

CONTENTS

施工のICT化特集にあたって

施工のICT化他	■mmGPSフィニッシュシステムの導入および施工事例……………阿部 慎・高野 亨……………1
	■振動タイヤローラタイヤ加熱装置の開発……………浜谷 昭・北山光男……………5
	■ブルドーザのブレード自動コントロールシステムを用いたテニスコートの施工……………岩屋 努……………9
	■トータルステーションシステムの導入および施工事例……………細見耕平・高野 亨……………12
	■αシステムの舗装施工管理への適用について……………下館 鎮・尾崎浩司・高倉 拓……………16

調査・研究報告	■エクスパンディットによる管入管工法の開発……………山岡礼三・勝俣健二・平井正哉……………20
	■オークレー Wetの配合設計方法の検討……………藤田義憲・小嶋 匠・長屋龍三……………25
	■ハイブリッド舗装について（配合設計と施工方法）……………関 孝之……………29

工 事 報 告	■ハイブリッド舗装等の施工について……………石井義昌・南雲克之・古谷俊男……………35
	■「改質ゲースアスファルト舗装」等の施工報告……………井上 奨……………39
	■低土被り条件下における大口径・泥濃式（超流バランス）推進工法……………米田雅俊・尾崎 巧……………43
	■保水性舗装（ハイシールM）および同舗装上のすべり止め舗装の施工報告……………加藤一徳・谷口明偉・長尾節男……………47
	■エクスパンディットによる管入管工法の施工報告……………梅本和正……………51
	■都市高速における鋼床版上のSFRC舗装の施工事例……………上野裕輔・石黒修一・佐藤和彦……………55
	■ホットソイル工法による汚染土壌処理……………長内隆彦……………59
	■スラリーバックの施工事例……………水田 中・尾崎浩司……………64
	■光硬化工法の導入後の受注と技術革新……………岡崎 仁・大福紀雄・矢野伊佐夫……………68

社 外 発 表 論 文	■ゴム粒子混入型多機能舗装用ゴムチップスプレッターの開発……………芳賀雅啓・浦邊 寛……………74 (第27回日本道路会議)
	■粒状路盤材の雨水浸透による性状変化に関する一考察……………森石一志・小関裕二・大西有三……………76 (第27回日本道路会議)
	■環境対策としての緑化舗装の施工事例……………清水正則・小熊誠……………78 (第27回日本道路会議)
	■排水性舗装発生材からのリサイクル細粒材のSMAへの検討……………有賀公則・荒木 誠・佐野正典……………80 (第27回日本道路会議)
	■摩砕機による排水性舗装発生材からの骨材回収……………藤林省吾・木下孝樹・森谷幸雄……………82 (第27回日本道路会議)
	■加速度計による路面のすべり抵抗の測定……………東本 崇・鈴木 徹・石川 健……………84 (第27回日本道路会議)
	■表面処理型凍結抑制舗装の小規模施工例……………鈴木 徹・大橋 紀・稲葉行則……………86 (第27回日本道路会議)
	■トンネル内舗装におけるハイブリッド舗装の施工例……………古川聡哉・石黒修一……………88 (第27回日本道路会議)
	■常温硬化型路面補修材の開発……………上田哲也・杉本浩一・鈴木 徹……………90 (第27回日本道路会議)
	■下面給水型揚水性舗装の輻射熱測定事例……………藤原栄吾・藤田義憲・田神一美……………92
	■新ポリマー改質アスファルトの開発と施工事例……………木谷貴宏・関 孝之・東本 崇……………94 (改質アスファルト第28号)
	■ゴム粒子を用いた表面処理型凍結抑制舗装の改善と施工例……………森石一志・稲葉行則・鈴木 徹・東本 崇……………103 (舗装2007年10月号)
	■常温硬化型路面補修材の基礎物性と硬化時期の簡易判定方法の検討……………鈴木 徹・高橋哲躬……………108 (材料2007年11月号)
	■マルコフ連鎖モデルによる舗装の維持管理手法の提案……………藤原栄吾・藤田義憲・石川 健……………114 (土木学会第61回年次学術講演会)

企業理念

豊かな生活環境の創造に向けて
地域社会と共に歩み
人間尊重の経営を行います

経営規範

- ① 人々の期待に応え
時代を先取りした技術力により
新たな価値を創ります
- ② 想像力豊かな人を育て
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
社会文化の発展に寄与します

行動規範

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

私たちの「方針」

安全衛生

- 労働安全衛生マネジメントシステムの適切な実施・運用
- リスクアセスメントの確実な実施

品質

技術を高め、知恵を生かし、良い製品を提供し、顧客・社会の信頼を得る。業務の継続的改善に努め、当社の永続的な発展を図る。

- ① 顧客・社会のニーズへの適切な対応
- ② 確かな技術を製品に生かす
- ③ 経済性を維持する
- ④ 常に業務の改善・向上に努める

環境

大林道路は、環境保全に対する自主的な取り組みと、その継続的改善を経営の重要課題と位置付け、すべての事業活動を通じて、汚染の予防と資源の有効活用を図り、人と自然が調和した豊かで快適な環境の取り組みを目指す。

- ① 環境負荷の低減
- ② 環境汚染の予防
- ③ 環境法規の順守
- ④ 地域環境との共生
- ⑤ 環境保全の自覚

施工の ICT 化特集にあたって

ICT (Information and Communication Technology : 情報通信技術) は、人工衛星など情報発信源が充実するとともに、近年めざましく発達しています。いろいろな産業の ICT 化が進み、舗装の分野においても、平成19年5月に国土交通省より「ICTが変える、私たちの暮らし～国土交通分野イノベーション推進大綱～」が示されるなど、本格的な ICT 化時代が訪れようとしています。

ICT の導入により、品質、施工効率、安全性の向上の他、工期の短縮や環境への負荷の軽減などの効果が期待されます。

また、舗装技術者の高齢化が懸念される現状において、若年技術者の技能を補完し、技術の伝承を絶やさない効果も期待されます。

大林道路は、舗装技術の ICT 化にいち早く取り組み「OGP工法」として提案しています。

「OGP工法」には、GPSとゾーン回転レーザを組み合わせた「mmGPSシステム」の他、光波測距儀による「トータルステーションシステム」、レーザや超音波を用いた「平坦性向上システム」、加速度応答を利用した締固め管理用「 α システム」等があり、なおも最先端の技術の導入に積極的に取り組んでいます。

本号では、これらの成果や情報の共有により更なる展開の促進を意図して、施工の ICT 化の特集を組むことといたしました。

本特集が最新のテクノロジーを実践する皆様の参考になれば幸いです。

技術報編集事務局 光谷、小澤



技術報 No.38 TECHNICAL BULLETIN

平成21年 3月31日発行

発行者 大林道路株式会社エンジニアリング部

発行所 大林道路株式会社
東京都墨田区堤通 1-19-9
TEL 03-3618-6508

印刷所 有限会社 中央美版
さいたま市浦和区高砂 4-1-1
TEL 048-861-1613



OBAYASHI
ROAD

大林道路株式会社

本 店	〒131-8540	東京都墨田区堤通1-19-9	☎03(3618)6508
技術研究所	〒204-0011	東京都清瀬市下清戸4-640	☎042(495)6800
機械センター	〒346-0035	埼玉県久喜市清久町6-5	☎0480(23)6100
北海道支店	〒060-0001	札幌市中央区北一条西2-9オーク札幌ビル内	☎011(241)1828
東北支店	〒980-0014	仙台市青葉区本町2-5-1オーク仙台ビル内	☎022(225)4437
北信越支店	〒950-0914	新潟市中央区紫竹山1-5-6	☎025(243)6807
関東支店	〒101-0052	東京都千代田区神田小川町3-20第2龍名館ビル内	☎03(3296)6680
中部支店	〒460-0008	名古屋市中区栄1-10-21名古屋御園ビル内	☎052(222)5161
大阪支店	〒540-0031	大阪市北区西天満1-2-5大阪JAビル内	☎06(6360)7110
中国支店	〒730-0051	広島市中区大手町4-1-1大手町平和ビル内	☎082(243)1966
四国支店	〒760-0007	高松市中央町11-11高松大林ビル内	☎087(833)3729
九州支店	〒810-0022	福岡市博多区博多駅前3-2-1日本生命博多駅前ビル内	☎092(432)0084
関東-ロレックス 製造センター	〒346-0035	埼玉県久喜市清久町6-5	☎0480(23)9677
中部-ロレックス 製造センター	〒431-2102	静岡県北区浜松市北区都田町8546-5	☎053(428)8501
全国各地営業所		稚内・道北・道央・道東・小樽・苫小牧・函館・青森・岩手・秋田・宮城・山形・福島 新潟・栃木・群馬・茨城・古河・埼玉・八潮・東京第2・港・千葉・横浜・多摩・長野 北陸・高山・静岡・浜松・尾張・三河・南部・三重・京滋・京都・奈良・北摂・大阪北 大阪中央・堺・大阪南・兵庫西・姫路・兵庫東・備前・岡山・福山・広島・山口 米子・松江・西山口・香川・徳島・愛媛・高知・福岡・佐賀・大分・熊本・鹿児島 沖縄	

URL <http://www.obayashi-road.co.jp>

mmGPSフィニッシュシステムの導入および施工事例

阿部 慎*
高野 亨*

1. はじめに

近年、情報化技術を応用した施工技術は同業他社も含め広がりがつつあり、当社もOGP工法（OBAYASHI-ROAD GLOBAL PAVEMENT）として取り組んでおり、施工実績も増加しつつある。当社は、mmGPSグレーダ及びブルドーザのシステムを活用し、路床から路盤工で施工実績を伸ばし良好な結果を得ている中で、今回新たなmmGPSを使用したAsフィニッシュシステムを導入し、1つのデータで、路床、路盤、As舗装までmmGPSシステムでの施工が可能となった。

本文は、OGP工法のシステムの1つであるmmGPSフィニッシュシステムの概要と施工事例を取りまとめたものである。

2. mmGPSフィニッシュシステムの概要および機器

2-1 mmGPSフィニッシュシステム

従来のセンサは高さを得るためにセンサロープを設置し施工してきた。一方、mmGPSフィニッシュシステムは、人工衛星からリアルタイムに位置と高さ情報を受信し、施工で利用される3次元設計データに基づき、高さ補正レーザから高精度な高さの指示データを重機側の受光機に送り、Asフィニッシュの油圧を直接コントロールするシステムである。

2-2 概要及び機器

①GPS基地局

現場の基準となる位置を測定し、重機側や測量側に位置と高さの整合性の取れた補正情報を蓄積する。

②小エリア簡易無線送信機・GPS受信機

GPS基地局からの補正された情報を重機側と測量側に送信し、また、重機側や測量側は補正された情報を受信する。

*本店工務部機械センター



写真-1 GPS基地局



写真-2 PZL-1

③レーザトランスピットPZL-1

位置と高さを持つ基準点に機材を設置し、重機側と測量側に高さのデータを安定させる高精度のレーザ光を発光する。

④GPS受信機PZS-MC

重機側のサイド板にパイプレーションポールと機材を設置し、また、高精度の高さのレーザ光を受光し、GPSで重機側の位置と高さを受信する。



⑤GPSレシーバ

PZS-MCに受信されたGPSとGLONASSと小エリア簡易無線機で送られてきた補正情報をフィニッシャのピボットの油圧バルブに電気信号で発信する。

⑥3Dコントロールボックス

重機側の油圧や電気信号の調整を構成し、CADデータで作成された3次元の設計データを基に、重機の位置や設計高と施工高の差をモニターで表示する。

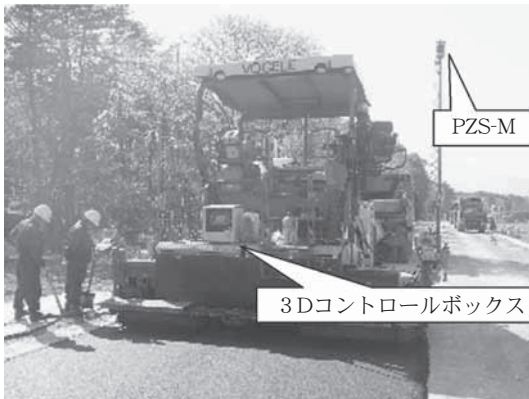


写真-3 mmGPSフィニッシャシステム

⑦測量キット (FC100・GR2100・PZS-1)

固定局から小エリア簡易無線機で送信されている補正情報とGPSからの位置と高さ情報を受信し、また、PZL-1から高さ補正レーザを受光して、瞬時に全ての情報を計算し、補正する。また、高低差が瞬時に表示され検測員に迅速に指示する。



写真-4 測量キット

2-3 施工手順

mmGPSフィニッシャシステム施工フローチャートを図-1に示す。

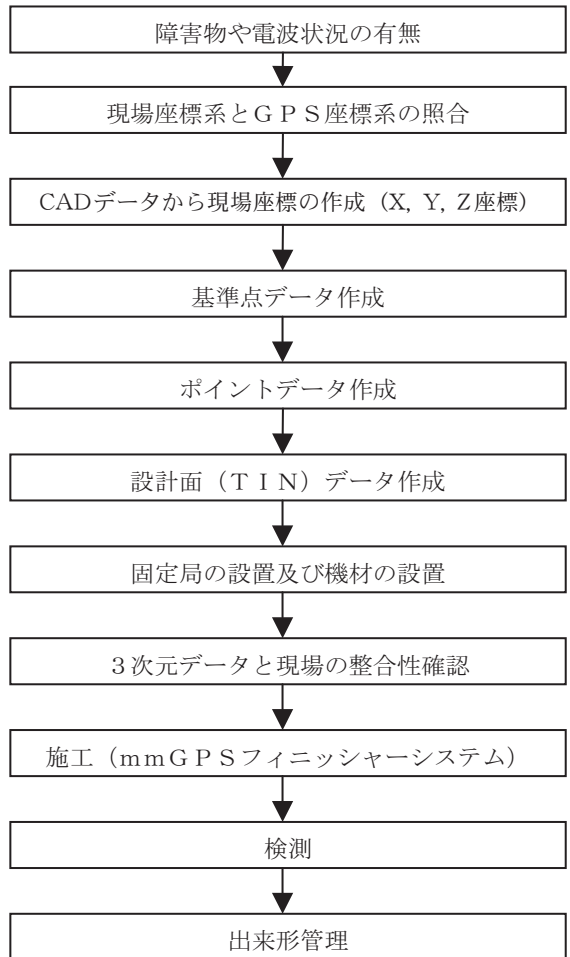


図-1 mmGPSフィニッシャシステム施工フローチャート

3. mmGPSフィニッシャシステムの性能

3-1 mmGPSとHi-Gradeとの比較方法

施工方法：施工厚40mm

上り0.5%から下り0.5%に施工

施工条件：双方の機材ともスタートからセンサを自動制御させ、一定の速度で施工

mmGPSは3次元データを基に自動制御

させ、Hi-Gradeはセンサ台を設置し施工

使用機種：アスファルトフィニッシャ2100

3-2 mmGPSとHi-Gradeとの施工結果

設計値：mmGPS・Hi-Gradeとの比較

施工結果：mmGPSは設計値通りに自動が追従している事が読み取れ、Hi-Grade同等の精度が得ている。特に、縦断や横断勾配を重視する現場にはmmGPSフィニッシャシステムを活用できる。

比較結果を図-2に示す。

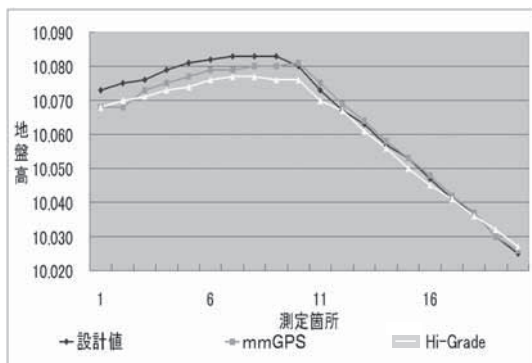


図-2 比較結果

4. mmGPSフィニッシャシステムの施工実績

4-1 工事概要

施工時期：平成20年1月下旬から

平成20年4月下旬

施工概要：駐車場部・車道部

As舗装工 (再生密粒13mm)

施工面積 約62,000㎡

施工厚 t=50mm

4-2 施工結果

表-1 mmGPSフィニッシャ敷き均し精度

設計値と実測値の差 (m)	
舗設平均値	±0.000
最大値	0.031
最小値	-0.031
機械精度	±0.009
データ数	260

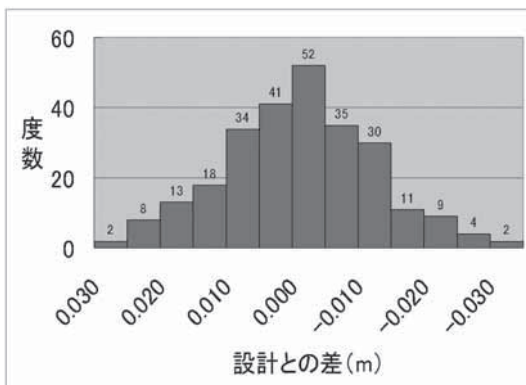


図-3 基準高との差と度数

- ①施工結果から、概ね転圧後の施工出来高は±10mm以内(図-3)に多くあり、機械精度は±9mmである。(表-1) また、舗設平均値が±0mmであることから、合材のロス無く安定した施工が出来ている。
- ②トータルステーションで路盤施工したので、表層の敷き均し厚みが確保され、合材ロス(表-1 舗設平均値)の低減が計れる。
- ③フィニッシャに搭載される専用3Dモニタ(写真-5)と測量キットで随時、敷き均しの高さが確認できる。

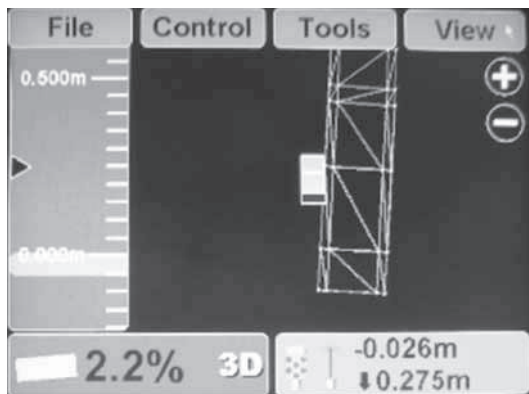


写真-5 専用3Dモニタ

- ④ホットジョイント(写真-6)の際に、搭載されている専用機を先行で走行させることで、計画高が得られ、適切な厚みが確保できる。



写真-6 ホットジョイントによる施工

- ⑤勾配の緩い現場や複雑な排水勾配時にはセンサロープを設置する手間が多くあるが、mmGPSフィニッシャシステムはセンサロープを張る手間が省け作業の省力化が図れる。

4-3 施工上の問題点および改善点

- ①高さを補正するPZL-1のレーザ有効範囲が半径約

180mで施工延長がある場合は複数台の準備し、PZ L-1を入れ替えていかなければならない。そこで発生する機材同士の誤差を補正しなければならない。

②舗設厚の確保をするために、事前に検測しデータと摺り合わせる事が必要になる。

4-4 今後の課題

mmGPSのシステムは基地局の設置やデータの作成に2日程度の時間を要するため、小規模工事や上空視



写真-7 ベースペーパーの施工状況図

界が確保出来ない現場や基地局が設置できない現場には適さないので現場が限られてしまう。今後、機材設置やデータ入力容易なトータルステーションシステムのフィニッシュシステムが導入できれば使用できる現場の幅が広がると思う。

5. おわりに

今回、mmGPSフィニッシュシステムを初めて使用し、1層敷き均して良好なデータを得られたと思う。今後は、As・セメント安定処理や基層まで使用し、その後は、レーザ式や超音波式スクリード自動制御システムを活用することで、平坦性の精度を向上させれば品質向上や材料のロスの低減にも寄与できると思われる。今後、NEXCOや国土交通省などにも対応できるようなシステムの構築が必要であり、社内にIT施工の優位性を浸透させ有効活用すれば、作業の効率化、材料ロスの低減が計れ、利益の向上にも繋がると思う。

最後に、OGP工法の施工に際して、東北支店福島営業所の方々にご協力いただき有難う御座いました。

振動タイヤローラタイヤ加熱装置の開発

浜 谷 昭*
北 山 光 男*

1. はじめに

当社はSMA等の特殊混合物の転圧に効果的な振動タイヤローラを保有している。しかしキメ細かさや高い締固め密度を得るためには出来るだけ高い温度で転圧をしなければならない。ただ混合物の温度が高くなればタイヤローラのタイヤには混合物が付着しやすくなり、付着防止剤を使用しても転圧作業に支障をきたすのが現状であった。

本報文は振動タイヤローラの能力を最大限利用するため、混合物付着防止対策として開発したタイヤ加熱装置の開発経緯、結果等を報告するものである。



写真-1 振動タイヤローラ

2. 振動タイヤローラの概要

2-1 概略仕様

振動タイヤローラの概略仕様を表-1に示す。

表-1 振動タイヤローラ概略

型式	GW750	
運転質量 (kg)	9,100	
寸法	全長 (mm)	4,530
	全幅 (mm)	2,125
	全高 (mm)	2,995
締め固め幅 (mm)	1,950	
タイヤ本数	前3本、後4本	
起振力	前軸 (KN)	6.3~45.1
	後軸 (KN)	7.8~58.4
走行速度 (km/h)	3速 0~9	
登坂能力 (%)	38	
最小回転半径 (m)	5.4	
環境対策	2次排ガスエンジン	

全景を写真-1に示す。

2-2 特徴

振動タイヤローラには従来のタイヤローラには無かった以下の特徴がある。

- ① 動的ニーディング（こね返し）作用により骨材の噛み合わせとモルタルの充填効果が向上する。
- ② アスファルト舗装およびRCC舗装施工中のヘアクラックを接着する効果がある。
- ③ 無振動から振幅4段まで5段階の振幅段を現場に合わせてスイッチ一つで任意に選択でき、最大振幅時は25tタイヤローラと同等の締固め能力を発揮する。
- ④ 全輪駆動のため転圧時前後どちらからでも進入可能。
- ⑤ 走行油圧モータは油圧回路によって曲線走行時の内外輪の回転差を自動調整するため、カーブ施工時の引きずりを解消する。
- ⑥ 運転席からの視界性の向上。

以上の特徴を持つ振動タイヤローラだが高い温度での転圧作業を可能とするためにはタイヤの予備加熱が効果的と考え、タイヤ加熱装置の開発を検討、着手することとなった。

*本店工務部機械センター



3. タイヤ加熱装置の開発と概要

3-1 加熱方式の検討

タイヤ加熱装置を開発するにあたり、まずは加熱方式を検討した。案が5つ程出たが同業他社の特許に抵触しないことや様々な条件を考慮した結果、赤外線バーナによる加熱方式を採用することとした。

検討当初の赤外線バーナ方式イメージを図-1に示す。

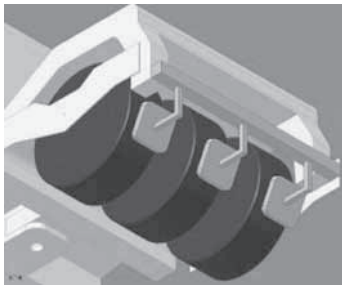


図-1 赤外線バーナ加熱イメージ

3-2 タイヤ加熱温度の検討

加熱方式を検討すると同時に実際の加熱温度を何度で設定するか、切り取ったタイヤ片を使用して技術研究所の皆さんに実験していただいた。

実験はタイヤ片温度と混合物表面温度を変化させた組合せによる混合物付着量の測定である。方法としてはタイヤ片を混合物表面に敷いてローラコンパクトにて転圧を実施した。実験結果及び考察は以下のとおりである。

- ① タイヤ片が30～40℃付近では混合物温度が何度であろうが付着量が顕著に多くなる。
- ② タイヤ片が80℃付近では混合物温度に関係無く付着する量は少なくなる傾向である。
- ③ タイヤ片を130℃まで加熱すると煙が発生し変形が生じる。
- ④ 一連の実験結果からタイヤ片の温度が100℃付近であれば130℃までの混合物に付着防止の効果があることがわかった。

3-3 実験機の製作

実験の結果を基に実際の現場に即した試験施工を実施するために実験機を製作することとした。実験機は試験施工時に付着状況を比較するため前後のタイヤ半分のみ加熱装置を設置した。実験の製作図面・イメージ図および概要を図-2および図-3に示す。

また、タイヤ加熱装置実験機の概要を以下に列記する。

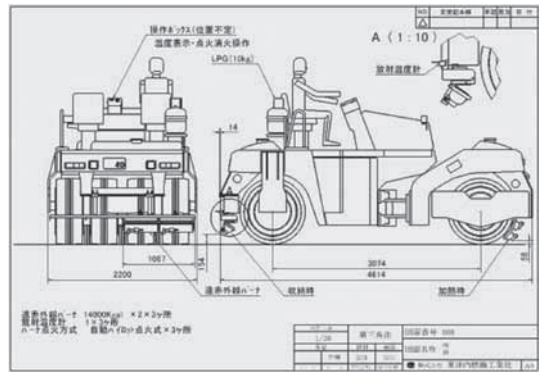


図-2 実験機製作図面

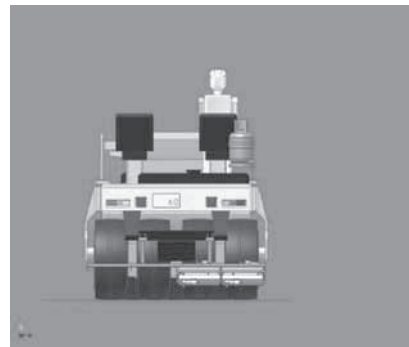


図-3 実験機イメージ

- ① 図面では右側だが前輪後輪とも左側に加熱装置を設置し試験施工時に加熱タイヤと非加熱タイヤへの混合物付着状況を比較できるようにした。
- ② 上限温度と下限温度を設定できタイヤの過加熱防止と任意の温度を保持できるような機構とした。
- ③ 走行開始時には着火、停止時には消火とバーナの操作を自動制御できる機構とした。

この実験機を使用して試験施工を実施した。次に試験施工の状況と結果を示す。

4. 試験施工の実施

4-1 条件設定

試験施工を実施するにあたり、まず以下の条件を設定した。

- ① 実施場所は機械センター内で施工延長20m、幅員3m、合材敷きならし厚さは4cmとする。なお合材はストアスと改質Ⅱ型をバインダーとした砕石マッシュク混合物とする。
- ② 合材敷きならしはアスファルトフィニッシャ、タンデムローラにて一次転圧を実施する。
- ③ 二次転圧は振動タイヤローラにて行う。なおタイヤは加熱装置にて事前に100℃付近まで加熱しておく。

- ④ 二次転圧終了後、振動タイヤローラの加熱タイヤと非加熱タイヤへの合材付着量を目視にて確認する。また舗装面の合材剥がれ状況も確認する。
- ⑤ 加熱タイヤ及び非加熱タイヤエリアともに無振と振動4（25tタイヤローラ相当）工区を設ける。
- ⑥ コア採取により厚さ、締固め度も確認する。各過程における目標温度と転圧回数を表-2に示す。

表-2 目標温度および転圧回数

	目標温度 (°C)	転圧回数
敷きならし	150~160	—
一次転圧	140~150	4往復
二次転圧	120~130	1往復（無振）
		5往復（振動4）
仕上げ転圧	80~90	3往復（無振、加熱なし）

※二次転圧の振動4は最大振幅で25tタイヤローラの締固め能力に相当する。

以上の設定をして試験施工を実施した。結果を次に示す。

4-2 試験施工結果

試験施工では二次転圧の温度を目標としていた130℃付近で実施できた。またこのときの加熱タイヤ温度は60~80℃、非加熱タイヤ温度は8~16℃であった。目視観察では加熱タイヤへはうっすらアスファルトが付着し、非加熱タイヤへはアスモルおよび骨材の一部付着が見られた。二次転圧状況を写真-2に、非加熱タイヤの混合物の付着状況を写真-3に示す。また、採取したコアの密度および締固め度を表-3に示す。



写真-2 試験施工二次転圧状況

混合物の密度および締固め度は表-4-2のとおりである。なお、それぞれ3個の平均である。

締固め度については大きな差は見られなかったがそれぞれ高い締固め度を得ることができた。

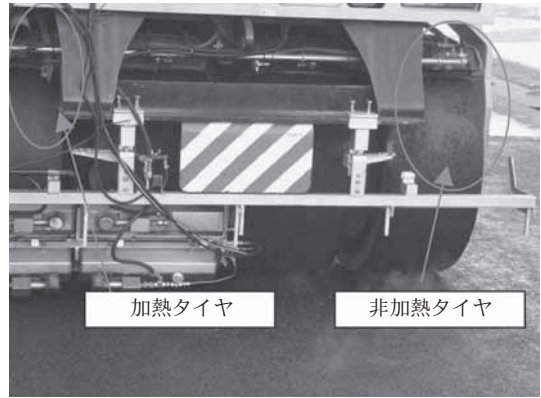


写真-3 混合物付着状況

表-3 密度および締固め度

工区	振動の有無	厚さ (cm)	密度 (g/cm ³)	締固め度 (%)
非加熱 タイヤ エリア	無	5.02	2.404	99.4
	有	4.96	2.406	99.5
加熱 タイヤ エリア	無	4.43	2.400	99.2
	有	4.56	2.404	99.4

※基準密度2.419 (g/cm³)

4-3 試験施工まとめ

タイヤ加熱装置実験機を使用した試験施工の結果をまとめると、

- ① タイヤを60~80℃で加熱しておけば、130℃付近での二次転圧では混合物の付着はほとんどなく、加熱装置の効果が見られた。
- ② コアの締固め度に大きな差はなかったが、厚さについては加熱タイヤエリアのものが若干薄いので締固め効果はあったと思われる。
- ③ 試験施工時のタイヤ加熱装置はあくまで実験機であったが、装置の構造等に不具合及び改良しなければならない箇所が発見された。

以上のまとめをもとに実験機をベースとしてタイヤ加熱装置実機の製作を実施することにした。

5. タイヤ加熱装置の製作

実験機で発見された不具合箇所を改良して実機の製作に取りかかった。改良した点は以下のとおりである。

- ① 実験機では装置の高さが舗装面から数センチであったため、実際の現場では段差乗り上げ不可能となる。そこで20cmまで嵩上げを実施した。
- ② 油圧ホースおよび電気配線が非常に多く、断線や

可燃のおそれがあるため、取りまわしの改善および耐熱対策を施した。

- ③ 強風対策のため特に着火装置付近にカバーを設置した。
- ④ 安全対策をより確実にするため走行レバーをニュートラルにしたときおよび速度が0になった際に自動消火できる構造とした。

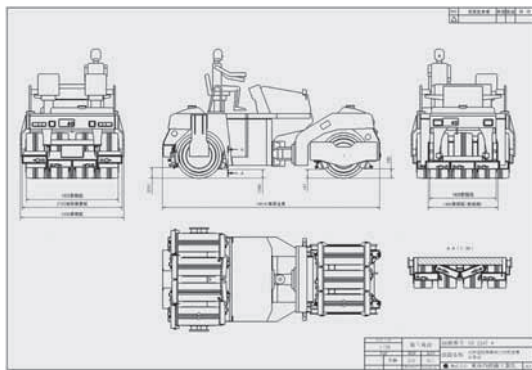


図-4 タイヤ加熱装置実機製作図面



写真-4 タイヤ加熱装置実機完成写真

6. おわりに

技術研究所での実験および試験施工を経て、振動タイヤローラタイヤ加熱装置は完成することができた。しかしこれまでの稼働実績は久喜市内で実施された水とめこまち試験施工の1件のみである。良好な結果を得ることができたが、実績が足りないのが現状である。今後ぜひとも様々な現場で活用していただければ幸いである。

ブルドーザのブレード自動コントロールシステムを用いたテニスコートの施工

岩屋 努*

1. はじめに

全天候型のテニスコート（10面）の新設工事の際し、ブルドーザのブレード自動コントロールシステムを用いて路床路盤を施工したので、その概要を報告する。

2. 工事概要

工事概要は、以下のとおりである。

工 期：平成19年10月23日～

平成20年 3月 7日

工事内容：テニスコート舗装工	7,138㎡
敷地造成工	7,138㎡
発生土処分工	883.8m ³

3. ロケーション

本施設は、河川流域総合治水対策の一つである多目的遊水地を兼ねている。河川の増水時には治水施設である遊水地となり、通常はスポーツレクリエーションに親しむ運動公園として利用できるよう整備が進められている。

この公園内には、陸上競技をはじめサッカー等の国際大会が開催できるスタジアムなどがあり、現在は、野球場やサッカー等の球技が楽しめる運動広場などが一部オープンしている。今後、池や流れのある親水エリアを整備し、市民の憩いと安らぎの場となる公園を目指しているとのことである。

4. テニスコート工事の概要

当該工事は、テニスコートを10面新設する工事であった。図-1に平面図を示す。テニスコート周りの縁石、排水工事、テニスコート内の地盤改良工事はすでに完了しており、当社にて、テニスコートの路床から表層までを施工というものであった。

テニスコート周りのフェンスや休憩施設、照明など

は、他業者が横浜市から受注しており、これらの工事が、当社と同時期に平行して施工していく状態であったため、工程会議での調整が非常に重要な工事であった。

当該テニスコート工事の表層は、アクリル樹脂系ハードタイプの仕様であり、表層だけで約1ヵ月半を要した。

降雨による作業の中止、作業ロス等により、工程が遅れ、休日作業を余儀なくされたが、工期にはぎりぎりでも間に合わせる事ができた。

当該工事の路床路盤工事では、ブルドーザのブレード自動コントロールシステムを用いた。以下にこのシステムについて紹介する。

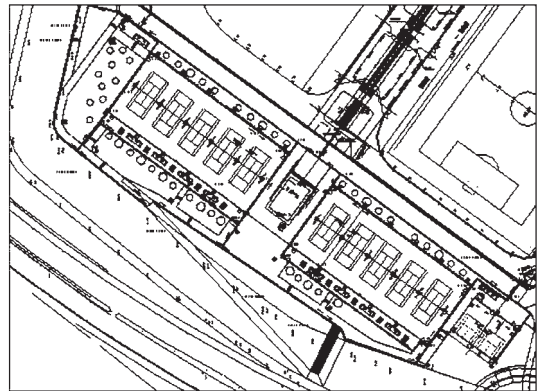


図-1 テニスコートの平面図

5. ブルドーザのブレード自動コントロールシステムによる路床路盤工事

5-1 当該システムの採用の経緯

当該工事で、ブルドーザのブレード自動コントロールシステムを採用するに至った経緯は、以下のとおりである。

- ①テニスコート舗装の排水勾配が、縦断方向（長さ：90m）で0.5%、横断方向（長さ：40m）でレベル

* 関東支店



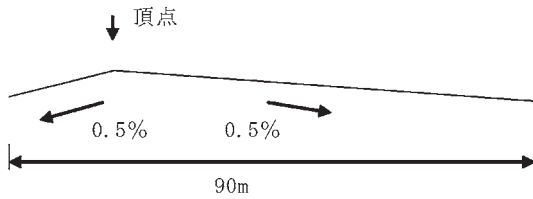


図-2 当該テニスコートの縦断面図

とシンプルであったこと（図-2に縦断方向の勾配図を示す）

- ②横浜営業所では当該システムの施工実績はなかったが、当該システムに興味があったこと
- ③施工精度および施工のスピードアップへの期待があったこと

5-2 使用機械

当該システムに用いた機械は、以下のとおりである。

- ①ブルドーザ
- ②傾斜回転レーザ
- ③受光センサー
- ④コントロールボックス
- ⑤油圧制御バルブ

5-3 施工手順

施工手順を図-3に示す。

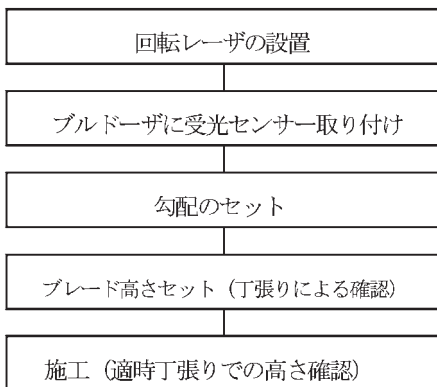


図-3 施工手順

5-4 施工状況

施工の配置を図-4に示す。施工端部に回転レーザをセットし、ブルドーザに受光センサーを取り付け、施工した。

ブルドーザによる施工状況を写真-1および写真-2に示す。また、回転レーザを写真-3に示す。

5-5 当該システムの長所・短所

当該システムの長所・短所を以下に示す。

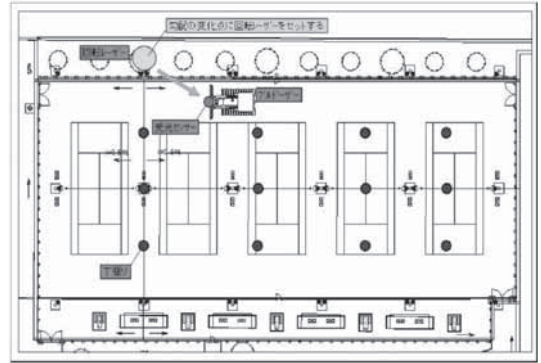


図-4 施工の配置図



写真-1 ブルドーザによる施工状況（1）



写真-2 ブルドーザによる施工状況（2）



写真-3 回転レーザ

<長所>

- ・丁張りの設置を最低限にできること（丁張りは、出来形管理位置のみ設置した）
- ・オペレータの熟練度に左右されないで施工できること。
- ・検測の頻度を少なくできること。
- ・検測のための作業員を削減できること。
- ・重機の周りに作業員を配置する必要がないため安全であること。
- ・余盛の調整も手元のダイヤル操作でオペレータが簡単に行えること。
- ・回転レーザの設置等は、比較的簡単であり、単純作業であること。
- ・自動・手動の切替えが簡単で、手動時でもブレードの高さ確認はセンサーにて可能であること。

<短所>

- ・盛土作業では、比較的スムーズな施工ができるが、切土作業でブレードがたまずき、機体が浮いた状態になると、コントロールが効かないため、切土作業には不向きであること。
- ・路盤施工においては、高さの精度は良好であるが、小波の発生があり、仕上げ作業では、手動での作業のほうがスムーズであること。
- ・一定勾配ではスムーズに施工できるが、勾配に変化点がある場合は、若干面倒であること。
- ・ブルドーザの費用を含むリース費用が、高いこと。

5-6 当該システムを用いた感想

当該工事において当該システムを用いた感想を一言でいえば、

「十分に機能を使いこなし、効果を発揮したとはい

えない」ということであった。

その理由は以下のとおりである。

- ①施工面積が、1区画3600㎡と、多少物足りない数量であったこと。
- ②勾配の変化点があり、手動操作に頼る部分が多かったこと。
- ③基準高さの精度では、良好な結果が得られたが、仕上げでは、小波の発生が抑えられず、手動にて再度修正し直す状態であったこと。
- ④施工スピードの向上は、期待したほどではなかったこと。（当該システムの施工に慣れる頃は工事終盤であった）
- ⑤作業人員は、必要最小限で施工することができたが、機械単価が高かったため、トータルでコストダウンにはつながらなかったこと。

また、上記以外で、当該システムを用いての感想は、以下に示すとおりである。

- ①丁張り・検測作業が軽減でき、作業人員の削減が可能であるが、今後採用するには、施工面積が、5000㎡以上を目安にするのが望ましいと思った。
- ②当該システムに慣れ、使用頻度が上がってきた際は、少ない数量でも効果は上がっていくものと思われる。
- ③施工条件については、勾配は単純なものが望ましいと思われる。

6. おわりに

今後、当該システムを用いる場合の助言を総括すると、以下である。

「盛土作業には適しており、精度も確保できるが、まだコストも高いため、採用に際しては、都度よく検討すること」

本書が今後の同様の工事の参考になれば幸いである。



写真-4 竣工

トータルステーションシステムの導入及び施工事例

細見 耕平*
高野 亨

1. はじめに

昨今、機械化施工の各分野において情報化施工が注目されている中、当社は3D-MCトータルステーションシステム（以下TSシステム）を導入し、現場での実施工においてその性能を確認した。mmGPSシステムと違い基地局設置、上空視界などを気にすることがなく、データを作成すれば即日使用できるという利点があり、小中規模現場に適しているシステムである。

本文ではTSシステムを使用して実施工での精度、施工性を紹介する。

2. TSシステムのとは

2-1 概要

自動追尾型TSシステムとは、重機側に装着してある全周プリズムで重機の位置を検出し、TSで自動追尾した位置情報を元に、事前に作成された設計データ（X、Y、H）を無線で送信して排土板の高さと勾配を自動制御するシステムである。

また測量もワンマンで行うことができるので小規模、中規模現場には最適な機器である。図-1に使用方法を示す。

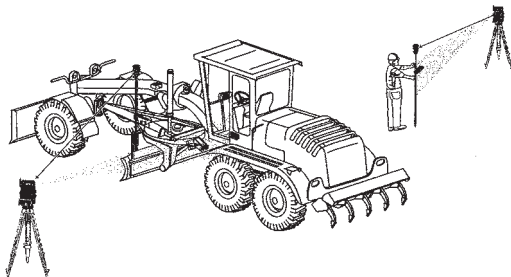


図-1 TSシステム

2-2 構成

① 自動追尾型TS（写真-1）

重機の位置を追尾して位置情報を検出する。



写真-1 自動追尾型TS

② 全周プリズム（写真-2）

TSからの光波で位置を把握する。



写真-2 全周プリズム

③ コントロールボックス（写真-3）

画面上に事前に作成した設計データを表示する。



写真-3 コントロールボックス

④ SS無線

TSから送信されている無線を重機側でキャッチして、重機に装着しているコントロールボックスに位置情報を送信する。

*本店工務部機械センター



2-3 当社の保有重機

モータグレーダとブルドーザにそれぞれTSシステムによる3D-MC装置を導入した。この重機（写真-4）はmm-GPS、TSシステム両方使用できる。



写真-4 TSシステムを装備したモータグレーダとブルドーザ

3. TSシステムによる施工方法

3-1 施工フロー

施工フローを図-2に示す。

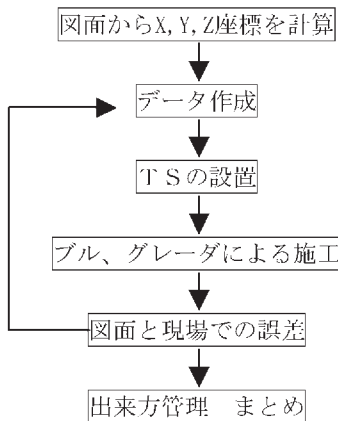


図-2 施工フロー

3-2 データ作成（屋内作業）

現場にある平面図、横断図、縦断図から施工に必要な施工範囲と施工変化点（勾配等）のX座標、Y座標、Z座標を計算し、その測点（基準点、施工データ）をExcelに表でまとめる。その表の数値で専用のパソコンにより設計面データ、TINデータを作成する。作成した後、重機側のコントロールボックスにメモリーカードによりデータを入力する。コントロールボックスに設計面データが映し出されてオペレータにもわかりやすく映し出される。

写真-5に作成データ設計面データを示す。

図-3にコントロールボックスの画面を示す。

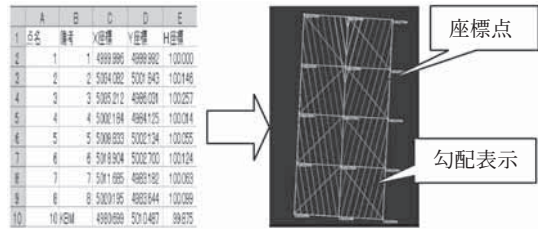


写真-5 変化点数値 設計面データの作成

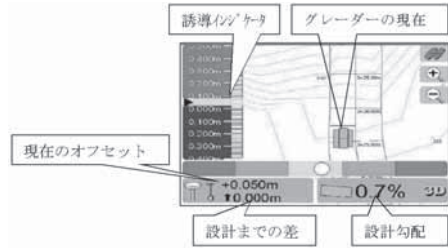


図-3 コントロールボックス画面

3-2 TSの設置

施工現場で基準となる点を2個以上決定し、その場所の3次元座標をあらかじめ測量データとして入手しておく。そしてTSの設置場所を既知点上に設置するか、基準がない場所未知点上に設置するかどちらかを選択して設置する。

設置する際に重要な点を以下に示す。

- ①建物等で全周プリズムが妨げられない場所。
- ②重機がTSから200m以上離れないこと
- ③ローラ、ダンプなどに妨げられない場所以上のことを注意して設置場所を考慮した。

写真-6に設置状況を示す。



写真-6 設置状況

3-3 施工

TSの設置後、重機側に全周プリズムを取り付けTSのレーザを受光し、それをTS側で解析後、簡易無

線受信機を經由しコントロールボックスに位置信号を送る。またその情報を受けたコントロールボックスはその場所の設計情報により、ブレードを設計値の高さにコントロールするよう専用油圧バルブに電気信号として指示を出す。

また転圧に関しては従来の丁張がないので転圧ムラが無くなり、平坦に品質良く仕上げることが可能である。

写真-6、7に施工状況写真を示す。

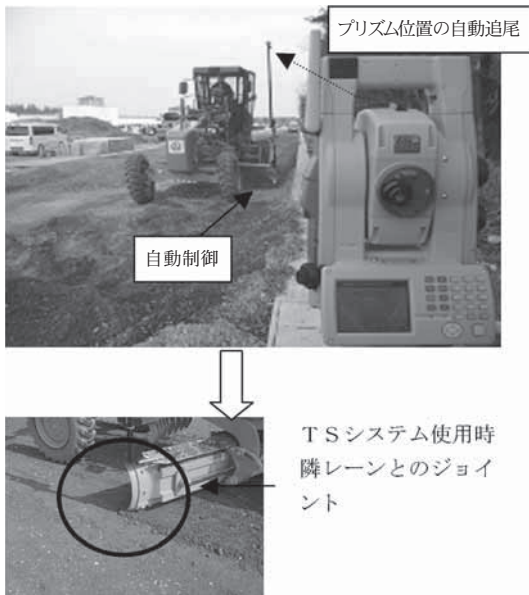


写真-7 施工状況写真



写真-8 2台同時に施工

3-4 図面と現場の誤差

路盤施工中、構造物の出来形が図面と相違している場合直ちに、TSまたはレベルで構造物の測量を行い、データの入力、作成を行う。

このような作業を施工中に行うのは困難なので施工前に確認のために構造物の出来形を測量することが望ましい。

4 TSシステムの特徴

4-1 丁張設置の削減

前述のように丁張を必要としないので丁張の設置作業が削減される。また施工時に、障害物がないので施工がスムーズに行うことが出来て、前述にも述べたとおり転圧不足やムラが軽減される。

4-2 安全性の向上、人員の削減

施工中の検測が軽減されるので、重機の近くに作業員が近づくことがなくなり接触事故を防ぐことが出来る。

また検測人員等が削減される。

4-3 仕上がり精度の向上

従来の施工では丁張場所ではしか検測が出来なかったのだが、TSシステムではあらかじめ設計データを入力しているのでどこでも検測が行える。またオペレータの技術に関係なく自動でブレードの高さ制御をしているので若年者のオペレータでもより精度の良い仕上がりが期待できる。

