

目 次

調査・研究

●カットバック系常温混合物の評価	上地俊孝・佐野俊哉・鈴木徹	1
●導電材料を使用したセメントモルタルの電気抵抗特性	掛札さくら・東本崇・小嶋匠・岡田英泰	5
●アスファルト混合物における骨材の吸水率と吸アスファルト量の関係	下館鎮・石川健・藤田義憲	10
●RIM(マルチ測定車)を用いたコンクリート舗装の調査	錦織久明・井手義勝・胡家和典	19
●平たん性の指標としてのIRI(国際ラフネス指数)の活用事例	古川聡哉・石黒修一	23

施工報告

●横浜市環状2号線高架橋上におけるルピット舗装の施工	関智明・萩原博愛・宮本将男	27
●凍結抑制舗装(アイストッパーR)の施工事例	井上浩治・櫻井潤・藤林省吾	31
●九島大橋における改質グースアスファルト舗装の施工	中谷昭平・二宮豊和・後藤英樹	35
●新立岩トンネルにおけるホワイトCAPの施工	黒澤昌史・久保田孝一	39
●急勾配箇所における真空コンクリート舗装の施工	林大喜・石林正人	43
●再生コンクリートの施工(産学連携による実践型施工体験学習として)	石川元彦・井手義勝・久安秀之	47
●交差点部における早強タイプのFi-mix工法適用事例	津守信和	51
●耐久性を重視した打ち水ロードの施工	田中努・櫻井邦学	55
●常磐自動車道船戸高架橋における床版補修	蟹江裕介・堀俊幸	59
●最終処分場におけるAML工法の施工	喜多秀敏	63
●運輸倉庫におけるMMA樹脂によるプラットホーム床の補修事例	土肥武文	67
●汚染土措置を伴う化学工場施設解体の施工事例	藤井誉伸・柳和男・安嶋正徳	71

海外視察報告

●第25回 世界道路会議(ソウル大会)に参加して	光谷修平・佐藤正憲・森石一志	75
--------------------------	----------------	----

社外発表論文

●製鋼スラグと海水を使用した舗装用硬練りコンクリートの配合検討 (土木学会第71回年次学術講演会平成28年9月)	新村亮・下館鎮・林正宏	81
●舗装用スリップフォーム工法に適したコンクリートの配合に関する一検討 (第70回セメント技術大会講演要旨2016)	泉尾英文・押尾聡・小関裕二・山之内康一郎	83
●改質グースアスファルト混合物の性状と施工事例 (雑誌「舗装」2016年3月号)	菅野善次郎・下館鎮・今村教雄・吉江誠吾	85
●改質グースアスファルト混合物について (雑誌「アスファルト合材」2016年10月号)	東本崇・稲葉行則・鈴木徹・菅野善次郎	90
●アスファルト乳剤を主体とした舗装補修キットの開発 (雑誌「あすふあるとにゅうざい」2016年1月号)	光谷修平・鈴木徹・澤田修平	96
●土系舗装施工における凍結防止対策 (平成28年度北陸建設技術報告会)	小嶋匠・掛札さくら	100

カットバック系常温混合物の評価

上地 俊孝*
佐野 俊哉**
鈴木 徹***

1. はじめに

道路舗装におけるポットホール等の局所的な損傷は、自動車や特に二輪車の走行に支障をきたし、交通安全上重大な問題になる恐れがある。そのため、ポットホールを緊急的に補修することになるが、補修材として常温アスファルト混合物(以下、常温混合物)を用いて補修する機会が多い。市場にはアスファルト混合物を溶剤や鉱油でカットバックさせただけのグレードの低いもの(以下、一般常温混合物)から、高耐久型や全天候型といわれているグレードの高いものまで、多種多様な常温混合物がある。

筆者らは、高耐久型や全天候型の常温混合物の開発を目指すにあたって、常温混合物の基礎研究としてカットバック系常温混合物の検討を行った。本文は、カットバック系常温混合物の室内試験および試験練りの結果、さらに高耐久型の開発の試みについて報告するものである。

2. 室内試験結果

2-1 市場製品の調査

常温混合物の配合を検討するにあたって、材料、骨材粒度および配合を選定するため、市場にある一般常温混合物の材料、骨材粒度および配合を調査分析した。

(1) 材料

材料としては、一般的な加熱アスファルト混合物と同じアスファルト(以下、As)、骨材およびフィラーに加え、常温での作業性を付与するためのカットバック材(以下、CB)が使用されている。

CBについては、単体で分離することが難しく、分析することは困難であった。しかし、文献調査やコスト面から考えて、A重油、灯油、または市販品の常温混合物用カットバック材が使用されていると考えられる。

(2) 粒度と骨材最大寸法

骨材最大寸法は13mm(6号碎石)と5mm(7号碎石)の製品が存在する。抽出試験により骨材粒度を確認した結果、最大寸法13mmで2.36mm通過量が密粒度アスファルト混合物(13F)程度、最大寸法5mmについても60%程度と粒度は細かい傾向にあった。また、0.075mm以下は、加熱アスファルト混合物に比べて少なく2.0~3.0%であった。

(3) 常温バインダ量

抽出試験の結果、常温バインダ(As+CB)量は5.0~

6.0%であった。

(4) As と CB の割合

文献調査などから、常温バインダの構成比はAs:CBで70:30~80:20であった。

2-2 室内配合の検討

市場品の調査結果より、最大寸法5mmの粒度を参考に暫定骨材配合を設定し、ストレートアスファルト60/80とA重油を使用した常温混合物の配合を検討した。検討水準および評価項目を表-1、2に示す。

表-1 検討水準

As:CBの割合	75:25			80:20			85:15		
As量 (%)	2.90	3.90	4.90	2.90	3.90	4.90	2.90	3.90	4.90
CB量 (%)	0.97	1.30	1.63	0.73	0.98	1.23	0.51	0.69	0.86
バインダ量 (%)	3.87	5.20	6.53	3.63	4.88	6.13	3.41	4.59	5.76

注)As量、CB量およびバインダ量は、混合物に対する割合

表-2 評価項目

評価項目	試験項目	養生条件	試験条件	備考*
作業性	密度測定	60℃で7日	-	B008-2
施工初期耐久性	カンタプロ試験	5℃で24時間	5℃	B010
長期供用時耐久性	一軸圧縮試験	60℃で7日	20℃	D001T

*: 舗装調査試験法便覧

(1) 密度測定

混合物の締め固め易さを評価するため、20℃で作製したマーシャル供試体の空隙率を確認した。転圧は両面各50回行った。混合物に対するCB量と空隙率の関係を図-1に示す。空隙率は、常温バインダの構成比に関係なく、混合物に対するCB量に強く依存していた。

同条件で測定した市場品の空隙率が17%前後であったので、目標空隙率を17%以下と設定した。図-1より目標を満足する混合物に対するCB量は1.15%以上であった。

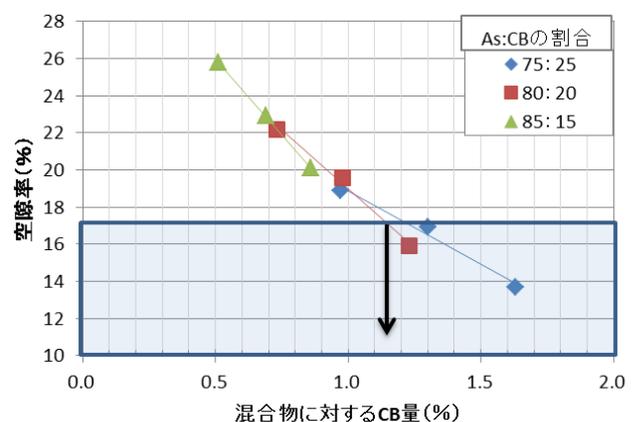


図-1 混合物に対するCB量と空隙率

*技術研究所材料研究室研究員 **同研究室研究員 ***同研究室室長

(2) カンタブロ試験

カンタブロ試験結果を図-2に示す。常温バインダの構成比が80:20と85:15では損失率は20%程度以下であったが、75:25では損失率が20%以上であった。損失率の目標値は20%以下であったので、目標とする性状を得るための常温バインダに対するAs量を80%以上とした。

