・仕様
製 造	DMC-12	0.36m <sup>3</sup>
	ユニット装置	
運 搬	ホイールローダ	0.5m <sup>3</sup>
敷きならし	フェーゲルS-1603	2.5~7m
締 固 め	タンデムローラ	6t
	ハンドガイド式 振動ローラ	0.6t
	振動コンパクト	前後進型 60kg
研 磨	大型研磨機	
	集塵機1	研磨機用
	集塵機2	路面清掃・ サンダー用
	サンダー	端部処理用
	発電機	

## 6. 作業人員

透水性コンクリート舗装の作業人員を表-3示す。

表-3 作業人員

工 種	項 目	人 員 名	人数
既設コンクリート と既設路盤撤去	はつり	機械センター職員	3名
	積込み		
	運 搬		
路盤工	運 搬	機械センター職員	3名
	敷きならし		
	締 固 め		
透水性 コンクリート版工	製 造	アルボルデマンサナ(株)	1名
		機械センター職員	2名
	運 搬	機械センター職員	1名
		機械センター職員	2名
	敷きならし	機械センター職員	2名
	締 固 め	機械センター職員	2名
研 磨	第一カッター興業(株)	4名	

## 7. コンクリートの配合

透水性コンクリートの示方配合を表-4示す。

細骨材および粗骨材の表面水率を事前に乾燥法によって測定した。その結果、細骨材と粗骨材の表面水率は、それぞれ1.92%と0.40%であった。

表-4 示方配合

配合種	設計 空隙率 (%)	W/C (%)	モルタル 粗骨材 空隙比	ペースト 細骨材 空隙比	単 位 量(kg/m <sup>3</sup> )				混和剤 (g/m <sup>3</sup> )	備 考
					水	セメント	細骨材	粗骨材		
40mmtop	24.0	17.5	0.59	7.00	82	342	116	1,560	3,420	設計強度 σ 28=4.5N/mm <sup>2</sup>
13mmtop	24.0	17.5	0.58	7.00	83	346	116	1,555	3,460	
5mmtop	25.0	17.5	0.61	5.00	92	368	176	1,452	3,680	

表-5 修正配合

配合種	設計 空隙率 (%)	W/C (%)	モルタル 粗骨材 空隙比	ペースト 細骨材 空隙比	単 位 量(kg/m <sup>3</sup> )				混和剤 (g/m <sup>3</sup> )	備 考
					水	セメント	細骨材	粗骨材		
40mmtop	24.0	17.5	0.59	7.00	67	333	114	1,582	3,330	設計強度 σ 28=4.5N/mm <sup>2</sup>
13mmtop	24.0	17.5	0.58	7.00	62	338	116	1,578	3,380	
5mmtop	25.0	17.5	0.61	5.00	85	372	182	1,441	3,720	

表面水率に対する補正を行った修正配合を表-5示す。

## 8. 施工方法

施工フローを図-3に示す。

施工方法は以下のとおりである。

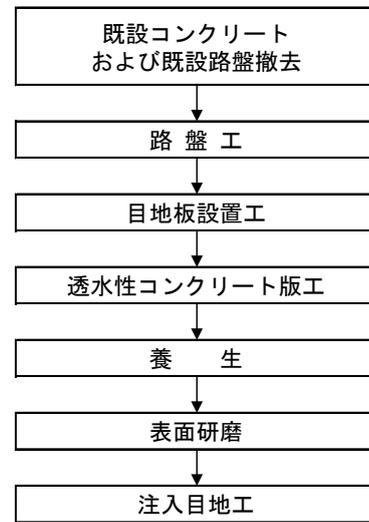


図-3 施工フロー

### ①既設コンクリートおよび既設路盤撤去

建屋と反対側の既設コンクリート舗装版(t=300、W=200)を予めカッターで切断し、撤去を行なった。既設コンクリートは廃材として処理し、既設路盤材は場内流用した。

### ②路盤工

C-40を所定の厚さ(仕上がり厚15cm)に敷きならし、振動マカダムローラと振動タイヤローラによって転圧を行い、コンクリートの厚さが確保できるよう設計高さに注意し仕上げた。

### ③目地板設置工

建屋側の既設コンクリートの側面にコンクリート釘を使用して仕上げ高さに注意して目地板(ケンタイトt=10mm)を設置した。

#### ④透水性コンクリート版工

移動式プラント DMC-12(1 バッチ 0.36m<sup>3</sup>)を使用してコンクリートを練り混ぜた。



写真-1 混練作業のイメージ

コンクリートの余盛り(設計厚の 2 割程度)を考慮し、ベースペーパーによって敷きならし、タンデムローラで転圧した。また、端部等で不陸が生じた場合は、サイドローラまたは振動コンパクタ等で再度転圧を行った。

仕上がりの目安は、表面の研磨を考慮し、設計高さ +5mm とした。被膜養生剤を散布した後、コンクリート面にビニールシートを被せ、気泡緩衝材(プチプチシート)をその上部に 1 枚乗せ、最上部はブルーシートによって覆った。養生日数は 7 日間とした。

#### ⑤表面研磨

表面研磨は、透水性コンクリートの粗骨材最大寸法別にそれぞれ A(光沢仕上げ)、C(粗面仕上げ)タイプを実施した。

#### ⑥注入目地工

透水性コンクリートの膨張目地と収縮目地箇所に所定の深さ(t=40mm)に注入を行った。

### 9. 管理項目

施工管理基準を表-6 に、品質管理基準を表-7 示す。

### 10. 試験施工結果および考察

試験施工時に調査した結果を整理し、その考察を以下に記述する。

#### 10-1 路床工

既設路盤を撤去後、路床整正面において、小型 FWD を用い支持力を確認した。一部軟弱な箇所があり砕石で置換えを行い、路床面の支持力係数 K<sub>30</sub> は、170 MN/ m<sup>3</sup> となった。

#### 10-2 路盤工

路盤整正面で小型 FWD を用い支持力を確認した。

路盤面の支持力係数 K<sub>30</sub> は、206MN/m<sup>3</sup>(200MN/ m<sup>3</sup> 以上)であり、コンクリート舗装版の路盤としては問題ない結果であった。

#### 10-3 透水性コンクリート舗装版工

##### 1) 混合方法

骨材はフレコンパックを、セメントは 25kg 袋を予め用意し、移動式プラント(DMC-12)に移動式クレーン(DMC ユニットに備え付けのもの)によってプラントの貯蔵ホッパに投入した。材料の移動は、4t ダンプトラックとフォークリフトによって行い、材料待ちの状況がないようにした。

計画の段階では、1 時間あたり 10 バッチ前後を見越していたが、計量時間が長く、ミキサーの構造上一度に必要量の骨材を投入することができないという問題が発生し、1 時間あたり 5 バッチ(0.3m<sup>3</sup>/バッチ)が限界であることが判明した。

これは、実施工の場合、養生時間を考慮に入れると、一般的に 1 日 6 時間程度の出荷となるので、出荷能力 9 m<sup>3</sup>/日となる。このことから、車道タイプのコンクリート打設には不十分なプラントのスペックで、歩道タイプの施工の場合、110m<sup>2</sup>(t=8cm)程度が限界であると考えられた。

##### 2) 敷きならし方法

アスファルトフィニッシャ(フェーゲル S-1603)で敷きならしを行った。今回の施工では、工区ごとに敷きならしを行ったので、明確な施工能力を判断することはできなかった。また、移動式プラントの出荷能力に縛られ、1 時間あたり 1.5m<sup>3</sup>(約 1 工区当たりの量)がフィニッシャのホッパに投入されたのち敷きならしを行ったので、先行工区境の部分が締固め完了から 1 時間後に乱される結果となり、骨材の飛散が顕著となった。

このことから、先行部分を乱さないためには、十分な養生(おおむね 1 週間程度)を行ってから施工ジョイント部分を施工することが望ましい。

表-6 施工管理基準

工種	項目	頻度	管理基準値
路床工	支持力係数	3箇所(小型FWD)	参考値
	支持力係数	3箇所(小型FWD)	参考値
透水性 コンクリート版工	すべり抵抗	1箇所/タイプ/工区	0.25μ以上 BPN60以上 (Cタイプ研磨面) BPN40以上 (Aタイプ研磨面)
	浸透水量(mℓ/15s)	1箇所/工区	1000以上
	骨材の表面粗さ(μm)	1箇所/タイプ (A、B、D工区)	0.5以下(Aタイプ) 5.0±3(Cタイプ)
	骨材光沢度(%)		参考値

表-7 品質管理基準

工種	項目	頻度	管理基準値
透水性 コンクリート版工	粒度、単位体積質量	現場施工前1回	—
	細骨材の表面水率	2回/日	—
	コンクリート温度	随時	—
	コンクリート強度	粗骨材の最大寸法別	1回の試験が設計基準強度の85%以上 3回の平均が設計基準強度以上

### 3) 転圧方法

主にタンデムローラで転圧を行い、端部転圧やローラマークの消去にハンドガイド式振動ローラおよび振動コンパクタを使用した。

基本的な転圧の考え方は、コンクリートの仕上げ面がそれ以上下らない程度を目安としたが、コンクリートに粘性がないので、一度転圧した箇所の近傍を転圧すると、コンクリートが転圧方向と直角方向に側方移動し、ローラマークが消えない状況が見られた。また、タンデムローラでの転圧を最初に有振で行った場合、縦断方向の不陸が無振では修正できないことが判明した。このことから、コンクリートの側方移動防止のために、舗装横断端部を先行して転圧し、タンデムローラの転圧は、最初に無振で全体をある程度平滑にし、仕上げに有振で行うのが良い。

車道タイプの場合の転圧機械は、幅員が広い場合にはタンデムローラがよい。最初に平滑に転圧することを考慮すると、3~4t 程度のタンデムローラを使用したほうが、仕上げ面の流動が抑えられる。歩道タイプの場合は、今回使用したハンドガイド式振動ローラと振動コンパクタで十分である。

### 4) 養生方法

初期養生に表面に硬化層を形成するタイプの浸透型養生剤を使用したので、研磨の際、13mmtop は骨材の飛散抵抗性に寄与していた。5mmtop は同じく骨材の飛散抵抗性は向上していたが、光沢仕上げ研磨時に研磨材が摩擦抵抗で溶ける現象が生じた。5mmtop は、表面に露出した空隙が小さく目が潰れやすい傾向があるので、必要以上に表面を強化せず、通常の被膜養生剤を使用した方が良いと考える。

後期養生では、コンクリート表面をビニールシート、保温のための空気緩衝材、ブルーシートによって湿封養

生を行ったので、コンクリートが湿潤状態に保たれ、表面の硬化状態も良好であった。

### 5) コンクリート舗装版の性状(研磨前)

研磨前のコンクリート舗装版のすべり抵抗値(DFT)、浸透水量および曲げ強度試験結果を表-8に示す。

各速度における動摩擦係数( $\mu$ )は目標値である 0.25 以上であり、浸透水量は目標値の 1000ml/15sec を十分満足する結果であった。

また、今回は普通ポルトランドセメントを使用した配合であったが、7日養生後の曲げ強度は、車道タイプにおける交通開放強度の目安である 3.5N/mm<sup>2</sup> を超える結果であり、強度的にも問題ない結果であった。

### 6) コンクリート舗装版の性状(研磨後)

研磨後の表面性状および目視評価を行った。

研磨後のコンクリート舗装版のすべり抵抗値(BPN)、すべり抵抗値(CSR)、骨材の表面粗さおよび光沢度を表-9に示す。また、表面形状を写真-2~7に示す。

各粗骨材種ともに、高齢者の歩行に必要な BPN は 40 以上の結果であったが、車道に適用するための規格値である 60 以上を確保できたのは、5mmtop の C タイプのみという結果となった。

ここで、40mmtop については、研磨の性質上、A タイプより C タイプの BPN が低いことは考えられない。この結果は、粗骨材の最大粒径が大きく、表面のマクロ的な凹凸に影響されたものなので、A タイプの BPN が 60 以上ではあっても、研磨の評価においては有効な値ではない。

以上の結果から、すべての研磨タイプは歩道に適用でき、車道タイプには研磨なしがよいと考える。

静止摩擦係数の指標である CSR 値において、高齢者の歩行に必要な値は 0.5~0.8(既往の研究)であり、各粗骨材種および研磨方法において問題ない結果であった。

表-8 コンクリート舗装版の性状(研磨前)

種別	すべり抵抗値 $\mu$ (DFT)					浸透水量 (ml/15sec)	曲げ強度 (N/mm <sup>2</sup> )	
	80km/h	60km/h	50km/h	40km/h	30km/h		$\sigma_7$	$\sigma_{28}$
5mmtop	0.59	0.52	0.52	0.50	0.52	1,190	3.72	4.62
13mmtop t=100	0.54	0.56	0.57	0.54	0.55	1,293	4.53	5.20
13mmtop t=150	0.77	0.79	0.80	0.79	0.80	1,399		
40mmtop	0.55	0.56	0.56	0.56	0.57	1,373	4.08	5.82
管理基準値	0.25					1,000	1回の試験が基準 <sup>*</sup> の85%以上 3回の平均が基準 <sup>*</sup> 以上	

\*設計基準強度

表-9 コンクリート舗装版の性状(研磨後)

種別	すべり抵抗値 BPN (20℃)			CSR		骨材表面粗さ Ra ( $\mu$ m)		光沢度 GU (%)	
	Aタイプ	Cタイプ	研磨なし	Aタイプ	Cタイプ	Aタイプ	Cタイプ	Aタイプ	Cタイプ
5mmtop	41	70	79	0.75	0.79	0.34	2.50	26.51	1.62
13mmtop	45	56	84	0.64	0.76	0.35	1.35	24.45	3.51
40mmtop	67	50	—	0.65	0.77	0.41	2.55	10.26	2.98
管理基準値	40以上			0.5~0.8必要 (高齢者65歳以上)		Aタイプ 0.5以下 Cタイプ $\pm 3$		参考値	

骨材表面の粗さと光沢度において、アスファルト混合物の管理基準値を十分に満足する値を示した。これは、研磨によって骨材が動かず、アスファルト混合物と比較し、研磨の効果が発揮されていることを示している。

写真-2については、5mmtopを光沢仕上げ研磨した際に、表面の空隙潰れが見られた。今回、骨材の飛散抵抗性を向上させるために、表面に硬化層を形成する養生剤を使用したことで、必要以上に摩擦抵抗が増加し、研磨材を溶かしたことが空隙潰れの原因であると考えられる。室内試験において、研磨材が溶けたことはないことから、5mmtopをAタイプで表面研磨する際には、通常の被膜養生剤で養生するのが望ましい。

写真-3～5については、良好な表面仕上がりであり、現場に適用可能であると考ええる。

写真-6、7については、粗仕上げ研磨時に粗骨材(40mm以下)の飛散が多く、表面の凹凸にむらが生じ

ており、目標の表面形状とは言えない結果であった。40mmtopについては、配合を検討する。

## 11. まとめ

コンクリートの配合については、基準配合から現場配合に修正する方法は確立できたので、常設プラントで出荷した場合の修正方法の検討をする。また、40mmtopの新たな配合設計を実施する。

移動式プラントについては、今回使用したプラントの出荷能力に見合った工事の適用範囲、骨材等の供給方法を検討する。また、異なる移動式プラントについても情報収集を行う。

研磨の方法については、今回の施工において、透水性コンクリートの研磨は有効であることがわかったので、今後は、目標の表面性状が確保できるように研磨工程を考える。また、表面性状の経時変化について、随時、観察を行う。



写真-2 表面形状 (5mmtop、Aタイプ)



写真-3 表面形状 (5mmtop、Cタイプ)



写真-4 表面形状 (13mmtop、Aタイプ)



写真-5 表面形状 (13mmtop、Cタイプ)



写真-6 表面形状 (40mmtop、Aタイプ)



写真-7 表面形状 (40mmtop、Cタイプ)

## 12. おわりに

現在、透水性コンクリートは、舗装、緑化、生物共生など幅広い分野に用いられている材料である。しかし、舗装分野では、ポーラスアスファルト舗装と同等以上の性能が発揮できることが確認されているにもかかわらず、需要は少ない。

今後は、研磨時の空隙詰まりや骨材飛散を改善し、いろいろな外観を有したポーラスコンクリート舗装を施工できるようにすることで、透水性コンクリート舗装の普及促進に役立てたいと考える。

### ミニ知識

#### 小粒径～大粒径ポーラスコンクリートの概念

項目	小粒径 ポーラスコンクリート		中粒径 ポーラスコンクリート				大粒径 ポーラスコンクリート
	結合材	セメントペースト		セメントペースト、またはモルタル			
製造方法	ミキサによる練混ぜ		ミキサによる練混ぜ				吹付け機による 吹き付け等
締固め	可		可				不可
粗骨材種類	バージン材	砕石・砂利	砕石・砂利				-
	リサイクル材	高炉スラグ骨材など	再生骨材				粗割りコンクリート がら
粗骨材サイズ	0.6~1.2 mm	1.2~2.5 mm	2.5~5 mm	5~13 mm	13~20 mm	22~40 mm	40~400 mm
空隙径の範囲 (内部空隙も含む空隙径の理論値)							
	0.09~0.9 mm	0.19~1.8 mm	0.4~3.7 mm	0.8~9.5 mm	2.0~14.6 mm	3.1~29.3 mm	6.2~292.8 mm
主な用途 (研究段階も含む)	透水性舗装 屋上緑化ブロック 保水・揚水ブロック		透水性舗装 植生基盤 漁礁ブロック				漁礁ブロック

【畑中重光他：大粒径ポーラスコンクリートの製造および漁礁ブロックとしての応用、コンクリート工学、vol. 46、No. 2、pp. 24~32、2008. 2 より引用】

# 早期交通開放型コンクリート舗装(1DAY PAVE)の施工事例

大貫 洋一\*  
吉川 武弘\*\*  
南雲 克之\*\*\*

## 1. はじめに

埼玉県加須市戸川の一般県道、三田ヶ谷礼羽線(東北自動車道を横断するカルバートボックス内)のコンクリート舗装の打換え工事において、1DAY PAVE を用い、コンクリート打設後、翌々日に交通開放する工事を実施したのでその概要を報告する。

## 2. 1DAY PAVE とは

1DAY PAVE は、特殊な結合材や混和材料を使用しないで、通常の生コン工場において汎用的な材料を用い、コンクリート打設後 1 日で交通開放可能なコンクリート舗装である。人力施工が可能で比較的小規模な施工を前提としている。

一般に早強ポルトランドセメントを用い、セメント量を多くし材令 1 日の養生終了の目安である曲げ強度は  $3.5\text{N/mm}^2$  以上となる。

1DAY PAVE の特徴を以下に示す。

- ・交通開放までの養生期間が 1 日で OK。
- ・セメントは早強ポルトランドセメントを使用。
- ・水セメント比が低く、粉体量が多い配合。
- ・20%程度の急勾配からポンプ施工まで可能。
- ・スランプは 12cm 程度からスランプフロー40cm までのコンシステンシーのものがある。(20%急勾配箇所ですランプ 8cm が適用された事例もある)

1DAY PAVE は、コンクリート舗装の補修工事や交差点の打換え工事等、長期の交通規制が困難な箇所に適用することを原則としている。

## 3. 工事概要

工事概要を以下に示す。また、当該工事の施工箇所を図-1 に、舗装構成(横収縮目地部)を図-2 に示す。

- ・工事名：(総Ⅱ加)舗装指定修繕工事(戸川工区)  
(No.217)
- ・工事場所：埼玉県加須市戸川地内  
(一般県道 三田ヶ谷礼羽線)
- ・工期：平成 30 年 12 月 19 日～  
平成 31 年 3 月 29 日
- ・元請：サイレキ建設工業株式会社  
(発注者：埼玉県行田県土整備事務所)
- ・工事内容：コンクリート舗装版工 303m<sup>2</sup>  
延長：46.2m、幅員：6.58m、厚さ 25cm



図-1 施工箇所

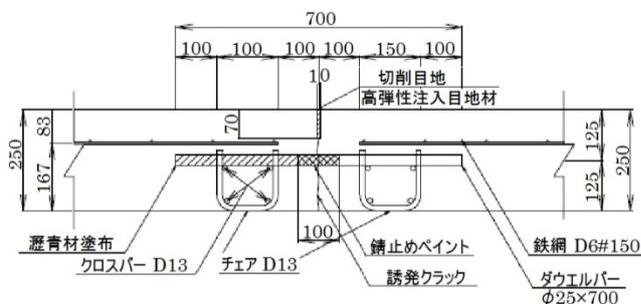


図-2 舗装構成(横収縮目地部)

## 4. 1DAY PAVE の配合

1DAY PAVE の配合を表-1 に示す。

表-1 1DAY PAVE の配合

呼び方	コンクリートの種類による記号	呼び強度 MPa	スランプ cm	粗骨材の最大寸法 mm	セメントの種類		
						舗装	4.5
セメント	混和材	水	細骨材 ①	細骨材 ②	細骨材 ③	粗骨材	混和剤
516	—	165	146	372	230	924	6.19
水セメント比		32.0%		細骨材率		45.3%	
細骨材混合比(容積)		砂(砂岩)：砕砂(珪岩)：砕砂(石灰) = 20:50:30					

通常のコンクリート舗装(セットフォーム)に用いるコンクリートのスランプは機械舗設で 2.5cm、人力舗設で 6.5cm 程度であるが、当該材料では 21cm と非常に柔らかいものとした。通常の舗装コンクリートの単位水量は

\*関東支店埼玉営業所工事主任 \*\*同営業所副所長 \*\*\*同営業所所長

110~150kg/m<sup>3</sup>、単位セメント量は280~350 kg/m<sup>3</sup>程度であるが、当該材料では単位水量165kg/m<sup>3</sup>、単位セメント量516kg/m<sup>3</sup>と両者とも大きい値であった。

配合から判断して、収縮ひび割れの払拭、粗面仕上げ(ほうき目)のタイミング、およびカット切断のタイミングが課題であった。

## 5. 施工の流れ

施工の流れを図-3に示す。

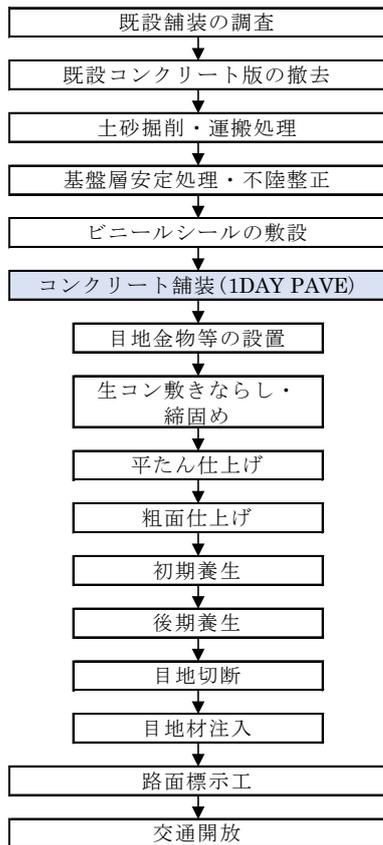


図-3 施工の流れ

## 6. 施工方法および留意点

施工方法および留意点は、以下のとおりである。

### 6-1 コンクリート舗装版撤去

既設コンクリート版の状況を写真-1に示す。写真に示すように既設コンクリート版は、起終点と中心線付近にひび割れが発生し、供用性は非常に悪い状況であった。

既設コンクリート版の端部をサイの目にカット切断後、バックホウによって撤去した。



写真-1 既設コンクリート版の状況

### 6-2 基盤層の不陸整正

既設コンクリート版の撤去後、表層の仕上がり面から250mmの高さになるよう基盤層を構築した。カルバート躯体目地部から雨水が流出していたので、支持力不足の基盤層はセメント安定処理した。打設時のコンクリートの品質確保(基盤層への水分の吸収を防止)のため、基盤層上面にビニールシート(厚さ0.2mm)を布設した。

### 6-3 コンクリート舗装版の施工

#### 1) 目地金物等の設置

当初は片側ずつ施工する設計であったが、全面通行止めによる全幅1回施工に変更した。そのため、縦目地はネジ付タイバーからチェア付きタイバーに変更した。スタウエルバー、タイバー、補強筋、および鉄網は位置や垂直・水平方向に注意し正確に設置した。

コンクリートの敷きならしでは、通常、1層目を鉄網高さまで敷きならし、2層目で仕上げ高さまで敷きならすが、1DAY PAVEは硬化速度が速いので、金物類は事前にすべて設置し、全厚1層施工に備えるとともに、生コン投入時に設置金物が動かないようこれらを固定した(写真-2)。なお、両坑口の横断側溝の側面には、膨張目地(ケントタイト10mm厚)を設置した。



写真-2 目地金物等の設置状況

#### 2) 製造・運搬

生コンは現場から13.5kmのコヤマ工業株の久喜工場において製造し、アジテータトラックで運搬した。運搬時間は片道30分程度であった。坑内では、ピストン式の大型のポンプ車を坑口に設置し、生コンを圧送した。

#### 3) 敷きならし・締固め

敷きならし・締固めには、レーザーバックと棒状パイプレータを用いた。レーザーバックは事前に両勾配(1.5%)にセットし、進行方向左側は縁石上を右側は側溝天端を走行させた(写真-3)。作業員が鉄網上を歩行する場合は、メッシュロード(写真-4)上とし、設置金物が動かないようにした。コンクリートの出荷から締固め終了までは1~1.5時間であった。施工性は極めて良好であった。



写真-3 敷きならし・締固め状況



メッシュロードを斜めにした状態。これを鉄網上に並べその上を歩行した。

写真-4 メッシュロード

#### 4) 平たん仕上げ

平たん仕上げは、足場を利用し横断方向に人力フロートで仕上げた(写真-5)。養生剤には練り込み型を用いた。平たん仕上げも良好であった。



写真-5 平たん仕上げ状況

#### 5) 粗面仕上げ

水光が消えたタイミングで粗面仕上げ(ほうき目)を行った(写真-6)。1DAY PAVE は硬化速度が速いので、粗面仕上げのタイミングが遅れないようにした。



写真-6 粗面仕上げ状況

#### 6) 養生

粗面仕上げ後、速やかに養生マットを敷設し、その上をブルーシートで覆った。水和熱が逃げないようにコンクリート面と養生シート面に隙間がないようにした(写真-7)。

当該 1DAY PAVE では冬期施工を鑑み、マニュアルに記載されている積算温度での養生管理とし、散水養生は行わなかった。

#### 7) 目地切斷・目地材の注入

カッタによる目地切斷は、打設開始から 21 時間後に実施したが、収縮ひび割れおよび角欠けは発生しなかった。目地材には常温型を用いた(写真-8)。

#### 8) 完成

完成状況を写真-9 に示す。



写真-7 養生状況

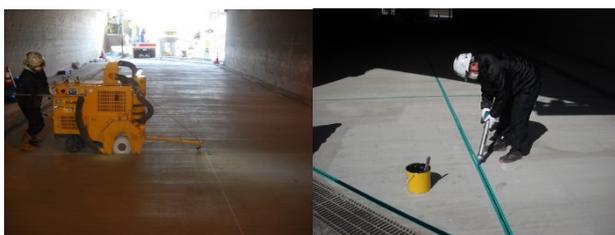


写真-8 目地切斷・目地材の注入状況



写真-9 完成状況

#### 9) 交通開放

コンクリート打設終了後 41 時間で交通開放した。現場養生供試体の材齢 24 時間の曲げ強度は  $4.42\text{N/mm}^2$ 、材齢 48 時間の曲げ強度は  $5.11\text{N/mm}^2$  であり、目標強度 ( $3.5\text{N/mm}^2$ ) を十分に確保できていた。

### 7. 作業工程と温度の関係

#### 7-1 温度測定

ハンディロガーMR2041 を用い、坑口とカルバート中央付近でコンクリート表面温度、コンクリート内部温度、および気温を測定した(データは1分間隔)。

温度測定位置を図-4 に示す。

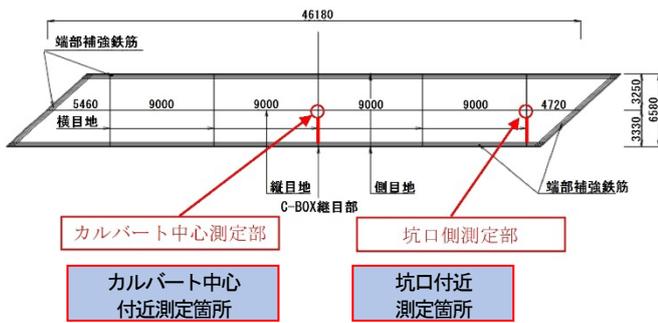


図-4 温度測定位置(平面図)

2) 温度測定結果

各作業開始時刻と温度の関係を表-2 および図-5 に示す。

当初の課題であった粗面仕上げのタイミングにおいては打設開始 60 分程度後に実施し、その時点のコンクリートの積算温度は 1620~3260°C・分であった。

カタによる目地切断は前述のように打設開始から 21 時間後に実施したが、その時点のコンクリートの積算温度は 47100~49900°C・分(32.7~34.7°C・day)であった。

施工~養生中の気温は 5~10°Cと低温であったが、養生終了時のコンクリート表面温度は 2 測点ともに 31°Cで

あり、また、コンクリート内部の温度は坑口付近で 34°C、カルバート中央付近で 41°Cまで上昇していた。この時の外気温は 5°C程度であったことから、養生の効果が認められた。

8. おわりに

3月4日に全面通行止めを開始し同日に既設コンクリートの撤去、5日に基盤層の構築、6日に基盤層のセメント安定処理およびタイバー・ダウエルバー・鉄網の設置、7日にコンクリートの打設、8日に目地切断・目地材注入、9日に交通開放した。その結果、全面通行止めを当初の予定どおり 5 日間で終えることができた。

通常の早強コンクリートを用いた場合、全面通行止めでは11日間におよび、片側交互通行で施工した場合は片側交互通行が19日間におよぶ。

1DAY PAVEを用いることで全面通行止めを大幅に短縮することができた。本文が今後の1DAY PAVE工事の参考になれば幸いである。

最後に本工事にあたりご協力いただいた技術研究所の方々に感謝の意を表します。

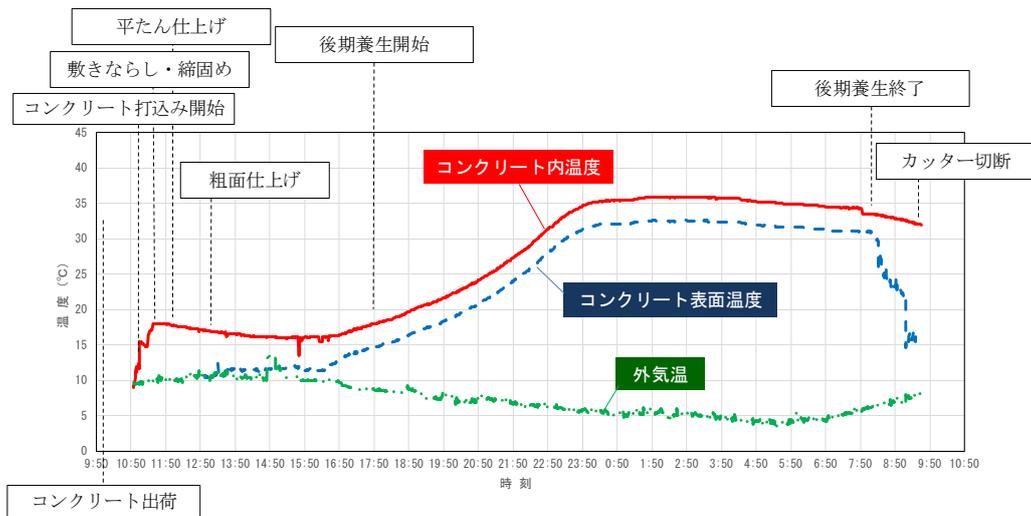


図-5 温度測定結果(坑口付近)

表-2 各作業開始時刻と温度の関係

測定項目		コンクリート出荷	コンクリート打込み	敷きならし締め	平坦仕上げ	粗面仕上げ	後期養生開始	後期養生終了	カッター切断	
坑口付近	測定開始時間	9:56	10:55	11:25	11:53	12:56	17:50	8:03	9:35	
	コンクリート内部	温度(°C)		9.3	17.1	17.9	17.0	17.9	33.5	31.9
		積算温度(°C・分)			(19.3)	(749.1)	(1529.5)	(3257.9)	(11031.9)	(45937.8)
	コンクリート表面	温度(°C)					10.7	14.6	31.1	16.6
		積算温度(°C・分)					(20.7)	(7257.0)	(39354.1)	(42382.8)
外気温	温度(°C)		9.6	9.5	9.9	10.8	8.7	6.1	8.3	
	積算温度(°C・分)		(19.6)	(609.1)	(1170.5)	(2451.7)	(8397.5)	(21952.5)	(23522.9)	
カルバート中央付近	測定開始時間	11:50	12:48	12:52	13:03	13:45	17:50	8:21	9:06	
	コンクリート内部	温度(°C)		18.2	17.8	17.9	17.9	17.7	40.8	40.6
		積算温度(°C・分)			(28.2)	(139.8)	(446.7)	(1621.1)	(8379.3)	(44843.6)
	コンクリート表面	温度(°C)					13.8	14.4	31.3	15.0
		積算温度(°C・分)					(23.8)	(5978.0)	(37549.8)	(39135.6)
外気温	温度(°C)		13.2	13.3	13.6	12.1	10.5	6.0	7.1	
	積算温度(°C・分)		(23.2)	(115.8)	(368.6)	(1317.9)	(6465.7)	(21043.9)	(21777.5)	

# 外構工事におけるオーククレー・オークウッドの施工

種田 龍一\*  
栗原 崇\*\*

## 1. はじめに

当該工事現場は、武蔵野台地の原生林に囲まれている自然豊かな環境の中にある。この中央研究所の歴史は古く、昭和17年4月に設立され今年で75周年を迎え、創業社長の「よい木は切らずによけて建てよ」という精神は現在も継承され構内の樹木は守り続けられている。

東京ドーム5個分の敷地には桜や樹齢100年を超えるケヤキやヒマラヤ杉、化石期の植物といわれるメタセコイヤなど120種27,000本の樹木を擁しており、その雄大な自然に溶け込めるような舗装をコンセプトとして、当初設計では『木レンガ』となっていた。

しかし、予想される走行車両が25t吊のラフタークレーン、10t車等で、かつ、木レンガには吸湿による膨張性という大きな欠点があり、不具合の発生が予想された。そこで、大林組のランドスケープと設計者サイドが協議を重ね、最終的に当社のオーククレーGに変更された。また、散策路は当初からウッドチップ舗装が設計に入っていた。これらの舗装は『協創棟』という新棟の外構に組み込まれていた。

本文は、今回、施工を行った「オーククレーG」と「オークウッド」について、その施工内容についてとりまとめたものである。

## 2. 工事概要

工事概要を以下に示す。

- ・ 工 事 名：(仮称)某中央研究所新棟計画  
の内、外構工事
- ・ 工事場所：図-1に示す現場位置図参照
- ・ 元 請：株式会社大林組
- ・ 施工期間：平成30年4月1日～平成31年3月15日
- ・ 施工数量：  
ウッドチップ舗装(オークウッド、t=30)：200m<sup>2</sup>  
土系舗装(オーククレーG、t=70)：950m<sup>2</sup>

## 3. オーククレーGの施工

### 3-1 舗装断面

オーククレーGの舗装断面を図-2に示す。なお、舗装計画交通量は交通量区分N1(15台/日・方向)であった。



図-1 現場位置図



図-2 舗装断面(オーククレーG)

### 3-2 混合物性状と舗装性能値

オーククレーGの混合物性状と舗装性能値を表-1、2に示す。なお、当該現場では大型車等の走行が条件であったので、耐久性を向上させる目的で強度を高めに設定し、かつ、景観を考慮して骨材に鹿島砂利を採用した。

表-1 混合物性状(オーククレーG)

試験項目	試験値	社内規格
湿潤密度 (g/cm <sup>3</sup> )	2.268	—
一軸圧縮強度 (kPa)	5,928	3,000以上

表-2 舗装性能値(オーククレーG)

性能	試験項目	規格値	性能値
すべり抵抗性	BPN値	40以上	76
弾力性	GB反発係数	70以下	70
耐久性	一軸圧縮強度	3,000kPa以上	5,928kPa

### 3-3 使用材料と配合割合

オーククレーGの使用材料と配合割合を表-3、4に示す。

表-3 使用材料(オーククレーG)

材 料 名	仕様・産地	自然含水比	単位体積質量
真砂土(5mm通過)	茨城県笠間	約8%	1.60t/m <sup>3</sup>
鹿島砂利(2~8mm)	茨城県霞ケ浦	約2%	1.45t/m <sup>3</sup>
高炉セメントB種	—	—	—
特殊添加剤	—	—	—

表-4 配合割合(オーククレ- G)

材 料 名	配合割合	計量方法
真砂土(5mm通過)	60%	0.2m <sup>3</sup> バケツ
鹿島砂利(2~8mm)	40%	0.15m <sup>3</sup> バケツ
高炉セメントB種	8%(外割)	25kg袋
特殊添加剤	セメント重量の2%	ピーカー
水	施工含水比9%	バール缶

### 3-4 施工

#### (1) 混合物製造設備

混合物製造設備の配置図を図-3に示す。

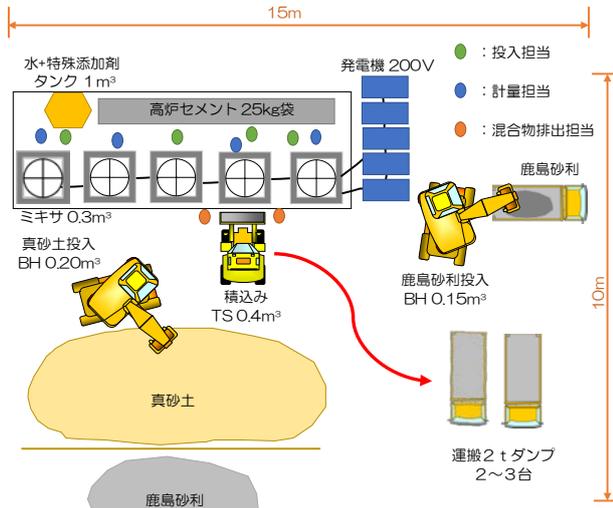


図-3 混合物の製造設備の配置図(オーククレ- G)

#### (2) 施工手順

工程上、日施工量が500m<sup>2</sup>前後となったので、アスファルトフィニッシャ(施工幅6m)による機械施工を採用した。施工工程を図-4に、施工の流れを図-5に示す。

##### ① 事前キャリブレーション

- ・真砂土を秤で計量し、計量値をバックホウのバケツ容量に合わせた(0.2m<sup>3</sup>バケツ)。鹿島砂利も同様に計量し、バケツ容量に合わせた(0.15m<sup>3</sup>バケツ)。
- ・真砂土と鹿島砂利の含水比を測定し加水量を調整。

##### ② 材料投入

- ・混合用ミキサは容量0.32m<sup>3</sup>のものを5基準備した。
- ・真砂土、鹿島砂利、高炉セメントB種、計量済みの収縮低減剤と水の混合水の順にミキサに投入した。
- ・セメントの計量は1袋を基準とするのが望ましい。

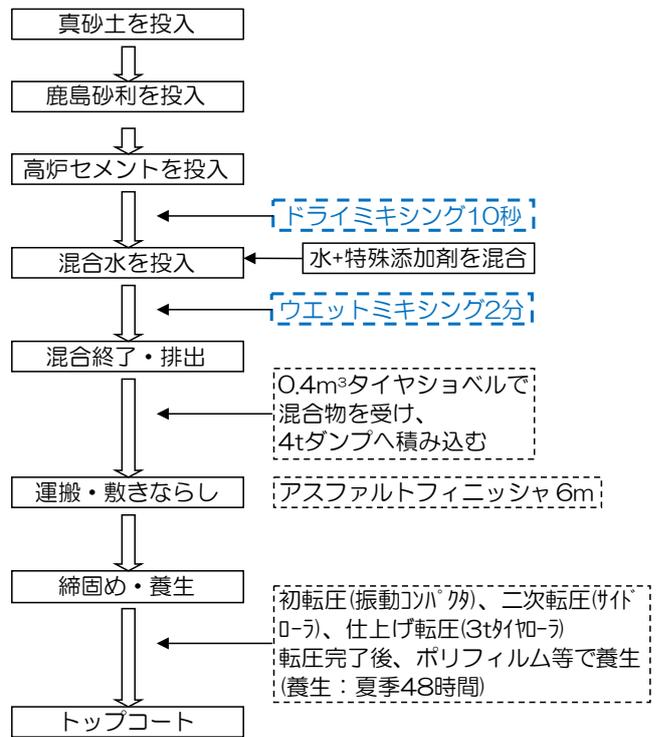


図-4 施工工程(オーククレ- G)

#### ③ 混合

日施工量を500m<sup>2</sup>に設定すると、混合物が35m<sup>3</sup>必要となり、容量0.32m<sup>3</sup>のミキサを5台準備して1サイクル12分とすると、4.5時間の製造で完了する計算となった。

#### ④ 運搬

アスファルトフィニッシャによる施工なので、4tダンプ2台で混合物を運搬した(0.32m<sup>3</sup>×5バッチ積)。



写真-1 混合物の荷おろし

#### ⑤ 敷きならし

縦施工ジョイントを造らないようにフィニッシャは道路幅の真ん中を走行させ、端部は人力施工とした。仕上がり厚70mmに対し転圧減を20mmとした。

#### ⑥ 転圧

初転圧、二次転圧および仕上げ転圧には、振動コンパクト、サイドローラおよび3tタイローラを使用し、端部は鍬とタンパで仕上げた。



図-5 施工の流れ(オーククレ- G)



写真-2 敷きならし状況



写真-3 転圧状況

⑦初期養生と表面強化

転圧完了後、速やかにポリフィルムで養生し、7日間の養生期間終了後、表面強化を目的としてトップコート(アクリル樹脂)を噴霧器で0.330/m<sup>2</sup>散布した。



写真-4 初期養生



写真-5 表面強化剤散布

4. オークウツの施工

4-1 舗装断面

オークウツの舗装断面を図-6に示す。



図-6 舗装断面(オークウツ)

4-2 舗装性能値

オークウツの舗装性能値を表-5に示す。

表-5 舗装性能値(オークウツ)

性能	試験項目	規格値	性能値
すべり抵抗性	BPN値	40以上	76
弾力性	SB係数	10%以下	1%
	GB係数	30%以下	15%
透水性	現場透水量	800cc/sec	1276cc/sec
耐久性	カンタ <sup>®</sup> 損失率	10%以内	8.1% (5℃)
			5.7% (20℃)

4-3 使用材料と配合割合

オークウツの使用材料を表-6に示す。設計者サイドから、チップの形状についてサイズを極力小さくするように当初から要求されていたので、鱗片状

とファイバー状の2種類でサンプルを作製し検討を重ねた。最終的にファイバー状のチップを採用した。

表-6 使用材料(オークウツ)

ウッドチップ	山梨県産針葉樹ファイバー
特殊樹脂	可撓性エポキシ樹脂
明色乳剤	特殊ゴム入り熱可塑性樹脂乳剤
珪砂	6号サイズ

特殊樹脂と明色乳剤を混合比が2:1となるように混合して製造したバインダの規格を表-7に、使用材料の配合割合を表-8に示す。

表-7 使用バインダの規格(オークウツ)

項目	単位	規格値	試験方法
密度	g/cm <sup>3</sup>	1.01~1.04	
針入度	1/100mm	8~20	JIS K 2207
軟化点	℃	80以上	JIS K 2207
粘度(混合時)	CP	2.0×10 <sup>4</sup> 以上	B型粘度計
引張強度	N/mm <sup>2</sup>	1.5以上	JIS K 6301
最大伸度	%	100以上	JIS K 6301

表-8 使用材料の配合割合(オークウツ)

材料名	配合割合 (%)	容積比
ウッドチップ	71.5	1.0
特殊樹脂	7.1	0.1
明色乳剤	14.3	0.2
珪砂	7.1	0.1

4-4 施工

(1) 混合物製造設備

混合物製造設備の配置図を図-7に示す。

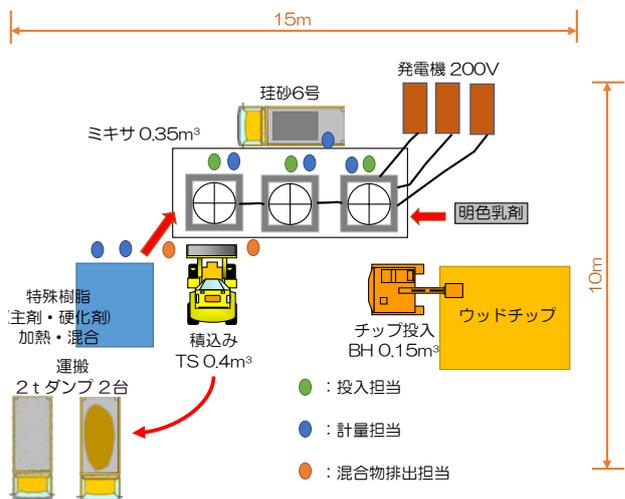


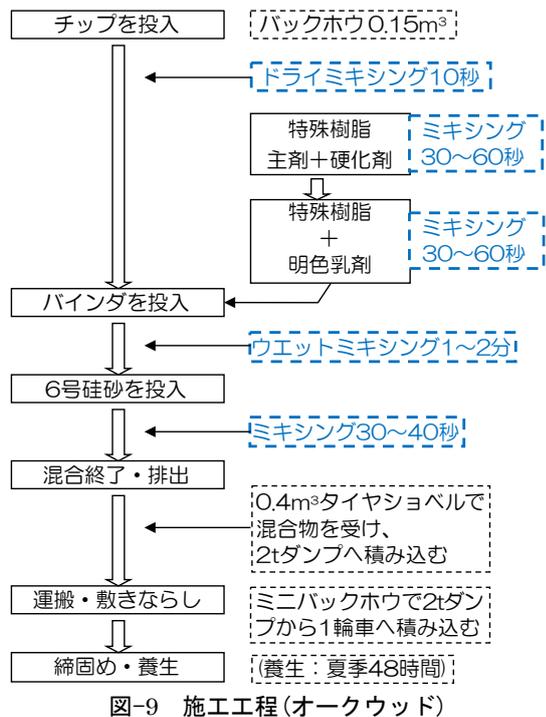
図-7 混合物の製造設備の配置図(オークウツ)

(2) 施工手順

施工の流れを図-8に、施工工程を図-9に示す。



図-8 施工の流れ(オークウツ)



### (3) 施工の流れ

#### ① 事前キャリブレーション

チップを計量し、バックホウのバケット容量に合った機種を選んだ。乳剤と珪砂は事前にバケツに計量しておいた。特殊樹脂の主剤をジェットヒータで40℃程度に加熱し粘度を低くして硬化剤と混合した。

#### ② 材料投入と混合

バックホウ(0.2m³バケツ)でチップをミキサに投入し、バインダ、珪砂の順に投入した。チップが乾燥していたので加水した。チップから珪砂投入完了まで混合に6~8分程度要する。