4-4 燃費の向上

重機施工の際、数回の敷き均しで仕上がる事が出来るので重機に無駄な動きがなくなり燃費の向上が図れる。

4-5 即日使用可能

前述でも述べたように、このTSシステムはデータ管理、作成が終了していたら、その日からでも使用することが出来る。10,000㎡以下の現場には最適な機器である。

5. 現場での施工実績 結果

5-1 工事概要

日時：平成20年3月21日～4月26日

場所：駐車場部

施工面積：11,700㎡

工事内容：路盤工（不陸整正）再生路盤材

5-2 施工

今回那須アウトレットモール駐車場の施工は、ブルドーザD3 1台、モータグレーダ3,1m級 1台を搬入し両方ともTSシステムを使用して施工した。

5-3 施工結果

TSシステム導入後の初めての現場だったため最初は機器の調整トラブル、重機側のオペレーターの不慣れによるトラブルと多少問題はあった。降雨時はプリズムに水滴が付着し乱反射によるトラブルが発生することが分かった。調整後は施工量も確実に増え、施工精度も上がり満足いく仕上がりがであった。表-1に日々の施工数量を示す。

表-1 施工数量

日付	工種	作業人員			使用機械(台)						出来高	トラブル	
		監視	OP	土工 合計	TS			R2	TR	路盤			
3月24日	不陸修正工	1	0	4	5	1	1	1	1	1	1	1800	無線×朝
3月25日	不陸修正工	1	0	4	5	1	1	1	1	1	1	3150	
3月27日	不陸修正工	1	0	4	5	1	1	1	1	1	1	6400	GD405バンク
3月28日	不陸修正工	1	0	4	5	1	1	1	1	1	1	6450	無線×朝
3月29日	不陸修正工	1	0	4	5	1	1	1	1	1	1	5550	
4月2日	不陸修正工	1	0	4	5	1	1	1	1	1	1	950	D
4月3日	不陸修正工	1	0	4	5	1	1	1	1	1	1	2850	TS故障午前のみ
4月4日	不陸修正工	1	0	4	5	1	1	1	1	1	1	6200	
4月7日	不陸修正工	1	0	4	5	1	1	1	1	1	1	3500	3時までバンク修理
4月9日	不陸修正工	1	0	4	5	1	1	1	1	1	1	4900	ブル手直し
4月12日	不陸修正工	1	0	4	5	1	1	1	1	1	1	3300	
4月14日	不陸修正工	1	0	4	5	1	1	1	1	1	1	2300	
4月15日	不陸修正工	1	0	4	5	1	1	1	1	1	1	3100	

次に路盤の仕上がりの度数分布表を図-4に示す。

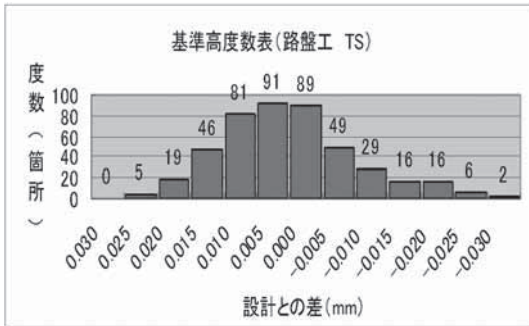


図-4 度数分布

表を見てもわかるように設計値から10mm以下に収まっているのが大多数である。30mmの差がある箇所は主に構造物周辺、マンホール周辺等設計値との誤差があるため手動で路盤仕上げを行った箇所である。

次に測点ごとの設計値と実測値の差の表を図-5に示す。写真-9に路盤完成写真を示す。

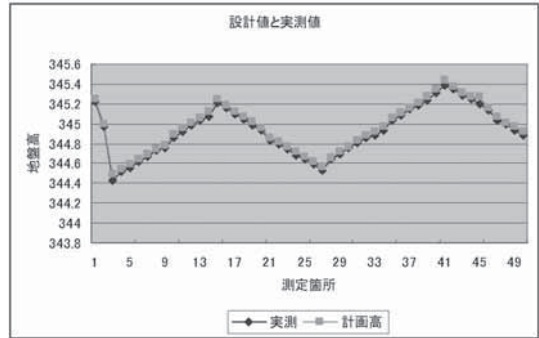


図-5 設計値と実測値の差



写真-9 路盤完成

6. 今後の課題

今後このシステムを普及していくには情報化施工システムの職員教育を実施することより浸透させ職員が積極的に活用できる環境(支店へのIT機材の配置も検討)にすることが今後の課題であると思う。

7. おわりに

今後この情報化施工は急速に普及していくと思われるのでどんどん小中規模施工にはTSシステム、大規模施工にはmmGPSシステム、現場の規模に合わせて使用していくことが望ましい。

今後、TS仕様のアスファルトフィニッシュシステムなどを導入することができれば中小規模工事や切削オーバレイ等に対応することも可能になると思われる。

αシステムの舗装施工管理への適用について

下 館 鎮*
尾 崎 浩 司**
高 倉 拓***

1. はじめに

近年、建設工事における技術革新としてGPSを利用した情報化施工が目覚ましい発展を遂げている。これに伴い品質管理においても施工中の品質データをリアルタイムで収集・管理するシステムが開発されている。この品質管理システムの一つとして大林組等の開発による「αシステム」(盛土工事の締固め管理用)がある。

本文は、αシステムを舗装の施工管理(品質管理)への適用を検討するために行った試験施工の概要と、試験施工結果より構築したαシステムによる舗装施工管理手法をまとめたものである。

従来の管理手法は密度を主体とした「施工面に対する点管理」であるのに比べ、本施工管理手法は材料の設計定数(変形係数)を用いた「施工面に対する面管理」を行うため、信頼性の高い舗装体を作ることができる。したがって、本施工管理手法は総合評価工事等の技術点獲得の大きな武器となることが期待されるものである。

2. αシステムとは

2-1 αシステムの概要

αシステムは、振動ローラの加速度応答が地盤の締固めの進行にともなって変化する現象を利用し、振動ローラの振動輪の加速度を計測することによって、地盤の剛性や密度を判定するものである。

このシステムは、施工を行いながらリアルタイムに、かつ施工面全体にわたって品質を判定するため、従来の平板載荷試験やR Iによる品質管理に比べ、効率的で高精度な品質管理を行うことができる。

αシステム装置の概要を図-1に示す。

2-2 「αシステム」の測定原理

転圧の進行による地盤剛性の増加に伴い、振動ロー

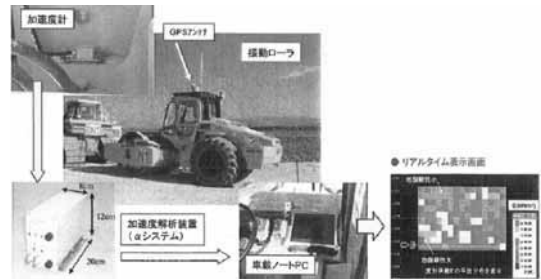


図-1 αシステム装置

ラの加速度波形が乱れ、その周波数解析において振動ローラの振動数以外の成分(高周波スペクトル S_1, S_2, \dots , ならびに $1/2$ 分数調波スペクトル S_1', S_2', \dots)が卓越する性質を利用して、「乱れ率」を定義する。図-2に加速度計測例および周波数分析結果、式-1に乱れ率の算出式を示す。

「乱れ率」が大きいほど、地盤が締め固まっていることを示す。

また振動ローラの挙動を数値計算モデルを用いて解析し、乱れ率から地盤変形係数Eを算出する。図-3に振動ローラの挙動を数値計算するためにモデル化したもの、式-2に地盤変形係数の算出式を示す。

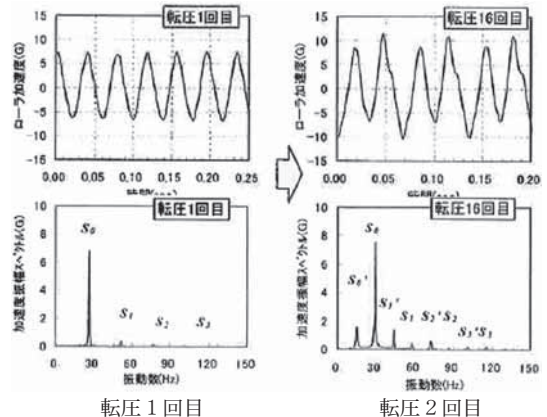


図-2 加速度計測例および周波数分析結果

* フォレストコンサルタント(株) ** 中国支店工事部 *** 本店エンジニアリング部



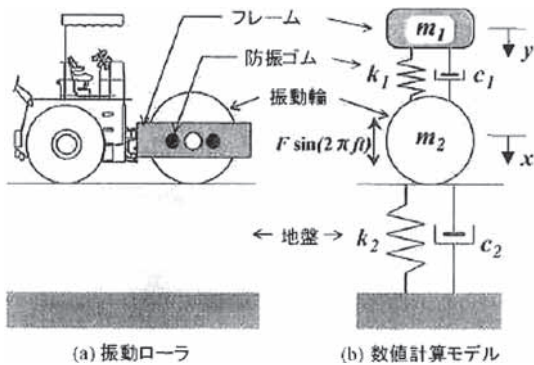


図-3 振動ローラ～数値計算モデル

$$\text{乱れ率} = \frac{\sum_{i=1}^3 S_i + \sum_{i=1}^3 S_i'}{S_0 + S_0'} \cdot \frac{F}{(m_1 + m_2)g} \quad \dots\dots (\text{式-1})$$

$$E = \frac{2 \cdot (1 - \nu^2)}{B \cdot \pi} \cdot \frac{\left(\frac{4}{3} \text{乱れ率} + 1 \right) \cdot (2\pi f)^2 \cdot m_2}{1 - 0.32\alpha + \sqrt{0.1024\alpha^2 - 1.64\alpha + 1}} \quad \dots\dots (\text{式-2})$$

$$\alpha = 1 - \left(\frac{F}{(m_1 + m_2)g} \right)^2$$

3. αシステム適用性評価試験施工の概要

αシステムの適用性を評価するため、試験施工を行った。以下にその概要を記す。

3-1 試験施工概要

- ・実施場所：山陽自動車道宮島SA内・スマートインター設置工事 現場内
- ・実施時期：平成19年12月
- ・舗装構成：基層 t = 4 cm、上層路盤 t = 10 cm、下層路盤 t = 15 cm

3-2 調査項目

試験施工において実施した調査項目を表-1、表-2に示す。

表-1 現地調査一覧表

調査項目	測定舗装体部位および測定数
αシステム測定	路床面：2測線、下層・上層路盤面：2測線×転圧4水準、基層面：2測線×温度3須順
FWD測定(小型)	路床面：10箇所、下層・上層路盤面：10箇所×転圧4水準
FWD測定(大型)	基層面：6箇所×温度4須順
Ri密度測定	路床面：10箇所、下層・上層路盤面：10箇所×転圧4水準
現場密度測定	路床面：3箇所、下層・上層路盤面：2箇所×転圧4水準

表-2 室内試験項目一覧表

試験項目	材料および試験試料数
基層混合物のレジリエントモデュラス	現地採取コア、6試料
路床土のレジリエントモデュラス	現地採取路床土、1試料
路盤材のレジリエントモデュラス	現地採取上層・下層路盤材、各1試料

3-3 測定方法

(1) αシステム測定

今回使用したαシステムの機器構成を図-4に示す。

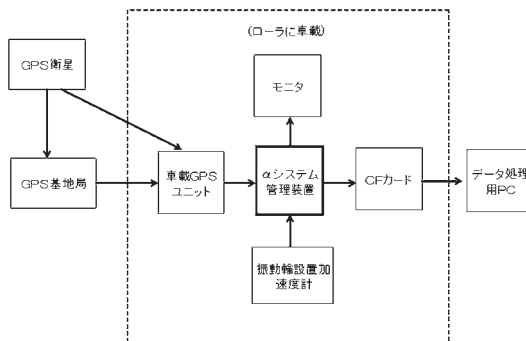


図-4 αシステム機器構成

なお、αシステムによる盛土管理では大型振動ローラが使われているが、今回は舗装の施工管理であることを考慮して、舗装工事で一般的に使われている4 tコンバインドローラを使用した。

(2) FWD測定

小型FWDおよび大型FWDを使用し衝撃荷重と変位を測定し、地盤弾性係数を算出した。

3-4 測定結果

各測定結果から相関の高いものをピックアップする。なお、αシステムと密度との相関性はほとんど認められなかった。

(1) αシステムとFWDの関係

同一測定面におけるαシステムにより測定した弾性係数（以降、E_{roller}と記す）とFWDの測定値から算出される弾性係数（以降、E_{fwd}と記す）の関係を図-5に示す。

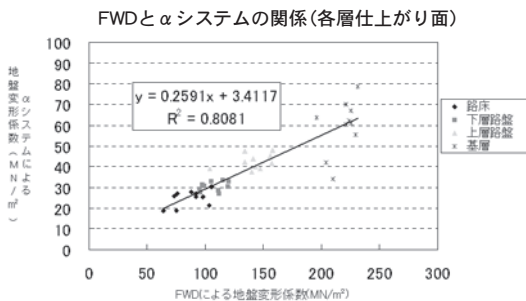


図-5 E_{roller}とE_{fwd}の関係

図-5より、強度（弾性係数）の違う材料で構成された地盤のE_{roller}とE_{fwd}の関係は、一様地盤における関係（1：1）とは異なっているが、両者の間に高い相関性が認められる。

4. αシステムによる舗装施工管理手法の構築

4-1 舗装施工管理手法の概要

前記した試験施工結果における E_{roller} と E_{fwd} の相関性に注目し、舗装の理論的設計法より設定される材料物性（弾性係数、ポアソン比）と E_{roller} の関係を利用した施工管理手法を図-6に示す。

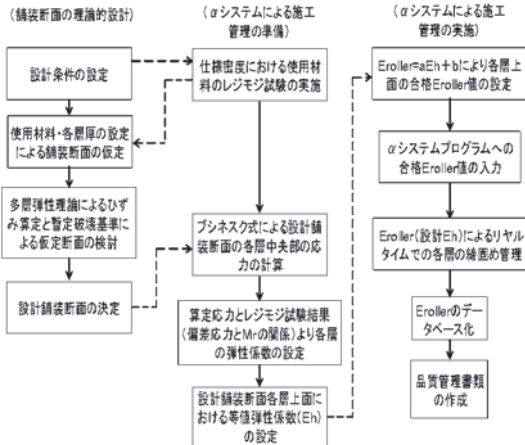


図-6 αシステムを利用した施工管理手法

試験施工結果データより、図-6に示した舗装施工管理手法の要となる「 E_{roller} と E_h （等値弾性率）との関係」を導くための考え方（仮定）を以降に示す。

4-2 各層の弾性係数の設定

路盤材等の粒状材料の弾性係数（レジリエントモデュラスと同意）は材料の拘束応力により異なる。このため、各層の弾性係数はレジリエントモデュラス試験（以降、 M_r 試験と記す）から得られる M_r と偏差応力（ $\sigma_1 - \sigma_3$ ）との関係より設定する。

集中荷重 P によって増加する地盤内応力は Boussinesq によれば、

$$d\sigma_z = \frac{3P}{2\pi z^3} \cos^3 \varphi = \frac{3P}{2\pi} \frac{z^3}{R^3}$$

$$d\sigma_r = \frac{P}{2\pi z^3} \left\{ 3 \cos^3 \varphi \sin^2 \varphi - (1-2\mu) \frac{\cos^3 \varphi}{1+\cos \varphi} \right\}$$

$$= \frac{P}{2\pi} \left\{ \frac{3\sigma_r^3}{R^3} - \frac{1-2\mu}{R(R+z)} \right\}$$

$$d\sigma_t = \frac{P}{2\pi z^3} (1-2\mu) \left(\frac{\cos^3 \varphi}{1+\cos \varphi} - \cos^3 \varphi \right)$$

$$= \frac{P}{2\pi} (1-2\mu) \left\{ \frac{1}{R(R+z)} - \frac{z}{R^2} \right\}$$

$$d\tau_{rz} = \frac{3P}{2\pi z^3} \cos^2 \varphi \sin \varphi = \frac{3P}{2\pi} \frac{z^2 r}{R^2}$$

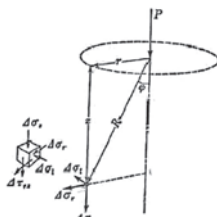


図-7 ブシネスク式

拘束応力（ σ_1 、 σ_3 ）は、ローラ荷重によって各層中央部に発生する応力をブシネスク式を用いて算定することとする。

M_r 試験から得られる M_r と偏差応力（ $\sigma_1 - \sigma_3$ ）との関係を表-3に、ブシネスク式を図-7に示す。

表-3 M_r と偏差応力の関係

材料名	M_r と偏差応力の関係式
路床土	$y=313.863x^{-0.1239}$
下層路盤	$y=515.716x^{-0.0965}$
上層路盤	$y=167.553x^{-0.0521}$

※ y : M_r
 x : 偏差応力

4-3 等値弾性率の設定

(1) 等値弾性率設定のための範囲

E_{roller} 値は、ローラ荷重の応力伝達範囲にある舗装材弾性係数と比例するものと考えられるため、等値弾性率設定のための範囲も既往の応力伝達範囲（10tローラで60cm）からの推定値とする。

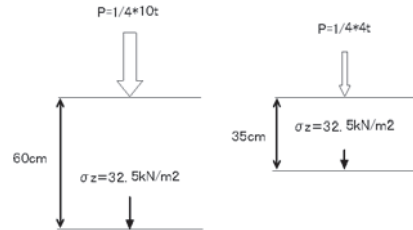


図-8 荷重伝達深さの仮定

(2) 等値弾性率の設定

等値弾性率の設定方法を図-9に、各ローラ転圧面の等値弾性率と E_{roller} の値を表-5に示す。なお、基層の M_r は25℃の時の値を示す。

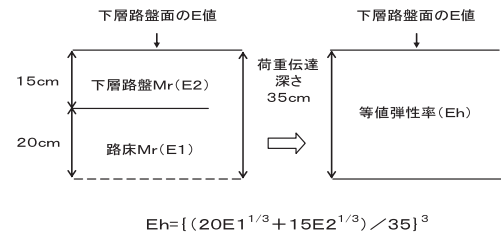


図-9 等値弾性率の設定方法

表-5 等値弾性率

ローラ位置	E_{roller} (MN/m ²)	層の種類	0-1転圧面からの深さ (cm)	σ_1 (kg/cm ²)	σ_3 (kg/cm ²)	偏差応力 (kPa)	弾性係数 (kPa)	等値弾性率 (MN/m ²)
路床面	24.7	路床	17.5	0.621	-0.037	64.484	187.3	187.3
		下層路盤	7.5	1.451	-0.043	146.412	318.7	
下層路盤面	30.5	路床	32.5	0.331	-0.029	35.280	201.8	247.3
		上層路盤	5.0	2.162	-0.045	217.756	260.7	
上層路盤面	42.4	下層路盤	17.5	0.621	-0.037	64.484	345.0	277.5
		路床	42.5	0.249	-0.024	26.754	208.9	
基層面	59.5	基層	-	-	-	-	2,302.0	467.8
		上層路盤	11.0	0.989	-0.041	100.940	244.7	
		下層路盤	23.5	0.462	-0.034	48.608	354.5	
		路床	48.5	0.216	-0.022	23.324	212.5	

4-4 E_{roller} と等値弾性率の関係

試験施工において測定された E_{roller} は、各層材料の M_r から推定される等値弾性率とは異なった地盤弾性係数を示すが、弾性係数の異なる材料が積み重なった舗装体上面の支持力変化を感知する機能を有しているものと思われる。

図-10は表-5に示す E_{roller} （基層は20℃以下の時の値）と同一転圧面を対象とした等値弾性率の関係をプロットしたもので、両者の間には非常に高い相関性が認められる。このことより、理論的に設計された舗装の転圧面に対応した等値弾性率が決めれば、 α システムでの管理値（ E_{roller} ）が設定できることとなる。

5. まとめ

今回の試験施工結果より、 E_{roller} と M_r から算定される等値弾性率との間に高い相関性が見られたことから、

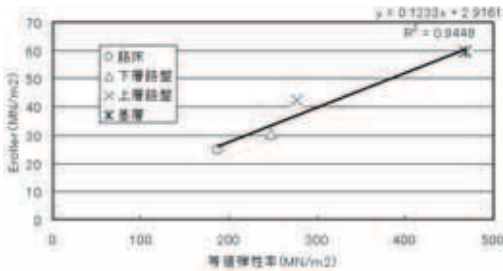


図-10 E_{roller} と等値弾性率の関係

この相関性のさらなる検証を行うことによって、多層弾性理論に基づいて設計された舗装の施工管理方法として α システムの適用は十分可能性のあるものと判断できる。

すなわち、理論的に算出された等値弾性率に対応した E_{roller} を管理下限値として各層の施工管理を行うことが可能と考えられる。

このように、 α システムを施工管理に用いることにより従来の間接管理（密度管理）のような「点」管理ではなく、施工箇所全体を直接「面」管理することができ、なおかつリアルタイムに施工の良否を判定することができる精度の高い施工が実現する。

また、総合評価落札方式への技術提案として、図-6に示すような理論的設計から施工管理までをシステム化し新しい技術として提案することができる。

6. おわりに

α システムは、舗装工事の品質管理手法として活用することにより、高精度の品質管理を行うことができる。

よって、性能規定発注工事や総合評価落札方式による工事で有利となり、工事受注の増加が期待できる。

今後、更なる研究・検証を進め舗装の施工管理手法として確立していく所存である。

エクспанディットによる管入替工法の開発

山岡 礼 三*
 勝 俣 健 二*
 平 井 正 哉*

表-1 開発経緯

年 月	
2003年 4月	エコセラミック管入替工法の開発着手
2003年12月	京都府久御山町 [*] 、EXP-J工法による改築推進工事
2004年10月	さいたま市 [*] 、EXP-J試験施工
2005年 9月	宮崎県佐土原町 [*] でEXP-J工法性能確認試験
2005年 9月	塩竈市 [*] 、下水道管改築推進工事
2005年11月	浦安市 [*] 、下水道管改築推進工事
2005年12月	兵庫県 [*] 、JR西日本伏せび改築推進工事
2006年 3月	財) 下水道新技術推進機構より新技術審査証明取得
2007年 2月	福岡県苅田町 [*] 、JR九州伏せび改築推進工事
2007年 5月	千葉市 [*] 、下水道管改築推進工事
2007年11月	文京区 [*] 、下水道管改築推進工事
2007年12月	八幡市 [*] 、下水道管改築推進工事

*地名は工事実施場所を示す。

1. 概要

2004年末に「エコTMS・管入替工法」に名称を変更した大林道路の下水道管の改築推進工法は、2007年に福岡県苅田町でJR九州の伏せび、千葉市、東京都文京区、京都府八幡市で下水道管の非開削工法による改築推進を行った。施工機械であるエクспанディットは対象管径であるφ200～φ600に対してはまだフルラインナップになっていないが、下水道管で改築の需要の多い200～300の小径については完備した。本報告は、2005年に行った「エクспанディットによる管入替工法の開発」の続編でその後の技術の開発状況を報告するものである。

2. 開発の経緯

「エコTMS・管入替工法（以降EXP-J工法）」は、エコセラミック管入替工法から始めて約5年経過した。大林道路が同業と比較し特徴といえる最大のものは下水道工事に早くから手がけていることであり、中でも既設管の補修工事は管更生工法である光硬化工法とEXP-J工法は開発グループの中心であり今後の会社業績を左右することになる可能性が高い。

下水道関係では発注方法のために現時点では自由な参入が難しいが、この点も近い将来変わっていくのは間違いなく、既設管の補修工法については、小口径管の大変形への対応技術が必ず必要になり、EXP-J工法が基幹技術となることは明らかである。目先の採算にとらわれることなく推進をしていかなければならない。過去5年間の開発に関わる事項を表-1にまとめた。

3. エクспанディットの調達

EXP-J工法は、エクспанディット（以降EXP-J機）と呼ぶ既設管破碎機先導体を改築される管路の中に引き込んで、既設管内で胴体中央部を拡大すること

で既設管10cm程度を破碎し、拡大部を縮小して前進させ、形成された空洞に既設管押込んで新管に入替える工法である。ここで使用するEXP-J機は、既設管径と新設管の径と管種により使用する機種が異なる。本工法は、現状では既設管径200～600を対象としているが、径と管種で10機種が必要と計画している。表-2に、エクспанディットの機種と適用可能な既設管および新設管の径を示す。表-2で、管径の太字は標準的に選定する管径であり、それ以外は使用可能であるがやや特殊な場合と考えてよい。

表-2で着色した機種は、2008年3月現在使用可能な機種であり、その他の機種も近い時期に揃える予定である。

機械製作費はサイズにより約1000万円～3000万円、全体で約2億円である。

*本店



表-2 破碎機エクスパンディットの機種と管径

機種	既設管径	新設管径と管種
EXP-200V	200	200VCP
EXP-250V	200, 250	200VCP, 250VCP
EXP-200	200	200RCP, 250VCP, 300VCP
EXP-250	200, 250	200RCP, 250RCP 300VCP, 350VCP
EXP-300	250, 300	250RCP, 300RCP 350VCP, 400VCP
EXP-350	300, 350	300RCP, 350RCP 400VCP, 450VCP
EXP-400	350, 400	350RCP, 400RCP 450VCP
EXP-450	400, 450	400RCP, 450RCP
EXP-500	450, 500	450RCP, 500RCP
EXP-600	500, 600	500RCP, 600RCP

RCP:鉄筋コンクリート管 (ヒューム管)
VCP:塩化ビニル管 (塩ビ管)

4. 新管の牽引と押込み装置

EXP-工法は、破碎機と牽引装置、押し込み装置で構成され、それぞれ油圧ジャッキで操作される。破碎機の油圧ジャッキは本体内に搭載され、機種により性能が異なる。先導体EXP-の前進は、到達立坑に設置した牽引装置によりチェーンで行う。牽引装置には150KNジャッキが搭載され、原形は図-1に示すように水平に管内を引っ張ったチェーンを立坑内で上方に方向を変え、立坑上に設置した牽引装置で引っ張る方式であるが、人孔内あるいは盛土下の伏せびの場

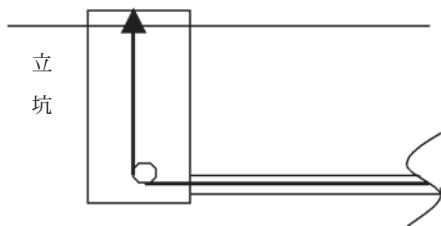


図-1 先導体の牽引方法

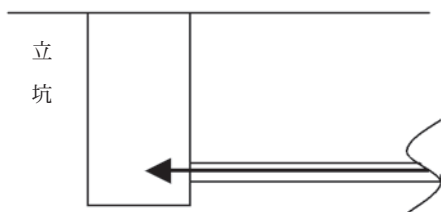


図-2 先導体の牽引方法

合は、図-2に示す方式も可能になるように改造した。

新管は、発進立坑内に設置した押し込み用ジャッキで発進立坑背面を反力にして押込む。押し込みに必要な力は土質と既設管の変形、曲がり具合と拡張量で変わり、新管径が200mm~300mmでは150KN、350mm~450mmでは250KN、500mmと600mmでは400KNジャッキを使用する。

改築延長が短く、たるみや蛇行が少ない場合はEXP-に取り付けたPC鋼棒でEXP-と一体で牽引することも可能で、その場合は最終の到達掘進までは押し込みジャッキは使用しないこともできる。図-3は標準の場合のEXP-と新管の推進手順を示す。

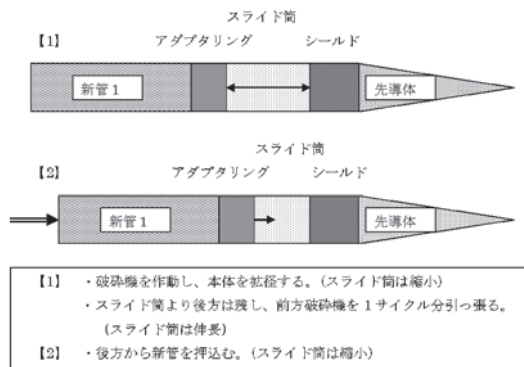


図-3 EXP-と新管の推進管理

5. 立坑

EXP-工法は、できるだけ小さな立坑で改築推進を可能にするよう改良を進めている。必要な立坑の寸法は、発進立坑については破碎機先導隊およびその関連機器が管路中心軸上にセットできることと、押し込む新設管をセットし、立坑背面を反力にして押し込めること、到達立坑はこの先導対を回収し、牽引用の装置を設置できることである。新設管の長さを半管(1.0mまたは1.2m)の場合、線胴体がEXP-200~EXP-400は、φ1.5mの立坑が必要で、EXP-450以上は、φ2.0m以上の立坑が必要である。表-

表-3 小口径管の場合の必要立坑サイズ

EXP-	新設管径 (mm)	新設管 長(m)	必要立坑 寸法(m)
200V, 250V	V200, V250	0.5	φ0.9
200V, 250V	V200, V250	1.0	φ1.2
200, 250, 300	C200, C250 C300, V200 V250, V300 V400	1.0	φ1.5

3に管径が小さい場合の最小立坑寸法を示す。これ以上の場合、おおむね1.5m~2.0m程度の径の立坑が必要となる。表-3でわかるように、新管が塩ビ管呼び径200と250の場合に限って内径90cmの1号人孔からの発進・到達が可能であるが、その場合新管長は0.5mの特注品になる。到達側の牽引装置は1号人孔に設置可能なタイプを製作済みである。また、立坑深さは管そこから20cm必要である。

6. たるみ・不陸補正

EXP-工法は、既設管の中心線に沿って先導体は推進されるため、既設管に蛇行やたるみがあると新設管にもそのまま残る。蛇行は下水管の流下性能に大きな影響はないがたるみは滞水が生じるため極力解消する必要があり、下水管理者からの要望も強い。

図-4は、2007年に施工した京都府八幡市の例で、たるみを生じている区間に改築前にモルタルを打設し、新管のレベルを正規の高さに補正したものである。既設管径250程度の場合、100mm程度の補正は可能である。

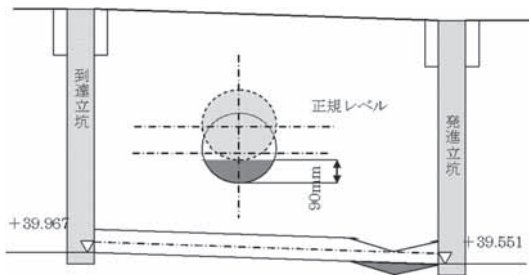


図-4 たるみ区間の補正方法解説図

7. 周辺地盤への影響

EXP-工法は、既設管の中に破碎機を引き込んで破碎機の中央部を拡大して空洞を作製し、その中に新設管を押し込んでいく工法である。このため、既設管破碎時には、管周辺の地盤を半径方向に押し広げる。わが国では、既設管の周辺は、ガス管や水道管、電力ケーブル管などが近接して埋設されていることが多く、改築推進工事の施工に当たっては周辺地盤への影響を明確にしておく必要がある。このため、前回報告に記載したように大掛かりな現地施工試験と地盤変状の計測を実施し、解析を行った。その結果、管上方向および横方向について変位量推定式およびグラフを作成した。横軸に離隔比（離隔/管外半径 L/R_0 ）をとり、縦軸に変位量をとると、離隔比に着目した推定式として、 $\delta = a + b \cdot \log(L/R_0)$ で表すとすれば、 a と b

は、以下ようになる。

上方向変位量は、

$$a = -0.403 + 0.058X$$

$$b = 0.454 + 0.0413X$$

水平方向変位量は、

$$a = -0.514 + 0.0451X$$

$$b = -0.470 + 0.0879X$$

ここで、 X ：拡径量（mm）

L/R_0 ：離隔比（離隔が管外半径の何倍）

図-5は、上方向変位量推定グラフで、図-6は、管高さの水平方向変位量推定グラフである。いずれも、管直近では変位量は拡径量と同じになり、離隔比が大きくなるに従って変位量は減少する。上方向変位量が離隔比3で数センチの変位を示しているのに対し、水平方向が離隔比3ではほぼゼロになっている。これは水平方向変位と比較して上方向変位は土かぶり量の影響を受けることを表している。管外端からの離隔は離隔比で表現してあるので、管外半径と離隔量の比で横軸を決める。また、土かぶりは1.5m以上を想定しているので、極端に小さい場合は改めて検討の必要がある。

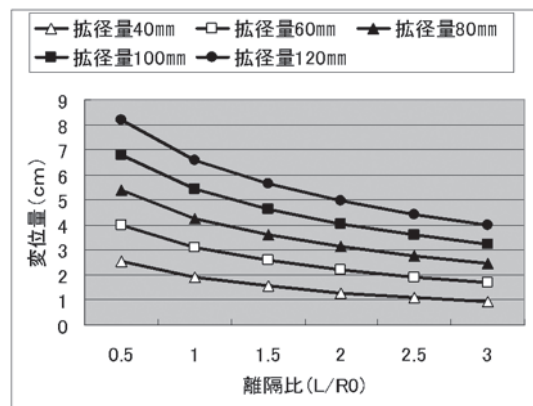


図-5 上方向変位量推定グラフ

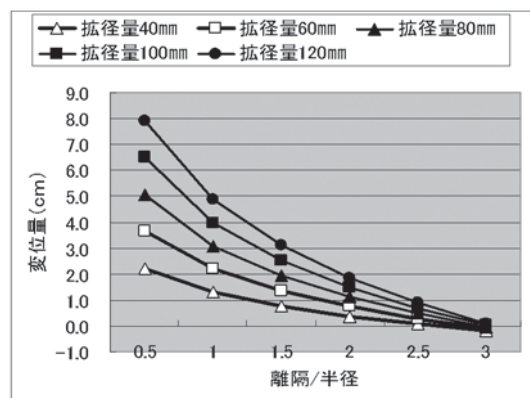


図-6 水平方向変位量推定グラフ

8. 近接管への影響

改築推進される管路に近接した管は、平行に配置されたり、直交して配置されたり、あるいは斜めに交差するように配置されたりさまざまな状況が想定される。また、材質や管径、管の厚さなどに関してもガス管であれば、鋼管やダクタイル管、水道管であれば塩ビ管やポリエチレン管などが使用される。容易に想定されるように、近接管の種類と管径、管厚が同じ場合、近接管への影響がもっとも大きいのは直交するケースである。平行管の場合も破砕機の通過時には長さ方向に対して局所的な変形を受けるが、3次元FEM解析の結果、直交管と比較すれば格段に影響が少ないことがわかった。したがって、ここでは直交管への影響について示す。図-7は、破砕される管と直交する管に影響を与える地盤の変位量を表す。横軸は破砕される管の中心線からの距離であり、縦軸はその位置の変位量を表す。大きい値から順に管からの離隔が小さい近接管位置での変位量を表している。近接管が直交する場合、図-8に示すように、直交管は上（拡径管上部にある場合）に曲げられる。この時の断面力について、応答変位法の考え方を適用し、弾性床上の梁でモデル化された構造物に対して、地盤ばねを介して変位を作用させることで、増分断面力を求める。ここでは、ガス管用ダクタイル鋳鉄管を対象とした。近接管は、径100mm、150mm、200mm、300mmに対して検討した結

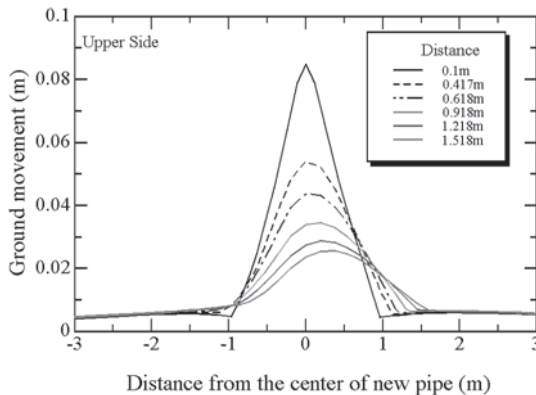


図-7 近接管位置における変位量

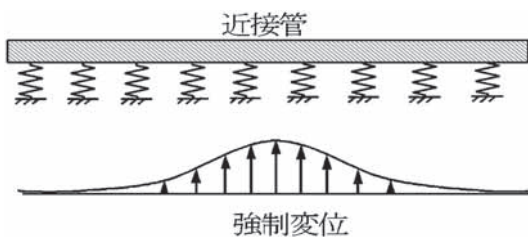


図-8 直交近接管の検討モデル

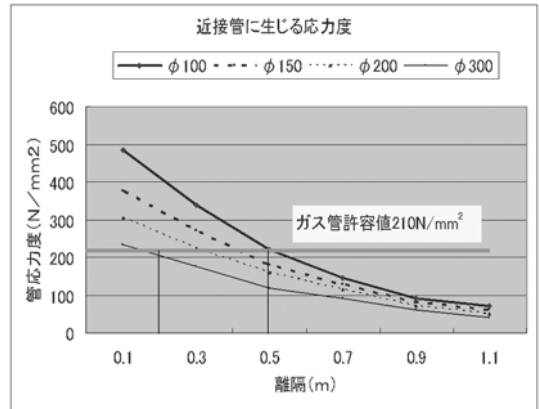


図-9 直交近接管の発生応力度

果を図-9に示す。許容応力度は近接管の状態によって変わるが、仮に新管の引っ張り強さの1/2とした場合、300mm管で0.2m、100mm管で0.5mが安全離隔となる。

9. 概算施工費

EXP-工法は、エキスパンディットと呼ぶ先導体と牽引装置、押し込み装置などのシステム装置とクレーン付トラックなどの汎用機械など一連の機械費と、1パーティー6～8人の労務費、および設置する新管の材料費で施工費（直工費）が決まる。現時点では施工件数が多くないため専用施工機械の稼働率が小さいため機械器具費が大きなウエイトを占めている。これらの施工機械と推進工事用労務者を必要日数積み上げて施工費になる。図-10は、既設管が標準の場合のスパン別の新管材別の概算施工費である。1回の施工では、固定的に必要な費用があり、スパン長が小さいとm当たりの施工費は割高になる。

図-11は、既設管の状態が悪く施工速度が遅くなる条件の場合の概算施工費である。下水管の場合は、

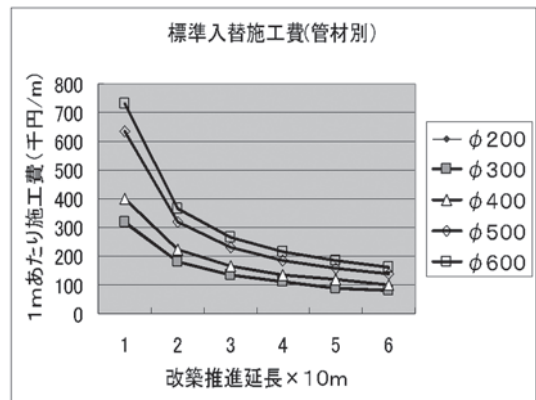


図-10 標準施工の場合の管径とスパン別施工費

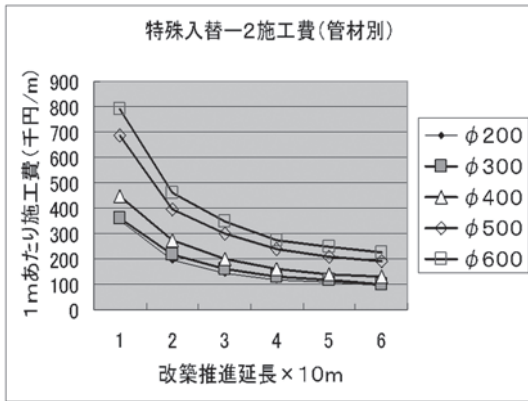


図-11 特殊施工の場合の管径とスパン別施工費

スパン長は10m程度から60m程度まで幅広く、mあたりの施工費が大きく変動することに留意しなければならない。当然のことながら、全体で1スパンのみのケースと複数スパンを連続して施工可能な場合で直工費も変わること留意しなければならない。

10. まとめ

EXP-工法は、下水道新技術推進機構の新技術審査証明を取得したが、急激な普及をしているとはいえないが、今後改築推進の必要な路線は急増することは明らかである。取り付け管に対して施工費を考慮した有効な工法が求められているが、このほかについてはおおむね開発は完了した。今後工事量が増加し施工費の低下が図られれば大きな戦力になると考えている。必要なEXP-機械は、まだ全体が揃っていないができるだけ早く整備しなければ営業的に不都合が生じる。とはいえ、適用管径については、下水道系ではヒューム管300mmまで、塩ビ管400mmまでが多く、伏せび(JR横断排水管)では、500あるいは600である。これらを考えて、今後効率的な整備を進める予定である。

参考文献

1. 平井、張、佐藤「エクспанディットによる管入替工法の開発」第16回非開削技術研究報告会報告書、pp.91-98、2005年11月JSTT
2. 平井、「エクспанディットによる管入替工法の開発」、大林道路技術報NO.36、2006年4月、pp.1-16
3. Hirai M, Yamaoka R, Cho M, Shimada H, Sato T, 「The field test of pipe bursting and replacement system by the EXPANDIT, and the ground movements」CDR of 24th International No-Dig Conference and Exhibition, 2006, Oct.
4. 山岡、島田、松井、張、「改築推進工法に伴う地盤変状計測および解析」第17回非開削技術研究報告会報告書、pp.19-26、2006年11月
5. R. Yamaoka, H. Shimada, T. Sasaoka, M. Hirai, 「Analytical Study on the Ground Movement Caused by Pipe Bursting,」CDR of 25th International No-Dig Conference and Exhibition, 2007, Sep.
6. 山岡、「エクспанディットによる改築推進工法『エコTMS・管入替工法』」、No-Dig Today No.62 pp.30-35, 2008, Jan.