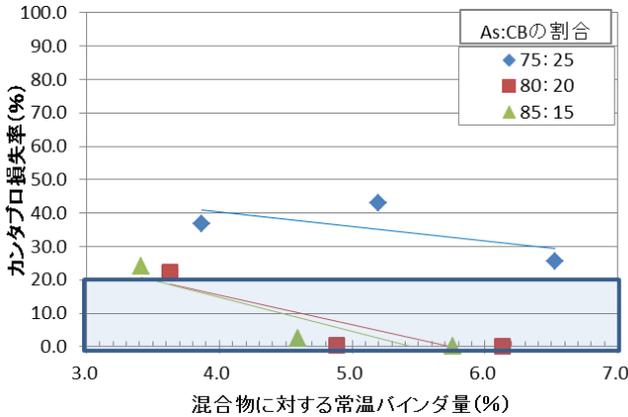


図-2 カンタブロ試験結果

(3) 一軸圧縮試験

一軸圧縮試験結果を図-3に示す。常温バインダに対するAs量の増加に伴い、一軸圧縮強さは低下する傾向があった。また、同条件で測定した市場品の一軸圧縮強さは0.4MPa程度のものもあったので、目標値を0.4MPa以上と設定した。図-3より目標を満足する常温バインダに対するAs量は83%以下であった。

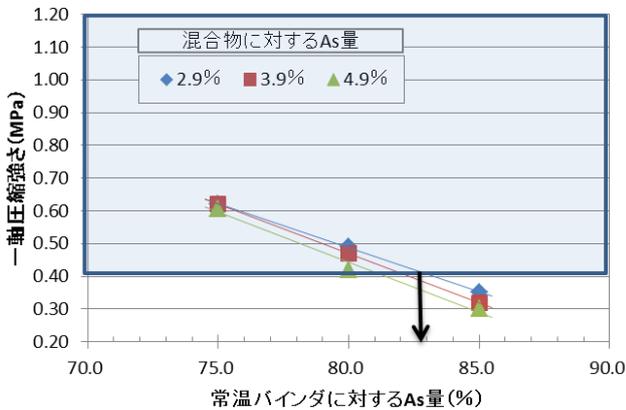


図-3 一軸圧縮試験結果

(4) 常温バインダ量と常温バインダの構成比

(1)～(3)の結果より、市場品と同等の性状を満足する常温バインダ量および常温バインダの構成比は以下のとおりとなった。

混合物に対するCB量と空隙率の関係より			
混合物に対するCB量	1.15% 以上	…①	
混合物に対する常温バインダ量とカンタブロ損失率の関係より			
常温バインダに対するAs量	80% 以上	…②	
常温バインダに対するAs量と一軸圧縮強さの関係より			
常温バインダに対するAs量	83% 以下	…③	
②、③より			
常温バインダに対するAs量	80%	～	83%
常温バインダに対するCB量	20%	～	17%
①を満足する常温バインダ量			
常温バインダに対するCB量	20%の時…①/20%=	5.8%	以上
	17%の時…①/17%=	6.8%	以上

2-3 試作品と市場品との性状比較

室内配合検討の結果より、試作品の配合を選定した。試作品の配合を表-3に示す。経済性も考慮して、常温バインダの構成比をAs:CB=80:20、常温バインダ量を5.8%とした。

試作品と夏季に購入した市場品(13mmTop)について性状比較を行った。その結果を以下に示す。

表-3 試作品の配合

項目	7号砕石	砕砂	細砂	石粉	常温バインダ		合計
					St.As. 60/80	A重油	
骨材配合比 (%)	37.6	33.1	22.2	7.1	—	—	100.0
常温バインダ配合比 (%)	—	—	—	—	80.0	20.0	100.0
混合物配合比 (%)	35.4	31.2	20.9	6.7	—	5.8	100.0

(1) 常温マーシャル安定度試験

常温マーシャル安定度試験結果を表-4に、試験後の供試体の状況を写真-1に示す。転圧後、20℃で2時間気中養生した供試体に対して試験を行った。

常温マーシャル安定度は、試作品では1.2kNで、市場品では2.0kN前後であった。ただし、市販品Aが試験後に崩壊したのに対して、試作品は形を留めていたので、マーシャル安定度の差異は、骨材粒径によるものであると考え、試験結果は相違ないものと判断した。

表-4 常温マーシャル安定度試験結果

試験方法	測定項目	市場品A	市場品B	試作品
常温マーシャル安定度試験(20℃)	安定度 (kN)	1.8	2.5	1.2
	フロー (1/100cm)	17	20	22



写真-1 マーシャル安定度試験後の状況

(2) カンタブロ試験

カンタブロ試験結果を表-5に、試験後の供試体の状況を写真-2に示す。転圧後、5℃で24時間気中養生した供試体に対して試験を行った。

損失率については、試作品が0.2%でほとんど損失しなかった。試験後の供試体状況から判断しても、試作品が最も骨材飛散抵抗性に優れていると判断した。

表-5 カンタブロ試験結果

試験方法	測定項目	市場品A	市場品B	試作品
カンタブロ試験	損失率 (%)	42.3	7.5	0.2



写真-2 カンタブロ試験後の状況

(3)簡易ポットホール走行試験

簡易ポットホール走行試験は、ホイールトラッキング試験用供試体(30cm×30cm×5cm)の中央に円柱(φ15cm×t3cm)の擬似的な穴(ポットホール)を設けた箇所に常温混合物を敷き詰めて、転圧後に20℃で走行試験を行い、3mm沈下する走行回数を測定した。その結果を表-6に示す。3mm沈下までの走行回数および動的安定度ともに市場品と遜色ない結果であった。また、剥がれ等も発生しなかった。

表-6 簡易ポットホール走行試験結果

試験方法	測定項目	市場品A	市場品B	試作品
簡易ポットホール走行試験 (非水浸@常温)	走行回数(3mm沈下)	184.0	188.0	275.0
	動的安定度(回/mm)	1,212	759	1,400

(4)一軸圧縮試験

一軸圧縮試験結果を表-7に示す。転圧後、20℃で2時間気中養生した供試体に対して試験を行った。

試作品では、一軸圧縮強度および残留強度率ともに市場品よりわずかに低い値であった。

表-7 一軸圧縮試験結果

試験方法	測定項目	市場品A	市場品B	試作品
一軸圧縮試験	一軸圧縮強度 (MPa)	0.73	0.85	0.51
	残留強度率 (%)	62.5	61.7	53.1

(5)作業性試験

作業性試験結果を表-8に示す。作業性試験は、写真-3に示すように、10×10×10cmのマスの天端まで常温混合物を投入し、マス中央部の穴にフォースゲージを押しあてて、貫入抵抗値を測定する試験である。評価としては、貫入抵抗値の値が大きいほど、硬く作業性が悪いことを意味する。今回は、30kg入り袋を2段積みにしたときの下段袋にかかる圧力に相当する重りを24時間載せたものについても試験を行った。貫入抵抗値は市場品と同等の値であり、作業性に問題ないものと判断した。

表-8 作業性試験結果

試験方法	測定項目	試験条件	市場品A	市場品B	試作品
作業性試験	貫入抵抗値 (N)	ほぐした直後 (20℃)	7.3	7.6	7.1
		30kg/袋を24時間二段積み後 (20℃)	17.8	23.9	20.8



写真-3 作業性試験状況

(6)評価結果

室内試験による評価においては、試作品は市場に出回っている一般常温混合物相当であると判断した。

3. 試験練り

3-1 試験練りの目的と概要

前述までの室内検討において決定した材料および配合に基づいて実機で製造し、その混合性および製造時の安全性を確認した。また、工場構内のポットホールと段差箇所です試験施工を実施した。

混合条件を表-9に示す。1バッチの混合量は、Asプラントの最少混合量である1tとした。また、常温バインダに含まれるA重油は引火の危険があるため、製造温度には細心の注意を払った。今回使用する常温バインダはカットバックアスファルトSC-4やSC-5と同程度のものであるので、同カットバックアスファルトを使用して混合物を製造する際の最高加熱温度120℃を参考に各種条件を設定した。

事前に常温バインダを融袋(融点78℃)に計り入れ、Wetミキシング時に粉体投入口より投入した。また、常温バインダの投入中は攪拌を続け、全量投入後からさらに60秒間混合した。

表-9 混合条件

項目	目標値
1バッチ混合量	1.0t
(ホットビン骨材+石粉)温度	120±10℃
常温バインダ温度	50±10℃
目標練り落し温度	100±10℃
混合時間	Dry : 25秒
	Wet : 45秒

3-2 試験練り状況

試験練り状況を写真-4、5に示す。常温バインダの投入にかかった時間は30秒程度であり、Dry混合時間25秒、常温バインダ投入時間30秒およびWet混合時間60秒となった。練り落とし合材は均一に被膜しており、混合性に問題はなかった。また、製造を通して、A重油の気化による煙はほとんど見受けられず、引火の原因となる蒸気だまりも確認されなかった。