写真-6 チップの空練

#### ③ 運搬

混合後、タイヤショベルでミキサから4tダンプへ積み込み、施工場所においてミニバックホウで4tダンプから一輪車へ積み替えた。

#### ④ 敷きならし・転圧

運搬した材料をレーキ、熊手等で敷きならし、表



写真-10 完成写真(左：オーククレーG、右：オークウッド)

面に化粧パネルを敷き、振動コンパクタで転圧し締め固めた。仕上がり厚30mmに対し転圧減を5mmとした。端部はバーナーゴテ等で仕上げ、付着防止には軽油や灯油を使った。なお、施工継目は発生しなかったため、板目地は設けず、端部拘束として焼杉板を設置した。



写真-7 敷きなし状況



写真-8 一輪車へ積替

#### ⑤ 養生

冬期は72時間養生とした。完全な強度発現まで1週間を要する。



写真-9 転圧状況

## 5. 施工結果の評価

### 5-1 オーククレーG

- ① 端部拘束がスチールエッジなので、3tタイヤローラによる転圧で部分的にクラックが発生した。
- ② 3tタイヤによって玉砂利表面の砂分が摩耗で取られ、砂利の色が鮮明に露出し良好な結果であった。

### 5-2 オークウッド

- ① 耐候性評価は当社の技術研究所で検証中である。
- ② 性能値はすべて規格値を満足した。

## 6. まとめ

オーククレーGの機械施工は初めてであったが、関連部署の支援もあり、期待以上の結果が得られた。今後の課題として、マンホールや樹の淵から発生するクラック防止対策が急務である。

近年、首都圏において、10~15mm程度の形状のウッドチップを製造している業者が少なく調達に苦労する。今後、本文が同種工事の参考になれば幸いである。



## 高層住宅外構工事における景観舗装の施工

安達 巧雄\*  
 渡邊 潤一\*\*  
 小岩 和雄\*\*\*  
 石田 健\*\*\*\*

### 1. はじめに

晴海5丁目西地区第1種市街地再開発事業によって進められている「HARUMI FLAG」は、2020東京オリンピック・パラリンピックの選手村跡地に建設が予定されている商業施設・新築住宅である。

本工事名の「晴海2丁目計画」とは、「HARUMI FLAG」に近接し、供用中のツインタワーマンション「ザ・パークハウス晴海タワーズ」に隣接して建設される、地上48階建てのタワーマンション「パークタワー晴海」の建設計画である。

この「パークタワー晴海」は敷地が約19,000m<sup>2</sup>で、南に広がる海の圧倒的な開放感を生かし、水や緑をふんだんに取り込んだ豊かな世界を創出するため、東京ディズニーランドも手がげたオリエンタルランドがランドスケープデザインを担当した。

ランドスケープのコンセプトとして、中と外がシームレスにつながるという概念を「テラス」と表現している。図-1に示すように全体を5つのゾーンに分け、それぞれのゾーンが重なるようにつながっており、そのアプローチロードは、直線がまったくなく、すべて曲線でデザインされている。

本文では、この独特なデザインの外構工事における、オーククレーEをはじめとする主な景観舗装の施工内容を報告する。



図-1 「パークタワー晴海」の外構イメージ図

### 2. 工事概要

工事概要を以下に示す。

- ・工事名：(仮称)晴海2丁目計画
- ・元請：株式会社大林組
- ・施工期間：平成30年10月1日～平成31年2月28日

- ・場所：東京都中央区晴海2丁目
- ・主な景観舗装：

土系舗装(オーククレーE)	114m <sup>2</sup>
樹脂系舗装(BKグリッパ)	1,952m <sup>2</sup>
自然石洗い出し樹脂舗装(テクストーン)	580m <sup>2</sup>
ゴムチップ舗装(ハイステップDH-1)	556m <sup>2</sup>

### 3. 施工内容

#### 3-1 土系舗装(オーククレーE)

オーククレーEは、当社が開発した工法で、砂質土と2液混合型のエポキシ樹脂を混合して固化させる土系舗装である。

なお、100m<sup>2</sup>以上の比較的広範囲の施工は、本工事が全国で2例目であった。

##### (1) 適用箇所

オーククレーEは、起伏に富んだ地形であるアトラティブゾーンの「冒険の森」の散策路に適用された。

##### (2) 舗装断面

オーククレーEの舗装断面を図-2に示す。なお、両サイドの舗装止めには、スチールエッジを使用した。



図-2 オーククレーEの舗装断面

##### (3) 使用材料および配合割合

オーククレーEの使用材料および配合割合を表-1に、使用材料の外観を写真-1に示す。

表-1 使用材料および配合割合

材料名	配合割合	産地	製造会社	備考
真砂土	100%	茨城県	栃木礫業㈱	二度ふるい 自然含水比6%
エポキシ樹脂	6%	大阪府	アルバー工業㈱	



写真-1 使用材料(左：真砂土、右：エポキシ樹脂)

#### (4) 施工方法

##### 1) 混合

混合用エポキシ樹脂は、低温時では粘度が高くなり混合性が悪くなる。今回は冬期施工なので、施工性を考慮して混合前にジェットヒータで30℃程度まで加温した。

混合物の製造には、0.1m<sup>3</sup>のミキサを3台使用して以下に示す手順で行った(写真-2参照)。

- ①事前にバケツ1杯の重量を確認し、ミキサ容量に合う混合量を設定する。
- ②バケツで真砂土をミキサに投入し混合する(30秒)。
- ③2液混合型のエポキシ樹脂をハンドミキサで攪拌・混合する(30秒)。
- ④エポキシ樹脂をミキサに投入し混合する(3分)。



写真-2 混合物製造状況

##### 2) 運搬

混合物は、一輪車を4台使用して人力で運搬した。

##### 3) 敷きならし・転圧

敷きならしに面にタックコート(エポキシ樹脂0.3kg/m<sup>2</sup>)をローラ刷毛で塗布した。混合物の敷き

ならしには木製のレーキを使用し、端部には木ゴテを使用した。振動コンパクタとタンパで転圧した。

振動コンパクタによる転圧では、過転圧になるとエポキシ樹脂が浮き上がり表面が黒くなるので、事前に転圧試験を行い、転圧回数を確認した。また、このときに余盛り量が2cmであることも確認した。

敷きならし・転圧状況を写真-3に示す。



写真-3 敷きならし・転圧状況

##### 4) 養生・トップコート

エポキシ樹脂が確実に硬化するまで3日養生した後、トップコート(ウレタン樹脂0.5kg/m<sup>2</sup>)を行った。

##### 5) 目地

オーククレーEは基本的に目地を必要としないが、発注者および元請と協議した結果、目地を施工することとなった。

目地はカッタ切断(幅3mm)+エポキシ樹脂注入とし、事前にサンプルを提出して注入剤の色を決定した(写真-4参照)。なお、カッタ切断は、舗設後1ヶ月の時点で実施した。

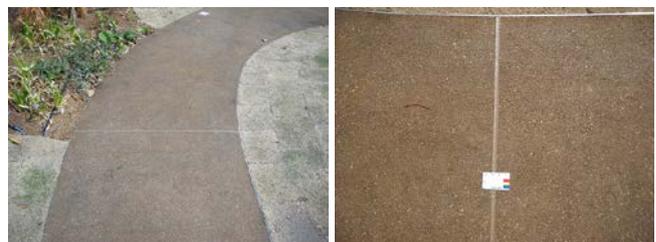


写真-4 オーククレーEの目地

##### (5) 景観性

今回施工したオーククレーEは、子供たちの好奇心を満たす「冒険の森」にマッチした仕上がりとなり、高い評価を得ることができた(写真-5参照)。



写真-5 オーククレーEの完了全景



写真-6 BKグリップの完了全景

### 3-2 樹脂系舗装(BKグリップ)

BKグリップは、美州興産株式会社の工法で、速乾性樹脂(MMA樹脂)と特殊配合したセラミック骨材を組み合わせた石調仕上げの樹脂系舗装である。

#### (1) 適用箇所

BKグリップは、アトラクティブゾーン、フレンドシップゾーン、ピースフルゾーンおよびブライトゾーンをつなぐメイン通路のほか、各ゾーンの散歩道に適用された。

#### (2) 舗装断面

BKグリップの舗装断面を図-3に示す。なお、両サイドの舗装止めには、主に小舗石を使用した。



図-3 BKグリップの舗装断面

#### (3) 施工フロー

BKグリップの施工フローを図-4に示す。

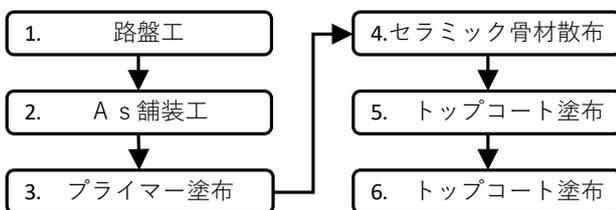


図-4 BKグリップの施工フロー

#### (4) 景観性

今回施工したBKグリップは、従来の「道」の硬いイメージとは異なり、「季節の散歩道」に相応しく周囲の草木と調和した仕上がりとなった(写真-6参照)。

### 3-3 自然石洗い出し樹脂舗装(テクストン)

テクストンは、ヤブ原産業株式会社の工法で、自然石と樹脂を混合して敷きならし、水洗い無しで洗い出しを表現した樹脂系舗装である。

#### (1) 適用箇所

テクストンは、アトラクティブゾーンの「水景テラス」の池床およびピースフルゾーンの「季節の散歩道」・「外暖炉」に適用された。テクストンの仕様を表-2に示す。

表-2 テクストンの仕様

適用箇所	仕様
池床-A	種石：白、グレー、黒 基材：グレー系
池床-B	種石：白、茶、黄、グレー 基材：ブラウン系
季節の散歩道 外暖炉	種石：白、茶、グレー 基材：グレー系

#### (2) 舗装断面

テクストンの舗装断面を図-5に示す。

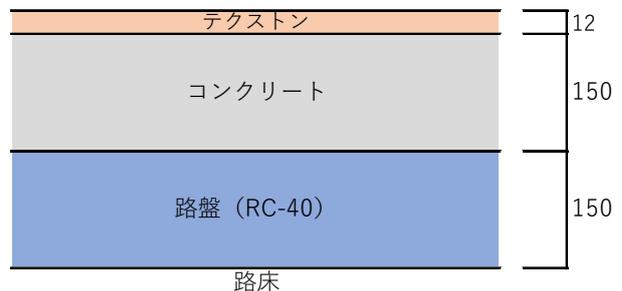


図-5 テクストンの舗装断面

#### (3) 施工フロー

テクストンの施工フローを図-6に示す。

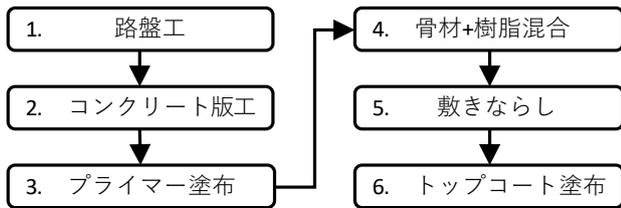


図-6 テクストン施工フロー

#### (4) 景観性

水辺のオアシスである「水景テラス」の池床では、一部に蓄光石を使用し、夜でもキラキラ光る水盤を演出することができた。また、「季節の散歩道」や「外暖炉」では、静穏に包まれた憩いの場に適した風合いとなった(写真-7参照)。

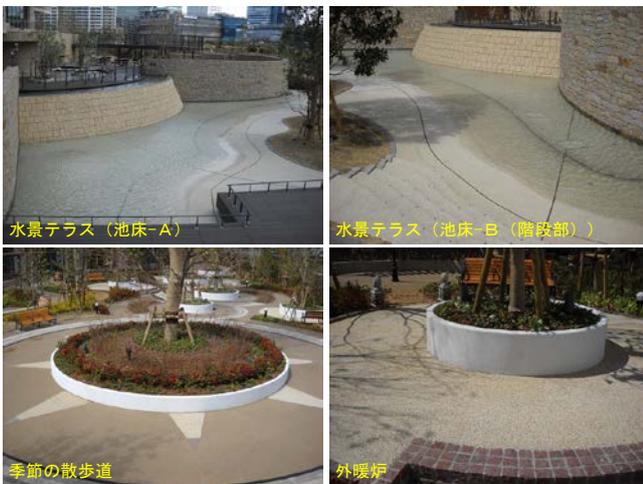


写真-7 テクストンの完了全景

### 3-3 ゴムチップ舗装(ハイステップDH-1)

ハイステップDH-1は、株式会社ダイフレックスの弾性舗装材で、ゴムチップ弾性層上にトップコートを散布した、適度な弾力性のある透水型の舗装体である。

#### (1) 適用箇所

ハイステップDH-1は、ブライトゾーンの「アクティブパーク」におけるバスケットコートおよびキッズフィールドに適用された。

#### (2) 舗装断面

ハイステップDH-1の舗装断面を図-7に示す。

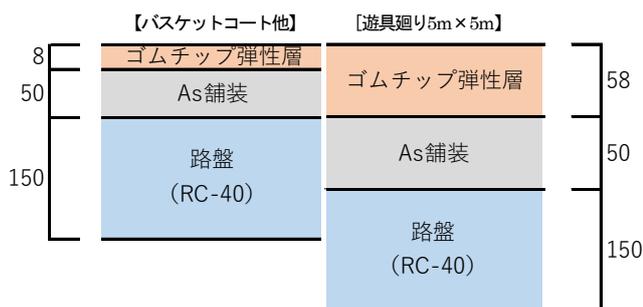


図-7 ハイステップDH-1の舗装断面

#### (3) 施工フロー

ハイステップDH-1の施工フローを図-8に示す。

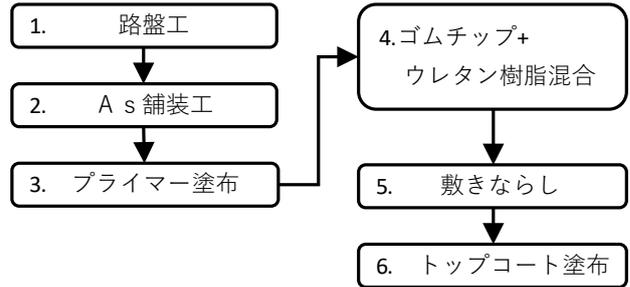


図-8 ハイステップDH-1の施工フロー

#### (4) 景観性

ハイステップDH-1は、総合運動場として描かれたアクティブパークに適したデザイン性を有しており、小さな子供の安全性にも配慮した仕上がりとなった(写真-8参照)。



写真-8 ハイステップDH-1の完了写真

## 4. おわりに

パークタワー晴海のランドスケープは、美しく植栽を配置するだけのデザイン計画とは一線を画し、ただ眺めて美しい庭だけではなく、住戸と同様に住人達の暮らしの舞台となるようにデザインされている。

このデザインを現地で忠実に再現できるよう、発注者、元請、協力業者および他業者と密に打ち合わせを行い、連携して施工に臨んだ。その結果、年度末の繁忙期という厳しい条件であったが、景観性に富んだ良好な出来栄の舗装を構築ができた。

本文が、今後の景観舗装におけるデザイン計画の一助になれば幸いである。



写真-9 パークタワー晴海の完成写真

## 古街の景観と温暖化対策のための保水性舗装の施工

林 滉大\*  
大野 倫弘\*\*

### 1. はじめに

香川県綾歌郡宇多津町内における「世代間交流センター」の新築工事に伴う駐車場整備工事を地元建設業者の下請として施工することとなった。世代間交流センターは、名称のとおり老若男女がこの場所へ集い交流を深める目的で建設された施設で、各種イベント、お祭りなどが開催される際に提供される。

本文は、保水性舗装を用いた景観整備の事例として、採用の経緯から施工について報告するものである。

### 2. 工事概要

工事名：世代間交流センター新築工事  
工事場所：香川県綾歌郡宇多津町地内  
工期：2019年2月1日～2019年2月28日  
工事内容：

- ・保水性舗装(ハイシールM)
  - グリーンストーン(セメント色：緑色) 105 m<sup>2</sup>
  - DSイエロー (セメント色：黄色) 171 m<sup>2</sup>
  - 淡路砂利7：紅3 (セメント色：標準) 346 m<sup>2</sup>
  - 黒砕石 (セメント色：黒色) 53 m<sup>2</sup>
- ・ショットブラスト処理 675m<sup>2</sup>
- ・透水性自然石樹脂舗装(ベニサンゴ) 60m<sup>2</sup>



図-1 施工場所

### 3. カラー保水性舗装の採用理由

当社が受注する前に、街づくりのコンセプトである『古街の景観』のマッチングについて、発注者、設計事務所、および元請業者と協議を行った。その内容を以下に示す。

当該現場は、旧宇多津町役場が建設されており、

かつては目の前に広大な塩田が広がり、その先には瀬戸内海が一望できる風光明媚な場所であった。このことから、波打ち際をイメージしたジョイント形状と、色彩については新緑と海のグリーン、紅葉のイエロー、冬の雪と砂浜をイメージしたホワイト、古い街並みの石畳をイメージしたブラックの四色のデザインが示されていた。その穏やかな風景を連想させるような形状および色彩を実際の施工に反映できるように要望されていた(図-2)。

当初は自然色舗装が設計に組み込まれていたが、検討を進める中で、昨今の社会問題でもある温暖化対策(温度上昇の抑制)も加味して、熱環境改善型の保水性舗装「ハイシールM」を提案した。

この舗装を用いることで、コンセプトに合う形状と配色になるよう工夫をして施工ができる。その上、当該箇所が役場付近という町内の中心部に位置し、人々が交流する“たまり場”でもあることから、環境負荷軽減の他に副次的効果として、歩行時の快適性向上にも寄与できる舗装として本舗装が採用された。



図-2 意匠平面図

### 4. 施工にあたっての課題と対策

#### 4-1 課題

- ①各色の舗装ジョイントが波打ち際をイメージした形状であり、不規則な曲線なので、きれいな線形での型枠設置等施工が極めて難しい。
- ②保水性舗装のセメントミルク注入時における隣接同士のセメントミルクの流入出の防止が必要である。
- ③出来映え(仕上がりの色等)がイメージどおりのものとなるのか懸念された。

## 4-2 対策

①平面図で波打ち際が連想できるような曲線から、各色の境界線を協議し決定した(図-3)。施工に際し、見切材設置前に現地に線形を明示し、発注者と立会確認後に設置した。なお、通常の型枠を使用してイメージ通りの曲線を描くことは不可能なので、発注者と協議を行い基層面にステンレス製曲線見切材を設置することで、曲率半径が小さな曲線にもきれいな線形を出せるように工夫をした。

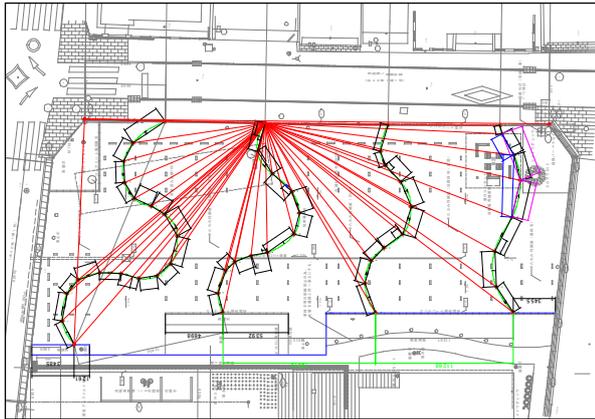


図-3 線形計画平面図



写真-1 ステンレス製曲線見切材

②ステンレス製曲線見切材の設置後、基層設置面にはコーキングを行い、下部からの流入出を防止した。同様に、見切材本体をマスキングで養生することによって、隣接箇所等へのセメントミルクの流入出を防止した。また、濃色のセメントミルク注入を先に行い、薄色を後から施工を行うことによって、薄色部への影響を避けるようにした。

③セメントミルクの各カラー混合比の1、3、5%において、カラー骨材を用いて母体アスコンを作製した。セメントミルク充填後にショットブラストを施してサンプル供試体を作製した。その後、発注者と協議を行い、イメージに合った配合を決定して施工に臨んだ(写真-3)。



写真-2 マスキングによる養生状況



写真-3 各色のサンプル

## 5. 使用材料および配合割合

母体アスコンの使用材料を表-1に、各種6号砕石の粒度を表-2に示す。

表-1 使用材料

材料の種類		製造会社	産地
6号 砕石	DSイエロー	日本銀砂(株)	愛媛県
	黒砕石		岡山県
	グリーン (輝緑岩)		愛媛県
	紅		中華人民共和国
	淡路砂利		兵庫県淡路市
粗砂	大同産業(株)	福岡県北九州市	
石粉	高知重炭(株)	高知県高知市	
ストレートAs60~80	コスモ石油(株)	三重県四日市市	

表-2 各種6号砕石の粒度

ふるい目	6号砕石 粒度範囲		DSイエロー	黒砕石	グリーン (輝緑岩)	紅	淡路砂利
	下限値	上限値					
19mm	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
13.2	85.0	100.0	98.7	89.4	98.7	99.3	97.6
4.75	0.0	15.0	6.5	3.5	3.8	2.6	1.6
2.36			2.3		0.6	0.2	0.8
600μm			1.3				

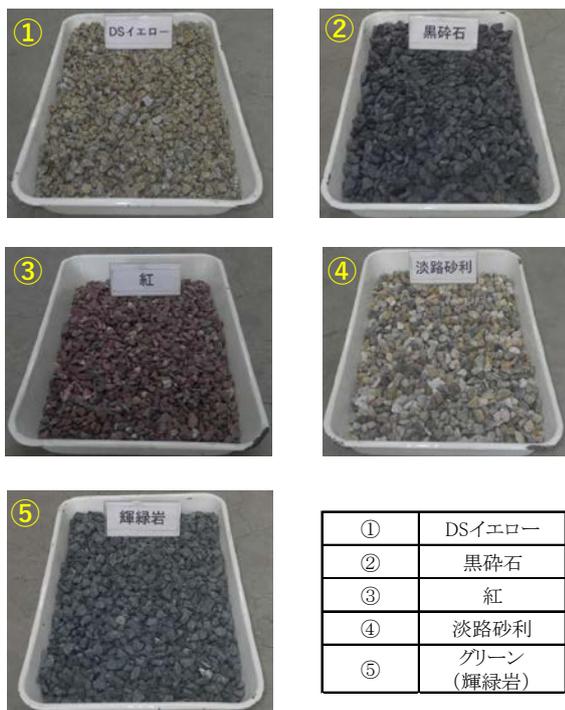


図-4 使用骨材

## 6. 配合設計の留意点

現場施工厚さが5cmであったので、粒度範囲は半たわみ性舗装用アスファルト混合物のI型を参考にして、室内配合設計を行った。

参考にした粒度範囲を表-3に、基準値を表-4に示す。半たわみ性舗装用アスファルト混合物の母体アスコンの目標空隙率は、表-4に示した基準値の中央値である24.0%を目標とし配合設計を行った。

各種6号砕石の粒度および吸水率が異なるので、6号砕石と粗砂の比率を変えて目標の空隙率となる配合を選定する必要があった。決定した母体アスコンの骨材配合割合を表-5に、母体アスコンの性状を表-6に示す。

表-3 半たわみ性舗装用As混合物の粒度範囲

ふるい目	I型	II型
26.5mm		100
19.0	100	95~100
13.2	95~100	35~70
4.75	10~35	7~30
2.36	5~22	5~20
600μm	4~15	
300	3~12	
75	1~6	
一般的な厚さ	5cm程度	10cm程度

表-4 マーシャル安定度試験に対する基準値

密度 g/cm <sup>3</sup>	安定度 kN	空隙率 %	フロー値 1/100cm	突固め回数 回
1.90以上	2.94以上	20~28	20~40	50

表-5 母体アスコンの配合割合

材料	母体6号砕石	粗砂	石粉	
配合割合 (%)	DSイエロー	88.0	8.0	4.0
	黒砕石	86.0	10.0	4.0
	グリーン (輝緑岩)	86.5	9.0	4.5
	紅	17.0	9.0	4.5
	淡路砂利	69.5		

表-6 母体アスコンの性状

6号砕石	As量 %	密度 g/cm <sup>3</sup>	安定度 kN	空隙率 %	フロー値 1/100cm
DSイエロー	3.7	1.899	5.37	23.6	28
黒砕石	3.6	1.965	4.64	23.7	28
グリーン	3.6	2.148	5.05	23.5	26
紅	3.6	1.937	4.36	23.5	26
淡路砂利					
基準値	—	—	2.94以上	20~28	20~40

## 7. 施工方法

### 7-1 表層の舗設

型枠材として曲線見切材を設置し、極力機械施工とするため、アスファルトフィニッシャ(4.5m級)、4tタンDEMローラ、端部についてはハンドガイド式振動ローラによる締固めを行った。

なお、ステンレス製曲線見切材部で表層の段差を発生させないようにするため、透明のマスキングテープで養生して目視確認をしながら施工を行った(写真-4)。

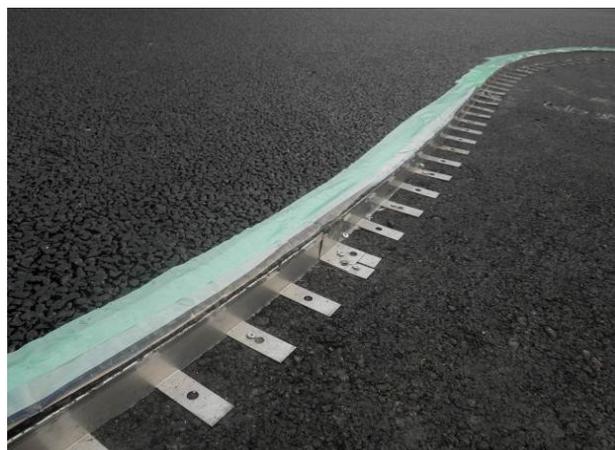


写真-4 ステンレス製見切材への養生

### 7-2 セメントミルクの充填

セメントミルクを充填するにあたり、各色の混入を避けるため、各々、ポリバケツを用意しハンドミキサーで混練した。その際、攪拌時間の計測を行い、色のばらつきが生じないように留意した。

練り場所についてはブルーシート、マスキングテープ等で周辺舗装および建物等に養生を行い、セメントミル

クの他所への飛散を防止した。

セメントミルクを完全に充填させるようハンドガイド式振動ローラを、曲線部や完成構造物付近では振動コンパクタを使用し、完全に充填することができた。施工状況を写真-5に示す。



写真-5 セメントミルク注入状況

### 7-3 研掃

セメントミルクを注入し1週間養生を行った後、ショットブラストによる表面処理を行った。ショットブラストは、投射密度 $150\text{kg}/\text{m}^2$ を基準として球径 $1.0\sim 1.4\text{mm}$ のスチールショットを投射し、仕上が

り面を確認しながら微調整を行った。

また、完成構造物際での作業は、ジェットタガネで人力による研掃を行い、自然石風の景観に仕上げた。なお、機械施工と人力施工の表面の仕上がり具合に差が出ないように確認しながら作業を行った。

## 8. おわりに

施工場所である宇多津町は、全国で問題となっている人口減少に逆行し、10年前と比較して県内では4.5%減であったのに対し、5.3%増となる珍しいケースの自治体である。振興地域である臨海地区には、2020年開業予定である四国水族館が建設中であり、隣接している復元塩田においては、現在も昔ながらの方法で塩が製造されている。

温故知新ともいうべき街づくりに携わることができ、さらには、市長をはじめ子供からお年寄りまで感謝や高評価をいただいたことは、自身にとって大変、貴重な経験を積むことができた。本文が今後の施工に役立てば幸いである。

最後に当該現場での提案、配合設計、現場施工、安全管理、品質管理等において、ご指導ご協力をいただいた本支店、ならびに協力会社の皆さまに感謝の意を表します。

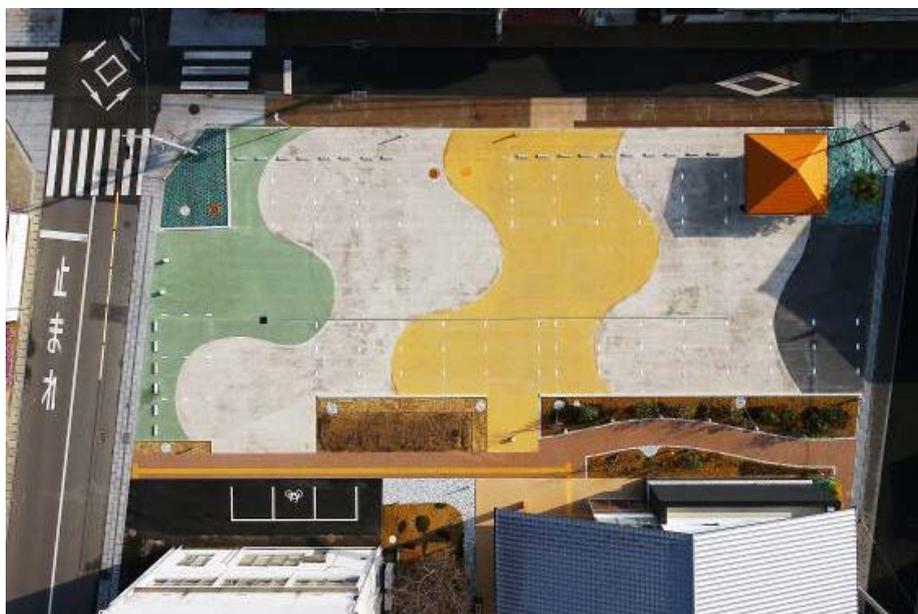


写真-6 完成写真

## 陸上競技場のトラックおよびフィールド舗装の施工

渡邊 恵好\*  
 澤田 和則\*\*  
 南 賢一\*\*\*

### 1. はじめに

現在の青森県総合運動公園内にある「陸上競技場」は、築50年以上経過しており、老朽化が著しい状況にあるので、改修を行って新青森県総合運動公園内に移転することとなった。

陸上競技場は、収容人員2万人で(公財)日本陸上競技連盟の第1種公認陸上競技場として整備計画された。第1種陸上競技場とは、日本選手権や国民体育大会など、日本陸上競技連盟が主催する全国規模および国際的な大会が開催できる競技場であり、基本的に全天候型舗装で補助競技場や照明設備、観客席の収容人員など、様々な規定を満足する施設である。

本文では、第1種公認陸上競技場におけるトラックおよびフィールド舗装の施工について報告する。

### 2. 工事概要

#### 2-1 工事概要

工事概要を以下に示す。

工事名：新青森県総合運動公園陸上競技場新築工事

工事場所：青森県青森市大字宮田字高瀬地内

発注者：青森県東青地域県民局

元請：(株)奥アンツーカ

工事内容：排水施設工：内圏側溝387mなど  
 グラウンドコート舗装止工：舗装止縁石1,436m  
 グラウンド舗装工：11,918m<sup>2</sup>  
 競技施設工：砂場4箇所

#### 2-2 舗装の概要

トラックやフィールドの配置を図-1, 2に、舗装標準断面を図-3に示す。

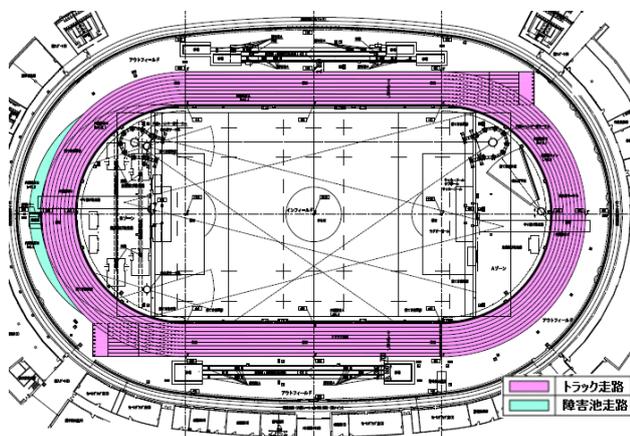


図-1 トラック走路および障害池走路

開粒度アスコン層は、当初7(3+4)cmの2層であったが、使用骨材の最大粒径が13mmなので、最大粒径の2.5倍の舗装厚とすることで、施工時の骨材のひきずりなどが抑えられると考え、7(3.5+3.5)cmの2層に変更し施工を行った。

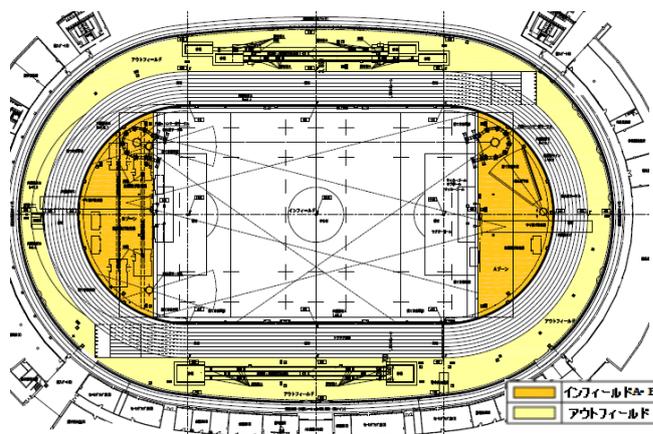


図-2 インフィールド(A, B)およびアウトフィールド

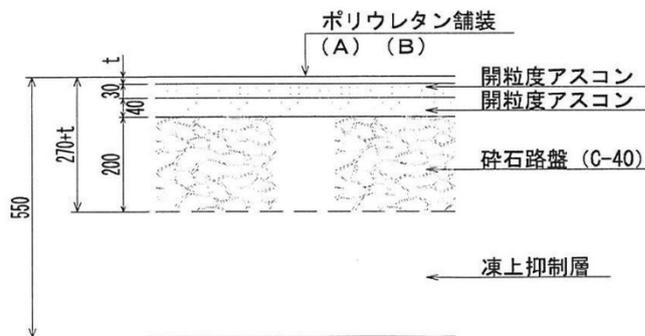


図-3 舗装断面図(走路・助走路)

### 3. 現場の課題

#### 3-1 舗装の仕上り精度の向上

第1種公認陸上競技場には、競争路や跳躍場など、場所ごとに表層のウレタン舗装厚に違いがあったり、舗装勾配が異なっていたり、細部にわたりいろいろな規定がある。これらの出来形が規定どおりになっていないと、競技に支障をきたす不具合とされる。また、基層(開粒度アスコン)の仕上り高さの精度が悪いと、高価なウレタン舗装材でこれを修正することになる。したがって、各工程の仕上り高さ等の精度には特に留意する必要がある。本工事で留意した点を以下に示す。

①アウトフィールド(ゴムチップウレタン舗装 $t=9\sim 10\text{mm}$ )、トラック走路(ウレタン舗装 $t=13\text{mm}$ )およびスタート地点(ウレタン舗装 $t=18\text{mm}$ )では、場所によって表層の仕上げ厚が $\text{mm}$ 単位で異なる。また、トラックやフィールドでは、場所ごとに勾配が微妙に異なる。したがって、基層の仕上がり高さには、十分に注意する必要があった。

②アウトフィールド内に2箇所ある助走路は、四方に砂場、側溝、および舗装止めブロックがあり、かつ、踏切板や突き箱設置のためのレベル区間があるので、勾配(高さ)の取合いが難しかった。また、障害池付近の走路においては、三日月形状部分の施工方法に工夫が必要であった。

③インフィールド内(A、Bゾーン)の勾配は、礎石から内圏側溝まで放射状の一定勾配であり、助走路には施工ジョイントを作らない工夫が必要であった。

### 3-2 平坦性の確保

平坦性( $\sigma$ )の規格値は $2.4\text{mm}$ 以下となっているが、発注者からトラック走路については $1.0\text{mm}$ 以下にしてほしいとの要望があった。

### 3-3 舗装区割

舗装するにあたり、合材搬入口が1箇所しかないことや場所ごとにウレタン舗装厚が違うこと、平坦性の向上のため人力施工部分を少なくすること等を考慮した区割(舗設順序)の計画が必要であった。

## 4. 課題解決に向けた取組み

### 4-1 舗装の仕上がり精度の向上

①トラック走路およびアウトフィールドの舗装は、舗装の勾配やウレタン舗装厚の違いごとに分割して施工した。設置時に舗装止めブロックの高さを確認していたが、他の作業の影響で変わった可能性も考えられるので、舗設前に再度計測した。また、舗装型枠の設置に際して、その高さをすべて計測し微調整した。さらに、アスファルト混合物の敷きならし後に自動追尾型トータルステーション(以下、TS)を用いて、仕上がり高さの確認・補正を行った。

②「アウトフィールド内にある2箇所の助走路には、コンクリートの躯体で囲われた砂場が両側にあり、他方には側溝や舗装止めブロックが設置され、四方が囲われている状態となっている。フィニッシャを砂場のコンクリートの躯体上に載せられないことや人力施工を少なくするため、砂場間は砂場から助走路センター側に施工した(図-4)。また、砂場間の50m前後は勾配がゼロであるので、フィニッシャの中央部付近に凹凸ができないようキャンバを調整しながら施工した。施工が迎合する助

走路の中央部では、仕上げた部分にフィニッシャが載っても変形しないよう施工日を変えて十分硬化させた後にコンパネ養生するなどの対策を行った。

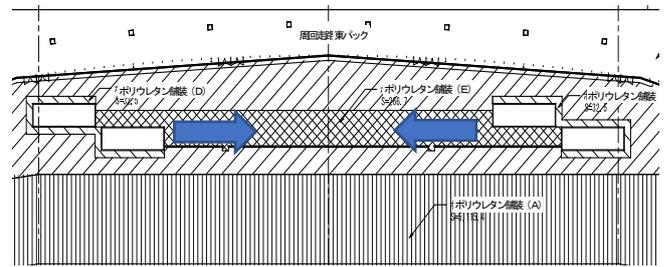


図-4 砂場間の施工方向

③障害池付近は、ゼロ勾配部分が三日月形(図-5)をしており片側に舗装止めブロックがある。そこで舗装型枠の高さを計測して舗装止ブロックと同一高さに設置し、人力施工を少なくするため三日月形の先端部分もフィニッシャの最小幅で施工し、余分な部分を後からカッタ切断し撤去した。

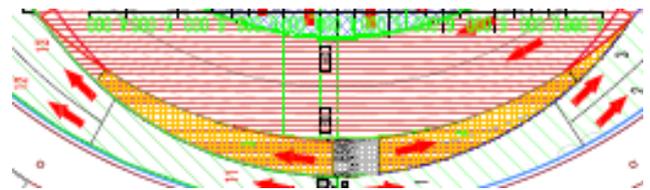


図-5 障害池付近の形状

④インフィールド内A、Bゾーン(図-6)に関しては、礎石からトラックの内圏側溝に向かって放射状の一定勾配となっている。内圏側溝に沿っての舗設であれば、勾配に沿って施工ができるので基準高に合わせやすい。しかし、槍投げの助走路の仕上がり面にはジョイントを作らないでほしいとの要望から、2層目の施工は基準高に合わせ難いものの、内圏側溝からインフィールドの芝方向に施工した。

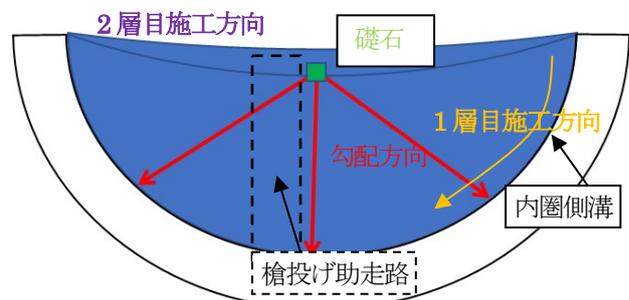


図-6 インフィールドA、Bゾーンイメージ図

### 4-2 平坦性の確保

トラック走路については、路盤から基層の1層目までTSを用いたICT施工とした。1層目は舗装型枠を基準高に合わせて、TSを用いたマシンコントロール(以下、MC)フィニッシャで敷きならし、コンパインドロー

ラ、タンデムローラ、タイヤローラの順で転圧した。2層目は、舗装型枠を基準高に合わせてMCは使用せず、レーザースキャンセンサーによる平坦性向上システムを使用した。また、平坦性の向上のため、フィニッシャが止まらないように材料の手配に注意し施工した。

アウトフィールドについては、MCグレーダによって路盤を施工した。幅員が一定でなく狭い箇所が多いことから、アスファルト舗装の施工機械はミニフィニッシャとしたが、MC施工には対応していないので、基準高に合わせた舗装型枠をガイドとして舗設した。

平坦性( $\sigma$ )は、フィールド走路内側で0.68mm、外側で0.78mmとなり、いずれも1.0mm以下を満足する結果となった。

使用した機械・装置を表-1に示す。

表-1 使用した機械・装置

使用機械・装置	機種等
モーターグレーダ	コマツGD405A(3D-MC仕様)
アスファルトフィニッシャ	フェーゲルS1603-1
ミニフィニッシャ	ハンタF1740W
マシンコントロール装置	トータルステーションシステム
鉄輪ローラ	7t仕様
タイヤローラ	10t仕様
コンバインドローラ	4t仕様



写真-1 アウトフィールド路盤施工状況



写真-2 トラック走路基層施工状況

#### 4-3 舗装区割について

舗装区割については、舗装の仕上がり精度や平坦性などの課題を考慮して、図-7に示すようにした。

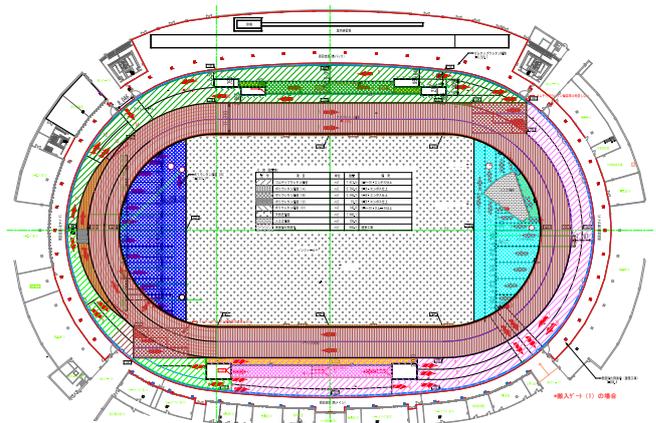


図-7 舗装区割図

舗装区割に際しての留意点を以下に示す。

- ・材料搬入口は、図-7中の右下の1箇所だけであるので、区割りごとの舗装の順序については、搬入口部が最後となるようにする。
- ・曲線部や狭小部については、人力施工部分が少なくなるようにフィニッシャで施工し、余分な部分を後からカッタを入れ撤去する。
- ・1層目と2層目の縦ジョイントを15cmずらして施工する。
- ・トラック走路の舗装止めブロック上をダンプトラックが越える箇所(コンパネ等で養生)数が最小となるように計画する。

#### 5. 今後の課題

本工事を終えて、同様の工事を行うにあたり、課題と思われる点を以下に示す。

①インフィールドA、Bゾーンの基層の施工は、放射状の勾配となっており、フィニッシャのキャンバをゼロとし、仕上り高さは舗装型枠をガイドとして舗設した。

その際、敷きならし後にフィニッシャのセンター部分が低く見えたので、水系によって確認したところ、若干下がっていることがわかった。このため、フィニッシャのセンターのキャンバを8~12mm程度に設定し直して施工した結果、写真-3のように施工ジョイント部が溝のようになってしまった。

今後、放射状の勾配箇所の施工方法の検討が必要である。



写真-3 インフィールドA、Bゾーンの状況



写真-4 施工時に発生した筋状の跡

- ②舗装の仕上がり高さや平坦性を確保するためには、構造物の仕上がり高さの精度が重要となる。本工事における内圏側溝の仕上がり精度は、 $\pm 5\text{mm}$ であり最大 $10\text{mm}$ の差が生じる可能性があったので、構造物の仕上がり精度をさらに高める必要があると考える。
- ③フェーゲル社製のアスファルトフィニッシャを使用したけど、薄層施工ではタンパ・バイブが強すぎるのか、高さを合わせようとゲージを下げてても、機械が暴れてしまい下がらない状況があった。無理に下げたところ筋状の跡が発生した(写真-4)。今回のように重車両が載らない舗装では、タンパ・バイブが緩い国産機種の方が適当と考える。

## 6. おわりに

第1種公認陸上競技場フィールドの新設工事で、建築の遅れから厳しい工期の中、フィールドの路床から舗装まで、なかなか体験できない貴重な経験ができた。今後、フィールド工事に関わるようなことがあれば、この経験を活かしさらに優れた工事ができるように努める所存である。

最後に、施工においてご指導・ご協力いただきました本・支店および協力会社の方々に感謝の意を表します。



写真-5 完成状況

## 高速道路における伸縮装置取替の施工事例

阿久津健次\*  
金原 貴\*\*

### 1. はじめに

「中央自動車八王子管内舗装補修工事(平成 29 年度)」において、圏央道城山橋の伸縮装置取替工事を実施したので、その施工概要を報告する。

### 2. 本体工事の概要

本体工事の概要は、以下のとおりである。

- ①工 事 名：中央自動車八王子管内舗装補修  
工事(平成 29 年度)
- ②工事場所：  
中央自動車  
自)東京都杉並区高井戸西 (KP 0.0)  
至)山梨県上野原市上野原 (KP 50.3)  
首都圏中央連絡自動車道  
自)神奈川県相模原市緑区小倉(KP 30.2)  
至)東京都あきる野市下代継 (KP 47.7)
- ③工 期：平成 30 年 1 月 23 日～平成 31 年 4 月 17 日
- ④発 注 者：中日本高速道路株式会社八王子支社
- ⑤工事内容：切削オーバーレイ 47,000m<sup>2</sup>  
路面標示工 21,000m  
伸縮装置取替工 29 車線

### 3. 圏央道城山橋の伸縮装置の取替工事

ここでは、圏央道城山橋 A2 の伸縮装置の取替工事について報告する。

#### 3-1 工事概要

城山橋は、圏央道の模原愛川 IC～高尾山 IC(平成 26 年 6 月 28 日開通)(図-1 参照)、橋長 301m の PC3 径間連続ラーメン箱桁橋で上り線橋が内回り、下り線橋が外回りである。