写真-1 EXP-500Rの設置状況

オーククレーWetの配合設計方法の検討

藤田 義 憲*
 小嶋 匠**
 長屋 龍 三***

はじめに

従来のグラウンドにおけるクレイ舗装では、赤土、真砂土、荒木田等の天然素材をそのまま使用してきた。しかし、これらの素材は天候に左右されやすく、雨、風当等に弱く、四季を通じて最良のコンディションを保つことが極めて困難である。

当社のオーククレーWetは、天然素材に土壌改良材を混合することにより、耐水性や保水性を向上させたクレイ舗装である。オーククレーWetは、今日まで多くの施工実績があるものの、確立された配合設計方法がないため、主にグラウンド施工の経験豊富な技術者の判断に頼っていたのが現状である。

本報告は、過去の事例を検証するとともに新たな知見を加えて、オーククレーWetの配合設計方法を検討した結果をとりまとめたものである。

1. オーククレーWetとは

オーククレーWetでは土壌改良材として、従来は廃棄処理してきた活性白土やゼオライトの副生成物を有効利用して製造したオーククレーWet素地（以下、Wet素地）を用いている。

Wet素地は天然鉱産物の水溶液の中和合成反応品が主体であり、水を抱き込んだ状態で生成される、電荷的に安定した結晶質や非晶質のアルミナ珪酸塩から成る。そのため、その大部分が水分でありながら、湿った状態でないという特徴的な高保水性を有する。アルミナ珪酸塩は、非常に細かく大きな比表面積を有するため、珪酸質水酸基が界面に多く存在し、それらの引き合う力が強いので、凝集力が非常に強いという性質を有する。その性質ため、団粒を形成しやすく、締固めると容易に耐水性団粒となる。さらに、耐水性団粒には乾燥と湿潤の繰り返しによって、ますます耐水性が強くなるという性質がある。

オーククレーWetは、現地土に上記のような特性を

有するWet素地を容積比で15～30%混合することで、土が有する特性を生かしながら、新しい機能（高保水性と耐水性）を付加させたクレイ舗装材である。

オーククレーWetの従来の配合設計では、表-1に示す試験を実施してきた。これらの試験結果から、グラウンド施工の経験豊富な技術者が総合的に判断して、配合を決定していた。なお、表-1の中の水壊試験は、供試体を水浸させ崩壊するまでの時間を測定することによって、耐水性を評価する試験である。

表-1 従来の配合設計における試験項目

試験項目	試験方法	突固め方法				
		ランマー 質量 kg	モールド 径 cm 高さ cm		突固め 層数 回数	
含水比試験	JGS 0121	—	—	—	—	—
粒度試験	JGS 0131	—	—	—	—	—
水壊試験	自社規準	6.5	5	5	1	10
透水試験	JGS 0311	2.5	10	12.7	3	10

2. 実態調査

従来の配合設計方法を見直す資料を得るため、過去にオーククレーWetが施工された3箇所において実態調査を実施した。その結果を表-2に示す。

表-2 実態調査結果

試験項目		〒高校 野球場外野	〒高校 野球場内野	J 大 野球場外野
粒	通過	4.75mm 100	100	100
	2mm	99.6	99.9	98.7
	質量	0.850mm 95.8	98.3	91.1
	0.425mm	72.9	83.4	78.3
	百分	0.250mm 43.0	58.7	63.7
度	分	0.106mm 21.5	31.6	19.8
	率	0.075mm 18.7	25.7	16.5
	(%)	0.005mm 7.7	8.2	9.5
確	分	% 0.4	0.1	1.2
	粗	分 % 27.1	16.0	20.2
	砂	分 % 53.4	57.4	63.0
	細	分 % 10.9	18.8	6.1
	シル	分 % 8.2	7.7	9.5
	ト	分 %		
粘	土	分 %		
	最大	mm 4.75	4.75	4.75
	60%	mm 0.340	0.256	0.233
	50%	mm 0.284	0.188	0.192
	30%	mm 0.148	0.093	0.131
	10%	mm 0.010	0.008	0.006
	均等	U _c 35.4	32.8	41.6
	曲率	U _s 6.7	4.3	13.2
	係数	P _s 2.702	2.664	2.719
	土粒子の密度			
三角座標分類		砂	シルト質砂	砂
粒度判定		階段粒度	粒度が大きい	階段粒度
現場試験	含水比	% 24.1	24.0	30.2
	湿潤密度	g/cm ³ 1.683	1.652	1.595
	乾燥密度	g/cm ³ 1.358	1.332	1.225
	プロクニートル標準値*	ホント 52±10	77±12	77±15
		ホント 30~80	30~80	30~80
施工内容	配合(体積比)		黒土 6	砂質土 4
		赤土 5	砂 2	赤土 2
		砂 3	赤土 2	砂 2
		Wet素地 2	Wet素地 2	Wet素地 2
厚さ (cm)		15	15	15

* 日本体育施設協会：屋外体育施設の建設指針平成17年改訂版

* 技術研究所環境研究室室長

** 技術研究所環境研究室

*** 本店営業部営業課



3. オーククレ－Wetの性状

前述の施工箇所から採取した試料を用いて、オーククレ－Wetの性状試験を行うとともに、過去の配合設計のデータを基にして、使用土とオーククレ－Wetの性状を確認した。その結果を以下に示す。

3-1 供試体作製方法の変更

従来の配合設計では、一般的なモールドや突固め方法を採用していないので、性状試験を行うに当たって、供試体の作製方法を見直した。

突固めには、一般的なφ10cm、高さ12.7cmのモールドを使用することにし、前述の施工箇所から採取した試料を用い、突固め回数を変化させた供試体を作製した。作製した供試体の密度と現場密度とを対比することで、突固め回数を3層12回に決定した。その結果を表-3に示す。

表-3 現場密度と室内突固め密度（3層12回）の比較

試験項目		T高校 野球場外野	T高校 野球場内野	J大学 野球場外野
現場	含水比 %	24.1	24.0	30.2
	湿潤密度 g/cm ³	1.683	1.652	1.595
	乾燥密度 g/cm ³	1.356	1.332	1.225
室内 (現場/室内)密度比	含水比 %	24.0	24.2	30.2
	湿潤密度 g/cm ³	1.685	1.676	1.519
	乾燥密度 g/cm ³	1.358	1.352	1.167
(現場/室内)密度比		1.00	0.99	1.05

3-2 水壊時間

水壊試験では、φ5cm、高さ5cmのモールドを使用することとし、供試体の作製については、前述の突固め方法で得られた密度と同じにするため、JGS 0812「安定処理土の静的締固めによる供試体作製」に準ずることにした。

さらに、供試体を水浸させ崩壊するまでの時間を目視ではなく、写真-1に示すように質量変化をコンピュータに導出することによって、水壊時間を測定することにした。

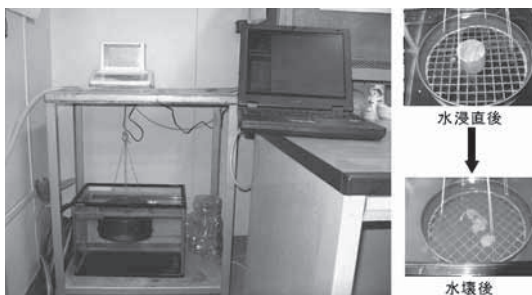


写真-1 水壊試験状況

前述の施工箇所から採取した試料を用いた水壊試験の結果を表-4に示すが、いずれも水壊時間が20秒以上になっている。したがって、オーククレ－Wetの

水壊時間の目標値としては、20秒以上が妥当と思われる。

表-4 オーククレ－Wetの水壊時間と透水係数

試験項目		T高校 野球場外野	T高校 野球場内野	J大学 野球場外野
水壊時間	秒	28	55	39
透水係数	cm/s	1.9×10^{-4}	1.4×10^{-4}	2.8×10^{-4}

3-3 透水係数

Creagarは、砂のD₂₀(20%粒径)と透水係数の関係を表-5¹⁾のように示した。過去の配合設計における使用土の透水係数の実測値とCreagarの関係から求めた推定値とを比較したものを図-1に示す。この図から、礫分の含有量が20%以下であれば、この方法で使用土の透水係数の推定ができそうである。

表-5 CreagarによるD₂₀と透水係数の関係¹⁾

D ₂₀ (mm)	透水係数 (cm/s)	土質分類	D ₂₀ (mm)	透水係数 (cm/s)	土質分類
0.005	3.00×10^{-9}	粗粒粘土	0.18	6.85×10^{-3}	微粒砂
0.01	1.05×10^{-8}	細粒シルト	0.20	8.90×10^{-3}	
0.02	4.00×10^{-8}	粗砂シルト	0.25	1.40×10^{-2}	中粒砂
0.03	8.50×10^{-8}		0.30	2.20×10^{-2}	
0.04	1.75×10^{-7}		0.35	3.20×10^{-2}	
0.05	2.80×10^{-7}	極微粒砂	0.40	4.50×10^{-2}	粗粒砂
0.06	4.60×10^{-7}		0.45	5.80×10^{-2}	
0.07	6.50×10^{-7}		0.50	7.50×10^{-2}	
0.08	9.00×10^{-7}		0.60	1.10×10^{-1}	
0.09	1.40×10^{-6}	微粒砂	0.70	1.60×10^{-1}	粗粒砂
0.10	1.75×10^{-6}		0.80	2.15×10^{-1}	
0.12	2.60×10^{-6}	微粒砂	0.90	2.80×10^{-1}	細礫
0.14	3.80×10^{-6}		1.00	3.60×10^{-1}	
0.16	5.10×10^{-6}		2.00	1.80	

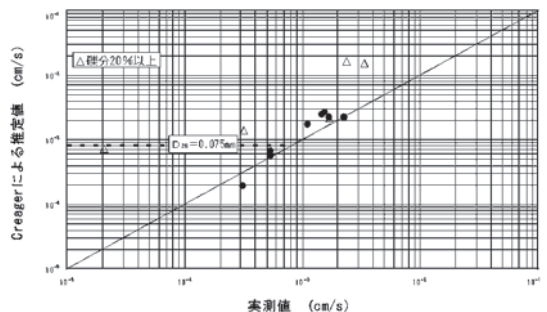


図-1 透水係数の実測値とCreagarによる推定値

施工箇所から採取した試料を用いて、前述の突固め方法で作製した供試体の透水試験結果を表-4に示すが、いずれも透水係数が 1×10^{-4} cm/s以上となっている。したがって、オーククレ－Wetの透水係数の目標値として、 1×10^{-4} cm/s以上が妥当と思われる。

使用土単体とWet素地を容積比で20%混合したオーククレ－Wetの透水試験の結果を表-6に示す。この結果から、オーククレ－Wetの透水係数は、使用土の透水係数によって左右されることがわかる。したがって、オーククレ－Wetの透水係数が 1×10^{-4} cm/s以上を満足するためには、使用土の透水係数で 1×10^{-4} cm/sより幾分高い値が必要となる。

表-6 使用土とオーククレーWetの透水試験結果

透水係数 (cm/s)		変化	土の種類 (混合割合は容積比)
使用土	オーククレーWet		
4.05×10^{-2}	3.34×10^{-2}	↘	山砂
3.61×10^{-2}	2.09×10^{-2}	↘	山砂：荒木田土=83.2：16.8
3.37×10^{-2}	3.17×10^{-2}	↗	まさ土
3.28×10^{-2}	3.28×10^{-2}	↔	まさ土
2.95×10^{-2}	1.59×10^{-2}	↘	山砂：荒木田土=82.0：18.0
2.38×10^{-2}	3.09×10^{-2}	↗	まさ土
2.32×10^{-2}	2.50×10^{-2}	↗	砂
2.09×10^{-2}	6.71×10^{-4}	↘	山砂：荒木田土=68.8：31.2
1.56×10^{-2}	1.65×10^{-2}	↔	現場発生土
2.56×10^{-5}	2.84×10^{-5}	↔	山砂：荒木田土=55.0：45.0
1.31×10^{-5}	4.12×10^{-5}	↗	現場発生土
1.40×10^{-5}	1.20×10^{-4}	↗	砂
6.54×10^{-7}	1.12×10^{-5}	↘	シルト質砂

3-4 保水性

土の保水性を表わすのにpFという数値が用いられているが、その概念は以下のとおりである。

不飽和な土には重力によって水が流下しようとする力(重力ポテンシャル)と土が水を保持しようとする力が作用し、両者に差があると水分は移動する。後者は重力に逆らって水を保持する力であるので、大気圧を基準にとると負の圧力になり、これを吸引圧(サクシオン)という²⁾。

この吸引圧は、土粒子表面の種々の吸引圧と液体・気体界面の毛管力などによる。単位質量の水を自由水面からある点まで動かすのに必要な仕事を毛管ポテンシャルと呼び、この対数をpFで表す。すなわち、浸透圧を無視して吸引圧Sを水柱の高さh(cm)として次式で表される²⁾。

$$pF = \log_{10}(S / \gamma_w) = \log_{10} h$$

ここで、 γ_w は水の単位体積重量

横軸に体積含水率 θ (%)あるいは含水比 ω (%)、縦軸にpFをとって、土中の水分保持状態を示した曲線を水分特性曲線という(図-2参照)。

水分特性曲線の各部分の勾配($\Delta\theta / \Delta pF$)がそのpFでの保有水分を示しており、その状態での保水機能を表している。この保水機能は、図-3のように表面保水と間隙保水との2つの形態に大別される³⁾。

JGS 0151「土の保水性試験」に準じて求めたオーククレーWetの水分特性曲線を図-4に示す。なお、図中の砂丘砂、黒ぼくおよび関東ロームのpFの値は参考文献4)から引用したものである。この図から、オーククレーWetの保水性は砂よりも高く、黒ぼくのような粘性土に近いことがわかる。

4. 配合設計方法の変更

4-1 使用土の目標値

過去の施工事例では、使用土のシルト+粘土分(0.075 μ m通過分)は20%以下が多い。シルト+粘土分が20%の場合のD20は0.075mmであり、Creagar

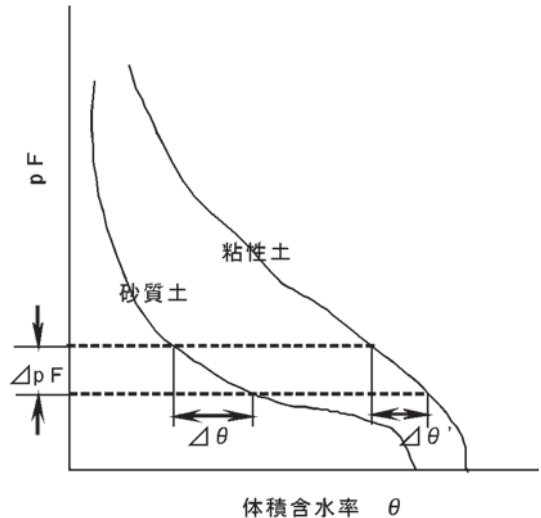


図-2 水分特性曲線と土の保水状態³⁾

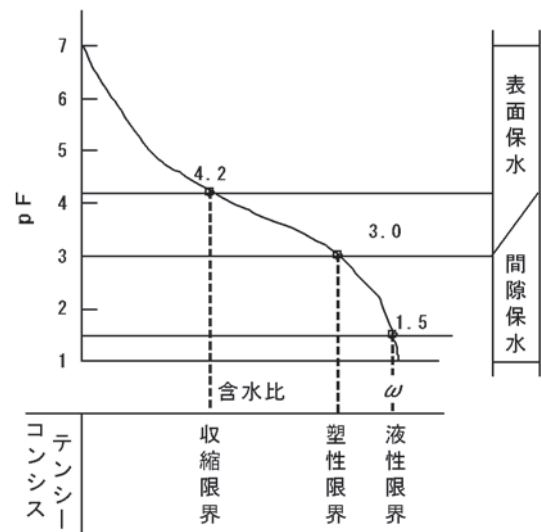


図-3 保水状態と土のコンシステンシー³⁾

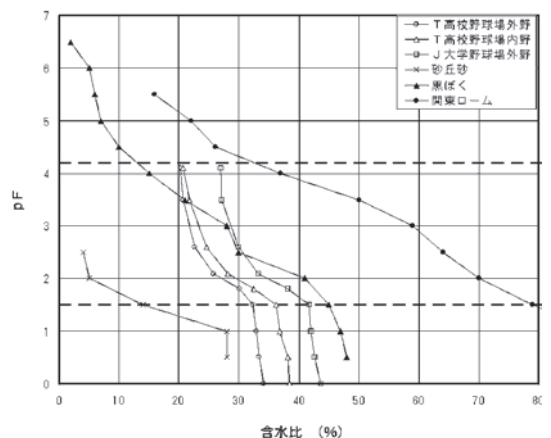


図-4 オーククレーWetの水分特性曲線

の関係からその透水係数は $8 \times 10^{-4} \text{cm/s}$ と推定される。したがって、シルト+粘土分が20%以下であれば、その透水係数は $8 \times 10^{-4} \text{cm/s}$ 以上と推定されるので、Wet素地を混合することによって透水係数が低下したとしても、 $1 \times 10^{-4} \text{cm/s}$ 以下になる可能性は低いと考えられる。

以上のことから、使用土のシルト+粘土分の目標値を20%以下とした。

4-2 オーククレーWetの目標値

前述の性状試験結果から、オーククレーWetの水壊時間と透水係数の目標値をそれぞれ20秒以上、 $1 \times 10^{-4} \text{cm/s}$ 以上とした。

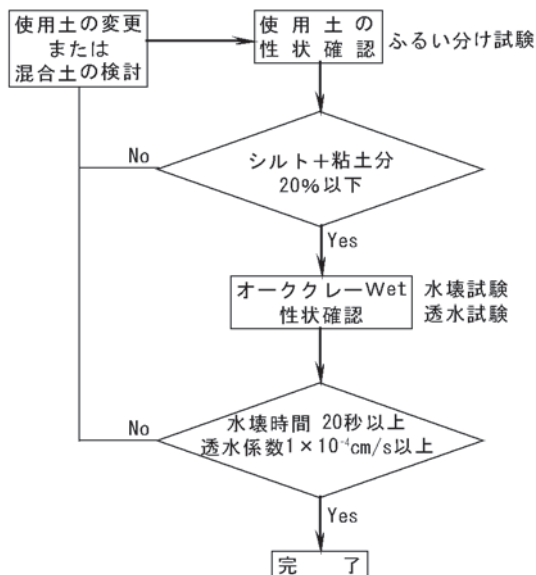


図-5 新しい配合設計方法

4-3 新しい配合設計方法

新しい配合設計方法を図-5に示す。この方法によれば、従来の方法とは異なり、使用土とオーククレーWetの目標値が明確であるので、経験の豊富な技術者でなくても、配合設計ができるようになる。なお、Wet素地は容積比で20%を標準とした。

おわりに

オーククレーWetの実態調査と性状試験結果から、使用土とオーククレーWetの目標値を設定することで、新しい配合設計方法を提案した。また、pFという指標を用いることで、オーククレーWetが高い保水性を有することも検証できた。

より完成度の高いオーククレーWetとしていくには、耐水性を評価するために便宜上用いている水壊試験に代わる、より確かな試験方法を開発する必要がある。さらに、グラウンドのクレイ舗装として要求される防塵性などについても検討していく必要がある。

【参考文献】

- 1) 土質工学会編：掘削のポイント、土質工学会、p. 180、1967
- 2) 土質工学会編：粘土の不思議、土と基礎、pp. 51～59、1986
- 3) 箭内寛治、飯竹重雄：pFの工学的応用（その1）、土と基礎、Vol. 35、No. 2、pp. 99～105、1987
- 4) 東山勇、石田朋晴：pFの基本的意味（その2）、土と基礎、Vol. 34、No. 12、pp. 71～76、1986
- 5) 中野政詩、宮崎毅、塩沢昌他：土壤物理環境測定法、東京大学出版会、1995
- 6) 地盤工学会編：土質試験の方法と解説—第一回改訂版—、地盤工学会、2000

ハイブリッド舗装について

(配合設計と施工方法)

関 孝 之*

1. はじめに

高速道路のトンネル内舗装はコンポジット舗装が標準であったが、東日本高速道路(株)、中日本高速道路(株)、西日本高速道路(株)(以下、NEXCOという)は、コスト縮減を目的に写真-1に示すような、高機能舗装(表層)と砕石マスチックアスファルト舗装(中間層)(以下、SMAという)を組み合わせた構造および機能を併せもつ新しい舗装(以下、ハイブリッド舗装という)を開発し実用化した。

このハイブリッド舗装を適用することにより、従来のコンポジット舗装で2層施工を行っていたところを、1層施工することが可能となり大幅なコスト縮減が可能となった(図-1参照)。しかし、その反面、配合設計では1層施工で2層構造とするための粒度の設定や、新しい試験方法、真空パックによる密度管理等、はじめて扱うものにとっては多少困難な混合物である。また、施工の面でもダレやすい混合物であるため、ダンプ運搬時のダレ、転圧時のフラッシュ現象の発生等、非常に神経を使う舗装である。

本報告は、過去の施工事例から得られたノウハウをもとに配合設計方法および施工方法を取りまとめたのである。

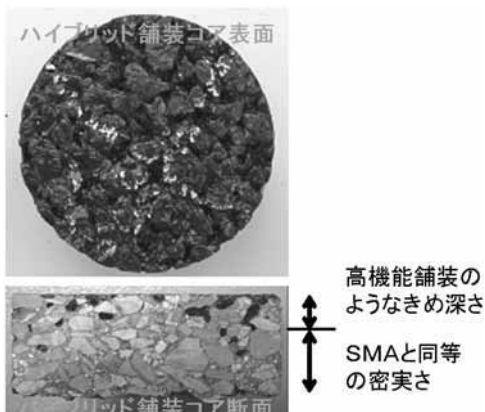


写真-1 ハイブリッド舗装

*技術研究所材料研究室

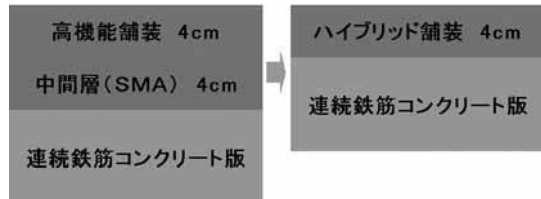


図-1 ハイブリッド舗装の舗装構成

2. 配合設計について

2-1 使用材料

ハイブリッド舗装に使用する材料は、NEXCOの設計施工要領第一集(舗装編)3-4-2材料規定のとおりであるが、以下に示すことに注意すべきである。

① 単粒化した6号砕石は使用しない。

単粒化した6号砕石を用いた場合、写真-2に示すようにアスファルトモルタル(以下、アスモルという)分がダンプ運搬時荷台にダレてしまうことが多い。このような状態になると、舗装にアスモル分が十分に供給されず、舗装下部に密実層が形成されず高機能舗装のように透水してしまう。



写真-2 ダンプ荷台のダレ



② 細骨材の配合は2種類の組み合わせを用いる。

粒度範囲が極端に狭いため、1種類の砂では粒度の設定が困難である。そのため、細目砂を基本とし、もう1種類用いる。一般的にはスクリーニングスを用いるケースが多い。なお、細目砂はダレ抑制に効果があるため必ず使用する。

③ 0.075mmpassが少ない(75%以下：経験値)粗い石粉の使用は控える。

上記に示したような石粉を用いると、粒度設定の際0.075mmpassを合わせ込むため、石粉量が多い配合となる。つまり、相対的に6号砕石の配合量が少なくなる。これにより、混合物としては空隙率が小さくなる傾向にあり、アスファルト量を減らさなければ規定の空隙率を確保することが困難になる。このような配合では、F/Aが大きくアスモル分が硬すぎてワーカビリティの低い混合物となってしまう恐れがある。このような配合の混合物では、転圧作用でハイブリッド舗装特有の構造を形成させるのは困難である。

2-2 配合

配合試験は「ハイブリッド舗装設計施工の手引き(案)」にしたがい行えば良いが、以下に示すことに留意し行うと良い。

① 4.75mm pass - 30~32% , 0.6mm pass - 20% , 0.075mm pass - 10% を目標に粒度設定すると良い。

ハイブリッド舗装混合物は、適度な骨材間隙とそれに充填されるアスモル量が重要なポイントである。上記に示した通過量より上方側では、適度な骨材間隙が確保できず、高機能舗装に類似したきめ深さが得られにくくなり、下方側ではアスモル量が多くなりすぎ、ダンプ荷台上でダレやすくなる。

② 混合および締固め温度はダレ試験から設定するのが望ましい。

混合、締固め温度については、基本的にはメーカー推奨値を適用するが、ポリマー改質アスファルトII型は主に密粒度アスファルト混合物を対象に、ポリマー改質アスファルトH型は主にポーラスアスファルト混合物を対象に設定されている。つまり、ハイブリッド舗装用に設定されている訳ではない。過去の経験では、ハイブリッド舗装混合物のダレ試験で得られるダレ付着損失率の基準値を混合温度の上限値に、そこから-10(°C)を混合温度下限値および締固め温度上限値に設定するとハイブリッド舗装特有の構造になりやすいことがわかっている。

③ 基本的に7号砕石は使用しない。

代替の骨材がなく粗い6号砕石(4.75mm~2.36mmが少ない)を使用する場合は、7号砕石の使用を検討する。ただし、7号砕石を使用する場合はアスファルトプラントでの計量誤差が大きにならないようにアスファルトプラントでの最小計量値(約5%程度)以上とする。

④ 空隙率、骨材間隙率(以下、VMAという)、飽和度は図-2に示すような関係がある。配合設計の際は参考にすると良い。

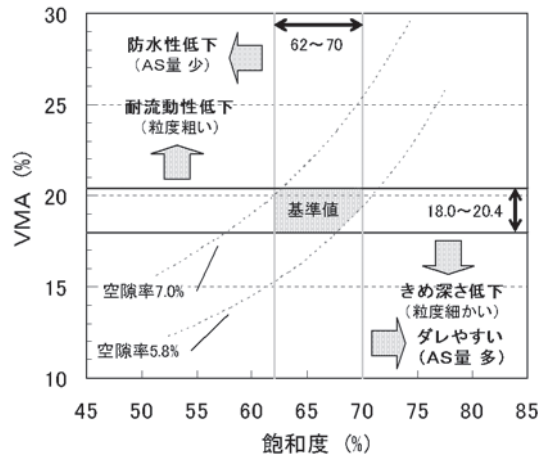


図-2 空隙率、VMA、飽和度の関係

3. 施工について

ハイブリッド舗装の施工についての留意点を以下に示す。

① 合材温度、運搬時間および距離はダレへの影響は大きい。事前に十分に把握しておく。

ダンプ荷台上でのダレは、合材出荷温度、運搬時間および距離に影響されやすい。合材の出荷温度や運搬時間が長すぎ到着温度が低すぎると、施工時のワーカビリティが低下し、高機能舗装に類似したきめ深さが得られにくくなる。また、合材出荷温度が高すぎたり、長時間ダンプ荷台に合材を抱えたまま運搬すると、ダレやすくなる。ハイブリッド舗装はトンネル内での施工が多く、ダンプアップの高さが制限されるので、ダンプ荷台上でダレが発生すると荷下ろしできない可能性がある。合材温度、運搬時間等は十分に把握しておく必要がある。なお、ダンプ荷台にダレてしまった合材をフィニッシャに供給すると写真-3に示すような、フィニッシャセンター部に筋状のフラッシュが発生し、舗装表面が均一なテクスチャとならない。



写真-3 フラッシュ状況

② フィニッシャはタンパ・パイプが備わった機種が、初期転圧機種はマカダムローラが良い。

上記の機種を使用すると、下層の密実層を形成するアスモル分を沈下させやすく、ハイブリッド舗装特有の構造に仕上げやすい。なお、ハイブリッド舗装は現在トンネル内の連続鉄筋コンクリート版上での施工がほとんどであり、合材温度は敷均し直後から急激に低下する。そのため、フィニッシャ1台に対しマカダムローラ（10t級）を2台配置し、初期転圧が遅れをとらないで施工できる体制が望ましい。

③ 二次転圧機種はタンデムローラで素早く行う。

二次転圧は、マカダムローラのタイヤマークを消すことが主な目的である。使用機種はタンデムローラ（7t級）で行う。その際、初期転圧後から仕上げ転圧までのわずかな温度範囲で行わなければならないので素早く行わなければならない。

④ 仕上げ転圧機種はタイヤローラで、また、仕上げ転圧開始温度は75℃程度が良い。

仕上げ転圧は、タイヤローラ（15t級）で行う。その際、高温での転圧および過転圧は表面のきめ深さを損なう恐れがあるので注意が必要である。75℃で仕上げ転圧を開始するとすべり抵抗性に良い効果があることが過去の経験でわかっている。

⑤ 転圧時の散水は極力控える。

転圧時の多量の散水は合材の温度を急激に低下させるため、下層の密実層を形成するアスモル分の流動性が低下し沈下しにくくなる。ローラの鉄輪部に供給する水の量は間欠散水やウエス等を介して供給する（写真-4参照）など工夫し、極力控えると良い。

4. 施工事例

ハイブリッド舗装を実際に施工した中国自動車道吉川～佐用間舗装補修工事（西兵庫アスファルトプラントから合材出荷、平成19年11月）の試験施工を施工事例として示す。

4-1 配合設計

(1) 粒度の設定

当該工事で行った配合設計時の配合割合を表-1に、粒度を表-2、図-3に示す。

表-1 配合割合

配合名	配合割合 (%)				
	6号碎石	7号碎石	砕砂	細目砂	石粉
配合①	89.5	5.0	6.0	8.5	13.0
配合②	72.0	5.0	5.0	7.0	11.0

表-2 合成粒度

項目	配合① (%)	配合② (%)	粒度範囲
19.0 (mm)	100.0	100.0	100
13.2	97.7	97.6	95~100
4.75	34.0	31.6	30~38
2.36	25.3	23.0	22~27
0.6	19.1	17.2	17~21
0.3	16.2	14.3	15~18
0.15	12.9	10.9	10~13
0.075	9.8	8.2	9~11

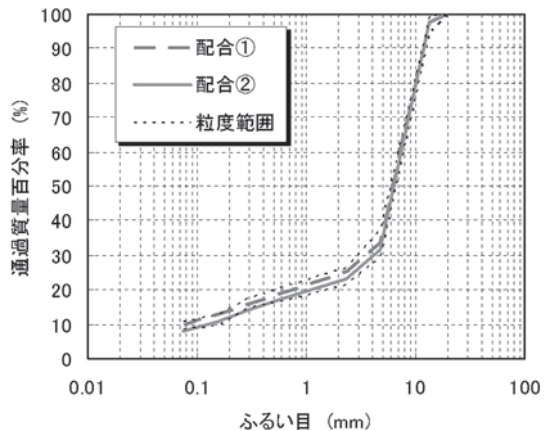


図-3 合成粒度

配合①については、粒度範囲の中央値を目標とし設定した配合。配合②については、4.75mmpassが32%以上では舗装表面のきめ深さが得られにくくなるのが経験的に予想できたため、4.75mmpassを32%以下に設定した配合とした。

(2) 空隙率、VMA、飽和度の関係

上記で設定した配合について、アスファルト量3点でマーシャル供試体を作製し、空隙率、VMA、飽和度の関係を調べた。結果を表-3、図-4に示す。

表-3 空隙率、VMA、飽和度の関係

配合名	AS量 (%)	見かけ法			
		真空バック法			
		空隙率 (%)	空隙率 (%)	VMA (%)	飽和度 (%)
配合①	5.3	1.8	4.8	17.1	71.9
	5.6	1.8	4.1	17.1	76.0
	5.9	1.6	3.5	17.2	79.7
配合②	5.5	2.8	6.4	18.9	66.1
	5.8	2.3	5.7	18.9	69.8
	6.1	2.0	5.4	19.2	71.9

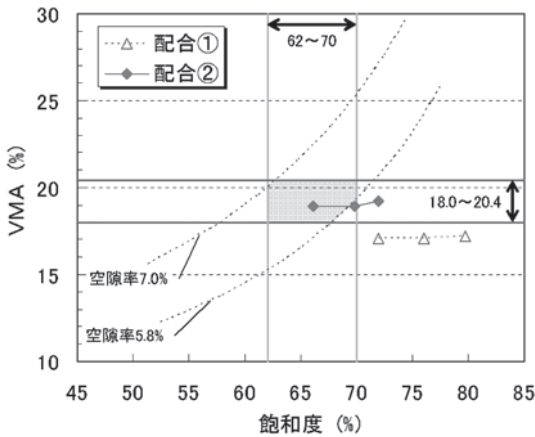


図-4 空隙率、VMA、飽和度の関係

配合①に関しては、粒度が細かくVMAがマーシャル基準値を満足することができなかった。

配合②に関しては、マーシャル基準値をアスファルト量5.5~5.7% (中央値の5.6%をOAC) で満足できた。よって、配合②を暫定室内配合とした。

(3) 混合・締固め温度の設定

暫定室内配合でのハイブリッドのダレ試験を行った。その結果180℃まで付着損失率の基準値を満足することができる結果が得られたため、図-5に示したとおり、混合温度上限を180℃に下限を170℃、締固め温度上限を170℃に下限を160℃とした。

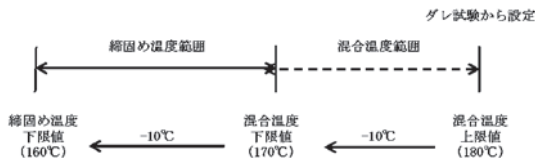


図-5 混合・締固め温度

(4) 機能性、耐久性試験

暫定室内配合を用いて機能性、耐久性試験を行った。結果を表-4に示す。

表-4 各試験結果

項目	暫定室内配合	規格値
MPD (mm)	1.872	1.2以上
動的安定度 (回/mm)	6,000以上	3,000以上
透水係数 (cm/sec)	不透水	1×10^{-7} 以下
曲げひずみ (ϵ)	6.48×10^{-3}	6×10^{-3} 以上
摩耗量 (cm^2)	0.66	1.1以下
剥離面積率 (%)	1.5	5.0以下

暫定室内配合は、すべての規格値を満足出来たためこの配合を室内配合とした。

4-2 試験施工

(1) 施工条件

実際の施工を極力再現し試験施工を行った。試験施工条件を表-5、図-6に示す。

表-5 施工条件

合材出荷温度 (°C)	数均し温度 (°C)	初期転圧温度 (°C)		2次転圧 (°C)		仕上げ転圧 (°C)	
		温度 (°C)	回数 (回)	温度 (°C)	回数 (回)	温度 (°C)	回数 (回)
173±7	158±10	138以上	11	100以上	0-3-5	75以上	0-3
施工機械	フェーゲル S1600	マカダムローラ サカイR-2		タンデムローラ サカイSW650B		タイヤローラ サカイT2	

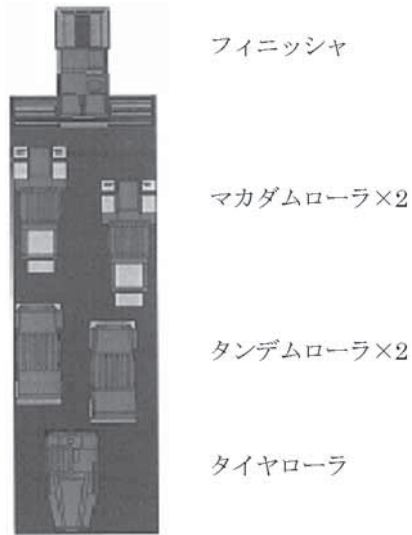


図-6 機械編成

ハイブリッド舗装は、通常の舗装に比べ初期転圧回数が比較的多く、合材温度が低下しやすい。その対策として、転圧機械への散水は写真-4に示すような工夫をし、多量な水の使用を控え合材の温度低下を極力抑えた。

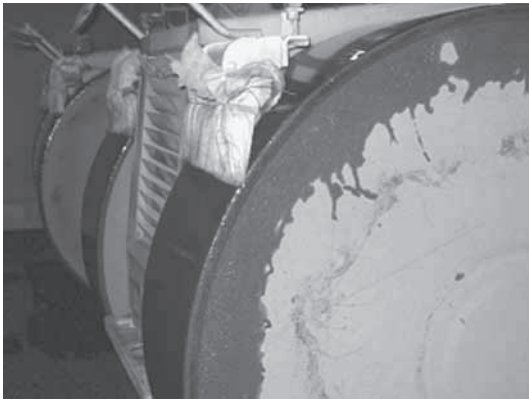


写真-4 転圧機械への散水状況

トンネル内の施工であるため、本施工時はダンプアップ高さが制限される。そのため、試験施工では本施工を想定したダンプアップ高さで荷下ろしした（写真-5参照）。



写真-5 荷下ろし状況

(2) 試験施工結果

合材運搬時にダレが生じ、ダンプ荷台上に若干ではあるが合材が付着していた。また、舗装表面にもフラッシュが筋状に発生した（写真-3参照）。フラッシュ部から採取したコアの表面と断面を写真-6に示す。なお、舗装両端部は高機能舗装のようにきめ深さが大きかった。

写真-6を見てもわかるとおり、全体がSMAのような密実層となってしまうている。また、舗装端部は高機能舗装のようなきめ深さであった。つまり、ダンプ上でダレた合材がそのままフィニッシャに供給され敷き均されたと思われる。

上記の対策として、プラントでのホットビン粒度、アスファルト吐出量を再確認し、出荷温度を5℃低下させダンプ上でダレを極力抑え、再度試験施工を行った。結果として良好なハイブリッド舗装が施工できた。

採取したコアの表面と断面を写真-7に、簡易的な透水試験を行ったので状況を写真-8に示す。さらに、試験施工で決定した施工条件を表-6に示す。

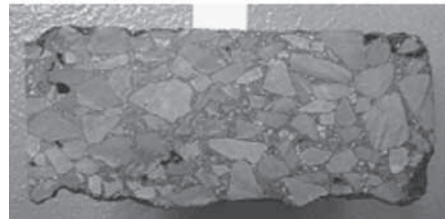


写真-6 フラッシュ部のコア

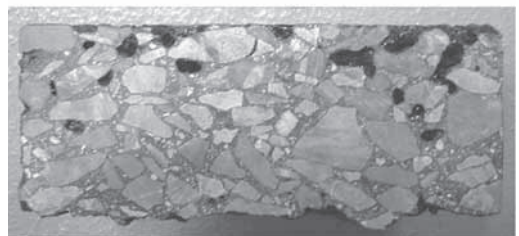


写真-7 ハイブリッド舗装のコア

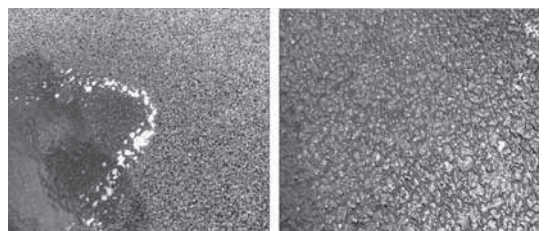


写真-8 簡易透水試験

表-6 施工条件

合材出荷 温度 (°C)	数均し 温度 (°C)	初期転圧温度		2次転圧		仕上げ転圧	
		温度 (°C)	回数 (回)	温度 (°C)	回数 (回)	温度 (°C)	回数 (回)
168±7	158±10	138以上	11	100以上	3	75以上	3

舗装表面は高機能舗装のようなきめ深さと中～下部はSMAのような密実層となっている。

舗装表面に散水した水は舗装体内に浸透していかない。舗装の中～下部がSMAのような密実層が形成されていることが確認できた。

5. おわりに

ハイブリッド舗装は、ダンプ運搬時には荷台上にダ

レズ、施工時のローラによる転圧エネルギーで高機能舗装のようなきめ深さと、SMAのような密実層を持った舗装とするため、粒度や温度管理が特に重要である。技術研究所では、現在までの施工実績やハイブリッド舗装のマニュアル作成時から携わってきた経験を生かし、ある程度ノウハウは蓄積できている。しかし、冬季の施工やトンネル内の冷えた連続鉄筋コンクリート版上での施工も多く、合材の急激な温度低下に対する施工体制や粒度、温度管理等、まだまだ未知な部分が多いのも事実である。今後、実施工を通じさらにノウハウを蓄積していく予定である。

ハイブリッド舗装等の施工について

石井 義昌*
南雲 克之*
古谷 俊男*

1. はじめに

ハイブリッド舗装は、従来のコンポジット舗装の表層と中間層の2層の機能を1層で併せ持つ新しい舗装であり、耐久性、走行快適性を損なうことなく建設コストの縮減が図ることができる。

本書は、連続鉄筋コンクリート舗装の損傷箇所をウォータージェット工法にてはつり、超速硬コンクリートにて補修後、特殊改質アスファルトによる防水工を施工し、ハイブリッド混合物によりオーバーレイを行った工事について報告するものである。

2. 工事概要

工事概要を以下に示す。

- ① 工期：平成19年3月27日～平成20年3月20日
- ② 工事の内容：
 - オーバーレイ 13,267㎡
 - 切削オーバーレイ 38,745㎡
 - レベリング工 131t
 - コンクリート舗装打換工 483㎡
 - 床版防水工 1,585㎡

3. ハイブリッド舗装

3-1 概要

ハイブリッド舗装は、表面は高機能舗装に類似したきめがあり、雨天時のすべり摩擦や騒音低減効果など、高機能舗装と近似した性能を有する。また、内部は砕石マスタック混合物と同等の水密性を有し、舗装体内部への雨水の侵入を防ぐ性能を有する。

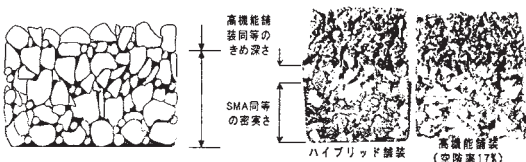
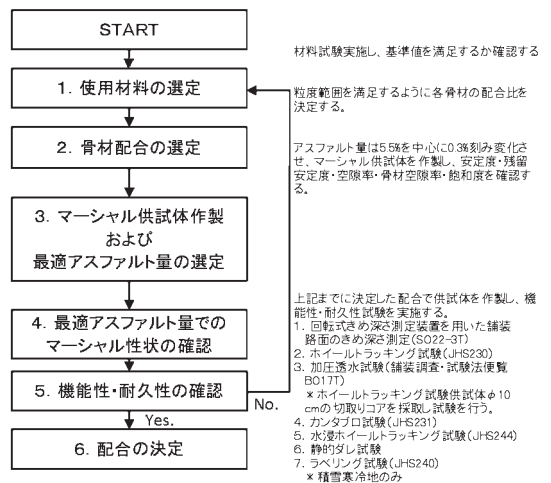


図-1 ハイブリッド舗装の断面

今回工事では、ハイブリッド舗装設計施工の手引き(案)平成19年10月(株式会社高速度道路総合技術研究所)に準じ施工した。

3-2 配合設計



配合設計は上記の流れで実施した。

表-1～表-3に骨材の室内配合割合、ホットビン配合、合成粒度を示す。

表-1 骨材の配合割合(室内)

骨材名	6号砕石	7号砕石	粗目砂	細目砂	石粉
配合比(%)	67.5	10.0	8.0	3.0	11.5

表-2 骨材の配合割合(プラント)

ビン名	3ビン	2ビン	1ビン	ダスト	石粉	アスファルト
配合比(%)	68.0	11.0	13.5	1.0	11.5	5.3

表-3 合成粒度表

	通過重量百分率(%)							
	19.0mm	13.2mm	4.75mm	2.36mm	0.6mm	0.3mm	0.15mm	0.075mm
合成 粒度 (%)	100	96.2	84.4	24.8	19.2	15.2	12.7	10.8
粒度 範囲	100	95~ 100	30~ 38	22~ 27	17~ 21	15~ 18	10~ 13	9~ 11

* 関東支店



ハイブリッド混合物の粒度は、高機能とSMAの中間の粒度といえる。

3-3 試験施工

試験施工は、以下の条件で実施した。

- ・日 時：平成19年11月29日
- ・施工面積：45m×4m=180m²
- ・合材運搬時間：40分
- ・施工厚：t=4cm
- ・施工温度と転圧回数

表-4 目標施工温度

	施工機械	目標施工温度
混合物出荷温度		175±10℃
到着温度		170±10℃
敷均し温度	アスファルトフィニッシャー	165±10℃
初期転圧	マカダムローラー	160±10℃
2次転圧	タンデムローラー	120±10℃
仕上げ転圧	タイヤローラー	80℃以上

表-5 転圧回数

転圧回数	1工区	2工区	3工区
マカダムローラー	4回	6回	8回
タンデムローラー	3回	3回	3回
タイヤローラー	3回	3回	3回

- ・試験結果

表-6 試験施工の結果

	1工区	2工区	3工区	規格値
締固度(%)	96.5	97.0	97.7	96.0以上
転圧減(%)	13.6	15.4	15.4	
すべり抵抗試験	97	91	91	60以上
きめ深さ測定(mm)	1.21	1.20	1.20	1.20以上
目視による観察	良好	良好	良好	

ハイブリッド施工後の表面状況を写真-1に示す。

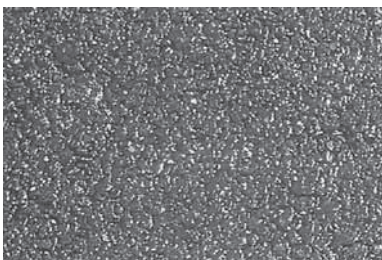


写真-1 ハイブリッド施工後の表面状況

以上の結果から、各項目について規格値を満足することができた。きめ深さについては、転圧回数による数値の違いがほとんど無いことより、本施工において締固め度を確保するため、3工区の転圧回数とした。

また運搬時におけるダレの発生は無く、舗設後の表面状況についてもフラッシュすることも無く良好な状況であった。

特殊改質アスファルトによる防水材（マルチコート）の施工では、ハイブリッドのみとハイブリッド+マルチコートにおいて加圧透水試験を実施し、この両者を比較した。

加圧透水試験結果を表-7に示す。

表-7 加圧透水試験結果（規格値 1.0×10^{-7} ）

	透水係数(cm/s)
室内配合試験結果	不透水
ハイブリッド	3.21×10^{-4}
ハイブリッド+マルチコート	不透水

この試験結果より、室内配合では、不透水の結果が得られたが、試験施工では、ハイブリッドのみの場合 3.21×10^{-4} と規格値を満足することができなかった。そのため、本施工では、防水層の施工は、「ハイブリッド+マルチコート」とすることに決定した。

3-4 本施工

試験施工より、本施工の施工条件を以下とした。

- ・余盛量 15% 46mm（設計40mm）

表-8 目標施工温度

	施工機械	転圧回数	目標施工温度
出荷温度			175±10℃
到着温度			170±10℃
敷均し温度	アスファルトフィニッシャー		165±10℃
初期転圧	マカダムローラー	8回	160±10℃
2次転圧	タンデムローラー	3回	120±10℃
仕上げ転圧	タイヤローラー	3回	80℃以上

本施工では、安定した材料供給により、アスファルトフィニッシャーの施工速度を一定に設定した。また、密度を確保するため、できるだけ早く初期転圧を行い、



写真-2 ハイブリッド舗装の敷きならし状況

また、きめ深さを確保するため、タイヤローラによる仕上げ転圧を80℃程度とし施工した。

運搬における合材のダレについては、全台において見られず、良好な状態であった。

本施工での試験結果を表-9に示す。

表-9 本施工での試験結果

	平均値	最高	最低	個数
締固め度	97.3	98.2	96.7	12
すべり抵抗	85	90	82	16
きめ深さ	1.22	1.36	1.00	7

仕上がり路面については均一な状態であったが、3箇所ほどフラッシュの発生があった。

フラッシュの発生箇所は、防水材料（マルチコート）の施工ジョイント部であったため、フラッシュの原因は、防水材料によるアスファルト過多と考えられた。

3-5 今後の課題

ハイブリッド舗装の課題を以下に示す。

(1) 締固め度・きめ深さの品質管理

今回マカダムローラによる初期転圧回数を8回として施工したが、マカダムローラ1台による施工性を考慮すると限界に近い回数であった。またタイヤローラによる転圧温度を高く、回数を増やせばきめ深さを確保することが難しくなる。

(2) 水密性について

試験施工時の加圧透水試験の結果より、ハイブリッド舗装としての水密性が規格値を満足できなかった。今後、きめ深さを保ち尚且つ十分な締固め度を確保できる配合設計と施工方法を確立する必要がある。

現時点では、水密性を確保するという観点では、「ハイブリッド+マルチコート」の施工方法が最善であると思われる。

4. 特殊改質アスファルトによる防水工

マルチコート（東亜道路工業社製）の施工について以下に示す。

(1) 施工機械

用いる機械は、加熱装置付デストリビュータとチップスプレッダである。

(2) 散布量

材料の散布量は、特殊改質アスファルトの散布量：1.2L/m²、養生用珪砂：0.8kg/m²である。

(3) 施工について（課題を含む）

- ①むら無く散布することができ、品質的にも良好な防水層を施工することができた。
- ②225℃の加熱した特殊改質アスファルトを散布す



写真-3 散布後の状況



写真-4 防水材料の散布状況

る際、大量の水蒸気が発生してしまうため、通行車両視界が妨げられるため安全管理上の問題点がある。（写真-4参照）

5. CRCP補修工

5-1 事前調査

既設コンクリート舗装面を、事前に打音検査により調査し、コンクリートの浮きの有無等により、3つのランクに区分けした。

ランク1：アスファルト打換補修部の周辺およびクラック発生が大きく、コンクリートが浮いている箇所

ランク2：細かいクラックが発生しており、打音検査によるコンクリートの浮きが大きい箇所

ランク3：クラックの発生が無く、打音検査による浮きが小さい箇所

なお、補修方法とし、ランク1とランク2については、打換えとすることに決定した。

5-2 施工手順

施工フロー図を図-2に示す。

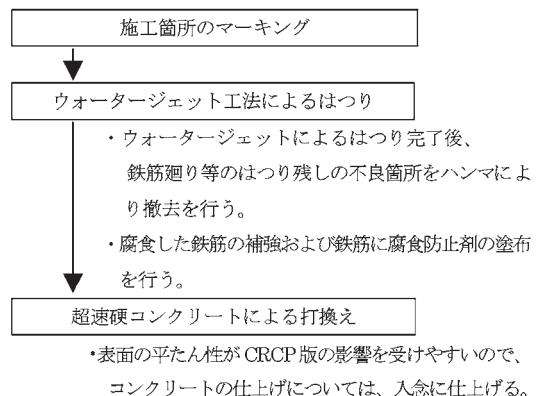


図-2 CRCP補修の施工フロー図

5-3 使用材料

用いた材料の概要を以下に示す。

- ①超速硬コンクリート
 - ・スランプ 12±2.0cm
 - ・材齢3hにおける圧縮強度 24N/mm²
 - ・粗骨材最大寸法 25mm
- ②皮膜養生材
 - ・スミセシシー（住友大阪セメント(株)）
- ③腐食防止剤
 - ・ハイサピラーズ（(株)ノックス）

5-4 施工機械

用いた施工機械の概要を以下に示す。

- ①超高圧水発生装置（NLB 35220D型）2台
 - ・吐出圧力 240MPa（最大）
 - ・吐出流量 35L/min（最大）
- ②コンクリート除去装置（JMK-2100型）1台
 - ・吐出圧力 245MPa（最大）
 - ・吐出流量 70L/min（最大）