写真-4 常温バインダ計量・準備状況



写真-5 バインダ投入・練り落とし状況

3-3 ポットホール補修および段差修正の試行

練り落とし24時間後の混合物を使用して、ポットホールの補修を実施した。試験練り混合物の配合は20℃での使用を想定して設計していた。当日は気温が低く10℃程度であったため、広範囲への敷きならし作業では硬さを感じた。しかし、転圧作業では手持ちタンパ等による転圧で十分に締め固まった。

通常、このような常温混合物は緊急補修などに使用され、応急復旧の位置づけであるが、当該補修箇所については補修1ヵ月後においても良好な状態を維持していた(写真-6参照)。

また、写真-7に示すような段差修正にも試行した。これは、試験練りで製造した常温混合物を段差修正箇所に敷き広げて、普通自動車で転圧したものである。転圧時、タイヤ跡は残るが、混合物がタイヤに付着したり、剥がれたりといった問題は見られなかった。補修1ヵ月後には、フォークリフトやアスファルトローリー車の走行により、補修当時のタイヤ跡は消えて周囲となじんでいた。

その後の調査では、補修5ヵ月後でも上記ポットホールと段差修正箇所とも、補修時の状態を維持していた。



写真-6 ポットホール補修状況(補修1ヵ月後)



写真-7 段差修正(左:補修直後 右:補修1ヵ月後)

4. 高耐久型の検討

4-1 配合検討

上述の一般常温混合物に特殊樹脂を配合し、高耐久型の開発を試みた。使用した特殊樹脂は一液タイプである。常温バインダに内割りで0%、10%、15%および25%配合した混合物でマーシャル供試体を作製し、20℃50%RHの条件で8日間養生して、養生期間ごとのマーシャル安定度(20℃)を確認した。

マーシャル安定度試験結果を図-4に示す。特殊樹脂を添加したものでは、養生日数の経過とともにマーシャル安定度が向上した。養生8日後のマーシャル安定度は、

特殊樹脂量15%で10kNを超えており、マーシャル安定度については、高耐久型の常温混合物として十分な性状を有していた。このため、暫定的に特殊樹脂量を15%とし、その他の性状についても確認することとした。

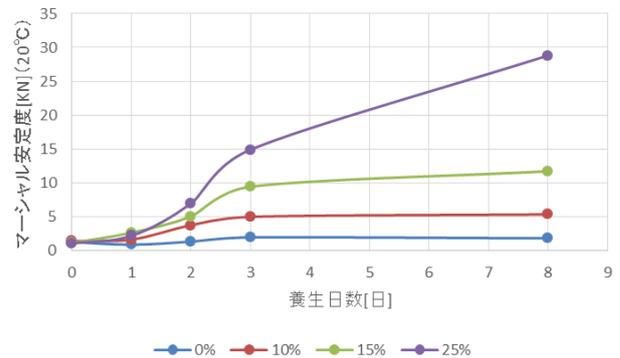


図-4 マーシャル安定度試験結果

4-2 試作品の性状確認

特殊樹脂量を15%とした試作品の性状を表-10に示す。養生5日後のマーシャル安定度が11.7kN、カンタプロ損失率が13.1%および動的安定度が4,846回/mmであり、いずれも良好な性状を有していた。また、作業性試験は今回実施していないが、低温～常温においても硬さは感じられず作業性は良好であった。

表-10 試作品の性状

養生日数(日) 20℃50%RH		0	5
マーシャル安定度試験(20℃)	安定度(kN)	1.5	11.7
カンタプロ試験(5℃)	損失率(%)	8.0	13.1
ホイールトラッキング試験 (20℃)	D0(mm)	—	0.86
	動的安定度(回/mm)	—	4,846

5. まとめ

- ①市場品と同等程度の作業性と耐久性を有する一般常温混合物を試作した。
- ②一般的な加熱アスファルト混合物のプラント設備でも室内製造混合物と同等な性状を有する一般常温混合物を製造できることが確認できた。
- ③一般常温混合物に特殊樹脂を混合することで高耐久な常温混合物となることが示唆された。

6. おわりに

今回、A重油をカットバック材として市場品と遜色ない一般常温混合物を製造できることが確認できた。その後、異なるカットバック材についても評価している。その理由としては、A重油より更に揮発性の高いものを使用することで、長期供用時における耐久性の向上が見込めるからである。このため、今後は、新たなカットバック材を用いた一般常温混合物と特殊樹脂を併せた高耐久型(全天候型)について開発・評価を行っていく予定である。特に貯蔵関連の項目については、今後検討すべき急務な課題として考えている。

導電材料を使用したセメントモルタルの電気抵抗特性

掛札さくら*
東本 崇**
小嶋 匠***
岡田 英泰****

1. はじめに

わが国では、2014年より水素エネルギー活用に向けての動きが一挙に活発化してきた。6月には、経済産業省の水素・燃料電池戦略協議会が「水素・燃料電池戦略ロードマップ」をとりまとめた。11月には、東京都が2020年の東京オリンピック・パラリンピックを水素社会実現へ向けた大きなステップとする方針を打ち出している。

水素を安全に利用するには、他の可燃性ガスと同様に、漏らさないこと、万一漏れても濃度が爆発限界にならないように換気すること、そして点火源となる火種(裸火や静電気スパーク)を近づけないことが鉄則である。したがって、水素ステーション(水素ガスや液体水素を充填する施設)をはじめとする水素関連施設の構内舗装には、静電気スパークを防止するために、舗装面に高い導電性能(電気の通し易さ)が望まれる。

そこで、導電性能の高いコンクリート舗装や半たわみ性舗装の開発を目指し、各種導電材料を使用したセメントモルタルおよび半たわみ性舗装の電気抵抗特性の評価を行った。本文では、その結果について報告する。

2. 実験方法

2-1 セメントモルタル

セメントモルタル(以下、モルタル)の評価実験に使用した材料は、普通ポルトランドセメント、標準砂、イオン交換水、そして導電材料である。

導電材料に以下のような特性がある場合、添加したモルタルおよびグラウトにおいて、高い導電性能が得られると推定された。

- (1) 粒子径が小さく、比表面積が大きい
- (2) 連続した電子伝導のネットワーク構造を形成し易い
- (3) 電子伝導を妨げる不純物が少ない
- (4) モルタル中に均一に分散する
- (5) 電解質を有する

したがって、本実験では導電材料として、以下のものを使用した。

- (1) 炭素繊維(繊維長 200 μ m)
- (2) 炭素繊維(繊維長 6mm)
- (3) 導電性セラミックス(繊維長 5~15 μ m)
- (4) 導電性ポリマー

(5) 導電性添加剤

セメント:砂:水を1:3:0.5の割合で、モルタルを製作した。各導電材料については、セメント質量比に対して、炭素繊維と導電性セラミックスを5%、導電性ポリマーを0.7%、それぞれ添加した。導電性添加剤については、5、10、15および20wt%の水溶液を調製し、供試体作製時の練り混ぜ水として使用した。

供試体寸法は ϕ 7cm×厚さ2cmとし、作製後に室温20℃、湿度50%の恒温室内で養生した。使用した導電材料を写真-1~5に、モルタル供試体を写真-6に示す。

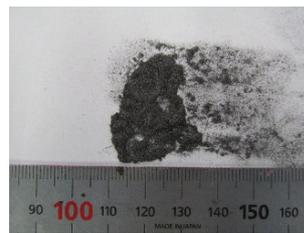


写真-1 炭素繊維(200 μ m)



写真-2 炭素繊維(6mm)



写真-3 導電性セラミックス



写真-4 導電性ポリマー



写真-5 導電性添加剤



写真-6 セメントモルタル供試体

*技術研究所環境研究室研究員 **同研究室室長 ***同研究室研究員 ****同研究室研究員

導電材料を使用したセメントモルタルの電気抵抗特性

掛札さくら*
東本 崇**
小嶋 匠***
岡田 英泰****

1. はじめに

わが国では、2014年より水素エネルギー活用に向けての動きが一挙に活発化してきた。6月には、経済産業省の水素・燃料電池戦略協議会が「水素・燃料電池戦略ロードマップ」をとりまとめた。11月には、東京都が2020年の東京オリンピック・パラリンピックを水素社会実現へ向けた大きなステップとする方針を打ち出している。