伸縮装置は供用後約 4.5 年であるが、「耐久性に優れ低騒音の伸縮装置に取り替える」ことを目的とした。

なお、取替工事は平成 30 年 11 月～平成 31 年 2 月に実施した。

#### 3-2 既設伸縮装置

##### (1) 位置

城山橋 A2 の伸縮装置位置の頭上には、図-2 に示すように住宅地が近接していた。

##### (2) 仕様

設計伸縮量 90mm、標準遊間量 350mm なので、既設

伸縮装置は許容伸縮量 200mm、適用標準遊間量 400mm の大伸縮量・広遊間適用型の大型ゴムジョイントであった(本体幅：800mm、430kgf/m)。



図-1 城山橋の位置



図-2 伸縮装置取替位置(圏央道城山橋 A2)の状況

荷重支持型・表面ゴム製ゴムジョイントで荷重支持板となる鋼板を架け渡す構造となっているので、本体幅が遊間に対し大きくなっていた。

既設伸縮装置の現況を写真-1 に、その断面図を図-3 に示す。

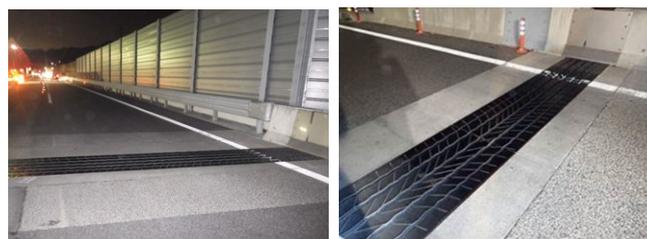


写真-1 既設伸縮装置の現況

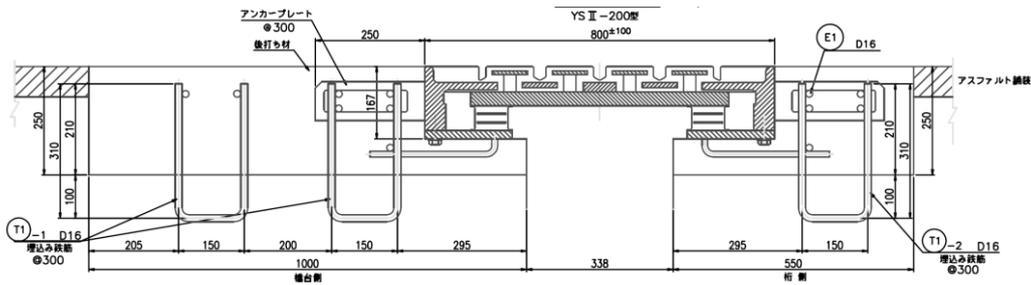


図-3 既設伸縮装置の断面図

### 3-3 新伸縮装置 (KMA-320 型)

新しく取り替える新伸縮装置 (KMA-320 型) の全景を写真-2 に、その断面図を図-4 に示す。

KMA-320 型の特長は、以下のとおりである。

- ・本体がアルミ合金製なので、腐植 (塩害) に強い。
- ・アルミニウムが軽量なので、施工性に優れている。
- ・孔あきジベルとフェースプレートとを一体成形しており、また溶接による接合部がないので、疲労耐久性に優れている。
- ・止水性の高い多層多室セル構造のハニカム状止水ゴム (常時圧縮状態) とその下の樋状の二重止水ゴムによって、遊間の下の桁下に雨水を漏らさない。
- ・フェースプレートの三角形状歯によって、輪荷重の移動がスムーズとなり、車両通過時の騒音を低減できる。



写真-2 KMA-320 型の全景

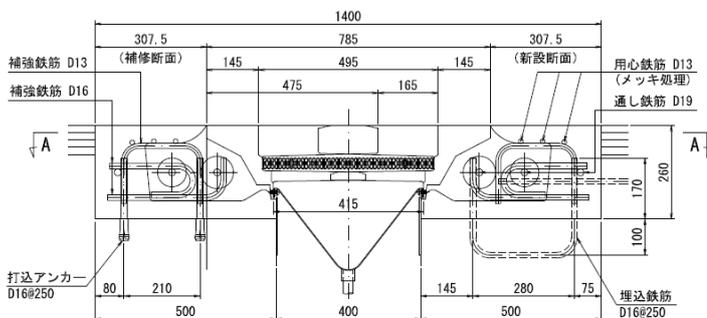


図-4 KMA-320 型の断面図・平面図

### 3-4 施工の流れ

施工の流れを図-5 に示す。



図-5 施工の流れ

### 3-5 使用機械

本工事で使用した機械を表-1 に示す。

表-1 使用機械

機 械 名	形式および性能	台数	備 考
コンクリートカッタ	手動式ブレード30cm級	1	
空気圧縮機	可搬防音式5m <sup>3</sup> /分	2	
コンクリートブレーカ	20kg・30kg級	7	
ピックハンマ	7kg級	7	
削岩機	14kg級	3	コンクリートアンカー削孔用
ガス器具	酸素・アセチレンガス	2	切断用
発電機	2KVA	2	電動工具用
電気溶接機	200A	2	据付け固定用
バキュームクリーナ		2	清掃用
パイプレータ	軽便パイプレータ	2	コンクリート締固め用
トラッククレーン	4.9t吊り	1	据付け用
クレーン付きトラック	4t	2	資機材運搬・据付け用
ダンプトラック	3.5t	2	コンプレッサ車
ダンプトラック	2t	2	廃材運搬用
ジェットミックス車		1	超速硬Co打設用

### 3-6 使用資材

本工事で用いた主要資材を表-2に示す。

表-2 主要資材

資材名	規格	数量	摘要
伸縮装置	KMA-320N	16.89 m	城山橋内回りA1
		10.59 m	城山橋内回りA2
		10.96 m	城山橋外回りA1
		10.59 m	城山橋外回りA2
補強鉄筋	D16 SD345 545 U形	382 本	
	D16 SD345 595 L形	382 本	
	D19 SD345 5500	70 本	
打込みアンカー	D16	764 本	
超速硬コンクリート	$\sigma_{3h}=24\text{N}/\text{mm}^2$	18 $\text{m}^3$	
浸透性エポキシ樹脂接着剤	PDプライマー	6 セット	
コンクリート打継用接着剤	PDボンド	9 セット	
ドーロガードキット	メタクリル樹脂系	10 セット	
FDグリップ	D19、ねじ寸法M20×2.5	40 個	

### 3-7 施工

#### (1) 準備工

##### 1) 住宅地側防音対策工

A2 側に近接している住宅地への防音対策として、住宅地側に設けている遮音壁脇に防音シートを設置した。

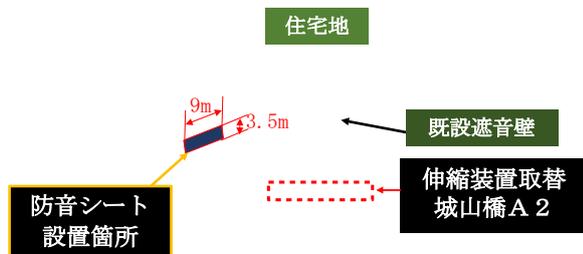


図-6 防音シートの設置状況

##### 2) 設伸縮装置カット工

既設伸縮装置(製品ジョイント・表面ゴム製型)は、定尺長 3.6m で幅員のセンターから割付けられていたので、事前に車線分割位置と撤去時に吊上げ可能な重量とするため、中間位置にカットを入れ切断した。

##### 3) 路面カット工

既設床版鉄筋を切断しないようコンクリートカットで舗装厚まで切断した。

##### (2) 取壊工および既設伸縮装置撤去工

既設伸縮装置は、定尺長と端尺長が側面部で添接板を用いボルト接合されていたので、酸素・アセチレンガスで添接板を切断し、クレーン付トラック(2.9t 吊)によって撤去した。はつり面はピックハンマで、脆弱部やひび割れが残らないよう均一に仕上げた。エア・バキュームを用いてその後箱抜き部を清掃した。



写真-3 既設伸縮装置撤去状況

今回撤去した表面ゴム製ゴムジョイントは、ゴムと鋼材の分別が困難なことから、リサイクル化できないので、粉砕して最終処分した。

##### (3) 仮復旧工

床版遊間部を鋼板(500×1000×t9)で落下防止対策後、箱抜き部内に密粒度アスファルト混合物を2層(125mm/層)に分けて人力で敷きならし、振動コンパクター、ランマー、およびハンドガイド式振動ローラによって転圧し仮復旧した。なお、鋼板下は凹凸があるので、砂を敷きならし、不陸をなくしてがたつきを防いだ。



写真-4 落下防止鋼板および仮舗装状況

##### (4) 仮復旧撤去工

仮復旧舗装をブレーカ・ピックによってとりこわし、支持材(鋼板)を撤去した。

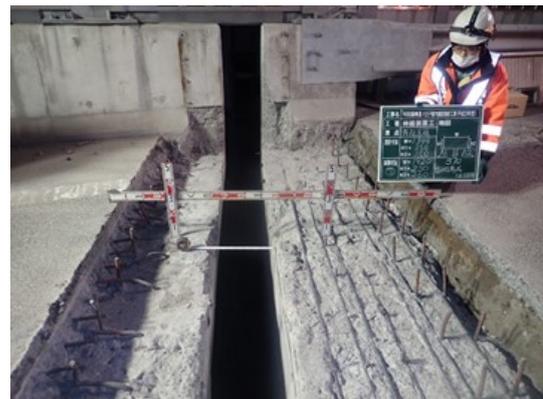


写真-5 仮復旧舗装の撤去状況

##### (5) 床版遊間部内型枠工

伸縮装置設置前に後打コンクリートが床版遊間部に流入しないよう内型枠(メッキ鋼板・t=2.3mm)を設置した。

##### (6) 伸縮装置設置工

事前に所定の伸縮遊間幅に組立てた伸縮装置を既設舗装高に合わせ、配列に従い設置した。高さ・直線性の確認を行った後、組立て用高ナットに固定(溶接)した。



写真-6 伸縮装置設置状況

#### (7)配筋・鉄筋組立工(配筋・溶接工)

設置した伸縮装置に所定の鉄筋を配置し、配置した補強鉄筋と伸縮装置本体のアンカー鉄筋および既設床版鉄筋の接点部を溶接固定した。

配筋・鉄筋組立完了後、再度箱抜き部をエア・バキュームによって清掃し、その後既設コンクリート面に生じた微細なひび割れ(マイクロクラック)対策として浸透性エポキシ樹脂接着剤を塗布し、新旧コンクリートを一体化するためにコンクリート打継用接着剤を塗布した。



写真-7 配筋・溶接工状況

二次施工時における一次施工鉄筋とのつなぎは、重ね継手が不能なことから、機械式鉄筋継手工法の内、スリーブ圧着ネジ継手方式(FD グリップ A タイプ)によって接続した。

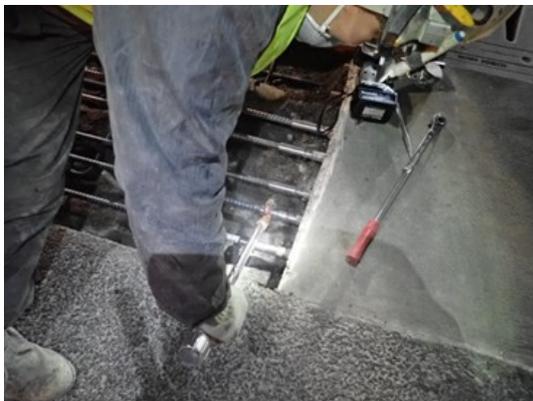


写真-8 スリーブ圧着ネジ継手方式による接続状況

鉄筋接続施工は、製造者の講習受講者が実施し、管理も講習受講者の有資格者によって実施した。当該継手方式は、締付け前のマーキングと締付け後のマーキングのずれおよびトルク値によって管理した。



写真-9 新伸縮装置(KMA-320型)設置完了状況

#### (8)コンクリート打設工および養生工

後打コンクリートには超速硬コンクリートを使用した。練混ぜにはモービル車を使用し、機械操作で練混ぜを実施した。コンクリート打設の際には伸縮装置を養生し、打設時はバイブレータで万遍なく締め、ブリーディング終了後、金ゴテで平たんに仕上げた。

仕上げ完了後に被膜養生剤を塗布し 3 時間養生した。交通解放前に現場養生供試体の圧縮強度 24N/mm<sup>2</sup>以上を確認した。



写真-10 超速硬コンクリート打設状況

#### 3-8 完成

2車線分の設置完了状況を写真-11 に示す。



写真-11 2車線分の設置完了状況

#### 4. おわりに

今回、圏央道城山橋 A2 の伸縮装置の取替工事について記載したが、本体工事の中央自動車および首都圏中央連絡自動車道八王子保全サービスセンター管内における舗装補修では、恩方第一・第二橋および八王子西 IC ランプ橋の伸縮装置の取替を行った。さらに、本体工事の「集中工事」では、夜間時間帯厳守による規制条件のなか、綿密に施工計画を練り計画とおり施工を完了させ、また八王子 IC、八王子西 IC、および八王子 JCT の「ランプ閉鎖工事」においても、限られた時間の中で遅延なく無事故・無災害で工事を完了させた。

本文が今後の伸縮装置取替工事の参考になれば幸いである。

## 高性能床版防水(グレードII)の施工事例

野口真早仁\*  
伊藤 肇\*\*  
狩野 行則\*\*\*

### 1. はじめに

NEXCO 中日本は平成 25 年 11 月の「インフラ長寿命化基本計画」に基づき、管理する高速道路の維持管理・更新を着実に推進するための中長期的な取組計画として、平成 27 年 3 月「NEXCO 中日本インフラ長寿命化計画(行動計画)」をとりまとめた。この中でメンテナンスサイクルの確立、点検強化、補修の集中的実施を謳い、点検診断結果に基づき補修更新計画を策定することとしている。

こうした中、NEXCO 中日本東京支社小田原保全・サービスセンターは、管内(小田原厚木道路、西湘バイパス)の「小田原厚木道路(特定更新等)小田原管内舗装補修工事(平成 29 年度)」において舗装損傷個所の補修、高機能舗装化、落下防止柵の新設、および川端高架橋等 10 橋の床版補修を行う工事を発注した。

当社は当該工事を受注し、現在も施工を継続している。

本文では、当該工事の内、既設の防水を高性能床版防水(以下、グレードII)にする工事を中心にその概要を報告する。なお、グレードII施工の目的は、水および塩化物がコンクリート床版に浸透することを確実に遮断し、鉄筋の劣化進行を長期的に抑えることである。

### 2. 工事概要

工事概要は、以下のとおりである。

工 事 名：小田原厚木道路(特定更新等)小田原管内舗装補修工事(平成 29 年度)

工事場所：一般国道 271 号(小田原厚木道路)

(自)神奈川県小田原市板橋字五反歩 (0.0Kp)

(至)神奈川県厚木市酒井字原田 (31.7Kp)

一般国道 1 号(西湘バイパス)

(自)神奈川県中郡二宮町二宮字向浜 (0.0Kp)

(至)神奈川県小田原市風祭字君田島(14.5Kp)

工 期：自)平成 29 年 10 月 18 日

至)令和元年 11 月 6 日(750 日)

発 注 者：中日本高速道路株式会社東京支社小田原保全・サービスセンター

工事内容：舗装補修 43,891m<sup>2</sup>

床版防水工(床版補修含) 21,815m<sup>2</sup>

伸縮装置取替工 10 車線(38m)

落下防止工 1,092m

対面通行設置・撤去工 2 回

橋梁部の工事内容を表-1 に示す。

表-1 橋梁部の工事内容

番号	橋の名称	面積 m <sup>2</sup>	オーバー レイ工 m <sup>2</sup>	レベリ ング工 t	路面 切削工 m <sup>3</sup>	断面 修復工 m <sup>3</sup>	床版 補修工 m <sup>2</sup>
1	風祭高架橋	835.2	805.4	67.2	0.0	0.000	0.0
2	早川橋	96.0	92.3	12.1	4.6	0.000	0.0
3	川端高架橋	3,317.4	3,252.1	284.6	154.1	0.030	0.0
4	穴部高架橋	2,785.5	2,704.5	128.5	155.1	0.036	0.0
5	狩川橋	748.6	728.0	34.6	44.0	0.006	160.7
6	蓮正寺高架橋	661.0	650.3	30.9	39.2	0.008	0.0
7	矢作高架橋	1,616.9	1,584.2	86.4	98.7	0.016	203.9
8	吉沢高架橋	1,017.7	985.4	82.9	71.5	0.012	0.0
9	飯泉高架橋	4,817.3	4,727.7	397.8	348.2	0.064	0.0
10	生沢高架橋	208.3	203.4	9.7	12.3	0.000	136.7
11	観音寺高架橋	843.2	830.0	79.8	0.0	0.000	0.0
12	酒井高架橋	844.1	839.4	70.1	62.9	0.011	0.0
13	滄浪橋	5,055.0	4,872.8	468.5	390.9	0.066	0.0
	計	22,846.2	22,275.5	1,753.1	1,381.5	0.249	501.3

### 3. 当該工事の施工内容

当該工事の施工の流れを図-1 に示す。当該工事では既設舗装を撤去後、床版を研掃し断面修復しグレードIIを施工するタイプと既設舗装を撤去後、床版補修しグレードI(通常の塗布防水)を施工するタイプの2とおりを施工中であるが、本文では前者について報告する。

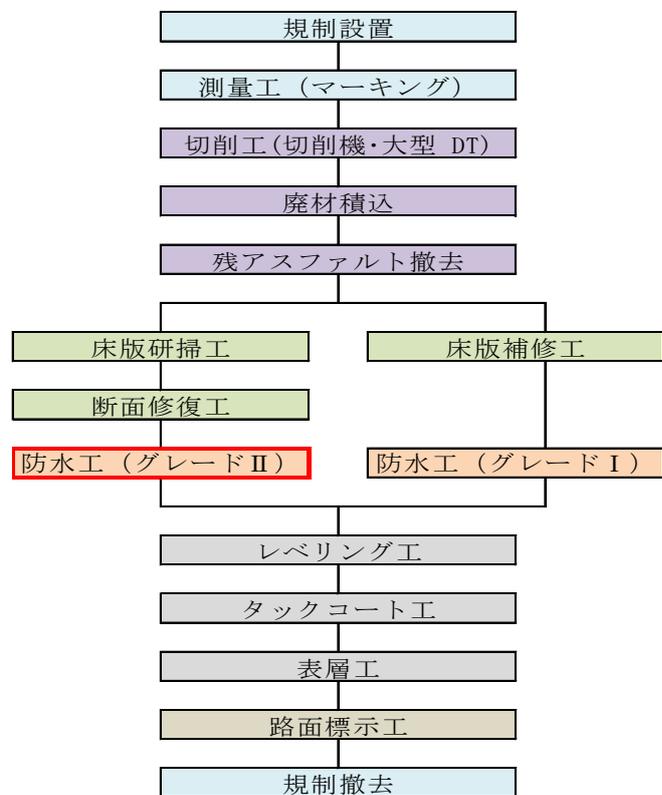


図-1 施工の流れ

\*関東支店横浜営業所工事主任 \*\*同営業所工事主任 \*\*\*同営業所工事長

当該工事の週間工程およびタイムスケジュールを図-2に示す。

		月	火	水	木	金
撤去工						
断面修復工						
防水工						
舗装工等						
予備日						

		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
撤去工	規制設置										
	準備工										
	切削工										
	残As撤去工										
断面修復工	打音検査										
	断面修復工										
舗装工	床版防水工										
	レベリング工										
	タックコート工										
	表層工										
	路面標示工										
	品質管理試験										
	規制撤去										

図-2 週間工程およびタイムスケジュール

#### 4. 使用材料および使用機械

グレートIIに用いた使用材料(ニチレキ社製)を表-2に、主な使用機械を表-3に示す。

表-2 グレートIIの使用材料

施工位置		製品名	使用量
床版部	接着剤	HQ <sup>7</sup> ライマー-AU(主剤)	0.13kg/m <sup>2</sup> 以上
		HQ <sup>7</sup> ライマー-AU(硬化剤)	
		粘度調整材	-
	防水材料	HQハイグレードAU(主剤)	1.5kg/m <sup>2</sup> 以上
HQハイグレードAU(硬化剤)			
舗装用接着材	HQコートAU	1.2kg/m <sup>2</sup> 以上	
	付着防止材	珪砂(4号)	0.7kg/m <sup>2</sup> 以上
端部	接着剤	HQ <sup>7</sup> ライマー-AU(主剤)	0.13kg/m <sup>2</sup> 以上
		HQ <sup>7</sup> ライマー-AU(硬化剤)	
		粘度調整材	
	防水材料	HQハイグレードAU(主剤)	1.5kg/m <sup>2</sup> 以上
		HQハイグレードAU(硬化剤)	
	端部保護材	HQトップAU(主剤)	0.2kg/m <sup>2</sup> 以上
HQトップAU(硬化剤)			
	粘度調整材	-	

表-3 使用機械

工種	機械名	型式
研掃工	ショットブラスト機	4トンクラス
	研掃機	F-22EST
	集塵機	DC5500
床版修復工	WJはつり	ハンドガン
	WJはつり	スピンジェット
	給水タンク車	以下床版補修工併用
	散水車	LW40型
	給水用水中ポンプ	HSN2.4S
	強力吸引車	
	洗浄機	
	クレーン装置付トラック	PB-XZU341
	希硫酸投入装置	
	泥水タンク	
水中ミキサ		
水中ポンプ		
防水工	HQプライマー-AU散布機	15MPa

#### 5. グレートIIの施工の流れおよび課題

##### 5-1 施工の流れ

図-1の中で、床版研掃、断面修復およびグレートIIの各工種の施工の流れを図-3~6に示す。

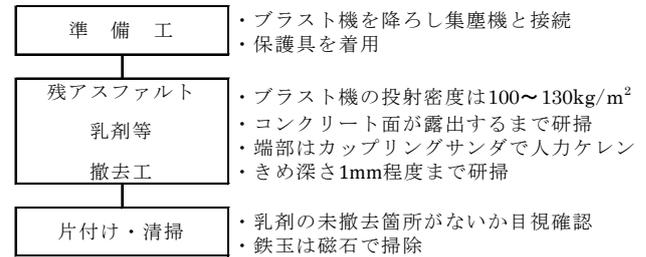


図-3 床版研掃工の施工の流れ

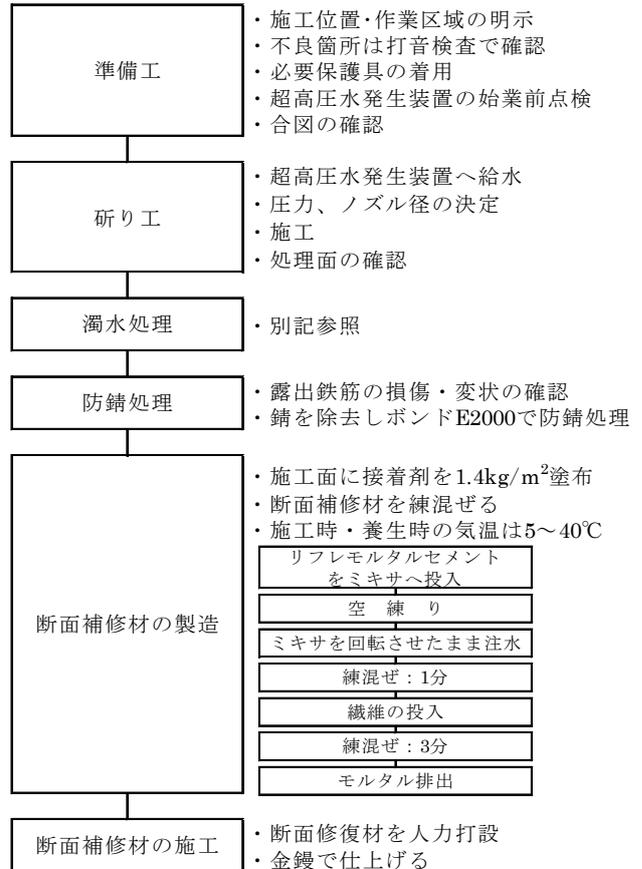


図-4 断面修復工の施工の流れ

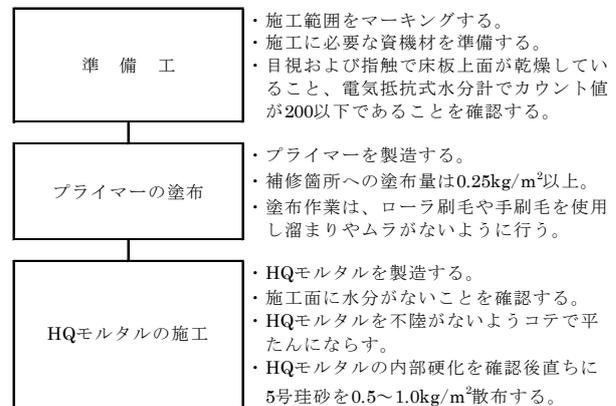


図-5 下地処理(グレートII)の施工の流れ

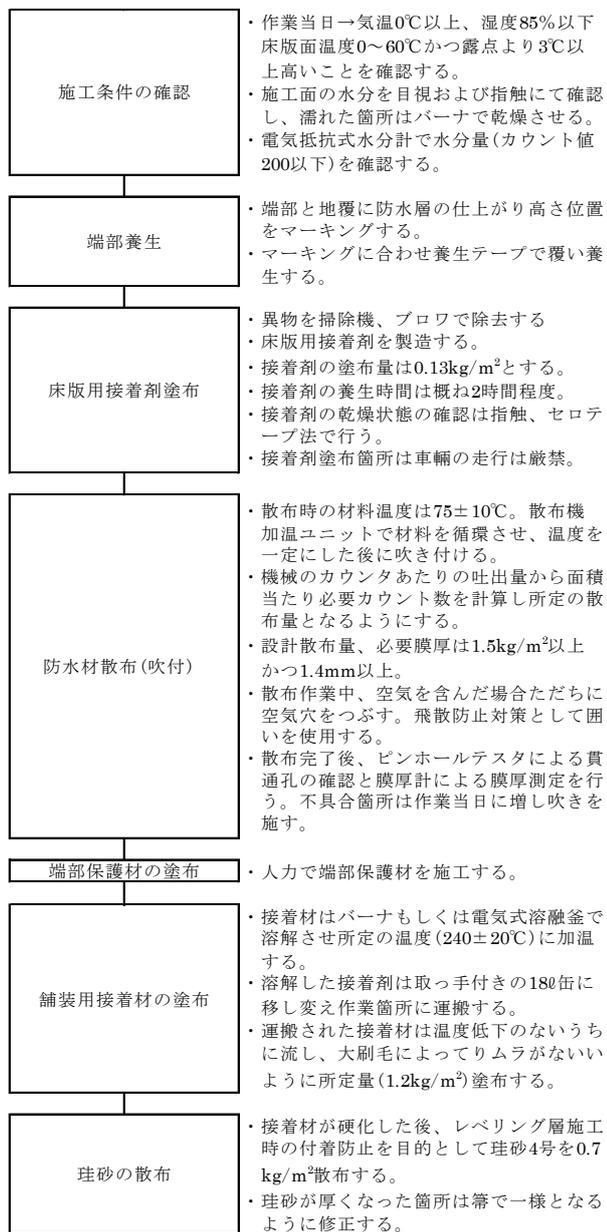


図-6 防水工(グレートII)の施工の流れ

## 5-2 課題

①端部防水の立ち上がり構造物(縁石等)が塩害や経年劣化によって腐食していたこと、②現場が住居と近接していたことから環境対策が必要であったこと、および③プライマー塗布後の降雨に対応することが課題であった。

## 6. 課題に対する対策

前記の課題に対しては、以下の対策を講じた。

- ①立ち上がり部の腐食に対しては、事前に床版用下地調整モルタル(樹脂モルタル)によって、縁石や壁高欄の損傷部を補修した。
- ②近隣住民への異臭対策としては防水材料にイチゴミルクフレーバーを添加し、樹脂の飛散対策としては徹底的な飛散防止措置ならびに路下見張り員の配置を実施し

た。飛散プライマーや防水材料は目に見えない小さな粒子なので、電柱等に透明のシートを貼り付け、飛散の有無を確認した。

- ③プライマー塗布後に降雨がある場合、再施工となるので、天気予測に最善を尽くすとともにプライマーを施工した場合は、深夜になっても必ず防水材料塗布まで完了させることとした。

なお、施工に際しては、コンクリート床版と防水材料、および防水材料とアスファルト混合物層との付着を完全にすることに留意するとともに、施工中に各構成層および各構成層間(隙間)への水の浸入・滞水を完全に阻止した。

## 7. 施工状況

グレートIIの施工状況を写真-1～13に示す。



写真-1 現場の状況(着工前)



写真-2 残アスファルト除去状況



写真-3 床版研掃状況



写真-4 上面 WJ 研り状況(床版断面修復工)



写真-5 プライマー状況 (床版断面修復工)



写真-6 ジェット Co 打設状況 (床版断面修復工)



写真-7 下地処理状況 (グレートⅡ)



写真-8 床版用接着剤塗布状況 (グレートⅡ)



写真-9 防水材散布状況 (グレートⅡ)

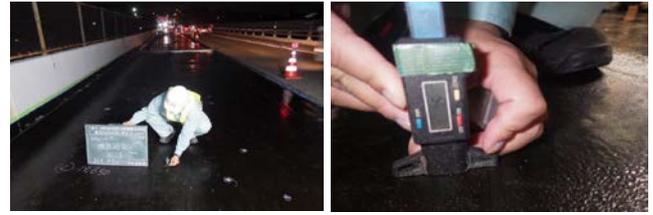


写真-10 膜厚確認状況 (グレートⅡ)



写真-11 端部表面保護材塗布状況 (グレートⅡ)



写真-12 4号珪砂散布状況 (グレートⅡ)

## 8. おわりに

補修時のグレートⅡには未解決の課題があり、標準化ができていない。こうした中、当該工事では1週間の連続規制を実施することで、新設工事用のグレートⅡを用いて、既設舗装の床版防水高性能化を実施した。その結果、良好なグレートⅡを構築することができた。

本文が今後の既設舗装の床版防水の高性能化工事の参考になれば幸いである。



写真-13 施工完了状況

# 下水施設の再構築—事前の調査診断から工事の完成まで—

菊池 邦弥\*  
佐々木公和\*\*

## 1. はじめに

「北区王子本町2丁目、滝野川4丁目付近再構築工事」は、東京都北区王子の住宅地街路において、既設管きよを調査診断し布設替えや補強を行い、範囲一体の下水施設を再構築するものであった。

本文は、当該工事の概要を報告するものである。

## 2. 工事概要

工事概要は、以下のとおりである。

- ・工事件名：北区王子本町2丁目、滝野川4丁目付近再構築工事
- ・施工場所：東京都北区王子本町2～3丁目、滝野川4丁目(図-1参照)
- ・工期：2018年1月12日～2019年3月12日
- ・発注者：東京都下水道局西部第二下水道事務所  
施設課



図-1 位置図

## 3. 現場状況と課題

当該現場は、写真-1に示すように古くからの家と新しいマンション、商店とスーパーマーケット、そして都営アパート、寮などが混在した住宅街であり、一方通行が錯綜していた。

このため、新しい建物ができたときに古い建物からの取付管が残置されたままになっていたり、他企業の埋設物の位置確認にも多くの労力が生じるという課題があった。

さらに、王子新道はバスの運行路線であったこと、および当然のことであるが、工事のために近隣生活者からの下水を止めることができないことも課題であった。



写真-1 着工前の現場状況

## 4. 既設管きよの調査診断

### 4-1 調査診断方法

既設管きよの調査では、TVカメラ車を用いて管内のTVカメラ撮影および測量を実施した。ビデオでひび割れ、接合部の間隔、穴あき、浸入水の有無、木の根等の侵入物の有無、たるみ、段差、取付管の突き出し、付着物の有無等を確認し診断した。既設管内の状況の一例を写真-2に示す。

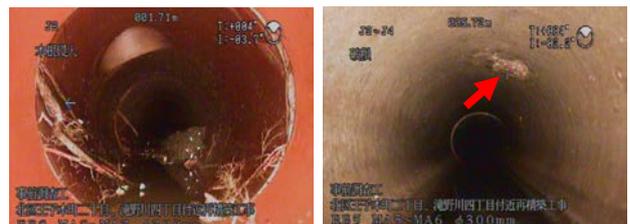


写真-2 既設管内の状況の一例

### 4-2 調査診断結果

本管の既設管きよのほとんどがヒューム管(φ250～600mm)と陶管(φ250～300mm)であった。既設管きよの調査診断結果は、管きよ内調査記録表(カルテ)にスパンごとにまとめ、発注者との協議資料とした(図-2参照)。

カルテには、本管の管種、管径、延長、管内の状況・考察、取付管の汚水・雨水の別、管種、管径、管内の状況・考察に加え、設計内容や望ましい処置方法を記載し、スパンごとにA3用紙1枚にわかりやすくまとめた。

図-2 管きよ内調査記録表(カルテ)の例

\*関東支店東京第二営業所工事主任 \*\*同営業所

## 5. 発注者との協議

### 5-1 準備工から設計変更の流れ

事前調査で当該現場範囲には多数の不明管があること、当初設計の開削工法では他企業埋設物や電柱等地上物の移設が必要になることなどが判明した。このため、取付管のTVカメラ調査、および本管と取付管の望ましい再構築方法を提案した。

準備工から設計変更の流れを図-3に示す。

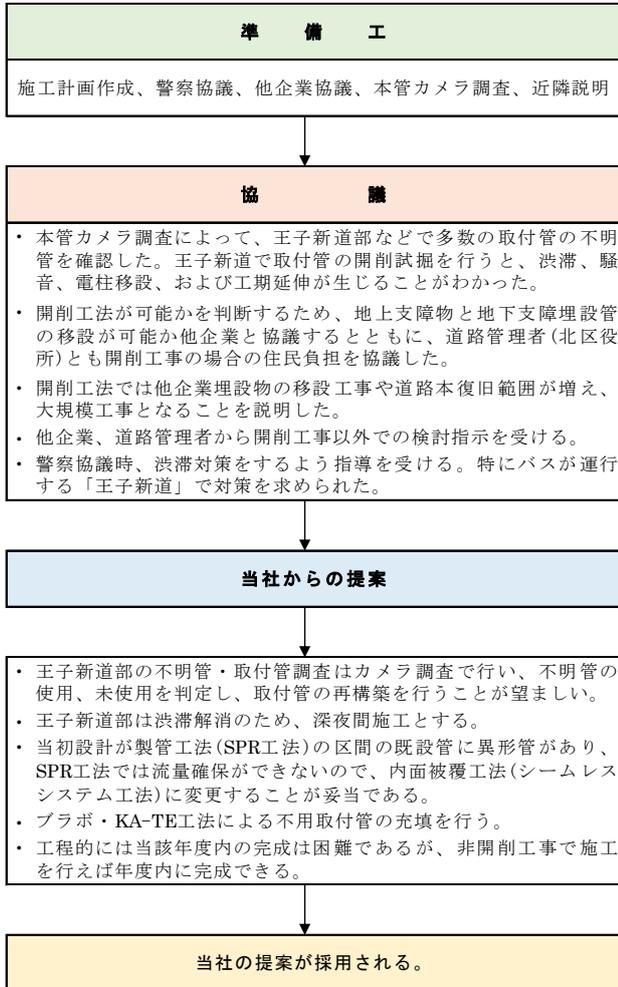


図-3 準備工から設計変更の流れ

### 5-2 発注者との協議結果

既設管きよの調査診断結果をもとに発注者と協議した結果を表-1に示す。

表-1 当初設計数量と設計変更後の数量

構造物名	管径	補修方法	当初数量	設計変更後の数量	増減
管きよ	φ250mm	開削による撤去・新設(硬質塩化ビニル管)	11.95m	11.95m	—
	φ230~460mm	内面被覆工法(シームレス工法)で補強	1127.85m	1125.85m	△2.00m
人孔	—	既設人孔撤去→新設	1箇所	1箇所	—
	—	既設人孔→改造	28箇所	46箇所	18箇所
汚水ます	—	既設汚水ます→改造	82箇所	94箇所	12箇所
	—	既設汚水ます→改造	82箇所	94箇所	12箇所
汚水ます取付管	φ125~200mm	硬質塩化ビニル管に置換え	124.65m	186.45m	61.80m
	φ150mm	FRP工法	0.00m	60.50m	60.50m
	φ125~200mm	既設管→充填	0.00m	40.12m	40.12m
既設管きよ(φ230~600mm)	そのまま活用	—	166.60m	116.60m	—

本管においては、図-4に示すように開削によって既設管を撤去し硬質塩化ビニル管に新設する延長が11.95m、シームレス工法によって補強する延長が1,125.85m、および既設管きよ(φ230~600mm)をそのまま活用する延長が166.60mとなった。当初、φ500mmのヒューム管区間で製管工法(SPR工法)によって補強する区間が80.9mあったが、既設管に異形管があることがわかり、SPR工法では流量確保ができないので、シームレスシステム工法に設計変更した。

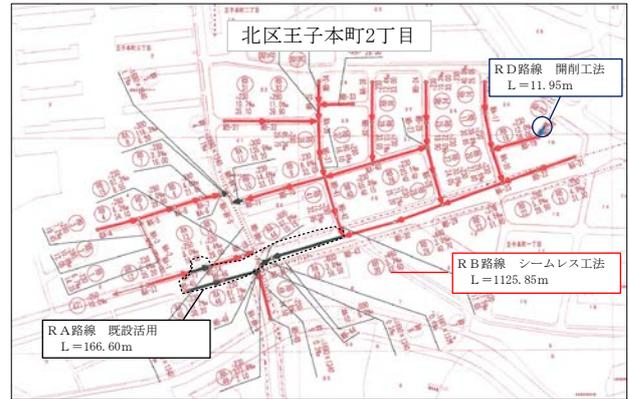


図-4 本管の施工数量

当初数量から大きく数量が変更になったのは、人孔と取付管であった。人孔の改造は28箇所から46箇所に18箇所に増加し、既設汚水ますの改造は82箇所から94箇所に12箇所増加した。取付管は箇所数では汚水取付管が153箇所、雨水取付管が100箇所、不明管が34箇所、閉塞管が19箇所、および閉塞不良箇所が4箇所となった。その延長は、硬質塩化ビニル管への置換が124.65mから186.45mに61.80m増加し、FRP工法による補強が0mから60.50mに増加し、および既設管の充填が0mから40.12mに増加した。

## 6. 施工方法

本管は開削とシームレスシステム工法で、取付管は硬質塩化ビニル管への置換え、およびFRP工法と不用管の充填で実施したが、ここではシームレスシステム工法と取付管の充填方法について記載する。

### 6-1 シームレスシステム工法

(1) シームレスシステム工法とは

シームレスシステム工法は、既設管内にシームレスライナーを挿入し、紫外線照射によって光硬化させる工法である。硬化時に周囲の温度変化に影響されず、浸入水の影響もなく確実に硬化させることができ、施工後の体積収縮がほとんどなく、取付管口穿孔工が連続施工ででき、工期短縮が可能となる。また、UVライトトレインに装着されたTVカメラによって、硬化前のライナー内面を目視確認できる。

施工の流れを図-5に示す。

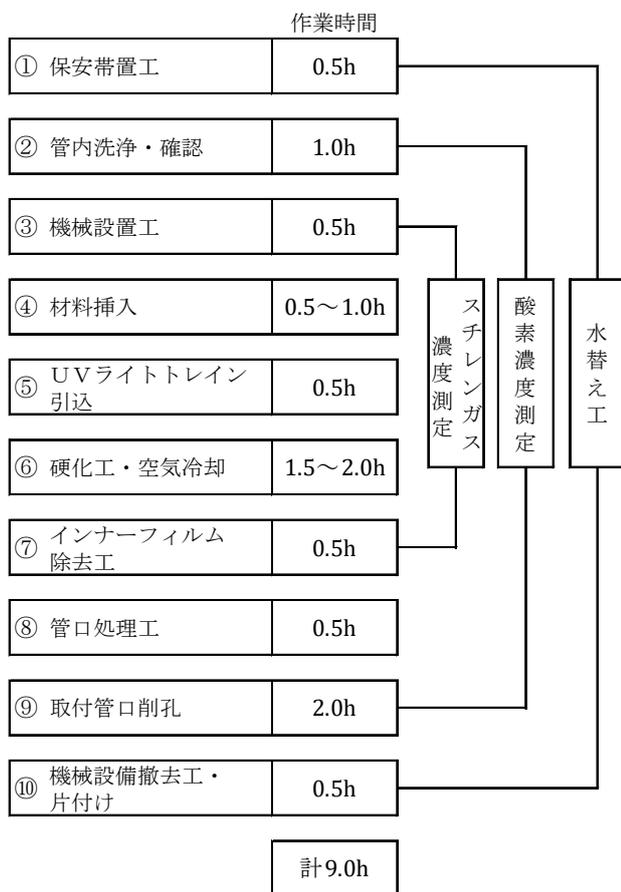


図-5 シームレスシステム工法の施工の流れ

## (2) 事前作業

管内洗浄は高圧洗浄車を用いた。TV カメラ車によって本管内の損傷異常、および突起物や堆積物の程度を確認し、施工前の状態を VTR 録画した。本管の損傷によって管径が縮小していたり、陶管が割れて脱却や大きな変形がある場合など、更生工の可否、突起物・堆積物の前処理の有無・個数を確認した。また、ますと取付管口の間隔や不明管の有無も確認した。

本管内の障害物(木の根、取付突出し、モルタル等)は高圧洗浄車およびカッターで除去した。

## (3) 施工方法

シームレスシステム工法の施工方法は、以下とおりとした。

- ① 施工区間にシームレスシステム施工車および資機材運搬車を配置し発動発電機、空気圧縮機および電動ウインチ等を設置→材料端部を折り曲げベルト、ワイヤー等で固定→管きょ内にワイヤー通線をし、スリップシートを管きょ内に引き込む。
- ② ライニング材を電動ウインチによって、スリップシートの上を通過するように管きょ内へ引き込む。この時、ライニング材のよじれ、人孔蓋受枠、人孔管口、およびその他突起物との接触によるライニング材の損傷に注意した。

- ③ ライニング材の上下流両端にエンドパッカーを装着→圧縮空気によってライニング材を徐々に加圧拡張し、内蔵モニターで拡張状況を確認しながら、UV ライトトレインを到着側管口まで引き込む。
- ④ UV ライトを点灯し、到達側管口の硬化を確認後一定の速度で牽引し連続的に硬化させる。牽引速度は使用する光硬化装置や口径、およびライニング材の厚さによって変化させる。防音脱臭装置によって硬化時に発生するスチレン臭を除去する。
- ⑤ 圧力を下げた状態で空気を送り冷却→冷却完了後インナーフィルムにロープを結び、反対側の人孔からロープを引っ張り、インナーフィルムを除去・回収する。インナーフィルム除去の間はスチレンガス濃度を測定し、脱臭装置によってライニング材硬化時に発生するスチレン臭気を取り除く。
- ⑥ 人孔内に突出したライニング材を 1cm 程度残して切断し、止水材を使用して管口を平滑に仕上げる。
- ⑦ 穿孔機を用いて取付管口を仮穿孔し、穿孔機によって本穿孔する。
- ⑧ 施工に使用した機械設備を撤去する。  
施工状況を写真-3 に示す。



写真-3 シームレスシステム工法の施工状況

## 6-2 ブラボ・KA-TE 工法による不用取付管の充填

地上での集水ます調査および管内ビデオカメラによる取付管の調査の結果から、取付管が未使用・不用と判断された場合、この管内への土砂および浸入水を防ぎ道路陥没を防止するため、ブラボ・KA-TE 工法によって、未使用・不用取付管の充填閉塞を実施した。

ブラボ・KA-TE工法では、取付管のライニング、接合部の一体化補修、本管補修、および取付管内の充填閉塞ができる。

その適用範囲は、鉄筋コンクリート管、硬質塩化ビニル管および陶管である。適用管径は取付管でφ150、200mm、本管でφ200~800mmである。

施工延長は取付管で15m以内、取付管の管内充填閉塞は4m以内(勾配45°)、および本管での部分補修で30cm以内である。

当該現場では、取付管の充填でブラボ・KA-TE工法を使用した。充填閉塞したのは汚水ますの取付管で、合計40.12mであった。

取付管の充填・接続部閉塞の仕組みを図-6に示す。

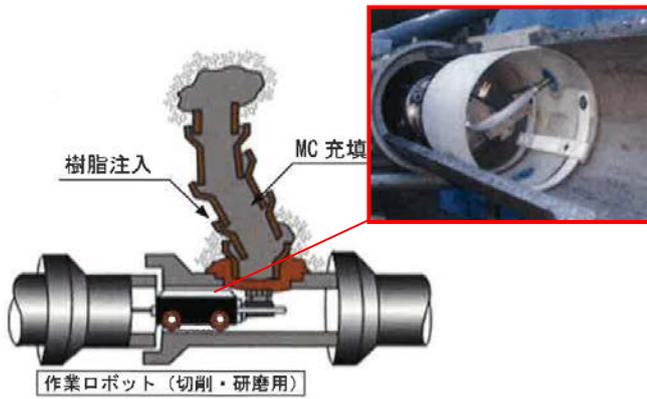


図-6 取付管の充填・接続部閉塞

## 7. 安全・排水対策

### 7-1 安全対策

前述のように当該施工範囲は住宅街なので、表-2 に示すような安全対策を講じた。

表-2 安全対策

現場の特殊性	対応策
他企業埋設管が輻輳している箇所での開削施工	作業前に他企業埋設管の占用・土被りを現場にて作業員全員に周知徹底する。 刃先誘導員を選定し、手掘り先行掘削を徹底する。
子供の憩いの場所である王子本町公園、また人通りの多い加賀学園通りおよびその周辺での施工が多い。	適正に誘導員を配置し、歩行者に声掛けを行い丁寧な誘導を行う。 看板は歩行者に見やすいよう工夫し、またクッション材で覆うなどの安全措置を行う。 公園、店前での施工となるため作業箇所への侵入防止のため、カラーコーン、バリケードで明確に分離するとともに、極力作業帯の縮小に心掛け、歩行者通路を広くとる。 やむを得ず、歩行者通路をホースやコードが横断する場合はつまずき転倒防止措置をとる。
一方通行での施工	わかりやすい迂回路表示を行う。 丁寧な言葉遣いで直接説明を行う等の対応を行う。

また、ゲリラ豪雨対策として以下に示すような「一滴ルール」を適用した。

- ①北区に降雨が発生している、および23区内に注意報・警報が発令された場合、作業を中止する。
- ②当該施工箇所にも一滴でも降雨がある場合は、作業を開始しない。
- ③下水道管きょ内において水位や水勢の変化、および下水の色(ファーストフラッシュは通常時より濁る)で増水の予兆を察知した場合、早急に作業員は地上に退避する。
- ④退避に際しては、作業中の資機材を放置する。

### 7-2 排水対策

水中ポンプを常時用意し、生活排水、湧水および滞水に応じて利用し、掘削および取付管布設に支障のないようにした。排水に際しては、土砂の流失を防ぐために沈砂槽を設け、真水のみ付近の既設人孔および集水ますに排水した。

## 8. おわりに

都市部の下水道の更新工事には多くの課題があるが、当該工事では既設管の事前調査を入念に行い、発注者と十分に協議し適切な手法で対応した。その結果、開削工法を非開削工法に変更するなどによって、住民への影響を最小限に留めるとともに工期短縮を実現した。

本文が今後の下水道再構築工事の参考になれば幸いである。

## 光硬化工法による既設排水管の補強事例

中嶋 朋也\*  
米田 雅俊\*\*  
吉川 朋幹\*\*\*

### 1. はじめに

茨城県坂東市の R 株式会社 T 事業所(以下、RT 事業所)の排水管(φ1,000mm のヒューム管)は、RT 事業所から市道内に埋設されており 4,318m 先の利根川に至っている。この排水管は施工後 40 年以上が経過し、コンクリートが劣化している箇所もあり、約 3,000m 区間で延命策を講じることが計画されていた。

RT 事業所からこの既設ヒューム管の補強を要請されたので、光硬化工法のアルファライナー工法および SPR 工法で補強することを提案し採用された。本文では、2018～2019 年に実施した第 1 期工事の概要を報告する。