写真-5 コンクリート除去装置およびノズル部分

5-5 施工方法（WJ工法について）

ウォータージェット工法の長所・短所を以下に示す。

長所：鉄筋やコンクリートを傷めない。（マイクロクラックの抑制）

劣化損傷部分のみ除去できる。

短所：コンクリートの状況によってはつり深さがまちまちである。

ノズル・シャフトの角度によってはつり能力が大きく変化する。

ウォータージェット工法によるはつり施工後の状況を写真-6に示す。



写真-6 はつり施工後の状況

6. おわりに

昼夜連続規制での厳しい作業条件であったが、無事故で無事工事を終了することができた。本書が今後の工事の参考になれば幸いである。

最後に、NEXCO水戸管理事務所をはじめ本工事に協力いただいた関係各位に感謝の意を表したい。

「改質グースアスファルト舗装」等の施工報告

井上 奨*

1. はじめに

平成18年8月に、ストアス20/40、トリニダットレイクアスファルト（TLA）と特殊添加剤を用いた改質グースアスファルトを施工した。

この度はさらにストアス20/40、TLAを用いない改質グースアスファルト舗装を施工したので、その概要を報告する。

2. 工事概要

工事概要を以下に示す。

①工 期：平成19年10月12日～平成20年3月31日

②工事の内容：車道舗装工

改質グース+表層 471㎡

歩道舗装

コンクリート+タイル 338㎡

その他の工種

地覆工、擬石吹付塗装、横断防止柵、橋梁用高欄、橋梁照明工、モニュメント設置工等

3. 工事箇所について

工事箇所となった橋梁は、旧中川に架かる江戸川区と墨田区を結ぶ橋である。旧中川は、歌川（安藤）広重の名所江戸百景「逆井の渡し」などで知られ、川沿いに史跡が残っている。



中平井橋は、老朽化のため架け替えとなり、このうち、当社が、橋面の舗装、地覆工、横断防止柵、高欄、橋梁照明等の設置を請け負った。橋の全景を写真－1に示す。なお、旧中川の河川敷は、沿道住民の憩いの場となるよう整備中である。写真－2に旧中川の河川敷の様子を示す。



写真－1 橋の全景



写真－2 旧中川の河川敷

4. 改質グースアスファルト混合物による舗装

これまでの改質グースアスファルト混合物は、ストアス20/40、トリニダットレイクアスファルト（TLA）および特殊添加剤を用いていたが、当該現場で用いた改質グースアスファルト混合物は、ストアス20/40、TLAを用いないで、ポリマー改質アスファルトⅡ型に特殊添加剤を添加したものを、耐久性の向上とコスト低減を目指したものである。

4-1 改質グースアスファルト混合物の室内配合

使用材料を表－1に、骨材配合率を表－2に、室内配合試験から得られた配合率を表－3に示す。

表－1 使用材料

材料名	種別	生産地	生産者・納入者	備考
アスファルト	ポリマー改質アスファルトⅡ型	埼玉県久喜市清久町	大林道路機	シ-07レックⅡ
粗骨材	6号砕石	栃木県下都賀郡岩舟町	東洋石産機	
	7号砕石	栃木県下都賀郡岩舟町	東洋石産機	
細骨材	砕 砂	栃木県下都賀郡岩舟町	東洋石産機	
	細目砂	千葉県君津市法木	日本開発興業機	
フィラー	石 粉	栃木県佐野市山管町	大竹工業機	石灰岩
特殊添加剤				

表－2 骨材配合率

種別	6号砕石	7号砕石	砕 砂	細目砂	石 粉
配合率 (%)	29	23	9	9	30

表－3 室内配合試験による配合率

項目	骨 材					バインダ		合計
	6号砕石	7号砕石	砕 砂	細目砂	石 粉	改質As	添加剤	
配合率%	26.54	21.05	8.24	8.24	27.45	8.08	0.42	100

* 関東支店



また、当該改質グースアスファルト混合物の物理性状試験結果を表-4に示す。

表-4 改質グースアスファルト混合物の物理性状

項目	バインダ量(%)			目標値
	8.2	8.5	8.8	
リュエル流動性 230℃ (秒)	20	11	5	3~20
貫入量 40℃ (mm)	3.50	3.23	2.93	1~6
動的安定度 (回/mm)	740	660	450	600以上
破断ひずみ -10℃ $\times 10^{-3}$	8.3	8.2	10.7	8×10^{-3} 以上

4-2 改質グースアスファルト混合物の試験練り

(1) 試験練り概要

試験練り概要は以下のとおりである。

- ・実施日：平成20年1月11日
- ・場所：昭石化工(株) 砂町作業所

(2) ホットビン配合率

室内配合試験よりホットビン配合率を表-5に示すとおりとした。

表-5 ホットビン配合率

混合物の種類	3びん	2びん	1びん	石粉	7mm粒	特殊添加剤	合計
グースアスファルト混合物	25.6	22.0	16.5	27.5	8.08	0.42	100.0

(3) 製造条件

製造条件を表-6に示す。

表-6 製造条件

管理項目	目標値	
混合時間	Dry	10秒
	Wet	50秒
アスファルト加熱温度	185℃	
骨材加熱温度	270℃	
石粉温度	常温	
添加剤温度	常温	
ミキサー設定温度	185℃	

(4) 試験練り結果

試験練り結果をまとめると以下のとおりであった。

①混合性能

プラントおよびクッカ車での混合状態は良好であった。

②加熱時間

クッキング時間90分で目標混合物温度の220℃に達した。

③混合物性状

粒度は、配合設計の粒度とほぼ同じとなり、リュエル流動性は、クッキング時間2.5時間以上で20秒以下となった。また、貫入量は、ほぼ配合設計時の値が得られ、曲げ破断ひずみは、クッキング時間2.5時間以上で配合設計時の値より大きい値となり、 8×10^{-3} を満足した。しかし、動的安

定度は、配合設計時の値より低い値であった。

(クッキング時間3時間で560回/mm)

以上より、本施工の方針を以下とした。

①クッキング時間は3時間を標準とし、4時間以内とする。

②混合物のリュエル流動性を良くするために、混合物の荷卸し30分前にクッカ車の設定温度を230℃に上げ、攪拌を高速回転にする。

③本施工時には、全クッカ車の動的安定度を測定する。

4-3 改質グースアスファルト舗装（本施工）

(1) 準備工

着工前の状況を写真-3に示す。型枠はマグネットで止めた。鋼床版面上は入念に清掃した。

(2) クッカ車による運搬およびクッキング

クッカ車は、グースアスファルトフィニッシャ止まらないで施工できるようサイクルタイムを計算し、4台とした。クッキング時間は3時間とした。

(3) 敷きならし

改質グースアスファルトの敷きならしは、グース専用フィニッシャにて行った。

敷きならし状況を写真-4に示す。プリスタリングは殆ど生じなかった。



写真-3 着工前



写真-4 敷きならし

(4) 本施工時の品質

本施工の混合物性状試験結果を表-7に示す。表に示すようにリュエル流動性、貫入量、動的安定度、曲げ破断ひずみとも良好な値を得ることができた。

表-7 本施工の混合物性状試験結果

リュエル流動性試験

クッカー台数	リュエル流動性 (230℃)	目標値
1台目	7秒	3~20秒
2台目	9秒	
3台目	6秒	
4台目	6秒	
5台目	8秒	
6台目	13秒	
7台目	10秒	
8台目	11秒	

貫入試験(1台目)

供試体No.	貫入量 (mm)	平均値	目標値
1	2.28	2.85	1~6
2	2.98		
3	3.28		

ホイールトラッキング試験(1台目)

供試体No.	動的安定度(回/mm)	(変形量の差から算出)平均値	目標値
1	716	660	600以上
2	649		
3	624		

曲げ試験(1台目)

供試体No.	破断ひずみ	平均値	目標値
1	10.7×10^{-3}	10.1×10^{-3}	8.0×10^{-3} 以上
2	9.4×10^{-3}		

5. 橋梁附帯物等の施工について

(1) 歩道舗装工

歩道舗装には、写真-5に示すような150×150mmのタイルを用い、景観に配慮した舗装面を構築した。



写真-5 歩道部タイル舗装

(2) モザイクレリーフ工

当該橋梁上に、墨田区と江戸川区の区境があり、この目印としてモザイクレリーフによるφ1600の方位盤を設置した。写真-6に墨田区側のモザイクレリーフを、写真-7に江戸川区側のモザイクレリーフを示す。



写真-6 墨田区側



写真-7 江戸川区側

(3) 地覆工

地覆は、コンクリートで構築し、その表面を擬石調に表面処理(吹付け塗装)した。(写真-8)



写真-8 擬石調の地覆コンクリート

(4) 横断防止柵工

横断防止柵は、写真-9に示すように、H=700mmのアルミ製とした。



写真-9 アルミ製の横断防止柵

(5) 橋梁用高欄工

橋梁用高欄は、写真-10に示すように、H=1100mmのアルミ製とした。なお、各支柱に写真-11に示すように桜のモザイクプレートを取り付けた。



写真-10 高欄



写真-11 桜のモザイクプレート

(6) 親柱工

親柱は、写真-12に示すよう、黒御影石を用い、



写真-12 親柱

桜をデザインしたシックなデザインとした。

(7) モニュメント設置工

当該橋梁の「たもと」に写真-13に示すようなモニュメント（昭和13年竣工の前橋の橋名板）を設置した。



写真-13 モニュメントの設置

6. イベントの実施

平成19年12月11日、近隣の小学校の全校児童を対象に、鋼床版上でのお絵かきイベントを実施した。総勢188人の児童は、橋の説明を受けた後、写真-14に示すように、五色のチョークを手に思い思いの絵を描くことに熱中した。

鋼床版面には防錆としてジンクリッチペイントという粗面のペイントを塗布していたが、描かれた絵の除去には、ハイウォッシャを用いた。



写真-14 お絵かきイベントの状況

7. おわりに

当社技術研究所、協力業者をはじめ関係各位に感謝の意を表したい。

本書が、今後の同種工事の参考になれば幸いである。

写真-15に竣工写真を示す。



写真-15 竣工

低土被り条件下における大口径・泥濃式(超流バランス)推進工法

米田 雅俊*
尾崎 巧*

1. はじめに

最近の推進工事は、雨水管渠に代表される管径の大型化、立坑数減少に伴う施工延長の長距離化などの傾向があるが、特殊条件下における施工も増加している。

特殊条件下における施工の1つとして、低土被り条件における施工がある。一般的に推進工事での必要土被りは $1.0\sim 1.5D$ (D は管の外径)とされているが、それ以下での施工例も見受けられるようになった。最近では、周辺環境への工事の影響を小さくするため、従来、開削工法により行っていたものを、低土被り条件で非開削工法にて行うケースが増加している。

本報告では、巨礫混じり砂礫層(最大想定礫径 $\phi 450\text{mm}$)において、 $\phi 2200\text{mm}$ 推進管を、低土被り条件($\approx 1.0D$)にて施工した事例について紹介する。

2. 低土被り推進における課題と対応策

低土被り推進における課題および対応策を以下に示す。

2-1 地盤沈下と地盤隆起の阻止対策

推進時は、チャンバー内圧力により切羽の保持を行うが、圧力不足の場合には切羽崩壊に伴う地盤沈下が発生し、過剰圧力の場合には隆起が発生する。低土被り推進の場合には、上記の影響が即座に地表面へと伝播され、周辺環境に多大な影響を与える。

そのため、施工中には、適正な切羽圧力を保持するとともに、地山の取込過剰等の有無について送泥量・排土量を随時把握する必要がある。

2-2 立坑背面の地盤反力の確認

低土被り推進は、立坑後背部の土被りも小さくなるため、推進力に対する地盤反力が不足する場合がある。このような場合、推進中に立坑背面の地盤が後方へ移動し、立坑土留が変位し、支圧壁コンクリートに亀裂が生じる場合がある。

こうしたことが生じないように、事前に地盤反力につ

いて検討しておくとともに、余裕のある地盤改良による補強の必要性を検討しておく必要がある。一方、推進施工においても、過剰な推進力の上昇が生じないように、細心の注意を払って、低推進力の維持に努める必要がある。

2-3 泥水の逸泥の阻止

切羽に注入する泥水(添加材)は、地盤へと浸透し、泥水に含まれる成分が地山表面に堆積し、泥膜が形成される。この泥膜を介して切羽内の圧力(泥水圧)が地下水圧に対抗し、地盤の崩壊を抑える役割を果たす。

透水性の高い地盤においては、泥水中の成分が地山内に浸透し、図-1に示すように、泥膜層は切羽から離れた位置にて形成される。低土被り推進においては、泥膜形成前に地表面に泥水が到達し、逸泥により周辺地山の乱れを招き、地盤の沈下を誘発する可能性がある。

こうしたことが生じないように、事前に薬液注入等により、透水性を低下させるなどし、逸泥範囲の拡大を防止しておく必要がある。

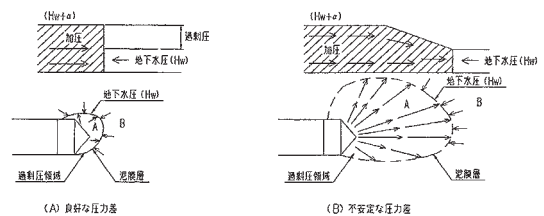


図-1 泥膜形成概略図

3. 工事概要

本工事は、管径 $\phi 2200\text{mm}$ の雨水管を、延長 $L=73.98\text{m}$ に渡り構築する推進工事であった。

当該現場は、土被り 2.6m と $1.0D$ の低土被り推進で、かつ礫率が70%以上、透水性の高い地盤であったため、上述の「地盤の沈下・隆起」「逸泥現象」が

* 関東支店



懸念された。さらに、非常に交通量の多い新青海街道を横断する工事であり、予断を許さない緻密な施工管理が要求された。

工事概要は、以下のとおりである。

①工 期：平成19年9月21日～平成20年3月21日

②工事の内容：

- ・管 径：φ2200mm
- ・推進延長：L=73.98m （スパン数=1）
- ・立 坑：発進立坑数=1（φ7.40m）
到達立坑数=1（φ4.50m）
- ・土質条件：玉石混じり砂礫層（C-3土質）
礫率：75％程度
最大礫径450mm
- ・N 値：9～50
- ・土 被り：2.63～2.70m
- ・地 下 水：G L-12.0m（推進管路は無水層）



図-2 位置図

4. 工法の選定および施工の流れ

4-1 工法の選定

図-3に大口径推進工法の分類を示す。当該現場では、「地表面の沈下、隆起などの変状」「地表面への泥水の噴出」が生じないことが重要であり、この課題に対応するため、切羽の安定性、排土のスムーズ性が最適な泥濃式推進工法の「超流バランスセミシールド工法」を採用することとした。

写真-1に、当該現場で使用した泥濃式（超流バラ

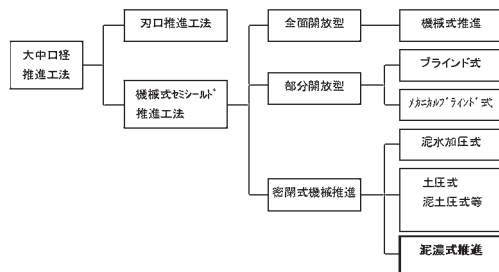


図-3 大口径推進工法の分類

ンス式)掘進機を示す。



写真-1 泥濃式（超流バランス式）掘進機

4-2 施工の流れ

図-4に当該工法のシステム図を、図-5に当該工法の施工の流れを示す。また、写真-2に掘進機の投入状況を示す。

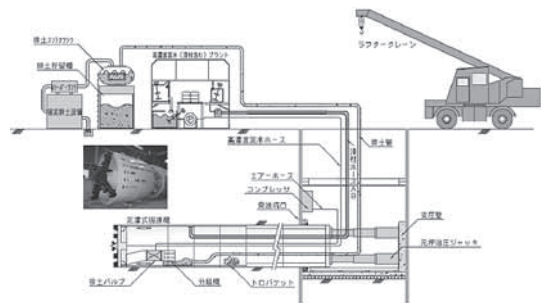


図-4 当該工法のシステム図

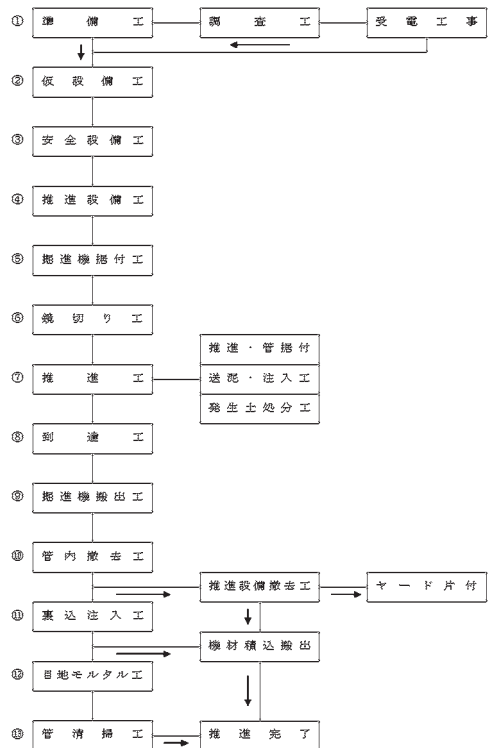


図-5 当該工法の施工の流れ



写真-2 掘進機の投入状況

5. 施工上の留意点

当該現場では、超流バランスセミシールド工法をベースに、各種の管理・対策を行った。以下に留意したことを示す。

- ①高濃度（スランプ値10～20cm）かつ高比重（比重1.20以上）の造壁性に優れた切羽を構築することで地盤の緩みを防止した。
- ②大口径排土管の使用により、大きな礫に対しても切羽で石を破碎することなく直接取り込み排土するとともに、エアバルブの調圧による切羽圧力管理を行い、スムーズな排土をし地盤の安定を保った。
- ③切削効率の高い大型の強化型ビット（シェルビット）を装着した高トルク掘進機を使用することで、前面抵抗値および管外周面抵抗値の低減を図り、低推進力での施工を可能とした。
- ④切羽圧力管理は、エアバルブの調圧により瞬時に行うことが可能であり、掘進地盤の変化に対し、即応した。
- ⑤低土被り推進対応として、切羽上限圧力を低く設定（地下水圧+40kPa以下）し、地表面への泥水の噴出を防止した。
- ⑥崩壊性の高い礫に遭遇した時、高比重だけでなく繊維目詰材、高分子材を多用した配合により、顕著な切羽圧力差を生じさせ、対応した。
- ⑦無水層への対応（透水性の高い無水層地盤推進に伴う外周面抵抗力の増加への対応）
掘進機最外周ビットにより孔壁の造壁性を高めるとともに 泥膜層を確実に形成しテールボイド性状を安定させた。
また、掘進機外周テールボイド材および二液性固結型滑材の注入により、テールボイド部を可能な限り湿潤状態に保ち、乾燥に伴う摩擦抵抗の上昇を防いだ。
- ⑧坑口の葉液注入ボーリング孔跡より泥水が地表に噴出しないようモルタルで完全に閉塞した。

- ⑨初期掘進時、ライナープレートの隙間より立坑側に泥水が流出すると切羽圧力が上がり推進不能に陥るため、立坑裏込グラウトの際推進管路に打ち継ぎを作らないよう一度に打設した（1：5モルタル）。

6. 施工結果

掘進開始から20日間で出土した最大礫径φ380mmの中、無事到達することができた。写真-3に到達状況を示す。

図-6に推進力の管理図を示す。元押推進力は、計画の2,828kNに対し、最大で2,450kN（計画の86%）であった。また、施工中の地表面変位量は、図-7に示すとおり、最大隆起量+3mm、最大沈下量-2mmと良好な施工結果となった。



写真-3 到達状況

掘進中に地表面に影響を与えることなく迅速に施工することができたことは、事前の検討および対策、そして緻密で適切な施工管理の結果といえる。

なお、低土被り推進では、切羽の安定、地盤の安定もさることながら、支圧背面の反力が不足し、支圧壁の移動やクラック現象が生じ、精度不良や推進停止を招く恐れがあるため、支圧背面部の地盤改良が必要な場合があるが、当該現場においては、超流バランスの計画推進力から当初よりこれらが不要と判断され、実際の施工においても、支圧背面の反力の不足は生じなかった。

7. おわりに

低土被り（約1.0D）、巨礫層（φ450mm以上）における大口径推進という、難易度の高い工事にもかかわらず、周辺環境への影響も無く、安全かつ確実に施工を行うことができたことは、昨今の推進技術の進歩と施工技術の向上によるものと思う。

今後も今回の施工の経験を生かし、推進技術の普及に寄与していきたい。

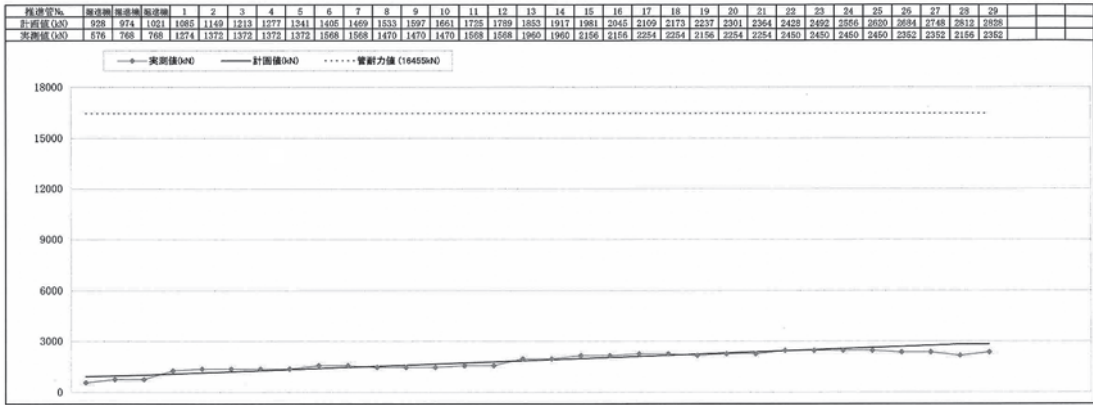


図-6 推進力の管理図

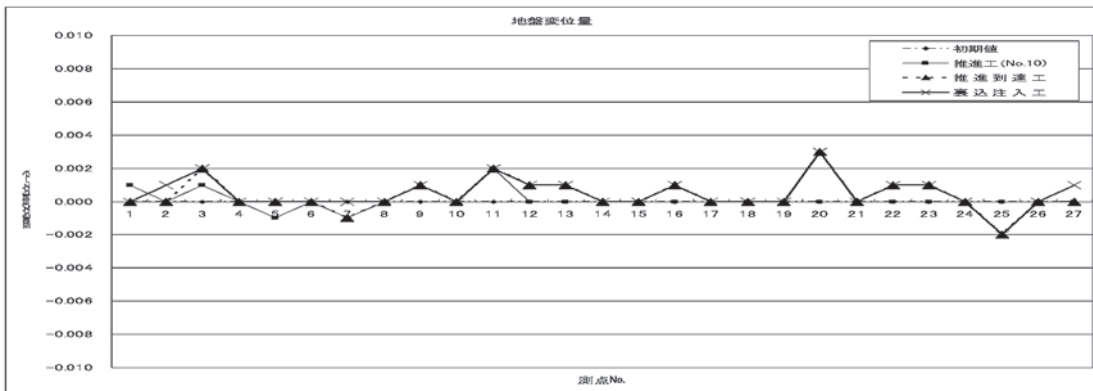


図-7 施工中の地表面変位量

測定時：推進工…推進機通過時 推進到達工…推進機到達時 裏込注入工…裏込注入施工時

保水性舗装（ハイシールM）および同舗装上のすべり止め舗装の施工報告

加藤 一 徳*
 谷口 明 偉*
 長尾 節 男*

1. はじめに

保水性舗装（ハイシールM）は、舗装体内に保水された水分の蒸発時の気化熱により路面温度の上昇を抑制する性能を有しており、都市部のヒートアイランド現象の緩和に資することが期待されている。

本書は、平成20年3月に、図-1に示す保水性舗装を施工したので、その工事概要および同舗装上のすべり対策等について報告するものである。

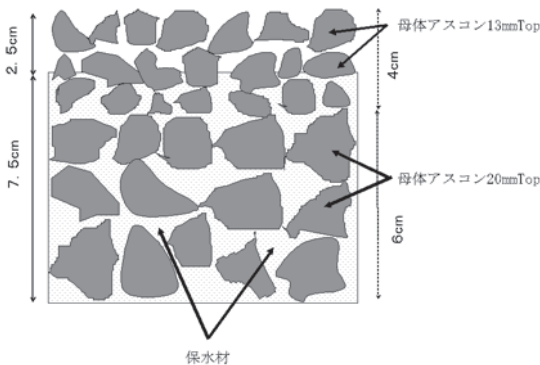


図-1 保水性舗装の舗装構造
 (母体アスコン二層構造)

2. 東京都 保水性舗装工事のこれまでの経緯

本件に至る保水性舗装工事の経緯は以下に示すとおりである。

- ①平成16年10月 試験施工を実施
 - ・試験施工場所：大林道路越谷As混合所
 - ・試験施工日時：平成16年10月13日～14日
- ②平成16年8月 実施工 (1)
 - ・工期：平成16年8月4日～12月21日
 - ・施工面積：8,475㎡
- ③平成17年9月 実施工 (2) 性能要件発注工事
 - ・工期：平成17年9月5日～平成18年2月20日
 - ・施工面積：5,822㎡

*関東支店

- ④平成18年9月 実施工 (3) 性能要件発注工事

- ・工期：平成18年9月22日～平成19年3月1日
- ・施工面積：8,880㎡

3. 保水性舗装工事の当社作業標準

試験施工および上記施工実績をもとに、この保水性舗装工事に対する当社の作業標準を作成した。

作成した作業標準のポイントを以下に示す。

3-1 使用材料

- (1) 母体アスファルト混合物

母体アスファルト混合物は、「施工要領 (案)」

3章 材料 に記載の規格を満足するものを用いる。使用に際しては、事前にアスファルト混合物配合設計書を監督員に提出し承諾を得る。事前審査により認定を受けたものについては、認定証の写しを工事に使用する前に監督員に提出することによって配合設定書に代える。

- (2) 保水材

保水性舗装に用いる保水材の物理性状は、「施工要領(案)」第3章 材料に記載の規格を満足するものを用いる。当社製品ハイシールMは、「施工要領(案)」に満足しており、本施工 (10cm75%浸透) では、そのうちもっとも保水性能の高いタイプCを使用する。使用に際しては、事前に品質証明書を監督員に提出し承諾を得る。

- (3) 保水性アスファルト混合物

保水性舗装に用いる保水性アスファルト混合物の物理性状は、「施工要領 (案)」第3章 材料 に記載の規格を満足するものを用いる。

3-2 施工方法

- (1) 施工の流れ

施工の流れは、図-2のとおりとする。





図-2 施工の流れ

(2) 母体アスファルト混合物の運搬

- ①連続施工ができるよう、運搬車の台数を確保し、混合物の円滑な供給を行う。
- ②温度降下が速い混合物のため、運搬中は荷台を2重シートで覆う。
- ③荷台の付着防止剤には、石油系オイルは使用しない。

(3) 舗設について

- ①母体アスファルト混合物の敷均しは、アスファルトフィニッシャーにて行い、下層アスファ混合物の温度が50℃以下に低下後、上層アスファルト混合物の敷均しを行う。
- ②締固めは、下層アスファルト混合物は、ロードローラにて行い、上層アスファルト混合物は、ロードローラおよびタイヤローラにて行う。温度管理および転圧回数は、表-1のとおりとする。

表-1 温度管理および転圧回数

項目	目標温度	転圧回数	使用機械	適用
混合温度	170~180℃			
到着温度	180~170℃		10t以上トラック(運搬)	2重保温カバー使用
敷均温度	150~170℃		アスファルトフィニッシャー	
初期転圧温度	140~170℃	3.5往復	ロードローラー10t	
仕上転圧温度	70~80℃	1.5往復	タイヤローラー12t	上層のみ
開放温度	50℃以下			

(4) 保水材の攪拌混合について

- ①保水材（ハイシールパウダーM）は、施工時期の水温に合わせて硬化剤の配合を決定する。
- ②冬季施工においては、水温の設定温度（10℃）に対し水温が高い場合、混合時現場にて遅延材を投入する。投入量はあらかじめ水温5℃刻みで設定を行う。また水温が低い場合、棒状ヒーター等にて水温の調整を行う。
- ③セメントミルクプラント車は、何台か種類がある

ので現場に適したプラント車を使用する。練上量については、ミキサ容量の60~70%になるよう配合を行う。攪拌混合時間は、2分間を目安とする。

(5) 保水材注入について

- ①あらかじめ路面に、セメントミルク1バッチに相当する面積をマーキング（区割り）する。
- ②セメントミルクを1バッチごと、区割り内に均一に散布する。散布は加圧空気ノズルにより拡散散布とする。ベニア等にて飛散防止措置を行う。
- ③散布後、4t振動ローラにて、1.5往復し、浸透注入を行う。表面の余剰セメントミルクは吸水ローラにて除去する。
- ④表面のセメントミルクが硬化後、高压洗浄器により表面のセメントミルクを除去する。
- ⑤保水材注入機械の配置は、図-3のとおりとする。



図-3 保水材注入機械の配置

4. 本件における保水性舗装

4-1 工事概要

工事概要を以下に示す。

- ①工期：平成20年1月30日~平成20年4月3日
- ②工事の内容：
 - 車道舗装工（保水性舗装） 6,715㎡
 - 車道舗装工（交差点部） 1,549㎡
 - 支道舗装 335㎡
 - 薄層カラー舗装工 1,027㎡

4-2 使用材料

母体アスファルト混合物（13）、（20）、保水材の材料特性を、表-2に示す。

表-2 使用材料の材料特性

試験対象	試験項目	値	基準値	備考
母体アスファルト混合物(13)	アスファルト量	4.3		
	密度	1.994		
	マーシャル安定度	4.950	4kN以上	
	空隙率	21.0	16~21%	
	連続空隙率	16.6		
母体アスファルト混合物(20)	ホイールトラッキング試験	5730	3000以上	
	アスファルト量	3.7		
	密度	1.968		
	マーシャル安定度	5.148	4kN以上	
	空隙率	22.9	16~23%	
保水材	連続空隙率	19.1		
	ホイールトラッキング試験	6300	3000以上	
	流動性試験	9.2	9~13秒	
	曲げ試験	1.60	0.3MPa以上	
	圧縮試験	5.18		
吸水性能試験	53.0	40%以上		

4-3 施工手順および施工状況

施工手順は、前述の作業標準に示した図-2のとおりとした。ドレーンパイプ排水口の塞ぎ状況を写真-1に、保水材の現場搬入状況を写真-2に、保水材の荷上げ状況を写真-3に、保水材の製造状況を写真-4に、フロー試験状況を写真-5に、注入状況を写真-6に、振動による注入状況を写真-7に、余剰保水材の吸取り状況を写真-8に、表面の洗い状況を写真-9に、保水材の供試体作製状況を写真-10に、仕上がり状況を写真-11に示す。



写真-1 ドレーンパイプ排水口の塞ぎ



写真-2 保水材の現場搬入



写真-3 保水材の荷上げ



写真-4 保水材の製造



写真-5 フロー試験状況



写真-6 注入状況



写真-7 振動による注入



写真-8 余剰保水材吸取り



写真-9 表面の洗い



写真-10 保水材供試体作製

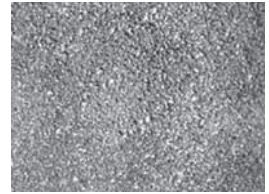


写真-11 仕上がり状況

4-4 品質確認試験結果

現場での品質確認試験結果を表-3に示す。

表-3 品質確認試験結果

試験対象	試験項目	値	基準値	備考
母体アスファルト混合物(10)	締固め度	98.8	98以上	
	動的安定度	5870	3000以上	
母体アスファルト混合物(20)	締固め度	100	98以上	
	動的安定度	9100	3000以上	
母体アスファルト混合物の舗装路面	路面の浸透水量	1340	1000ml/15s以上	
	流動性試験	9.75	9~13秒	
保水材	曲げ試験	1.88	0.3MPa以上	
	圧縮試験	8.9		
	吸水性能試験	50.9	最大吸水率40%以上	
保水性アスファルト混合物	曲げ試験	2.2	1.0MPa以上	
	吸水性能試験	9.1	5.0kg/m ² 以上	
保水性アスファルト混合物の舗装路面	路面の平坦人性	1.84	2.4mm以内	
	路面の浸透水量	1052	500ml/15s以上	
	路面のすべり抵抗値	63	EPN 60以上	

5. 保水性舗装上のカラーすべり止め工

5-1 概要

「保水性舗装上のカラーすべり止め工」は、排水機能の低下を最小限にとどめ、すべり止め効果およびカラー化による視認性効果を図る工法である。速硬化性があり、短時間で交通開放が可能である。

概念図を図-4に示す。

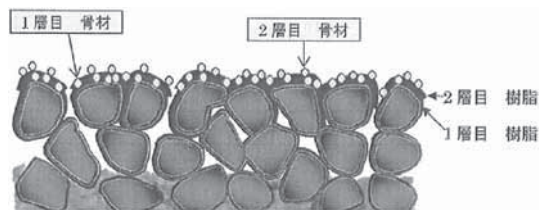


図-4 概念図

5-2 使用材料

使用材料を表-4に示す。

表-4 使用材料

	使用材料		散布量 (kg/m ²)		
	製品名	メーカー	1層目	2層目	合計
樹脂	タイストップ400R	日進化成	0.5~0.7	0.3~0.5	1.0
骨材	着色磁器質骨材	#	1.0~1.2	0.4~0.6	1.6

5-3 施工手順

施工手順を図-5に示す。

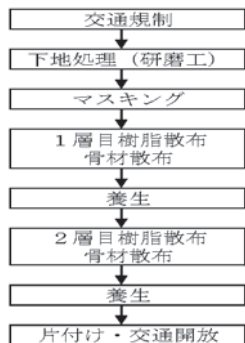


図-5 施工手順

5-4 施工状況

研磨工の施工状況を写真-12に、樹脂散布状況を写真-13に、骨材の散布状況を写真-14に示す。また仕上がり面の状況を写真-15に示す。



写真-12 研磨工



写真-13 樹脂散布



写真-14 骨材の散布



写真-15 仕上がり面

5-5 品質試験結果

現場で試験したすべり抵抗試験および現場透水試験結果を表-5に示す。

表-5 現場品質試験結果

試験対象	試験項目	値	基準値	備考
排水性薄層すべり止め舗装の路面	路面の浸透水量	806	500ml/15s以上	
	路面のすべり抵抗値	86	BPN 60以上	

6. おわりに

保水性舗装においては、保水材の注入量を75%に管理するのに苦労した。現場では、一定の面積に決められた量の保水材を投入したが、必要量を注入してもそれが75%になっているかは施工後のコアを採取するまでわからないからである。

今後は、注入における作業標準をもっと明確にしていく必要がある。

本書が、今後の同様の工事の参考になれば幸いである。

最後に、ご協力いただいた当社技術研究所・川崎シーサイドアスコン・関東支店工事部の方々に、感謝の意を表したい。

エクスパンディットによる管入替工法の施工報告

梅本和正*

1. はじめに

近年、下水道管の老朽化対策として、車両交通及び住民生活への影響の少ない管更生工事が注目されてきている中で様々な工法による技術開発が進んできている。

今回、発注された汚水管渠改築工事の中で、特に管路のタルミ、蛇行の大きい工区にエクスパンディットによるエコTMS管入替工法が採用された。

本報文は、この工事についての施工事例を報告するものである。

2. 工事概要

- ①工 期 自：平成19年9月10日
至：平成20年2月29日
- ②主要工種
改築推進工 既設管 鉄筋コンクリート管Φ250
新設管 VPΦ250SUSカラー0.5m管
立 孔 発進・到達 1号人孔
管体延長 26.19m

3. 工法概要

3-1 工法概要

エコTMS工法とは、経年老朽化した鉄筋コンクリート管、塩ビ管などの既設管渠を破砕機（EXP）により内側から拡径して、押し広げるように破砕し、同径または同径以上の新管に非開削で入れ替える改築推進工法である。

3-2 施工機械

(1) 破砕先導体（エクスパンディット）

破砕先導体は、図-1に示すように円錐形状をしており1台の内臓ジャッキを伸縮することで中央部がd1からd4まで拡大し既設管内に入った部分で内側から押し広げて破砕する。

10cm程度ずつ破砕・推進を繰り返して新設管を押し込んでいく。写真-1は今回使用したEXP250Vである。表-1にEXP250Vの仕様を示す。

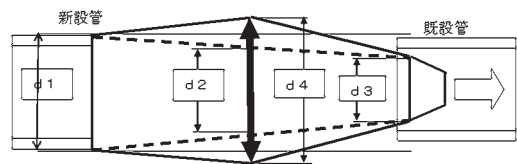


図-1 EXP-の破砕機構（模式図）



写真-1 破砕機先導体EXP-250V

表-1 EXP-250Vの仕様（記載なしはmm）

先端径	拡大部径		後端径	全長	内臓ジャッキ
	縮小時	拡大時			
110	210	304	290	713	400KN

(2) スライド筒

EXP250V本体の後方に取付けた鋼管状の装置で、EXP本体と後方から押し込む新設管の推進位置を調整をおこなう装置である。約1mの長さがあり、内筒と外筒がスライドして調整を行う。

なお、既設管の不陸蛇行に対してもこの部分で吸収して、円滑に推進できる仕様になっている。

写真-2の本体後方の部材がスライド筒である。

*大阪支店





写真-2 先導体とスライド筒 (先導体はEXP-250V)

(3) 引き込み用装置

到達立孔からチェーンで破碎機本体を牽引する装置で、通常牽引部は地上に設置し立孔内でプーリーバーによりチェーンを直角に上方に回して油圧ジャッキで引き込む。今回の場合は、立孔は毎日覆工する必要があり、一部形状を変更して立孔内に設置できるようにした。

使用しているジャッキ性能は150KNである。写真-3は、立孔内に設置した引き込み用装置である。

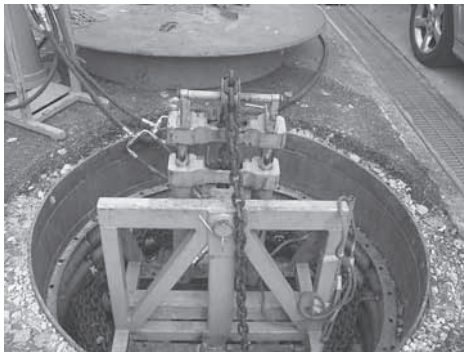


写真-3 立孔内に設置した引き込み用装置

(4) 押込みジャッキ

写真-4は、発進立孔内で新設管の中に取り込んで、立坑背後の壁面を反力にして、新設管を押し込むのに使用する押し込み用ジャッキである。このジャッキは、新設管径と推進延長によって能力を変えている。小口径管で牽引のみで推進が可能な場合は使用しないこともある。今回は250KNジャッキを使用している。写真-5は、発進立孔内で押込み用ジャッキを使用し新設管を押し込んでいる状況である。

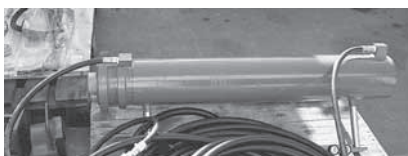


写真-4 押し込み用ジャッキ



写真-5 新設管押込み状況

4. 施工について

4-1 施工の手順

- ① 立坑構築工 斜壁撤去・ライナープレート設置
- ② 水替え工
- ③ 管内洗浄工
- ④ 既設管内調査工
- ⑤ 事前処理工 たるみ部モルタル打設
人孔内インバートはつり
- ⑥ 坑口工 管口はつり 管口器設置
- ⑦ 推進仮設備工 架台設置
- ⑧ 坑外設備設置工 (車上プラント)
- ⑨ チェーン挿入・取り付け工
- ⑩ 破碎機設置工
- ⑪ 初期掘進工
- ⑫ 後続設備設置工
- ⑬ 本掘進工
- ⑭ 到達掘進工
- ⑮ 破碎機回収工
- ⑯ 人孔・管口・インバート復旧工

4-2 事前処理工

(1) たるみ修整

今回の工事での一番の問題がこのたるみ修正であった。管渠更生工法は、既設管内面に新しい管を形成する工法であり、基本的には勾配修整等は難しい。今回、事前調査より既設管の下流人孔から約6m間に大きなたるみ(90mm)があり、改築推進に先立ちたるみ箇所にもルタルを打設する必要があった。まず管内のたるみ部分に滞留している汚水の高さをテレビカメラにより計測する。次に滞留している汚水を吸引する。

吸引後にテレビカメラで確認をしながら下流人孔よりモルタルプラント車を使用して汚水の滞留していた高さまでモルタルを打設した。

モルタルを打設することにより、新管のレベルを正

規の高さに補正することに成功した。図-2は、既設管調査結果、写真-6は、モルタル打設前状況、管継手部分からの木根侵入状況 図-3は、既設管内の勾配修正用のモルタル打設高さ及び位置図を示す。

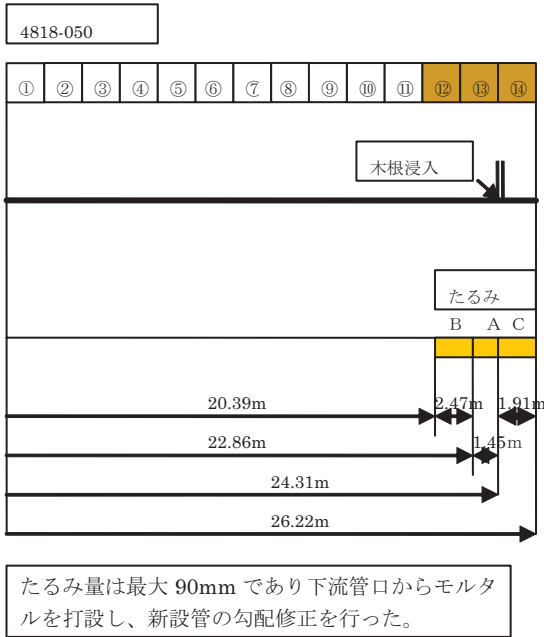


図-2 既設管調査結果



写真-6 施工前状況 管継手部より木根侵入状況

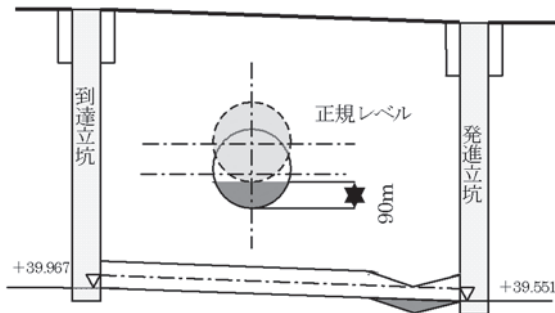


図-3 勾配修正のモルタル打設高さ及び位置図

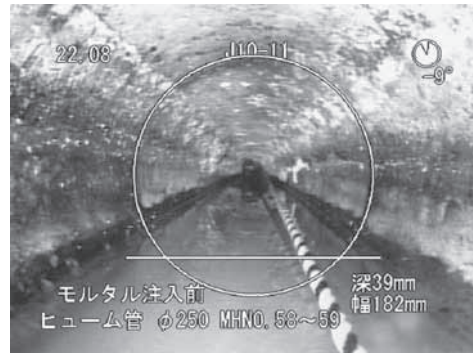


写真-7 モルタル打設前の汚水深さ 幅調査状況



写真-8 モルタル打設プラント車

4-3 推進管理

推進時の管理はEXPの牽引と拡径による既設管破砕、押し込み装置による新設管の押し込みであり、油圧ジャッキに作用する加重を、押し込み装置、牽引用装置ともに50KNに抑えることである。あと牽引と押し込みの調整として、図-4に示す管理を行った。この調

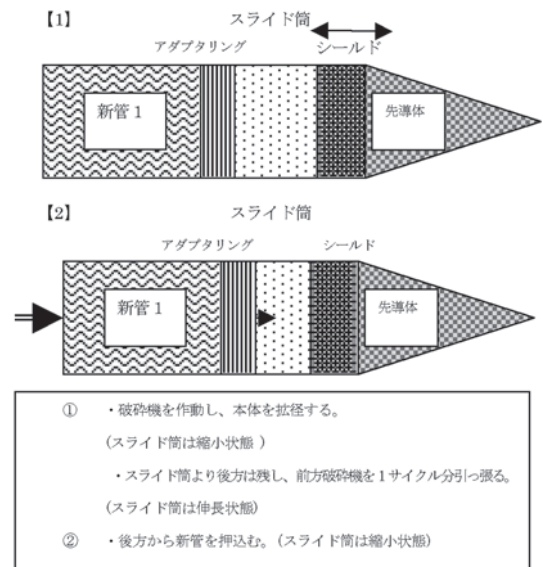


図-4 スライド筒による引き込み押し込みの調整

整により既設管の不陸や蛇行に対し破碎機の抵抗を少なくして動きを容易にでき、新設管がスムーズに接続できた。

4-4 使用材料

本工事で使用した主要資材を表-2に示す。

表-2 主要使用資材

名称	仕様	数量	備考
塩ビ管	推進用呼び径250	53本	長さ0.5m,SUSカラー付
管口装置	φ250用	2個	
滑材	遅硬性		
EXP-架台等	鋼材	一式	新設管架台



写真-9 SUSカラー付直管 VP250

4-5 施工完了後の検証

今回、特にたるみ、蛇行の大きい工区をエコTMS管入替工法により施工した結果、最大90mmあったたるみ部分が6mmまで改善した。(約94%改善) 蛇行についてもほぼ改善し大きな効果があった。写真-10は、改築推進完了後の新設管内状況である

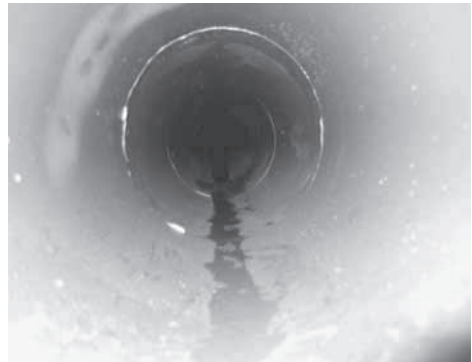


写真-10 改築推進完了後の管内状況

5. おわりに

本工事は、改築工事の中でも反転工法と改築推進工法と2つの工法が採用された工事であった。

数多くある改築工事の中で、(開削工法を除く) 同径または同径以上の新管を勾配修正して施工できる工法は、エコTMS管入替工法のみである。この工法が開発されて約5年になるが、日々新しい技術が開発されており、今後、技術的にも品質的にも高評価が期待できる。

ている。名高速では、小牧線下り大山川本線料金所を出た箇所にてSFRC舗装50mm＋密粒30mmの施工実績がある。大山川本線料金所は平成12年に施工しており、コアーによる調査結果では、現段階においてSFRC舗装に問題ないこと、また表層に排水性舗装が必須条件であることからS108CのSFRC舗装は、舗装厚50mm、スタッド間隔250mm、スタッド寸法35mm（標準）となった。

3-3 30mmの排水性舗装について

排水性舗装の舗装厚は、橋面舗装の標準舗装厚を80mmとした場合SFRC舗装の最低厚を50mm確保するためには、排水性舗装の舗装厚は30mmとなる。

なお、SFRC舗装と排水性舗装間の防水工は、本来はシート系防水材が適切と思われるが、プリスタリングの影響を受けた場合シート系防水材では不具合の影響範囲が大きいと考えられることからアスファルト系塗膜防水の採用となった。

4. SFRC舗装を施工するための検討事項

SFC舗装の施工において考えられる課題を解決するために下記について検討することとした。

- ①SFRCの配合設計
- ②SFRCの施工方法の検討
- ③SFRCの試験施工の実施

4-1 SFRCの配合設計

SFRCの配合設計において、名高速の舗装設計基準ではスランプは8cmを標準としている。当工事のSFRC舗装は、鋼床版上で夏期（7月～8月）および施工厚50mmの施工となることから、設定スランプの決定が重要になる。したがって、スランプは、当工事特記仕様のスランプ規格（許容）値（ $8 \leq S \leq 18 \pm 2.5$ cm）より、8、12、15cmの配合設計を行い、試験練り試験施工により最適なスランプを決定することとした。

4-2 SFRCの施工方法の検討

SFRC舗装を施工する機械は、コンクリートフィニッシャー、増厚フィニッシャーオンレール式、増厚フィニッシャーオフレール式、簡易フィニッシャー（ブリッツスクリード）の4工法が考えられる。当工事では、舗装厚が5cmと薄くSFRC上に排水性舗装を1層で仕上げることから平坦性が重要と考え、過去の施工実績から判断し簡易フィニッシャー（ブリッツスクリード）で施工することとした。

また、SFRCファイバーは、神鋼建材工業の「シンコーファイバー・ドラミックス」を用い、投入方法は名高速、YBBで実績のあるエア圧送機による現地投入でおこなうこととした。

4-3 試験施工の実施

本施工前にこれまで検討した内容を検証するため疑似コンクリート床版による試験施工を実施した。

試験施工場所を写真-1に示す。



写真-1 試験施工場所

試験施工は下記の項目に着目した。

- ・空気量、スランプ等のコンクリート性状確認
- ・圧送機による鋼繊維の現場混合手順の確認
- ・接着防水剤の性状確認
- ・簡易フィニッシャーによる施工方法と仕上がりの確認
- ・皮膜養生材の散布および養生方法 etc.