水素を安全に利用するには、他の可燃性ガスと同様に、漏らさないこと、万一漏れても濃度が爆発限界にならないように換気すること、そして点火源となる火種(裸火や静電気スパーク)を近づけないことが鉄則である。したがって、水素ステーション(水素ガスや液体水素を充填する施設)をはじめとする水素関連施設の構内舗装には、静電気スパークを防止するために、舗装面に高い導電性能(電気の通し易さ)が望まれる。

そこで、導電性能の高いコンクリート舗装や半たわみ性舗装の開発を目指し、各種導電材料を使用したセメントモルタルおよび半たわみ性舗装の電気抵抗特性の評価を行った。本文では、その結果について報告する。

2. 実験方法

2-1 セメントモルタル

セメントモルタル(以下、モルタル)の評価実験に使用した材料は、普通ポルトランドセメント、標準砂、イオン交換水、そして導電材料である。

導電材料に以下のような特性がある場合、添加したモルタルおよびグラウトにおいて、高い導電性能が得られると推定された。

- (1) 粒子径が小さく、比表面積が大きい
- (2) 連続した電子伝導のネットワーク構造を形成し易い
- (3) 電子伝導を妨げる不純物が少ない
- (4) モルタル中に均一に分散する
- (5) 電解質を有する

したがって、本実験では導電材料として、以下のものを使用した。

- (1) 炭素繊維(繊維長 200 μ m)
- (2) 炭素繊維(繊維長 6mm)
- (3) 導電性セラミックス(繊維長 5~15 μ m)
- (4) 導電性ポリマー

(5) 導電性添加剤

セメント:砂:水を1:3:0.5の割合で、モルタルを製作した。各導電材料については、セメント質量比に対して、炭素繊維と導電性セラミックスを5%、導電性ポリマーを0.7%、それぞれ添加した。導電性添加剤については、5、10、15および20wt%の水溶液を調製し、供試体作製時の練り混ぜ水として使用した。

供試体寸法は ϕ 7cm×厚さ2cmとし、作製後に室温20℃、湿度50%の恒温室内で養生した。使用した導電材料を写真-1~5に、モルタル供試体を写真-6に示す。

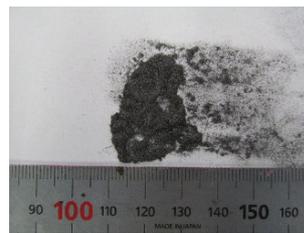


写真-1 炭素繊維(200 μ m)



写真-2 炭素繊維(6mm)



写真-3 導電性セラミックス



写真-4 導電性ポリマー



写真-5 導電性添加剤



写真-6 セメントモルタル供試体

*技術研究所環境研究室研究員 **同研究室室長 ***同研究室研究員 ****同研究室研究員

2-2 半たわみ性舗装

導電性能を有した半たわみ性舗装として、母体(開粒度アスコン)に流し込むセメントグラウト(以下、グラウト)に導電材料を添加した。

半たわみ性舗装の母体として、表-1 に示す配合で空隙率 20%の開粒度アスコンを作製した。作製した母体アスコンをカッターで 5cm×5cm×5cm に切断した。グラウトには、半たわみ性舗装用ワンパック材「ハイシール超速硬タイプ」を使用した。あらかじめ 5、10、15 および 20wt% の NaCl 水溶液を調製し、グラウトの練り混ぜ水として使用した。グラウトの配合を表-2 に示す。攪拌には電動ミキサーを用いた。

振動台を用いて、母体アスコンにグラウトを流し込んだ。養生は室温 20℃、湿度 50%の恒温室内で行った。作製した供試体を写真-7 に示す。

表-1 開粒度アスコンの配合(空隙率 20%)

使用材料	6号碎石	細目砂	石粉	As
配合(%)	82.3	7.9	4.8	5.0

表-2 導電性添加剤入りセメントグラウトの配合

使用材料	ハイシールパワダー	導電性添加剤水溶液
配合(%)	68.5	31.5



写真-7 半たわみ性舗装供試体

2-3 評価方法

材料の導電性能の尺度としては、一般的に電気抵抗(単位; Ω)が用いられている。この電気抵抗を体積当たりで示した値が体積抵抗率(単位; Ω・cm)で、この値は材料に固有の絶対値である(図-1)。

電気抵抗の値として、任意の電圧で測定できる抵抗率計(高抵抗)を用いて、体積抵抗率を測定した。測定状況を写真-8 に示す。

高電圧の測定ほど、正確かつ再現性の高い抵抗率が得られることが予備実験で確認できていたので、抵抗率の測定には 900 または 1000V の電圧を用いた。

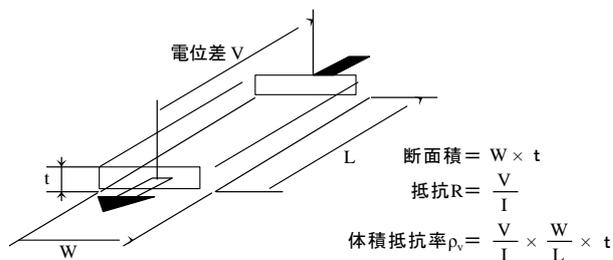


図-1 体積抵抗率の定義



写真-8 体積抵抗率測定状況

帯電性(静電気などがたまりやすい性質)の区分を表-3 に示す。抵抗率の値が高いほど静電気は発生しやすく、低いほど発生しにくい。一般的に、As 舗装(密粒)は、 $10^{11} \sim 10^{12} \Omega \cdot \text{cm}$ 程度の体積抵抗率を有している帯電性物性を有する。

表-3 一般的な帯電性の区分

帯電性の区分	体積抵抗率 (Ω・cm)	静電気
非帯電性物性	$< 10^8$	発生しづらい
低帯電性物性	$10^8 \sim 10^{10}$	↑↓
帯電性物性	$10^{10} \sim 10^{12}$	
高帯電性物性	$> 10^{12}$	発生しやすい

3. 実験結果

3-1 セメントモルタル

(1) 炭素繊維

炭素繊維を添加することで、モルタルの導電性能が向上することは一般的に知られている。本実験では、炭素繊維の形状が導電性能に及ぼす影響を評価した。繊維長 6mm または 200μm の炭素繊維を添加したモルタルの抵抗率を図-2 に示す。繊維長 6mm は前述(2)の特性を、繊維長 200μm は(1)の特性を有する。図-2 から分かるように、添加量 0% よりも抵抗率がより低下したのは、繊維長 6mm を添加したモルタルである。したがって、同じ導電

材料を比較したとき、導電性能がより向上するのは、特性(1)よりも特性(2)を有している方であると推測される。その理由として、特性(2)を有することで、図-3に示すような長距離の電子伝導が可能となり、そのネットワークの幾つかが、接地(アース)の役割を果たしていると考えられる。

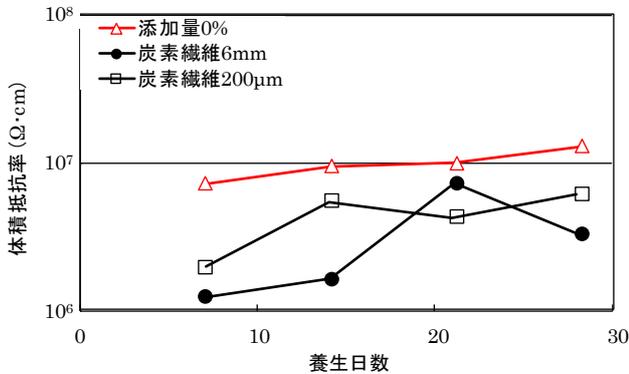


図-2 炭素繊維添加モルタルの抵抗率

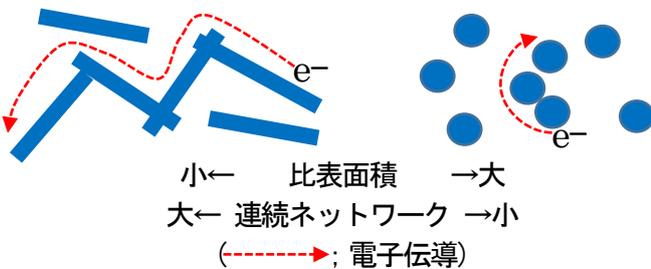


図-3 形状の差による電子伝導の違い

(2) 導電性セラミックス

炭素繊維とは異なる無機系導電材料として、導電性セラミックスを添加したモルタルの導電性能を評価した。使用した導電性セラミックスは、針状構造(繊維長 5~15μm)を有している。