### 2. 当社が提案した排水管補強計画

当社が提案した排水管補強計画を表-1 に示す。この基本方針は、以下のとおりである。

- ・当社が No.0～No.8-1 間をアルファライナー工法および SPR 工法で補強し、No.8-1 以降の利根川放流口から上流の約 1,500m については、鴻池組が製管工法(ダンビー工法)で補強する。
- ・アルファライナー工法の施工最大延長は約 80m なので、これを超える場合は仮設立坑を設置する。
- ・SPR 工法によって施工する区間は、No.6～No.7+80m 間 315.5m(市道拡幅部の 168m を含む)とする。
- ・当社の施工期間は 2018～2023 年の 5 期とし、RT 事業所工場内の排水が止められる夏季(盆休み)の 5 日間および冬期(年末年始休み)の 5 日間の計 10 日間/期に施工する。

下流側から鴻池組によって製管工法で補強工事が行われていたが、製管工法では年間 50m 程度しか進んでいないのが現状であった。アルファライナー工法の採用によって、1 年間に 200～280m(4 スパン施工)進むことができることとなる。

### 3. アルファライナー工法とは

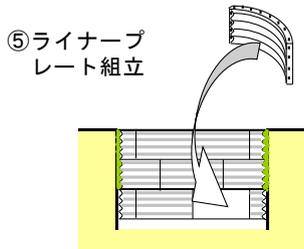
アルファライナー工法は適用径が φ150～1,000mm で、強固な耐酸性ガラス繊維を採用することで、従来の光硬化工法より高強度に補強できるという特長を有する。この工法は、①既設管内に更生材を引き込み、専用治具を上下流端部に取り付ける、②空気圧によって拡径し既設管内面に密着させる、③光硬化装置を挿入し樹脂を硬化さ

せ所定の強度と耐久性を確保した更生管を形成する、といった方法で施工する。

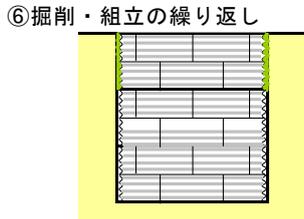
表-1 排水管の補強計画概要

概略平面図	延長	既設排水管の現況		既設排水管の補強計画
		人孔	区間長	
	0	No. 0		
	500m		224.2m	アルファライナー 1期工事 (2019年) <b>今回の工事</b>
		No. 1		
		No. 2	322.9m	アルファライナー 2期工事 (2020年)
	1000m		256.5m	
		No. 3		
		No. 4	295.9m	アルファライナー 3期工事 (2021年)
	1500m		295.6m	
		No. 5		
		No. 6	386.3m	アルファライナー 4期工事 (2022年)
	2000m		315.6m	SPR 5～6期工事
		No. 7		SPR 1～4期工事
		No. 8	217.8m	
	2500m		467.3m	アルファライナー 5期工事 (2023年)
		No. 8-1		他社対応区間
		No. 9	152.4m	
No. 10	60.8m			
	165.6m			
No. 10-1				
	184.0m			
No. 11				
	192.5m			
No. 11-1				
	146.4m			
No. 12				
	176.3m			
No. 13				
	72.9m			
No. 14				
	323.5m			
No. 15				
	55.3m			
No. 16				
	7.1m			
利根川 放流口	4318m			





ライナープレートを1段分を掘り下げた箇所に取り付ける。



④、⑤を繰り返して予定の深さまで繰り返す。

### ⑦基礎コンクリートおよび裏込め工

立坑の床に生コンを打設して基礎コンクリートとし、ライナープレートと掘削した地山との隙間にはエアモルタルを流し込み充填し立坑の完成。

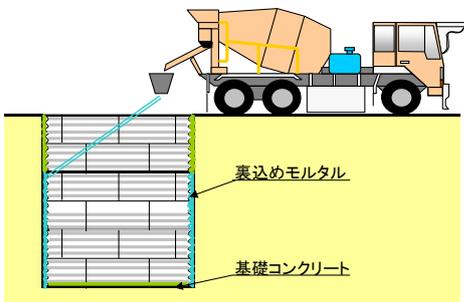


図-3(2) ライナープレート式立坑の設置の流れ

## 6-2 本管切断、Y ジョイント設置および再接続

2018年夏期の断水期間の5日間に「本管切断」→「Y ジョイント設置」→「再接続」を実施した。

本管切断状況を写真-1に、Y ジョイント再接続状況を写真-2に示す。

Y ジョイントは高い水密性と強度を持ち、鋼管と同等以上の強度を有する。ゴムリングを一定のトルクで締め付けることで管の接合が完了する。容易に接合できるので、当該現場のように直ちに埋戻しが要求される急速埋戻し用に適している。



写真-1 本管切断状況



写真-2 Y ジョイント再接続完了状況

## 6-3 アルファライナー工法

2019年冬期の断水期間の5日間に実施したアルファライナー工法の施工概要は、以下のとおりである。

①使用材料は6t弱の重量となるので、仮置場へ搬入し25t ラフタークレーンで8t ダンプトラックに積み込み現場に運搬した。8t ダンプトラックへの積み込み状況を写真-3に示す。



写真-3 8t ダンプトラックへの積み込み状況

②高圧洗浄を行い管内清掃後、TV カメラで既設管の状況を確認した。その後、スリップシートを設置し材料を引き込んだ(写真-4)。



写真-4 材料の引き込み状況

③管内を空気で一旦拡張させ、UV ライトを入れ込んだ(写真-5)。



写真-5 UVライト

④再度、拡張させUVライトを走行させてアルファライナーに光を照射させた。(写真-6)



写真-6 UVライト走行状況

⑤UV照射状況を写真-7に、拡張圧力、加圧時間、照射時間および管内温度の管理状況を写真-8に示す。



写真-7 UV照射状況



写真-8 施工管理状況

⑥インナーフィルムを除去して管内の清掃を行い、TVカメラで管内仕上がりの確認を行った。(写真-9、10)



写真-9 インナーフィルム除去状況



写真-10 TVカメラによる管内仕上りの確認状況

## 7. おわりに

施主との打合せ、市道を管理する坂東市との打合せ、および地元自治会への説明を重ね、2019年の第1期工事を無事終了した。

製管工法による補強では、今後何十年もかかるが、アルファライナー工法と SPR 工法を併用することで大幅に工期短縮ができることになる。

第2期工事以降も打合せを密に実施し、工程管理および品質管理を徹底し、施主の要望を満足させたい。

本文が同様の工事の参考になれば幸いである。

最後に協力業者をはじめ関係各位に感謝の意を表したい。

# 震災によって傾いた外部タンク基礎の修復事例

木村 友哉\*  
松尾 輝巳\*\*

## 1. はじめに

2018年9月6日に北海道胆振地方中東部を震源とする最大震度7を観測した北海道胆振東部地震が発生した。この地震によって、札幌市内でも様々な被害がもたらされ、特に液状化被害が甚大であった。

札幌市作成防災マップにおける液状化危険度が高い某工場内においても、屋外タンク基礎および風除室基礎が沈下して傾き、上部タンクおよび建屋に大きな影響を及ぼす事態となった。

本文は、災害復旧として杭圧入による沈下修正工法を用いて、上部タンクや風除室を残したまま、その傾いた屋外タンク基礎および風除室基礎を短期間に修復した事例について報告するものである。

## 2. 工事概要

工事概要は、以下のとおりである。

- ・工事名：某工場外部タンク基礎他沈下対策工事
- ・工期：2019年2月 1日～2019年4月30日
- ・施工期間：2019年3月22日～2019年3月30日
- ・施工箇所：北海道札幌市東区(図-1)
- ・工事内容：沈下修正工事 2基礎

コア削孔	15箇所
補強ブラケット設置	35箇所
単管圧入工	50箇所
レベル調整工	50箇所



図-1 工事施工箇所(札幌市防災マップから引用)

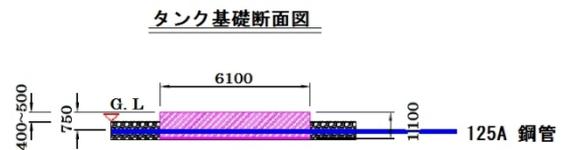
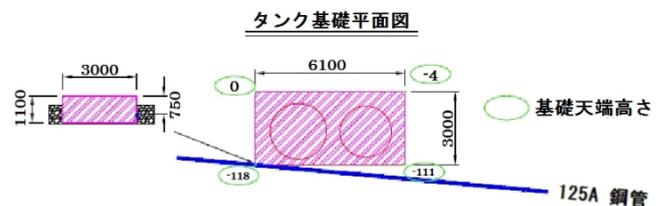
## 3. 事前調査および施工方法の検討

工事施工に先立ち、地震による各基礎の沈下等、被災状況を確認するために基礎周囲の試掘調査を行った。なお、調査内容は以下の3項目とした。

- ①基礎の形状・寸法の把握
- ②基礎フーチング下部の空洞の有無の確認
- ③基礎周囲の埋設物・支障物の位置・形状・深さの把握

その調査結果は、図-2、3に示すとおりである。

一部埋設管がタンク基礎に隣接していて、施工の支障となるので、埋設管の切回しを検討した。なお、基礎フーチング下部に空洞は確認されなかった。



風除席基礎平面図

風除席基礎断面図

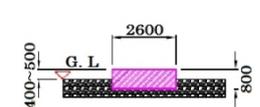
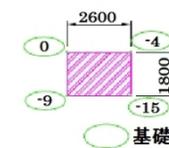


図-2 現況図

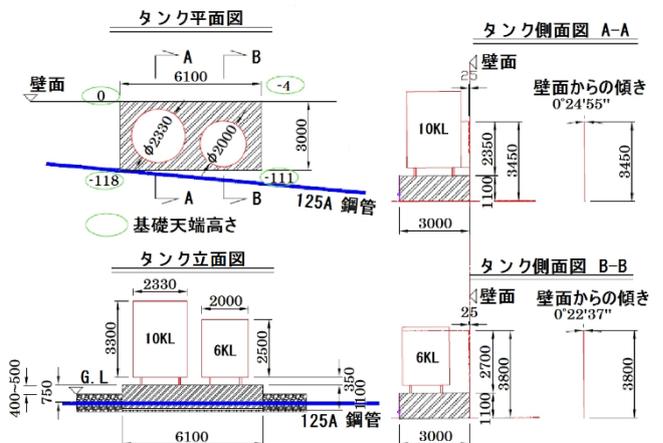


図-3 タンク現況図

また、震災によって隣接する構造物とズレが発生していることから、位置関係とクリアランスを詳細

\*北海道支店道央営業所 \*\*同営業所副所長

に測定した。その結果、建物外壁と基礎との間に上端で30mm程度、下端で20mm程度(写真-1、2)、建物壁面と配管の間に25mm程度の隙間が確認された(写真-3)。この調査に基づいて、災害復旧としての修復方法について検討した。その結果、隣接する建屋への影響が少なく、上部構造物を撤去することなく、工場の操業を止めずに短期間で基礎を持ち上げることが可能な単管杭圧入工法に決定した。



写真-1 基礎上端の隙間



写真-2 基礎下端の隙間



写真-3 配管の隙間

## 4. 施工方法

### 4-1 単管杭圧入工法の概要

単管杭圧入工法は、基礎周囲側面の地盤に単管杭

を支持地盤までジャッキを使って圧入し、その圧入した単管杭を反力として、基礎を持ち上げて基礎の傾きを修正する工法である。

本工法の特徴は、建物の沈下を修正するだけでなく、再沈下も防止する工法で、騒音・振動等の発生は少なく、作業範囲も最小限で施工が可能である。

### 4-2 使用機械および主要資材

使用機械および主要資材を表-1、2に示す。また、圧入ジャッキを写真-4に示す。

表-1 使用機械

	機械名	規格・形式	数量
単管杭圧入	ハンマードリル	マキタHR4030C	1
	攪拌機	UT2204・100V	1
	圧入ジャッキ	T10S25	4
	発電機	ヤマハ発動機EF2500i	1

表-2 主要資材

品名・材料品	規格・形状寸法
単管パイプ	48.6×1000
直線ジョイント	φ 48.6用
先端キャップ	φ 48.6用
ケミカルアンカー	HIT-HY200-A

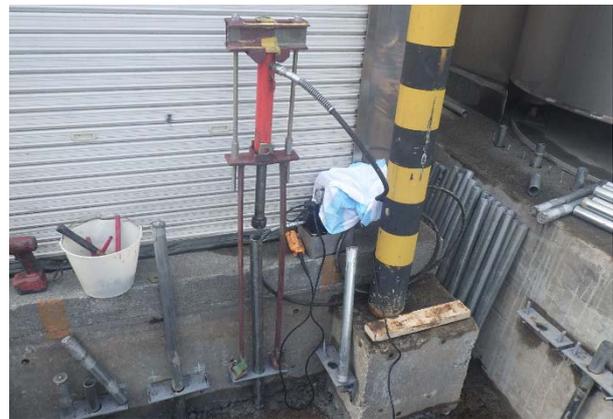


写真-4 圧入ジャッキ

### 4-3 単管杭圧入工法の施工フロー

単管杭圧入工法の施工フローを図-4に示す。

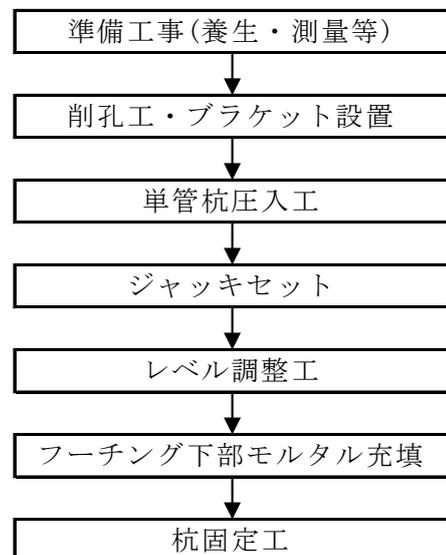


図-4 施工フロー



#### 4-7 杭固定作業

レベル調整後、沈下防止のため、基礎下に新たに発生した空隙部および基礎と杭の間までモルタルを流し込み、充填した。

モルタル硬化後、ボトルジャッキおよび圧入治具を撤去し、単管杭固定鉄板と補強ブラケットを固定した(写真-8)。最後に、オートレベルを用いて施工後の仕上り高さを測定した。



写真-8 杭固定状況

#### 5. まとめ

本工法によって、単管杭を基礎の周囲50箇所に設置・圧入し、タンク基礎および風除室基礎の傾き修正を行った。その結果、基準点に対し-112mmまで沈下していた箇所が-20mmまで修正され、最大92mm基礎を持ち上げることができた(写真-9)。単管杭圧入位置およびレベル測定結果を図-7に示す。



写真-9 タンク基礎沈下修正後

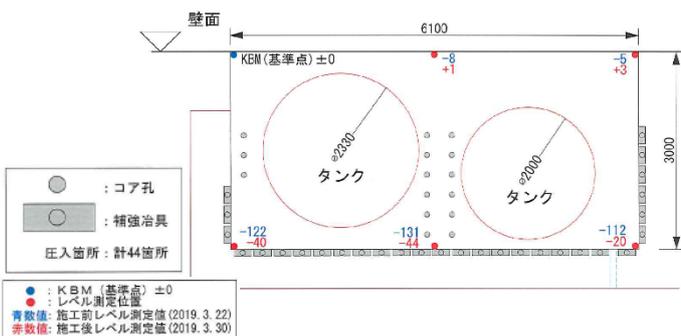


図-7 単管杭圧入位置およびレベル測定結果(外部タンク)

また、隣接する建物外壁と基礎との隙間は施工前で上端 30mm、下端 20mm に対し、修正後に上端、下端とも 10mm まで修正され(写真-10、11)、配管の隙間は 0mm となった(写真-12)。



写真-10 基礎上端修正後



写真-11 基礎下端修正後



写真-12 配管部修正後

#### 6. おわりに

当該現場付近は、札幌市による防災マップで示されている液状化の可能性が高いエリアで、地震の影響で地盤沈下が発生し、基礎が傾く災害が発生した。

今回、発注者の強い要望によって、工場の操業を妨げることなく早期復旧が求められた。単管杭圧入工法を用いることによって工場の稼働停止を行うことなく、施工日数9日という短期間で復旧ができ、良好な成果を上げることができた。

また、発注者から「工場が正常稼働しながら早期に復旧していただいたのでとても助かった」と感謝のお言葉をいただいた。

最後に、本工法においてご指導・ご協力いただきました関係各位に感謝の意を表します。

# 橋梁下部工耐震工事における基礎杭工法の変更事例

高沢 俊之\*  
八木 英雄\*\*

## 1. はじめに

NEXCOは、熊本地震によるロッキング橋脚を有する橋梁の落橋を踏まえ、おおむね3年程度で同形式橋の耐震補強を実施することとしている。ロッキング橋脚は、桁下の占用空間を小さくできることから、高速道路や直轄国道を跨ぐ跨道橋やランプ橋として採用されている。そのため、直下には交通量の多い道路があり、災害時の緊急輸送路確保の観点からも対策が急がれている。

本工事は、そうした一連の背景から計画され、対策工事を実施している。本工事のうち、東山橋の既設基礎工において、RC杭が施されており、今回鋼管による基礎杭補強が「STマイクロパイル工法」(以下、STMP工法)で設計されていた。しかし、コスト削減および工程短縮を目的として、大林組技術研究所が開発した「ハイスpekマイクロパイル工法」(以下、HSMP工法)への工法変更を提案することとした。

本文は、その取組みと施工状況を報告するものである。

## 2. 工事概要

- 工事名：東名高速道路 東山橋他5橋  
下部工耐震補強工事(平成29年度)
- 工事箇所：(自)春日井市東山町 (至)小牧市村中  
(自)小牧市大山 (至)小牧市大草
- 工期：2018年7月4日～2019年10月26日  
(工期延期予定、2020年5月見込み)
- 発注者：中日本高速道路株式会社名古屋支社
- 工事内容：ロッキング橋脚を有する橋梁下部工の耐震補強工(RC巻立て補強、基礎杭補強)
- ・東山橋 (上下線)2橋(橋台4基、橋脚4基)
  - ・村中東高架橋(上下線)2橋(橋台2基、橋脚2基)
  - ・大洞橋 (上下線)2橋(橋台4基、橋脚4基)

## 3. 基礎杭の工法変更

### 3-1 基礎杭の概要

- 工事場所：東山橋  
工事内容：基礎杭 小口径杭(φ267.4)  
工事数量：5.5m×50本=275m(当初設計)

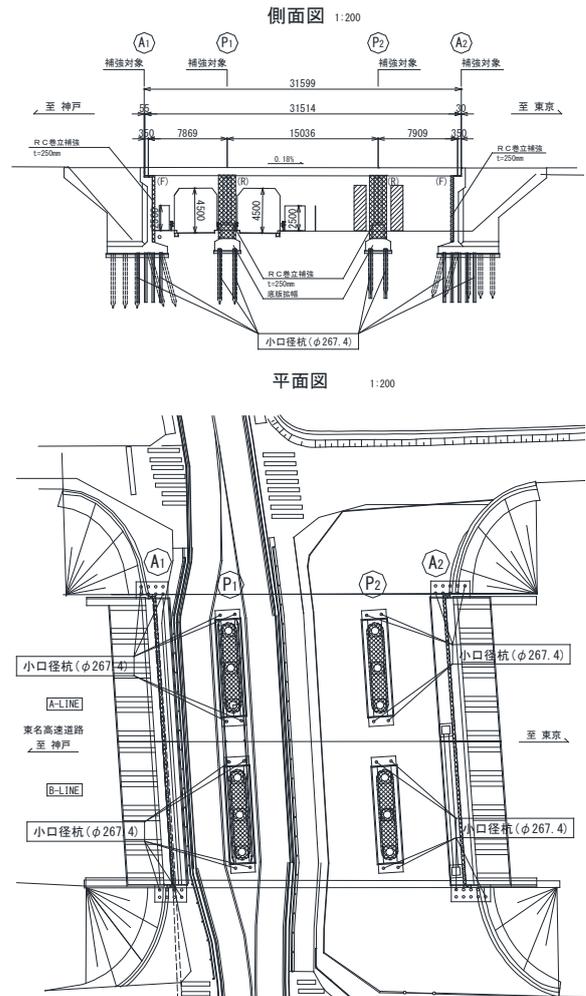


図-1 東山橋補強一般図(側面図、平面図)

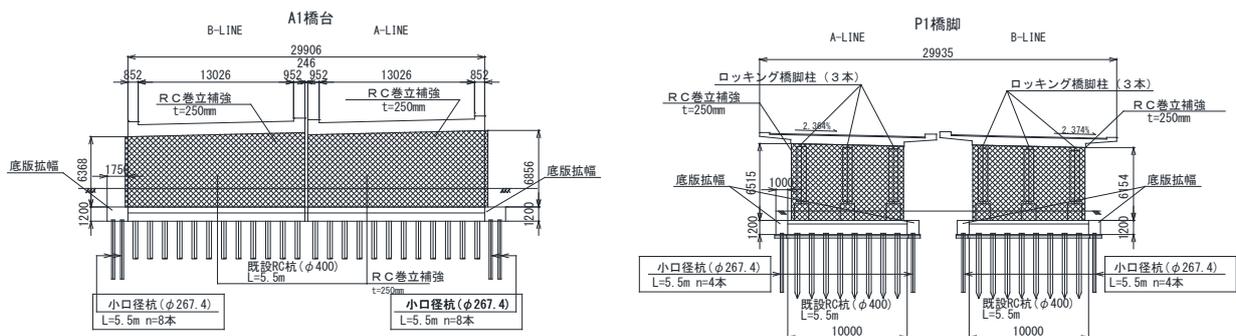


図-2 東山橋補強一般図(断面図)

\*中部支店尾張営業所工事主任 \*\*同営業所工事主任

### 3-2 工法変更の手順

今回実施した工法変更の手順を図-3に示す。

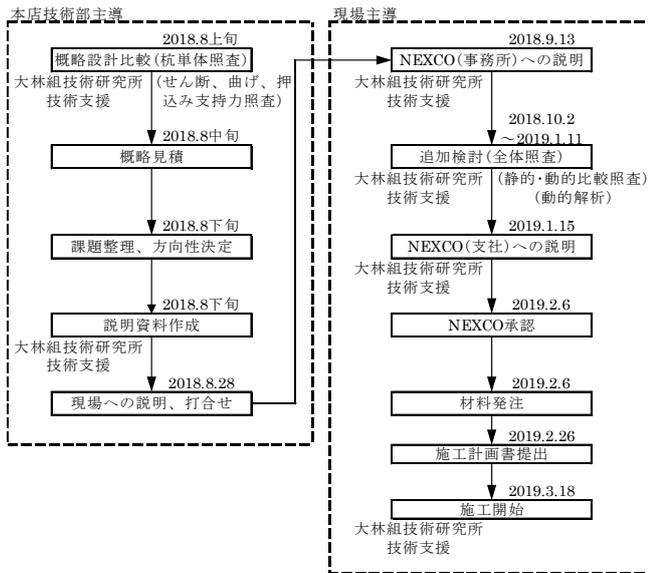


図-3 工法変更フロー図

まず、本店技術部主導で大林組技術研究所と連携を図り、概略設計比較(杭単体照査)を実施した。その結果、当初設計と同等以上の断面性能を確認できたので、工法変更の方向性を決定し、現場との工程と工法変更手続きのスケジュールを調整した。

次に、NEXCO(事務所)への説明を実施した。工法

変更に対し一定の理解は得られたが、NEXCO(支社)の確認が必要との見解であった。その後、NEXCO(支社)と協議した結果、橋梁全体の照査(動的解析)が必須となった。動的解析は専門性を必要とすることから、元設計に携わった設計コンサルタントへ業務委託することとし、大林組技術研究所の技術支援のもと、進めることとした。

最後に、全体照査結果をNEXCO(支社)へ説明し、工法変更を承諾してもらった。

### 3-3 工法比較

当初設計「STMP工法」と変更設計「HSMP工法」の工法概要を表-1に示す。

鋼管をケーシングとして用いるSTMP工法に対して、HSMP工法は別途ケーシングを用いた二重管削孔を行うので、汎用的な鋼管材を使用できる。そのため、材料コストの削減および納期の短縮が期待できる。一方、二重管削孔のデメリットとして、グラウト注入後にケーシングを回収する必要があるため、施工としては一工程多い。しかし、品質面において鋼管杭のかぶりを全長にわたって20mm以上確保できるので、防食性能の向上に繋がる。また、グラウト注入において加圧注入する必要がないため、グラウト材の飛散や逸水等のリスクが少ない。

以上によって、HSMP工法の優位性が確認された。

表-1 工法比較表

	当初設計 STマイクロパイル工法	変更設計 ハイベックマイクロパイル工法
工法概略図		
工法概要	鋼管をケーシングとして用いて削孔打設し、パッカーによるグラウトの段階加圧注入によって、地盤中に鋼管を定着させる	一般的な削孔機を用いて二重管削孔し、汎用的な鋼管を建て込んだ後にグラウトを充填し、地盤中に鋼管を定着させる
施工方法	乾式単管削孔による回転打撃方式	湿式二重管削孔による回転打撃方式
削孔方式	自穿孔	二重管削孔
注入方法	後日まとめて注入可・加圧注入	1本ごとに注入
施工条件	小型機械で施工可能であり、空頭制限や狭隘地、山岳傾斜地、地下空間等の厳しい制約条件下に対応	
環境負荷	削孔粉の飛散・生が必要	泥水処理が必要
経済性	特殊材のため高価	汎用材のため安価
材料納期	特殊材のため長期間	汎用材のため短期間

### 3-4 設計条件

設計条件を表-2に示す。

表-2 設計条件

項目	当初設計		変更設計	
	STマイクロパイル工法	ハイスベックマイクロパイル工法	フーチング天端	
組立図				
土質条件	杭先端部から2m程度はN値≧60の砂礫土層、その上部3m程度はN値10程度の粘性土層			
比較条件	当初設計	当初設計と同等以上の断面性能		
杭本数	合計	50本(ΣL=275m)	48本(ΣL=264m)	
	A1	16本	16本	
	P1	8本	8本	
	P2	8本	8本	
	A2	18本	16本	
杭仕様	鋼種	STK540	STK490	
	径	φ267.4mm	φ267.4mm	
	長さ	L=5.5m	L=5.5m	
	厚さ	A1、A2、P1、P2：12mm	A1、A2：15mm P1、P2：9.3mm	

### 3-5 概略設計比較

概略設計比較では、杭単体のせん断耐力照査、曲げ照査、および押し込み支持力照査を実施した。各照査の結果、変更設計「HSMP工法」は当初設計「STMP工法」の照査結果を満足することが確認できた。また、曲げおよび押し込み支持力にはかなりの余裕度があり、せん断耐力の影響が大きいといえる。

A2橋台については、鋼管の肉厚を12mmから15mmに変えたことによって、杭1本あたりのせん断耐力が若干増加したので、杭本数を18本(上下線、各9本)から16本(上下線、各8本)と、2本(上下線、各1本)低減できる結果となった。A2橋台における各照査結果を表-3~5に示す。

表-3 せん断耐力照査結果(A2橋台)

A2橋台	記号	単位	当初設計「STMP工法」				変更設計「HSMP工法」			
			杭頭結合		杭頭ヒンジ		杭頭結合		杭頭ヒンジ	
			橋軸方向	直角方向	橋軸方向	直角方向	橋軸方向	直角方向	橋軸方向	直角方向
杭径	Ds	mm	267.4				267.4			
肉厚	t	mm	12				15			
杭本数	n	本	9				8			
杭の有効断面積	A	mm <sup>2</sup>	8791.4				11057.1			
杭の降伏点	σy	N/mm <sup>2</sup>	390				315			
せん断耐力	Ps	kN	17816				16087			
押し込み支持力	S	kN	15993	7536	15823	8366	15993	7536	15823	8366
			判定	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK

表-4 曲げ照査結果(A2橋台)

A2橋台	記号	単位	当初設計「STMP工法」				変更設計「HSMP工法」			
			杭頭結合		杭頭ヒンジ		杭頭結合		杭頭ヒンジ	
			橋軸方向	直角方向	橋軸方向	直角方向	橋軸方向	直角方向	橋軸方向	直角方向
杭径	Ds	mm	267.4				267.4			
肉厚	t	mm	12				15			
杭本数	n	本	9				8			
杭の有効断面積	A	mm <sup>2</sup>	8791.4				11057.1			
杭の降伏点	σy	N/mm <sup>2</sup>	390	390	390	390	315	315	315	315
断面係数	Z	mm <sup>3</sup>	536963				655386			
降伏モーメント	My	kN・m	209				206			
押し込み支持力	M	kN・m	57	4	41	39	64	50	46	44
			判定	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK

表-5 押し込み支持力照査結果(A2橋台)

A2橋台	記号	単位	当初設計「STMP工法」				変更設計「HSMP工法」			
			杭頭結合		杭頭ヒンジ		杭頭結合		杭頭ヒンジ	
			橋軸方向	直角方向	橋軸方向	直角方向	橋軸方向	直角方向	橋軸方向	直角方向
杭径	Ds	mm	267.4				267.4			
肉厚	t	mm	12				15			
杭本数	n	本	9				8			
グラウト外径	D	mm	292				335			
グラウト体面積	A	mm <sup>2</sup>	6966				88141			
グラウト体周長	U	mm	917				1052			
押し込み支持力	Rmu	kN	648				937			
押し込み支持力	Rmax	kN	10	8	2	8	11	9	2	9
			判定	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK

### 3-6 全体照査

杭材料を変更したことによって、ばね定数が当初設計と異なるので、全体解析を実施し既設底版、既設杭、増し底版および増し杭の各項目について照査を実施した。

照査結果から、増し杭の軸方向ばね定数が大幅に増加したので、杭の鉛直反力が大きくなる結果となった。P1橋脚およびP2橋脚については当初設計を満足した。しかし、A1橋台およびA2橋台の増し底版の配筋について、当初設計では応力度照査がNGとなったので、鉄筋径を大きくすることで対応した(表-6)。また、A1橋台およびA2橋台の天端固定部のせん断補強筋が各1本増加する結果となった(表-7)。増し杭については、鉛直反力は増大するものの、杭本数や仕様に影響するまでには至らなかった。

表-6 底版照査結果

増し底版	当初設計				変更設計			
	上側配筋		下側配筋		上側配筋		下側配筋	
	橋軸方向	直角方向	橋軸方向	直角方向	橋軸方向	直角方向	橋軸方向	直角方向
A1橋台	D32@150	D25@300	D16@300	D16@300	D32@150	D29@300	D16@300	D16@300
A2橋台	D32@100	D29@300	D16@300	D16@300	D32@100	D32@300	D16@300	D25@300

表-7 橋台天端固定部照査結果

橋台天端固定部	単位	当初設計		変更設計		
		橋軸方向	直角方向	橋軸方向	直角方向	
		A1橋台	Lv2地震時水平力	kN	2810	5520
せん断補強筋径	mm		D32	D32	D32	D32
必要本数	本		17.8	34.9	17.7	35.1
A2橋台	Lv2地震時水平力	kN	1770	5360	1750	5460
	せん断補強筋径	mm	D32	D32	D32	D32
	必要本数	本	11.2	33.9	11.1	34.6
	配置本数	本	-	34	-	35

以上の結果から、設計条件(表-2)に示した杭仕様および杭本数で問題ないことが確認できたので、工法変更することを決定した。

## 4. 基礎杭の施工

基礎杭の施工は、2019年6月末時点において、P2橋脚およびA2橋台の24本(全体の半数)が完了している。ここでは、施工手順と施工状況を簡単に紹介する。

### 4-1 施工手順

HSMP工法による施工手順を図-4に、施工機械およびプラント設備配置を図-5に示す。

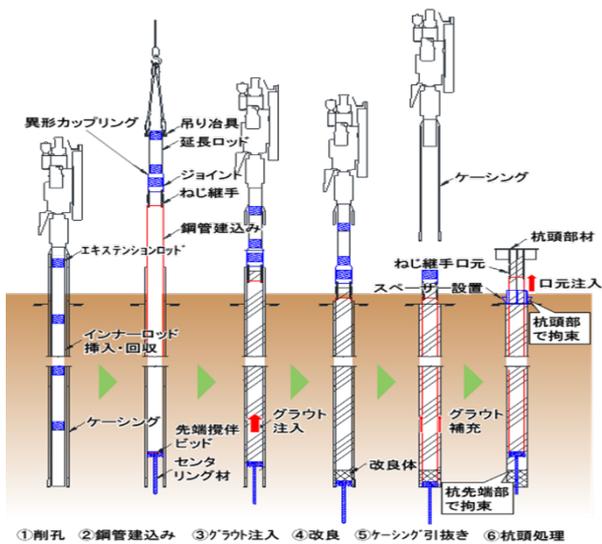


図-4 施工手順

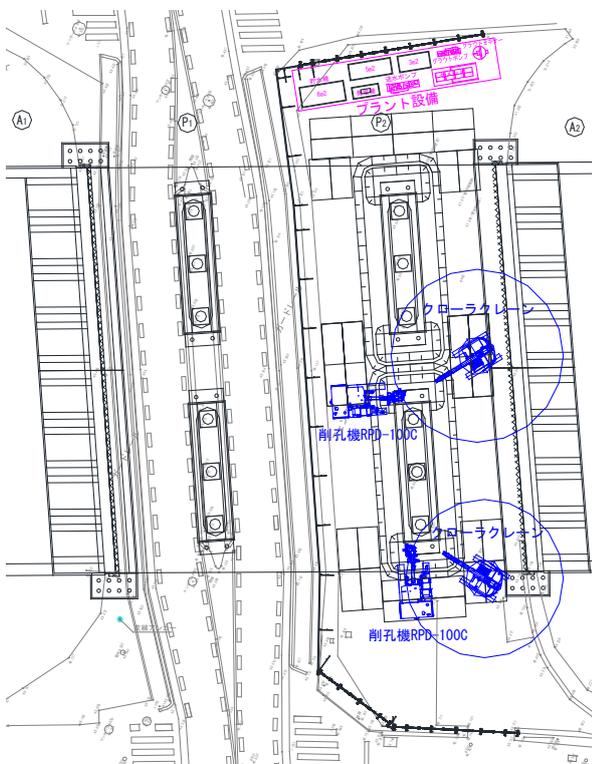


図-5 機械、プラント配置図(P2施工時)

#### 4-2 施工状況

本工事の限られた施工空間（桁下5mの空頭制限下）においても、低空頭かつ小型の削孔機を使用することによって、安全に施工することができた。施工状況を写真-1～5に示す。



写真-1 鋼管杭材



写真-2 削孔状況



写真-3 鋼管建込み状況



写真-4 グラウト注入状況



写真-5 杭頭処理状況

## 5. まとめ

今回の基礎杭工法変更によって、汎用的な鋼管材を使用でき、材料コストを削減できた。

材料納期についても約2ヶ月短縮でき、全体工程におけるリスク回避ができた。品質面においても二重管削孔とセンターリング機構によって、杭全長にわたる均質なかぶりの確保ができ、防食性能の向上に繋がった。さらに、大林組技術研究所が開発した工法を当社が初めて高速道路橋に採用したというケースであり、施工実績はもとより、グループ間の技術協力等の連携が設計変更を可能とした好事例といえる。

また、今後の生産性向上に寄与すべく、IE※にも取り組んでいるところである。

※IE(Industrial Engineering)：人・資材・設備等の総合的なシステムの効率化を図るための工学的手法

## 6. おわりに

本設計変更に多大なご支援をいただいた、大林組技術研究所をはじめ、各関係者に感謝の意を表します。

## Doka セルフクライミングシステムによる高橋脚の施工事例

高橋 政昭\*  
佐藤 憲一\*\*  
飯塚 角男\*\*\*

### 1. はじめに

国道 289 号は新潟市を起点とし、福島県いわき市に至る延長 302km の国道である。新潟県三条市から福島県只見町に至る県境部が「八十里越」で、この県境部 19.1km は、まだ一般車両が通行できない通行不能区間となっている。

この通行不能区間を解消し、新潟県県央地域と福島県南会津地域の新たな広域的な地域間の交流および観光アクセス向上を目的として、国道 289 号改築事業が進められている。現在、「八十里越」事業の内、5 号橋梁(4 径間連続非合成箱桁橋、橋長 338m)の下部工事(橋脚 3 基：P1 橋脚 H=61.1m、P2 橋脚 H=81.1m、P3 橋脚 H=40.9m)を 3H 工法によって大林組が施工中である。

当該高橋脚は、H 形鋼に高張スパイラル筋を巻きつけた複合部材スパイラルカラムを鉄筋の代替材として用いた、中空断面の SRC 構造橋脚である。

本文は、当該工事の概要および P1 および P2 橋脚の施工で用いた「Doka セルフクライミングシステム」について、その概要を報告するものである。

### 2. Doka セルフクライミングシステム

当該システムは油圧クライミング装置を用い、型枠と足場が一体化されたユニットをクライミングする自昇式型枠足場である。その概要を図-1 に示す。

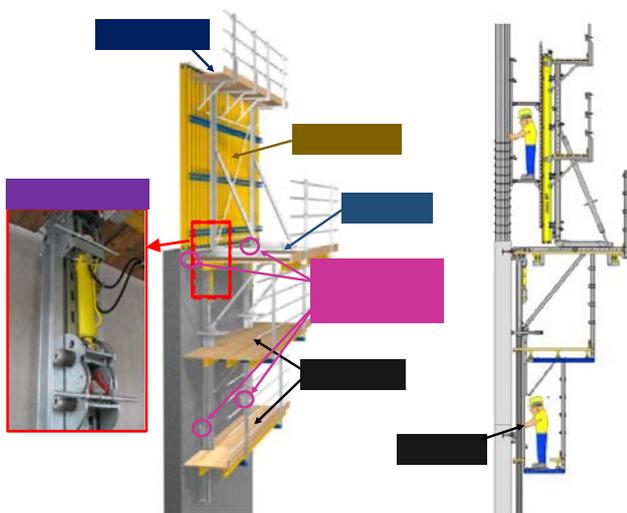


図-1 Doka セルフクライミングシステムの概要

### 3. 工事概要

#### 3-1 全体工事概要

工事名：国道 289 号 5 号橋梁下部その 2 工事

発注者：国土交通省北陸地方整備局

受注者：(株)大林組

工事場所：新潟県三条市大字塩野淵地先

工期：平成 28 年 3 月 17 日～平成 30 年 12 月 5 日

工事内容：

- ・橋脚工 3 基
  - コンクリート 30-12-25BB 4,405m<sup>3</sup>
  - 30-8-25BB 1,302m<sup>3</sup>
  - 鉄筋 D16～D25 351.5t
  - D16～D25 エポキシ鉄筋 0.86t
  - スパイラルカラム 1,739.0t
- ・型枠、埋設支保、特殊支保、足場 1 式
- ・道路土工、仮設工 1 式

#### 3-2 当社の工事概要

工事名：P1・P2・P3 橋脚構築工事 H30 年度施工

発注者：(株)大林組

工事場所：同上

工期：平成 30 年 5 月 9 日～平成 30 年 12 月 5 日

上記工期における工事内容：

- P1 橋脚構築 4 ロット～ 8 ロット
  - P2 橋脚構築 14 ロット～ 17 ロット
  - P3 橋脚構築 4 ロット～ 10 ロット
- } Doka 使用  
(1 ロット：h=5.5m)
- ・H 鋼建込
  - ・スパイラル筋組立
  - ・Doka 型枠 P1、P2
  - ・在来型枠 P3
  - ・コンクリート打設

#### 3-3 側面図

全体側面図を図-2 に示す。

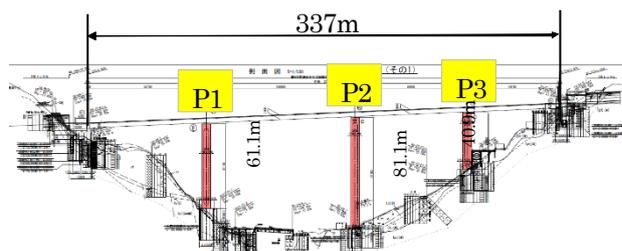


図-2 全体側面図

### 3-3 P1の正面図・断面図

P1の正面図・断面図を図-3に示す。

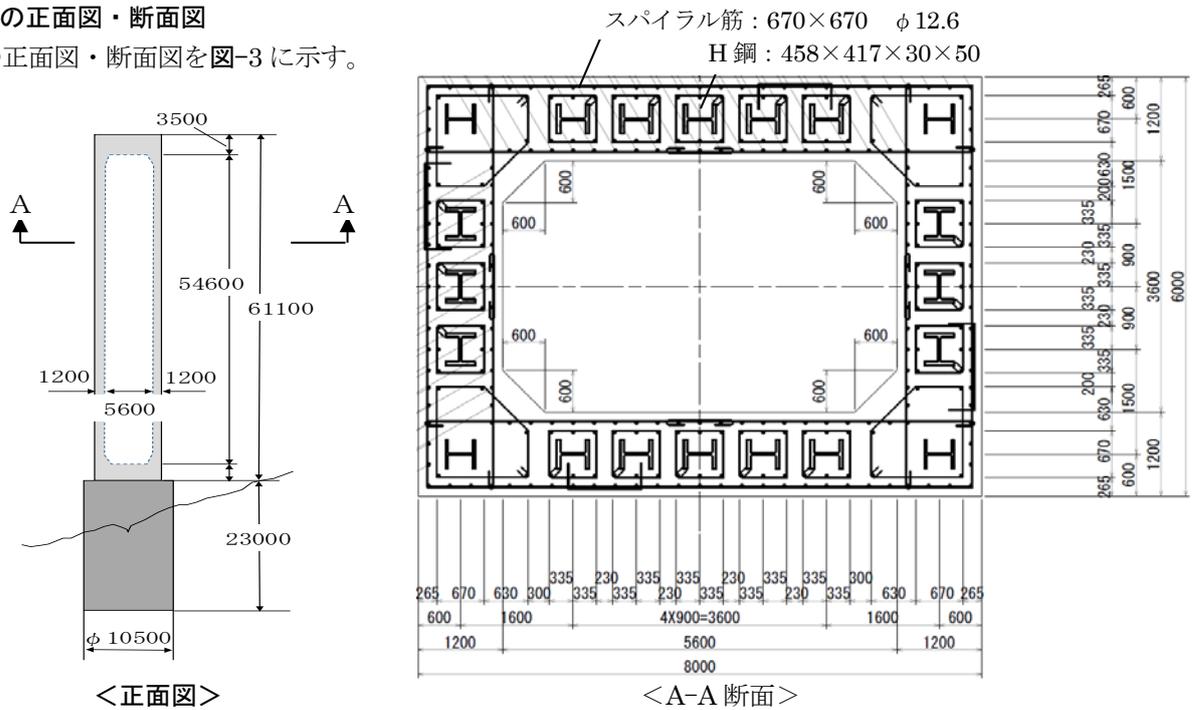


図-3 P1の正面図・断面図

### 3. 施工の流れ

移動式足場型枠としてP1とP2橋脚でDokaセルフクライミングシステムを用いた。施工の流れを図-4に示す。

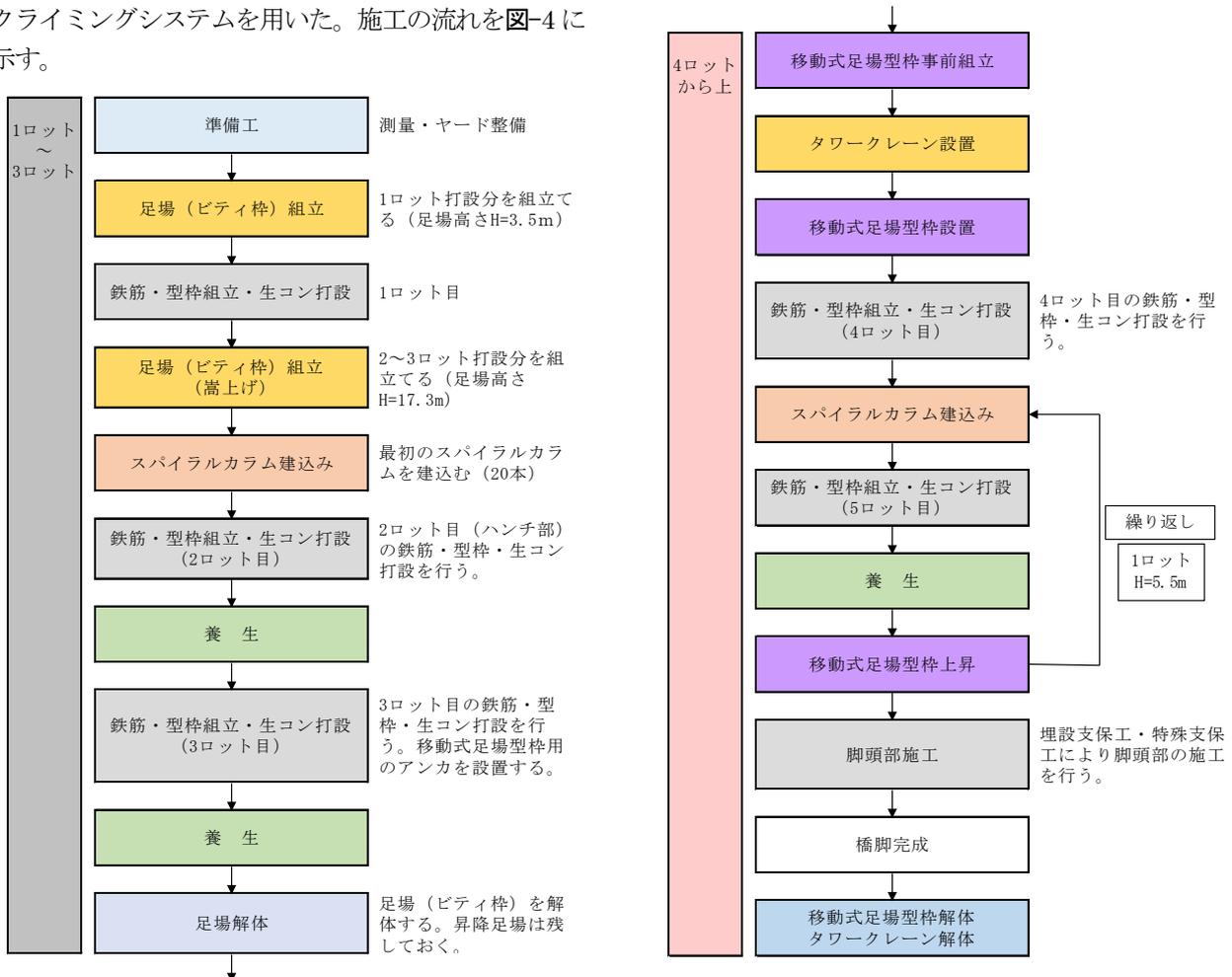


図-4 施工の流れ

1～3 ロット目までは通常足場で施工し、4 ロット目以降は移動式足場型枠で施工した。これは、Doka セルフクライミングシステムのセットに高さが 15m 程度必要となるからである。