試験施工の施工状況を写真-2および写真-3に示す。



写真-2 ファイバー混合状況



写真-3 ファイバー施工状況

5. SFRC試験施工結果とまとめ

試験施工の結果より本施工は、次の項目に留意し施工することとした。

- ① 空気量は、アジテータトラックに直接スチールファイバーを圧送投入しアジテータトラックで攪拌するためベースコンクリートに対し、約3%増大する。したがって、ファイバー投入後の所定の空気量を確保するためには、ベースコンクリートの空気量は、約2~3%を目標に出荷する。
- ② スランプは、試験練りおよび試験施工から8cmでは平坦性および作業性の確保が困難となることから、高性能AE減水材を使用し12cmで施工することとした。なお、スランプの標準は、8cmとすることから協議により施工承諾でおこなうこととした。なお、ファイバーは、アジテータトラックに直接投入攪拌をおこなうことからベースコンクリートに対し、スランプが6.5~7.5cm程度減少する。したがって、ファイバー投入後の所定のスランプ12cmを確保するためには、ベースコンクリートのスランプは18±2.5cmを目標に出荷する。
ここで、SFRCの配合条件を表-1に、使用するSFRC配合を表-2に示す。
- ③ ファイバー投入後のスランプが、11.5~12.0cm程度場合は、経時変化は1.0~1.5cm程度と比較的差がなかった。しかし投入後のスランプが10cm程度となると経時変化は1.0~5.0cmと差が大きくなる傾向となった。よって投入後のスランプは12cmを目標に出荷管理をおこなう。
- ④ アジテータトラックへのスチールファイバーの投入攪拌は、試験施工の鋼繊維量測定結果より、決められた手順でおこなうことで問題はないと考える。
- ⑤ 接着防水剤は、引張強度の規格値が規定されていないことから、試験施工での接着試験結果より引張強度のばらつきが少ない接着剤を使用する。

- ⑥ 平坦性試験および充填試験結果より、敷均し締め方法は、簡易フィニッシャ（ブリッツスクリード）を用いることには問題はなかった。ただし、敷均し後所々コンクリート面にくぼみが発生したため、本施工では、ブリッツスクリードのアンクル間に、コンクリート補充しながら施工する。
- ⑦ コンクリートの養生は試験施工の結果より、打設完了から3日以上とする。
- ⑧ コンクリート打設前の鋼床版の温度上昇抑制対策はシート養生を検討する。

6. SFRC舗装の本施工について

SFRC試験施工に検討した内容により下記の点に留意し本施工をおこなった。

- ① 施工箇所が工区を中心位置にあり、スタッド溶接とSFRCの施工を合わせると施工日数は、約2ヶ月間必要となり、遮音壁、施設工事との工程調整が難しいことから分割施工とした。なお、分割施工によるスタッドの施工状況を写真-4に示す。



写真-4 スタッド施工状況

- ② コンクリート打設は、鋼床版のひずみ等を考慮し、上下線で打設日を合わせて施工した。打設後のS108C鋼床版は、上下線共に車両通行止の処置をとり養生期間を1週間設け品質の向上を図った。コン

表-1 SFRCの配合条件

設計基準 圧縮強度 N/mm ² (k gf/cm ²)	粗骨材の 最大寸法 mm	セメントの 種類	S.F混入 後の スラン プ	水セメント 比 w/c %	空気量 %	S.Fの 混入率 %	膨張剤 の量 kg/m ³	曲げ強度 N/mm ² (k gf/cm ²)	曲げ靱性 係数 N/mm ² (k gf/cm ²)
29.4 (300)	15	普通ポルト ランドセメント	8±2.5	50以下	5±1.5	1.5	30	6.9 (70)	5.4 (55)

表-2 使用するSFRC配合

鋼繊維の 形状寸法 mm	鋼繊維 混入率 Vol%	粗骨材 の最大 寸法 mm	スランプ cm	空気量 %	水セメント 比 w/c %	粗骨材 率 s/a %	単位量						
							S.F	水	セメント	細骨材	粗骨材	混和材料 膨張材	高性能AE 減水剤
φ0.62× 30	1.5	15	12±2.5	5±1.5	44.5	61.9	117	196	410	956	616	30	3.3

クリートの打設状況を写真5, 6に示す。



写真-5 ファイバー投入状況



写真-6 SFRC打設状況

③ SFRC舗装は、夏期の施工となったため、鋼床版上では路面温度が上昇し高温になることから、コンクリート打設前に防災シートで鋼床版を養生し、温度上昇対策をおこなった。

④ コンクリート打設後は、被膜養生剤（浸透型）を散布し急激な水分蒸発を低減させ、後期養生として養生マットを敷設し散水を念入りにおこない、クラックの抑制を図った。

これらの項目に留意し施工した結果、問題となるようなヘアークラックの発生はなく、おおむね良好な施工ができ満足するものであった。

7. おわりに

本工事では、鋼床版上のSFRC舗装やグースアスファルト舗装のような特殊舗装があり、着手前に現場条件を踏まえた試験施工等を実施し、その結果を技術部門と交え、最善と思える施工方法を導き実施することができた。また施工では、梅雨時期から夏場の暑中時期であったため、施工日時の変更等、さまざまな障害もあったが、工期内にすべての工事が無事故無災害にて竣工できたのも、関係者の皆様ならびに当社安全衛生協力会の方々のご指導ご協力のおかげと深く感謝している。

最後に本報告が今後の鋼床版上のSFRC舗装の施工の参考になれば幸いである。

ホットソイル工法による汚染土壌処理

長 内 隆 彦*

1. はじめに

大林組受注工事において、某会社某工場の解体に際し、「ホットソイル工法」にて汚染土壌処理を行う機会を得たので、その概要を報告する。

2. ホットソイル工法の概要

2-1 ホットソイル工法とは

ホットソイル工法は、トリクロロエチレンやテトラクロロエチレンなどの揮発性有機塩素系化合物(VOC)によって汚染された土壌に、水と発熱反応する無機化合物(製品名:ホットソイル)を添加・混合し、水和反応熱を利用して、土中のVOCを効率的かつ速やかに撤去・浄化する工法である。

なお、ホットソイル工法は、特許工法であり、大林組が協賛企業となっている。

2-2 ホットソイルおよびメカニズム

ホットソイルは、VOCに汚染された土壌を浄化する汚染土壌発熱処理剤であり、粉末タイプと粒状タイプがある。外観は、白色の粒状固体、真比重:3.2~3.4 主成分は酸化カルシウムである。メカニズムは、図-1のとおりである。

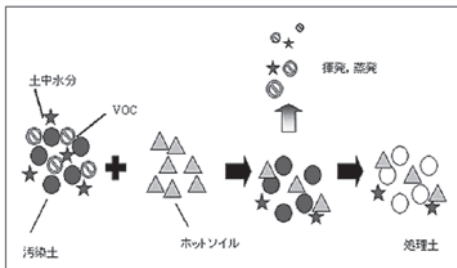


図-1 ホットソイル工法のメカニズム

2-3 ホットソイル工法の特徴

当工法の特徴は、以下のとおりである。

- ・汚染土壌を搬出することなく、現地において処理できる。

* 関東支店

- ・浄化後の処理土は、そのまま埋め戻すことが可能。
- ・短期間での施工が可能であり、安価な工法。
- ・低濃度～高濃度の幅広い VOC汚染に対応可能。
- ・焼却処理と異なり、ダイオキシンなどの二次汚染物質の発生がない。
- ・無機化合物の水和反応熱を利用しているため、熱源を必要としない。
- ・自己発熱であるため、二酸化炭素(CO₂)の発生がない。
- ・油分等の浄化妨害物質が共存する場合は、VOCの除去に支障を及ぼすことがあるため、適用にあたっては事前に、適用性確認(トリータビリティ)試験を実施する必要がある。

3. 工事概要

工事概要は、以下のとおりである。

- ①工 事 名：某会社某工場解体工事
- ②工事場所：非公開
- ③工 期：平成18年2月14日～
平成18年12月28日
- ④発 注 者：非公開
- ⑤工事の内容：汚染土壌の撤去・浄化

4. 土壌汚染調査の概要

土壌汚染調査の流れおよび概要を、図-2に示す。

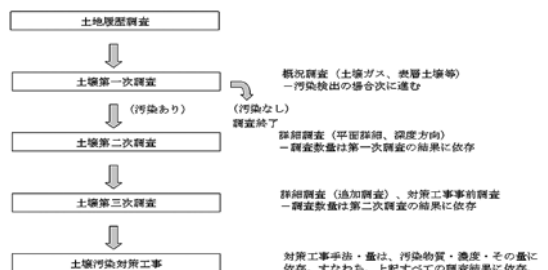


図-2 土壌汚染の調査の流れ

以下は、図-2の補足説明である。



■第一次調査

- ・ 土壌ガス調査：GL-1.0m付近の土壌ガスを採取対象物質：第一種特定有害物質（VOC）11物質
- ・ 表層土壌調査：表層50cmの土壌を採取・分析対象物質：第二種特定有害物質（重金属等）9物質の溶出量・含有量
- ・ その他調査：地下水流向・水位、DXNなど
- ・ 備考：自主調査では、特定有害物質全25物質について分析

■第二次調査

- ・ 調査場所：分析項目：第一次調査で基準値超過した区画・物質
- ・ 深度方向調査：ボーリング調査（VOC：10m、重金属等：5m）

■第三次調査

- ・ 調査場所：分析項目：第二次調査で基準値超過した区画・物質
- ・ 深度方向調査：ボーリング調査（VOC：25m、重金属等：10m）
- ・ 対策工事前調査：トリータビリティ試験、ラボ試験など

5. 某社某工場の汚染土壌の撤去・処理について

5-1 施工の流れ

施工の流れは、図-3のとおりとした。なお、重金属汚染土壌は、場外処分した。

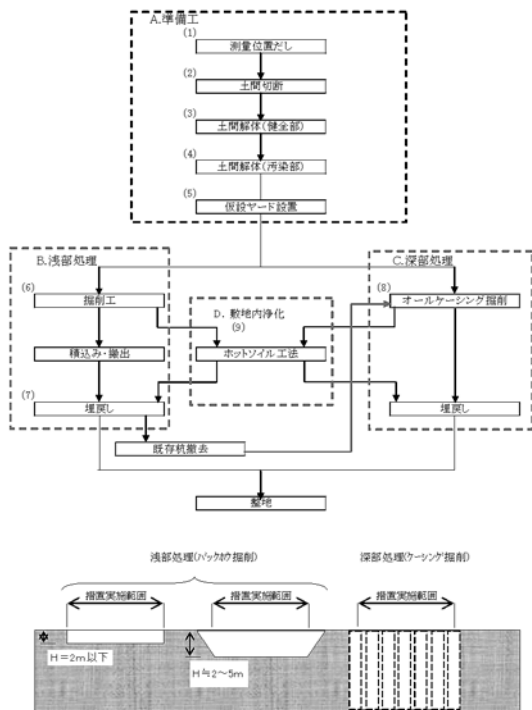


図-3 施工の流れ

5-2 設置した汚染土壌浄化設備

図-4に示すように、汚染土壌浄化ヤードには、施工ヤード（テント内作業）、汚染土壌堆積ヤード、浄化土堆積ヤードを設けた。ヤードの基盤面は、汚染土および汚染物質を含んだ雨水等の浸透、流出を防ぐため、アスファルト舗装（T=50mm）とし、端部は流出防止としてアスカーブを設置した。

ヤード内で使用した水および雨水は釜場にて汲みあげ、後述の洗浄ヤードの水処理施設へ送った。

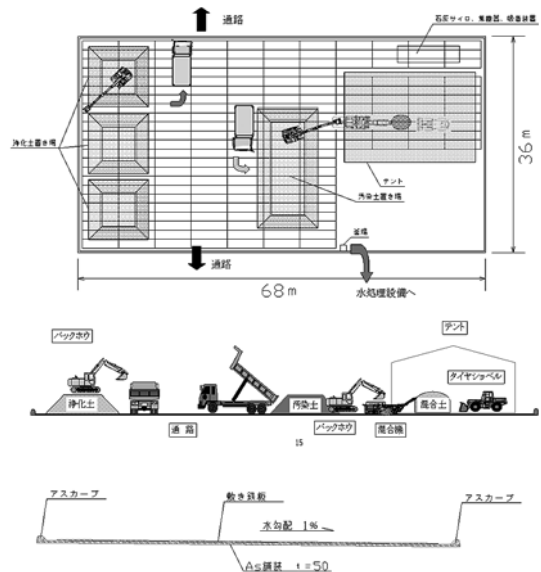


図-4 汚染土壌浄化ヤード

5-3 洗浄設備および汚濁水処理設備

図-5に示すように、作業車両の泥落とし・水洗い設備と汚濁水処理設備を設置した。現場から出る車両は、ここでタイヤおよび荷台についた泥を落し水洗浄した。また、ヤードで発生した水および各作業箇所が発生した水は全てノッチタンクに集め、水処理ユニットを通し浄化し、敷地内最終枈より放流した。水質測定は、処理した後の排水にて実施した。

日常の管理として、SS、pHを測定した。また、公定分析による定期管理を実施した。

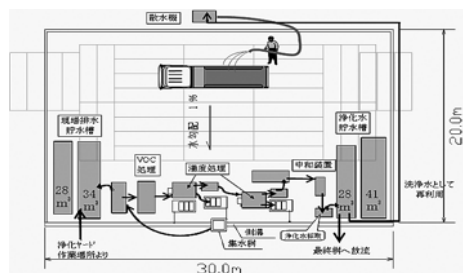


図-5 洗浄設備および汚濁水処理設備

5-4 既存杭の撤去

工場解体後、図-6に示す方法にて既存杭を撤去した。ハンマにて杭と周りの土を掘り下げながらケーシングを圧入し、チゼルハンマを併用し杭を砕いた。汚染部の土砂は、浄化ヤードへ運び込み、ホットソイル工法で浄化した。杭ガラに付着している土砂は汚染土砂のため、人力でケレン清掃した。

なお、対策深度までは杭を撤去し、未汚染部の先端部の杭は残した。

汚染土壌撤去後、健全土および浄化土で埋戻しを行いケーシングを抜き取った。

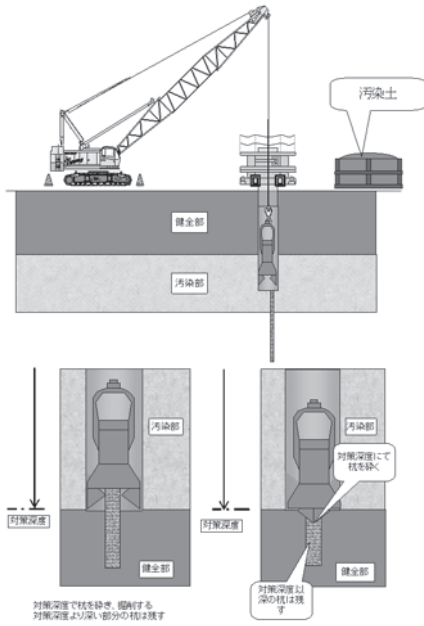


図-6 既存杭の撤去状況

5-5 撤去杭の処理

土砂と一緒に杭を撤去したため、図-7に示すスケルトンバケットを装着したバックホウでふるい分け、杭ガラと土砂を仕分けた。健全部土砂は、ガラ等の混入物を撤去した後、埋戻し材として使用した。汚染部土砂は、ガラ等の混入物を撤去した後、浄化ヤードに運び、ホットソイル工法にて浄化した。

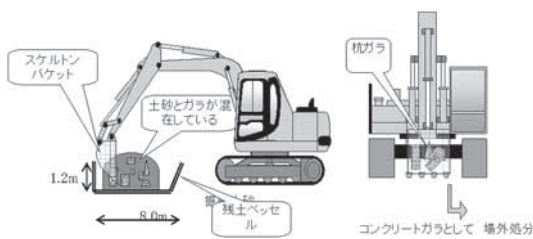


図-7 スケルトンバケット

5-6 深部処理

GL-5m以上の深部のVOC汚染は、最深GL-19mまで広がっていた。施工性、安全性、経済性の観点より、オールケーシング工法にて施工した。

図-8に施工の流れ、図-9にケーシング区割図を示す。必ずラップさせ未施工箇所が残らないようにした。

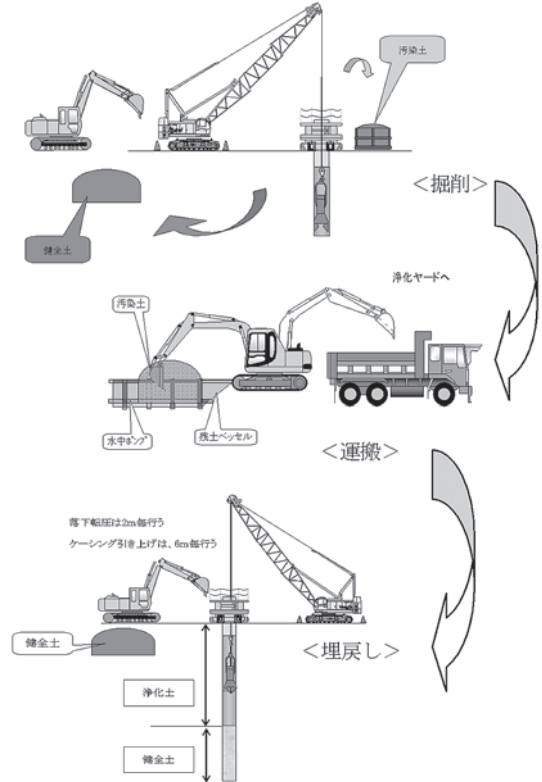


図-8 施工の流れ

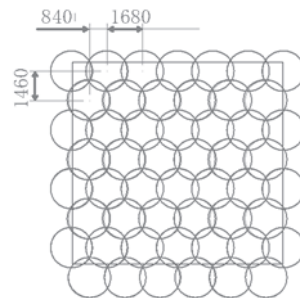


図-9 ケーシング区割図

5-7 汚染土壌のホットソイル工法による処理

運搬されたVOC汚染土は、浄化ヤードの敷き鉄板上へ仮置した。なお、掘削土は、その日のうちに処理を行うこととした。

バックホウにて汚染土壌を土質改良機へ投入し、合わせて、サイロのホットソイルを土質改良機へ投入し

混合した。

ベルトコンベアで送った改良土は、テント内においてタイヤショベルで堆積させた。混合した改良土は、テントで翌日まで堆積し、揮発したVOCガスを集塵機で吸い取り、活性炭吸着器で吸着した。改良土は、試験室に送り分析した。過去の実績で、翌日には、VOCは除去されていることが分かっていたが、確認のため最初は現場にて簡易試験を行い、汚染の除去を確認した。その後タイヤショベルにてテント外へ運び出し鉄板上に堆積し、公的分析の結果を待った。

分析結果で汚染の除去を確認した後、バックホウにて大型ダンプに積込み場内運搬し、埋め戻しに供した。

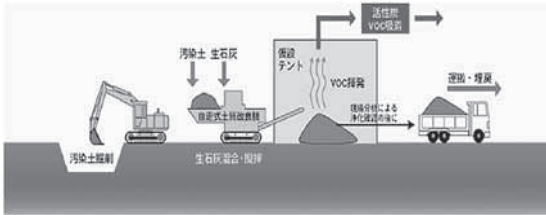


図-10 ホットソイル工法

6. 施工管理

(1) 位置の確定

汚染グリッドより4mはなして杭を打ち丁張を設置した。丁張の高さはボーリング時のGLの高さを基準にかけ、掘削は丁張からの下がりりで管理した。高さはTP表示とした。

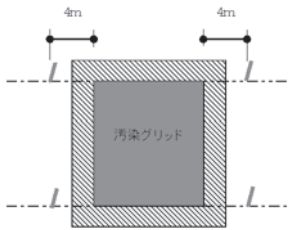


図-11 丁張設置

(2) 土壤汚染種類の表示

立て札の色は汚染土の種類の色で表示し、搬出の間違いを防いだ。位置確定後、汚染土の種類および、グリッド名を立て札にて表示した。

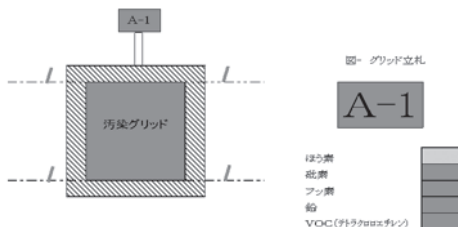


図-12 立札設置

(3) 表層汚染土撤去幅の確認

撤去後、底盤部にリボンテープを縦、横に這わせ10m×10mの撤去範囲を確認すると共に確認のため、写真撮影を行った。



図-13 撤去幅の測定

(4) 表層汚染土撤去厚の確認

四隅に設置した丁張りより水糸を引き、スタッフにより撤去厚の確認を行った。また確認ヶ所は一辺に2ヶ所、中央点をいれて合計5カ所にて測定確認を行った。

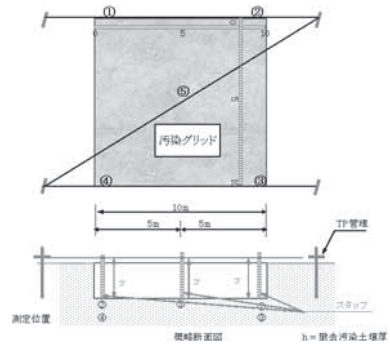


図-14 撤去厚の測定

(5) 深層汚染土撤去厚の確認

深層汚染部の掘削管理はケーシングマシン上より検尺テープを使用し3点計測し、掘削深さを確認した。

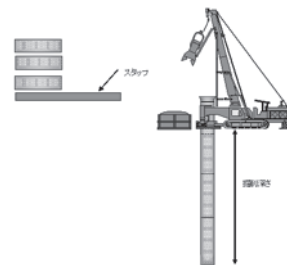


図-15 深層撤去厚の測定

(6) 汚染土の品質管理

汚染土浄化の品質管理は表-1のとおりとした。

表-1 土浄土の品質管理

検査対象		規格値	品質管理	
工種	検査項目	個々の測定値	測定基準	測定箇所
埋戻し (浅部)	コーン試験	$qc=4\text{kg/cm}^2$ 以上	規格値以上	各作業区画毎
埋戻し (深部)	スウェーデン式サウンディング試験	実績値の報告	実績値の報告	各作業区画毎
ホットソイル	土壌溶出量	土壌汚染対策法 土壌溶出量基準適合	100m^2 に1回	テント内にて混合翌日採取

7. おわりに

最後に、当該現場にて御指導いただいた大林組の方々に感謝いたします。

本報告が今後の汚染土処理の参考になれば幸いです。

スラリーパックの施工事例

水田 中*
尾崎 浩 司*

1. はじめに

7月7日～9日、北海道洞爺湖で主要国首脳会議（北海道洞爺湖サミット）が開催された。地球温暖化対策として、2050年までに世界全体の温室効果ガスの排出量を少なくとも50%削減する目標を世界で共有することで一致した。1屯の加熱アスファルト混合物を160℃で製造する場合、重油量は約9.4t/t必要であり、CO₂量は1t当たり25kg発生する。当社においても、CO₂排出量削減に向けた商品として常温硬化型路面補修材（スラリーパック）、中温化アスファルト技術（エコスムーザーAS）等がある。本稿は前年度に発表した「中国地区におけるスラリーパックの施工事例」の続編として、その後に行ったカラー化、問題点の解決、商品開発等について紹介する。

2. カラースラリーパック

2-1 実施工1

事施工時期：平成20年1月21日（月）～1月25日（金）
の内、2日間
施工規模：276㎡
使用材料：レッド（カラー用粉体+顔料）
外気温：5℃（ジェットヒーター2台使用）



写真-1 施工現場

当該現場は、県道からバイパスへの進入路をレッドのカラースラリーで施工した事例である。開通に伴い、県道からバイパスに進入する交通量の増大に対して県警察からニート工法レッド（当社工法名：オークカラーL）によるカラー化の要請があったが、予算の関係で当社に協力依頼があった。

施工現場を写真-1に示す。

当交差点の下地舗装は半たわみ性舗装で、前年度にクラックに弾性系のシール材で注入が行われており、路面もかなり荒れた状態であった。支店および施工メーカーと協議の結果、・施工時期（冬季）、・施工条件（交差点）、・下地（クラックのある半たわみ性舗装）等を考慮し、施工不可能（品質保証）の返答を行った。しかし、監督官から再度の協力依頼があり、技術研究所、秩父コンクリートと協議の上、6ヶ月の品質保証で施工を受けることとした。

開通式が1月末に決まっており、雪を排除し、路面をパーナーで乾燥しながらの施工となった。施工後の養生はジェットヒーター2台により保温を行う、かなり厳しい条件での施工となった。施工直後を写真-2に示す。



写真-2 施工直後（右下：白華発生）

スラリーは、ラインの上には接着しないのでラインの内側に養生テープを貼り、また、一部弾性系シール

*中国支店



材の上に直接施工したが接着しなかった。開通後、衝突事故があり、一部手直しを行った。施工6ヶ月後の路面状況を写真-3に示す。橋梁の真下で常に日陰になる、バイパスから県道に降りる箇所が交通量が一番多く、剥がれが見受けられた。



写真-3 施工6ヶ月後の状況

耐久性（付着強度）、白華（エフロ）現象（未交通部分：写真-2右下）等の検討事項は発生したが、施工時期・施工条件等を考慮すれば十分商品となると確信した。

2-2 試験施工

カラースラリーパックの試験施工を以下のように行った。

施工場所：当社モンルポ寮

施工時期：平成20年4月19日（土）、26日（土）

研修会

施工規模：駐車枠5台分

使用材料：ブラック（スタンダード商品）

グレー（スタンダード商品粉体+顔料）

アイボリー（カラー用粉体+顔料）

グリーン（カラー用粉体+顔料）

レッド（カラー用粉体+顔料）

施工直後の状況を写真-4示す。

敷均しの際としては粘度が高いように感じられ、以前は自然に平らになったが、コテ跡のスジが残って気になった。また、各色とも白華（エフロ）現象が発生した。グレーとアイボリーの色差はなく、グレーは付加価値を考慮すれば「カラー用粉体+顔料」が良好であると思われる。

2-3 実施工2

施工時期：平成20年5月18日（日）

施工規模：14㎡（3箇所）

使用材料：グレー（エフロ対策用スタンダード粉体+顔料）

ビール工場の段差補正用として、グレーで3箇所施



（右から、スタンダード、グレー、アイボリー）



写真-4 施工直後（右から、グリーン、レッド）

工した。施工直後を写真-5、施工2ヶ月後を写真-6に示す。

前回の施工箇所は摩耗もなく、良好な状態であった。今回の施工は前回塗った上にかぶせた。

施工2ヶ月後に施工箇所が黒っぽく変色（写真中楕円箇所）していた。いつ変色したのか不明であるが、原因を追求している。カラーは「エフロ対策用カラー用粉体+顔料」が良好であると思われる。ひさしがあり直接雨はかからないので白華現象は起きていない。



写真-5 施工直後



写真－6 施工2ヶ月後

2-4 実施工3

施工時期：平成20年6月9日（月）

施工規模：3㎡

使用材料：黒（エフロ対策用スタンダード粉体）

マンション入口に発生したクラックの補修事例である。完成1年後の検査で盛土（約4m）が不等沈下をおこし、舗装に約2mのクラックが発生していた。ブローン注入で良いと言うことであったが、今後の付き合いを考慮してスラリーで補修することとした。スラリーの粘度は若干高いように感じられたが、硬化後はつや消しの黒色でコテ跡も目立たなかった。ただし、施工2日後に降雨があり、若干エフロが発生した。白華現象の状況を写真－7に示す。

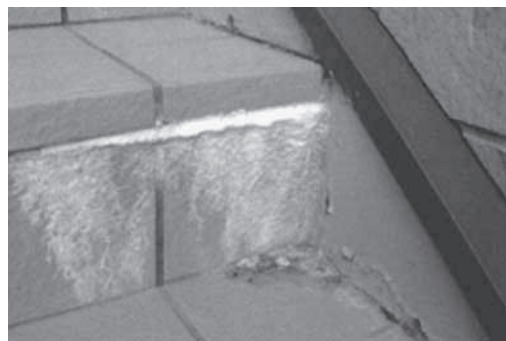


写真－7 白華（エフロ）現象

3. 白華現象

石やタイル張りの壁に、吹き出したような白い汚れが見られることがある。白華またはエフロ（efflorescence）と呼ばれるこの現象は、下地や目地にセメント材料を用いる建材に特有な物である。代表的な白華現象を写真－8に示す。

エフロが発生する主な原因は、モルタル（コンクリート）中の水酸化カルシウム $\text{Ca}(\text{OH})_2$ が、進入した雨水などに溶けて目地やクラックからにじみ出し、空気



写真－8 白華現象

中の炭酸ガスと反応して炭酸カルシウム CaCO_3 となった物であり、白く変色したように見える。エフロは、建物の日陰や北側に多く観察される。特に秋から冬にかけては増殖しやすく、エフロと温度には密接な関係があり、温度が低い方が起こりやすい。温度が低いと水酸化カルシウムが水に溶けやすく、しみ出した溶液からエフロが析出するためには、ゆっくり乾燥された方が有利なことによる。エフロは、池の中など常に濡れている部分からは現れにくい。乾いたり濡れたりを繰り返す場所が、一番エフロの発生しやすい箇所である。

平成20年2月に施工した某大手スーパーの駐車場に発生したエフロの状況を写真－9に示す。材料は、エフロ対策なしのスタンダードタイプである。

現在の状況は建物（ブロック）周りに若干白色が残るのみで、気をつけなければ見のがす程度であり、時間とともに消滅すると思われる。



写真－9 白華発生状況

4. 路面洗浄

スラリーパックの粉体にはエフロ除去材が混入されているが、エフロが発生した場合は酸性溶液で洗浄するのが有効である。希塩酸5%溶液かサンポール（自殺事件で店頭から見られなくなったが）を2～3倍に薄めた溶液で洗浄し、十分な清浄水で洗い流すと効果





写真-10 洗浄状況

がある。

溶液を塗布しデッキブラシでこすり洗う。エフロと反応しているところは白い泡が発生する。洗浄の状況を写真-10に示す。

5. まとめ

紙面の都合上詳細にわたって説明できなかったが、スラリーパックの材料については以下のことが言える。

5-1 スタンダード商品（黒）

スタンダード商品については、エフロ対策用粉体であり、微細なひび割れと強度アップの対策として繊維を混入している。旧商品と比べて若干粘度は高くなっているが、施工出来ない範囲ではなく、仕上がり具合も濡れたような黒色で良好である。

5-2 カラー商品

エフロ対策用カラー用粉体であり、グレー、グリーン、レッドが可能である。敷均し状況も良好である。今後は耐久性について調査する必要がある。

5-3 洗浄

中国地区で施工したスラリーパックは、施工時期によってエフロが発生する場合があった。他の地区ではエフロの事例はなく、現在研究所で調査中である。しかし、エフロが発生しても希塩酸で洗浄することで対応が可能である。心配であれば事前に顧客に説明をしていけば良いと考える。

5-4 荷姿

カタログで承知のことと思いますが、3種類を準備している。従来のスタンダードタイプの「スラリーパックL」、小規模対応の混合道具のいらない（手もみ）タイプの「スラリーパックS」、ポットホール対応型とした骨材を混合した「スラリーパックG」である。

6. おわりに

「スラリーパック」は、念願であったカラー化も商品としての目途が立ち、荷姿についても3パターンが確立し、取り扱いやすくなっている。工事受注の一方策として営業展開を行っているが、施工の都度気が付くことが発生し、技術研究所にて改良をお願いしている。この場を借りて深く感謝する次第である。

光硬化工法の導入後の受注と技術革新

岡崎 仁**
大福 紀雄*
矢野 伊佐夫**

1. はじめに

平成14年9月、光硬化工法の特許を取得し、平成14年10月1日、東洋パイプリーノバート株式会社を施工専門の100%子会社として設立、事業を開始した。初年度の半年は、PRビデオの作成やNHKの朝のニュースで紹介してもらうなどのPR活動の外、施工体制の構築を行った。翌年度から、民間工事では特に飲料メーカーを主に、調査・設計・施工と一貫したサービスのプレゼンを行い、工事量を増やしてきた。公共工事では、高速道路など技術的に難しい特殊な工事のプレゼンを行い、工事量を増やしてきた。その中で、客先のニーズに対応すべく、技術的問題も解決してきた。今年度で、設立満6年を迎え、代表的なものを報告する。

2. 飲料工場

最初の民間受注は、飲料メーカーの工場排水管調査工事であった。親会社に大林道路の新しい工法として管更生をプレゼンしたところ、この工場を紹介していただいた。工場でのプレゼン後、すぐに調査の発注があった。これは、客先が築40年以上経過した排水管に問題意識を持っていたための受注であった。

ゴールデンウィークに533m調査し、補修計画を含む報告書を提出した。この調査において、管路の腐食による劣化が多数見られた。原因は食品会社のライン洗浄工程で使用される加熱された強酸・強アルカリによる腐食であると特定されたが、この条件に合う材料がなかったため急遽製作することとなった。

シームレスメインライナー等の更生材料は、下水道用に開発されたものが多く、耐熱・耐アルカリ性に弱い不飽和ポリエステル樹脂を使用している。これは、下水道法施行令第9条の排出基準である排水温度45℃未満、PH5以上9未満をもとに設計されているからである。さらに、公共下水道では硫酸還元菌による腐食等により、耐酸性のみを考慮した材料設計がなさ

*本店管路部 **東洋パイプリーノバード(株)

表-1 樹脂の耐薬品・耐熱性

樹脂名	使用可能pH	熱変形温度
ビニルエステル	1~14	110℃
不飽和ポリエステル	1~9	115℃
ポリウレタン	1~14	70℃~80℃
光硬化性樹脂	1~14	70℃~80℃

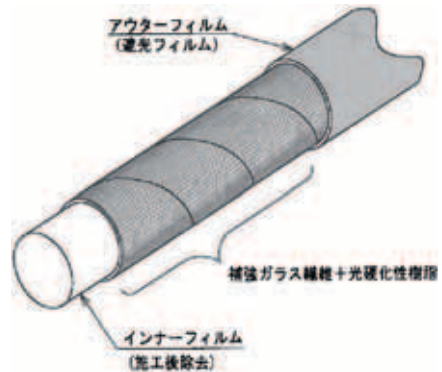


図-1 メインライナーの構造

れている。そこで、耐酸性に加え耐熱・耐アルカリ性にも優れたビニルエステル樹脂を使用した材料の開発をメーカー依頼し、メインライナーVEを作成した。樹脂の耐熱・耐薬品性については表-1に、構造は図-1に示す。

人孔防食工法としては、メインライナーVEと同じビニルエステル樹脂を使用した工法を検討した。この中には、大きく分けて、自然硬化(熱硬化)と光硬化の2種類がある。自然硬化は、樹脂に硬化剤を混ぜて反応を起こし固めるもので、4時間から8時間の養生時間が必要となる。光硬化は、水銀灯の光を照射すると10~20分で固まる。以上により、光硬化性ビニルエステル樹脂を使用したコンプロシート工法を採用した。耐熱性・耐アルカリ性に優れた同じ樹脂を使い、熱硬化に比べると硬化時間が短いことが理由である。

この結果をプレゼンしたところ、8月には緊急工事



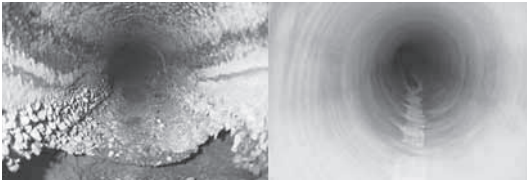


写真-1 腐食管路の管内施工前後

として、メインライナーVE（耐アルカリ樹脂）を使用したシームレス工事と人孔防食としてコンプロシート工法を施工し、11月から本格的に工事が発注された。管更生前後の管内を写真1に示す。

平成18年度には、更生工事の他に雨水水門設置工事なども受注した。ここからの飲料会社への積極的な営業が本格化したのである。

3. 高速自動車道地震災害復旧工事

平成16年10月に発生した中越地震において、高速自動車道通行止め解除のための緊急応急復旧工事を行った。このとき通行止め解除と同時に、横断管の目視調査をおこなった。本線上に上がることは出来なかったため、盛土の中に横断埋設されているコルゲート管やP Cコンクリート管の目視調査を十数本にわたっておこなった。調査の結果は、中央部分が大きくたるんだP Cコンクリート管や座屈およびジョイントのはずれたコルゲート管などの異常箇所を多数確認し、管内への盛り土材の流入も確認できた。しかし、大きさは、800mm～3000mmぐらいのもので、光硬化工法の適応範囲外であり、高盛り土等で土圧も大きいことからパイプイン工法を用いた補修提案をおこなった。これにより、のちの平成17年10月～12月にかけて、災害復旧工事の中で2か所のパイプイン工法を施工した。

パイプイン工法提案の中で、路面直下に埋設されている路面排水横断管の損傷についても予測し、管路破損部への路盤材流入による空洞化およびそれに伴う路面陥没の危険性を指摘し、横断管調査について提案した。見えない管路についての危険性を確認した道路管理者は、平成16年12月に、路面排水横断管の調査を発注した。調査結果は、クラック・破損・脱却・土砂閉塞等の異常箇所を多数発見し、管更生・開削等の補修提案をおこなった。そして、区間延長40km以上に及ぶ全線横断管調査が翌年の平成17年4月に発注された。

この災害復旧工事ともなう調査では、開削および管更生の施工判断をおこない、160本を越える管路について管更生の提案をした。合わせて試験施工もおこなった。これにより、平成17年度163本の光硬化工法



写真-2 中越震災復旧施工状況

を施工した。施工状況を写真2に示す。

また、平成19年に発生した中越沖地震の際には、上記の中越地震災害復旧工事で更生した管が、耐震設計のレベル2以上の実際の地震動に対し全く損傷がなかったことも証明され、復旧工事で採用された。

4. ビール工場

平成15年11月、ビール工場では最初の調査を近畿でおこなった。要処理系排水管を2000m以上にわたっておこない、少ない工場休止日に短時間施工が可能な光硬化工法で補修計画を立て提案した。しかし、工場全体のリニューアル工事が計画されていたため発注には至らなかった。ビール工場で最初の光硬化工法の工事は、平成16年1月に九州の工場にておこなわれ、以後毎年受注している。この工場での実績は、他工法である熱硬化工法に比べ約半分の時間で施工できる早さと、ビニルエステル樹脂を使った耐久性が高い評価を受け、平成19年1月には関東、6月には北海道と光硬化工法の補修工事を受注した。また、特に高い評価を受けたのが人孔防食工法のコンプロシート工法で、養生時間が短く高耐食ながら他工法にはない耐熱性が評価された。

従来飲料工場で採用されていた人孔防食工法は、高耐食ではあるが耐熱性に欠ける樹脂を使ったものや、ガラスクロスではなくガラスマットに樹脂を含浸させたシートをはるものや、ガラスの短繊維を樹脂に混ぜて塗布するものが多かった。ガラスマットとは、ガラスの短繊維をフェルト状にしたシートで、安価であるが引っ張り強さに欠ける。ガラスマットを写真-3に示す。

飲料工場の排水状況は、冷やした製品の後に高温の洗浄水が流れる事もあり、それにさらされる更生材は、膨張収縮を繰り返す。ガラスの短繊維では、この温度

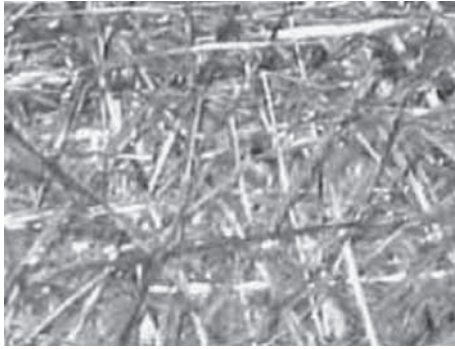


写真-3 ガラスマット表面

変化に耐えることができず、短期間でクラックや剥離が発生してしまうのである。それに比べ、ガラスクロスはガラスの長繊維を布状に織ったもので、高い引っ張り強度を有するので、温度変化に強いのである。ガラスクロスを写真-4に示す。

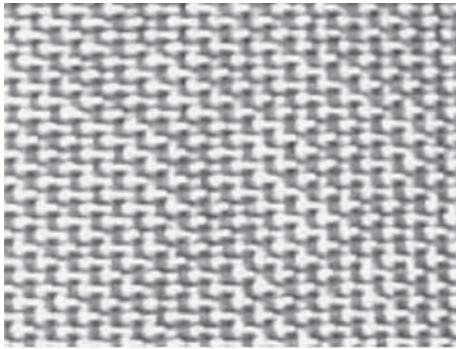


写真-4 ガラスクロス表面

コンプロシート工法は、モルタルで下地処理しプライマーを塗った上に、人力でシート（更生材）をはり込み水銀灯で光硬化させる工法である。更生材は、補強材のガラスクロスにビニルエステル樹脂を含浸させたメインライナーVEと同じ構成になっており、厚さ2～3mm、幅0.4m、長さ1mのシート状となっている。このコンプロシート工法が、人孔以外の場所で発注された。

近畿で、既設排水管φ900mm～1350mmの管底腐食部にコンプロシート工法を施工した。これは、管更生材のメインライナーVEがφ800mmまでしか製造できないため、それ以上の管径に既設排水管の下側半分をコンプロシートで施工したものである。コンプロシート施工後を写真-5に示す。

平成19年9月～平成20年の3月まで半年ほどかかる大がかりなものとなった。

5. 化学工場

この工場は、(株)大林組が保守工事をおこなっている

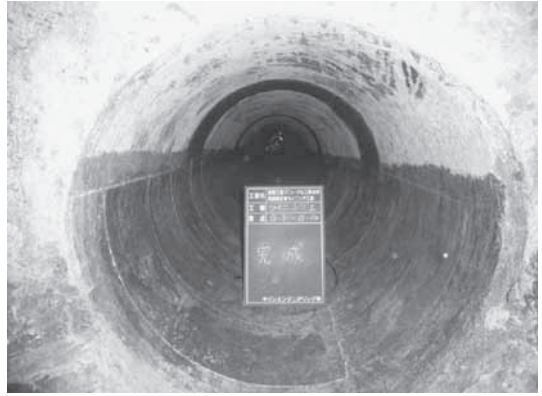


写真-5 コンプロシート工法施工後

工場で、汚泥沈殿槽への内圧管である送水管φ600mm鋼管と排泥管φ200mm鋼管の水平埋設部分および送水管の立ち上がり曲管部分の補修方法について、検討していた。問題は、汚泥沈殿槽の構造と水を抜ける期間が約15日間という短工期であった。

この汚泥沈殿槽は、直径30m、高さ3mのコンクリート製で、中央液面上に送水管出口があり、送水管の垂直部分はコンクリートで巻立て、そこから処理水を流入させ沈殿した汚泥を底面中央部分の一段下がった所から排泥する構造になっていた。このため、管路は汚泥沈殿槽の下に中央部分まで埋設されていた。汚泥沈殿槽を写真-6に、構造については図-2、3示す。



写真-6 汚泥沈殿槽中央部

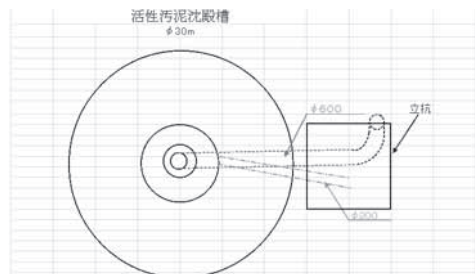


図-2 汚泥沈殿槽平面図

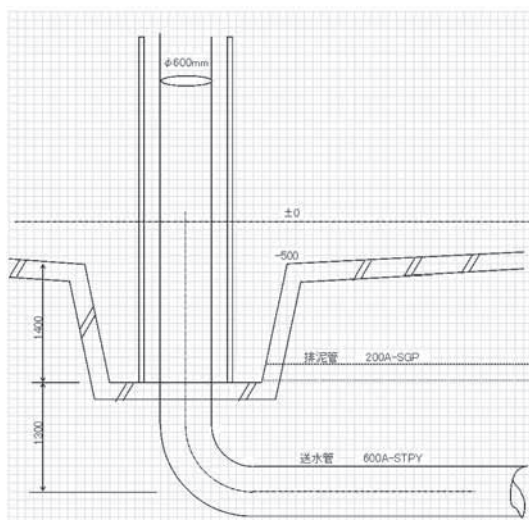


図-3 汚泥沈殿槽中央部断面図

開削および推進工法による管路の入替には、沈殿槽の底面を部分的に撤去する必要があり、費用、工期の両面で困難とされた。そこで水平部分はメインライナー、曲管部はコンプロシート工法での補修が検討された。

管更生工法での問題点は、管路が埋設された内圧管であるため人孔等がなく、埋設管路水平部の上下流に入口がないことであった。そこで、鋼管を切断することで入口を作ることとなった。上流側は、汚泥沈殿槽のとなりに立坑を掘削し鋼管を切断した。下流側は、排水管垂直部の巻立てコンクリートを一部撤去し、高さ1mほど半周鋼管を切断した。これにより、材料および硬化装置の入口は確保された。