導電性セラミックスを添加したモルタルの抵抗率を図-4に示す。添加量0%よりも5%の方が、より低い抵抗率を示していることから、導電性セラミックスの添加による導電性能の向上が確認できた。養生14日以降の平均抵抗率は $2.7 \times 10^6 \Omega \cdot \text{cm}$ であった。一方、導電性セラミックスよりも、長いネットワーク構造を形成すると考えられる炭素繊維(繊維長 200μm)の平均抵抗率は $5.4 \times 10^6 \Omega \cdot \text{cm}$ であった。このことから、炭素繊維よりも導電性セラミックスの方が、電子伝導が活発に起きており、無機系導電材料として有用であると推測される。

(3) 導電性ポリマー

炭素繊維や導電性セラミックスなどの無機系材料と比較するため、有機系材料である導電性ポリマーを添加したモルタルの導電性能を評価した。

導電性ポリマーとして、前述の特性(4)の効果が期待で

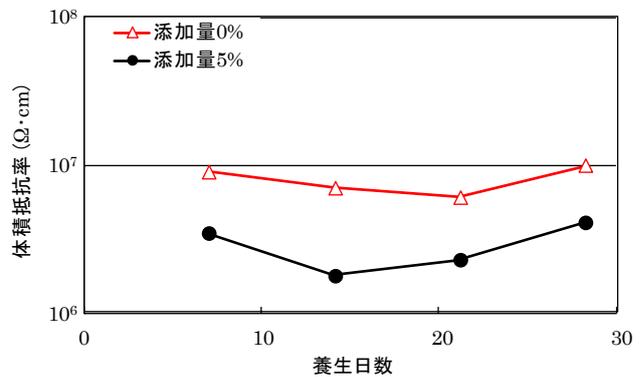


図-4 導電性セラミックス添加モルタルの抵抗率

きる水分散系のものを使用した。

導電性ポリマーを添加したモルタルの抵抗率を図-5に示す。導電性ポリマーの添加によって、導電性能の向上が確認できた。また、炭素繊維や導電性セラミックスよりも、導電材料の質量割合が低いにも関わらず、抵抗率が小さく、安定した抵抗率の分布を示した。その結果から、連続したネットワーク構造の形成(特性(2))に加え、供試体中に導電材料が均一に分散すること(特性(4))も重要な要因であることが分かった。

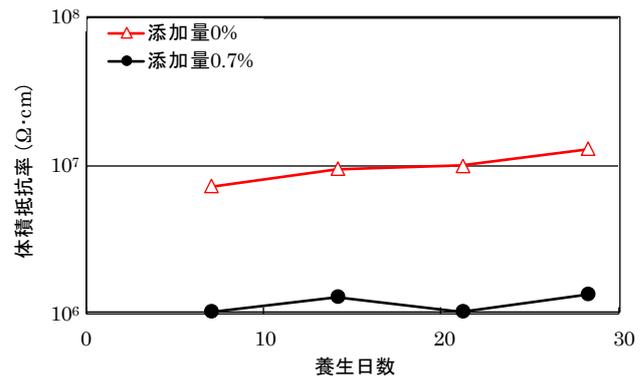


図-5 導電性ポリマー添加モルタルの抵抗率

(4) 導電性添加剤

導電性添加剤は水溶液にすることで、水溶液中で陽イオンと陰イオンに解離し、導電性を示すようにある。

本実験では、モルタル作製時に使用する水の代わりに導電性添加剤水溶液を使用し、その導電性能を評価した。水溶液の濃度は5、10、15および20wt%とした。

抵抗率の測定結果を図-6に示す。導電性添加剤によって、抵抗率が低下することが確認できた。また、導電性添加剤の濃度が高いほどより低下していることも確認できた。最も低い抵抗率では、 10^4 オーダーまで低下した。

導電性添加剤は、本実験で使用した導電材料の中で最も高い導電性能の向上を示した。その効果の持続は、70日間まで確認できた。

硬化したモルタルには細孔が存在しており、その中には細孔溶液(添加した水)が含まれている。導電性添加剤は固体では導電性を示さないが、モルタル作製時に導電

性添加剤をあらかじめ水溶液にしておくことで細孔溶液が電解質となり、導電性を示したと考えられる。

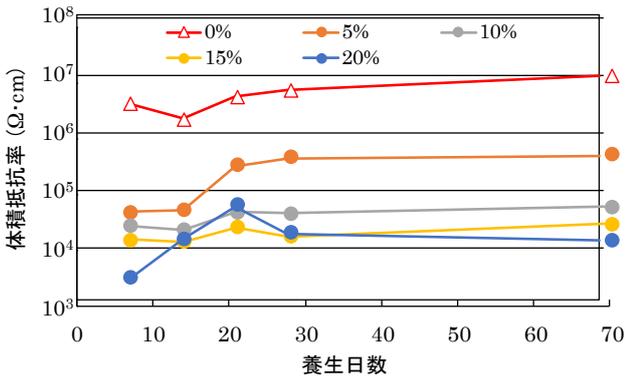


図-6 導電性添加剤入りモルタルの抵抗率

3-2 半たわみ性舗装

(1) 導電性添加剤入り半たわみ性舗装の導電性能

前項において、セメントモルタルに添加することによって、最も高い導電性能が得られたのは導電性添加剤であった。また、導電性添加剤入りグラウトは、他の導電材料を添加したグラウトよりも粘度が低く、開粒度As舗装に流し込むことが容易なことから、導電性能を有した半たわみ性舗装には導電性添加剤を使用した。

抵抗率の評価は、モルタルと同様に行った。グラウト単体の抵抗率を図-7に、半たわみ性舗装の抵抗率を図-8に示す。モルタルの結果と同様に、導電性添加剤水溶液によって、導電性能が向上することを確認できた。

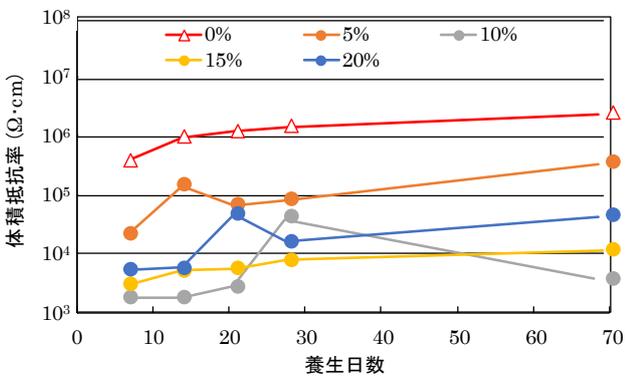


図-7 導電性添加剤入りグラウト

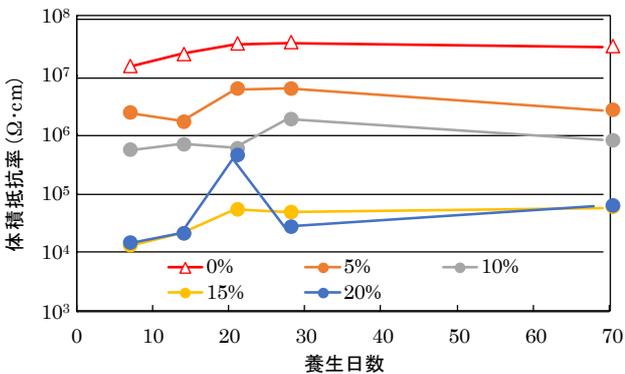


図-8 導電性添加剤入りグラウトを使用した半たわみ性舗装

(2) 導電性添加剤水溶液の濃度

図-7 から最も低い抵抗率を示したのは 10wt%水溶液であった。また、図-8 では、15wt%水溶液と 20wt%水溶液では、同等の導電性能を示した。

導電性添加剤の水への溶けやすさ(溶解度)は、温度によらずほぼ一定である。図-9 に導電性添加剤の溶解度曲線を示す。この図より、導電性添加剤の飽和溶液の濃度は 21wt%程度である。本実験で使用した 20wt%水溶液は飽和状態に近い濃度であり、導電性添加剤が析出しやすい。したがって、細孔中の 20wt%水溶液は、添加時よりも濃度が低下していると予想される。また、導電性添加剤水溶液の水は水和反応により消費されるため、5~15wt%水溶液は濃度が上昇していると考えられる。その結果、15wt%水溶液と 20wt%水溶液は、硬化したグラウト中で同程度の濃度になり、導電性能も同等になったと考えられる。