#### 4. 施工状況

Doka セルフクライミングシステム工法と在来工法（総足場・在来型枠工法）の比較を表-1 に示す。

表-1 型枠工法比較表

	Dokaセルフクライミングシステム工法	在来工法 (総足場・在来型枠工法)
施工方法	油圧クライミング装置を用い、型枠と足場が一体化されたユニットをクライミングする自昇式型枠足場によって作業する。	地盤面からの総枠組足場によって鉄筋作業・型枠建込・脱型作業を行う。 型枠のケレン・ハクリ材塗布作業は、地盤面に型枠材を降ろして作業する。
1ロット工程	1ロットの型枠の施工日数と人数 組立 3日×4人=12人 解体 2日×4人= 8人 合計 20人	1ロットの型枠の施工日数と人数 組立 2日×5人=10人 解体 2日×5人=10人 合計 20人
特徴	<ul style="list-style-type: none"> <li>油圧ジャッキを同期させ、4面一体でクライミングできる。</li> <li>解体時はクライミングユニットと型枠を分割解体できる。</li> <li>システム足場と躯体との空き寸法がほとんどない。</li> <li>型枠は作業床内で脱型し、その場でケレン・ハクリ材塗布作業ができる。</li> <li>専用の調整材によって型枠建入れ調整ができる。</li> <li>型枠40回転可能。</li> <li>仕上げ足場を下部に設けることによって、上部ロットの作業と同一行程内に収めることができる。</li> <li>平坦で美しい打ち上がり</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2層3スパンごとに壁つなぎ設置。</li> <li>足場と躯体間に2層ごと落下防止ネットを配置。</li> <li>足場高さは原則45mまで。</li> <li>足場1層当たりの高さは1700mm。</li> <li>型枠は型枠パネル、横引き材、フォームタイで構成。</li> <li>解体後、型枠部材を足場作業床に仮置。</li> <li>型枠6～7回転可能。</li> <li>型枠の調整は足場からの押し引きサポートおよびチェーンによる。</li> <li>目違いが出やすい。</li> <li>残材廃材が多い。</li> </ul>

施工状況を写真-1～7 に示す。



写真-1 仮設ヤードでの型枠・足場組立状況



写真-2 クレーンによる吊り上げ状況



写真-3 H鋼・鉄筋設置状況

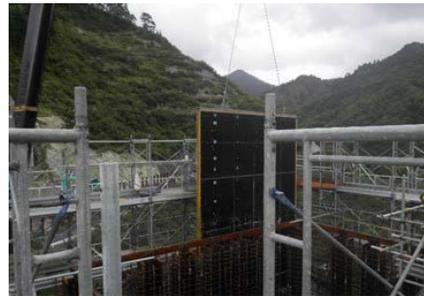


写真-4 クレーンによる型枠設置状況



写真-5 Doka 工法の足場状況(初回ロット部)



写真-6 コンクリート打設状況



写真-7 コンクリート養生時のシート

なお、3H 工法はスパイラルカラムの組立精度によって、出来形・耐久性に大きく影響する。このため、軸方向鉄筋の中間支持に支持金具を設置し、軸方向鉄筋の組立にはコの字型の鋼材定規を用いた。また、スパイラル筋の組立には、くし型鋼制定規およびガチットフックを用い精度よく組み立て、吊込み地のずれや変形を防止した(図-5)。

また、鉄筋組立ではガイド付き鉄筋固定定規を用い、正確な位置に鉄筋を組立・固定した(図-6)。

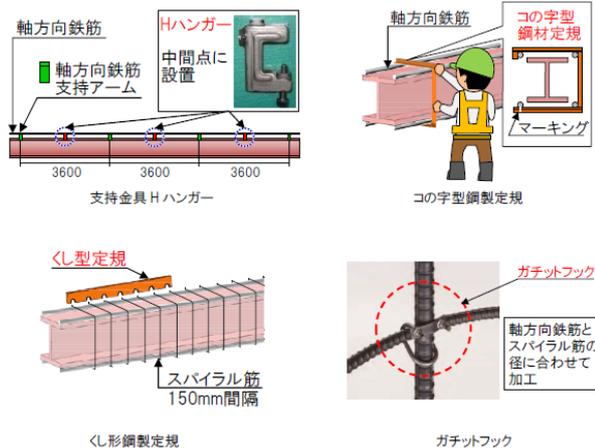


図-5 スパイラルカラムの組立精度向上対策

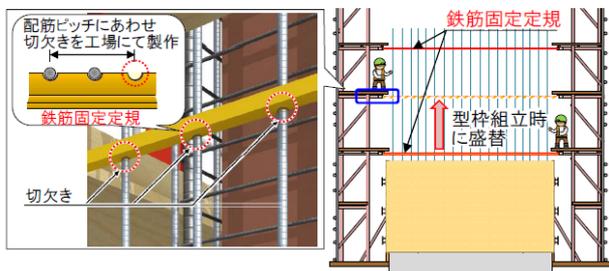
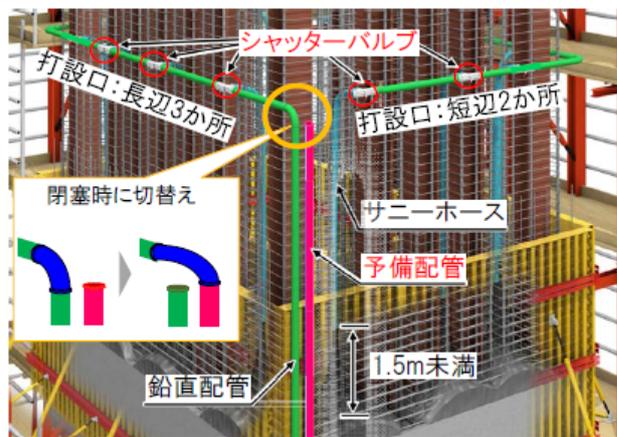


図-6 鉄筋固定定規による鉄筋組立

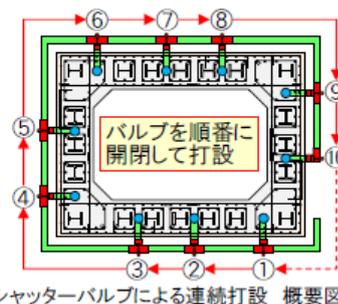
Doka セルフクライミングシステムの留意点を以下に示す。

- ・クライミング作業を円滑に行うために、Doka 足場とコンクリート躯体との縁切りを事前に点検した。
- ・クライミングを行うと、地上から Doka 足場までの昇降分の足場がなくなるので、速やかにクライミング高さの昇降足場を追加した。

コンクリートの打設においては、ポンプ車で圧送配管を用いて打設口を図-7 に示すように 10 箇所設置し、打設中は型枠のはらみ、モルタルもれ、傾き、沈下、および接続部の緩みを点検し、密実なコンクリートを構築した。



予備配管およびバルブによるコンクリート打設 概要図



シャッターバルブによる連続打設 概要図

図-7 Co 打設用の圧送配管のシャッターバルブ

## 5. おわりに

P2 および P3 は完成し、P1 は 9～13 ロットを平成 31 年度に施工する。

P2 の完成状況を写真-8 に示す。

最後に、大林組および協力会社に感謝の意を表するとともに、本文が同様の工事の参考になれば幸いである。



写真-8 P2(81.1m)の完成状況

## 第 26 回世界道路会議(アブダビ大会)に参加して

横山 昂洋\*  
鈴木 徹\*\*

### 1. はじめに

第 26 回世界道路会議アブダビ大会(26<sup>th</sup> WORLD ROAD CONGRESS ABU DHABI 2019)が、2019 年 10 月 6 日～10 日の 5 日間にわたり、アラブ首長国連邦(UAE)のアブダビ首長国アブダビ市で開催された。

本会議は、道路および道路交通分野における国際協力の推進や発展強化を目的として、1909 年に設立され世界的にもっとも権威のある道路組織として知られる世界道路協会(通称 PIARC: 旧名称 Permanent International Association Road Congress)の主催で 4 年に 1 度開催される。その内容は、PIARC の技術委員会による 4 年間の活動報告、世界中から集まった道路と道路関係者による最新技術の発表、および取り組み紹介と情報交換である。第 26 回となる本会議には、131 カ国から約 4000 人が参加した。

今回、当社から 2 名が本会議に参加する機会を得たので、その概要を以下に報告する。

### 2. 出張概要

#### 2-1 行程および会場

会議前日に羽田空港を出発し、約 12 時間でドバイ国際空港に到着した。そして、そこから車で約 2 時間移動しアブダビ市にある会場に到着した。

会場はアブダビ国際展示場(通称 ADNEC: Abu Dhabi National Exhibition Centre)であった。当会場は、総面積 133,000m<sup>2</sup>の敷地内に 6 棟のホテル、最大 6,000 人を収容する大小の多目的スペース、12 個の展示ホール、晩餐会施設、および屋外スペースを併設する大規模複合施設である。



写真-1 会場(ADNEC)外観

#### 2-2 UAE の特徴

UAE はアラビア半島のペルシャ湾沿いに位置し、石油産産を背景として経済成長を遂げている国である。国家構成は七つの首長国による連邦制であり、その中でも二大首長国(アブダビとドバイ)の役割が大きい。

ドバイは UAE の経済の中心と言われ、その発展は著しく、世界一高いビルとして有名なブルジュハリファや人工島のパームジュメイラをはじめとした大規模建築が立ち並んでいる。実際に見たドバイ市内の街並みには勢いがあり圧倒された。

一方、アブダビは UAE の政治の中心と言われ、大規模建築にくわえて砂漠やオアシスも存在し、自然が豊かでゆっくりとした時間の流れを感じた。

#### 2-2 シェイクザード道路

ドバイからアブダビへの移動にはシェイクザード道路(通称 E11)を利用した。E11 は 1971 年に着工し、1980 年に開通した UAE を代表する高速道路である。その大きさは、UAE 最長の約 560km、中東最大の両側 12 車線であり、ペルシャ湾に並行して複数の首長国を接続する。ドバイ地下鉄のレッドラインは E11 に沿って建設された。

E11 はその広大さにくわえ、制限速度が時速 140km と速く、走行時の乗り心地は非常に良好であった。快適な走行の要因としては ETC のシステムもあげられる。ドバイ-アブダビ間では ETC ゲートが存在せず、車のフロントガラスに貼付した IC タグを自動で検知するシステムを採用していた。

E11 沿いの壮観な都市景観は UAE における経済成長の象徴であった。



写真-2 ドバイ市内の街並み



### 3-4 技術セッション

技術セッションは、41個のトピックスに対して世界中から集まった道路行政関係者、土木技術者および専門家による発表やワークショップ、ポスターセッションで構成されていた。

舗装をテーマとしたセッションでは、NEXCO 総研の神谷氏が移動式たわみ測定装置 (MWD: Moving Weight Deflectometer) の日本における適用事例を取り上げ、その課題を報告した。



写真-5 神谷氏による発表

また、地方部の道路をテーマとしたセッションでは、イギリスの技術者であるアダム氏がアフリカにおける道路整備の現状を報告した。道路ネットワークの都市部への集中や未舗装道路の割合の高さを訴える発表は、問題意識を高めるきっかけになった。また、問題の解決は問題の認識から始まると感じた。



写真-6 アダム氏による発表

### 3-5 技術展示会

技術展示会では、各国パビリオンや民間企業展示ブースで道路および道路交通に関わる最先端の技術や取り組みが紹介された。

日本パビリオンでは技術展示とプレゼンテーションが行われ、技術展示では「質の高い日本のインフラ技術」というテーマを基に、以下の三つのゾーンに分け

て道路技術を紹介した。

- ・世界をリードする日本の道路政策 (政府展示)
- ・最先端技術が支える日本の高速道路 (高速道路会社展示)
- ・日本が誇る道路技術 (企業団体展示)

また、日本パビリオンのプレゼンテーションブースでは、参加団体 (道建協会会員会社) が道路技術についてプレゼンした。

当社はミチテラ、SolarWAY、涼畳およびRIMを展示し、ミチテラについてプレゼンした。



写真-7 日本パビリオン全景



写真-8 展示技術説明 (鈴木副部長)

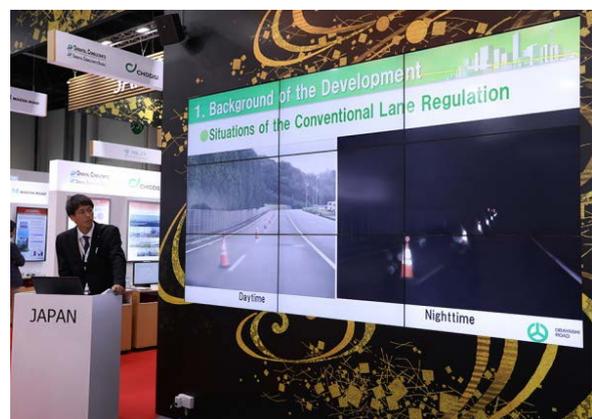


写真-9 プレゼンテーション (横山)

### 3-6 テクニカルビジット

テクニカルビジットでは、アブダビを代表する以下の六つのインフラ施設に対する技術視察が企画され、その内の一つに参加できた。

- Abu Dhabi Traffic Management Centre and Yas Tunnel  
(アブダビ交通管理センターとヤストンネル)
- Umm Lafina Bridges And Roads Project  
(ウムラフィナ橋と道路事業)
- Khalifa Industrial Zone Abu Dhabi (KIZAD) & Khalifa Port  
(ハリファ工業地帯アブダビ[キザド]とハリファ港)
- Abu Dhabi Airport Midfield Terminal Building [MTB] and Interchange Project  
(アブダビ空港ミッドフィールドターミナルビル [MTB]およびインターチェンジ事業)
- Masdar City (マスダールシティ)
- Yas Marina Formula 1 Circuit  
(ヤスマリーナフォーミュラ1サーキット)

これらの内、筆者らはウムラフィナ橋と道路事業を視察した。技術視察では、最初に現場担当者から事業概要説明を受け、その後に現場視察をした。

ウムラフィナ事業は、アブダビのインフラ改善とそれに伴う経済成長の促進を目的とした「アブダビ開発計画 2030」の一環として現在進められている事業である。

その内容は、シェイクザーイドビンスルタン通りにある既存のインターチェンジと対岸のウムラフィナ島の接続、およびその東に位置するアルリーム島への接続である。



写真-10 現場担当者による事業概要説明

視察時には、PC版を使用したアーチ橋が建設されていた。当該事業では、さまざまな建設環境(海洋沖合、マングローブエリア、海洋湾、交通量の多いエリア)

に応じた異なる種類の橋梁建設が予定されており、建設規模の大きさだけでなく、事業遂行の難易度の高さと UAE の技術力の高さを感じた。



図-2 ウムラフィナ事業イメージ図



写真-11 アーチ橋の建設状況

## 4. おわりに

このたび、世界道路会議に参加し非常に有意義な時間を過ごせた。世界中の道路技術者による活気溢れる発表は、知らなかった知識を与えてくれるだけでなく、自分にとってよい刺激となった。また、英語による初めての社外発表は、自信に繋がる貴重な経験となった。

そして、本会議を通してもっとも印象的だったのは、日本の技術力の高さであった。技術セッションでは他国の発表者もその点を言及し、技術展示はどの国よりも充実した内容であったと感じる。PIARC の公表する研究テーマからは、「合材の再生技術」と「舗装の路面評価」が今後の世界のトレンドとなると予想される。とくに再生技術に関して、日本はその高い技術力で世界をよりいっそうリードする存在になりうると感じた。

最後に、本会議に参加する機会を与えて頂いたことに感謝の意を表するとともに、この経験を今後の業務に活かしていく所存である。

交通規制時の路面点滅誘導灯の開発と一対比較法による客観的評価

大林道路(株) 正会員○福井 真男 大林道路(株) 武田 有加里  
ウシオライティング(株) 保木本 壽之 早水電機工業(株) 山岡 良平

1. はじめに

道路の維持管理のため大規模な橋梁床版取替えを始め舗装補修・施設改修が、短期間に昼夜連続作業する集中工事で行われる一方、国土強靱化アクションプランの一環として4車線化・6車線化の車線拡幅工事が長い延長で長期間にわたり行われ、車線変更を伴う工事規制が増大している。

工事規制箇所では車線が絞られ、速度制限があり渋滞や交通事故が発生しやすい状況になっている。そこで安全対策として運転手に効果的な注意を喚起すると共に、一定の速度を維持させながら円滑に誘導する機能を有した路面点滅誘導灯を開発した。

本稿では、路面点滅誘導灯の開発概要と視認性や速度誘導性の主観的感覚を客観的に評価する一対比較法について報告する。

2. 路面点滅誘導灯の開発

(1) 注意喚起の高い路面表示の標識

下の写真①～③の駐車禁止の標識配置※1を見ると、③路面表示が運転手の視野に自然に入る。路面表示は見えないという状況を回避できる。逆走防止対策でも路面表示の矢印に大きな効果があった。



① 現在の風景

②標識の高さ低くサイズ大

③路面表示

(2) 路面点滅誘導灯：既存の交通規制に追加して設置

路面点滅誘導灯の標準的な構成を図 2-1 に示す。4面 RGB を備えた LED で自在の色を発光でき、晴天の昼間でも 100m 先で視認できることを確認した。アルミダイキャスト製造で 11 t DT の走行荷重に耐える。

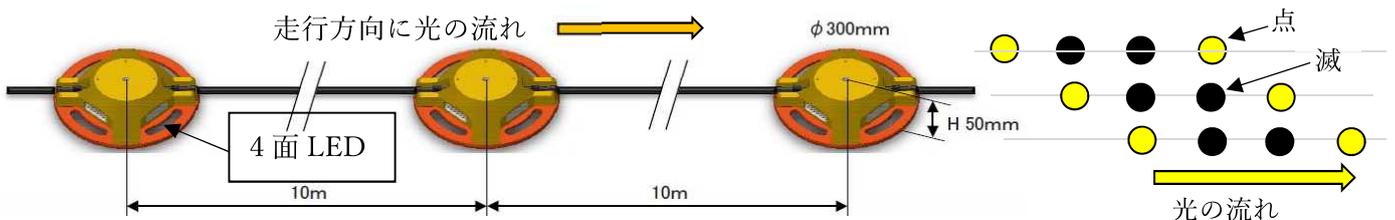


図 2-1 路面点滅誘導灯の構成

図 2-2 点滅パターン 1 灯 2 滅

キーワード 工事規制 路面点滅誘導 ベクシオン 一対比較法

連絡先 〒101-8228 東京都千代田区神田猿樂町 2-8-8 大林道路(株)本店技術部 TEL03-3295-8855

土木学会第 74 回年次学術講演会(2019 年 9 月)

(3) ベクシオン感覚の付加

点滅リレー速度と点滅パターン (図 2-2 参照) を制御して、運転手の速度感覚をコントロールすること(ベクシオン)で速度回復を促し、工事規制の車線が絞られる区間で発生しやすい渋滞を緩和することにした。

(4) 実際の道路を用いて車内からのビデオ映像撮り

路面点滅誘導灯を昨年 8 月に某スピードウェイの外周道路 600m に、11 月に高速道路の橋梁床版取替え工事の工事用道路内 300m に設置し、点滅パターン (1 灯 2 滅、1 灯 3 滅、3 灯 3 滅等)・点滅速度(30km/h、50km/h 等)・発光色 (緑、青、黄等) をパラメータとして走行する車内の助手席からビデオ撮影を行った。

3. ビデオ映像をもとに一対比較法によるベクシオン感覚と視認性の客観的評価

(1) 主観評価 (官能評価) を客観的に扱うシェッフェの一対比較法

多数ある銘柄の日本酒を個別に試飲してもその絶対評価はかなり難しいが、2 銘柄ごとの相対比較(一対比較)であればその評価は絶対評価より容易になる。一対比較では 5 段階評価により相対評点を付け、統計処理 (分散分析・多重比較)により評価対象に有意な差があるかどうか検定でき、客観的な評価が可能となる。

(2) ベクシオン感覚と視認性のアンケートおよび統計処理

ビデオ映像は対象の全てのパターンを一対比較の形式で整理し、被験者 (10 人前後) に先見せと後見せの映像と後先を逆にした映像を大型テレビで見比べてもらい、ベクシオン感覚と視認性の 5 段階評価のアンケートを取り、エクセルによる一対比較の統計処理を行った。動画のように同時比較できない場合は、順序効果を考慮し、見せる順序の後先を変える必要がある。

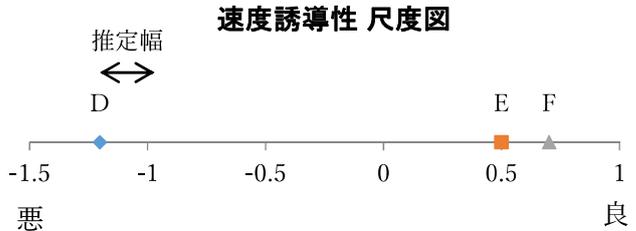
(3) 統計処理の結果の一例

推定幅で有意差の検定ができ、尺度図の表示位置で主観的評価だったものが客観的評価となって出てくる。

◆ベクシオン感覚(速度誘導性尺度図)

夜間 D:無点滅 E:青 1 灯 2 滅 F:青 3 灯 3 滅

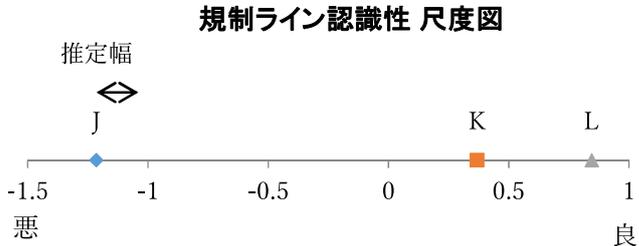
- ・推定幅が狭く有意差が大きい。D<E<F
- ・1 灯 2 滅と 3 灯 3 滅に大きな差がなかった。
- ・路面点滅誘導灯なしに比べありの効果が大きい。



◆視認性 (規制ライン認識性尺度図)

夜間 J:無点滅 K:緑 1 灯 2 滅 L:青 1 灯 2 滅

- ・推定幅が狭く有意差が大きい。J<K<L
- ・緑に比べ青の方が視認性がよい。
- ・路面点滅誘導灯なしに比べありの効果が大きい。



4.おわりに

一対比較法は複雑な計算や特殊な数表が必要であるが、アンケート結果を所定の表に整理することで、エクセル統計で容易に処理でき、製品開発時の感性を必要とする機能・デザイン・景観等を選定する際の定量的な判断に有効である。路面点滅誘導灯の点滅パターンを決める際にアンケートを 6 グループで実施した結果は、それぞれほぼ似たような傾向にあり、客観性の裏付けとなっている。

## SFRCにおける鋼繊維の分散性評価方法（非破壊検査）

大林道路(株) 正会員 ○藤井 秀夫  
 大林道路(株) 正会員 小関 裕二

## 1. はじめに

SFRC とは、鋼繊維補強コンクリートの略称であり、道路用セメントコンクリート舗装、既設のコンクリート舗装のオーバーレイ、または鋼床版上の補強に使用される。鋼繊維を混入する目的は、コンクリートのひび割れ拘束性、曲げ靱性向上、曲げ強度向上、せん断強度向上等である。その混入率は、コンクリート中の容積比で0.5～2.0%とされ、概ね100kg/m<sup>3</sup>が一般的である。鋼繊維の偏り（ファイバーボール）を打設後に調べる方法としては、硬化したコンクリートの切断面の鋼繊維をカウントし、分散性を評価する方法があるが、多大な時間が掛かる。そこで、鋼繊維の偏りを発見する一手法として、電磁波レーダーを使用したSFRCの非破壊検査の有効性について検討した。

## 2. 試験方法および試験結果

電磁波レーダー（SIR-EZ）を写真-1、測定状況を写真-2、-3、試験水準を表-1、機械設定を表-2に示す。



写真-1 電磁波レーダー（SIR-EZ）

表-1 試験水準

試験水準	備考
供試体：SFRC	早強セメントを使用
ブレンCo強度：24N/mm <sup>2</sup> （3h）	一般的な鋼床版上の強度
鋼繊維：100kg/m <sup>3</sup>	φ0.6×30mm
厚さ：50mm	上面から25mm, 50mm位置に鋼繊維の偏り有り
厚さ：90mm	上面から10mm, 45mm, 90mm位置に鋼繊維の偏り有り

表-2 機械設定

SIR-EZ設定	備考
スキャン密度	水平探査1cm当たり4パルス（0.25mm毎）
マイグレーション処理	精細
グリッド形式	30cm×30cm
測定形式	3D

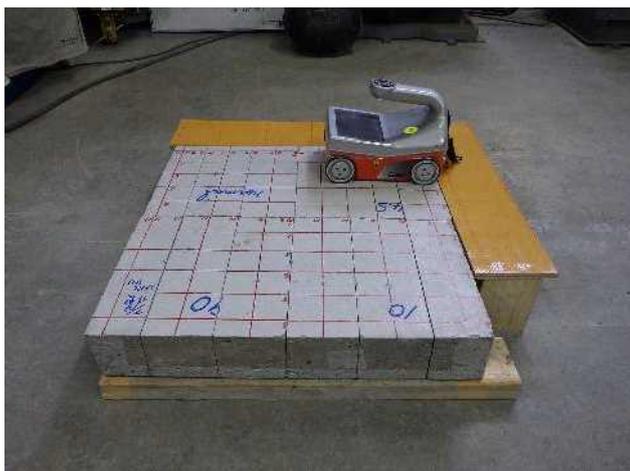


写真-2 測定状況（90mm 下部鉄板なし）



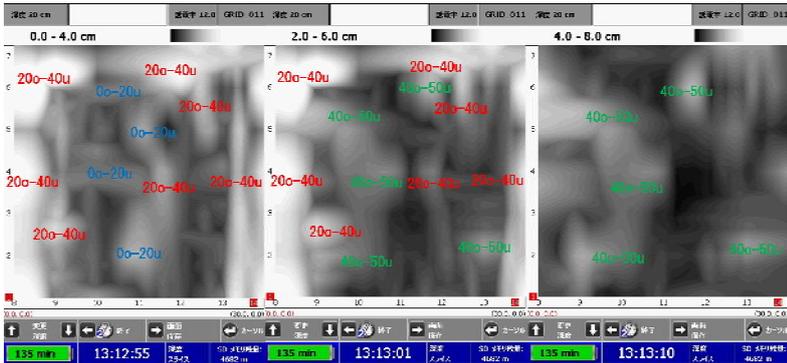
写真-3 測定状況（90mm 下部鉄板有り）

鋼繊維の偏りの位置は、表-1のとおりとし、5mm程度の厚みで疑似的に作製した。試験は、30cm×30cm×厚さ（t=50mm, 90mm）の大きさの矩形供試体にて行い、5cmピッチでグリッド線を供試体に描き、そのグリッド線に沿って計測した。また、供試体下部に鉄板を敷いたものと無いものとの画像の違いについても検討した。

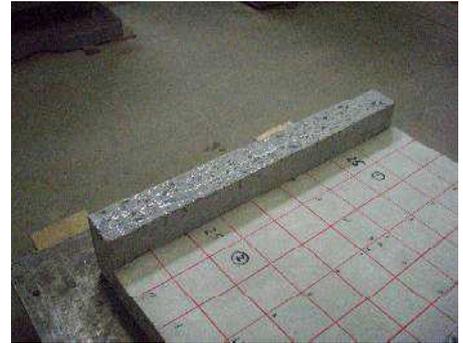
キーワード SFRC, 鋼繊維, 非破壊検査, SIR-EZ, 分散性評価

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

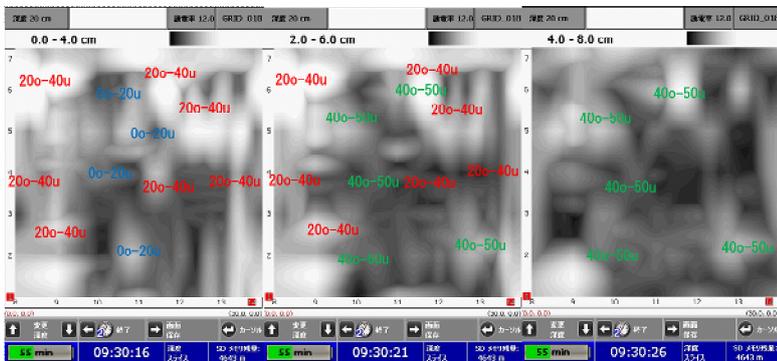
例として、測定画像 (t=50mm ; 鋼繊維位置 25mm 鉄板なし) を**画像-1**, 測定画像 (t=50mm ; 鋼繊維位置 25mm 鉄板有り) を**画像-2**, 測定画像のイメージを**図-1**, 断面写真 (t=50mm ; 鋼繊維位置 25mm) を**写真-4**, 断面写真 (t=90mm ; 鋼繊維位置 45mm) を**写真-5** にそれぞれ示す。



**画像-1 測定画像**  
(t=50mm ; 鋼繊維位置 25mm 鉄板なし)



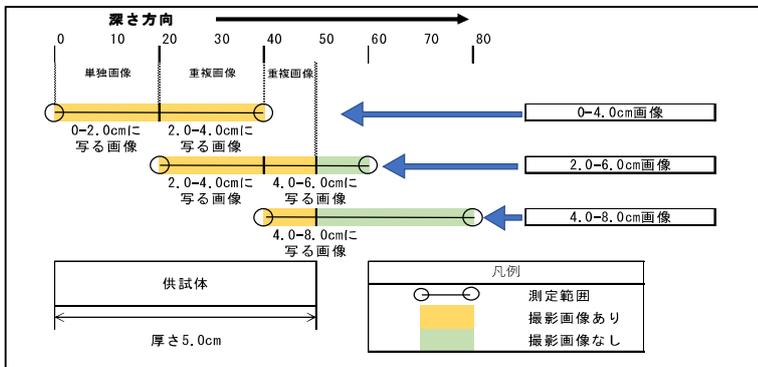
**写真-4 断面写真**  
(t=50mm ; 鋼繊維位置 25mm)



**画像-2 測定画像**  
(t=50mm ; 鋼繊維位置 25mm 鉄板有り)



**写真-5 断面写真**  
(t=90mm ; 鋼繊維位置 45mm)



**図-1 測定画像のイメージ**

**画像-1**, **画像-2** の白い部分は、鋼繊維のエコー画像である。分析の方法は、**図-1** のイメージにより 3 枚の画像を比較し、鋼繊維が存在している層を判定する。測定器の都合上、3D 画像にミリ単位の分解能は無いが、この結果から、概ね 20mm から 40mm に鋼繊維が集中していると判断できる。

下部鉄板が有る場合の画像は、無い場合と比較して下部鉄板によるエコーが多く、

全体的に白くぼやけた画像となっているが、下部鉄板が無い場合と同様な鋼繊維の偏りが確認できる画像である。**写真-4**, **写真-5** は、供試体の深さ方向の位置に、鋼繊維を疑似的に集中させた断面写真であり、銀色の光沢があるものが鋼繊維である。この写真から判断されるとおり、断面に存在する鋼繊維の分散性を、表面に露出した鋼繊維の断面積で判断する場合と、本数で判断する場合とは異なる結果となることが予想され、このことから、全体を 3D 画像により把握することは有効であることが分る。

### 3. おわりに

今回使用した測定器のスペック上、供試体の深さ方向に 40mm 単位の幅でしか画像を出力できないので、上記のような概略的な結果であったが、深さ方向画像の分解能が細かく設定ができる測定器ならば、さらに詳細な鋼繊維の分散性が判断できると考える。

# 加熱サイロ貯蔵時の再生アスファルト混合物の劣化評価手法に関する一検討

大林道路（株）技術研究所 正会員 ○小林 靖明  
 同上 正会員 上地 俊孝  
 同上 正会員 東本 崇

## 1. はじめに

加熱サイロに3日を超えて混合物を貯蔵する場合は、定期的に回収アスファルトの針入度を測定し、劣化の程度を確認する必要がある<sup>1)</sup>。しかしながら、アスファルトを回収し針入度を測定するには手間と労力が必要となる。そこで、筆者らは再生アスファルト混合物（以下、再生アスコン）を、恒温乾燥炉内で加熱養生したときの混合物性状の確認を行い、劣化の程度を評価する手法として圧裂試験が有用であることを報告した<sup>2)</sup>。本検討では、実際のアスファルトプラントの加熱サイロで再生アスコンを貯蔵し、サイロ貯蔵による劣化の程度を評価する手法として、圧裂試験の有用性を検討したので報告する。

## 2. 試験概要

試験概要フローを図-1に、再生アスコンの製造条件を表-1に示す。本検討では、実際のアスファルトプラントにて再生アスコンを2tずつ7バッチ製造し、計14tを加熱サイロ（容量120t）に165℃で貯蔵した。容量120tの加熱サイロに対して、貯蔵した再生アスコンが14tと少ないことから、アスファルトの劣化が進みやすい条件となっている。0～36hまでの7水準の貯蔵時間でサンプリングし、供試体の作製を行った。再生アスコン中のアスファルトの劣化評価として回収したアスファルトの針入度試験、B型粘度計による粘度測定を、混合物性状の評価として圧裂試験、曲げ試験を実施した。

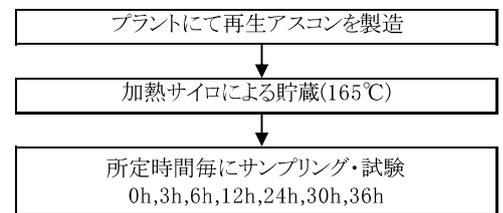


図-1 試験概要フロー

表-1 再生アスコンの製造条件

混合物種類	再生密粒度アスファルト混合物(13)
再生骨材配合率	60%
再生アスファルト量	5.6%
再生用添加剤	混合物質量に対して0.2%

## 3. 試験結果と考察

### 3.1 回収アスファルトによるバイнда試験

再生アスコン製造後のサイロ貯蔵時間と針入度の関係を図-2に、BF粘度の関係を図-3に示す。図-2より、回収アスファルトによる針入度は、貯蔵後30時間までは性状に大きな変化は見られなかったが、その後は低下する傾向が見られた。図-3より、回収アスファルトによる粘度は、貯蔵後24時間までは性状に変化は見られなかったが、貯蔵後36時間では、特に転圧温度領域で粘度が増加する傾向が見られた。これらの結果から、一定の貯蔵期間まではバイнда性状に変化は見られないが、ある貯蔵期間を経過すると劣化し硬くなること、粘度が高くなることを確認した。

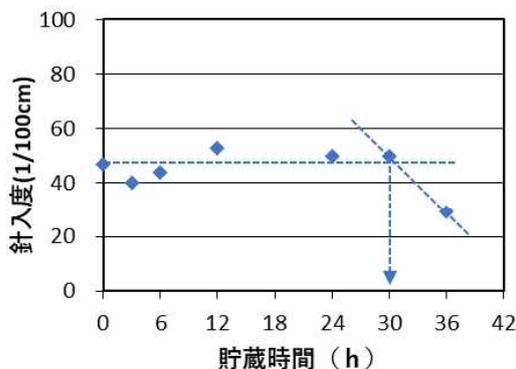


図-2 サイロ貯蔵時間と針入度の関係

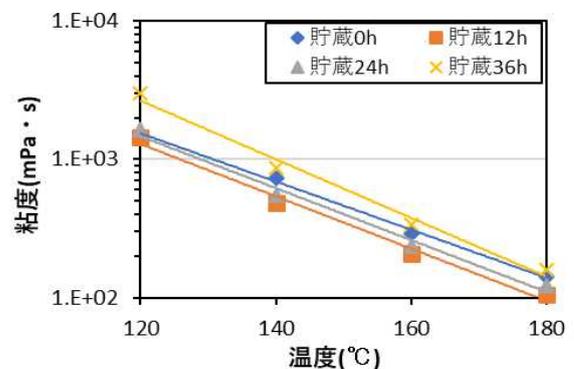


図-3 サイロ貯蔵時間と粘度の関係

キーワード 再生アスファルト混合物, 加熱養生, 劣化, サイロ貯蔵, 圧裂係数

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

### 3.2 混合物試験結果

再生アスコン製造後の貯蔵時間と圧裂係数の関係を図-4に、曲げ破断ひずみの関係を図-5に示す。図-4より、圧裂係数は貯蔵30時間後までは性状に大きな変化は見られなかったが、その後増加することを確認した。図-5より、圧裂係数の増加と同程度の貯蔵時間で、曲げ破断ひずみが低下する傾向が見られた。これらの結果から、加熱サイロによる貯蔵では、一定期間までは混合物性状に変化は見られないが、ある貯蔵期間を経過すると再生アスコンが劣化し、硬く脆くなることを確認した。

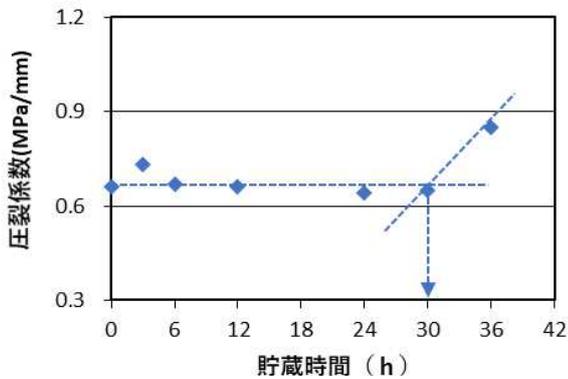


図-4 加熱貯蔵時間と圧裂係数の関係

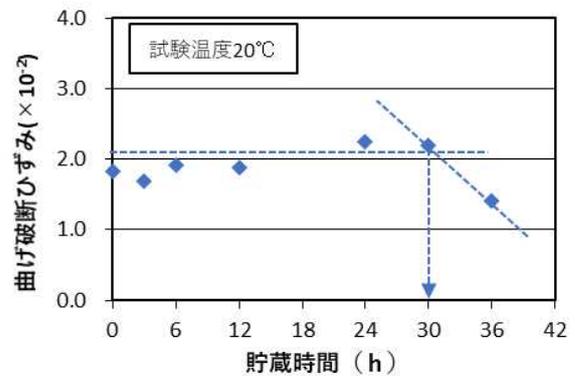


図-5 加熱貯蔵時間と曲げ破断ひずみの関係

### 3.3 回収アスファルトによる針入度と混合物性状の相関関係

サイロ貯蔵時の再生アスコンの針入度と圧裂係数の関係を図-6に、針入度と曲げ破断ひずみの関係を図-7に示す。図-6、7より、針入度と圧裂係数、針入度と曲げ破断ひずみに高い相関性が見られたことから、長期のサイロ貯蔵によって生じる針入度の低下を、圧裂係数や曲げ破断ひずみによって評価できると言える。特に、アスファルトプラントにて比較的簡易に行える圧裂試験は、サイロ貯蔵時の再生アスコンの劣化を評価する手法として有用である。

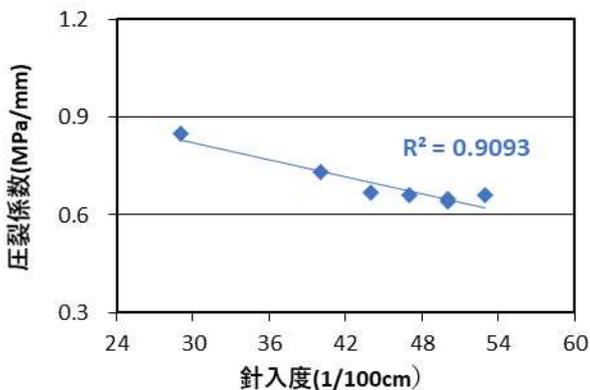


図-6 針入度と圧裂係数の相関関係

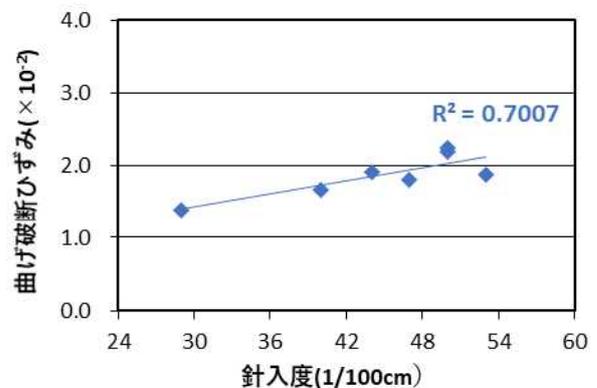


図-7 針入度と曲げ破断ひずみの相関関係

## 4. まとめ

本検討で加熱サイロ貯蔵を行うと一定期間までは混合物性状に変化は見られないが、ある貯蔵期間を経過するとアスファルトが劣化し硬くなり、混合物性状もそれに応じて硬く脆くなることを確認した。ただし、今回のサイロ貯蔵条件は、一般的な貯蔵条件と比較し劣化が進行しやすい条件となっているため、劣化が始まる貯蔵時間については明確にはできていない。また、回収アスファルトによる針入度と圧裂係数に高い相関性が見られたことから、サイロ貯蔵による再生アスコンの劣化の程度を評価する手法の1つとして、圧裂試験は有用であると考えられる。

今後も継続して、再生アスコンに関する研究を実施し、再生アスコンの品質向上を達成できるよう取り組む所存である。

### 参考文献

- 1) (社)日本道路協会：アスファルト混合所便覧,pp.73-74,1996
- 2) 小林他：加熱養生が再生アスファルト混合物の性状に与える影響,土木学会第73回年次学術講演会,V-634,2018

## 硬化機構に着目した全天候型常温混合物の開発

大林道路（株）技術研究所 正会員 ○上地 俊孝  
 同上 正会員 山原 詩織  
 同上 正会員 東本 崇

### 1. はじめに

常温混合物には、カットバックアスファルトをバインダとした経済性に優れたタイプ（以下、一般常温混合物）と、耐久性を向上して雨天でも使用できるように設計した全天候型常温混合物があり、後者は付加価値が高いため各機関より特色ある種々の材料が開発されている。本報では、まず硬化機構に着目して常温混合物を分類した。更に有望と考えた硬化機構を採用して全天候型常温混合物を開発し（以下、開発品）、その性状を評価した。

### 2. 常温混合物の分類と開発品の硬化機構

硬化機構に着目した常温混合物の分類を表-1に示す。一般常温混合物は、主にカットバック材の揮発により硬化する。また、これを改質して耐久性を向上した改質常温は全天候型常温混合物に多く見られる。これらカットバック材の揮発による硬化機構は、貯蔵時の品質変化が小さく、施工現場で混合作業を必要としないため、多くの常温混合物に採用されている。しかし、通常のカットバック材は揮発に時間を要するため施工と供用でバインダの粘度が変わらず、作業性と耐久性の両方を確保するのが難しい。一方、樹脂系常温はバインダである樹脂が硬化するため加熱アスファルト混合物と遜色ない作業性と耐久性を有するが、高価となりやすく施工直前の混合が必要となる。

また、最近の技術として、転圧時に水をかけるとバインダが中和反応して硬化する中和反応型常温がある。本技術は、水をかけるまで反応が始まらないため樹脂系常温とは違い施工現場での混合作業が不要である。更に反応によりバインダが液体から固体に変化するため作業性と耐久性の両方を確保し易い。このような中和反応型常温の特徴が常温混合物に適していると考え、開発品にも当該硬化機構を採用した。

表-1 硬化機構に着目した常温混合物の分類

常温混合物のバインダの種類	カットバック材の揮発による硬化		化学反応による硬化			乳剤の分解・合一による硬化		感圧硬化
	カットバックアスファルト	改質カットバックアスファルト	中和反応バインダ	樹脂入りマイクロカプセル(MC)含有バインダ	常温硬化性樹脂(エポキシ樹脂やMMA樹脂)	アスファルト乳剤+セメント	アスファルト乳剤	感圧性バインダ
略称	一般常温	改質常温	中和反応型常温	MC系常温	樹脂系常温	CA系常温	乳剤系常温	感圧型常温
常温化の機構	施工温度低減機構	アスファルトを鉱油、植物油や溶剤でカットバックすることで常温施工可能とする	アスファルトを中和反応バインダでカットバックすることで常温施工可能とする	アスファルトを鉱油、植物油や溶剤でカットバックすることで常温施工可能とする	液状の常温硬化性樹脂をバインダとして使用することで常温施工可能とする	アスファルト乳剤をバインダとして使用することで常温施工可能とする		感圧性バインダを使用することで常温施工可能とする
	硬化機構	カットバック材(鉱油、植物油や溶剤)が揮発することで硬化する	施工時、混合物に水をかけることで、バインダ中の成分がセメントと中和反応して硬化する	施工時、混合物を転圧することでマイクロカプセルが破包し、樹脂が反応して硬化する	液状の常温硬化性樹脂に硬化剤を混ぜることで反応して硬化する	アスファルト乳剤の分解・合一+セメントが水和反応することで硬化する	アスファルト乳剤が分解・合一することで硬化する	感圧性バインダが転圧により固着することで硬化する
現地混合の必要性	不要	不要	不要	不要	要	要	要	不要

表-2 評価混合物の概要

表記	分類	骨材粒度
開発品	中和反応型常温	細粒タイプ
中和A	中和反応型常温	細粒タイプ
改質A	改質常温	細粒タイプ
改質B	改質常温	開粒タイプ
感圧A	感圧型常温	細粒タイプ

表-3 評価項目

試験項目	試験方法	養生時間	養生温度	試験温度
作業性評価	-	-	20°C	20°C
常温ホイールトラッキング試験	東京都土木材料仕様書	作製直後	20°C	20°C
簡易ポットホール走行試験(水浸)		作製直後	20°C	20°C
一軸圧縮試験		7日間	60°C	20°C
ホイールトラッキング試験	舗装調査試験法便覧	7日間	20°C	60°C
曲げ試験	B003, B005	7日間	20°C	-10°C

### 3. 室内試験による評価方法

開発品と市販の全天候型常温混合物を室内試験により性状を評価した。評価混合物の概要を表-2に、評価項目を表-3に示す。全天候型常温混合物の性状として東京都土木材料仕様書の試験項目を、一週間供用後の性状として曲げ試験およびホイールトラッキング試験を実施した。また、試験者の感覚評価により作業性を相対比較した。

### 4. 室内試験による評価結果と考察

作業性の評価結果を表-4に示す。作業性は、改質Aが特に良好で改質Bは少し劣っていた。その他の混合物については特段問題ない程度であった。

キーワード 全天候型常温混合物, 硬化機構, 作業性,

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

表-4 作業性の評価結果

常温混合物の種類	開封時の常温混合物の状態	スコップのささり易さ(20℃)
開発品	小さい塊がある	○
中和A	小さい塊がある	○
改質A	塊がない	◎
改質B	大きい塊がある	△
感圧A	大きい塊がある	○

表-5 全天候型常温混合物としての性状

常温混合物の種類	常温ホイールトラッキング試験 20mm沈下時の走行回数(回)	簡易ポットホール走行試験 3mm沈下時の走行回数(回)	一軸圧縮試験 残留ひずみ率(%)
開発品	2,520以上	75	1.9
中和A	526	36	3.0
改質A	177	462	1.1
改質B	222	555	2.2
感圧A	2,520以上	375	1.5
規格値	50回以上	30回以上	1.0%以上