しかし、汚泥沈殿槽側の立ち上がりの曲管部分は残るため、通常の作業はできなかった。メインライナー

は、機械強度、平滑性、および均一な厚みを出すために、15°をこえる曲管部にはしわが出るため対応できない。また、曲管部にエンドバッカー等の施工治具をつけることもできない。そこで、片側に樹脂とガラスクロスのないインナーフィルムとアウターフィルムのみ部分を長くしたメインライナーを特別に製作し、水平部分のみ更生することとした。これにより、垂直な直線部分に施工治具をつけ、水平部分の管更生ができるようになった。この施工方法で、工事が発注された。

工事は、平成20年7月に施工し、鋼管内の腐食による隆起の撤去に時間がかかったが、水平部分の管更生を1日、曲管部のコンプロシートを1日という短期間で終了した。

6. 終わりに

飲料メーカーに始まり、近年では機械製造メーカーなど他業種の民間工場の工事量も増え、数多くの施工提案および技術的問題の解決をおこなってきた。現在の具体的な案件としては、垂直管路の管更生や既設管径より少し小さい管径にして段差修正する管更生などを検討している。このような技術開発は、まずプレゼンをおこない客先のニーズを知ることで、それぞれに対応した施工提案、技術開発ができるのである。これは、営業、技術、工事の各部署の努力と連携によるもので、これらを迅速にこなしてきた結果が、工事受注量の増加につながったのである。これからも、さらなる客先と技術の開発をおこなって工事受注量を増やしていきたい。

ゴム粒子混入型多機能舗装用ゴムチップスプレッダーの開発

大林道路株式会社 工務部 機械センター ○芳賀 雅 啓
同 浦 邊 寛

1. はじめに

当社では、排水性舗装の積雪寒冷地における凍結や、チェーン装着車両による骨材飛散や空隙つまりに対応したゴム粒子混入型多機能舗装（以下オークサイレントと称する）を開発し、現在まで約 207,000m² 施工を行っている。この舗装は排水性舗装の内部にゴム粒子を混入、表面に散布したものであり、排水性舗装の機能と凍結抑制機能を有する舗装である。

今回、従来施工法では対応が困難であった施工現場での諸条件を考慮し、様々な路肩形状や規制幅等に対応できる、表面散布ゴム粒子用ゴムチップスプレッダーの開発を行った。

本報告は、オークサイレントの表面散布ゴム粒子用ゴムチップスプレッダーの開発について述べたものである。

2. オークサイレントの概要

オークサイレントの概念図を図-1に示す。オークサイレントは、高い空隙率を有する開粒度アスファルト混合物にゴム粒子を混入するとともに、舗装表面にゴム粒子を散布接着させたものであり、排水機能、騒音低減機能、凍結抑制機能を併せ持つゴム粒子混入型多機能舗装である。¹⁾

3. 従来施工法の問題点および開発方針

(1) 従来施工時の問題点

従来の施工法は、ロール式のチップスプレッダーをアスファルトフィニッシャーに連結し牽引する方式である。

施工状況を写真-1に、問題点を以下に示す。

- ①機械搬入時にはクレーンを必要とするため現場内に荷下ろしを行うスペースを確保する必要がある。
- ②ロール駆動方法が走行輪の回転を使用しているため車輪下面に堅固で平滑な面が必要である。
- ③散布幅が固定であるため施工時の幅員の変化に対する対応が困難である。
- ④車線規制を必要とする施工の場合、施工幅員に対し規制幅を多く確保する必要がある。
- ⑤曲線部の施工時には曲線に追従させることが困難である。

(2) 開発方針

従来施工時の問題点を踏まえて、開発方針を以下のとおり定めた。

- ①機械搬入、取り付けはクレーンを必要とせず、人力にて安易に取り付けが可能である。

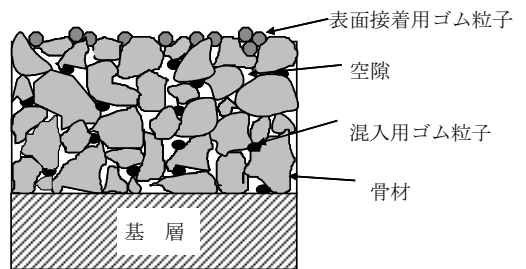


図-1 オークサイレントの概念図



写真-1 ロール式を使用した施工状況

表-1 機械仕様

項目	諸元
全長	480mm・ベース長850mm
全幅	340mm・ベース幅1,050mm
全高	1,450mm(ホッパー上部)
散布幅	2.5m~4.0m
散布量(吐出量)	MAX7,000g/min



- ②アスファルトフィニッシャーの機種を限定せずに搭載可能である。
- ③散布幅を任意に変更可能である。
- ④機械装置を舗設幅員以内に収める。
- ⑤アスファルトフィニッシャーに搭載し、舗設作業の妨げにならない形状とする。

4. ディスク式スプレッダー概要および特長

開発機械の仕様を表-1に概要および特徴を以下に示す。

(1) スプレッダー概要

散布方式をディスク式、散布量制御をロータリーバルブ、機械搭載型としアスファルトフィニッシャーのスクリーン上に設置する方式を採用した。外形図を図-2に、搭載イメージを図-3に示す。

また、動力を電動式とし各装置は電動モーターの回転数可変による制御方式を採用、施工速度の変化に対応させるために検地輪を装備し舗設範囲外への飛散防止と風による影響を緩和するためにサイドガードを装備している。検地輪外観を写真-2に、サイドガード、施工状況を写真-3に示す。

(2) 特長

- ①分割式であり各重量が40kg未満であるため、人力にて安易に取り付けが可能である。
- ②動力を電動式（発電機2KVA程度を使用）とした事により機種を選ばず搭載する事が可能である。
- また、ロータリーバルブ、散布ディスクの駆動を電動モーターとしたことにより散布量の調整、散布幅の調整が回転数をモニタリングしながら安易に変更することが可能である。
- ③スクリーンステップ上に1m幅のスライド式ベースを使用し取り付けるため施工範囲内に装置が収まり、幅員の変化による散布位置のズレも安易に調整可能である。
- ④取り付け位置をスクリーンステップより後方に取り付けているため舗設作業の妨げにならない。

5. おわりに

実施工において、散布の均一性やアスファルトフィニッシャーを複数台併走させるホットジョイント施工にも対応できることが確認できたことから、今後、広い範囲での施工が期待できる。

参考文献 1) 小澤ほか：積雪寒冷地におけるゴム粒子を用いた多機能舗装、第26回 日本道路会議論文集（2005.10）

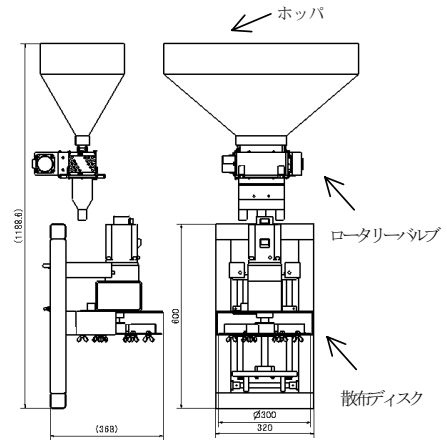


図-2 チップスプレッダー外形図

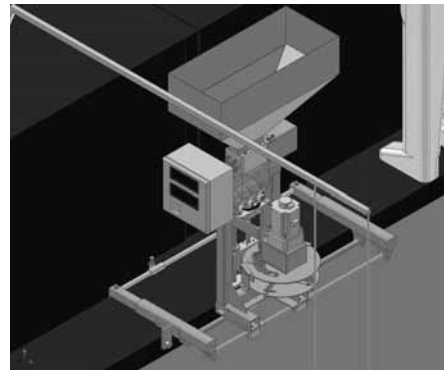


図-3 チップスプレッダー搭載イメージ



写真-2 検地輪外観



写真-3 施工状況

粒状路盤材の雨水浸透による性状変化に関する一考察

大林道路株式会社 技術研究所 ○森石 一志
同 小関 裕二
京都大学大学院 工学研究科 大西 有三

1. はじめに

透水性舗装は 1970 年代に導入され、歩道や軽交通の車道および駐車場などに適用されてきた。重交通道路では、雨水の浸透による路床の軟弱化が懸念されるため、透水性舗装は適用されなかった。しかし、現在は重交通の車道への適用が試みられており¹⁾、適用を拡大するためには舗装構造の耐久性等の課題を解明する必要がある。特に粒状路盤材については、雨水の浸透により骨材が移動し諸性状が変化するという問題がある。既往の研究²⁾においては、粒状路盤の支持力低下は浸透水によって路盤材中の細粒分が移動し、骨材同士の噛み合わせが変化する事が原因と考えられている。しかし、この骨材の移動が実際にどのように支持力の低下につながるのかは明らかにされていない。

本研究は、透水性舗装に使用する粒状路盤材に着目し、浸透水による微粒分の移動が、実際にどのように支持力の低下につながるのかを明確にすることを目的とし、雨水浸透による粒状路盤材の性状変化を室内で検証したものである。

2. 実験概要

2.1 使用材料

使用材料として、道路の粒状路盤材で通常使用されている切込砕石 (C-40) を想定した。その粒度は、図-1 に示すように、規格粒度範囲内で上方・中央・下方粒度の 3 種類とした。

2.2 実験方法

(1) 実験項目

実験項目として、通水による影響を室内透水試験 (以下、透水試験) および修正 CBR 試験 (以下、CBR 試験) で確認した。

(2) 供試体の作製

供試体は、舗装試験法便覧³⁾の「修正 CBR 試験方法」に準拠し、締固め度が 95% および 100% になるように作製した。

(3) 試験機構

本研究では、通水による性状の変化を検証するため CBR 試験器具を改良し、通水作用を受けた状態のままで透水性能および支持力変化の測定を実施した。また、通水中は CBR 試験の水浸養生と同様に、舗装体重量として供試体上部に 49N の有孔板を設置した。

(4) 実験手順

試験概要を図-2 に示す。始めに通水前の透水性能の確認として、飽和透水係数を測定した。飽和透水係数はあらかじめ供試体を水浸させておき、飽和状態にしてから測定を行った。通水中の透水試験に関しても同様に飽和状態にしてから実施した。支持力変化は、目標とした通水量 (年間降水量 1,500mm とし、30 年分の 795ℓ) を通水した後、CBR 試験で確認した。透水性能は所定の通水量ごとに飽和透水係数を測定し、透水性能の変化を確認した。通水は「道路路面雨水処理マニュアル(案)」⁴⁾を参考に 100mm/h で実施した。また、通水、透水試験、水浸養生中にモールド型枠の有孔底板 (φ0.6mm) から落下した路盤材中の微粒分を回収した。その微粒分量と試験前の供試体重量から間隙比を算出した。

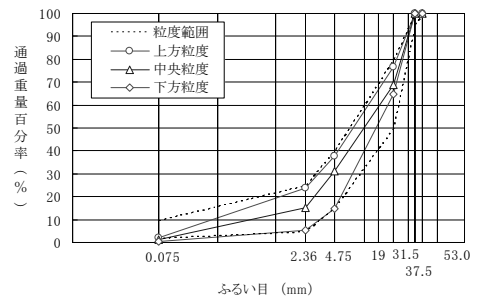


図-1 合成粒度

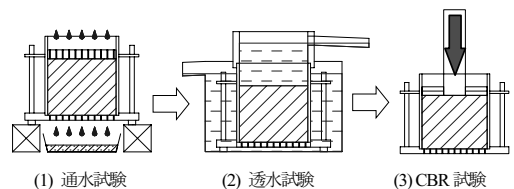


図-2 試験概要



3. 粒状路盤材の性状変化

(1) 透水性能

図-3 に通水量と透水係数の関係を示す。透水係数は締固め度で異なり、締固め度が大きいと透水係数が小さくなる。また、同じ締固め度で比較すると、透水係数は上方粒度が最も小さく、下方粒度が最も大きい。通水によって、締固め度 95%では下方および中央粒度の透水係数が若干低下し、100%では上方および中央粒度に低下傾向が見られた。また、締固め度 100%において、通水中における透水試験結果の変動が顕著である。これは通水による微粒分の移動により生じる「水みち」が変化したためと考えられる。

図-4 に間隙比と透水係数との関係を示す。透水係数が大きいものほど間隙比も大きな値を示している。したがって透水性能のみを重視した場合、中央または下方粒度が有利である。

図-5 に累積微粒分量の変化を示す。締固め度で比較すると、締固め度が高いほど微粒分の流下も少ない。また、各粒度で見ると、上方粒度が他の2粒度より流下が少ない。これらの結果から、微粒分の流下は路盤材中に含まれる微粒分量に関係するのではなく、2.36mm以下の骨材の割合が少ない方が、「水みち」が形成されやすく、微粒分が移動しやすくなったためと推察できる。

(2) 支持力変化

表-1 に CBR 試験の結果および通水後の低下率を示す。通水後において締固め度 100%の場合、どの粒度でも CBR 値は 50%以上低下する。締固め度 95%の場合でも、上方粒度は低下率が 50%以上である。締固め度 100%の上方粒度は低下率が最も大きく、上方粒度は通水による微粒分の移動の影響を最も受けやすいと考えられる。逆に締固め度 95%の下方粒度は低下が見られない。微粒分の流出量が最も多いにも関わらず大きな透水係数を維持し、CBR 値の低下も無いことから、透水性舗装の路盤材として下方粒度の締固め度 95%が適していると考えられる。

4. まとめ

本研究により得られた知見を以下に示す。

- ・降雨強度 100mm/h を想定し、30 年間に相当する量を通水した結果、透水性能の低下はほとんど見られない。
- ・通水による微粒分の移動が、供試体内部の「水みち」を変化させることより、飽和透水係数に影響を与えていると考えられる。
- ・通水前と通水後における CBR 値を比較すると、上方粒度の低下が特に大きく、透水性舗装の路盤材料選定には注意が必要である。

参考文献

- 1) 質疑応答：透水性舗装の実用化に向けた取組み、舗装、Vol.36、pp.19-20、2004。
- 2) 中西弘光、浅野耕司、川西礼緒奈、高砂武彦：環境に配慮した車道透水性舗装の開発、舗装、Vol.36、pp.10-17、2001。
- 3) 社団法人 日本道路協会：舗装試験法便覧、1988。
- 4) 独立行政法人 土木研究所：道路路面雨水処理マニュアル(案)、2006。

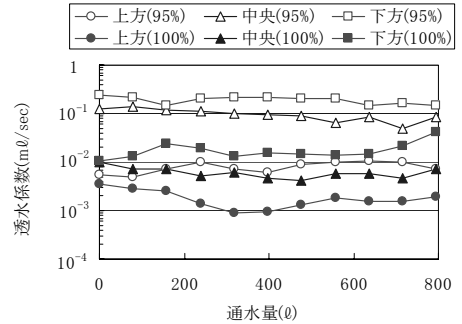


図-3 透水係数の変化

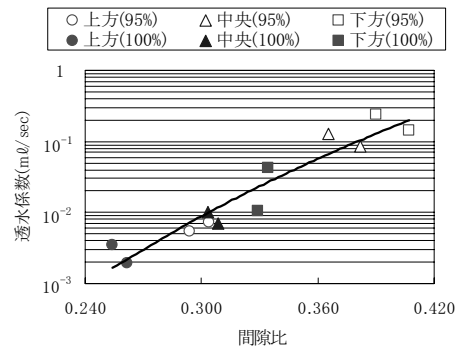


図-4 間隙比と透水係数との関係

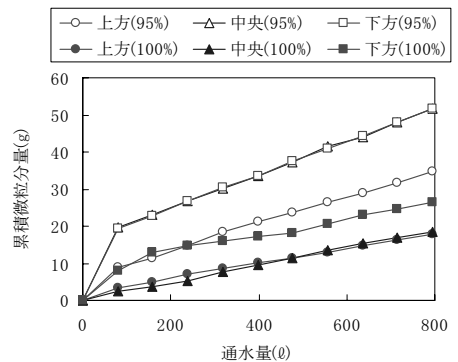


図-5 累積微粒分量の変化

表-1 支持力の変化

締固め度			上方粒度	中央粒度	下方粒度
	95%	CBR値 (%)	通水前	74.0	60.0
通水後			32.9	39.9	57.3
低下率 (%)			56	34	—
100%	CBR値 (%)	通水前	185.1	111.9	104.5
		通水後	57.1	47.2	51.3
	低下率 (%)		69	58	51

環境対策としての緑化舗装の施工事例

大林道路（株）関東支店 ○清水 正則
同 小熊 誠

1. はじめに

東京の年平均気温は、過去100年で3.0℃の上昇が見られ、他の大都市の平均上昇気温2.4℃、中小規模の都市の平均上昇気温1℃に比べて大きな上昇である。気温上昇の原因には、地球温暖化の影響もあるが、ヒートアイランド現象を含む都市温暖化の傾向が、顕著に現れている。

本報告は、自動灌水システムを備えた緑化舗装における施工の問題点、および工夫した事例を報告するものである。

2. 工事概要

自動灌水システム芝生舗装 4, 130㎡
透水性インターロッキング舗装 6, 418㎡



図-1 施工平面図

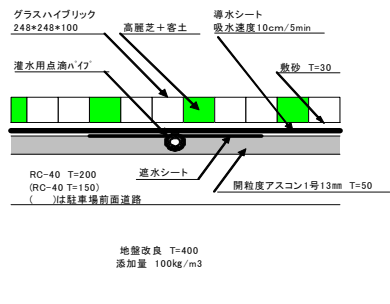


図-2 芝生舗装断面

3. 自動灌水システム

雨水利用自動灌水システムは、降雨を、屋上および外部雨水樹等で集水し、地下式雨水貯留槽に溜め、タイマーと降雨センサーの働きで、緑化舗装に水を供給するものである。降雨量の少ないときは、雨水貯留槽内に設置されたフロート制御による電磁弁で上水を補給し、夏季必要な半日分の灌水量を常時貯留する。自動灌水ポンプは、年間タイマーにて発停するものである。ただし、降雨センサーにより、雨天時には、運転を停止させる。

夏季の水面平均蒸発量4ℓ/㎡を基本に考え、表-1のように給水計画をした。

表-1 給水計画

	導水対象面積 ㎡	点滴パイプ延長 m	必要給水量 リットル	毎分流量 リットル	夏季灌水時間 分
A棟	1,250	494	5,000	63	79
B・C棟	1,291	509	5,164	65	79
D棟	1,581	626	6,356	80	79

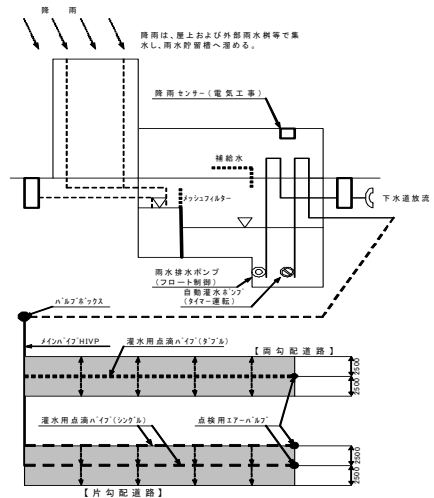


図-3 雨水利用 自動灌水システム図



この灌水システムは、毛細管現象を利用して、土壤に給水するもので、一度に多量の給水をする、排水層から必要灌水が流出するので、給水と給水停止を交互に繰り返しながら、徐々に浸透させることが重要である。タイマーの初期設定は、この地区の平均的な気候を考慮して、春、夏、秋、冬ごとの、灌水の年間スケジュールを表-2のように設定した。

今後、芝生の育成状況に応じて、灌水の開始・終了時間、給水時間、給水間隔等の設定変更を行う必要がある。

表-2 灌水の年間スケジュール

	期 間	灌 水 時 間	灌 水 量	灌 水 開 始 時 間
春	3月中旬 ～7月中旬	週に三回	2 $\frac{1}{2}$ / m ² ・日	9:00～
	7月中旬 ～9月中旬	毎日	4 $\frac{1}{2}$ / m ² ・日	6:30まで 18:00以降
秋	9月中旬 ～11月中旬	週に三回	2 $\frac{1}{2}$ / m ² ・日	9:00～
	11月中旬 ～3月中旬	週に一回	2 $\frac{1}{2}$ / m ² ・日	11:00～

4. 施工

灌水用点滴パイプ・導水シート設置状況と緑化舗装状況を以下の写真-1、2に示す。写真-3は、灌水用点滴パイプおよび導水パイプの設置溝を設けるのに使用した融雪U型溝用ブレードである。このブレードの使用により、工程の短縮と溝形状の均一化を実現した。



写真-1 灌水用点滴パイプ設置状況



写真-2 芝生客土状況



写真-3 融雪溝切削用ブレード

5. まとめ

日当たりの良い車道部の方が、昼間、駐車車両の日陰になってしまう駐車場部よりも、芝生の育成に有益であるという考えで、一般的には、車道に不向きとされる緑化舗装を、試行を重ね多くの工夫を施すことで、無事完成させることができた。

本緑化舗装の現況を写真-4に示す。

施工後、1年3ヶ月を経過した緑化舗装は、自動灌水システムの作動も含めて、その機能

を十分に果たしている。ヒートアイランド対策や景観面から評価される舗装を構築できたと自負している。今後は、ベビーカーや車いす等の走行性などの検討を進め、更に上質な環境を提供する舗装の構築にとり組みたい。

最後に本工事の施工に際して、様々なご指導をいただいた㈱大林組の方々に深く感謝いたします。



写真-4 緑化舗装現況

排水性舗装発生材からのリサイクル細粒材のSMAへの検討

大林道路(株) 大阪支店

○有賀 公則

(財)道路保全技術センター 近畿支部 荒木 誠

近畿大学 理工学部

佐野 正典

1. はじめに

排水性舗装の切削発生材から粗骨材を回収する実験は、関西を中心に数カ所で行われ、いずれも良好な結果が得られている。しかし回収には排水性舗装切削材とほぼ同量の細骨材を用いることから、回収される粗骨材を上回る量のアスファルトを含んだリサイクル細粒材(5mm以下)が生じることとなり、これの利用先を見いだすことが今後の大きな課題となる。

このようなことから、今回このリサイクル細粒材の利用先の1つとして、比較的多くの使用量が見込める5mmTOPの碎石マスチック混合物[以下:SMA(5)]を選定し、室内レベルでの適用を検討することとした。

本報告は、実際の回収実験によるリサイクル細粒材を用いて行ったSMA(5)の配合試験結果を紹介するものである。

2. リサイクル細粒材

リサイクル細粒材は、排水性舗装切削材と高炉スラグ細骨材を1:1の割合で加熱混合し、5mmを超える粗骨材を採取した後の残留物で、製造に関する概要は、表-1に示すとおりである。外観は写真-1に示すように、アスファルトモルタルに近い様相を呈し、その性状は表-2に示すとおりである。

表-1 リサイクル細粒材の製造概要

項目	内容
材料	排水性舗装切削材 細骨材
製造時期	平成19年3月
製造場所	兵庫県加東市 大林道路(株)東条アスファルト混合所

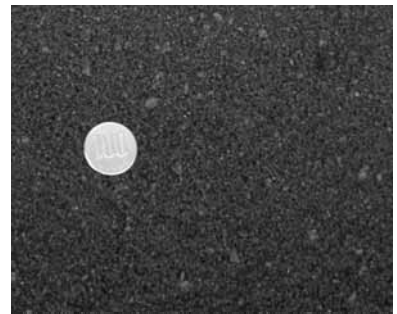


写真-1 リサイクル細粒材

表-2 リサイクル細粒材の性状

項目	試験値	
粒度 (%)	4.75 mm	100.0
	2.36	92.4
	0.6	45.3
アスファルト量 (%)	0.3	25.5
	0.15	15.4
最大密度 (g/cm ³)	0.075	10.1
アスファルト量 (%)		3.43
最大密度 (g/cm ³)		2.619

3. 検討試験概要

検討試験は、高速道路会社(NEXCO)におけるSMA(5)の基準に従い実施した。

(1) 使用材料

配合試験に用いる材料は、表-3に示すとおりである。材料の選定に当たっては、リサイクル細粒材をできるだけ多く使用できるように、細骨材はリサイクル細粒材のみとし、その他の骨材としては一般の7号碎石および石粉としている。またアスファルトはNEXCOでSMA(5)において標準とされているポリマー改質アスファルトⅡ型の他に、比較のため一般のストレートアスファルト60/80においても性状を確認することとし、材料分離防止のための繊維は植物繊維を使用することとした。

表-3 使用材料

項目	材質
7号碎石	硬質砂岩
リサイクル細粒材	排水性粗骨材回収残留物
石粉	石灰石
アスファルト	ポリマー改質アスファルトⅡ型 ストレートアスファルト60/80
繊維	植物繊維



(2) 配合割合と合成粒度

各材料の配合割合および合成粒度は、表-4および図-1に示すとおりである。

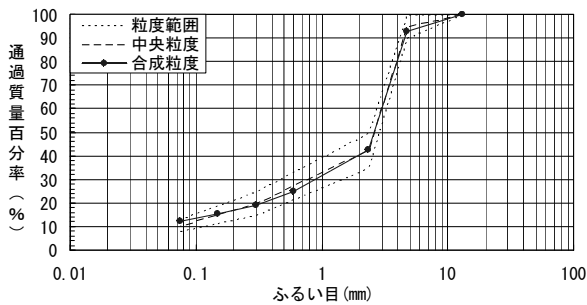


図-1 粒度曲線

表-4 配合割合と合成粒度

項目		値	規格値
配合 (%)	7号碎石	61.0	—
	リサイクル細粒材	27.0	—
	石粉	12.0	—
	植物繊維	0.3	—
粒度 (%)	13.2 mm	100.0	100
	4.75	92.6	90 ~ 100
	2.36	42.5	35 ~ 50
	0.6	24.8	—
	0.3	18.9	15 ~ 25
	0.15	15.5	—
	0.075	12.3	8 ~ 13

4. 検討試験結果

混合物の最適アスファルト量は、マーシャル安定度試験により目標空隙率が2.5%となるアスファルト量とした。各混合物の性状は表-5に示すとおりである。

表-5 各混合物の性状

項目	ポリマー改質Ⅱ	StAs60/80	規格値
最適アスファルト量 (%)	7.5	7.5	—
密度 (g/cm ³)	2.365	2.370	—
理論密度 (g/cm ³)	2.426	2.430	—
空隙率 (%)	2.5	2.5	2~3
骨材間隙率 (%)	19.8	19.6	目標17以上
飽和度 (%)	87.4	87.2	—
マーシャル安定度 (kN)	10.61	9.23	6.0以上
フロー値 (1/100cm)	39	36	—
残留安定度 (%)	92.3	90.6	75以上
動的安定度(回/mm)	2,250	341	1,000以上

- ① マーシャル特性値については、いずれも規格を十分に満足する値が得られた。
- ② 動的安定度についてはポリマー改質Ⅱ型を使用した配合では、規格値である1,000回/mm以上を満足する値が得られたものの、

ストレートアスファルトを使用した配合では1,000回/mmを下回り、規格値を満足できない結果となった。

5. まとめ

今回の検討試験によりリサイクル細粒材は、新規アスファルトとしてポリマー改質Ⅱ型を使用することにより、室内配合試験レベルにおいてSMA(5)への適用が可能と判断される。また同様にその他の密粒アスコン等に適用した場合も良好な結果が得られるものと推察される。

近年、資源の枯渇に伴い良質の細骨材を確保することが難しい状況にある。このようなことから、今回のようなリサイクル細粒材を有効に利用することは、資源保護の観点からも極めて有意義であると考えられる。

6. 今後の課題と検討

リサイクル細粒材を実機プラントでの出荷に適用するには、次に示すような課題を克服する必要がある。

- ① リサイクル細粒材は、アスファルトを含んでいるため塊状になりやすい。従って利用に当たっては、ホッパーへの投入やベルトコンベアによる送りが円滑に進むように、塊状のものの破砕が必要となる。
- ② プラント本体ドライヤーを利用し、リサイクル細粒材のホットピンへの投入を想定した場合、アスファルトを含んでいることによりフルイに詰まりが生じることが考えられる。そのためある程度一般の細骨材も同時に使用することが必要となる可能性がある。

今後も上記の課題を克服し、実用化に向けて検討を進めていきたいと考えている。

なお本研究は新都市社会技術融合創造研究会「排水性舗装混合物のリサイクル技術の研究」プロジェクト(プロジェクトリーダー：山田 優 大阪市立大学名誉教授)で遂行しているものである。

摩砕機による排水性舗装発生材からの骨材回収

大林道路(株)大阪支店 ○藤 林 省 吾
 (株)NIPPOコーポレーション 木 下 孝 樹
 コマツ 営業本部 森 谷 幸 雄

1. はじめに

排水性舗装は、従来の密粒度舗装に比べて環境面、安全面で優れていることから、全国的に施工量が増加しているが、表層混合物のリサイクル(再生アスファルト混合物)は従来の方法では困難と考えられている。

そこで本報文では、既設の排水性舗装から混合物を切削撤去後、再生混合物製造時に支障となる付着アスファルトを分離除去して骨材を回収し、それと新しいアスファルトを用いて再生混合物を製造するリサイクル技術について検討した。

2. 摩砕機を使用した排水性舗装混合物のリサイクル技術

2-1 概要

この技術は排水性舗装切削材を特殊な摩砕機に投入し、装置内で金属製の隔壁や球体に連続的に接触させることで粗骨材の周囲のバインダー被覆を剥離するものである。

2-2 摩砕式骨材再生技術

再材料化する排水性舗装の発生材は最大寸法 20mm の一般的な排水性舗装で、舗装修繕工事において路面切削機を用いて取り壊され、中間処理施設に集積されたものを使用した。再材料化の主要工程フローを図-1、各工程の概要を以下に示す。

① 再生骨材の分級

上網 40mm、下網 5mm の振動ふるいにて備蓄した切削材をふるい分けし、製造試験設備への材料とした。

② 再生骨材の1次洗浄(スパイラル分級機)

5mm 以下を分級した切削材は、再生骨材の周囲に細粒分が付着しているため、切削材を摩砕機に投入する前工程に1次洗浄(スパイラル分級機)設備を設置した。

③ 摩砕機

使用した摩砕機の外観と機構を写真-1に示す。この機械は、乾燥および湿潤状態のいずれの条件においても運転可能な設備である。今回製造する再生骨材は再生ポーラスアスファルト混合物に使用することを目的としており、再生骨材はその周囲に微粒分の付着が少ないことが良いと考え、運転条件は湿式状態とした。

④ 再生骨材の2次洗浄

摩砕機から排出される材料を粒径により区別すると、再生粗骨材と再生細骨材および微粒分に大別される。再生ポーラスアスファルト混合物用の素材は再生粗骨材としており、微粒分の除去にはスパイラル分級機を、2次洗浄工程として設置した。

⑤ 再生骨材の分級

再材料化の最終工程として、再生粗骨材の粒径分布を6号碎石に適合するよう

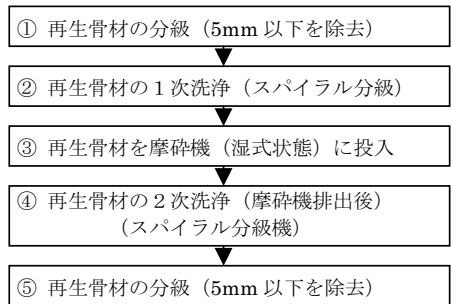


図-1 主要工程のフロー図

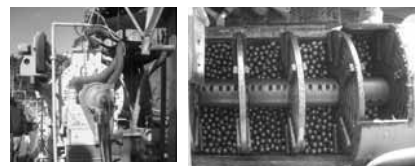


写真-1 摩砕機の外観および内部機能



写真-2 2次洗浄



網目 5mm の振動ふるいを設置し、湿潤状態で分級した。

2-3 摩砕水準把握試験

摩砕機の基本仕様を表-1に示す。運転標準の決定にあたり、
 運転要因は① 再生骨材の処理量、② 摩砕機の回転数、③ セル
 内の鉄球数量、④ 注水量とした。また、再生粗骨材の品質目
 標は、付着アスファルト量 1.0%、抽出粒度は 4.75mm ふるい通過重量 10%以下とし、処理量の目標は 30
 トン/時間以上とした。試行錯誤の結果、テスト水準 8 が目標品質を満足し連続生産できる運転水準と判明
 し、試験舗装用の運転標準と決定した。表-2に各テスト水準による結果を示す。

表-1 摩砕機基本仕様

① 機械寸法：φ1,300×4,150(mm)
② 羽根通過口径：35(mm)
③ 鉄球寸法：φ70(mm)

表-2 摩砕機の運転条件と再生骨材の試験結果

テスト水準	--	NO.1	NO.2	NO.3	NO.4	NO.5	NO.6	NO.7	NO.8				
処理量 (t/hr)	--	40	40	50	50	50	60	40	40				
回転数 (rpm)	--	30	35	35	30	30	30	30	33				
鉄球数量 (pcs)	--	880	680	680	680	470	470	470	680				
水量 (L/min)	--	120	120	400	400	400	400	400	180				
試料名		1次洗 浄品		13~5		13~5		13~5		13~5		13~5	
		10分	15分	10分	15分	13~5	13~5	13~5	13~5	13~5	10分	15分	
抽出AS量 (%)	3.50	0.73	0.79	0.95	0.91	1.05	1.46	1.55	1.60	1.48	1.10	1.03	
抽出 粒度 通過 重量 百分率 (%)	19.0(mm)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
	13.2	98.5	95.4	97.4	96.0	97.9	96.7	97.8	97.4	96.4	97.3	97.5	
	9.5	84.6	69.8	80.8	71.4	86.1	77.6	82.0	76.1	77.8	76.9	77.5	
	4.75	38.7	11.8	19.6	12.7	24.1	20.4	28.3	17.1	21.7	20.6	10.1	
	2.36	35.5	1.9	2.7	2.3	3.4	4.1	7.7	5.4	6.1	5.1	1.8	
	0.6	13.8	1.3	1.6	1.6	1.9	2.9	3.3	3.2	3.3	3.0	1.2	
	0.3	9.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
	0.15	4.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
0.075	2.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		

また、各運転要因と再生粗骨材の品質について次の知見を得た。

- ① 摩砕機の回転数を早くすると骨材の破碎も同時に行われる傾向が見られた。
- ② 鉄球の数は付着アスファルト量の変動に影響し、減少させると付着量は増加した。
- ③ 注水量を増加させると付着アスファルト量は増加する傾向が見られた。
- ④ 処理量を増加させると付着アスファルト量は増加する傾向が見られた。

2-4 再生粗骨材の諸性状

再生粗骨材の特徴は、粗骨材の周囲に 1%程度のアスファルトモ
 ルタル分が付着していることである。付着状態は粗骨材表面の一部
 に団粒状となっている。(写真-3) 連続的に製造した再生粗骨材の
 諸性状は表-3に示すとおりである。

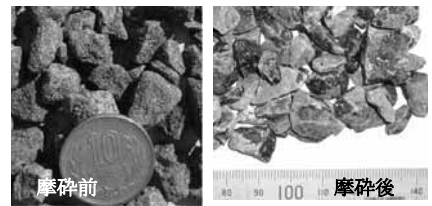


写真-3 再生粗骨材の外観

表-3 再生粗骨材の諸性状

アスファルト 含有量(%)	最大密度 (g/cm ³)	粒度 (mm)					通過重量百分率 (%)				
		19	13.2	4.75	2.36	0.6	100.0	97.9	15.4	3.0	2.1
1.00	2.657	(100.0)	(97.3)	(9.2)	(0.3)	--					

注) () の数値は見掛け状態における試験値

再材料化された再生粗骨材は碎石の地肌が露出しており、粗骨材配合(碎石 6号相当分)で 100%使用
 して、再生ポーラスアスファルト混合物の配合設計を実施することとした。

3. おわりに

本研究においては、排水性舗装発生材の 100%リサイクルを目標としており、摩砕後の細骨材および微
 粒分の用途開発についても研究している。なお、本報文は、産官学連携による「新都市社会技術融合創造研
 究会」プロジェクトのうち、「排水性舗装混合物のリサイクル技術の研究」(プロジェクトリーダー 大阪市
 立大学 名誉教授 山田 優)の研究成果の一部であり、関係各位に謝意を表します。

加速度計による路面のすべり抵抗の測定

大林道路㈱技術研究所

○東本 崇

同

鈴木 徹

フォレストコンサルタント㈱

石川 健

1. はじめに

舗装路面のすべり抵抗は、走行車両の安全性に係わる重要な要素である。通常、舗装路面のすべり抵抗は、すべり抵抗測定車や振子式スキッドレジスタンステスターおよびDFテスター等によって測定されている。わが国において舗装路面のすべりに関する研究は土木研究所を中心に古くから行われており、その研究成果が報告されている⁽¹⁾⁽²⁾。その中で、加速度計を使った減速度法による路面のすべり抵抗の測定方法が紹介されている。加速度計を使ったすべり摩擦係数の測定は、すべり抵抗測定車のような大型の車両を必要とせず、測定方法も簡便であるが、これまでに雪氷路面で適用された事例⁽³⁾があるのみで、一般路面での適用についての報告はほとんどされていない。本文では、簡易的な路面のすべり摩擦係数の測定方法として、加速度計を用いたすべり摩擦係数の測定事例について報告する。

2. 測定概要

(1) 減速度と路面のすべり摩擦係数の関係

一定の速度で走行している車両に急制動を掛け、車輪がロックして路面をすべっているときの負の加速度（減速度）と路面のすべり摩擦係数の関係は、特に高速でない場合は空気抵抗の影響は無視できると考えると、式(1)で求めることができる。

$$\text{すべり摩擦係数 } \mu = \text{減速度 } a / \text{重力加速度 } g \quad (1)$$

(2) 測定方法

本検討では、ライトバンタイプの乗用車に小型の加速度計を取り付け、時速 40km/h から車輪をロックさせて停止するまでの減速度を 0.1 秒間隔で測定した。なお、制動時に車両が前下がりとなるため、車両に取り付けた加速度計から得られる減速度は実際の前後方向の値より大きくなる。そのため、本検討では補正係数を 0.95 として⁽¹⁾⁽²⁾、加速度計から得られた値に乗じてすべり摩擦係数を算出した。写真-1 に測定機器を示す。測定した舗装の種類は、密粒度アスファルト舗装、ポーラスアスファルト舗装（最大粒径 5mm および 13mm）および表面処理型凍結抑制舗装でそれぞれ供用後数か月から 3,4 年経過した舗装である。表面処理型凍結抑制舗装は、既設アスファルト舗装上にゴム粒子を大量に含んだアスファルトマスティックを厚さ 5mm 程度で敷きならした舗装である。なお、比較のために DF テスターによる動的摩擦係数の測定も実施した。

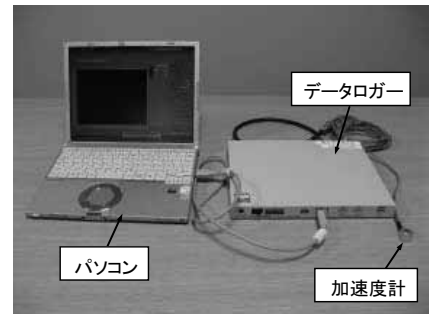


写真-1 測定機器

3. 測定結果

図-1 に表面処理型凍結抑制舗装のすべり摩擦係数を示す。図の横軸は急制動後の経過時間を、縦軸はすべり摩擦係数を表しており、同一箇所でも 3 回測定した結果とその平均値を示している。また、図中の $\mu 20$ および $\mu 40$ は DF テスターにより測定した動的摩擦係数である。図より、経過時間毎のすべり摩擦係数をみると 3 回の測定結果に若干ばらつきがみられる箇所もあるが、全体的にはほぼ同程度の値となっており、簡易



的な測定方法として十分な再現性があると考えられる。平均値をみると、時速 40km/h の速度から急制動を掛けた直後のすべり摩擦係数は、DF テスターにより測定した動的摩擦係数 μ_{40} とほぼ同程度の値となっている。しかし、その後のすべり摩擦係数は、DF テスターによる動的摩擦係数より若干大きな値となる。

図-2 に密粒度アスファルト舗装のすべり摩擦係数の測定結果を示す。図より、急制動を掛けた直後のすべり摩擦係数は動的摩擦係数 μ_{40} よりも小さくなっているが 0.4 秒経過後に大きなすべり摩擦係数が得られている。その後のすべり摩擦係数は上下を繰り返しながらも動的摩擦係数とほぼ同程度の値となっている。

図-3, 4 にポーラスアスファルト舗装のすべり摩擦係数の測定結果を示す。図-3,4 より、ポーラスアスファルト舗装の場合、最大粒径 5mm および 13mm と同様な傾向を示し、急制動を掛けた直後のすべり摩擦係数は動的摩擦係数 μ_{40} よりも大きくなっているが、その後のすべり摩擦係数は上下を繰り返しながらも動的摩擦係数とほぼ同程度の値となっている。

以上のことから、減速度法による路面のすべり摩擦係数の推定は十分可能であると考えられる。一般的なアスファルト舗装の場合、減速度法による路面のすべり摩擦係数は、DF テスターによる動的摩擦係数とほぼ同程度の値となることがわかった。また、表面処理型凍結抑制舗装の場合、減速度法によるすべり摩擦係数は DF テスターによる動的摩擦係数よりも若干大きな値となる。

4. おわりに

本報告では、簡易的な路面のすべり抵抗の測定方法として、加速度計を用いた減速度法によるすべり摩擦係数の測定事例について述べた。その結果、減速度法によるすべり摩擦係数の推定は十分可能であることがわかった。しかしながら、まだ測定数が少ないため、今後より多くの舗装について測定する必要がある。また、車種による補正や測定時の速度、路面温度の影響についての検討も今後の課題である。

<参考文献>

- 1) 市原：路面のすべり抵抗に関する研究(1) — 一般路面のすべりについて —，土木研究所報告，第 135 号，1969.8.
- 2) 市原他：新訂版 路面のすべり — 道路・滑走路・床面 —，技術書院，1986.11.
- 3) 例えば、武田他：加速度計を用いたすべり摩擦係数の推定，土木学会第 49 回年次学術講演会概要集，第 5 部，pp.28-29，1994.9.