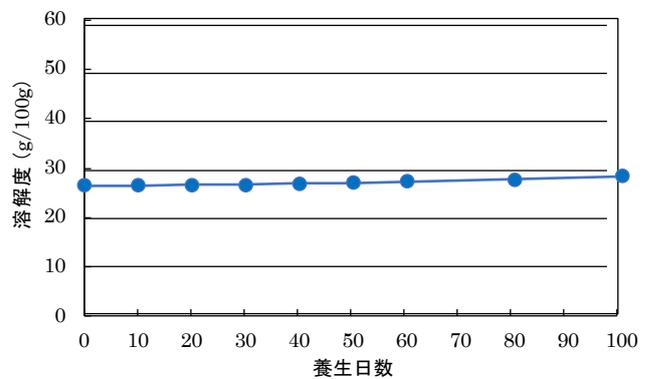


図-9 導電性添加剤の溶解度曲線

導電性添加剤水溶液は、水を取り除くことにより導電性添加剤が析出する。特に、飽和溶液に近いほど析出しやすい。写真-9~11 に水溶液濃度 0、10 および 20wt% を添加したグラウトの供試体側面の写真を示す。20wt% では、導電性添加剤が供試体表面に析出しているのが確認できた。

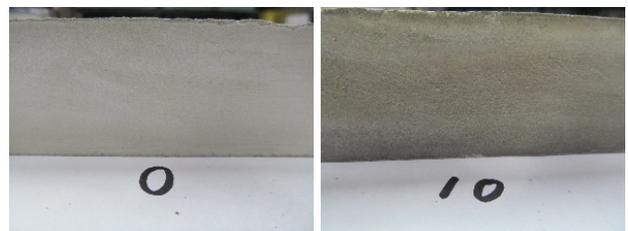


写真-9 0wt%添加

写真-10 10wt%添加

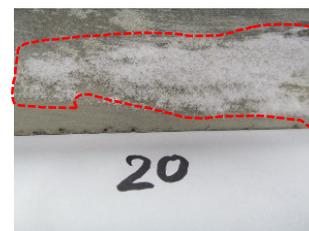


写真-11 20wt%添加

細孔中での導電性添加剤水溶液の濃度変化および高濃度での導電性添加剤の析出を考慮すると、導電性能の向上を目的とした導電性添加剤水溶液濃度は 10～15wt% が最適である。

4. まとめ

本研究では、各種導電材料(炭素繊維、導電性セラミックス、導電性ポリマーおよび導電性添加剤)を添加することにより、セメント系舗装の導電性能の向上を試みた。

評価結果をまとめると、以下のとおりである。

- ・各導電材料をセメントモルタルに添加することにより導電性能が向上した。
- ・導電材料が均一に分散し、連続したネットワーク構造を形成することにより、高い導電性能が得られる。
- ・最も高い効果が得られたのは導電性添加剤であった。
- ・導電性添加剤をあらかじめ水溶液にしてセメントに添加することにより、高い導電性能が得られた。(細孔中

で電解質として存在するため)

- ・半たわみ性舗装でも同様の効果が得られた。
- ・最適な導電性添加剤水溶液濃度は、10～15wt%である。

【参考文献】

- 1) フィラー研究会編：機能性フィラー総覧、テクノネット社、2000
- 2) 静電気学会編：静電気ハンドブック、オーム社、1998
- 3) 静電気学会編：2013 年度静電気災害防止シンポジウム「静電気リスクアセスメント」テキスト、2013
- 4) 社団法人産業安全技術協会：静電気安全性能試験基準、2002
- 5) 独立行政法人労働安全衛生総合研究所：静電気安全指針-2007、2007
- 6) 菊池道生、金沢貴良、斎藤豪、佐伯竜彦：セメント系硬化体の電気抵抗率とその影響因子に関する検討、セメント・コンクリート論文集、Vol.66、pp.189-196、2012

ミニ知識

水素の取り扱いについて

水素は発見以来、さまざまな形で利用されてきました。

過去には水素が大気よりも軽い性質を利用して風船や気球用のガスとしても使われましたし、また水素ガスと酸素ガスが反応する際に発生する炎を利用して舞台や映画の照明としても利用されました。

現在では、水素は化学製品を作る際の原料のほか、溶接やガラス生成、ロケットの推進燃料等に使われています。また二次電池の一種であるニッケル水素電池も、水素を活用した電池です。また、各家庭に普及してきた家庭用燃料電池「エネファーム」も、都市ガスやLPGを燃料に水素を製造し、これを燃料電池で空気(酸素)と反応させて電気と熱を作っています。

水素は、引火や爆発するというイメージがありますが、それを防ぐために厳しい安全管理のもとに利用されています。

・漏らさない
水素を貯めるタンクは非常に強固に作られていて、厳しい耐圧テストやクラッシュテストにも耐えられます。

・漏れたら検知して止める
車にも水素ステーションにも水素センサーが設置され、常に見張っています。

・漏れても滞りない
水素は最も軽く、拡散しやすい気体です。このため水素は、漏れてもすぐに上へと拡散し、着火しないレベルまで薄の3つです。

1つ目の漏れ出さないようにするために、水素を貯蔵するボンベ等については高い密閉性が確保されています。また、漏れ出した水素がが所にとどまらないようにするため、水素を取り扱う工場や実験施設には排気孔や排気ファンなどが設置され、素早く大気中に水素が逃げるように工夫されています。

【水素を取り扱う際の安全対策】

水素は反応性が高い気体です。空気中での濃度が約4～75%の範囲にあり、ここで着火源があると燃焼反応が一気に進み、いわゆる水素爆発を起こします。

水素による爆発や火災を防ぐために大切なことは、まず保存容器からの漏洩を防ぎ、空気中での濃度がこの範囲にならないようにすることです。

一般に水素ガスを使用する施設では水素ガスがが所にとどまらないように対策が取られています。水素が非常に軽く、漏れた際には上方向に素早く飛び散っていく性質があるので、そのような施設では天井方向に排気口や排気ファンを取り付け、万が一漏れた場合にも建物の外にいち早く逃がすようにします。

さらに、水素が無臭なことから漏れ出したかどうかを臭いでは判断できないため、建物の中にガス検知器を用意し、常に水素が漏れていないかどうかを監視しながら使用するようになります(通常は、水素濃度が1%になると警報を鳴らして施設を止めるようになっています)。

もちろん着火源を極力排しているほか、引火した場合に備えた消火器等の消火設備も準備しています。

このような対策を行うことで、現在では水素を安全に取り扱う技術と方法が確立し、エネファームやFCVを安心して利用することができるようになってきました。

【事例から見る水素に関する誤解】

「水素＝危険」のイメージの原因の一つは、1937年のヒンデンブルグ号の飛行船火災だと思えます。現在では、この火災は静電気によって飛行船の外皮が着火して燃えたためであり、水素が燃えたり爆発したりしているわけではないことが分かっています。

また、福島原発事故以来、よく耳にするのが「水素爆発」です。こちらは例外的な状況下で水素が発生してしまい、先に示した基本原則(漏らさない、漏れたら検知して止める、漏れたら滞留させない)が守られず、水素が危険な状態になったため起こった事故と言えます。このような事故は日常の水素の利用で条件では起きないようにしています。

<http://hydrogen-navi.jp/property/handling.html>より抜粋

アスファルト混合物における骨材の吸水率 と吸アスファルト量の関係

下館 鎮*
石川 健**
藤田 義憲***

1. はじめに

アスファルト混合物層の耐久性に対し、層内の空隙率が大きな影響を及ぼすことは、一般的に知られているところである。配合試験等で取り扱っている空隙率は、骨材の吸収アスファルト(以下、吸アス)量に仮定を設けて計算された値で、実際の混合物層内に存在する空隙率とは異なるものと考えられる。

一方、舗設からあまり時間が経過していないのに「アスファルトの光沢が失われ、アスファルト量不足の混合物」と感じられるような様相(劣化)を呈している表層を見かけることがある。このような現象では、骨材の吸アス作用によって混合物中のアスファルトが骨材に吸収されることによって、舗設直後に比べて空隙率が大きくなっている可能性がある。したがって、吸アス作用の大きい骨材を使用した場合は、アスファルト混合物層の耐久性に影響が出る可能性が考えられる。

本文は、上記のことを踏まえ、室内において吸水率の異なる骨材と2種類のアスファルトを使用したアスファルト混合物を用いて、吸アス作用と空隙率の関係を検証した結果を取りまとめたものである。