東京都土木材料仕様書の試験結果を表-5に示す。硬化機構別にみると、中和反応型常温は常温ホイールトラッキング試験結果が高水準なのに対し、簡易ポットホール走行試験結果が低水準となる傾向が見られた。両試験共に供試体作製直後に走行を開始するが、中和反応型常温は試験中も硬化反応が進むため、3mm沈下までには反応時間が足りず強度が得られないが、20mm沈下までには一定の強度が得られたものと推察する。残留ひずみ率は常温混合物の耐久性と関係があるとされている<sup>1)</sup>。残留ひずみ率は改質Bに対して改質Aは少し劣っていた。作業性評価結果と残留ひずみ率から、作業性と耐久性のバランスで、改質Aは作業性に比重を置いた材料、改質Bは耐久性に比重を置いた材料に設計されていると推察する。中和反応型常温および感圧型常温は作業性、耐久性共に良好であった。

ホイールトラッキング試験結果を図-1に示す。中和反応型常温は加熱アスファルト混合物に準ずる動的安定度であり、改質常温および感圧型常温は試験開始直後に変位が20mmに達した。

曲げ試験結果を図-2に示す。中和反応型常温以外は20℃では軟らかく試験用供試体に成形できなかったため-10℃で成形した。中和反応型常温の曲げひずみは加熱アスファルト混合物と同程度以上であり、改質常温および感圧型常温の曲げひずみは、加熱アスファルト混合物の5倍以上であった。

ホイールトラッキング試験、曲げ試験の結果から、中和反応型常温は施工後1週間で加熱アスファルト混合物に準ずる性状となるのに対し、改質常温および感圧型常温は加熱アスファルト混合物と比べると非常に軟らかい性状であると言える。

#### 4. 実道における耐久性の検証

交通量区分N<sub>7</sub>の国道で耐久性を検証した。同路線上のタイヤ通過箇所に発生したポットホールを、開発品と、室内評価の性状が良好だった感圧Aで10箇所程度ずつ補修し、経過を観察した。経過観察中に破損した場合は再補修し、延べ破損数を補修箇所数で除した破損率で評価した。検証結果を図-3に示す。補修後50日までの間に感圧Aは再破損を繰り返したのに対し、開発品はほとんど破損せず、恒久的な補修材と成り得る可能性を示した。これは、室内評価の養生1週間における性状の差が表れたと考える。

#### 5. おわりに

常温混合物を硬化機構に着目して分類し、優れた硬化機構と判断した中和反応型常温を採用して全天候型常温混合物を開発した。

次いで室内評価で中和反応型常温が優れた性状を有していることを確認した。更に、同じく優れた性状を有していた感圧型常温と実道で耐久性を比較検証し、より優れた耐久性を確認した。今後は冬季の作業性や袋詰め後の貯蔵安定性についても評価し、作業性と耐久性に優れた常温混合物の更なる検討開発を続ける所存である。

#### 参考文献

1) 萩原浩他：湿潤時作業可能な舗装補修材料に関する研究報告書,日本アスファルト協会,1974

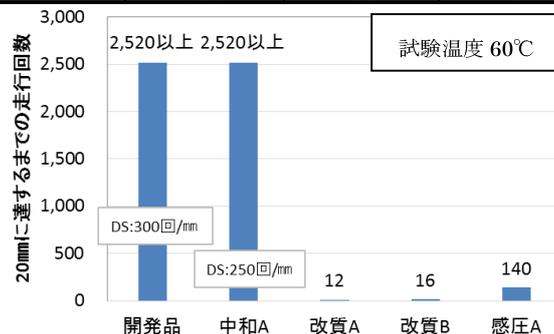


図-1 ホイールトラッキング試験結果

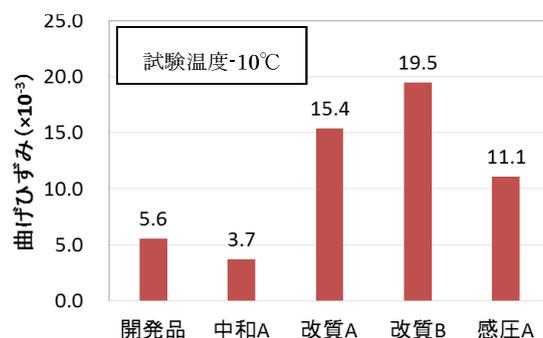


図-2 曲げ試験結果

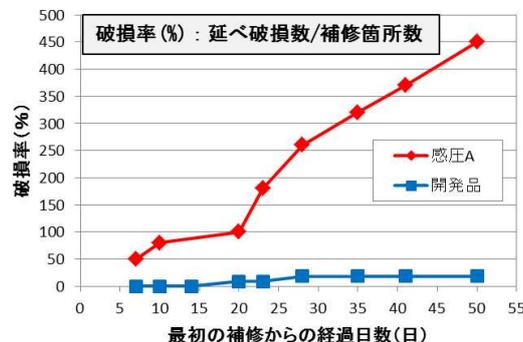


図-3 実道における耐久性検証結果

## ICT 舗装工における地上型レーザースキャナと GNSS を用いた三次元計測の効率化

大林道路株式会社 正会員 ○佐藤 正憲 大林道路株式会社 非会員 山口 雄希  
 大林道路株式会社 正会員 森石 一志 北見工業大学 正会員 富山 和也

現在 ICT 舗装工の出来形管理では地上型レーザースキャナを使用し点群データを取得している。そのような中、計測の効率化について様々な手法が行われているものの<sup>2)</sup>、画期的な方法は見出されていない。そこで著者らは高精度で位置情報を取得できる GNSS 装置を使用し計測の効率化を試みた。

## 1. 目的

ICT 舗装工は地上型レーザースキャナ（以下、TLS）を使用して出来形計測を行うが、施工延長が長くなった場合、TLS を移動しながら計測する必要がある。その際、各計測（TLS 設置）間にターゲットを設置し、そのターゲットも同時に視準し、後のデータ整理でレジストレーション（合成）を行う。一例として、RIEGL VZ-400i を用いた場合、50m ごとに TLS を移設し、4 個のターゲットを設置する必要がある。レジストレーションは一般的に専用ソフトや手作業で実施するが、ターゲットの視準の精度やレジストレーションの方法によって精度が異なる。また、TLS のデータには座標を持っていないため、後で付与することとなり、データ解析作業の効率化が必要となっている。そこで、本研究では、高精度で位置情報を取得することができる GNSS と TLS を組み合わせたセンサフュージョンにより、三次元点群計測およびレジストレーションの効率化と、点群データへの座標付与について検討した。

## 2. 検討概要

### 2. 1 試験ヤード

本研究は、試験ヤードとして図-1 に示す大林道路(株)機械センター（埼玉県久喜市）の供用中の舗装区間とした。各工区の延長が異なるのは現地で試験施工等が行われている箇所を使用しているためである。

### 2. 2 計測装置

計測装置は図-2 に示すような位置精度が高い GNSS 装置（i システムリサーチ製）を搭載した TLS を使用

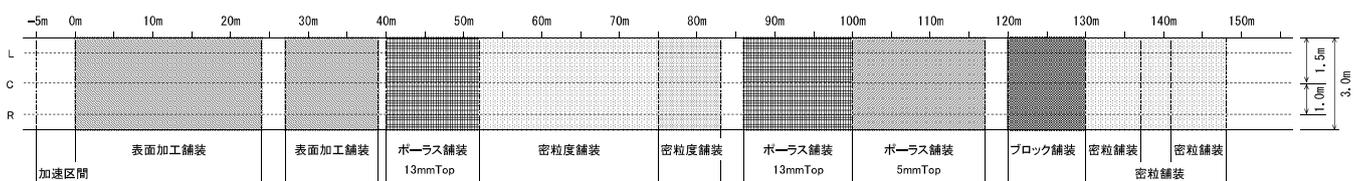


図-1 試験ヤード

### GNSS アンテナ



高性能 GNSS 搭載 TLS



専用 Rover



基地局

図-2 高性能 GNSS を搭載した TLS

キーワード 三次元点群データ, i-Construction, CIM, ICT 舗装工, 出来形管理, TLS, GNSS

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

した。TLS の下部にアングルを設け、その両端に GNSS アンテナを設置した。これら GNSS アンテナは専用 Rover で制御されている。1 級基準点から敷地内に移設した基準点に固定局を設置し RTK 方式にて座標の取得を行った。なお、北海道北見市で行なった事前試験で固定局から約 15km 離れた箇所でも受信 (RTK-FIX) できることを確認している。

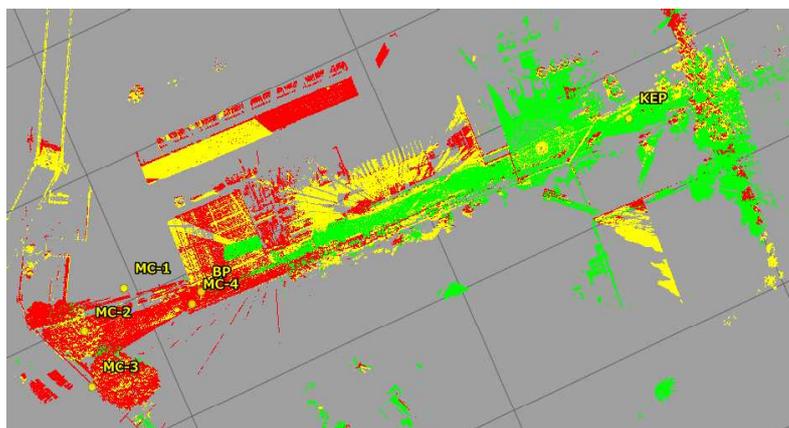


図-3 レジストレーション結果

## 2. 3 計測方法

TLS 計測は以下の手順で実施した。

- (1) TLS の設置 必要なデータが取れる箇所に TLS を設置する。
- (2) TLS および GNSS 装置の作動 各装置の電源を入れ、GNSS の測位状況とスキャナの起動を確認する。
- (3) TLS 計測 スキャニングを行う。
- (4) TLS の移動 次の設置箇所へ移動する。

以降は、(1)～(4)の繰り返す。本手順により、ターゲットの設置が不要となり計測の効率化が可能となる。

## 2. 4 レジストレーション方法

レジストレーションは以下の手順で実施した。

- (1) 2 基の GNSS アンテナの座標から TLS の中心の座標を算出する。
- (2) TLS の中心の座標から各点群に座標を算出する。
- (3) 2 基の GNSS アンテナ位置より、TLS の北 (真北) から角度を算出する。
- (4) 算出した角度、位置より点群の座標を求める。
- (5) 各計測結果で(1)～(5)の作業を実施し、各点群を合成する。

## 3. 結果および考察

試験結果の評価は、従来のターゲットを使用した場合と高性能 GNSS を使用した場合のレジストレーションの合成精度で比較した。その結果を図-3 に示す。

これらの結果から、高性能 GNSS を使用してレジストレーションした結果は、ターゲットを使用した場合と同等であり、高性能 GNSS を組み合わせることの優位性が確認された。しかし、周囲に遮蔽物があった場合に精度が若干下がる傾向が確認された。これは GNSS アンテナの位置が TLS 本体に近いためとも考えられ、今後の課題である。

また、距離が遠くなるに従い合成精度が下がっており、これはターゲットを使用した場合も生じるものであるが、治具に設置している GNSS アンテナ間距離を調整することで改善可能であると考へ現在検証を進めているところである。

## 4. まとめ

- 高性能 GNSS を使用した TLS は、ターゲットを使用した場合と同等の精度が得られた。
- さらに GNSS を使用しているため、計測した時点で座標が付与できる。
- 以上のことから、ターゲットの設置および座標付与の手間が省略できる。
- ICT 舗装工の出来形計測の時点で座標があることから、供用時の MMS を使用した維持管理につながるものと期待できる。

## 参考文献

- 1) 国土交通省：地上型レーザースキャナーを用いた出来形管理要領 (舗装工事編) (案), 2017.3.
- 2) 国土交通省：地上移動体搭載型レーザースキャナーを用いた出来形管理要領 (舗装工事編) (案), 2018.3.

## 点群データを活用した路面プロファイルの取得について

大林道路株式会社 正会員 ○森石 一志  
北見工業大学 正会員 富山 和也

ICT 舗装工の出来形管理では地上型レーザスキャナ（以下、TLS）を使用し点群データを取得している。一方、路面の平坦性や IRI は別途路面プロファイルを取得し評価しており TLS を活用した測定の効率化が期待されている。そこで著者らは三次元点群データを使用して路面プロファイルの算出を試みた。

## 1. 目的

現在 ICT 舗装工では、TLS を使用した出来形管理が実施されている。一方、施工完了後や供用後の路面性状調査のうち、平坦性や乗り心地（IRI）の評価は、路面プロファイルを取得し算出しており、施工完了後においては 2 種類の計測を実施することとなり測定の効率化が求められている。一方、国土交通省では TLS で取得した点群データから平坦性指標を算出するソフトを提供する予定もある<sup>2)</sup>。そこで本研究では、TLS で取得した点群データから効率的に路面プロファイルを取得し、評価することを目的とする。

## 2. 検討概要

## 2. 1 試験ヤード

本研究は、試験ヤードとして大林道路(株)機械センター（埼玉県久喜市）内の供用中の通路（幅員 3.0m）を試験工区とし、図-1 に示すような工区割とした。各工区の延長が異なるのは現地で試験施工等が行われている箇所を使用しているためである。

## 2. 2 計測装置および方法

## (1) TLS

TLS は図-2 に示すように位置情報が高精度で取得できる GNSS 装置（i システムリサーチ製）を搭載（以下、TLS+GNSS）し、ターゲット無しで盛り替えて取得した点群データのレジストレーションを行った。

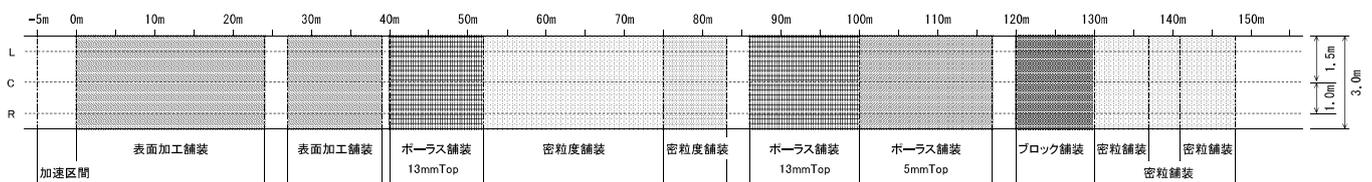


図-1 試験ヤード

## GNSS アンテナ



(a) 高性能 GNSS 搭載 TLS

(b) 基地局

(c) 専用 Rover

図-2 TLS+GNSS の概要

キーワード 三次元点群データ, ICT 舗装工, 路面プロファイル, TLS, GNSS

連絡先 〒530-0047 大阪市北区西天満 1-2-5 大林道路株式会社 TEL 06-6360-7110

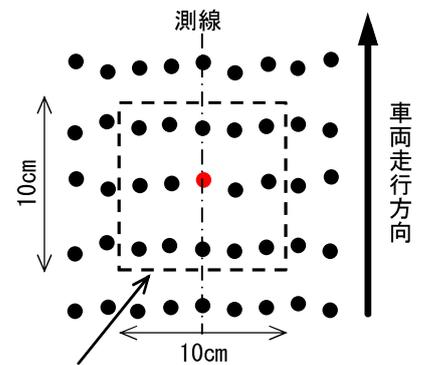
## (2) 基準プロフィール取得装置

基準となるプロフィールは、評価する測線上（センターおよび左右1.0mの3測線）をMRP（マルチロードプロファイラ）で測定した。

### 2. 3 評価方法

TLS+GNSSの点群データから測線部分の点群を抽出し、その点群から路面プロフィールを算出する。それらのプロフィールとMRPのプロフィールを比較することとした。

点群データは測線上にある点を中心に、周囲10cmの範囲内にある点群の平均値をその点の高さとし、それを車両走行方向に10cmピッチで行った。この方法で算出したプロフィールとMRPで取得したプロフィールを比較した。



この点の高さは、破線内にある点群の高さの平均値を点の高さとする

図-3 点群データの  
プロフィール算出方法

図-4 に TLS+GNSS および MRP で取得した左側(L)のプロフィールの比較結果（対象波長 0.5~50m）を示す。なお、MRP は起点 (BP) より 5m 手前に加速区間を設けている。

波形の相互相関関数に基づく一致度を算出した結果、TLS+GNSS と MRP のプロフィールの一致度は 90.7% となった。位相が一部ずれているが、一致度の算出は比較波形の内積に基づくため、振幅の大きい後半部で位置精度が高い結果となった。TLS+GNSS もしくは MRP のどちらが正確かは今後検証が必要である。

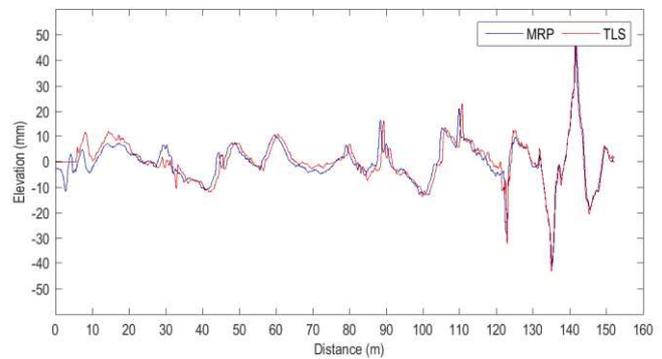


図-4 プロフィール比較結果

図-5 にパワースペクトル密度関数による波長分布の比較結果を示す。図より、TLS+GNSS と MRP で同様の波長分布をしており、TLS+GNSS の盛り替え頻度を上げることで、MRP と同等のプロフィールが取得可能と考えられる。

また、今回 ICT 舗装工の計測と同様の 50m ピッチで盛り替えたことが、TLS から遠方では点群数が少なく、十分な精度でプロフィールデータを作成できていないものと考えられる。TLS の最適な設置間隔については今後検討していくが、TLS+GNSS を使用することで計測回数は増えた場合でも、ターゲットの設置が不要となるため、より効率的な計測につながるものと期待できる。

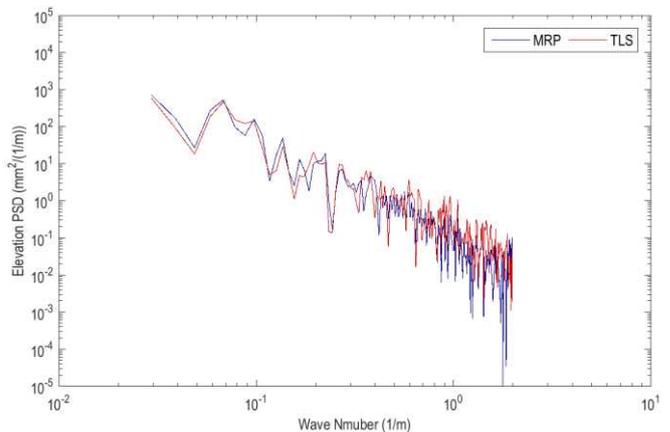


図-5 パワースペクトル比較結果

## 4. まとめ

- TLS+GNSS から算出した路面プロフィールは、一般的に使用されている MRP で取得される路面プロフィールと 90.7% 一致した。
- TLS+GNSS は、セルフレジストレーション機能を有していることから、計測の効率化が期待できる。
- TLS+GNSS で取得した路面プロフィールは座標を有することから、MMS データとの連携が可能である。

## 参考文献

- 1) 国土交通省：地上型レーザースキャナーを用いた出来形管理要領（舗装工事編）（案），2017.3.
- 2) 国土交通省：第 8 回 ICT 導入協議会【資料-3】H31 年度以降適用される技術基準類，  
<http://www.mlit.go.jp/common/001275857.pdf>，2019.3.1.

# 研磨したポーラスアスファルト舗装における色彩と光沢の測定について

大林道路 (株) 技術研究所 正会員 ○小嶋 匠  
 大林道路 (株) 技術研究所 掛札 さくら

## 1. はじめに

近年、観光立国の実現に向けて景観の整備が推進されてきている。舗装においても、より良好な道路景観を創出する技術が求められている。

研磨したポーラスアスファルト舗装（以降、研磨舗装と称す）は、着色によらず素材の色を出すことで見た目を変化させる景観舗装であり、母体舗装の研磨の度合いを変えることで、粗い研磨面から、光沢のある滑らかな研磨面まで見た目を変化させることができる（写真-1）。既往の研究<sup>1)</sup>では、研磨面を滑らかにするほど光沢度は変化するが、色彩計による測定では色彩の変化は少ないと報告されている。一方、石材では研磨すると色彩が変化するという報告<sup>2)</sup>があり、実際の舗装も同様な傾向が見られる（写真-1、写真-2）。

色彩は、景観にとって重要な要素であり、適切に評価される必要がある。



写真-1 研磨舗装

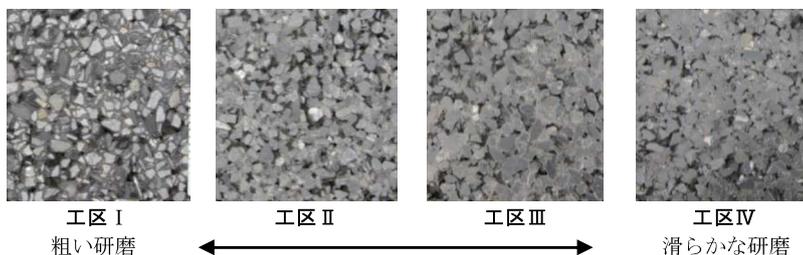


写真-2 研磨舗装面(拡大)

## 2. 研究の目的

本研究は、研磨舗装の路面の色彩を適切に評価することを目的とする。舗装で使用される岩石を研磨した供試体を作製し、目視により色彩の変化を確認して、数値で評価できる方法を検討する。その後、研磨舗装面で再度評価を行う。

## 3. 評価対象と測定機器

評価対象は、舗装用砕石として使用している岩石を切り出し研磨した供試体（写真-3）と、既往の報告<sup>1)</sup>の路面（1年後に測定、光沢度等は以前の報告とは異なる）である。また、使用した石の種類はともに栃木県栃木市産の硬質砂岩であるが、採取時期・場所等は異なる。

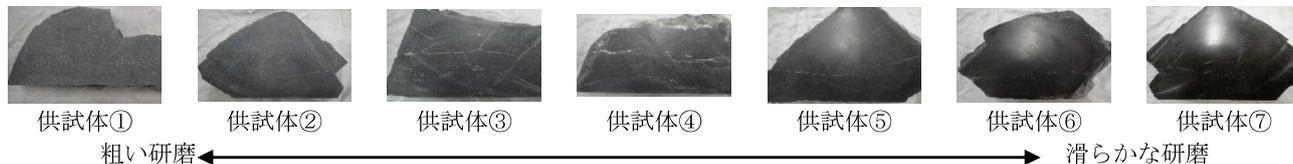


写真-3 岩石を切り出した供試体

測定機器を表-1に示す。色彩計は刺激値直読型、分光測色計は分光型の測定機器である。刺激値直読型は、等色関数に近似した分光応答度特性を持つ3種のセンサにより、直接三刺激値を求めるもの

表-1 測定機器

測定機器	機種	測定径	測定値
色彩計 (色彩色差計)	コニカミノルタ CR-410	色彩：φ 50mm	色彩： L*a*b*表示系
		色彩：φ 8mm(供試体) φ 3mm(舗装面) 光沢：φ 10mm(供試体) φ 3mm(舗装面)	光沢度： Gs(60°)

キーワード ポーラスアスファルト舗装, 景観舗装, 研磨, 色彩, 光沢, 測色

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、分光型は受光部への入射光の分光強度を求めて三刺激値を波長ごとに数値計算で求めるものである<sup>3)</sup>。色彩計はサンプルとの比較や簡易的な色彩測定に用いる。絶対値として、精度の高い測定を行う場合には分光測色計が望ましいといわれている。「JIS Z8741:1997 鏡面光沢度—測定方法」によると、光沢度の測定における測定角度は、光沢度 10%以下の場合には測定角度 85° を用いるとされている。しかし、相沢ら<sup>4)</sup>の研究では、人の感じる光沢感と近いのが測定角度 60° であるため、測定角度は 60° とした。

#### 4. 測定結果

測定結果を図-1～図-5 に示す。なお、研磨路面における色彩計の値は、施工当時の測定結果を用いた。

この結果、既往の報告とは異なり、研磨面を滑らかにするほど、明度  $L^*$  は小さく、色差は大きくなる。また、 $b^*$  は + 方向 (青色方向) になり、 $a^*$  については、ほぼ変化しない。これは、滑らかな研磨面ほど黒く見える目視観察の結果と近い傾向となった。今回使用した測定機器で比較すると、光沢度が上がるほど色彩計の測定値は目視での印象に比べ明度の変化が小さい。また、測定径が大きいと空隙のある研磨路面が測定できないことから、分光測色計が望ましいと考えられる。

#### 5. まとめ

研磨を行うことで、同じ骨材を用いた舗装であっても研磨の度合いにより色彩、特に明度を変えることができる。分光測色計で研磨舗装を測定することで、研磨舗装の路面の色彩を適切に評価できると考えられる。

屋外における色彩は、時間や天候で変化する。今後は、研磨舗装における色彩変化について評価を行いたい。

#### 参考文献

- 1) 光谷修平他：研磨したポーラスアスファルト舗装の諸特性，土木学会論文集 E1 (舗装工学) 73(3)，pp.I\_115-I\_122，2017
- 2) 飯島祥二他：建築石材の光沢と色彩に関する基礎的計測，日本色彩学会誌 34，pp.72-73，2010
- 3) 石川典夫：色の測定について・何故色が測れるのか，繊維製品消費科学 vol44 No.7，pp.390-396，2003
- 4) 相沢正：塗装の色と光沢，塗装技術 10(5)，pp.170-179，1971

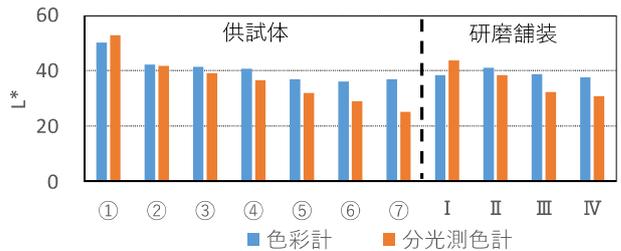


図-1 明度  $L^*$  との関係

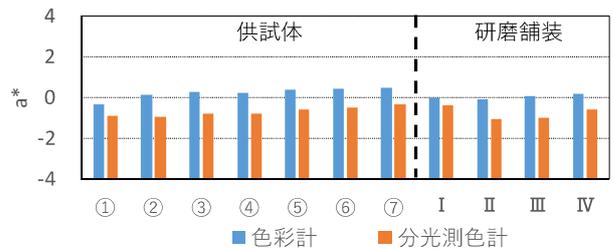


図-2  $a^*$  との関係

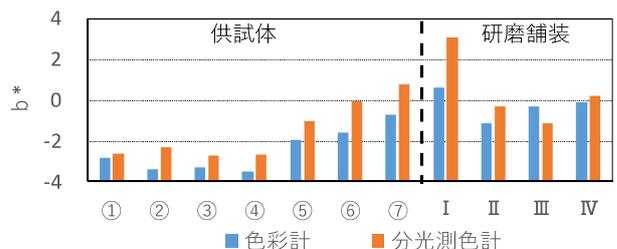
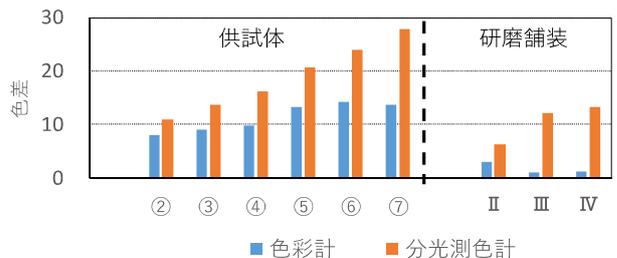


図-3  $b^*$  との関係



(色差は最も粗い研磨面との差とする)

図-4 色差との関係

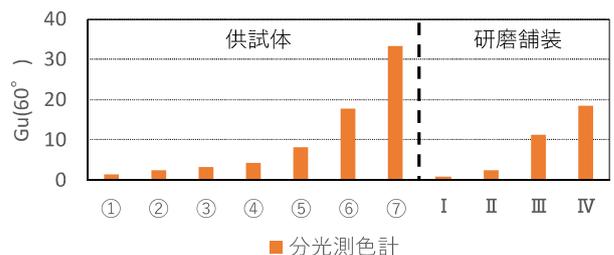


図-5 光沢度との関係

# 再生用添加剤の再生効果の要素に関する一検討

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

アスファルト合材工場において、再生用添加剤は再生アスファルト混合物を製造する際、ミキサで添加されることが一般的である。ミキサにおける混合時間は数十秒程度であり、サイロでの貯蔵や輸送を考慮した場合でも、再生用添加剤の添加から数時間で再生アスファルト混合物は舗装される。よって、効果的に劣化アスファルトの性能を回復させるためには、劣化アスファルトの針入度を回復する再生効果も重要な要素であるが、劣化アスファルトと再生用添加剤が迅速に均一化するなじみやすさも再生効果の要素として重要であると考えられる。しかしながら、このなじみの検討例は供用温度下での検討<sup>1)</sup>は見られるものの、高温時ではあまり検討されていない。

そこで本文では、再生用添加剤の劣化アスファルトの再生効果の要素としてアスファルトと再生用添加剤のなじみやすさについて新しく考案した試験法を用いて検討を行い、その結果について報告を行う。

## 2. 試験条件

アスファルトと再生用添加剤を接触させると接触部からアスファルトと再生用添加材が混ざり合い、さらにアスファルトと再生用添加剤がなじみやすい場合には、接触部からより離れた部分まで再生用添加剤の成分が浸透してアスファルトの構成成分に変化が生じると考えられる。そこで本試験では、なじみやすさの評価として、アスファルトと再生用添加剤を接触させて界面を作り、深さ方向へ成分の浸透を確認することが可能な新規試験法および試験器具を考案し評価を行った。

### 2.1 サンプル

試験にはストレートアスファルト 60/80 を促進劣化させた劣化アスファルト（以下、劣化 AS）を用いた。劣化 AS は TFOT を 5 時間、PAV を 48 時間行い作製した。劣化後の劣化 AS の針入度は 19(1/10mm)であった。また、再生用添加剤としてパラフィン系オイル P とアロマ系オイル A を用いた。表 - 1 に再生用添加剤の構成成分を示す。

表 - 1 再生用添加剤の構成成分比

サンプル	飽和分	芳香族分	レジン分	アスファルテン分
オイル P	79%	18%	3%	0%
オイル A	7%	84%	9%	0%

### 2.2 オイルの浸透性評価

アスファルトとオイルのなじみやすさの評価を新規に作製した写真 - 1 の筒状浸透試験器を用いて行った。筒状浸透試験器は間に 5mm 間隔で穴が 5 つ開いており、そこからサンプルを採取することが可能である。試験機の概要を図 - 1 に記載する。劣化 AS を試験器のサンプル回収穴 3 以上までの高さ分の 16.2g を入れ、その上から回収穴 1 を超える量である



写真 - 1 筒状浸透試験器

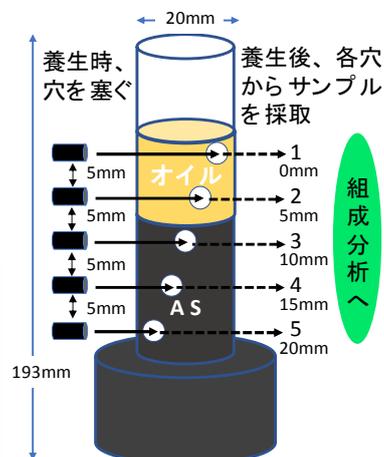


図 - 1 試験器の概要

3.5g の各再生用添加剤を投入する。その後 160°C で 2 時間養生し各採取箇所 1~5 において養生サンプルを採取した。その後再度穴を塞ぎ、同様に 160°C で 4 時間の追加養生を行ったのちにサンプルを採取した。得られたサンプルについて TLC/FID を用いて構成成分比率とその変化について検討を行った。

### 3. 結果と考察

まず一例として、オイル P を添加した直後の各採取箇所における各成分の割合を図 - 2 に示す。ここで採取箇所は一番上の穴 1 を 0mm とし、2 を 5mm、3 を 10mm と採取位置の高さを示している。図 - 2 を見るとオイル添加直後は 5、10mm を境にオイル P と劣化 AS に分かれていること判断できる。

次に、採取箇所ごとの成分割合の養生時間による変化を図 - 3 および図 - 4 に示す。本報では変化の大きい飽和分と芳香族分について記載する。まず、図 - 3 のオイル P を添加したサンプルの成分の変化は飽和分が 10mm の採取箇所において約 5% 程度の変化が確認できた。また、芳香族分については時間ごとの変化はほとんど見受けられなかった。一方、図 - 4 のオイル A を添加したサンプルの成分変化については飽和分の変化は見られないが、芳香族分が採取箇所 10、15mm において約 10% 程度変化しているのが確認できた。また 0、5mm の採取箇所においても芳香族分の成分割合の低下が見られるため、当該成分がアスファルト中に浸透していった可能性が示唆された。したがって、本検討ではオイルと劣化 AS のなじみについてはオイル P よりオイル A の方がなじみやすいと考えられる。

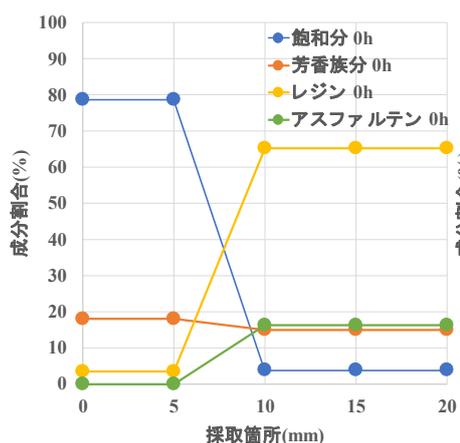


図 - 2 構成成分の成分割合

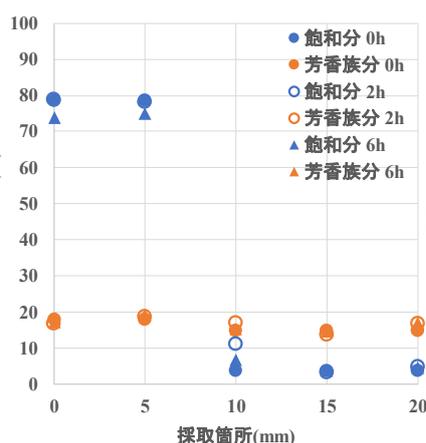


図 - 3 構成成分の成分割合

オイル P

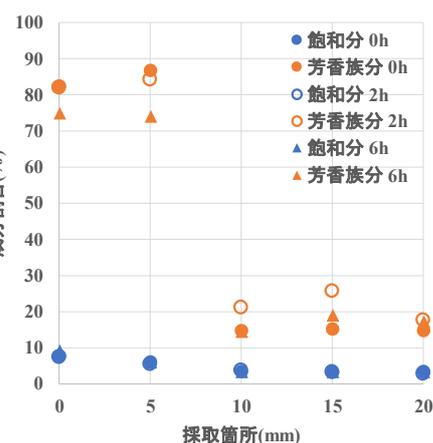


図 - 4 構成成分の成分割合

オイル A

### 4. 終わりに

本検討では、再生用添加材の劣化アスファルトの再生効果の要因として提案したアスファルトとオイルのなじみやすさについて検討を行った。筒状浸透試験器を用いて、アスファルト中に浸透していくオイルの成分を比較すると、アロマ系オイルがパラフィン系オイルと比べなじみやすくよく浸透していることが確認できた。今後は、再生骨材を用いたなじみやすさの試験を行い、再生用添加剤のなじみの影響について検討を行う所存である。

#### 【参考文献】

- 1) 富田ほか：供用温度下における再生アスファルトの「なじみ」の検証，日本大学生産工学部第 51 回学術講演会講演概要，417-420，2018.12.

# 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）四国支店 ○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3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、積雪も比較的多い地域である。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。また、当該施設の推定年間利用者数は約75万人と見込まれる。各種試験は、竣工時（2015.7.31）から3年後（2018.9.26）まで、表面温度測定も同様に竣工時（2015.7.31）から3年後（2018.8.2）まで実施した。それらの結果を図-1～図-10に示す。

## 3. 調査結果

①GB試験：全般に同様の値で推移している。特に『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継続している。②平坦性：全般に性能目標値を満足しており良好な値を継続している。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浸透水量：一部に浸透水量の低下がみられるが概ね良好である（NO.2は非開粒タイプのため参考とする）。⑤ひび割れ率：増加傾向を示すものの、歩行性に支障を来すものではない。⑥表面温度：各年、測定前日までの降雨状況は同一ではないものの、密粒のピーク時と比較すると-2.4～-12.6℃の温度低減効果が認められた。このように供用3年後の各環境歩道舗装の性能目標値は、概ね良好な値で推移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

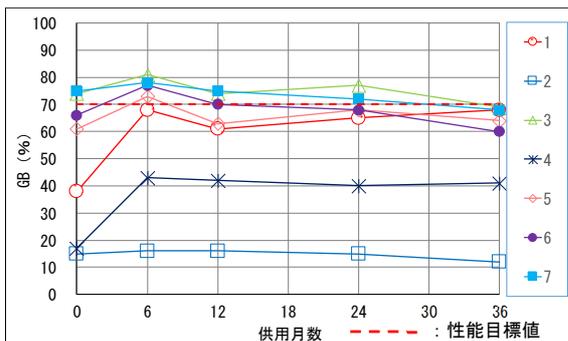


図-1 GB試験

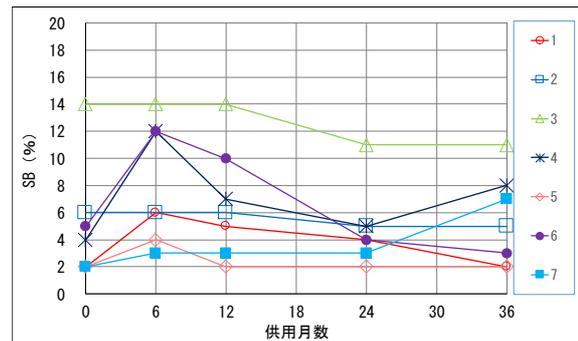


図-2 SB試験

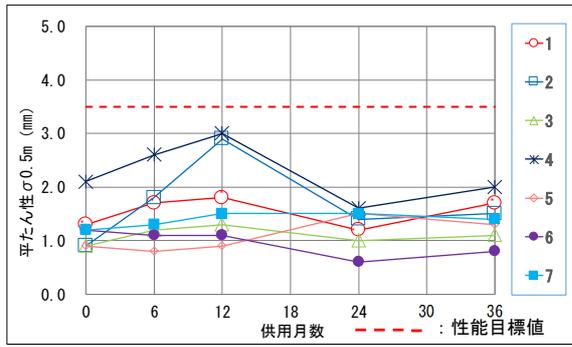


図-3 平たん性

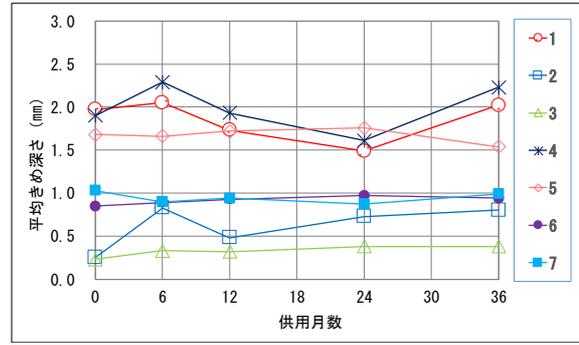


図-4 きめ深さ

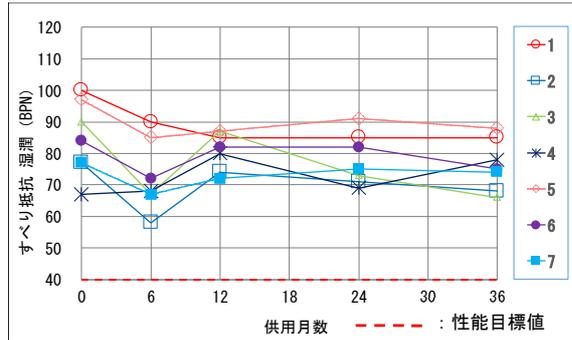


図-5 すべり抵抗 湿潤

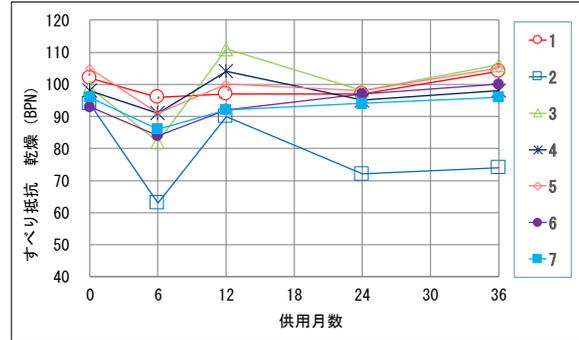


図-6 すべり抵抗 乾燥

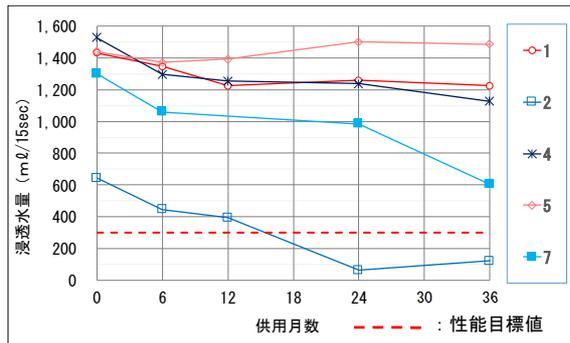


図-7 浸透水量 (NO.2 は非開粒タイプ)

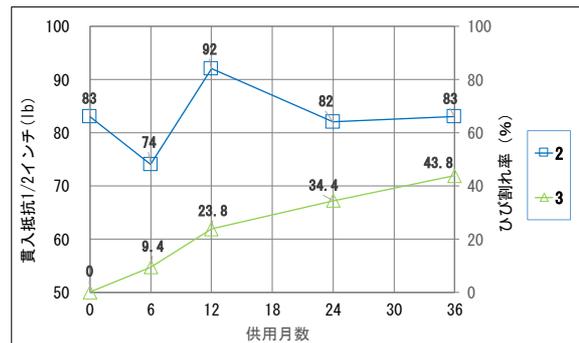


図-8 貫入抵抗 (NO.2), ひび割れ率 (NO.3)

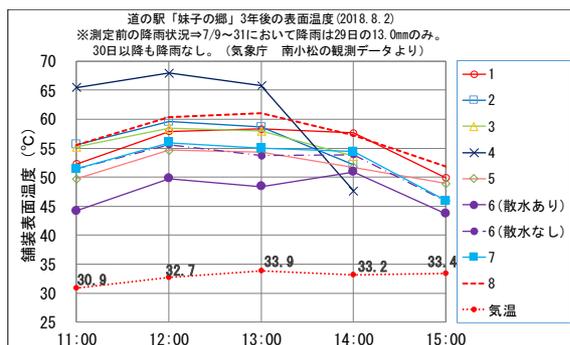


図-9 表面温度 (3年後)

※13時台の温度測定中に雲が通過し、日射が遮られたため一部の舗装で温度が低下している。

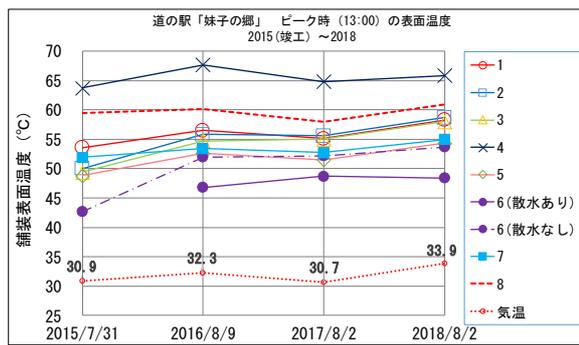


図-10 ピーク時の表面温度 (2015~2018年)

※8番は密粒舗装

#### 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、令和2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道の駅「妹子の郷」の関係者の方々に感謝の意を表します。

# 加熱アスファルト混合物の作業性評価方法に関する一検討

大林道路(株)技術研究所 ○小林 靖明  
同上 小澤 光一

## 1. はじめに

アスファルトプラントでは、加熱アスファルト混合物（以下、加熱アスコン）の品質を確保するため、その作業性は品質管理者の感覚により定性的に管理されている。これまでに、加熱アスコンの作業性を評価した研究事例<sup>1)</sup>はあるが、評価方法は定められていない。そこで筆者らは、加熱アスコンの定量的な評価をアスファルト混合所にて即時、簡便に行うことを目的に、簡易な測定装置を用いた評価方法の検証を行った。また、本評価方法がアスファルトプラントでの作業性の品質管理に使用可能か併せて検証した。具体的には、加熱アスコンの作業性が変化する要因と思われるアスファルト量、加熱サイロ貯蔵による熱劣化に着目した。本報は、これらの条件で実施した作業性評価の検証結果について述べるものである。



図-1 引張抵抗性測定装置

## 2. 作業性評価試験の概要

混合物舗設時の作業性を評価するため、図-1 に示す引張抵抗性測定装置を用いた。評価指標はハンドミキサ用スクリーが加熱アスファルト混合物の内部を移動する際に生じる荷重の最大値とし、それを引張抵抗値とした。引張抵抗値は小さいほど作業性が優れていることを示す。

### (1) 測定手順

測定手順を図-2 に示す。引張抵抗性の測定は、測定容器(10ℓ)の中央部にスクリーを設置し、その上から加熱アスファルト混合物を容器上端まで投入する。混合物温度を確認後、スクリーを2.5cm/秒の速度で引き上げ荷重計の最大値を読み取る。

### (2) 試験方法の評価

意図的に作業性が変化するようアスファルトの種類と試験温度を変化させ、その違いを評価できるか検証した。ストアス60-80、改質Ⅱ型を使用した密粒度アスファルト混合物(13)の、作業性試験結果を図-3 に示す。改質Ⅱ型はストアス60-80と比較し、全試験温度において引張抵抗値が高かった。改質Ⅱ型はストアス60-80と比較し、混合物の最適締固め温度が高いことから、同一温度では現場の作業性においても負荷を増す。この結果は、現場での作業性と同じ傾向を示していることから、本試験方法で求めた引張抵抗値は、作業性を定量的に評価できるといえる。