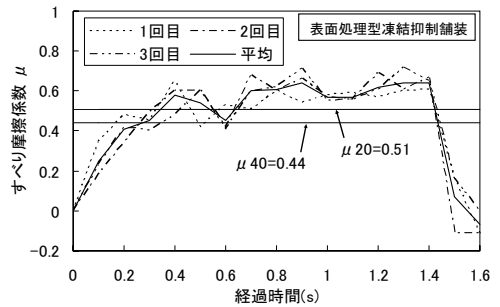


図-1 すべり摩擦係数測定結果 (表面処理型)

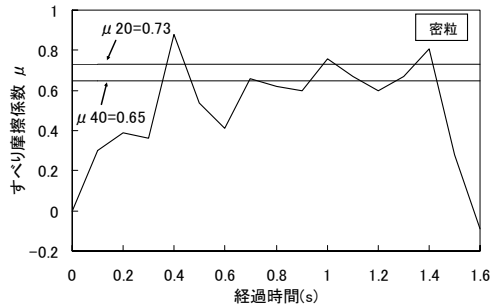


図-2 すべり摩擦係数測定結果 (密粒)

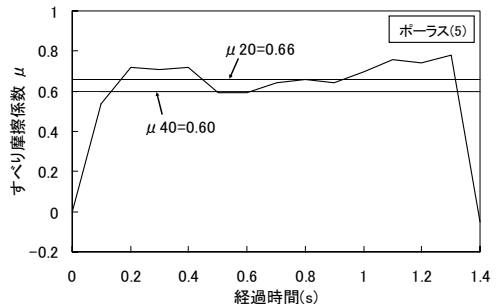


図-3 すべり摩擦係数測定結果 (ポーラス(5))

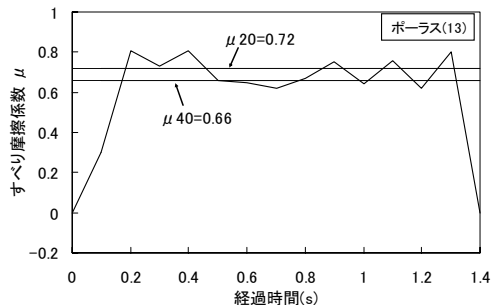


図-4 すべり摩擦係数測定結果 (ポーラス(13))

表面処理型凍結抑制舗装の小規模施工事例

大林道路株式会社 技術研究所 ○鈴木 徹
同 北海道支店 大橋 紀
同 本店エン지니어リング部 稲葉 行則

1. はじめに

積雪寒冷地域を中心として、交通の冬期安全性を向上させる舗装技術の一つである凍結抑制舗装の技術開発が進められている。当社では物理系（ゴム混入型）凍結抑制舗装の一つである表面処理型凍結抑制舗装について以前から改良改善および施工、追跡調査を行っている^{1,2)}。表面処理型凍結抑制舗装はゴム粒子を大量に含んだアスファルトマスタックを、超薄層（厚さ 5mm 程度）で敷きならすものであり、従来から中・大規模施工として大型機械を用いて行ってきた。昨今、交差点部、坂路、踏切に接続する道路等、局部的に凍結抑制が求められる比較的小規模への施工のニーズも高まっている。そこで小規模施工として小型機械施工を目的に配合面、施工面を改良し、平成 18 年度に北海道地区 2カ所、北陸地区 1カ所で施工を行った。本文は、表面処理型凍結抑制舗装の小型機械を使用した小規模施工事例について報告するものである。

2. 配合および材料

表—1に小型機械用（以降小規模用と記す）の配合を示す。参考に併せて大型機械用（以降大規模用と記す）の標準的な配合を示す。小規模用と大規模用の主な相違点は、骨材として小規模用は粗骨材（7号砕石）を使用している点である。大規模用混合物は大型クッカ車を使用するものであるが、混合物の量およびクッカの攪拌機構の観点から粗骨材を混合しない配合であった。一方、今回報告する小規模用は2軸パグミルタイプの小型クッカ内で少量（300～400kg）

表—1 標準配合

材料名	配合率(重量比)	
	小規模用	大規模用
フィラー	25～40%	35～50%
粗砂	—	10～25%
粗骨材	20～35%	—
ゴム粒子	15～25%	15～25%
特殊アスファルト	15～30%	15～25%

で混合可能であり、試験施工結果から所定温度になるまでの混合時間が短く、現場内で常時一定温度での混合が可能である。したがって、施工量、施工スピードに柔軟に対応できる。また、ミキシング時にはじめから粗骨材を入れ込むことによって、供用後のすべり抵抗性確保のための大規模用で行っていた敷均し後のプレコート骨材の散布圧入の手間が省けることなど、小規模用としての配合に改良した。

3. 施工方法

表面処理型凍結抑制舗装用混合物の製造はアスファルトプラントでプレミキシングを行う。4 t（または 2 t）トラックに搭載した小型クッカに移し、現場に搬入し、攪拌・混合を行う。プラント排出時の混合物温度 120℃前後のものが 30 分弱で所定温度 180℃に達する。施工方法を以下に示す。

①施工厚に舗設するための型枠を設置する（写真—1）。なお、既設路面の状況によってパッチング、レベリング、シーリングを必要とする場合もあるが、基本的には既設路面上に敷設する工法であり、タックコート等を含め下地処理を行わずに舗設できるものである。②小型クッカから専用の加温（保温）式二輪車に必要な量の混合物を排出する（写真—2）。③その二輪車で運搬し、加熱式小型ペーパー（W=1.0m）に混合物を速やかに投入する（写真—3）④小型ペーパーにより敷きならしを行う。敷ならし直後に散布機かふるいで硬質骨材を散布する（写真—4）。硬質骨材は初期すべり抵抗性の確保のため大規模用でも散布している。⑤最後に小型ローラで転圧して終了である（写真—5）。写真—6に施工終了後の表面処理型凍結抑制舗装の表面形状を示す。



4. 追跡調査結果

図—1に、北海道で行った施工現場のDFテスターによる動的摩擦係数の測定結果の一例を示す。供用後、摩擦係数は低下傾向を示すが、いずれも0.3以上確保している。施工直後は路面上に散布定着させた硬質骨材が効いているが、交通車両や除雪により硬質骨材が損失した状況下においても混合物内に内在している粗骨材がすべり抵抗性に寄与することがわかった。



写真—1 型枠設置

写真—2 小型クッカ

図—2に氷着強度の試験結果を示す。本小規模用と従来の大規模用混合物の氷着強度はほぼ同等であり、細粒度ギャップアスコンの半分以下であった。したがって、配合を小規模用に改良しても従来と同様に高い凍結抑制効果を有することが確認できた。



写真—3 小型ペーパ

写真—4 敷きならし状況

写真—7に冬期の路面状況を示す。表面処理型凍結抑制舗装面は、車両通過箇所の路面が露出しており、雪氷がはがれやすいことが確認できた。また、一冬を経過した現在においても、既設路面からのはがれや変形およびゴム粒子の飛散は確認されず良好な状態を維持している。なお、その他2件についてもほぼ同様な結果であり、全体的に良好な状態を維持している。

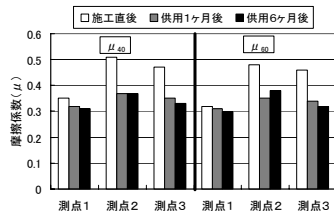


写真—5 転圧状況

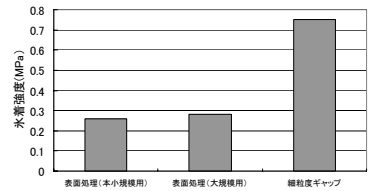
写真—6 表面性状

5. まとめ

今回は、表面処理型凍結抑制舗装の小型機械施工を目的に、配合面および施工方法を小規模施工用に改善し、実施工をとおして、配合を改良することによる凍結抑制機能、すべり抵抗性が問題ないことおよび小型機械を用いた小規模施工の有用性を確認できた。



図—1 動的摩擦係数の経時変化



図—2 氷着強度

6. おわりに

今回の結果から局部的に凍結抑制が求められる箇所への表面処理型凍結抑制舗装の配合および施工方法を確立できた。今後は材料そのものをパック化するなどさらなる小規模施工としての利便性を追及したい。また、引き続き効果の持続性や耐久性の確認が必要であり、追跡調査を継続していく予定である。



写真—7 冬期路面状況

参考1) 黒澤、大橋、鈴木：表面処理型凍結抑制舗装の施工事例、第26回日本道路会議 参考2) 工藤、鈴木、森石：ゴム粒子を用いた表面処理型凍結抑制舗装の改善と施工例、第10回北陸道路会議

参考3) 「凍結抑制舗装ポケットブック」：凍結抑制舗装技術研究会

トンネル内舗装におけるハイブリッド舗装の施工例

大林道路株式会社 中部支店 ○古川 聡 哉
同 石黒 修 一

1. はじめに

ハイブリッド舗装とは、表面は高機能舗装と同等のきめ深さを、内部はSMAと同等の密実性・たわみ追従性という2つの機能を併せ持つ舗装である。旧日本道路公団（以後旧JH）では、トンネル内の舗装はコンクリートの基盤に、中間層にSMA、表層に高機能舗装という2層構成の舗装を行っていた。そこで、明かり部ほどの排水機能を要求されないトンネル部でハイブリッド舗装が試みられている。従来2層で施工していたものを1層で施工することにより、約5割の建設費削減が期待でき、かつ、視覚的な連続性や、コンクリート床版上におけるたわみ追従性や水密性が確保できる。本報告書は、近畿自動車道(紀勢線)勢和舗装工事におけるハイブリッド舗装の施工結果を報告するものである。



図-1 ハイブリッド舗装の概念

2. 室内配合設計

配合設計は、配合設計マニュアル(案)(旧JH)に基づき、当混合物特有の性状であるダレについて特に着目して配合を行った。混合物のダレとは、混合物の運搬中に車両の振動によって材料分離を起こし、アスファルトモルタル(以後アスモル)が沈下する現象である。

そこで、ダレの性状に影響を及ぼす細骨材について以下の2種類の組み合わせについて検討した。

配合① 細目砂+粗目砂

配合② 細目砂+スクリーニングス

配合①と配合②では、スクリーニングスを使用した配合②の方がきめ深さが優れている結果となった。

このことから、配合②を室内配合での推奨配合、配合①を次点候補配合とした。

3. 試験練り

室内配合で推奨配合とした配合②と次点候補配合とした配合①について、プラント実機にて試験練りを行った。今回は特にダレに着目したことから、通常の試験練りの試験項目に加え、下記の方法により、ダレ具合について検討した。

- ・実際に施工現場まで運搬し、実際の施工機械を用いて舗装し、荷下ろし後のダンプの荷台の状態や、転圧後の表面を目視観察する。
- ・油紙を敷いたバットに混合物を入れて運搬し、温度を十分さましてから抜き取り、裏面を目視観察する方法。便宜上、試験名をバット法とした。

その結果、配合①と配合②を比較すると、運搬中のダレは配合②の方が少なかった。また、わだち掘れに対する抵抗性、表面のきめ深さも配合②の方が良好であった。これまでの、室内試験と試験練りの結果より、配合②を決定配合とした。合成粒度を図-2に示す。

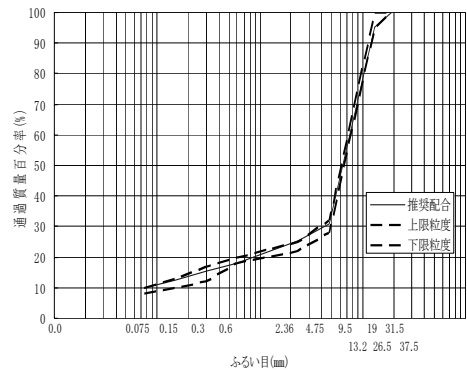


図-2 合成粒度



4. 試験施工

試験施工では、CTメータによるきめ深さ(MPD)、抜き取りコアによる見掛密度および締固め度の測定を行った。また、舗設後の舗装版の裏面を確認した。その結果を表-1および写真-1に示す。

MPDについては、各工区とも基準値(1.2以上)を満足するものであった。しかし、転圧回数が不足した場合は下層に密実層が形成されにくく(写真-1右)、また逆にタイヤローラによる仕上げ転圧時の温度が高かったり、回数が多かったりした場合は、きめ深さが得られない箇所もあった。

項目	工区			
	A工区	B工区	C工区	基準値
きめ深さMPD(mm)	1.331	1.243	1.289	MPD \geq 1.2
見掛密度(g/cm ³)	2.448	2.450	2.446	
締固め度(%)	99.4	99.4	99.1	96%以上

表-1 試験施工結果

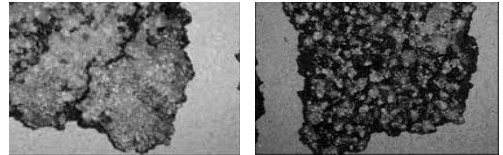


写真-1 舗装版裏面 (左:正常、右:異常)

5. 本施工

本施工では特に温度管理の重要性に留意し、慎重に管理した。また、施工箇所がトンネル内であり、かつ時期が12月であったことから、敷均し直後に急激に温度低下することが懸念された。そのため、初期転圧はフィニッシャから極力離れないように、短いストロークでの早い転圧を心がけた。タイヤローラでの仕上げ転圧は、表面のきめ深さを維持するため、過転圧にならないように留意した。また、すべてのローラには、合材付着防止剤を使用し、特にマカダムローラは、水の過剰な噴霧をさげ、間欠散水にした。

平坦性について、コンクリート床版に直接舗設するため、下面の不陸の影響が懸念された。そのため、フィニッシャのセンサーガイドの取り方や、アジャストも慎重に行った。その結果、全体に良好な仕上がりとなり、問題なく施工ができた。



写真-2 初期転圧状況

6. まとめ

今回の施工で得られたハイブリッド舗装の配合時及び施工時に有効と思われる留意点を下記に示す。

- ・ 配合時には、細骨材の組み合わせについて複数検討し、ダレの性状が最もよいものを選定する。
- ・ 試験練り時に、施工場所までの運搬距離等を考慮し、実際に運搬して性状を確認するとよい。
- ・ 密実層を形成するためには、線圧の高いマカダムローラのニーディング作用が効果的であり、主要転圧機種とする。
- ・ 初期転圧はマカダムローラを、フィニッシャ1台に対して1台配置することを原則とし、なるべくフィニッシャから離れないように、短いストロークでより多くの回数を転圧する。
- ・ 二次転圧にもマカダムローラを使用し、やや長めのストロークで、初期転圧の補足と平坦性の確保を主目的とする。
- ・ 仕上げ転圧は、タイヤローラにて、マカダムローラのローラマークの消去を主目的とし、表面のきめ深さを失わないよう高温での転圧や過転圧は避ける。
- ・ 狭小部など、人力施工となる箇所はなるべく避ける。施工開始箇所や終了箇所では手早く転圧できるように心がける。

今回はトンネル内での試行であったが、将来沈下が懸念される土工部や橋梁上等でも、ハイブリッド舗装が有効ではないかと考えられる。

常温硬化型路面補修材の開発

大林道路株式会社 技術研究所 ○上田 哲也
 大林道路株式会社 技術研究所 杉本 浩一
 大林道路株式会社 技術研究所 鈴木 徹

1. はじめに

近年、舗装資本ストックの増加に伴い補修割合は増加している。維持補修に用いる補修材は従来から様々なものがあり、また性能向上が求められ改良や開発が進められている。本文は施工性を重視した流し込み施工が可能で、セルフレベリング性に優れた常温硬化型路面補修材(以下常温補修材と示す)を開発した。本文は、開発した常温補修材の概要と施工事例を報告するものである。

2. 常温補修材の概要

(1)使用材料および配合と性状

本常温補修材はパック化している。表-1にパック内容物の内訳を示す。本常温補修材は、主剤と硬化剤からなる2液混合型特殊アスファルト乳剤部、細骨材と無機系特殊混和材からなる粉体部および水から構成されている。また標準性状を表-2に示す。

表-1 パック内容物の内訳

特殊改質As乳剤部 主剤	硬化剤	粉体部	水	合計
1.86kg	0.24kg	6.9kg	0.5kg	9.5kg

(2)施工手順

本常温補修材は、各材料を混合容器に投入して、電動式ハンドミキサーで2分程度攪拌する。そして、施工箇所に流し込んでコテやゴムレーキ等で敷き均すのみで転圧は必要としない。

施工手順を図-1に、施工状況を写真-1から4に示す。

表-2 標準性状

項目	単位	試験値
可使用時間(20°C)	分	10~15
J ₁₄ ロート流下時間(20°C)	秒	6前後
動的安定度 ¹⁾	回/mm	3,000以上
ラベリング磨耗量 ¹⁾	cm ²	0.7以下
湿潤磨耗量(25°C1時間水浸)	g/m ²	300以下
一面せん断強度(-5°C)	MPa	1以上
曲げ破断ひずみ(-20°C)	cm/cm	6 × 10 ⁻³

1)下地密粒度アスコン4cm上に常温補修材1cm厚の供試体で行った。

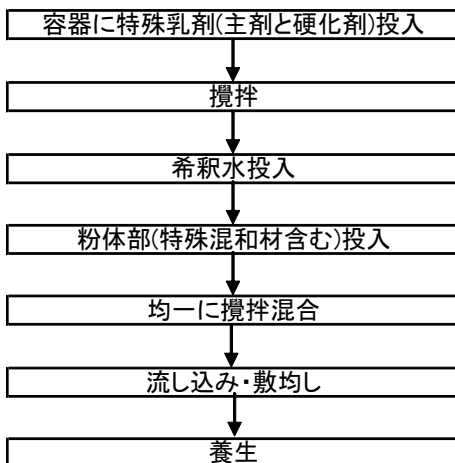


図-1 施工手順



写真-1 攪拌混合状況



写真-2 流し込み状況



写真-3 敷き均し状況



写真-4 施工完了



3. 施工事例

本常温補修材は、車道や歩道への適用だけでなく多方面で補修材として適用している。ここにいくつかの施工事例を示す。

写真一五はモータープールの補修事例である。長年の供用および経年劣化により、骨材飛散や剥離クラックが激しい箇所で表面リフレッシュの目的で行った。写真では1カ所しか示していないが全面的に行った。

写真一六は食品メーカー工場の搬入車の搬入口の段差修正を行った事例である。

写真一七は駅ホームの荒れた路面上を平滑に補修した事例である。

写真一八はマンションの車出入口および集水枡周辺の段差修正を行った事例である。

写真一九はテニスコート内の主として表面剥離の補修で、常温補修材で補修終了後トップ材を塗布して、周囲との色彩の調和を行った事例である。

4. まとめ

昨今、車道・歩道以外にスポーツ施設や工場内舗装の簡易な補修のニーズが多く、本文もこれらの施工例を中心とした。

施工を通して、可使・硬化時間は気温・日射等の気象条件により多少変動するが、およそ30から60分未満で硬化し交通開放できる事が確認できた。また施工が容易であるため、必ずしも専門業者が施工するものでなく、例えば工場の営繕担当者でも施工可能である。

今後は、今回報告した各施工現場および車道や歩道に施した箇所の経年変化のデータベースを構築し、諸条件での耐久性と適用性の確認を行ううしである。

5. おわりに

常温補修材の開発は、舗装関係各社をはじめとして各々の製品を開発しており、それぞれ施工実績を残してその有効性を実証している。本常温補修材を含めた補修材が、より多くの様々な所で効率的に適用されることによって、ライフサイクルコストおよび環境負荷の低減に寄与できる事を望むばかりである。



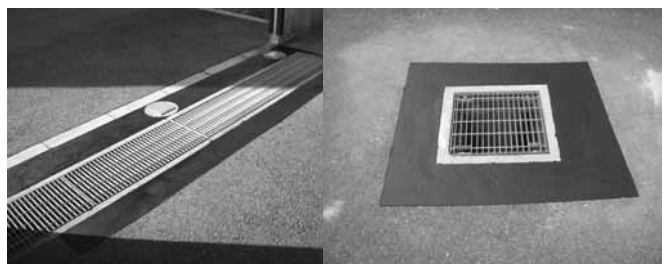
写真一五 施工事例①



写真一六 施工事例②(施工後)



写真一七 施工事例③(施工後)



写真一八 施工事例④(施工後)



写真一九 施工事例⑤

下面給水型揚水性舗装の輻射熱測定事例

大林道路株式会社 技術研究所 ○藤原 栄吾
同 藤田 義憲
筑波大学大学院 人間総合科学研究科 田神 一美

1. はじめに

熱環境改善舗装の路面温度低減効果は、舗装の耐久性向上だけでなく、照り返しの輻射熱を緩和することで車両等の人工排熱の排出量削減や人間の熱中症予防に寄与している。熱環境下における人体への影響については、WBGT(Wet Bulb Globe Temperature：湿球黒球温度)が熱中症予防の運動指針に用いられており、熱環境改善舗装の性能を評価するために WBGT による温度比較や人体が吸収する放射量を推計する試みも行われている。¹⁾²⁾

本稿は、下面給水型揚水性舗装（以降、揚水性舗装と称す）がもたらす人体への影響について、新たに開発された人体輻射熱測定装置を用いて評価した測定事例を報告するものである。

2. 人体輻射熱測定装置の概要

今回用いた人体輻射熱測定装置は、人体へ吸収される熱量を測定することを目的に筑波大学にて考案、開発されたものである。装置の特徴を以下に示す。また、装置の外観を写真-1 に示す。

(特徴)

- ①太陽光の入射と地面からの輻射を測定する2つのセンサーを有する。
- ②黒色に塗装された熱流センサーを用い、センサーが吸収する全ての帯域の赤外線から変換される熱がヒートシンクに流れる量を検出する。
- ③ヒートシンクは、運動中で発汗している人体の平均皮膚温を想定し、その温度(約 35℃)を常に維持するように設定されている。したがって、この装置によって得られた値は、運動等を行っている人体が受ける放射熱量とみなすことができる。

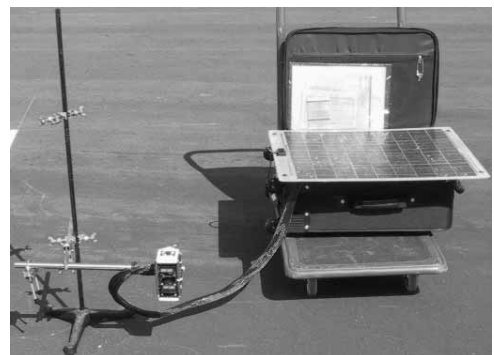


写真-1 人体輻射熱測定装置

3. 路面温度の測定

(1)測定方法

写真-2の揚水性舗装路面(カラーコーン右側の手前3つ目から6つ目の駐車帯)と比較舗装路面(カラーコーン左側の密粒度舗装)にて路面温度の測定を行う。路面温度は、熱電対を路面に接地させデータログにて15分間隔で9時から15時まで記録する。また、気温と湿度についても、路面温度測定箇所に近い日陰箇所にて同じ条件で記録する。



写真-2 測定路面



(2) 路面温度の測定結果

路面温度の測定結果を図-1に示す。図-1より揚水性舗装は密粒度舗装と比較して、最大で20.5℃の路面温度低減効果が得られた。

4. 人体輻射熱の測定

(1) 測定方法

揚水性舗装路面と比較舗装路面にて、写真-1の人体輻射熱測定装置を用い、路面から20cmの高さで輻射熱量の測定を15秒間隔で行う。装置が1台のため、15分間隔で揚水性舗装路面、比較舗装路面を交互に測定する。また、グローブ温度計を用いて黒球温度の測定も同時に行う。

(2) 測定結果の解析

前述より、揚水性舗装路面と比較舗装路面の同時刻の測定値が得られないため、図-2のように各路面の測定値を集計して同じ時系列上で表す。このとき図-2の各路面の測定値は、15分のタイムラグがあるため単純な比較はできない。そこで、日射出力値の差が小さい440番目から569番目までのデータを抽出し、各々の測定結果についてt検定を行った。検定結果を表-1に示す。

日射の出力値について、表の検定結果より有意確率が0.076となることから、抽出したデータの日射出力値の平均値は各路面で差が無いという帰無仮説は有意水準5%で採択される。一方、照り返しの平均値をみると比較舗装路面は揚水性舗装路面の約2.4倍となっており、有意確率も0.000で照り返し出力値に差が無いという帰無仮説は棄却される。

以上の結果から、揚水性舗装と密粒度舗装の路面からの照り返し輻射熱の差は、同時に測定したWBGTの平均温度差(約0.2℃)と比較して、統計的に見ても有意であるといえる。

5.まとめ

今回の測定結果より、人体が下面給水型揚水性舗装の照り返しによって受ける輻射熱は、通常の舗装の半分以下になることが判明した。WBGTでは日射と路面からの輻射を総合的に評価しているため、路面からの輻射熱の評価において路面の種類による差が明確に現れにくい。こうしたことから今回用いた人体輻射熱測定装置は、舗装の種類による路面の照り返し輻射熱の低減性能を判定する上で非常に有効であると思われる。今後は、他の熱環境改善技術についても同様に実験を行っていく予定である。

参考文献

- 1) 藤野ほか：保水性舗装のテーマパークへの適用と熱負荷軽減効果，舗装，pp.9-13(2005.3)
- 2) 田中ほか：放射熱に着目した保水性舗装の熱特性に関する数値的検討，舗装，pp14-18(2007.4)

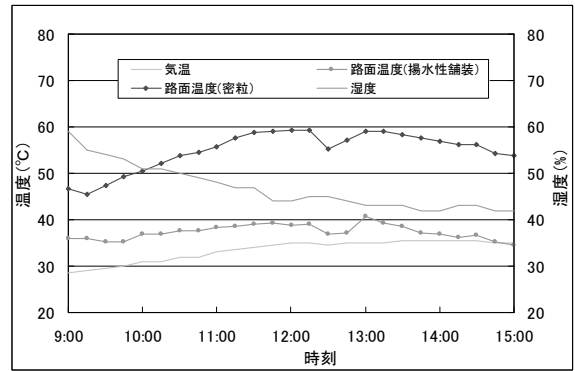


図-1 路面温度測定結果

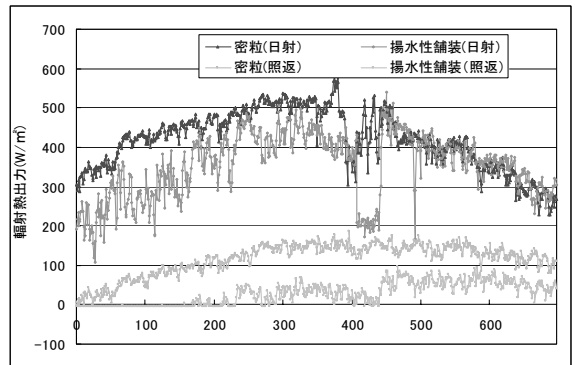


図-2 人体輻射熱測定装置による測定結果

表-1 抽出データの検定結果

	路面の種類	測定値の平均(W/m ²)	分散 σ ²	有意確率 p
日 射	密 粒	420.1	1780.8	0.076
	揚水性	410.9	2851.6	
照り返し	密 粒	143.9	306.3	0.000
	揚水性	59.6	207.4	

※使用した標本数は全て130組

〈技術報文〉

新ポリマー改質アスファルトの 開発と施工事例

木谷 貴宏*・関 孝之**・東本 崇***

はじめに

近年、ポーラスアスファルト舗装の普及にしたがってポリマー改質アスファルトH型(旧名称:高粘度改質アスファルト、以下PMA-H)の出荷量は増加し、ポリマー改質アスファルト全体に占めるPMA-Hの出荷割合は30%程度に達している¹⁾。PMA-Hを使用したポーラスアスファルト舗装は、これまでの使用状況から一般地域や単路部ではおおむね良好な供用性を得られているが、気象条件や交通条件の厳しい地域や路線では骨材飛散や塑性変形などの問題が生じていた。このような背景から、これらの問題を解決できるポリマー改質アスファルトの開発が望まれていた。

本報告は当社が製造・販売しているポリマー改質アスファルトのシーロフレックス(以下、図表中はSFXと称する)シリーズの中から、これらの問題を解決するために開発された、寒冷地ポーラスアスファルト舗装用ポリマー改質アスファルト(シーロフレックスHK)、ねじれ抵抗性改善型ポーラスアスファルト舗装用ポリマー改質アスファルト(シーロフレックスHN)および、高耐久型ポーラスアスファルト舗装用ポリマー改質アスファルト(シーロフレックスHT)について述べるものである。

1. シーロフレックスHK(寒冷地ポーラスアスファルト舗装用)

寒冷地域におけるポーラスアスファルト舗装は、冬のチェーン装着車による骨材飛散が生じやすいため、混合物の空隙率を17%程度に低減させるなどの対策がなされている。しかし、このような対策を講じても耐久性が十分でない場合があることから、寒冷地ポー

ラスアスファルト舗装用のバインダが採用されている。

1-1 バインダ性状

一般にアスファルトは、低温において硬く脆くなる。この性状は舗装用バインダとして好ましくなく、特に寒冷地に適用する場合、改善しなければならない。シーロフレックスHKはベースとなるストレートアスファルトに針入度の高く、柔らかいものを使用し、かつ、改質材の種類や添加量を調節し、低温における性状を改善している。

このような理由からバインダ性状の社内規格は、低温におけるバインダの曲げ試験や、フラス脆化点などを取り入れ、品質の確保に当たっている。社内規格と代表的性状値を表-1に示す。

表-1 SFX-HKの社内規格と代表的性状値

試験項目	社内規格	代表的性状値
針入度(25℃)	1/10mm 40以上	64
軟化点	℃ 80.0以上	96.0
伸度(15℃)	cm 80以上	100+
フラス脆化点	℃ -20以下	-28
引火点	℃ 260以上	320
薄膜加熱質量変化率	% 0.6以下	0.03
薄膜加熱針入度残留率	% 65以上	85.9
60℃粘度($\times 10^4$) Pa·s(Poise)	4.0(40)以上	10.0+(100+)
曲げ仕事量(-20℃) $\times 10^{-3}$ MPa	400以上	2150
曲げスティフネス(-20℃) MPa	100以下	35

*きや たかひろ 大林道路株式会社 技術研究所 基礎研究室

**せき たかゆき 大林道路株式会社 技術研究所 基礎研究室

***とうもと たかし 大林道路株式会社 技術研究所 基礎研究室 主任研究員



ねじれ抵抗性改善型ポーラスアスファルト舗装用ポリマー改質アスファルトについて統一規格を定めている機関は現在のところない。社内規格と代表的性状値を表-2に示す。

表-2 SFX-HNの社内規格と代表的性状値

試験項目	社内規格	代表的性状値
針入度(25℃)	1/10mm	10~30
針入度(25℃)	1/10mm	25
軟化点	℃	80.0以上
軟化点	℃	91.0
伸度(15℃)	cm	20以上
伸度(15℃)	cm	55
タフネス(40℃)	N・m	20以上
タフネス(40℃)	N・m	25.0
テナシティ(40℃)	N・m	15以上
テナシティ(40℃)	N・m	22.0
フラス脆化点	℃	-20以下
フラス脆化点	℃	-23
引火点	℃	260以上
引火点	℃	324
薄膜加熱質量変化率	%	0.6以下
薄膜加熱質量変化率	%	-0.19
薄膜加熱針入度残留率	%	65以上
薄膜加熱針入度残留率	%	76.0
粗骨材の剥離面積率	%	5以下
粗骨材の剥離面積率	%	0

シーロフレックスHNのタフネス・テナシティ試験の試験温度は、一般的な25℃より15℃高い40℃で試験を行う。これは配合している樹脂などの影響によって凝集・粘結力が大きく、試験温度25℃では測定が困難なためである。

社内規格に採用しなかったものの、バインダの粘弾性性状を測定できる装置としてダイナミックシェアオメータ(以下DSR試験機)がある。模式図を図-3に示す。

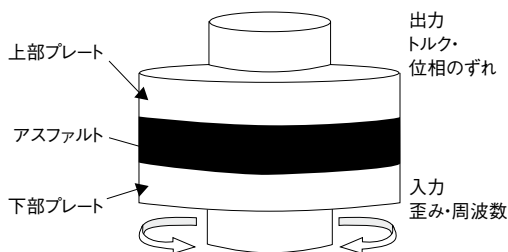


図-3 DSR試験機による粘弾性測定の様式図

図-3に示すようにDSR試験機は、ひずみや周波数を入力する下部プレートと、アスファルトの応答を出力する上部プレート、プレート間に測定するアスファルト試料を挟む形で構成される。これによって下部プレートから入力された任意のひずみと周波数に対するアスファルトの応答(応力と与えたひずみの位相差)を上部プレートで測定し、粘弾性を測定する装置である。DSR試験機で測定されるひとつの指標であるせん断応力は塑性変形抵抗性と高い相関があると考えられている³⁾⁴⁾。

シーロフレックスHNの60℃におけるせん断応力の測定結果を図-4に示す。

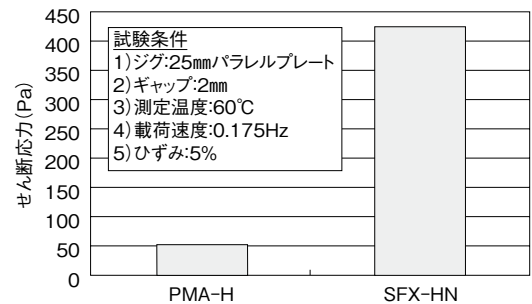


図-4 DSR試験機によるせん断応力

図-4よりシーロフレックスHNは、PMA-Hよりせん断応力が大きく、塑性変形抵抗性に優れていると判断できる。

2-2 混合物性状

ホイールトラッキング試験機による塑性変形抵抗性を図-5に示す。

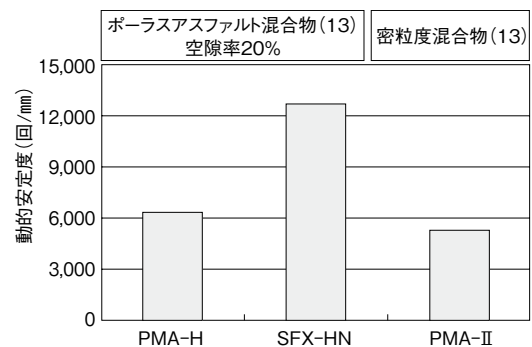


図-5 塑性変形抵抗性

なお、バインダ曲げ試験は新たに規格化されたものである。一般的にPMA-Hより多くの改質材を添加したポリマー改質アスファルトは、凝集力が大きく、高いゴム弾性を有する。その影響によりタフネス・テナシティ試験では、引張り破断が生じる前にアスファルトがテンションヘッドから剥脱し、正確な物性値が得られないという問題があった。このため、混合物性状と相関性の高いポリマー改質アスファルトの評価方法の検討がなされ、曲げ試験で求められる曲げ仕事量および曲げスティフネスがポーラスアスファルト混合物のカンタプロ損失率と高い相関性があることが見出されたため、曲げ試験を性状評価手法として適用することになった。各々、試験状況を写真-1に、曲げスティフネスを図-1に示す。

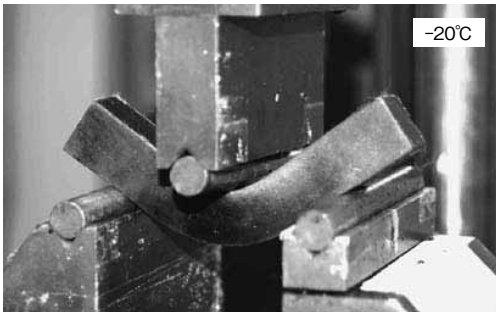


写真-1 バインダ曲げ試験状況

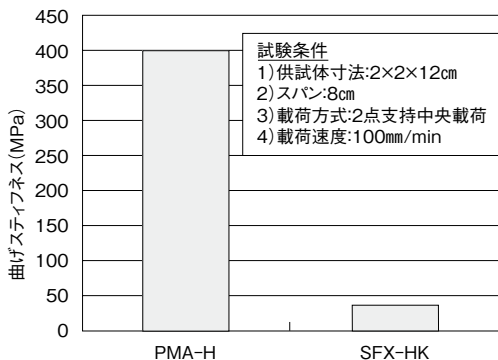


図-1 曲げスティフネス

図-1より、シーロフレックスHKの曲げスティフネスは、PMA-Hより、非常に小さく、低温時の硬く脆い性質が改善されていることがわかる。

1-2 混合物性状

シーロフレックスHKを用いたポーラスアスファルト混合物の低温カンタプロ損失率を図-2に示す。

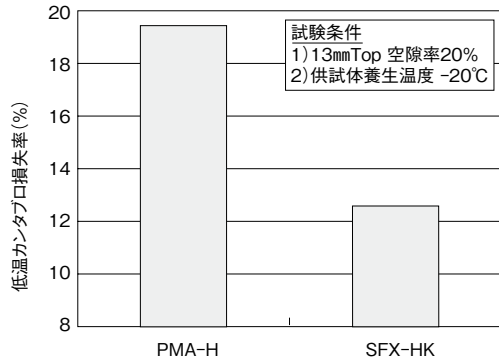


図-2 低温における骨材飛散抵抗性

図-2より、シーロフレックスHKを用いた混合物は、PMA-Hを用いたものより損失率が著しく小さいことがわかる。この結果から、シーロフレックスHKを用いた混合物は、低温域の耐久性に優れることが明らかになった。

2. シーロフレックスHN (ねじれ抵抗性改善型ポーラスアスファルト舗装用)

大型車の交通量が多い路線、路面が高温になる地域、大きな静止荷重を頻繁に受けるバスターミナルなどでは路面が早期に塑性変形するなどの問題が生じている。

また、交差点部などでは車両のタイヤによるねじれ作用によって、路面に水平方向の力が加わり、早期に骨材飛散が生じている。これらの問題を解決するべく、シーロフレックスHNを開発した。

2-1 バインダ性状

夏の路面最高温度は60℃程度まで上昇する²⁾。この温度領域においてPMA-Hは徐々に軟化し始めるため、早期の塑性変形や交差点部においては骨材飛散が生じている。シーロフレックスHNは高温領域において塑性変形抵抗性を高めるべく、ベースアスファルトや改質材を見直し、かつ高温性状に優れた樹脂を配合したものである。

図-5に示すようにシーロフレックスHNを用いたポーラスアスファルト混合物の動的安定度は、PMA-Hを用いたものやポリマー改質アスファルトⅡ型(PMA-II)を用いた密粒度アスファルト混合物より大きく、耐流動性に優れていることが明らかである。したがって、シーロフレックスHNは大型車通行量が多い路線やバスターミナルなどのポーラスアスファルト舗装に適していると判断できる。

また、ポーラスアスファルト舗装は車両の繰り返し走行によって、空隙つぶれが生じることがある。空隙つぶれが生じると、透水能力は低下し、排水機能が失われることがある。この現象の評価を残留透水率で行なった。残留透水率を求める試験方法を以下に、空隙つぶれ抵抗性を図-6に示す。

- ①ホイールトラッキング供試体を作製し、透水量を測定する。
- ②ホイールトラッキング試験機の試験輪を供試体上に12時間トラバース走行させる。
- ③トラバース後(空隙つぶれ後)の供試体で透水量を測定する。
- ④次式より、残留透水率を算出する。

残留透水率(%) =

$$\frac{\text{WTトラバース走行後の透水量 (ml/15s)}}{\text{WTトラバース走行前の透水量 (ml/15s)}} \times 100$$

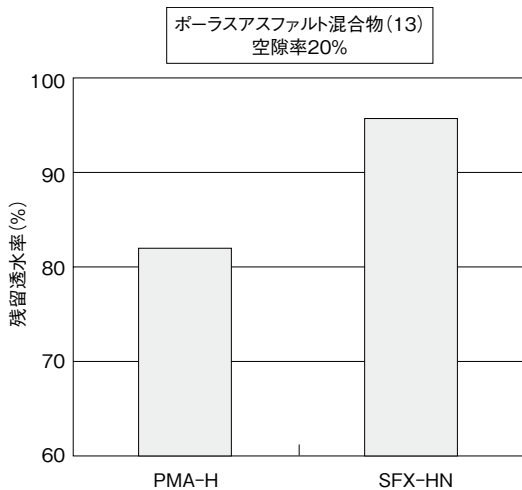


図-6 空隙つぶれ抵抗性

空隙つぶれ抵抗性は残留透水率が大きいほど優れる。図-6のようにシーロフレックスHNを用いたポーラスアスファルト混合物の残留透水率は、PMA-Hを用いたものより15%程度高い値を示す。したがって、シーロフレックスHNを用いたポーラスアスファルト混合物は空隙つぶれに対する抵抗性が大きいと判断できる。

次に、シーロフレックスHNを用いたポーラスアスファルト混合物のねじれ抵抗性試験状況を写真-2に、ねじれ抵抗性を図-7と写真-3に示す。この試験は、交差点部や駐車場の路面に生じる走行車両のタイヤによるすえぎり作用に対する抵抗性を評価するものである。

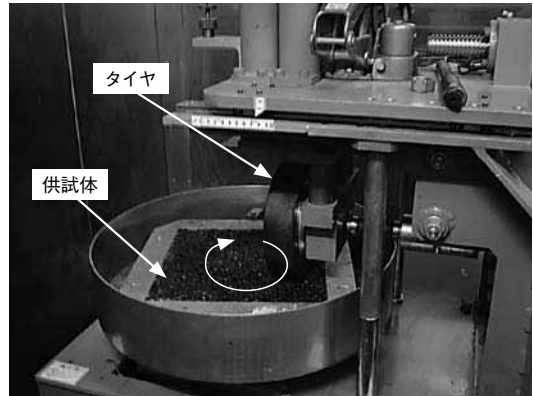


写真-2 回転式ホイールトラッキング試験機

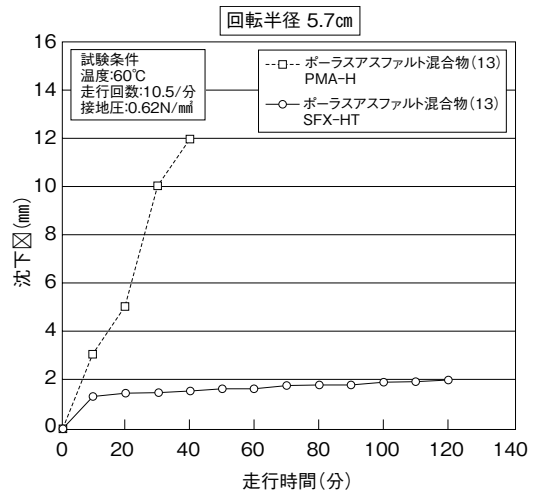


図-7 ねじれ抵抗性

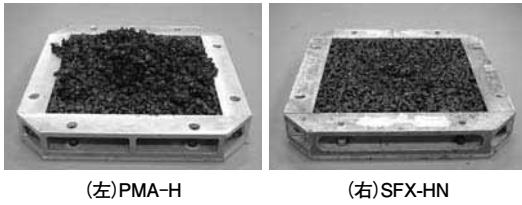


写真-3 ねじれ抵抗性試験後の供試体

図-7と写真-3より、PMA-Hを用いたポーラスアスファルト混合物の車輪沈下量は大きく、走行開始40分後に試験の続行が不可能になるが、シーロフレックスHNを用いたものは走行120分後の沈下量が2mm程度と僅かであった。

以上の結果から、シーロフレックスHNを用いたポーラスアスファルト混合物は、ねじれ抵抗性に優れ、交差点や駐車場での使用に適していると判断できる。

3. シーロフレックスHT（高耐久型ポーラスアスファルト舗装用）

近年、一般国道や主要地方道では、騒音の低減を主目的としたポーラスアスファルト混合物を用いた低騒音舗装が多く適用され、特殊なタイヤを装着した騒音測定車による騒音値を規定している。したがって、総合落札方式やVE方式では、より小さい騒音値の舗装を施工することが工事受注の大きな要因となっている。騒音値を小さくするために、多く行われている手法は、粗骨材の最大粒径を小さくした小粒径ポーラスアスファルト混合物を適用することである。しかし、小粒径ポーラスアスファルト混合物にPMA-Hを適用すると、塑性変形抵抗性や空隙つぶれ抵抗性が小さくなり、低騒音舗装の耐久性や機能の持続性が十分ではない場合がある。これらの問題を解決すべく、シーロフレックスHTを開発した。

3-1 バインダ性状

高耐久型ポーラスアスファルト舗装用ポリマー改質アスファルトは、PMA-Hより、低温における可とう性（たわみやすい性質）や、高温における変形抵抗性が求められる。そのため、ベースアスファルトは針入度の高いものを使用し、かつ改質材や改質助剤を見直し、添加量を調節した。また、施工性を考慮し、改質材は特殊なものを使用した。そのため、シーロフレックス

HTは高温領域から低温領域までバランスの取れた優れた性状を有する。

現在のところ、高耐久型ポーラスアスファルト舗装用ポリマー改質アスファルトの統一規格を定めている機関はない。社内規格と代表的性状値を表-3に示す。

表-3 社内規格と代表的性状値

試験項目	社内規格	代表的性状値
針入度 (25℃)	1/10mm	30以上
軟化点	℃	80.0以上
伸度 (15℃)	cm	60以上
フラス脆化点	℃	-20以下
引火点	℃	260以上
薄膜加熱質量変化率	%	0.6以下
薄膜加熱針入度残留率	%	65以上
粗骨材の剥離面積率	%	5以下
60℃粘度 (×10 ⁴) Pa·s(Poise)	4.0 (40) 以上	10.0+ (100+)
曲げひずみ (-20℃)	cm/cm	80×10 ⁻³ 以上
		250×10 ⁻³

3-2 混合物性状

評価に用いた混合物は最大粒径13mmと8mmの2種類のポーラスアスファルト混合物（以下、ポーラスアスファルト混合物(13)とポーラスアスファルト混合物(8)）とした。また、目標空隙率は一般的なポーラスアスファルト混合物と同一の20%に設定した。

ホイールラッキング試験による塑性変形抵抗性を図-8に示す。

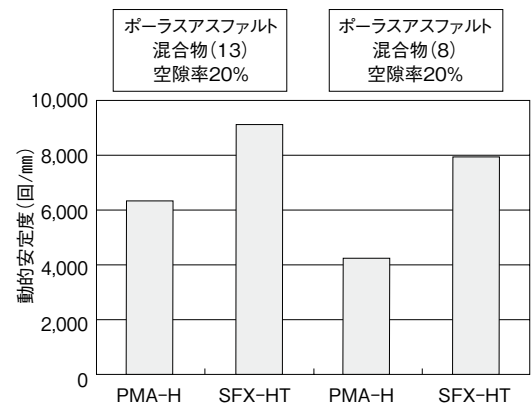


図-8 塑性変形抵抗性

図-8より、混合物の最大粒径が小さくなると動的安定度は小さくなるが、シーロフレックスHTを用いたポーラスアスファルト混合物(8)はPMA-Hを用いたポーラスアスファルト混合物(13)よりも高い動的安定度であることがわかる。また、シーロフレックスHTを用いたポーラスアスファルト混合物(13)の動的安定度は9,000回/mmと、最も大きい値であることが明らかである。したがって、シーロフレックスHTは小粒径ポーラスアスファルト混合物や超重交通路線のポーラスアスファルト混合物に適していると判断できる。

次に、空隙つぶれ抵抗性を図-9に示す。

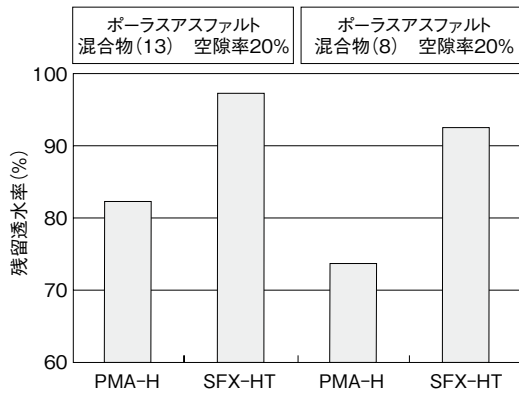
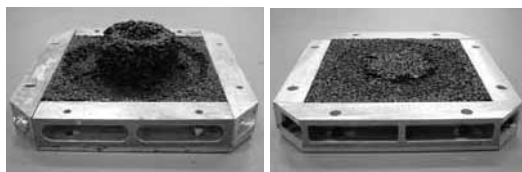


図-9 空隙つぶれ抵抗性

図-9より、混合物の最大粒径が小さくなると、残留透水率は小さくなるが、シーロフレックスHTを用いたポーラスアスファルト混合物(8)の残留透水率は、PMA-Hを用いたものよりも20%程度大きく、PMA-Hを用いたポーラスアスファルト混合物(13)と比較しても10%程度大きいことが明らかになった。したがって、シーロフレックスHTを用いたポーラスアスファルト混合物は空隙つぶれ抵抗性が大きいと判断できる。

次に、ねじれ抵抗性を図-10と写真-4に示す。



(左)PMA-H (右)SFX-HT

写真-4 ポーラスアスファルト混合物(8)のねじれ抵抗性試験後の供試体

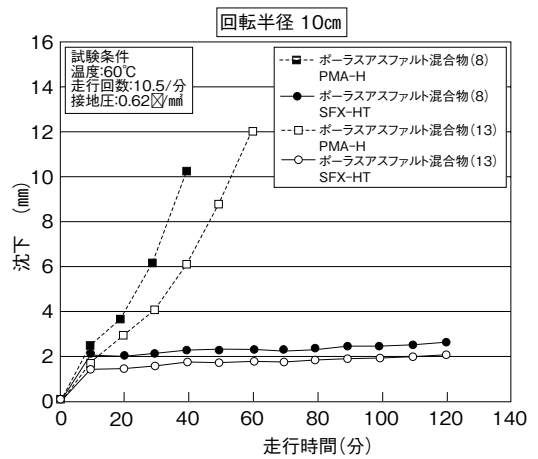


図-10 ねじれ抵抗性

このように、混合物の最大粒径が小さくなれば、いずれのポリマー改質アスファルトを用いてもねじれ抵抗性は低下する。シーロフレックスHTを用いた混合物は最大粒径が小さい場合でも、PMA-Hを用いたものより、はるかに優れたねじれ抵抗性を有していると判断できる。

次にカンタブロ試験による骨材の飛散抵抗性を図-11に示す。

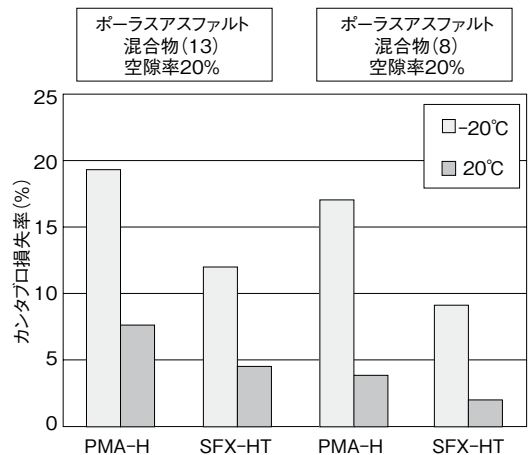


図-11 骨材飛散抵抗性

図-11より、シーロフレックスHTを用いたポーラスアスファルト混合物(13)の20°Cにおけるカンタブロ損失率は、PMA-Hを用いたものより小さく、その傾向は

-20℃における場合も最大粒径が8mmの場合も同じことが明らかである。したがって、シーロフレックスHTを用いたポーラスアスファルト混合物は常温および低温下において飛散抵抗性が大きく、一般地域の他に積雪寒冷地域に適用することができるものと判断できる。