2. 評価試験

2-1 試験の実施フロー

本試験の実施フローを図-1に示す。

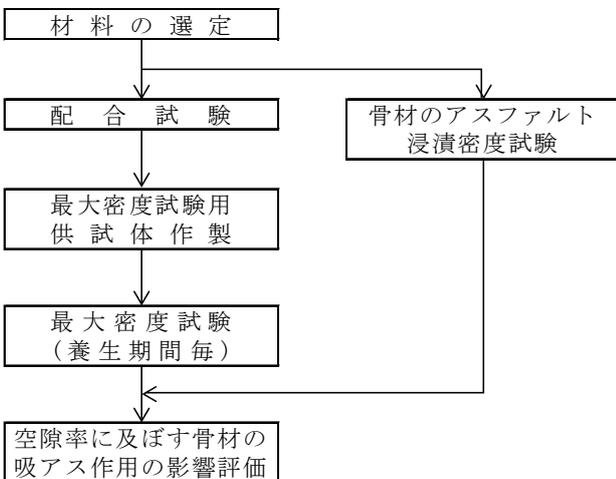


図-1 試験の実施フロー

2-2 試験方法

図-1に示す各項目において、実施した試験方法を以下に示す。

(1) 材料の選定

評価試験に使用した材料と選定条件を表-1に示す。

表-1 使用材料および選定条件

材料名	材質	生産地	製造業者	選定条件 吸水率	備考
6号砕石	硬質砂岩	栃木県栃木市尻内町	㈱祥和コーポレーション	1.5%以下	技研使用
	安山岩	北海道亀田郡七飯町	㈱七飯砕石工業	1.5%以上	函館P使用
7号砕石	硬質砂岩	栃木県栃木市尻内町	㈱祥和コーポレーション	1.5%以下	技研使用
	安山岩	北海道亀田郡七飯町	㈱七飯砕石工業	1.5%以上	函館P使用
砕砂	硬質砂岩	栃木県栃木市尻内町	㈱祥和コーポレーション	1.5%以下	技研使用
スクリンク'ス	硬質砂岩	栃木県栃木市尻内町	㈱祥和コーポレーション	1.5%以下	技研使用
粗目砂	川砂	岐阜県各務原市	(資)大誠組	1.5%以上	中部P使用
細目砂	川砂	埼玉県行田市	初野建材工業㈱	1.5%以上	技研使用
石粉	石灰岩	栃木県栃木市鍋山町	田政産業㈱	-	技研使用
ストレートアスファルト 60-80	-	-	エムシー・エネルギー㈱	-	-
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㈱	-	-

(2) 配合試験

1) 使用材料の性状試験

選定した材料について、表-2に示す試験項目および試験方法によって性状を確認した。

表-2 試験項目および試験方法

試験項目	試験方法	適用材料
骨材	粒度	舗装調査・試験法便覧A003
	密度・吸水率	舗装調査・試験法便覧A001
		舗装調査・試験法便覧A002
	すり減り減量	舗装調査・試験法便覧A005
	安定性	舗装調査・試験法便覧A004
	はく離抵抗性	舗装調査・試験法便覧A017
塑性指数	舗装調査・試験法便覧F005	
アスファルト	針入度	舗装調査・試験法便覧A041
	軟化点	舗装調査・試験法便覧A042
	伸度	舗装調査・試験法便覧A043

2) 配合設計

本配合設計に用いるアスファルト混合物は、密粒度アスファルト混合物(13)(以下、密粒アスコン)とした。各配合の骨材種の組み合わせを表-3に示す。なお、ポリマー改質アスファルトII型(以下、改質II型)を用いた密粒アスコンの最適アスファルト量(以下、OAC)は、ストレートアスファルト(以下、ストアス)60-80を用いて設定したOACと同じアスファルト量とした。

*元東洋テックス㈱東京試験所主任 **同社コンサルタント部部长 ***本店エンジニアリング部専門役

表-3 骨材の組み合わせ

配合名	粗骨材	細骨材
配合A	吸水率1.5%以下	吸水率1.5%以下
配合B		吸水率1.5%以上
配合C	吸水率1.5%以上	吸水率1.5%以下
配合D		吸水率1.5%以上

(3)骨材のアスファルト浸漬密度試験

「アスファルト舗装材料の骨材のアスファルト浸漬比重試験」(JHS212-1992)に準じて、表-1 に示す各骨材(6号砕石2種、7号砕石2種、粗目砂2種および細目砂2種)のアスファルト浸漬密度を測定した。

(4)アスファルト混合物の最大密度試験(養生期間毎)

前述のように設定した8種類の密粒アスコンの最大密度を、以下の条件により測定した。

1) 供試体作製

最大密度測定用の供試体は、「舗装調査・試験法便覧 B003 ホイールトラッキング試験方法」に準拠して、ホイールトラッキング試験用供試体(30×30×5cm)を配合毎と養生期間毎に1枚作製した。

2) 養生

養生期間の水準は、密粒アスコン製造直後、3ヶ月と6ヶ月の3水準とし、3ヶ月と6ヶ月の養生期間中は屋外曝露とした。

3) 最大密度試験

「舗装調査・試験法便覧 G027 アスファルト混合物の最大密度試験方法」に準拠して行った。試験は、配合毎および養生期間毎に3回行い、その平均値を最大密度とした。

3. 試験数量

本試験における試験数量を表-4に示す。

表-4 試験数量

試験項目	数量	単位	備考
密度・吸水率試験	8	試料	粗骨材4試料、細骨材4試料
ふるい分け試験	8	試料	粗骨材4試料、細骨材4試料
ボンベノズル減り試験	2	試料	6号砕石2試料
安定性試験	8	試料	粗骨材4試料、細骨材4試料
粗骨材のはく離抵抗性試験	2	試料	6号砕石2試料(ス7s使用)
細骨材の液性・塑性試験	4	試料	細骨材4試料
針入度試験	2	試料	ス7s、改質II型
軟化点試験	2	試料	ス7s、改質II型
伸度試験	2	試料	ス7s、改質II型
配合試験	4	配合	骨材配合4水準×アスファルト1水準
物性試験	8	試料	粗骨材4試料、細骨材4試料
最大密度試験	24	試料	8配合×3養生期間

4. 配合試験

4-1 材料試験

材料の性状試験結果を表-5、6に示す。

表-5 骨材の性状試験結果

試験項目	使用材料	6号砕石		7号砕石		砕砂		Scr	粗目砂	細目砂	石粉
		技研	函館P	技研	函館P	技研	技研	中部P	技研	技研	
通過質量百分率(%)	19 m	100									
	13.2 m	95.3	100								
	9.5 m	63.5	83.5	100	100			100	100		
	4.75 m	3.9	8.4	88.6	88.5	100	100	99.6	99.9		
	2.36 m		2.1	16.6	24.4	97.6	91.9	86.2	95.4		
	600 μm			4.0	4.2	35.9	44.3	56.2	64.7	100	
	300 μm					16.2	30.8	24.4	22.8	100	
	150 μm					4.3	18.7	4.5	3.2	95.8	
密度	表乾 g/cm ³	2.660	2.640	2.650	2.610	2.640	2.610	2.560	2.580	—	—
	かさ g/cm ³	2.640	2.560	2.620	2.510	2.620	2.590	2.510	2.500	—	—
	見掛 g/cm ³	2.700	2.760	2.700	2.790	2.680	2.650	2.640	2.730	2.780	—
吸水率	%	0.86	2.77	1.08	3.89	0.94	0.88	1.97	3.34	—	—
水分量	%	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.13
すりへり減量	%	12.0	22.5	—	—	—	—	—	—	—	—
安定性	%	1.0	4.9	2.1	3.2	3.1	8.0	3.4	14.8	—	—
塑性指数	—	—	—	—	—	NP	NP	NP	NP	—	—
はく離面積率	%	34.0	48.0	—	—	—	—	—	—	—	—

表-6 アスファルトの性状試験結果

試験項目	試験値	ストアス60-80		改質II型	
		規格値	試験値	規格値	
針入度(25℃) 1/10mm	63	60~80	70	40以上	
軟化点 ℃	46.6	44.0~52.0	67.6	56.0以上	
伸度(15℃) cm	100 ⁺	100以上	67	30.0以上	
密度(15℃) g/cm ³	1.040	報告	1.029	報告	