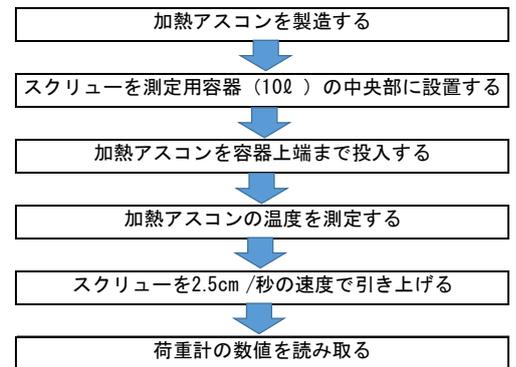


図-2 測定手順

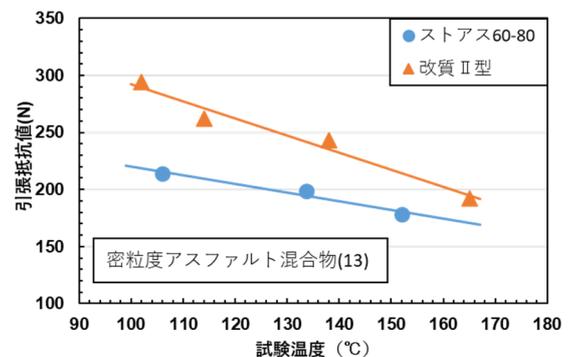


図-3 アスファルト種別と引張抵抗値の結果

### 3. 作業性評価

本評価方法が、アスファルトプラントで製造する加熱アスコンの作業性の品質管理に使用できるか検証を行った。具体的には、加熱アスコンのアスファルト量の変化、加熱アスコンのサイロ貯蔵時の熱劣化の影響による作業性評価を実施した。

#### (1) アスファルト量の変化による作業性

アスファルト量が異なる加熱アスコンの作業性を、定量的に評価できるか検証を行った。OAC、OAC±0.5%アスファルト量の密粒度アスファルト混合物(13)の作業性を図-4に示す。試験温度を変化させることによる引張抵抗値の傾きは、アスファルト量の増加にしたがって大きくなる傾向が見られた。アスファルトは熱可塑性であるため、温度が低くなるにしたがってアスファルトの粘度は上昇する。そのため、アスファルト量が多い混合物ほど試験温度を低くすることで粘度上昇の影響を顕著に受けて引張時の抵抗性が大きくなったと考えられる。この結果から、本評価方法はアスファルト量の違いによる作業性の変化を定量的に評価することができると判断できる。

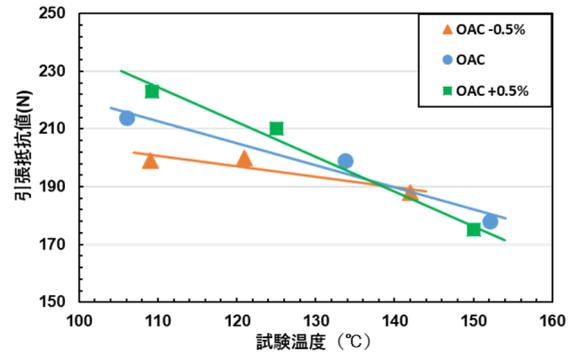


図-4 アスファルト量と引張抵抗値の関係

#### (2) 加熱アスコンの促進劣化による作業性

製造した加熱アスコンを加熱サイロに長期間貯蔵すると、混合物が劣化し、作業性は低下する。そこで、本評価方法で加熱貯蔵により劣化した混合物の作業性を定量的に評価できるか検証を行った。混合物の劣化促進は、密粒度アスファルト混合物(13)を160°Cの恒温乾燥炉内で0~24時間保温する方法とした。促進劣化混合物は、本評価方法のほかに人の感覚による作業性、締固めた混合物の空隙率の評価を行った。促進劣化した加熱アスコンの回収アスファルトの針入度および人の感覚による作業性評価結果を表-1に、針入度と引張抵抗値および空隙率の関係を図-5に示す。これらの結果から引張抵抗値は、加熱アスコンを促進劣化し針入度が低下するにしたがって、大きくなることから明らかである。この結果は、人の感覚による作業性評価との結果と合致している。また、締固め温度150°Cにおける引張抵抗値と促進劣化混合物の空隙率には関係性が見られた。これらの結果から、加熱アスコンが劣化した場合の作業性や締固めやすさの変化を、定量的に評価できると判断できる。

表-1 促進劣化混合物の針入度と人の感覚による作業性評価

促進劣化時間	0h	3h	6h	24h
針入度 (1/10mm)	51	40	29	8
人の感覚による作業性評価	◎	○	○	×

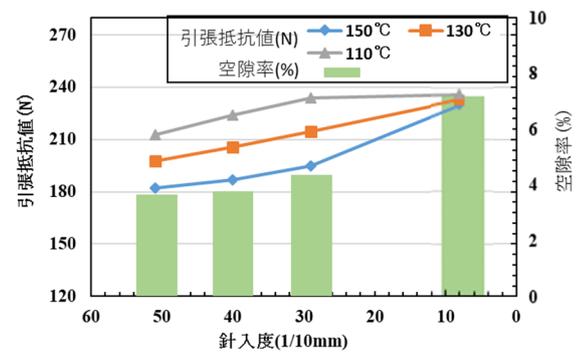


図-5 促進劣化混合物の針入度と引張抵抗値および空隙率の関係

### 4. おわりに

本検討で用いた引張抵抗性測定装置を使用することで、加熱アスコンのアスファルト量の違いによる作業性やサイロ貯蔵時の熱劣化による作業性、締固めやすさを定量化できる可能性を見出せた。今後は本試験方法の精度をさらに高めていくとともに、加熱アスコン製造時の品質管理としての適用性を検討したいと考える。

#### 【参考文献】

- 1) 村井ほか:アスファルト混合物の各種作業性評価に関する検討,舗装,pp.17-22(2017.11)

# ポーラスアスファルト舗装の締固め度と研磨時の耐久性

大林道路（株）技術研究所  
同  
大林道路（株）技術部

○掛札 さくら  
小嶋 匠  
藤原 栄吾

## 1. はじめに

ポーラスアスファルト舗装表面を研磨した景観舗装を構築する場合、研磨時に路面の損傷が生じない耐久性を有していることが重要である。一方、建物まわりや通路などの狭隘部では、舗装の締固め不足による研磨時の損傷が懸念される。（例：写真-1）。

そこで、筆者らは、舗装の締固め度と研磨時の耐久性を評価する方法を確立するため、室内試験と試験施工を実施した。本稿は、締固め度と研磨による損傷について検証した結果を取りまとめたものである。



写真-1 研磨路面（左：健全部、右：損傷部）

## 2. 試験ヤードの施工および測定

締固め度と研磨時の損傷の度合いを評価するため、試験施工ヤードを構築した。ヤードは幅員 3m、延長 32m とし、これを 4m 間隔で 8 工区に分割して各工区で異なる締固め度が得られるように締固め方法を変化させた。各工区の締固め方法を表-1 に示す。

施工後、各工区を 1m×1m のメッシュに分割し、メッシュごとに締固め度を求めた。通常、締固め度は現地で採取した供試体の密度と基準密度で算定する。一方、供試体の採取箇所は研磨時に路面が損傷する原因となり、仕上がりに影響するため、舗装の密度を非破壊で測定する PQI（Pavement Quality Indicator）を用いることとした。本検討における PQI の測定は、室内で事前に作製したポーラスアスファルト混合物の供試体（長さ・幅が 50cm、厚さ 5cm）でオフセットすることで、実施工ヤードの締固め度を推定した。作製した供試体のノギス密度と PQI の出力結果の関係を図-1 に示す（PQI の測定深度は 4cm）。図-1 から、供試体のノギス密度と PQI の出力値の相関が高いことがわかる。

試験ヤードの表層を施工後、路面に研磨を施した。研磨手順は、荒磨き、中磨き、仕上げ磨きで砥石の粒度を細かくしていき、研磨面を次第に滑らかにした。また、研磨の工程ごとに、各メッシュの損傷度を目視で判定し、表-2 に示すように A から D で評価を行った。

表-1 各工区の締固め方法

工区	締固め方法	
	基層	表層
1工区	タンデムローラ (2.5t) タイヤローラ (8t)	タンデムローラ (2.5t)、 タイヤローラ (8t)
2工区		コンパインドローラ (4t)
3工区		コンパインドローラ (2.5t)
4工区		タンデムローラ (2.5t)
5工区		ハンドガイドローラ (600kg)
N1~N3	締固め機械の切り返し工区	

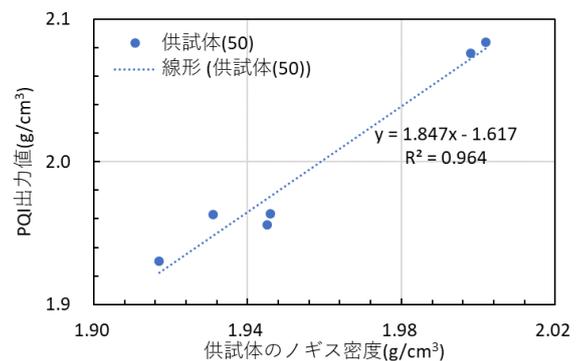


図-1 ノギス密度と PQI の出力値の関係

表-2 路面の損傷の度合いの評価（目視）

空欄	路面の損傷の度合いの評価（目視）
	損傷無し
A	ほとんど目立たない（粗骨材が数個飛散）
B	僅かにみられる（小エリアの骨材飛散）
C	損傷が確認できる（中程度のエリアで骨材飛散）
D	損傷が非常に目立つ（広いエリアで骨材飛散）

### 3. 結果

PQI で測定した各メッシュの締固め度の推定値を図-2 示す。工区ごとに締固め方法を変えることで、締固め度 88~101%の値が得られた。

最初の荒磨き工程で、総メッシュ数 96 に対して 42 メッシュに損傷が発生した。損傷度 C、D は 42 メッシュ中 12 メッシュであった。この損傷度 C、D のメッシュは次以降の研磨工程が困難な損傷状況であったため、以降の研磨は、損傷度 A、B および、損傷が発生していないメッシュで行った。中磨き工程で新たに損傷度 A のメッシュが 3 箇所発生したが、荒磨き工程で損傷度 A、B であったメッシュにおいて損傷の進展は見られなかった。また、仕上げ磨き工程では、新たな損傷や損傷の進展は生じていない。

損傷の大半が荒磨き工程で発生していることから、荒磨き時の損傷状況に着目して、締固め度と損傷度の検証を行った。図-3 に損傷の分布（荒磨き工程後）を示す。損傷は端部（路肩側）で多く発生していた。図-2 および図-3 の、締固め度が低い領域と損傷度が大きい領域は、ある程度一致していた。

締固め度と損傷度別の発生率の関係を図-4 に示す。締固め度の値が小さいほど、損傷の大きな C、D の発生率が高い。特に、締固め度 94%以下のメッシュでの発生率が高いことが確認できた。

これらのことから、締固め度と損傷度には相関関係があり、また、本検討で示した PQI による締固め度の管理方法により、ポーラスアスファルト舗装の研磨時の耐久性の評価が可能であることが確認できた。

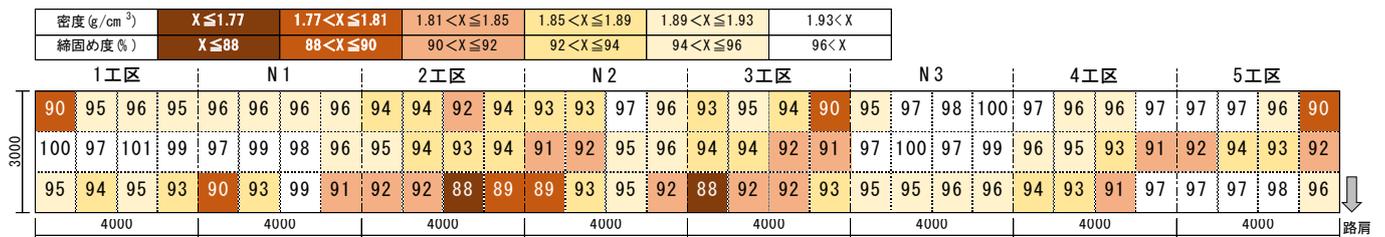


図-2 PQI による各メッシュの締固め度推定値

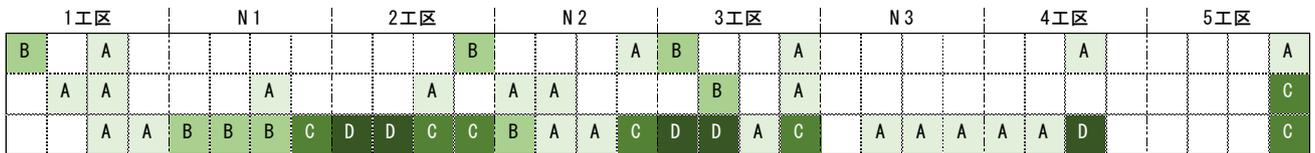


図-3 損傷度の分布（荒磨き工程後）

### 4. まとめ

ポーラスアスファルト舗装を研磨する際に懸念される舗装の損傷と締固め度の関係を把握するため、締固め方法の異なるヤードを施工し、研磨を施した。その結果、以下の事が確認できた。

- ・PQI で測定した締固め度の推定値と研磨による損傷度に明確な関係が見られた。
- ・損傷の大半は、荒磨き工程で生じる。
- ・ポーラスアスファルト舗装の締固め度が 94%以上であれば、研磨を施しても損傷が発生しない。

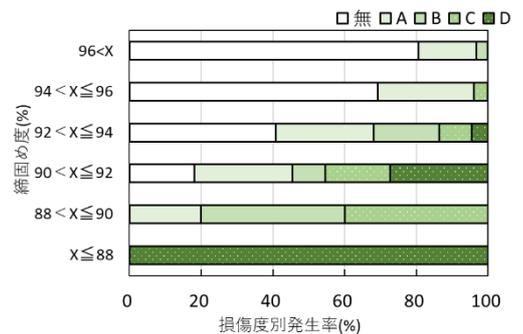


図-4 締固め度と損傷度別発生率の関係

### 5. おわりに

研磨後の見栄えは、本検討で着目した締固め度の他に、研磨時のポーラスアスファルト舗装の空隙つぶれも影響する。今後はこれらのことに着目した検討を行い、より景観性に優れた工法としていきたい。

# 透水性コンクリート舗装（研磨仕様）試験施工事例

大林道路株式会社 ○藤井 秀夫  
 大林道路株式会社 中齊 栞  
 大林道路株式会社 小関 裕二

## 1. はじめ

現在、透水性コンクリート(以下 POC)は、舗装、緑化および生物共生など幅広い分野に用いられている材料である。しかし、舗装分野では、ポーラスアスファルト舗装と同等以上の性能が発揮できることが確認されているにも関わらず、需要は少ない。本報告書は、POC 舗装の普及を目指すため、景観用舗装として POC 舗装表面を研磨した試験施工から得られた知見について報告するものである。

## 2. 試験施工概要

試験施工は、景観用 PCC 舗装としての適用範囲を確認するため、POC の製造方法、施工方法、外観および機能について確認した。POC の各工区の諸元を表-1、使用機械を表-2、使用材料を表-3 示す。

各工区の選定においては、研磨時の外観に特色を持たせるために、粗骨材の最大寸法を 5mm、13mm、40mm の 3 種類とし、研磨は粗面仕上げと光沢仕上げの 2 種類とした。また、舗装構造は歩道および車道にそれぞれ対応可能な断面とした。POC は、特別な混和材等を使用せず、一般的な常設の生コンプラントでも出荷可能な配合とした。材料は、現場投入を模して、骨材（フレコンバック）、普通ポルトランドセメント（25kg 袋）、セメントの分散性を考慮して高性能 AE 減水剤を使用した。

POC の製造機械は、小規模施工および遠隔地での施工を考慮し、写真-1 のモバイルプラントを使用した。

## 3. POC母体の施工

施工は、D→C→B→A 工区の順番で施工し、各工区の場合、一度、骨材を全てモバイルプラントのホッパーから抜き取り、異なる骨材をプラントホッパーに充填したのち出荷を行った。モバイルプラントの 1 バッチあたりの最大練り混ぜ量が 0.3 m<sup>3</sup>（計量から出荷まで約 12 分）が限界であったことから、最大 1.5 m<sup>3</sup>/h の出荷能力となり、各工区の施工時間（混合～仕上げ）は POC の敷均しに影響され約 1 時間となった。仕上げ転圧に関しては、フルコンパクション状態（締固めが漸近状態）を目安に行い、良好な仕上がり高さとなった。施工状況を写真-1～写真-4 に示す。

表-1 各工区の諸元

項目	A工区	B工区	C工区	D工区
施工形態	フルデブスポーラスコンクリート			
粗骨材の最大寸法	5mm	13mm	13mm	40mm
舗装延長 (m)	5.0		2.5	
舗装幅員 (m)	3.0			
舗装面積 (m <sup>2</sup> )	15.0		7.5	
施工厚 (cm)	10.0		15.0	
表面仕上げ	大型機		-	小型機
	光沢仕上げ	光沢仕上げ		光沢仕上げ
	粗面仕上げ	粗面仕上げ		粗面仕上げ

表-2 使用機械

工程	項目	使用機械
路盤工	運搬	ホイローダ (0.5m <sup>2</sup> 級)
	敷均し	バックホウ0.25m <sup>3</sup> 振動マカダムローラ9t 振動タイヤローラ9t
	締固め	
透水性コンクリート版工	製造	DMC-1.2ユニット装置 (0.36m <sup>3</sup> )
	運搬	ホイローダ (0.5m <sup>2</sup> 級)
	敷均し	フェーゲルS-1603 タンデムローラ (6.5t) ハンドガイドローラ (0.6t) ビフロプレート (前後進60kg)
	締固め	
	研磨	大型研磨機、集塵機1 (研磨機用) 集塵機2 (路面清掃・サンダー用) サンダー (端部処理用)、発電機

表-3 使用材料

工種	種別	材料名
透水性コンクリート版工	細骨材	砕砂 (フレコン)
		40-20 (フレコン)
	粗骨材	5号砕石 (フレコン)
		6号砕石 (フレコン)
		7号砕石 (フレコン)
	セメント	普通ポルトランドセメント (25kg袋)
	高性能AE減水剤	高性能AE減水剤
	目地材	膨張目地 注入目地 (常温)
養生剤	養生剤 (浸透式)	



写真-1 混合状況



写真-2 敷均し状況



写真-3 転圧状況



写真-4 BS設置状況

初期養生は、研磨時の骨材飛散抵抗性を向上させるために、浸透式表面硬化型養生剤を使用した。また、シート養生では、路面接地部分にはPF（ポリフィルム）、中間には空気緩衝材（プチプチシート）、最上面にはBS（ブルーシート）を敷設し、外気温の影響を遮断することにより、コンクリートに凍害を引き起こさないように、コンクリートの水和熱を利用した保温養生を施した。結果として、乾燥収縮による有害なひび割れもなく、凍害による表面の硬化不良のない仕上げ面を確保することができた。

#### 4. 研磨後の外観および機能

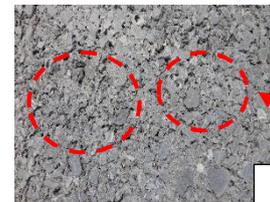
研磨後の舗装表面を写真-5～写真-7に示す。A工区の粗面仕上げは目標の仕上がりであったが、光沢仕上げは研磨材が溶け、少し空隙が詰まった。浸透式表面硬化型養生剤の影響により、必要以上に表面の強度が増進したことが原因であると考えられた。B工区は、両仕上げともに良好であった。13mmtopは、室内試験での研磨時に骨材飛散があったことから、浸透式表面硬化型養生剤の効果が認められる結果であった。D工区は、研磨時に13mm付近の粗骨材が飛散する状況であった。40mm粗骨材間に、13mm以下の粗骨材が点結合している状態であったので、この結合の弱さが原因であると考えられた。研磨後に実施した現場透水試験結果を表-4、すべり抵抗試験結果を表-5に示す。



写真-5 A工区 (左: 光沢 右: 粗)



写真-6 B工区 (左: 光沢 右: 粗)



骨材飛散

写真-7 D工区

表-4 現場透水試験結果

種別	浸透水量 (m <sup>3</sup> /15sec)	
5mmtop	1190	
13mmtop t=150	1399	1293
13mmtop t=100		
40mmtop	1373	

表-5 すべり抵抗試験結果

舗装種別	C. S. R'		BPN (20℃)		
	光沢仕上げ	粗面仕上げ	光沢仕上げ	粗面仕上げ	未研磨
5mmtop	0.75	0.79	41	70	79
13mmtop	0.64	0.76	45	56	84
40mmtop	0.65	0.77	67	50	-
目標値	0.5~0.8必要 (高齢者65歳以上)		40以上		

各工区の浸透水量は、目標値である1000m<sup>3</sup>/15secを十分満足していた。また、すべり抵抗値は、各種試験項目の目標値を全て満足しており、歩道に対応可能であることが確認された。

#### 5. まとめ

試験施工結果から、POCは特殊な添加材等を用いることなく製造できることが確認でき、舗装表面の研磨により粗面仕上げから光沢仕上げまでの意匠性がある景観用POC舗装を施工できる見通しができた。

#### 6. おわりに

今後は、研磨時の空隙詰まりや骨材飛散を改善し、色々な外観を有したPOC舗装を施工できるようにすることで、POC舗装の普及促進に役立てたいと考える。

# ICT 舗装工における地上型レーザースキャナーを用いた 出来形管理の効率化

大林道路（株）      ○田原 康平      大林道路（株）      森石 一志  
大林道路（株）      山口 雄希      北見工業大学      富山 和也

## 1. はじめに

現在 ICT 舗装工の出来形管理では地上型レーザースキャナー（以下、TLS）を使用し点群データを取得している。ICT 舗装工では、計測精度と点群密度の基準で最大計測距離が決められており、計測できる最大距離を超える場合、TLS を盛り替えしながら計測する必要がある。その際、後のデータ処理で点群データへの地理座標付与及びデータ合成のため TLS を設置した各測定点間にターゲットを設置し同時に視準する必要もあるため、ターゲットの移動も必要がある。一例として、代表的な TLS である RIEGL VZ-400i の標準的な計測方法では、50m ごとに TLS を盛り替えし、各測定に 4 基のターゲットを設置する必要がある。そのため、出来形計測の対象延長が長くなるほど、移設および計測回数が増え、それに伴い処理するデータ数も増えることとなる。

そこで本稿では、1 回の計測距離を延ばすことで計測回数を削減（以下、検証 1）し、かつターゲットを視準せずに地理座標を付与すること（以下、検証 2）による出来形管理の効率化を検討した結果を報告する。

## 2. 検証概要

### 2.1 計測装置の検討

TLS の特性として、計測対象とレーザー光の入射角が小さくなると計測精度と点群密度が低下する。舗装面は平面のため、入射角は TLS からの計測対象までの距離が離れるほど小さくなる。入射角を大きくするためには、TLS 本体の据付高さを高くする必要がある。さらに、RIEGL VZ-400i を使用した標準的な計測には、図-1 のような機材のセットとターゲット 4 基が必要であり、これらの機材の移動及び設置にも時間がかかっている。これらの課題を解決するため、以下の 2 つの装置を使用し、検証した。



図-1 TLS を用いた  
出来形測定状況

### 2.2 計測装置

(1) 検証 1 図-2 に示すような専用治具（RIEGL 製）を使い、据付高さを高くするため TLS を車載（機械高 GL+2.0m に設定）し、ターゲット以外の機材を車両に積み込むことにより、計測距離の延長と移動時間の削減を検証した。

(2) 検証 2 図-3 に示すような高精度で位置情報を取得することが可能な衛星測位システム（以下、高性能 GNSS）（i システムリサーチ製）を専用治具にて TLS に搭載し、ターゲット設置の省略を検証した。



図-2 車両に搭載した TLS



専用治具



GNSS アンテナ

高性能 GNSS 搭載 TLS



GNSS 基地局

図-3 高性能 GNSS を搭載した TLS

## 2.3 計測方法

TLS 計測は以下の方法で行った。

- (1) 検証1 1) TLS の車上取付・設置→ 2) ターゲットの設置 (1 測定につき 4 箇所) →  
3) TLS の作動→ 4) TLS 計測→ 5) TLS の移動→ 6) ターゲットの移動
- (2) 検証2 1) TLS 設置→ 2) 各機器の作動→ 3) TLS 計測→ 4) TLS 及びターゲットの移動

## 3. 検証結果

### 3.1 検証1

計測精度に関しては、三脚上に TLS を設置する標準方法との差を比較した結果、両者の計測方法は同等であった。また、点群密度に関しては、両者とも基準を満足する計測距離が 70m となり、標準方法との優位性は確認できなかった。さらに、計測時間の比較を行った。計測時間は、表-1 のようになり、TLS の設置時間が短縮でき、標準方法より優位性はあるものの、大幅な効率化にはつながらなかった。

### 3.2 検証2

計測精度、点群密度に関しては、検証1 と同様の比較を行った (図-4)。その結果、両者の計測方法は同等であった。また、計測時間の比較も行った。計測時間は、表-1 のようになり、ターゲット設置が省略できることから、1 回の計測時間が大幅に削減され、計測対象延長が伸びれば、より有効性があることが確認できた。なお、この方法では、2 基の GNSS アンテナの座標から TLS 中心の座標を算出、アンテナ位置から TLS の方向角を算出し、点群の座標を求めてデータを合成しているため、TLS からの距離が遠くなるほど合成精度が下がっていたが、治具に設置している GNSS アンテナ間距離を調整することで改善可能であると考え現在検証を進めている。

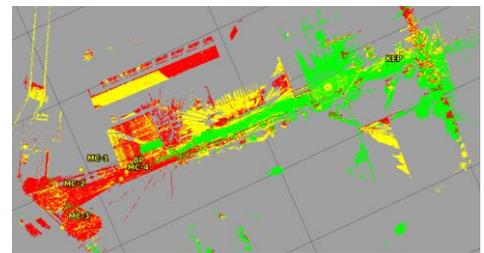


図-4 レジストレーション結果

表-1 計測時間比較

	TLSの設置	ターゲット設置	TLS計測	移動	1回の計測時間	10回の計測時間	備考
三脚+ターゲット	5分	10分	10分	5分	30分	300分	
車載式+ターゲット	—	10分	10分	5分	25分	255分	1回目のみTLSの設置5分
高性能GNSS	5分	—	5分	5分	15分	150分	

(延長 500m の計測を行う場合・50m ごとに TLS 盛り替え)

## 4. まとめ

以上の結果から、本検証で得られた知見を以下に示す。

- 車載での測定、高性能 GNSS を使用した測定共に、標準的な計測方法と同等の計測精度が得られた。
- 車載での測定では、機械高が高くなることにより計測距離が延びることを期待したが、優位性は確認できなかった。
- 計測時間は標準的な計測方法 1 回 30 分に対し、車載での計測方法では 5 分の短縮と多少の優位性があり、さらに、ターゲットの省略が可能なることから高性能 GNSS を使用しての計測方法では 15 分短縮となり、より効果的であった。

今回の検証では、高性能 GNSS を使用した計測が、標準的な計測と比べ精度が同等であり、時間の削減が可能であることから、出来形計測の効率化につながることが確認できた。今後は、さらに GNSS アンテナの設置に使用している治具を改良することで、より効率的に出来形計測ができるよう検討を行っていく。

## 参考文献

- 国土交通省：地上型レーザースキャナーを用いた出来形管理要領（舗装工事編）（案），平成 30 年 3 月。

# コンクリート舗装における 早期切断目地に寄与する養生剤使用の検討

大林道路株式会社 技術研究所 ○中齊 葉  
" 技術研究所 藤井 秀夫

## 1. はじめに

コンクリート舗装の施工において養生を適切に行うことは、強度の確保や初期ひび割れ発生の防止など、長期的に良好な品質を確保するうえで大変重要である。くわえて、コンクリートに角欠けが生じない範囲内でできるだけ早期に、粗面仕上げおよび目地切断を行う必要がある。しかし、現状ではそれらの判断を経験則に頼っており、実施時期の判断を定量的かつ効率的に行うことが施工管理上の課題となっている。これらについては様々な検討が行われているが、未だ良い手法が見当たらない。

そこで本件では、コンクリート舗装の現場施工を想定した温度条件において、養生剤使用時の目地切断のタイミングについて室内で検討した結果について報告するものである。

## 2. 実験概要

### 1) 供試体作製条件

- ・温度条件：夏場、冬場および標準期を想定して、コンクリート表面温度と養生温度を同等となるように調整し、30℃、5℃、20℃を選定した。
- ・配合：表-1とした。
- ・養生剤：養生剤の種類および散布量を表-2に示す。養生剤使用の検討は、被膜型合成樹脂系と浸透型無機質シリカ系の2種類および養生剤散布なしの合計3種類について実施した。
- ・作製手順：各温度条件に設定した恒温室内で、10×10×40cmの型枠にコンクリートを打設し、養生はコテ仕上げから60分後に養生剤を霧吹きで散布し、ポリフィルムで覆った。その後、各温度にて所定時間養生し、目地切断を行った。

### 2) 目地切断

目地切断は、ディスクグラインダに切削深さが一定となるようにガイド(写真-1)を取り付け実施した。目地切断のタイミングは、コンクリート打ち込み完了後、30℃および20℃の場合は4~10時間後までの1時間ごと、5℃の場合は30℃と同等の強度を有する時期を積算温度から推定し、13~23時間後までの2時間ごとに設定した。

### 3) 評価方法

目地切断の評価は、ディスクグラインダで切削後の目地の状態を目視観察し、骨材飛散および現場を想定した目地幅(8mm)内の角欠けの有無で判定した。同時に、シュミットハンマによる推定圧縮強度の測定も実施した。

表-1 実施したコンクリートの配合条件

粗骨材の最大寸法 (mm)	粗骨材率 $s/a$ (%)	水セメント比 (%)
20	37.0	45.0
(備考) 普通ポルトランドセメント AE減水剤(標準)		

表-2 養生剤の種類および散布量

養生剤の種類	被膜型合成樹脂系	浸透型無機質シリカ系
散布量 (メーカー推奨)	200g/m <sup>2</sup>	100g/m <sup>2</sup>



写真-1 ガイド付きディスクグラインダ

### 3. 実験結果

各温度における目地切断時の状況を表-3、表面状態の写真を写真-2~写真-4、シュミットハンマによる反発度と養生時間の関係を図-1~図-3に示す。

#### 1) 目地切断後の表面状態

- ・30℃では、コンクリート表面のモルタル分が早期に硬化し、7時間後から角欠けの無い目地が入った。
- ・20℃では、上記と同様に9時間後から角欠けの無い目地が入った。
- ・5℃では、コンクリート表面の硬化不良が生じ、表面のモルタル分と供試体内部で硬化の差異が確認できた。
- ・いずれの温度条件においても目地切断のタイミングが早すぎる場合、目地のモルタル分が周囲に流動し盛り上がった。また、養生剤を散布したものは表面に硬化層を形成するため、硬化層ごと剥がれた。

#### 2) 推定圧縮強度

- ・30℃では、推定圧縮強度が3.8MPa以上で目地切断後の表面状態は良好であった。
- ・推定圧縮強度と養生時間の関係から、30℃では浸透型無機質シリカ系の養生剤はコンクリート表面強化に寄与していることが確認された。
- ・5℃では、養生剤散布無しの推定圧縮強度は、養生剤を散布したものより強度発現が早い傾向であった。

表-3 各温度における切断目地の状況

項目	切断目地状況 (30℃)				切断目地状況 (5℃)				切断目地状況 (20℃)				備考
	5h	6h	7h	8h	17h	20h	21h	23h	7h	8h	9h	10h	
養生剤無し	×	×	△	○	×	×	×	△	×	×	△	○	○：良好 △：骨材飛散少 ×：骨材飛散多
被膜型合成樹脂系	×	×	△	○	×	×	×	×	×	△	○	○	
浸透型無機質シリカ系	×	△	○	○	×	×	×	×	×	△	○	○	

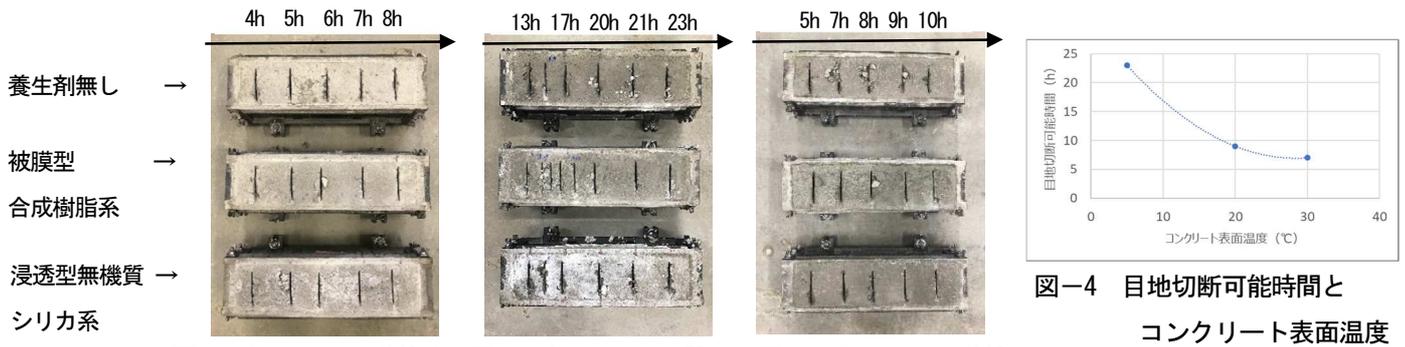


図-4 目地切断可能時間とコンクリート表面温度

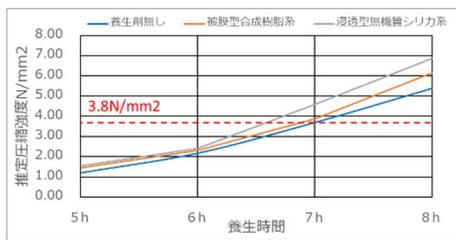


図-1 推定圧縮強度と養生時間 (30℃)

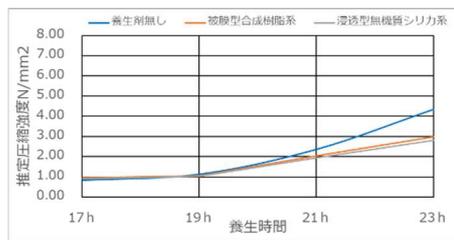


図-2 推定圧縮強度と養生時間 (5℃)

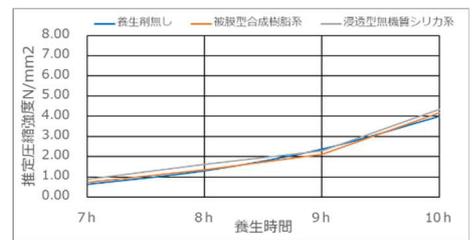


図-3 推定圧縮強度と養生時間 (20℃)

### 4. まとめ

養生剤を塗布することで、初期硬化期間中にコンクリート表面から水分が蒸発するのを抑制し、乾燥収縮によるひび割れを抑制することは勿論、20℃および30℃では養生剤を散布することで、コンクリート表面の硬化促進により早期の目地切断が可能となることが確認された。一方、5℃では養生剤散布無しの方がコンクリート表面の硬化促進が早くなる結果であった。また、図-4より目地切断可能時間とコンクリート表面温度との関係を把握することができた。

### 5. おわりに

今後は現場でのデータ収集を行い、今回の室内実験の適応検討を行っていく予定である。

[参考文献]

1) 常松直志、中原大磯、加藤学、石田征男：コンクリート舗装の粗面仕上げの終了時期と目地切断時期の判断方法に関する検討, 舗装 vol149 No. 4 (2014)

# 常温アスファルト混合物の品質管理手法における一検討

大林道路(株)技術研究所 第一研究室 ○山原詩織

〃 上地俊孝

〃 東本 崇

## 1. はじめに

高耐久型の常温アスファルト混合物(以下、常温合材)の品質規格は存在するが、品質管理手法は定められていない。特に、出荷時に実施する作業性の確認や、広範囲の補修時の強度の確認は出荷後や開放後の試験となると、顧客からのクレームにつながるため、迅速な実施が求められる。そこで本報では、簡便でかつ試験者による誤差の少ない、作業性試験方法と強度の確認方法について検討した。

## 2. 作業性の評価手法

袋詰めของ合材がほぐしづらいことや、敷きならしにくいことは顧客からのクレームにつながる。そこで、既往の研究<sup>1)2)</sup>を参考にして、貫入抵抗性試験とフロー試験にて常温合材の作業性の評価方法を検討した。

### 2-1. 実験方法

フロー試験は、混合物がロートから落下する時間を測定するものである。また、貫入抵抗性試験は、所定の締固めを行ったマーシャル供試体への貫入抵抗値を測定するものである。評価方法の検討を分かりやすくするため、アスファルトを軽油でカットバックしたバインダを用いた単純な常温合材を試験材料とした。試験の条件として、基準配合をバインダ中のアスファルト量を77.5%、バインダ量を5.7%、粗骨材料を41.5%とし、各1条件のみを変更して試験した。なお、合材の養生温度、試験温度ともに20℃で実施した。

### 2-2. 評価結果と考察

バインダ中のアスファルト割合、バインダ量、骨材粒度を変えたときの試験結果を図-1に示す。また、合材のほぐしやすさと敷きならしやすさの感覚評価で決めた“作業性の良好な範囲”を図中に示している。

バインダ中のアスファルト割合を変化させると、アスファルト割合が増えるにつれて硬く扱いづらい合材となった。どちらの試験方法でもアスファルト割合が増えると試験値が増加しており、作業性の低下が評価できていた。

バインダ量を変化させると4.7%はパサパサとして敷きならしが困難であり、6.7%では合材をほぐすのに力が必要であった。どちらの試験方法も、6.2%以下ではバインダ量の変化に対する試験値の変化が鈍く、評価が難しいと考える。一方でバインダ量過多(6.7%)ではフロー値が急激に大きくなることから、バインダ過多に起因する作業性の低下はフロー試験で評価できたと考える。

骨材粒度を変化させると、粗骨材量を31.5%にまで減らしたとき、合材をほぐすのに力が必要であった。フロー試験では粗骨材割合を変化させてもフロー値は変化しなかった。一方で貫入抵抗値は感覚評価と同様

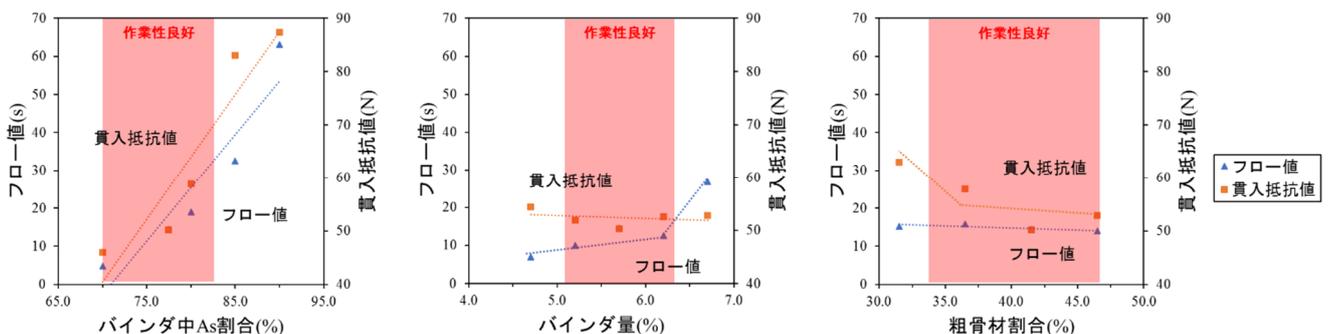


図-1 作業性試験結果(左：バインダ中As割合変更、中：バインダ量変更、右：粗骨材割合変更)

に、粗骨材量が 31.5%で大きくなった。このような違いが現れたのは、貫入試験前の締固めが実際の袋内での合材の圧密を再現できたためであり、骨材粒度が細くなると袋内の合材が圧密され、ほぐしがたくなることを貫入抵抗性試験は評価できたと考える。ただし、粗骨材量を減らした場合はバインダ不足となっているため、一概に粒度が細かいことのみが試験結果に影響したとは考えられない。

試験法として、フロー試験は排出口で詰まってから下に流れ出るまでの時間なので、合材のほぐれやすさを示しており、貫入抵抗性試験は袋に入った圧密状態の合材へのスコップの刺さりやすさを示していると考ええる。

表-1 リバウンドハンマの仕様

計測範囲	1 N/mm <sup>2</sup> ～5 N/mm <sup>2</sup>	
打撃エネルギー	0.833 Nm	
ハンマ質量	720 g	
ハンマ・ヘッド直径	40 mm	

3. 強度の評価手法

広範囲の補修や段差すりつけでは、ポットホール補修のように周囲の拘束力が期待できないため、一定の強度が発現するまで養生期間を設ける必要がある。土系舗装では、現場で強度発現を確認する方法としてプロクター貫入抵抗試験機が用いられている。<sup>3)</sup>しかし、常温混合物に適用したところ“粗骨材の有無や貫入速度で試験結果がばらつく”“舗装面に穴を空けてしまう”といった課題あった。そこで本検討では、コンクリートの圧縮強度推定に使用されているリバウンドハンマ(P型)を用いて評価した。

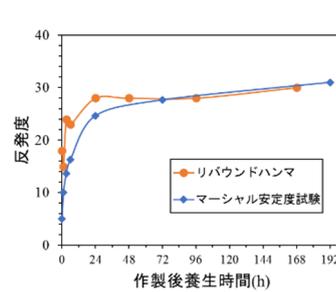


図-2 安定度と反発度の測定結果

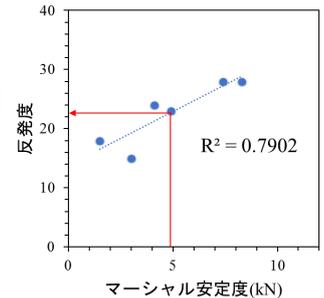


図-3 安定度と反発度の相関関係

3-1. 実験方法

使用したリバウンドハンマの概要を表-1に示す。化学反応により硬化する常温合材で、マーシャル供試体とホイール供試体を作製した。マーシャル供試体はマーシャル安定度試験、ホイール供試体はリバウンドハンマにより反発度を測定した。供試体の養生温度、試験温度ともに 20℃で試験を実施した。

3-2. 試験結果と考察

マーシャル安定度試験とリバウンドハンマによる測定結果を図-2に示す。どちらの測定方法でも、養生 24 時間程度でほとんど最大値にまで到達していた。リバウンドハンマによる打撃で、ホイール供試体表面にへこみができることが懸念されたが、確認されなかった。図-3に、マーシャル安定度と反発度の相関を示す。反発度とマーシャル安定度にはかなり強い相関があると認められた。密粒度アスファルト混合物(13)のマーシャル安定度試験の規格値が 4.9 kN 以上なので、リバウンドハンマで測定した反発度が 23 以上であれば、広範囲の補修において交通開放をしても問題ないと考ええる。測定時の打撃跡も残らないことから、本方法は非破壊の強度測定手法として有用なものであると考える。

4. おわりに

本検討では、常温合材での作業性試験の適用性の確認と、施工箇所の非破壊での強度確認方法について、一定の成果を得ることができた。作業性の評価手法は、より多くの配合でそれぞれの試験方法の傾向を確認していく必要がある。また、アスファルトを軽油でカットバックした常温合材で評価を行っているため、他の常温合材での適用を検討する必要がある。非破壊の強度測定手法においては施工箇所の下地材料の種類や合材の施工厚によって、測定結果が変化する可能性があるため、今後確認していく必要がある。

【参考文献】

- 1) 門田誠也ほか:再生加熱アスファルト混合物の性能向上に関する実験的研究, 第 14 回北陸道路舗装会議技術報文集(2018. 5)
- 2) 加藤哲朗ほか:石川県で活用している常温補修材の性能比較, 第 14 回北陸道路舗装会議技術報文集(2018. 5)
- 3) (独) 土木研究所:土系舗装ハンドブック(歩道用), 大成出版社, p. 16(2009. 8)

# ICT舗装工における効果と課題

大林道路（株） 野垣内 毅

## 1. はじめに

我が国において生産年齢人口が減少することが予想される中、建設分野において、生産性の向上が必要となっている。国土交通省においては、建設現場における生産性を向上させ、魅力ある建設現場を目指す新しい取組である i-Construction が導入された。「ICTの全面的な活用」の具体的な取り組みとして、平成28年度より ICT 土工、平成29年度より ICT 舗装工が始まっている。ICT 活用工事は、3次元起工測量、3次元設計データ作成、ICT 建設機械による施工（舗装工は路盤工の施工）、3次元出来形管理、3次元データの納品を行う工事であり、建設生産プロセス全体の効率化を図る取り組みである。

ICT 舗装工は、事業フェーズ（施工から維持管理）や目的（効率化から品質向上）に応じて段階的に取り組みを進めるとしている。まず、第一段階としてマシンコントロール（以下、MC）グレーダによる路盤工と地上型レーザースキャナー（以下、TLS）による出来形の面管理が実施されている。第二、第三段階では、MC 制御による機械の拡大や品質管理への適用などを視野に入れている。本論文では、平成29年度に弊社が施工した改良舗装工事における ICT 舗装工の効果と課題について報告する。

## 2. 工事概要

本工事は、施工延長 1,032m のうち 520m が ICT 舗装工の対象範囲であり、道路改良およびアスファルト舗装の新設工事である。

工事名：織笠地区改良舗装工事

工事場所：岩手県下閉伊郡山田町織笠地内

工期：平成29年10月2日～平成31年2月28日

発注者：国土交通省 東北地方整備局 三陸国道事務所

ICT 適用工種：下層路盤(4,700 m<sup>2</sup>)、上層路盤(4,000 m<sup>2</sup>)

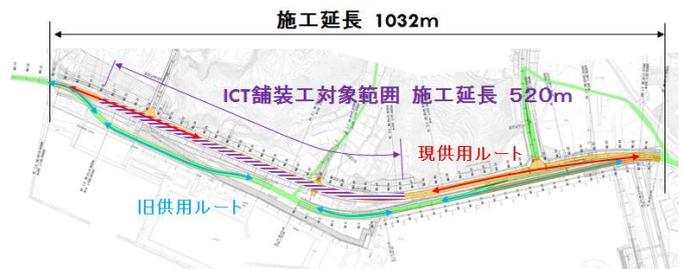


図-1 ICT舗装工対象範囲

## 3. 当該工事における ICT 舗装工

### 3.1 施工の流れ

本工事における各工種の施工の流れを図-2に示す。

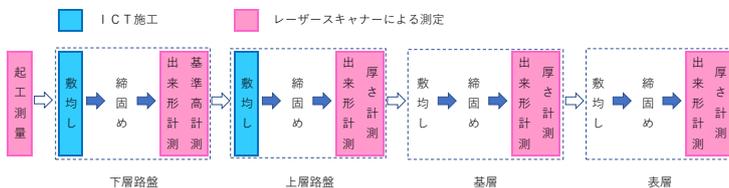


図-2 施工の流れ



写真-1 MCグレーダ

### 3.2 路盤工（下層路盤）

下層路盤（C-40）の敷均し・整正作業は、自動追尾型トータルステーションによるMCグレーダ（写真-1）で施工した。3次元設計データに基づきグレーダの排土板が設定した高さ（設計）どおりに自動制御される。そのため、オペレータの技術や経験によらず、仕上り精度がより向上・安定し、重機の反復動作が減少するため生産性が向上する。また、検測作業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性が飛躍的に向上した。