次に、混合物の曲げ試験によるたわみ追従性を図-12に示す。

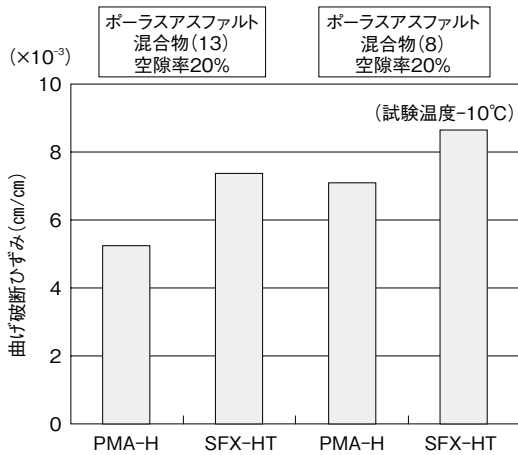


図-12 たわみ追従性

図-12より、シーロフレックスHTを用いた混合物の曲げひずみは、PMA-Hのものより大きく、低温でのたわみ追従性に優れていることが分かる。アスファルトは、一般に積雪寒冷地域などの低温条件下では脆くなる性質がある。このため、交通荷重を受けることにより、舗装にひびわれが生じることがある。このひびわれを抑制するためには低温におけるたわみ追従性に優れた混合物を使用する必要がある。したがって、シーロフレックスHTを用いた混合物は寒冷地に適用してもひびわれが発生しにくいと判断できる。

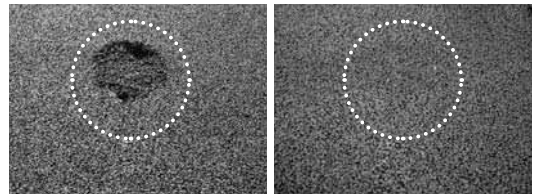
以上の結果より、シーロフレックスHTは最大粒径8mmのほか、13mmの一般的なポーラスアスファルト混合物に使用してもその耐久性を大幅に向上させることができ、著しく交通量が多い路線、大型車両のすえぎり作用が生じる箇所のポーラスアスファルト混合物にも適用できる。また、低温特性も優れるため、寒冷地のポーラスアスファルト混合物にも適用できるなど、適用範囲が非常に広い。

3-3 試験施工

平成17年8月に当社関東シーロフレックス製造センター内で試験施工を行ったときの様子を写真-5に示す。混合物の種類はポーラスアスファルト混合物(13)で空隙率20%である。試験施工を行った路面に10トンダンプを乗り入れ、実際にダンプの車輪ですえぎり作用を加えた。すえぎり作用を加えた後の路面の様子を写真-6に示す。



写真-5 大型車によるねじれ試験



(左)PMA-H (右)SFX-HT

写真-6 大型車によるねじれ試験結果

PMA-Hを用いた混合物の舗装面は骨材飛散が生じたが、シーロフレックスHTによる舗装面は骨材飛散が全く無く、若干の空隙つぶれが観察されるのみであった。したがって、シーロフレックスHTはPMA-Hよりも実車両においても骨材飛散に対する抵抗性が優れていることが確認された。

3-4 施工事例

[事例1：交差点] 平成18年4月に岐阜県下呂市の交差点部分にシーロフレックスHTが採用された。下呂温泉市街地内の交差点のため、周辺にホテルなどが多い。

そのため大型の観光バスのタイヤによる非常にはげしいタイヤのねじれ作用がある場所に施工した。

工 事 名：森96号線第4工区舗装工事

施工面積：316㎡

混合物種：ポーラスアスファルト混合物(13)空隙17%



写真-7 ダンプアップ時と施工風景

物の最大粒径が5mm Top であるため、通常のPMA-Hでは流動と骨材飛散が生じやすい。そこで、耐流動対策と骨材飛散防止のため、シーロフレックスHTが採用された。

工 事 名：街路築造工事に伴う舗装工事(17北南一府中3・3・8)

施工面積：3700㎡

混合物種：ポーラスアスファルト混合物(5) + ポーラスアスファルト混合物(13)

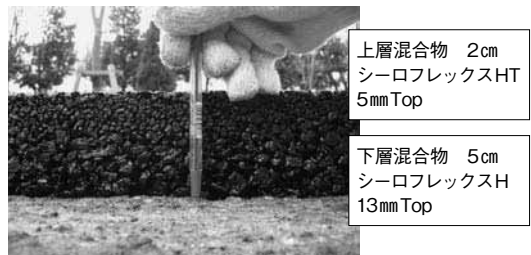


写真-9 二層式低騒音舗装の断面

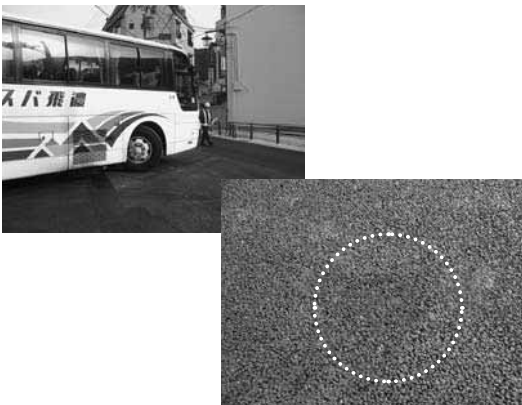


写真-8 交通開放直後の路面

写真-8は交通開放直後に大型バスによりすえざり作用を受けた路面である。写真より骨材飛散がみられないことがわかる。また、供用半年経過した時点でも骨材飛散がみられず、良好な供用状態である。

[事例2：低騒音]平成18年3月に東京都府中市でマルチアスファルトペーバ(MAP)を用いた二層式低騒音舗装工事を行った。上層のポーラスアスファルト混合



写真-10 施工風景と表面

なお、供用半年における路面性状は良好である。

[事例3：小粒径]平成18年3月に岐阜県高山市で当社工法の水とりこまち※(8mm Top、厚さ3cm)を施工した。そのアスファルトにシーロフレックスHTが採用された。

※水とりこまちは6～8mm程度の小粒径の碎石を用いたポーラスアスファルト舗装を既設舗装面の上に2～3cm厚でオーバーレイするものである。水とりこまちは名前には水たまりをとりのぞく小粒の舗装で街をリフレッシュの意味を込めた。

現場は路地の生活道路で大型交通車両はないが、取り付け道路や、民家の駐車場が多く、路面にすえり作用が働く箇所が多々あった。また、骨材の最大粒径が小さいため、骨材の飛散が心配される場所であった。

工事名：市道大門若達線他1路線舗装工事
 施工面積：1100㎡
 混合物種：ポーラスアスファルト混合物(8)空隙17%



写真-11 施工前風景と施工後風景



写真-12 視認性の向上
 (奥：既設密粒度区間 手前：水とりこまちは区間)

なお、供用半年における路面性状は良好である。

おわりに

ポーラスアスファルト舗装は排水機能や低騒音機能を有するために様々な場所に適用され、それに伴いポリマー改質アスファルトに求められる性能も多様になってきている。従来は耐久性の面からポーラスアスファルト混合物の採用を見送られていた交差点部分などにも、これらの新しいポリマー改質アスファルトを適用することによって、ポーラスアスファルト舗装が採用され始めている。改質アスファルトメーカーはこれらの要求に応えるために新しいポリマー改質アスファルトを開発し、安定した品質で製品を製造するように努力している。また、舗装の性能はポリマー改質アスファルトの品質だけで決まるわけではなく、合材工場における粒度、碎石の品質や施工方法も舗装の品質を大きく左右する。これらの高機能なポリマー改質アスファルトが適用される箇所は交通荷重や混合物種が特別な場合が多いため、合材工場の品質管理担当者や施工業者にも、現場の特殊性を理解していただき、これらのポリマー改質アスファルトの機能が正しく発揮されるような品質管理が求められる。本報告がこれらのバインダの理解を深め、良好な品質の舗装を造ることの一助になれば幸いである。

【参考文献】

- 1) 改質アスファルトの地域別出荷量、改質アスファルト、第26号、pp32-33、日本改質アスファルト協会、2006.1.
- 2) ホイールトラッキング試験方法、舗装試験法便覧、pp539-555、日本道路協会、1997.6.
- 3) ダイナミックシェアレオメータを用いた舗装用バインダのレオロジー性状の測定方法、舗装試験法便覧別冊(暫定試験法)、pp91-98、日本道路協会、1997.4.
- 4) 小野寺他、排水性舗装のねじれ抵抗性に対するバインダ評価手法の一検討、土木学会第59回年次学術講演会、pp1101-1102、社団法人土木学会、2004.9.

論 文

常温硬化型路面補修材の基礎物性と硬化時期の簡易判定方法の検討[†]

鈴木 徹* 加賀谷 誠** 高橋 哲 躬*

Examination on Properties of Road Surface Repair Material of Cold Hardening Type and Simplified Judging Method of Its Hardening Time

by

Toru SUZUKI*, Makoto KAGAYA** and Tetsumi TAKAHASHI*

The road surface repair material of cold hardening type was tested on the workability such as self-leveling, hardened properties and hardening time for opening the traffic. The flow test was suitable for testing on self-leveling characteristics and the allowable flow time for the characteristic was 4 to 10seconds and the handling time after mixing was 10minutes at 20degree Celsius. The properties of hardened repair material were almost the same as those of dense grade hot asphalt mixture. The rutting resistance was superior to dense grade hot asphalt mixture. Flexural property and strength of this road repair material were satisfactory for bonding on the existing road surface. The hardening time of this repair material could be evaluated by the durometer with semi-globular shape type of press needle and the hardness for opening the traffic was about 85 at 60minutes after finishing the repair work at 20degree Celsius.

Key words : Cold repair mix for road surface, Self-leveling, Flexural property, Hardening time, Hardness

1 緒 言

近年、舗装分野における工事量に占める維持補修の割合は増加しており、これに用いる補修材の新しい性能とその向上が求められている。補修材の性能としては、例えば地球環境保全の観点から省資源・省エネルギー且つCO₂排出量削減に寄与できること、また、作業効率の観点から施工が容易であることが要求されており、各種タイプの補修材が用いられている。

本研究では、崩壊につながる路面性状の変化、すなわち段差、わだち掘れ、摩耗およびはく離の初期段階における表面処理（主として厚さ0.5cm程度の平滑化）に用いることを想定して常温硬化型路面補修材（以下常温補修材と示す）について検討を行った。すなわち流し込みのみの施工が可能なセルフレベルリング性と可使用時間、密粒度アスファルト混合物との一般的な性状の比較、密実さや既設路面との付着性状および硬化時間（交通開放時期）の定量的な判定手法について実験的検討を行い、実用化のための基礎データを示した。なお、路面補修材の品質に関する試験規格が整備されていない場合もあることから、いくつかの試験を行って比較検討を行った。

2 実 験 概 要

2・1 使用材料および配合

本研究で対象とした常温補修材は、①主剤、硬化剤から成る2液混合型特殊改質アスファルト乳剤、②粉体、③水から構成されている。Table 1に2液混合型特殊改質アスファルト乳剤の概要を示す。

主剤の主成分はノニオン系アスファルト乳剤で固形分濃

Table 1 Scheme of modified asphalt emulsion of two materials mixing type.

Parameter	Base resin	Hardener
Solid content(%)	58	100
Viscosity(25°C/CP)	5500	100
Appearance	Burned umber	Clear and colorless

度58%、黒褐色であり、この中に反応性樹脂を混入している。硬化剤は反応性樹脂硬化剤で固形分濃度100%、無色透明である。主剤と硬化剤の配合割合は100:13である。

Table 2に粉体部を構成している材料とその構成割合を示す。セメントとしてアルミネート系の特速硬セメント、硬化遅延剤として酒石酸ナトリウムカリ、硬化促進剤としてアルミン酸ソーダ、また、ナフタリン系の流動化剤を使用している。また、硬化後の着色のためカーボンブラックを使用している。骨材に4号、5号、6号珪砂を混合して使用している。水は蒸留水である。

Table 3に主剤、硬化剤からなる2液混合型特殊改質アスファルト乳剤を結合材とし、特速硬セメントと混

Table 2 Material composition of powder unit.

Powder Type	Description	Mix proportion(%)
Cement	Appropriate fast cure type comont	16.6
	Retardant	0.01
Admixture	Accelerator	0.1
	Plasticiser	0.09
	Carbon black	0.2
Pigment	Maximum particle size=1.2mm	29
	Maximum particle size=0.6mm	29
	Maximum particle size=0.3mm	25

[†] 原稿受理 平成19年2月5日 Received Feb. 5, 2007 ©2007 The Society of Materials Science, Japan

* 大林道路舗装技術研究所 〒204-0011 清瀬市下清戸, Obayashi Road Corporation Technical Res. Inst., Shimokiyoto, Kiyose, 204-0011

** 正 会 員 秋田大学工学資源学部土木環境工学科 〒010-8501 秋田市手形学園町, Dept. of Civil and Environmental Eng., Akita Univ., Tegatagakuen-machi, Akita, 010-8501



Table 3 Mix proportion of cold repair material.

Binding agent	Mix proportion (%)		
	Powder unit	Water	Total
22.1	72.6	5.3	100

和剤，顔料および各種珪砂を粉体部とした場合の本常温補修材の配合を示す。

比較のため，市販の改質アスファルト乳剤と樹脂，碎石およびセメントで構成されている常温補修材（以下補修材Aと記す）と常温重合型メタクリル樹脂モルタル（以下補修材Bと記す）を使用した，これらは，結合材と骨材（粉体）が別々にセットパック化しており，現地ですべてを混ぜ合わせるものである。使用材料の成分等明白でないが，参考までに，各材料質量比から算出した補修材A，Bの配合をTable 4に示す。

通常の舗装に用いられている加熱アスファルト混合物として密粒度アスファルト混合物を一般的性状比較のため用いた。Table 5に密粒度アスファルト混合物の配合を示す。粗骨材最大寸法13および5mmの6および7号碎石，細骨材としてスクリーニングス，砕砂，細砂およびフィラーに石粉を用い，バインダーにストレートアスファルト60/80を使用した。

2・2 補修材の混合および供試体の製造方法

本常温補修材の製造にあたり，容量20リットルのポリ容器に予め計量パックされた主剤，硬化剤，水および粉体をこの順に投入し，回転数1100rpmのハンドミキサーで約2分間かくはんした。補修材A，Bはパック詰めされた製品そのものを使用したため，取り扱い説明書に準拠した混合とした。すなわち，粉体が入っている袋に結合材を投入し，可使時間が短いため，1分以内に均等に混ぜるように心掛けて，人力で袋の外から手揉みで混合した。各補修材を20℃一定の室内で混合した。

各試験に用いる供試体で，補修材を付着させる加熱アスファルト混合物の作製方法等の条件は舗装試験法便覧¹⁾に準拠した。なお，密粒度アスファルト混合物の一般的性状と比較するための試験では，密粒度アスファルト混合物の試験の場合と同じ寸法の供試体を作製した。ただし，作製においてはモールドもしくは型枠に常温補修材を流し込みただけとした。Table 6に各試験に用いた供試体寸法を示す。

2・3 可使時間推定試験

常温補修材の施工性の検討としてセルフレベリング性および可使時間推定試験を行った。はじめに，JSCE-F

Table 4 Mix proportion of comparing material.

	Mix proportion (%)		
	Binding agent	Powder unit	Total
Repair Material A	23.2	76.8	100
Repair Material B	16.5	83.5	100

Table 5 Mix proportion of dense grade asphalt mix.

Mix proportion (%)							
Gmax 13mm	Gmax 5mm	Screenings	Crushed sand	Fine sand	Stone powder	St.As 60/80	Total
33.1	18.9	13.2	12.3	12.3	4.7	5.5	100

Table 6 Size of specimen for various tests.

Test parameter	Size of specimen(cm)			
	Length	Width	Thickness	Diameter
Bending Strength Test	12	2	2	-
Direct Shear Strength Test	10	10	10.5	-
Bond Strength Test	30	30	5	-
Immersed Wheel Traverse Test	30	30	5.5	-
Air Permeability of Vacuum Test	30	30	5.5	-
Wet Cohesion Test	-	-	0.5	6
Load Wheel Test	10	5	0.5	-
Marshall Stability Test	-	-	6.35	10
Wheel Tracking Test	30	30	5	-
Ravelling Test	30	30	5	-

541-1999「充填モルタルの流動性試験方法」に準拠してJ₁₄漏斗を用いた流下時間の測定によりセルフレベリング性を判定した。測定に際し，かくはん直後に漏斗上面まで注ぎ均した試料を流出口から流出させ，初めて途切れるまでの時間を流下時間とした。また，流下時間の経時変化から可使時間を求めるため，かくはん後試験開始まで5～10分間20℃恒温室内に静置した試料を試験直前に再かくはんして測定した。次に，可使時間を検証するためJSCE-K 541-2000「コンクリート構造物補修用有機系ひび割れ注入材の試験方法」に準拠して可使時間の測定を行った。測定に際し，4×4×16cmの角柱供試体作製時に，下部（型枠下から5mm）と中部（型枠下から20mm）に熱電対を設置し，試料を型枠に投入して成形を終了した時点測定開始とし，温度上昇時間から可使時間を求めた。また，定性的な検証試験として「Trail Mix Procedure for Slurry Seal Design²⁾」の混合試験を実施し，手練りによりスラリー状でなくなるまでの混合時間を測定して可使時間を求めた。

2・4 各種性状試験

(1) 曲げ強度試験，一面せん断試験および引張接着強度試験

曲げ強度試験を20℃60%の恒温恒湿室で1～56日間養生した供試体（2×2×12cm）についてインストロン(MODEL1230)を使用して実施した。なお，荷重と変位から曲げ破断ひずみを算出した。載荷速度は「舗装試験法便覧¹⁾」のアスファルト混合物の曲げ試験方法に準拠して50mm/minとした。

既設路面と補修材の界面で，車両によって生じるせん断力によりずれる場合を想定して一面せん断試験を実施した。供試体は10×10×5cmにカッティングした密粒度アスファルト混合物およびコンクリート供試体上に常温補修材を厚さ0.5cmで敷設し，その上にまた10×10×5cmのアスファルト混合物およびコンクリート供試体を貼り付け，20℃60%の恒温恒湿室で1日養生した供試体で試験を実施した。また，車両通行による振動や衝撃荷重を受けた場合の既設路面との界面のはがれを想定して引張接着強度試験を実施した。供試体は30×30×3cmの密粒度アスファルト混合物およびコンクリートの供試体を既設路面に模してこの上に常温補修材を2cmかぶせ，20℃60%の恒温恒湿室で1日養生した供試体で試験を実施した。いずれも文献3)の試験法に準じて行った。

(2) 水浸ホイールトラバース試験および真空透気試験
 耐水性、耐久性を試験するため、Fig. 1に示す水浸ホイールトラバース試験を行った。供試体は30×30×5cmの密粒度アスファルト混合物およびコンクリートを既設路面に模した供試体上に常温補修材を0.5cmかぶせ、20℃60%の恒温恒湿室で1日養生した供試体をさらに20℃の水槽で1日水浸させてから、水浸したまま走行荷重試験を行った。試験時間は1時間（前後に1260往復、左右に12往復）とした。なお、試験器具の仕様（試験輪の形状寸法、ゴム硬度、接地圧）は文献1)に準拠した。

透気性に基づく密実さを試験するためFig. 2に示す真空透気試験を用いて試験を行った。これは主にアスファルト表面遮水壁型ダムやその他の水理構造物の遮水層を施工した際の施工管理の一環としての遮水性（特にジョイント部）をチェックする試験である。初期真空圧を-0.053MPaとして、時間の経過に伴う圧力上昇を測定した。

(3) ウエットコヒージョン試験，ロードホイール試験および表面硬度測定試験
 交通開放時期の簡易判定法の検討として、文献4)を参考にウエットコヒージョン試験を行い、供試体上に載荷する円形ゴム板の圧力を200kPaとした。各養生時間経過毎（10、30、40、60分）に試験温度20℃で行った。Fig. 3に試験機を示す。

文献5)を参考に、Fig. 4に示すロードホイール試験機を使用して、実際の走行を模した試験を行った。接地圧は文献6)を参照に0.59MPaとした。試験温度20℃で上記と同様に各養生時間経過毎（10、30、40、60分）に行った。

表面硬度を測定するため、Fig. 5に示す高分子計器製のアスカゴム硬度計（デュロメーター：形式C₁L）を使用した。デュロメーターには押針形状が円錐台形と半球型がある。剛性の小さい常温補修材では、円錐台形の場合は押針が試料に突き刺さり、正確に測定できな

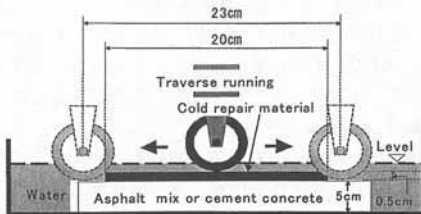


Fig. 1 Immersed wheel traverse test.



Fig. 2 Air permeability of vacuum tester.



Fig. 3 Wet cohesion tester.



Fig. 4 Load wheel tester.



Fig. 5 Durometer.

いことから、主に軟質ゴム、スポンジ、プラスチックフォームおよび巻き糸の硬度を測定する押針形状が半球型のC₁L型を用いて測定を行った。30×30×0.5cmで敷設した各養生時間経過毎（20～70分までの10分刻み）の供試体および実際の現場で補修した箇所でも測定を行った。

3 結果と考察

3・1 常温硬化型路面補修材の施工性の検討

Fig. 6に常温補修材の20℃における流下時間の経時変化を示す。常温補修材は経過時間10分まで容易に流下したが、その後粘性が増加して流動性を失い、均一に流下しなかった。また、比較のため行った補修材AおよびBは混合直後でも流下しなかった、流し込み可能となるセルフレベリング性を得ることができる流下時間は4～10秒が適当と判断されたことから、流し込み可能となる経過時間を可使用時間とすれば、本常温補修材の可使用時間は図より10分程度と考えられる。なお、15分経過のものは流し込みはできないが、コテ等での敷きならし作業は容易にできる状態であった。本常温補修材は、有機系と無機系が混入している材料であるが、路面補修材の可使用時間の判定基準がないためJIS K 541-2000「コンクリート構造物補修用有機系ひび割れ注入材の試験方法」に準拠して可使用時間の判定を試みた。この可使用時間試験方法では、可使用時間の判定に、硬化発熱温度の急激な立ち上がりまでの時間の70%（急激に立ち上がらない場合は最高発熱温度到達時間50%）を可使用時間と判定している。

Fig. 7に型枠に投入した試料の硬化過程における温度

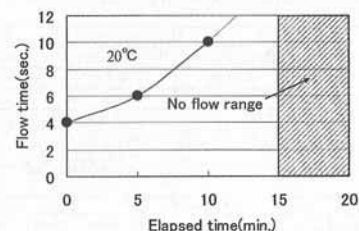


Fig. 6 Change of flow time with elapsed time.

の経時変化を示す。Fig. 8 は Fig. 7 の 60 分までの温度の経時変化を拡大した図である。図中の中部、下部とは熱電対を設置した位置を示す。試料を型枠に投入後、約 21 分経過後に、混合物の中部、下部とも温度が急激に上昇し、40 分経過後に最大 2.5℃上昇し、その後、緩やかに低下した。Fig. 8 より、急激な立ち上がり点を 21 分とすれば 15 分が可使用時間となる。15 分経過したものはコテ等での敷きならし作業は可能であった。しかし、セルフレベリング性を用いた流し込みのみの補修を行うとすれば、 J_{14} ロートによる流下時間 4 ~ 10 秒を施工性の判定に用いるべきであり、可使用時間をかくはん後 10 分とするのが良いと思われる。補修材 A および B についてセルフレベリング性がないのでひびわれ注入材の試験は行っていないが、型枠に試料を投入後成形してから非接触型表面温度計による表面温度を測定した結果で、A は温度変化が見られず、B は 20 分経過後に 80℃近辺まで温度が上昇した。

定性的であるが、混合時間の確認試験²⁾に準拠して、プラスチック容器に本常温補修材を投入し、練りサジで混合してスラリー状を保っている混合時間を測定した。この試験は急硬性の改質アスファルト乳剤を使用したマイクロサーフェシング用混合物の配合設計で用いられている。得られた結果は 10 分程度であって、 J_{14} ロートによる結果と同じであった。

以上の試験結果から判断して本常温補修材の特長である流し込み可能なセルフレベリング性を保持する可使用時間はかくはん後 10 分程度であり、その後 5 分間程度は敷きならし可能な塑性を有すると判断される。

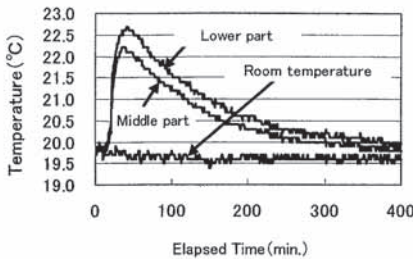


Fig. 7 Change of the temperature in test specimen during hardening process with elapsed time.

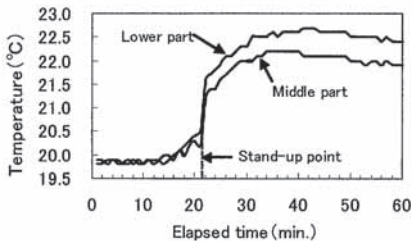


Fig. 8 Temperature change during hardening process with enlarged elapsed time.

3・2 硬化した常温硬化型路面補修材の基礎物性値の検討

Table 7 に常温補修材の一般的性状を示す。比較のため一般的な加熱アスファルト混合物である密粒度アスファルト混合物の物性値を示した。常温補修材の密度は粗骨材が入っている密粒度アスファルト混合物より小さく、マーシャル安定度は密粒度アスファルト混合物とほぼ同等で、粗骨材を使用していないことからフロー値は大きくなった。ホイールトラッキング試験による動的安定度は密粒度アスファルト混合物の 4 倍程度の値を示し、良好な耐流動性を示した。これは、密粒度アスファルト混合物は熱可塑性のストレートアスファルトを使用しているので試験温度の 60℃領域で塑性変形しやすいのに対して、本常温補修材は熱硬化性樹脂を使用し、さらに無機系材料を使用していることにより、一度硬化すれば密粒度アスファルト混合物より塑性変形しにくくなると考えられる。一方、チェーンによるラベリング試験の磨耗量はほぼ同程度の結果となった。

Fig. 9 に養生時間と曲げ強度および曲げ破断ひずみの関係を示す。養生温度は 20℃とした。図より、養生時間に伴い、曲げ強度は増加し、曲げ破断ひずみは減少傾向を示す。これは無機系特殊混和材の成分である超速硬性セメントの水和反応の進行が影響していると考えられ、硬化に伴って脆性的に破断することを示している。なお、密粒度アスファルト混合物の 20℃における曲げ破断ひずみは 10×10^{-3} であり、24 時間における常温補修材の場合とほぼ等しい。厚さ 5mm 程度の薄層で補修した場合、既設路面に十分に接着した一体構造となつたために追従することが重要であり、これにより、ひびわれやはがれ等は早期に発生しないと考えられる。このことを検証するため、常温補修材と既設路面との接着性について室内試験で基準値との比較を行い、また、実路に補修を施し、目視により供用性状を確認した。

Fig. 10 に 24 時間、20℃で養生した供試体を用いた一面せん断強度と引張接着強度を示す。既設路面への加熱アスファルト混合物をオーバーレイした条件での一面せん断

Table 7 General characteristics.

General characteristics value	Cold repair material	Dense grade asphalt mix
Density of mix (g/cm^3)	1.815	2.377
Marshall stability (kg)	8.1	8.4
Marshall flow (1/100cm)	42	32
Dynamic stability (回/mm)	3500	800
Abrasion value of ravelling (cm ²)	0.4	0.3

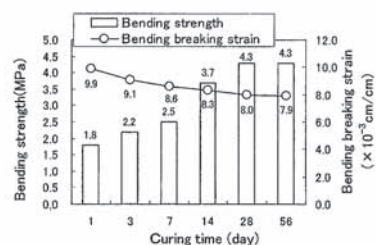


Fig. 9 Relationship between curing time, bending strength and bending breaking strain.

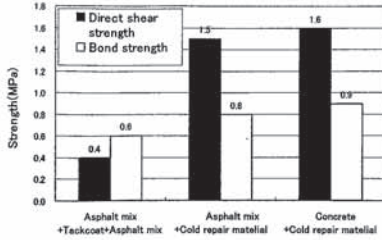


Fig. 10 Results of bonding properties test.

ん断強度は0.4MPa、引張接着強度は0.6MPaであってこれを基準として比較を行った。表面を平滑にした密粒度アスファルト混合物およびコンクリートの模擬版上に常温補修材を敷設した場合の一面せん断強度はそれぞれ1.5MPa、1.6MPa、引張接着強度はそれぞれ0.8MPa、0.9MPaであり、基準としたオーバーレイの値より大きく、接着性は良好であると判断される。付着境界面はあえて平滑面にしたが、既設路面上の路面粗度はより大きいと考えられるので接着性のさらなる向上が期待できる。

Fig. 11 に水浸ホイールトラバース試験後の常温補修材表面の状況を示す。下地がコンクリート版、アスファルト混合物版に関わらず、はがれや崩壊は認められなかったので接着性は十分有ると考えられる。また、実際に既設路面の密粒度アスファルト混合物上に常温補修材を平均厚さ0.5cmで補修後、養生1、3、6、24時間後に交通開放し、目視で表面形状を観察した。その結果によると、指触で硬化が認められた1時間の短期間養生後の交通開放で、ひびわれや崩壊は認められなかった。1ヶ月経過後についても特に問題は生じていなかった。本州四国連絡橋公団では、特にたわみや変形への追従性が要求されるアスファルト混合物の曲げ破断ひずみが 6×10^{-3} (-10°C) 以上であればたわみに追従できるとしている。Fig. 9 に 20°C における曲げ破断ひずみを示したが、 -10°C で試験を行った場合の曲げ破断ひずみは、養生1日で 8.9×10^{-3} 、28日で 6.9×10^{-3} であった。このことから、本常温補修材はたわみや変形に追従でき、既設路面に十分接着した一体構造となることから、ひびわれ等の破損は発生しにくいと判断される。

透気性に基づく密実さを検討するため Fig. 12 に真空透気試験結果を示す。初期真空圧を -0.053MPa とした。粗粒度アスファルト混合物は透気性が大きい混合物として比較のため使用した。粗粒度混合物は経過時間とともに圧力が上昇して真空状態を保てないことから透気性が高いと判断される。この粗粒度アスファルト混合物上に常温補修材を厚さ0.5cmで付着させた場合の試験結果は、

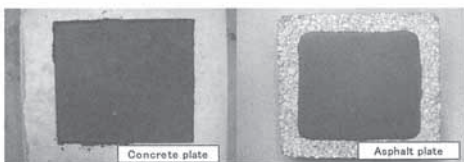


Fig. 11 Surface condition after immersed wheel traverse test.

圧力上昇が 0.0029MPa (2cmHg) 以下であった。この試験は測定面の透水係数を直接測定するものでないが、既往の研究⁷⁾を参考にすると、負圧を与え1分間に 0.0029MPa (2cmHg) 以下の圧力上昇であれば透水係数は $1.0 \times 10^{-7}\text{cm/s}$ 以下と推定され透気性が低く密実であると判断できる。この常温補修材により、微細なクラックが生じたり平滑さが低下した路面上をきめ細かく密実な状態に補修できると考えられる。

3・3 交通開放時期の簡易判定法の検討

Fig. 13 に各養生時間におけるウェットコヒージョン試験後の供試体状況を示す。10分養生後では写真には示していないが未硬化のため供試体は破壊した。30および40分養生後では、荷載面の部分だけ軽微な破壊が確認された程度で(コヒージョントルク値 $2.26\text{N}\cdot\text{m}$)、60分後では写真に示すとおり試験の形跡が残らない良好な状態であった(コヒージョントルク値 $2.55\text{N}\cdot\text{m}$)。コヒージョントルク値は荷圧状態でトルクレンチをひねった時のトルク値を示し、マイクロサーフェシングの場合の交通開放の目安はトルク値 $2.26\text{N}\cdot\text{m}$ 以上とされている。⁴⁾全く同じ材料ではないが、この値を交通開放推定時期の参考値とした。Fig. 14 に、ウェットコヒージョン試験と同じ各養生時間経過後の供試体についてロードホイール試験機による走行荷重試験を行った試験結果を示す。30分後では車輪跡およびはがれが見られ、60分後では形跡が残らない良好な状態であった。

常温補修材の現場における硬化確認は、主に指触によ

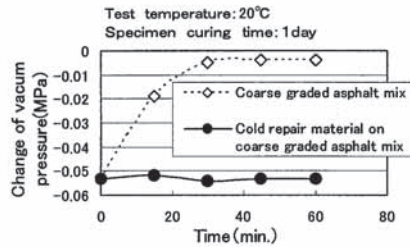


Fig. 12 Result of air permeability of vacuum test.

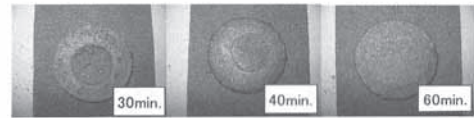


Fig. 13 Specimen condition after cohesion test.

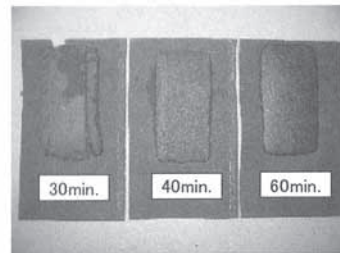


Fig. 14 Specimen condition after load wheel test.

で判定している。例えば手で押して硬さ（硬化程度）を確認したり、工事車両を実際に走らせ、タイヤ車輪跡の有無を確認したりしている。ただし、現場における指触は個人差によって判定も変わるため、交通開放のために現場で定量的評価が可能な簡易硬化判定方法が望まれている。このため、Fig. 5 で示したデュロメーターを用いたの硬化判定を試みた。Fig. 15 に経過時間と硬度の関係を示す。時間の経過に伴い硬度は増加し、60分経過後ほぼ一定値となり、24時間経過後の硬度は85であった。参考までに60分経過後の補修材Aの硬度は75～85、Bは90程度であった。また、鉄板は100、コンクリート平板は95～100であった。前述のウエットコヒージョン試験およびロードホイール試験による供試体状況やトルク力を考え併せると、常温補修材は養生60分以降で交通開放可能と判断される。Fig. 15の結果を併せ考えると、本常温補修材はデュロメーター C₁L型により、硬度85以上を示せば交通開放可能と判定出来る。このように交通開放可能な状態を硬度の値で管理しておけば、実際の現場においても交通開放の指標を容易に定量的に評価できるものと考えられる。Table 8 に実際の現場で補修した箇所（気温23℃で施工）の硬度測定結果のバラツキの一例を示す。補修後30分、60分経過後について10箇所の測定を行った。30分経過後は未硬化状態であり、平均硬度は49.8、変動係数は3.1%であり、60分経過時は平均硬度85.2、変動係数は3.1%となった。Fig. 16 に60分経過時に交通開放した補修表面状態を示す。タイヤ跡、はがれ、わだち等は観察されず交通開放時期を硬度で管理する有用性を確認できた。

4 結 言

セルフレベリング性に優れ、流し込みのみの補修可能を特長とする常温硬化型路面補修材の施工性、硬化後の基礎物性および交通開放時期の簡易判定方法を検討した結果、以下に示す結論が得られた。

(1) この補修材の特長である流し込み可能となるセルフレベリング性をロートによる流下時間で判定すること

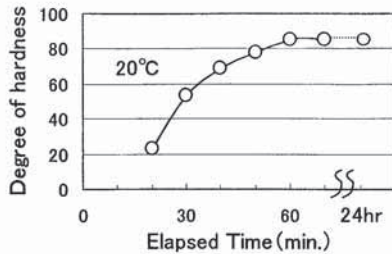


Fig. 15 Relationship between elapsed time and degree of hardness.

Table 8 Test results of degree of hardness.

	Number of tests	Average of degree of hardness	Coefficient of variation(%)
After 30min.	10	49.8	12.2
After 60min.	10	85.2	3.1

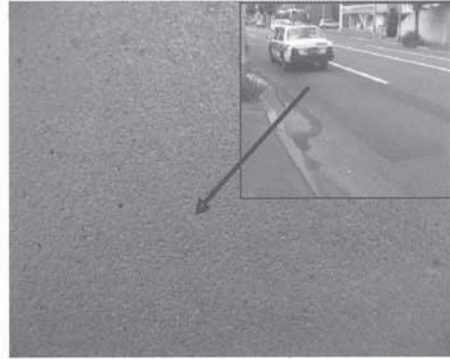


Fig. 16 Surface after being reopened for traffic at 60min.

が可能であり、その時間は20℃で4～10秒が適当であると判断された。

(2) 流下時間10秒が得られるかくはん後の経過時間を可使用時間とすれば、20℃で10分と判断された。

(3) この補修材は、密粒度アスファルト混合物の一般的性状とほぼ等しく、耐流動性は特に良好であった。

(4) この補修材に含まれているセメント系無機材料の経過時間に伴う水和反応の進行により、曲げ強度は増加し、曲げ破断ひずみは減少するが、既設舗装に十分接着したたわみ追従性を有していること、透気性が低く密実であること、また、実際に補修した後の供用性状からひび割れや崩壊は認められないことが確認された。

(5) この補修材を施工した後の交通開放時期は、押針形状が半球型であるデュロメーターを用いて簡易に定量的に判定することが可能であり、硬度85程度で交通開放が可能であり、温度20℃で施工後60分であった。

参 考 文 献

- 1) Japan Road Association, "Hoso-shikhenho-binran", pp.505-567 (1978) Maruzen.
- 2) International Slurry Surfacing Association, "Trial mix procedure for slurry seal design", Technical Bulletin, No.113 (1990).
- 3) Japan Road Association, "Dourokyou-tekkin-concrete shobanbousuisou-sekkei-sekoushiryo", pp.90-94 (1987) Maruzen.
- 4) International Slurry Surfacing Association, "Test method to classify emulsified asphalt/aggregate mixture systems by modified cohesion tester measurement of set and cure characteristics", Technical Bulletin, No.139 (1990).
- 5) International Slurry Surfacing Association, "Test method for measurement of stability and resistance to compaction, vertical and lateral displacement of multilayered fine aggregate cold mixes", Technical Bulletin, No.147 (1989).
- 6) Japan Road Association, "Hoso-seinou-hyoukakahou", pp.20-25 (2006) Maruzen.
- 7) Japan Society of Civil Engineers, "Hoso-kougaku", pp.441-453 (1995) Maruzen.

マルコフ連鎖モデルによる舗装の維持管理手法の提案

大林道路㈱ 正会員 ○藤原 栄吾
 大林道路㈱ 正会員 藤田 義憲
 フレストコンサルタント㈱ 正会員 石川 健

1. はじめに

近年、道路を資産(アセット)と捉え、損傷状況を把握して劣化予測を行い、費用対効果の高い補修を行うことにより道路の資産としての価値を高める道路のアセットマネジメント手法が注目されている。舗装にアセットマネジメント手法を適用する場合、舗装の劣化要因が交通量、気象、材料等多岐にわたるため、これらの要因に基づいて劣化予測を行なうよりも、統計的な劣化予測モデルを用いることが合理的である。そのなかで、マルコフ連鎖モデルは劣化予測に際して特定時点よりも前の情報を必要としないため扱いやすく、橋梁や舗装路面の統計的な劣化予測において同モデルを用いた研究が報告されている。¹⁾²⁾³⁾⁴⁾

そこで本研究では、舗装のアセットマネジメント手法の導入を目指し、清瀬市にて実施した路面性状調査結果からマルコフ連鎖モデルを用いて劣化予測を行い、現況の路面性状を維持するための補修方法を提案する。

2. マルコフ連鎖モデルの適用

路面性状測定結果(平たん性、わだち掘れ深さ、ひび割れ率)から供用性指数(PSI)を20m間隔で算出し、路面の健全度を表す指標として表-1のようにランク化する。なお、表中の比率は今回の測定路線全体の各ランク割合を表している。

表-1 健全度のランク

ランク	PSIの範囲	比率(測定結果)	健全度
1	4~	0.505	高
2	3~4	0.398	
3	2~3	0.078	中
4	1~2	0.012	
5	~1	0.007	低

舗装の劣化予測を行うにあたり、任意の時点Aにおける健全度ランクiの路面のΔt時間後にランクjに推移する確率が、時点Aの健全度のランクのみに依存し、それ以前の状態とは無関係な性質(マルコフ性)を有していると仮定する。また、ランク間の推移は、補修が

行われぬ限り低いランクへのみ発生し、Δt時間で2以上ランクが低下しないものとする。このとき、路面の健全度ランクのΔt時間における推移は、図-1のようなマルコフ連鎖モデルで表すことができる。

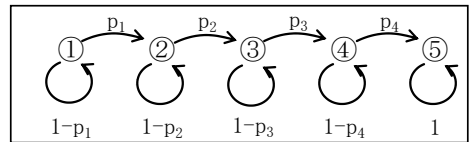


図-1 マルコフ連鎖モデル

図のモデルを(1)式の推移確率行列Pで表す。行列Pの成分 p_{ij} は、任意の時点Aでランクiの路面がΔt時間後にランクjに推移する確率を表している。

$$P = \begin{pmatrix} 1-p_1 & p_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1-p_2 & p_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1-p_3 & p_3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1-p_4 & p_4 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (1)$$

次に、時点Aの路線全体のランク比率を行列Xで表す。このとき、Δt時間後の路線のランク比率 $X^{(1)}$ は、(2)式のように行列X、Pの積で求めることができる。

$$X^{(1)} = X \times P \quad (2)$$

但し $X = (x_1 \ x_2 \ x_3 \ x_4 \ x_5)$

同様に2Δt、3Δt時間後のランク比率行列 $X^{(2)}$ 、 $X^{(3)}$ も(3)式から導くことができる。なお、 P^2 、 P^3 は推移確率行列の積を表している。

$$\begin{aligned} X^{(2)} &= X^{(1)} \times P = X \times P^2 \\ X^{(3)} &= X^{(2)} \times P = X \times P^3 \\ &\vdots \\ X^{(n)} &= X^{(n-1)} \times P = X \times P^n \end{aligned} \quad (3)$$

ここで、補修後の路面性状と経過年数の関係から推移確率行列Pを求めるため、次の条件を設ける。

(条件)

- ①補修直後の路面の健全度ランクは全て1とする
- ②季節変動と劣化速度を考慮してΔtを1年とする



測定を実施した路線には補修後の経過年数が異なる舗装路面があり、(3)式と条件から経過年数 n 毎に推移確率行列 P を求めることができる。そこで測定データから求めたランク比率の実測値と(3)式の $X^{(n)}$ 行列成分の差の2乗にデータ数の重み付けを行い、全ての n, j の総和を求め、これを最小とする確率(p_1, p_2, p_3, p_4, p_5)の組み合わせを導出した。推移確率行列を表-2 に、これに基づく補修後の経過年数とランク比率の関係を図-2 に示す。

表-2 推移確率行列

ランク	1	2	3	4	5
1	0.882	0.118	0	0	0
2	0	0.953	0.047	0	0
3	0	0	0.923	0.077	0
4	0	0	0	0.951	0.049
5	0	0	0	0	1

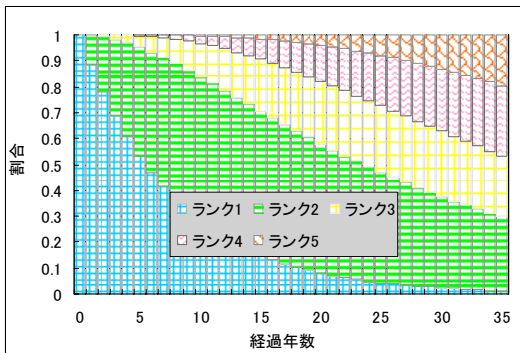


図-2 補修後のランク比率推移

3. 補修を考慮したマルコフ連鎖モデル

舗装の破損を防ぎ、道路の資産としての価値を維持していくためには定期的な補修が不可欠であり、補修が行われなければ、図-2 のように健全度の低いランクの路面の占める割合が高くなる。ここでは、特定のランクに属する路面の中から、一定割合で補修が行われる図-3 のモデルを提案する。

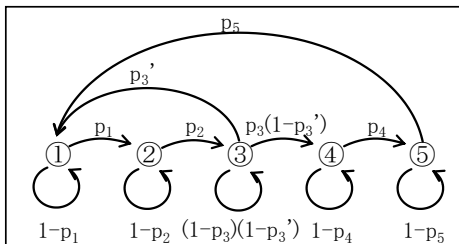


図-3 補修を考慮したマルコフ連鎖モデル

図-3 のモデルで路面のランク比率が毎年推移するとき、将来的にはランク比率の初期状態に対して独立な一定の比率（定常分布）に収束する。したがって、特

定ランクの路面に対して一定割合で継続的に補修することにより、健全度のランク比率を同じレベルに保つことが可能となる。

表-3 は補修を必要としないランク(1,2)と何らかの補修を行うことが望ましいランク(3,4,5)の現況の比率と定常分布の比率がほぼ等しくなるように補修割合を定めたときの推移確率行列を表している。また、図-4 はこのときの現況路面のランク比率の推移を示している。定常分布のランク 3 と 5 の比率 (6%,0.7%) とその補修割合 (45%,35%) から毎年の要補修箇所はランク 3 で全面積の 2.7%、ランク 5 で 0.2%となることから分かる。

表-3 補修を考慮した推移確率行列

ランク	1	2	3	4	5
1	0.882	0.118	0	0	0
2	0	0.953	0.047	0	0
3	0.450	0	0.508	0.042	0
4	0	0	0	0.951	0.049
5	0.350	0	0	0	0.650

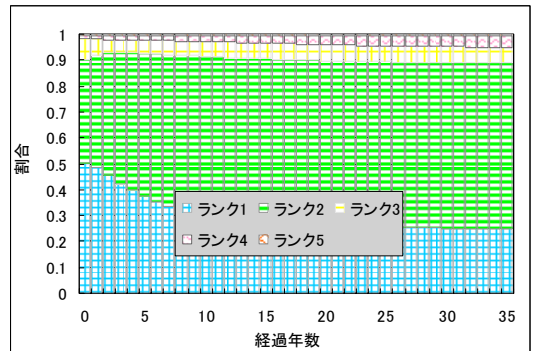


図-4 現況路面のランク比率推移(補修あり)

4. おわりに

本研究では、マルコフ連鎖モデルを用いて舗装の劣化予測を行い、一定割合で継続して補修を実施することにより健全度のランク比率の定常分布が得られることに着目して、現状の路面性状の水準を維持するために必要な補修割合の算出を行った。今後は、補修割合と定常分布の関係を示し、補修の費用対効果を検証していく予定である。

参考文献

- 1) 武山・嶋田・福田：マルコフ連鎖モデルによるアスファルト舗装の破損評価システム,土木学会論文集,第 420 号 / V-13,pp135-141, 1990 年 8 月.
- 2) 國分・黒川・福原：PMS (舗装マネジメント)における舗装劣化予測方法の一考案,第 26 回日本道路会議論文集,20005, 2005 年 10 月.
- 3) 津田・貝戸・青木・小林：橋梁劣化予測のためのマルコフ推移確率の推定,土木学会論文集, No.801 / I-73, pp69-82, 2005 年 10 月.
- 4) 清野・田高・丸山：マルコフ連鎖モデルを用いた舗装劣化予測手法の検討,土木学会第 61 回年次学術講演会,pp301-302,2006 年 9 月.