### 3. 3 路盤工（上層路盤）および舗装工

上層路盤（瀝青安定処理）の敷均しは、自動追尾型トータルステーションによるMCアスファルトフィニッシャ（写真－2）で施工した。アスファルトフィニッシャのスクリーンは左右それぞれでの制御が必要であるため、自動追尾型トータルステーションは2台使用した。また、センサーロープの設置（従来方法）がいらないため、生産性と安全性が向上した。

基層および表層の施工は、平坦性の更なる向上を目的に、3次元設計データに基づき制御するMCシステムではなく、レーザースキャナセンサで計測した路面形状を平均処理することにより、小さな凹凸やうねりの影響を軽減させる平坦性向上システムにより行った。

### 3. 4 出来形計測および管理

出来形計測は、TLS（RIEGL VZ-400i）により100cm<sup>2</sup>（10cm×10cmメッシュ）あたり1点以上の計測点が得られる設定で計測を行った。また、1回の計測距離は、承諾されている精度確認の範囲内で実施した。従来であれば幅員の測定、路盤厚の確認、基準高の測定、コアの採取、それに伴う出来形写真の撮影が必要であったが、TLSを使用することにより、各層測定状況の写真撮影のみと現場での作業が軽減された。また書類に関しては、幅員、厚さ、基準高の出来形結果表がヒートマップ（図－3）という出来形合否判定総括表に集約された。

### 3. 5 ICT舗装工の効果および課題

#### (1) ICT舗装工の効果

ICT舗装工を行って感じた効果を以下に示す。

- ① バーチカル曲線部等の丁張りの無い箇所において、今までは熟練したオペレーターの勘やセンスを頼りに仕上げていた部分などで、仕上りの精度が格段に向上した。
- ② 路盤整正作業では、検測作業が不要になり、従来より少ない人数で施工が可能となり、安全性が向上した。
- ③ 路盤面および舗装面の管理がTLS測量で網羅でき、写真撮影を含め現場での労力が軽減された。
- ④ 基準高や厚さ等の出来形結果表の作成がヒートマップ1枚で可能となる。
- ⑤ 出来形管理では、TLSのデータの精査に時間を要するため、従来方法とほぼ同程度の時間となったが、起工測量から電子納品までの全体で2～3割程度の時間短縮となっているものと考えている。

#### (2) ICT舗装工の課題

ICT舗装工を行って感じた課題を以下に示す。

- ① 出来形管理は、面での管理となるので測定範囲内に障害物があると成果が出せない。
- ② 降雨等により計測面が濡れていたり、計測面に積雪があるとTLSによる計測が出来ない。
- ③ 排水構造物の規格値（基準高±30mm）、表層の面管理規格値（厚さ-17mm）であり、排水構造物の仕上がりが表層の規格値内になる精度が必要である。

## 4. おわりに

ICTの活用により、舗装工事における施工精度や生産性および安全性が飛躍的に向上しているものと思われる。また、施工により得られた課題が解決され、品質管理や維持管理の効率化などICT舗装工の更なる効果向上を期待するとともに、当社としても、3次元データを活用できる人材育成や環境整備などICT化を更に進め、生産性向上を図っていきたい。

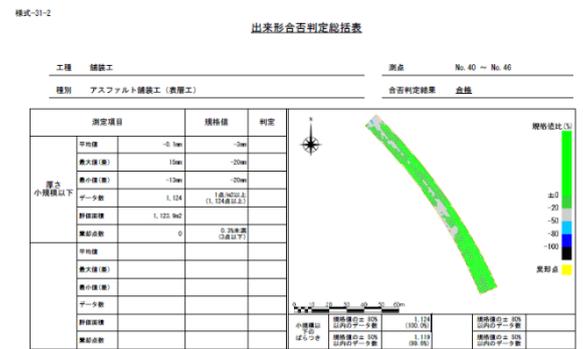


自動追尾型(2台)トータルステーション

マシンコントロールアスファルトフィニッシャー

受信

写真－2 MCアスファルトフィニッシャ



図－3 ヒートマップ

## 全天候型高耐久常温アスファルト合材（楽ファルト）の開発

大林道路（株） 技術研究所 第一研究室主任 ○上地 俊孝  
 同上 室長 東本 崇  
 同上 研究員 山原 詩織

### 1 はじめに

常温合材によるパッチングは代表的な維持工法の一つであるが、パッチング材を適用後、次の修繕までに何度も再破損を繰り返すことが本工法の課題の一つである。筆者らは、この課題に着目し、優れた維持工法材料として、高耐久で再破損率の低い常温合材の開発を目指した。

本報では、これまでの一般的なパッチング材の課題について考察し、目指すべき常温合材の性状を定めた。さらにパッチング材として市販されている様々なタイプの常温合材と、開発した全天候型高耐久常温合材（以下、楽ファルト）について室内試験と試験施工により評価した。

### 2 開発品の目指す性状

一般的なパッチング材はバインダにカットバックアスファルトを使用しており、施工後にカットバック材が揮発することで強度が発現する。使用時、転圧により舗装表面が密になると、内部のカットバック材が揮発しづらくなるため、強度発現に時間を要する。しかし、パッチング材は緊急補修に用いられるため、施工後すぐに交通開放する必要がある。強度が発現する前に車両を走行させるため破損に至る。このように初期の強度発現（硬化）に時間を要することが一般的なパッチング材の課題である。

一方で、ポットホールのような補修箇所は

下地（基層や路盤層）が脆弱化していることが多く、その上に施工する常温合材は硬化後に脆弱層の変形に追従する可撓性を併せ持たないとひび割れ、再破損する。

以上のことから、楽ファルトはこのような“剛性（早い強度発現）”と“可撓性”の両方の性状をあわせ持つことを目指した。

### 3 開発品の概要

楽ファルトの外観を写真-1 に示す。楽ファルトの概要は以下の通りである。

- ・ 袋詰め保存が可能で、施工時に現地で混合作業の必要がない。
- ・ 常温において、スコップなどで施工・転圧可能な作業性を有する。
- ・ 雨天や降雪時、水たまりにも使用可能。
- ・ 水をかけることで硬化反応するため、施工後すぐに交通開放可能。
- ・ 高い耐久性を有し、再破損率が低い。



写真-1 楽ファルトの外観

これらの特徴を満足できるよう、常温合材の硬化機構<sup>1)</sup>から中和反応型常温を楽ファルトに採用した。

また、既存の中和反応型常温は強度発現が

早い特徴を持つ一方でバインダが硬化反応により強固な結晶構造をとるため、高い可撓性は得がたい。そこで楽ファルトのバインダ成分は一般的な中和反応型常温のバインダ成分と異なる材料構成とすることで可撓性を向上させた。

#### 4 室内試験による楽ファルトの評価

##### 4.1 比較評価試験

##### 4.1.1 評価方法

楽ファルトと市販の全天候型常温合材について、室内試験により性状を評価した。評価した常温合材の概要を表-1 に、評価項目を表-2 に示す。まず、開封直後の作業性を試験者の感覚により相対比較した。また、全天候型常温混合物の性状として、東京都土木材料仕様書<sup>2)</sup>の試験項目を実施した。さらに、供用一週間後の性状として供試体作製後に20℃で一週間養生し、曲げ試験(-10℃)およびホイールトラッキング試験(60℃)を実施した。その際、加熱の密粒度アスファルト混合物の性状と一部比較した。

表-1 評価合材の概要

表記	硬化機構の分類	骨材粒度
楽ファルト	中和反応型常温	細粒タイプ
中和A	中和反応型常温	細粒タイプ
改質A	改質常温(カットバック)	細粒タイプ
改質B	改質常温(カットバック)	開粒タイプ
感圧A	感圧型常温(カットバック)	細粒タイプ

表-2 評価項目

試験項目	試験方法	養生時間	養生温度	試験温度
作業性評価	-	-	20℃	20℃
常温ホイールトラッキング試験	東京都土木材料仕様書	作製直後	20℃	20℃
簡易ポットホール走行試験(水浸)		作製直後	20℃	20℃
一軸圧縮試験		7日間	60℃	20℃
ホイールトラッキング試験	舗装調査・試験法便覧 B003, B005	7日間	20℃	60℃
曲げ試験		7日間	20℃	-10℃

中和反応型常温の供試体作製状況を写真-2に示す。反応に水が必要な楽ファルトおよび中和Aについては、供試体作製時に十分な水を散布してから転圧することとした。



写真-2 中和反応型常温の供試体作製状況

##### 4.1.2 評価結果と考察

###### 1) 作業性

作業性の評価結果を表-3に示す。作業性は、改質Aが特に良好であったが、楽ファルトはその他市販の常温合材と同程度であり問題ない作業性を有していた。

表-3 作業性の評価結果

常温混合物の種類	開封時の常温混合物の状態	スコップのさきり易さ(20℃)
楽ファルト	小さい塊がある	○
中和A	小さい塊がある	○
改質A	塊がない	◎
改質B	大きい塊がある	△
感圧A	大きい塊がある	○

###### 2) 東京都土木材料仕様書の試験項目

東京都土木材料仕様書に規定された試験項目の結果を表-4に示す。楽ファルトおよび中和Aは常温ホイールトラッキング試験結果が高水準なのに対し、簡易ポットホール走行試験結果が低水準となる傾向が見られた。両試験共に供試体作製直後に走行を開始するが、楽ファルトおよび中和Aは転圧中や試験中も硬化反応が進むため、3mm沈下までには反応時間が足りず強度が得られないが、20mm沈下までには一定の強度が得られたものと推察する。ただし、簡易ポットホール走行試験

についても楽ファルトは規格を十分に満足していた。

残留ひずみ率は常温混合物の耐久性と関係があるとされている<sup>3)</sup>。楽ファルトの残留ひずみ率は規格を満足しており、他の常温合材の中でも高水準であった。

表-4 東京都土木材料仕様書の試験項目に関する試験結果

常温混合物の種類	常温ホイールトラッキング試験 20mm沈下時の走行回数(回)	簡易ポットホール走行試験 3mm沈下時の走行回数(回)	一軸圧縮試験 残留ひずみ率(%)
楽ファルト	2,520以上	75	1.9
中和A	526	36	3.0
改質A	177	462	1.1
改質B	222	555	2.2
感圧A	2,520以上	375	1.5
<b>規格値</b>	<b>50回以上</b>	<b>30回以上</b>	<b>1.0%以上</b>

### 3) ホイールトラッキング試験結果

60℃で実施したホイールトラッキング試験結果を図-1に示す。中和反応型常温である楽ファルトと中和Aのみ、試験時間60分の変位量が20mm未満であり、その他の常温合材は試験開始直後に変位量が20mmに達した。

また、楽ファルトの動的安定度は300回/mm程度であった。通常の加熱アスファルト混合物の654回/mmと比較するとやや劣るが、常温合材としては十分に高い水準である。このことから、楽ファルトは供用1週間で加熱アスファルト混合物に準ずる耐流動性を有していると言える。

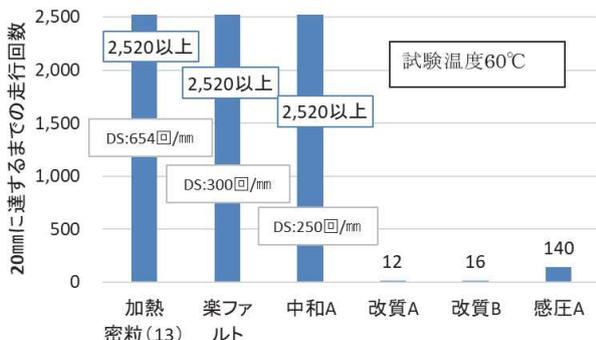


図-1 ホイールトラッキング試験結果

### 4) 曲げ試験結果

曲げ試験結果を図-2に示す。中和Aの曲げひずみは加熱アスファルト混合物の1.2倍程度で、楽ファルトは2倍程度であり、楽ファルトは一般的な中和反応型常温に比べて可撓性の向上が確認できた。中和反応型常温以外の常温合材の曲げひずみはさらに高いが、20℃では軟らかく、型枠から外すと自重で崩壊する状態であった。

楽ファルトは高温側の供用温度域(60℃)で加熱アスファルト混合物に準ずる耐流動を有しつつ、低温側の供用温度域(-10℃)では加熱アスファルト混合物以上の可撓性を有していることを確認した。

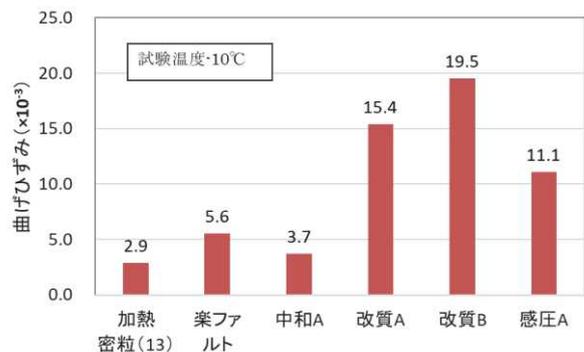


図-2 曲げ試験結果

### 4. 2 強度発現時間の評価

#### 4. 2. 1 強度発現時間の評価方法

楽ファルトの強度発現までの時間を確認するため、マーシャル供試体を作製し、作製後の養生時間とマーシャル安定度の関係で評価した。供試体の養生温度、試験温度はともに20℃で実施した。

#### 4. 2. 2 強度発現時間の評価結果

供試体作製後の養生時間とマーシャル安定度の関係を図-3に示す。楽ファルトは、供試体作製(水を散布)直後に著しくマーシャル安定度が向上し、供試体作製24時間後に

は最終強度に近いマーシャル安定度となっていた。このように、強度発現が非常に速いことから、楽ファルトは施工後すぐに交通開放しても破損しづらいことが期待できる。

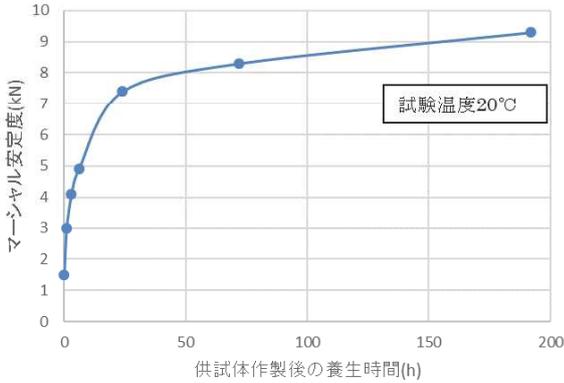


図-3 強度発現の評価結果

### 5 実道における耐久性の検証

交通量区分 N<sub>7</sub> の国道で耐久性を検証した。同路線上のタイヤ通過箇所に発生したポットホールを、室内比較評価の結果が良好だった感圧 A と楽ファルトで 10 箇所程度ずつ補修し、経過を観察した。経過観察中に破損した場合は再補修し、延べ破損数を補修箇所数で除した破損率で評価した。

楽ファルトの補修後 28 日の供用状況を写真-3 に示す。補修後 28 日においても楽ファルトで施工した個所には流動変形および、ひび割れがほとんど見うけられず、良好な状態を維持していた。一方で感圧 A は検証期間に再破損を繰り返した。

検証結果を図-4 に示す。感圧 A は補修後 50 日までに破損率が 450% に達したのに対し、楽ファルトはほとんど破損せず、破損率は 18% 程度であった。以上の結果より、楽ファルトが高耐久で再破損率の低い常温合材であることを確認した。



写真-3 補修後 28 日の供用状況

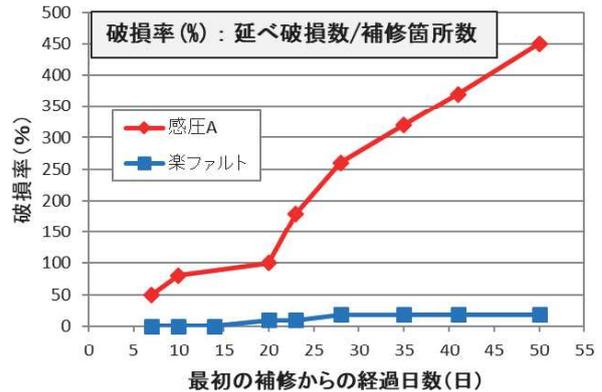


図-4 実道における耐久性検証結果

### 6 おわりに

今回開発した楽ファルトについて、室内検討により“剛性”と“可撓性”の性状をあわせ持つことを確認した。また実道での評価試験により一度補修するとほとんど再破損しないことを確認した。今後は冬季の作業性についても評価し、作業性と耐久性に優れた常温混合物の更なる検討開発を続ける所存である。

[参考文献]

- 1) 上地 俊孝, 東本 崇, 山原 詩織ほか: 硬化機構に着目した全天候型常温混合物の開発, 舗装, vol. 54, No. 7 (2019)
- 2) 東京都建設局: 平成 29 年土木材料仕様書, (2017)
- 3) (社) 日本道路協会: 舗装調査・試験法便覧 第 III 章試験編-2, pp. 418~423, (2007)

## ■海外への進出事例

# カンボジアにおける 橋面舗装 (SFRC)



大林道路(株) 技術部  
鈴木 徹

カンボジア王国の首都プノンペンの北、トンレサップ川にかかるチュルイ・チョンバー橋は、「日本・カンボジア友好橋 (日本橋)」と呼ばれ、交通の要所となっている。今回、日本橋大改修において、鋼床板上の舗装に SFRC 舗装が採用された。SFRC 舗装は、カンボジア国内では初めてとなる。今回、現地エンジニア、スタッフに SFRC 舗装の技術指導を行う機会が得られた。カンボジア国内における SFRC 舗装の事例についてご紹介する。

## 1. はじめに

カンボジア王国の首都プノンペンを流れるトンレサップ川に、チュルイ・チョンバー橋 (写真-1) が架かっている。この橋は、1963 年に日本の資金を活用して建設されたが、1972 年の内戦により鋼橋部が破壊された。1992 年に内戦で破壊された橋の改修工事を日本の無償資金援助で行い、近年の交通量増加とともに、首都プノンペンと地方を結ぶ重要な交通の要所となった。

しかし、内戦で破壊された鋼橋部は改修されて 25 年が経ち、鋼橋に至るまでのアプローチ部分の PC 橋部分は建設後 50 年以上が経過している。2014 年にチュルイ・チョンバー橋に並行する形で中国の借款による第二橋が完成し、渋滞の緩和が図られたが、今後もより安全な通行を確保するために、日本橋の全面的な改修をする

ことになった。道路舗装や鋼橋塗装を再施工することが改修点であるが、本稿では鋼床版上の SFRC 舗装について紹介する。

## 2. 工事概要

- (1) 工事場所：カンボジア王国チュルイ・チョンバー橋
- (2) 指導期間：平成 30 年 11 月 27 日～平成 30 年 12 月 21 日
- (3) 発注者：カンボジア王国公共事業運輸省
- (4) 受注者：株式会社大林組
- (5) 工事内容 (SFRC 関連)

既設アスファルト舗装版撤去	3,773m <sup>2</sup>
スタッド (φ 9.0*30mm @ 250mm)	13,074 本
下地処理 (ショットブラスト)	3,773m <sup>2</sup>
SFRC 舗装 (t = 50mm)	3,773m <sup>2</sup>

## 3. 舗装構成

鋼床版上の標準舗装構成を図-1 に示す。

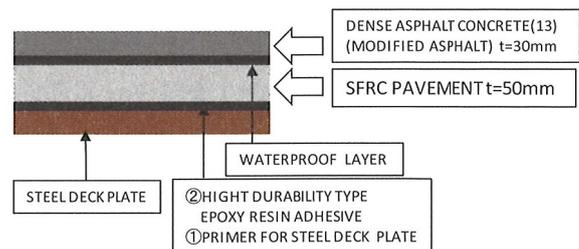


図-1 標準舗装構成

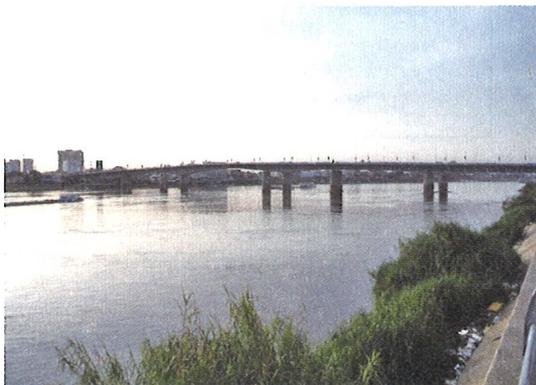


写真-1 チュルイ・チョンバー橋全景

## 4. カンボジアにおける SFRC の配合

### (1) セメントについて

カンボジアでは早強ポルトランドセメントの入手が困難なこと、当該工事は時間の制約がほとんどないこと、普通ポルトランドセメント使用の試験練り時の配合における材齢7日強度は設計基準強度 (30 N/mm<sup>2</sup> 以上) を十分に確保できることから、普通ポルトランドセメントを使用することにした。なお、使用した普通ポルトランドセメントの比表面積は JIS に規定される早強ポルトランドセメントの値よりも大きく、このため強度発現が速いものと推察される。

### (2) ひび割れ抑制対策

ひび割れ抑制対策として、収縮低減効果のある高性能 AE 減水剤を使用し、単位水量 160 kg/m<sup>3</sup> (日本での上限は 175 kg/m<sup>3</sup>)、W/C は 35% (日本では 50% 以下) という対策を講じた。

### (3) スランプについて

スランプについては、仕様書では、6.5 ± 1.5 cm が標準となっていたが、簡易フィニッシャー (ブリッツスクリード) の使用とカンボジアでの気候条件から、コンクリートの品質とワーカビリティを考慮し、試験施工の結果によって目標スランプを 10.0 ± 1.5 cm とした。

### (4) 鋼繊維量について

鋼繊維混入量は、現地での試験施工により 100 kg/m<sup>3</sup> とした (仕様書では 100 kg/m<sup>3</sup> 以上)。

## 5. SFRC 舗装の施工条件

カンボジアでは、日中の気温が 32℃ ~ 36℃ となり、鋼床版の温度は 50℃ 以上となる。プライマーを塗布し、シート養生した場合でも日中は 40℃ 前後の温度となる。夜間の気温は 25℃ ~ 30℃ となり、鋼床版の温度はおおむね 25℃ 以下であることを確認し、接着剤塗布作業性と打継ぎ可能間隔、コンクリートの品質を考慮した結果、日中の施工は難しいと判断し、夜間施工で行うことにした。

### (1) SFRC 舗装

施工フローを図-2 に示す。

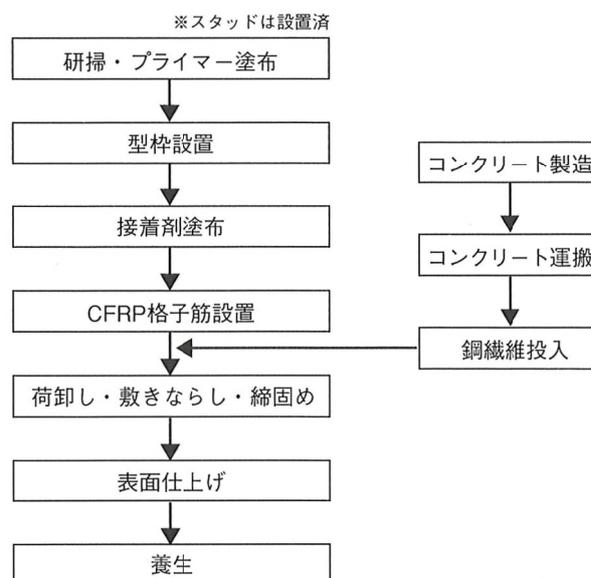


図-2 施工フロー

### (2) 型枠設置

ブリッツスクリードのレールとして、バイクレーン側 (歩道側) は所定高さになるようにガイドレールを設置し、縦施工ジョイント側 (センター側) は鋼製型枠を設置 (写真-2)、ズレ防止として、型枠に異形鉄筋を加工・溶接してスタッドに固定した (写真-3)。



写真-2 型枠



写真-3 鋼製型枠設置状況

### (3) ベースコンクリートの運搬および鋼繊維投入

鋼繊維投入前のベースコンクリートは常設の生コンプラントで混合出荷し、スランプと空気量を測定し、目標規格値であることを確認した後、運搬した。

鋼繊維は、鋼繊維投入場所にアジテータトラックを誘導・配置し、到着時のベースコンクリートのスランプ、空気量を再度確認後、アジテータトラック後方上部のホッパに人力により投入した(写真-4)。

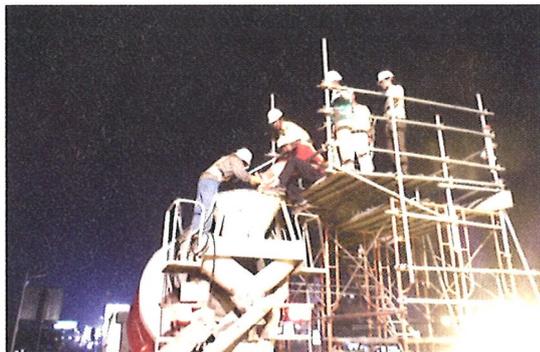


写真-4 生コン車への鋼繊維投入状況

### (4) 接着剤塗布およびCFRP 格子筋の設置

接着剤塗布工は、鋼繊維投入後のSFRCのスランプ、空気量を確認してから塗布班に直ちに連絡し、速やかに接着剤を混合・塗布するようにした。塗布はゴムレーキ、左官コテ、刷毛で塗布させた。塗布量(1.4kg/m<sup>2</sup>)の範囲を確認し、鋼床版上の塗りむら、リベット、スタッド、端部ジョイントの立上り部分への塗布が十分であるように塗布させた。塗膜厚さについては、接着剤1ロット混合量/塗布量から塗布範囲を明確にし、適宜、塗膜厚測定ゲージにより確認した。



写真-5 CFRP 格子筋設置状況

CFRP (Carbon Fiber Reinforced Plastic) 格子筋については、接着剤塗布後に速やかに設置できるように、設置場所の脇に仮置きさせ、計画どおりの位置に設置するようにした(写真-5)。

### (5) SFRC の打設

SFRC の打設については、打込み時にCFRP格子筋が移動しないように、小分けにしながらか材料分離を生じないようにコンクリートを荷卸した(写真-6)。



写真-6 荷卸し状況

接着剤塗布からSFRC打込完了時間(夏タイプ使用時1時間以内)を管理するため、写真-7に示す管理ボードを掲示し、管理する現地エンジニア、作業員に周知徹底させた。敷きならし・締固めには、4.(3)で記載のブリッツスクリード(エア駆動式)を使用した。カンボジアの作業員は、ブリッツスクリードを見るのも、使用するのも初めてであったが、試験施工を重ねていたため、作業のイメージは把握していた。打設状況を写真-8に示す。打設終了後、表面の水光が引いた後、作業台を使用して表面仕上げを行った。

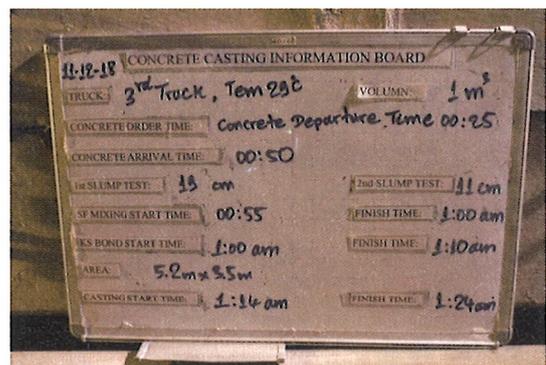


写真-7 管理ボード



写真-8 打設状況



写真-11 引張接着強度試験

## (6) 養生

養生は乾燥防止のためビニールシートを全面に敷設し、シート下からコンクリート面に適宜散水して7日間湿潤養生した(写真-9)。養生完了後、コンクリート表面を確認したが、初期ひび割れなどの不具合は見受けられなかった。

打設期間半ばの片側打設終了時点の全景を写真-10に示す。



写真-9 養生状況



写真-10 施工エリア全景

## 6. その他

施工現場脇で打設時の接着剤、コンクリートを用いて引張接着強度試験用供試体を作成し、養生7日後に引張接着強度試験を実施した。評価の目安である $1.0\text{N/mm}^2$ 以上の値が確認された(写真-11)。コンクリートの圧縮強度試験についても、材齢7日で $30\text{N/mm}^2$ 以上の値が確認された(写真-12)。



写真-12 圧縮強度試験

## 7. おわりに

カンボジア国内で初めてのSFRC舗装について技術指導を行ってきたが、(株)大林組からのカンボジアエンジニアへの技術教育が非常に行き届いており感心させられた。現地スタッフ主導による朝礼では、作業内容の説明、安全注意事項など、日本で行っている内容と変わりなく、事細かに行われていた。保護帽、保護具、安全帯着用意識も十分に認識されていた。

この現場では、カンボジアのエンジニアに主体的に行動できるよう教育しており、施工管理、品質管理、安全管理、現場での段取りにおいて、あくまでも自分たちで考え実行させ、カンボジアエンジニアへの技術力向上のための人材育成に資する現場であった。実際、日本では普通に調達できる物品がカンボジアでは調達できず、そのような場合はあるもので加工・作製と、ものづくりに対する器用さが伺えた。

最後に、現地への技術指導において、一緒に働いたカンボジアの皆様、言葉では伝えきれない技術や考え方に対して、作業を通して伝わっていただければ幸いである。

# 舗装の汚れに特化した洗浄剤について

掛札 さくら\* 澤田 昭吾\*\*

要旨：舗装面に付着した様々な汚れは、景観や路面標示の視認性を低下させる。しかし、「舗装の汚れ」の洗浄は、舗装の種類や汚れごとに対応した洗浄剤や洗浄方法を選択する必要があり、手間となる。そこで、筆者らは、「舗装の汚れ」に特化した、省労力で洗浄可能な二種類の洗浄剤を開発した。タイヤ痕、鉱物油、錆、それらの複合汚れに対応した洗浄剤を「洗浄剤S」、アスファルト乳剤に対応した洗浄剤を「洗浄剤E」とした。これらの洗浄効果を検証するため、室内で汚れを再現し、市販品と比較実験を行った。その結果、これらの開発品は市販品よりも優れた洗浄効果を発揮し、舗装の表面や強度に影響を与えないことを確認した。また、現道で発生した種々の汚れでも、室内と同様の効果があることを確認した。

キーワード：洗浄剤、舗装の汚れ、舗装の維持管理

## 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る。舗装にはアスファルト舗装やコンクリート舗装などがあり、汚れの付着の形態は多様である。また、汚れはタイヤ痕、鉱物油、錆、アスファルト乳剤汚れが頻繁に発生する。これらの舗装汚れの洗浄にあたって、次の3点に留意する必要がある。

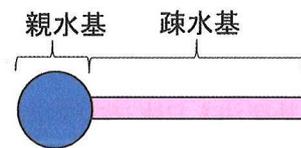
- (1) 効果的な洗浄のためには、汚れの種類により洗浄剤と洗浄作業の選択を要する。
- (2) 洗浄作業の際にハイウォッシャ等の機械を要する場合がある。
- (3) 洗浄剤の種類によって対応する汚れや、効果が異なる。

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

## 2. 洗浄剤について

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、図-1のように、1分子中に疎水基と親水基を有する。これにより「乳化作用（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（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（図-2、3）。



界面活性剤・・・親水性部分と疎水性部分を有する

図-1 界面活性剤の構造

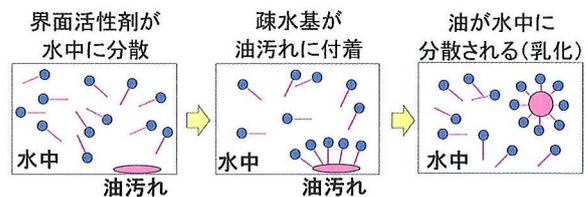


図-2 界面活性剤の乳化作用

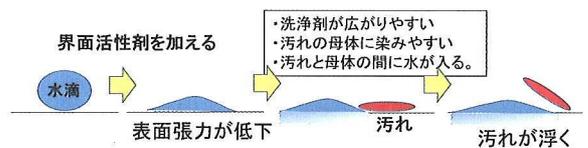


図-3 界面活性剤による表面張力の低下

開発した「洗浄剤S」はアスファルト舗装やコンクリート舗装に付着したタイヤ痕、鉱物油、錆の汚れを対象としている。「洗浄剤E」はコンクリート舗装に付着したアスファルト乳剤汚れを対象とした洗浄剤である。これらの洗浄剤は、界面活性剤、助剤、添加剤の種類や配合バランス

\* かけふだ さくら (大林道路株式会社 技術研究所 第二研究室)  
\*\* さわだ しょうご (大林道路株式会社 本店 合材事業部)

スを調整することで、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。

### 3. 開発した洗浄剤の効果の確認

#### 3.1 室内試験

##### (1) 室内試験の供試体と汚れ

表-1に検討した汚れと舗装の種類、使用した洗浄剤を示す。洗浄の対象となる舗装の各供試体は、密粒度アスファルト舗装（以下、密粒）、半たわみ性舗装（以下、半たわみ）、保水性舗装（以下、保水）および市販のコンクリート平板である。なお、密粒はストレートアスファルト、半たわみと保水はポリマー改質アスファルトH型をバインダに使用している。また、コンクリート平板は表面をショットブラスト加工したものを使用した。

表-1 検討した汚れと舗装の種類

	タイヤ痕・錆・鉱物油 汚れ	アスファルト 乳剤汚れ
舗装の種類	密粒 半たわみ 保水 コンクリート	コンクリート
洗浄剤の種類	「洗浄剤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	「洗浄剤E」 類似品A 類似品B

##### (2) 汚れの付着方法

表-1の各汚れの付着方法を以下に示す。

###### ・タイヤ痕

舗装面に付着する汚れの代表例がタイヤ痕である。本試験では、ねじれ骨材飛散試験機を用いてコンクリート平板にタイヤ痕を付着させた。

###### ・鉱物油

車や機械などから油が落ち、舗装面に付着することがある。この油は鉱物由来であり、ススなどを含んでいる。また、付着した油の上に泥などの固体汚れが付着し、複合汚れになる。本試験では、鉱物油にカーボンブラッ

クまたは酸化鉄の粉末を混ぜて複合汚れを再現し、供試体に塗布した。

###### ・錆

舗装の上にドラム缶などの金属製品を置くと、錆が発生し、舗装面に付着することがある。本試験では、各供試体上にスチールボールを置き、水を散布して錆を発生・付着させることで錆汚れを再現した。

###### ・アスファルト乳剤

アスファルト乳剤は、舗装の施工の際に、周囲のコンクリート製品に付着することがある。本試験では、コンクリート平板にアスファルト乳剤を塗布し、乾燥させることで再現した。

##### (3) 洗浄方法と評価方法

本研究では、「省労力で洗浄可能な洗浄剤の開発」を目的としている。よって、洗浄作業は全て手作業で行うこととした。「洗浄剤S」と比較用の洗浄剤は、霧吹きまたはスポイトを用いて塗布し、ブラシを用いて軽く擦った後、ウエスと水で汚れと洗浄成分を充分に取り除いた。「洗浄剤E」と類似品は、スポイトを用いて乳剤汚れに滴下した後、ウエスで汚れと洗浄成分を充分に拭き取った。なお、全ての洗浄作業は同じ人員で行い、擦る回数と作業時間は汚れ毎に統一した。洗浄効果の目視で行い、下記の4段階の評価とした。

◎：優、9割以上の汚れが落ちた。

○：良、6割以上8割以下の汚れが落ちた。

△：可、5割以下の汚れが落ちた。

×：不可、洗浄効果なし。

##### (4) 結果

###### 1) 「洗浄剤S」とその他の市販洗浄剤

室内試験における各洗浄剤の評価および、洗浄前後の供試体を表-2～6に示す。

市販のアルカリ性洗浄剤は、保水の鉱物油＋カーボンブラック以外では、△の評価であった。市販の中性洗浄剤は、鉱物油汚れに効果を示したが、タイヤ痕や錆では低い評価となった。一方、「洗浄剤S」は、タイヤ痕、錆、鉱物油汚れにおいて高い評価となった。洗浄時の様子で

も、以下のような観察結果が得られた。

- ・泡の中にタイヤゴムの小片が浮いているのを確認した。
- ・アルカリ性洗浄剤と中性洗浄剤は一度落ちた汚れが周囲に再付着したが、「洗浄剤S」では確認されなかった。

これらは、「洗浄剤S」が、高い乳化作用と表面張力を下げる性能を有しているためである。

酸性洗浄剤は、錆汚れで優れた効果を示した。これは、乳化作用や表面張力の低下作用によるものではなく、酸が錆（酸化鉄）と反応し、水に可溶性塩化鉄となったためである（式-1）。しかし、酸性洗浄剤はコンクリートに含まれる水酸化カルシウムとも化学反応し、コンクリート面を傷めてしまう（式-2）。一方、「洗浄剤S」はコンクリート面を傷めることなく、酸性洗浄剤に次ぐ洗浄効果を発揮した。「洗浄剤S」は、今回比較した市販の洗浄剤よりも種々の舗装について汚れに対応していることが確認できた。

$$6\text{HCl} + \text{Fe}_3\text{O}_3 \rightarrow 2\text{FeCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O} \quad (\text{式-1})$$

$$2\text{HCl} + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CaCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \quad (\text{式-2})$$

表-2 「洗浄剤S」と市販洗浄剤の評価（目視）

汚れ・舗装種	タイヤ痕	鉱物油				錆			
		鉱物油 + カーボンブラック		鉱物油 + 酸化鉄					
		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	×	○	◎	×	△	×	×	×	△

◎：優、○：良、△：可、×：不可 Con…コンクリート

表-3 タイヤ痕

	洗浄前	洗浄後
コンクリート		

表-4 鉱物油+カーボンブラック汚れ

	洗浄前	洗浄後
コンクリート		
半たわみ		
保水		

表-5 鉱物油+酸化鉄汚れ

	洗浄前	洗浄後
コンクリート		

表-6 錆汚れ

	洗浄前	洗浄後
密粒		
コンクリート		
半たわみ		
保水		

2) 「洗淨剤E」の評価

アスファルト乳剤汚れの洗淨前後、洗淨剤塗布直後の様子を写真-1～3に示す。アスファルト乳剤汚れでは「洗淨剤E」が最も洗淨効果が高かった。また、写真-3より「洗淨剤E」が最も早く、効果的にアスファルト乳剤を溶解させ、コンクリート面から浮かせている様子が観察された。表-7にアスファルト乳剤汚れの洗淨効果の評価をまとめる。

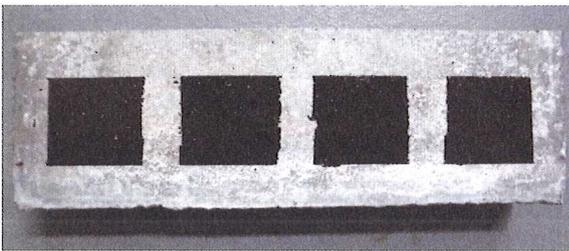


写真-1 アスファルト乳剤汚れ (洗淨前)

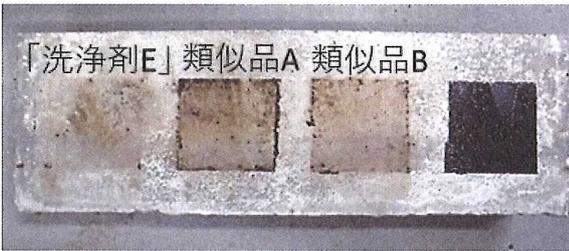


写真-2 アスファルト乳剤汚れ (洗淨後)

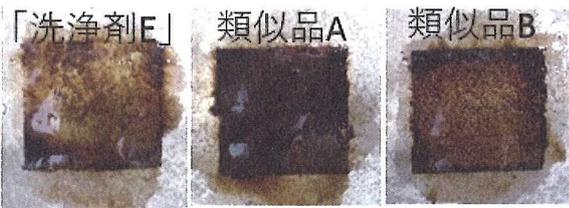


写真-3 各洗淨剤の塗布直後

表-7 「洗淨剤E」と類似品の評価 (目視)

洗淨剤	汚れ・舗装種	アスファルト乳剤
		コンクリート
「洗淨剤E」		◎
類似品A		△
類似品B		○

◎：優、○：良、△：可、×：不可

3.2 現道での洗淨効果

現道で発生した舗装の汚れを「洗淨剤S」および「洗淨剤E」で洗淨した。洗淨の条件と状況を表-8および写真-4～7に示す。室内試験と同様に「洗淨剤S」を汚れに吹き付け、ブラシで擦った。写真-4、5より、タイヤ痕が洗淨によって落ちていることが分かる。室内試験では、コンクリート面での洗淨効果を確認したが、現道のアスファルト舗装路面でも、洗淨効果を発揮している。なお、洗淨から6カ月経過後も洗淨部分のアスファルトや骨材に変質はなく、「洗淨剤S」が舗装面に影響をおよぼさないことを確認した (写真-7)。

表-8 現道での洗淨条件の一例

洗淨剤	「洗淨剤S」
舗装	密粒度アスファルト舗装
汚れ	タイヤ痕
面積	27m <sup>2</sup>
作業員数	2人
作業時間	約2時間



写真-4 現道のタイヤ痕 (洗淨前)



写真-5 現道のタイヤ痕 (洗淨後)



写真-6 洗浄作業の状況



写真-7 洗浄後6カ月

他の事例と使用した洗浄剤を写真-8～15に示す。「洗浄剤S」および「洗浄剤E」により、各舗装で発生した種々の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。

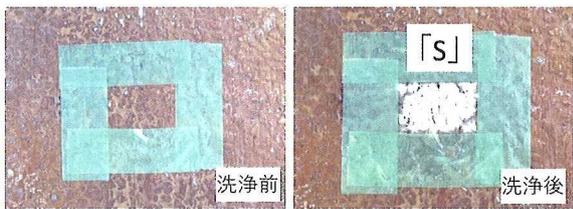


写真-8 半たわみ性舗装の錆汚れ

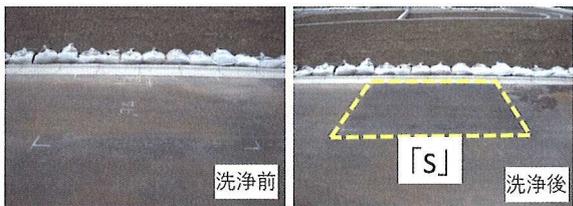


写真-9 密粒度アスファルト舗装の錆汚れ

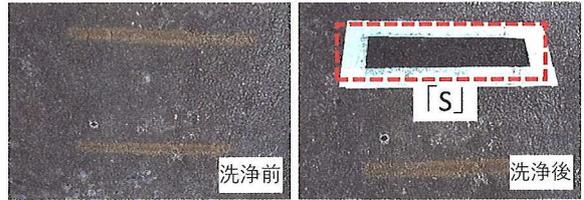


写真-10 密粒度アスファルト舗装の錆汚れ



写真-11 白ラインの錆汚れ

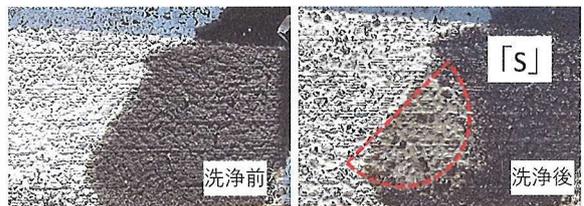


写真-12 半たわみ性舗装の油汚れ



写真-13 コンクリートのアスファルト乳剤・油汚れ

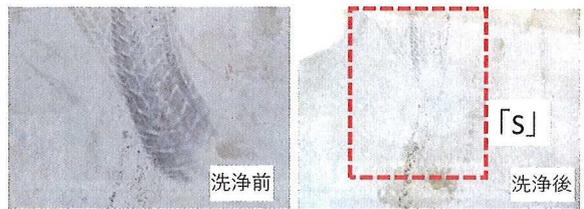


写真-14 コンクリートのタイヤ痕



写真-15 白ラインの混合汚れ

#### 4. 強度試験

洗浄剤を用いて舗装を洗浄する際、舗装表面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。密粒度舗装、ポーラスアスファルト舗装、脱色As舗装（密粒・弁柄色）および、半たわみ性舗装の供試体を20℃の恒温室内で「洗浄剤S」に360分間浸漬後、圧裂試験を行った。供試体の寸法、手順などは「試験法便覧B006圧裂試験方法」に準拠した。また、「洗浄剤S」に浸漬しない供試体の圧裂試験も行った。図-4に試験結果を示す。全ての供試体において、浸漬の有無による強度に大きな差は生じていない。また、試験後の供試体表面や破断面でも、変色や剥離などの劣化は確認できなかった。なお、アスファルトは幅広いpHに耐性を有していることは確認されている<sup>1)</sup>。「洗浄剤S」のpH（アルカリ性）もアスファルトが耐性を有する範囲内であり、舗装の強度に影響しないことを確認した。

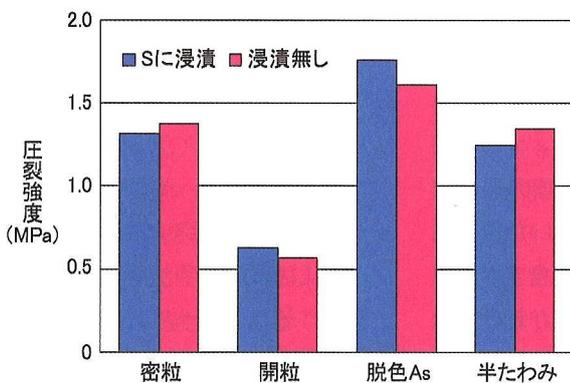


図-4 圧裂試験の結果

#### 5. まとめ

本稿では、開発した舗装用洗浄剤「洗浄剤S」および「洗浄剤E」の効果および舗装体への影響を確認した。その結果、以下のことが分かった。

- ・「洗浄剤S」は各舗装の様々な汚れに対応し、市販の洗浄剤よりも優れた洗浄効果を示す。
- ・「洗浄剤S」はアスファルト舗装の強度に影響をおよぼさない。

・「洗浄剤E」はコンクリートに付着したアスファルト乳剤汚れに対応し、類似品よりも優れた洗浄効果を示す。

・「洗浄剤S」および「洗浄剤E」はいずれも手作業で洗浄でき、省労力で洗浄可能な洗浄剤である。

#### 6. おわりに

舗装面に汚れが付着してから、日数が経過すると、汚れ成分の硬化や酸化、舗装内部へ浸透し、優れた洗浄剤を用いても除去できない場合がある。特に舗装は紫外線に曝されるため、汚れの硬化、酸化は屋内よりも進行しやすい。本研究においても、現道の洗浄作業の際、日数が経過した古い汚れが落とせないことがあった。よって、舗装の洗浄は汚れに適した洗浄剤だけでなく、汚れ付着後の早急な洗浄作業が重要である。

「洗浄剤S」および「洗浄剤E」は、広範囲な舗装の種類、汚れの種類に効果を発揮するため、洗浄剤の選定が不要であり、機械等も使用しない。よって、迅速な汚れ対応が可能な洗浄剤であるといえる。

本開発品が、舗装の汚れの問題解決に役立てば幸甚である。

#### 【参考文献】

- 1) 牛島栄・宮田尚彦、佐藤勝俊：アスファルト系材料の耐酸性に関する研究、土木学会第43回年次学術講演会、pp.60-61 (1988)