4-2 配合設計

(1)骨材粒度

各配合の骨材配合割合は、密粒アスコンの粒度範囲に対して、4.75と2.36mmの通過量を中央値に設定した。

骨材配合割合を表-7に、合成粒度を表-8と図-2に示す。

表-7 各配合の骨材配合割合

配合名	骨材配合割合(%)									
	6号砕石		7号砕石		砕砂		Scr	粗目砂	細目砂	石粉
	技研	函館P	技研	函館P	技研	技研	中部P	技研	技研	
配合A	36.2	—	23.3	—	15.5	19.0	—	—	6.0	100
配合B	36.5	—	20.3	—	—	—	26.2	10.0	7.0	100
配合C	—	37.9	—	24.7	14.0	17.4	—	—	6.0	100
配合D	—	38.0	—	22.2	—	—	21.8	11.0	7.0	100
吸水率	≦1.5%	≧1.5%	≦1.5%	≧1.5%	≦1.5%	≧1.5%	≧1.5%	≧1.5%	—	—

表-8 各配合の合成粒度

試験項目	配合名	合成粒度				密粒アスコン 粒度範囲
		配合A	配合B	配合C	配合D	
通過質量百分率(%)	19 mm	100.0	100.0	100.0	100.0	100
	13.2 mm	98.3	98.3	100.0	100.0	95 ~ 100
	9.5 mm	86.8	86.7	93.7	93.7	—
	4.75 mm	62.5	62.5	62.5	62.5	55 ~ 70
	2.36 mm	42.5	42.5	42.5	42.5	35 ~ 50
	600 μm	20.9	29.0	19.7	27.3	18 ~ 30
	300 μm	15.1	16.3	14.3	15.4	10 ~ 21
	150 μm	10.0	8.2	9.6	8.1	6 ~ 16
75 μm	7.3	5.8	7.1	5.8	4 ~ 8	

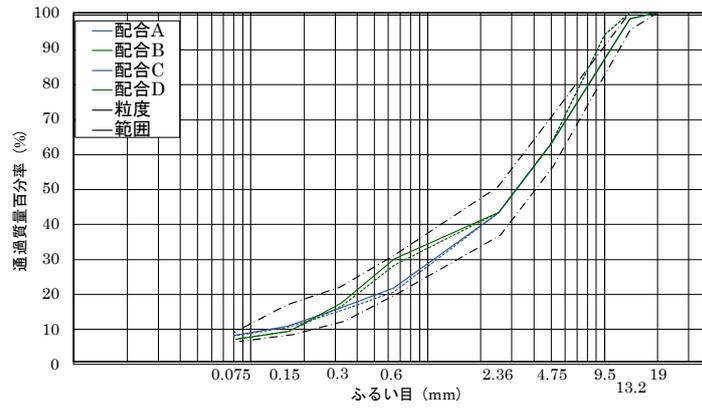


図-2 各配合の合成粒度

(2)最適アスファルト量の設定

1)マーシャル供試体作製条件および密粒アスコンの混合物性状規格

マーシャル供試体の作製条件を表-9に、密粒アスコンのマーシャル安定度試験に対する基準値を表-10に示す。

表-9 マーシャル供試体作製条件

項目	条件
供試体作製方法	舗装調査・試験法便覧B001
突固め回数	両面各50回
使用アスファルト	ストアス60-80
混合温度範囲	145~155℃
締固め温度範囲	135~145℃

表-10 マーシャル安定度試験に対する基準値

項目	基準値
空隙率 %	3 ~ 6
飽和度 %	70 ~ 85
安定度 kN	4.9以上
フロー値 1/100cm	20 ~ 40

2)5点法によるマーシャル安定度試験

各配合について0.5%刻みに、5水準のアス量を設定(5

点法)し、マーシャル安定度試験を行った。各配合の5点法によるマーシャル特性値を表-11に示す。

各配合のマーシャル試験成績図より設定したOACを表-12に示す。

表-12 各配合のOAC

配合名	OAC (%)
配合A	5.2
配合B	6.0
配合C	5.7
配合D	6.2

3)OACを用いたマーシャル安定度試験

各配合のOACを用いて、マーシャル安定度試験および水浸マーシャル安定度試験を行った。

また、各配合について、使用アスファルトを改質II型に変えた供試体についても、マーシャル安定度試験および水浸マーシャル安定度試験を行った。

各配合のOACを用いたマーシャル特性値を表-13に示す。なお、各配合の骨材配合割合と合成粒度も併記する。

表-11 各配合の5点法によるマーシャル特性値

配合名	アス量 %	供試体厚さ cm	かさ密度 g/cm ³	理論最大密度 g/cm ³	バインダ容積率 %	空隙率 %	骨材間隙率 %	飽和度 %	安定度 kN	フロー値 1/100cm
配合A	4.5	6.46	2.364	2.510	10.2	5.8	16.0	63.8	10.3	27.0
	5.0	6.47	2.377	2.492	11.4	4.6	16.0	71.3	10.3	34.0
	5.5	6.48	2.401	2.474	12.7	3.0	15.7	80.9	10.8	38.0
	6.0	6.40	2.405	2.456	13.9	2.1	16.0	86.9	10.9	38.7
	6.5	6.37	2.405	2.438	15.0	1.4	16.4	91.5	11.3	45.0
配合B	4.5	6.44	2.314	2.510	10.0	7.8	17.8	56.2	9.2	21.0
	5.0	6.43	2.331	2.491	11.2	6.4	17.6	63.6	9.1	20.7
	5.5	6.47	2.339	2.473	12.4	5.4	17.8	69.7	9.1	22.3
	6.0	6.45	2.359	2.455	13.6	3.9	17.5	77.7	9.2	22.3
配合C	4.5	6.41	2.368	2.438	14.8	2.9	17.7	83.6	9.5	24.7
	5.0	6.44	2.348	2.494	11.3	5.9	17.2	65.7	10.9	32.0
	5.5	6.39	2.358	2.475	12.5	4.7	17.2	72.7	11.3	32.0
	6.0	6.35	2.378	2.457	13.7	3.2	16.9	81.1	12.2	37.7
配合D	4.5	6.32	2.386	2.440	14.9	2.2	17.1	87.1	11.8	36.0
	5.0	6.31	2.383	2.422	16.0	1.6	17.6	90.9	12.1	42.7
	5.5	6.44	2.314	2.495	11.1	7.3	18.4	60.3	9.5	20.7
	6.0	6.44	2.328	2.476	12.3	6.0	18.3	67.2	9.5	22.7
配合D	6.5	6.44	2.337	2.459	13.5	5.0	18.5	73.0	9.5	23.3
	6.0	6.37	2.357	2.441	14.7	3.4	18.1	81.2	10.2	26.0
	6.5	6.32	2.364	2.423	15.9	2.4	18.3	86.9	11.3	29.3

表-13 各配合のOACを用いたマーシャル特性値

項目	混合物種別	配合A		配合B		配合C		配合D	
		密粒アスコン(13)							
		ストアス60-80	改質II型	ストアス60-80	改質II型	ストアス60-80	改質II型	ストアス60-80	改質II型
突固め回数(両面、回)		50		50		50		50	
骨材配合割合(%)	6号砕石(技研)	36.2		36.5		-		-	
	6号砕石(函館)	-		-		37.9		38.0	
	7号砕石(技研)	23.3		20.3		-		-	
	7号砕石(函館)	-		-		24.7		22.2	
	砕砂	15.5		-		14.0		-	
	Scr	19.0		-		17.4		-	
	粗目砂	-		26.2		-		21.8	
	細目砂	-		10.0		-		11.0	
石粉	6.0		7.0		6.0		7.0		
As量(%)	5.2		6.0		5.7		6.2		
通過質量百分率(%)	19 mm	100.0		100.0		100.0		100.0	
	13.2 mm	98.3		98.3		100.0		100.0	
	9.5 mm	86.8		86.7		93.7		93.7	
	4.75 mm	62.5		62.5		62.5		62.5	
	2.36 mm	42.5		42.5		42.5		42.5	
	600 μm	20.9		29.0		19.7		27.3	
	300 μm	15.1		16.3		14.3		15.4	
	150 μm	10.0		8.2		9.6		8.1	
75 μm	7.3		5.8		7.1		5.8		
マーシャル特性値	理論最大密度 g/cm ³	2.484	2.481	2.455	2.451	2.468	2.465	2.451	2.448
	かさ密度 g/cm ³	2.375	2.363	2.363	2.365	2.359	2.344	2.346	2.344
	As容積率 %	11.9	12.0	13.7	13.8	12.9	13.0	14.0	14.1
	空隙率 %	4.4	4.8	3.8	3.5	4.5	5.0	4.3	4.3
	骨材間隙率 %	16.3	16.7	17.4	17.3	17.4	18.0	18.3	18.4
	飽和度 %	73.3	71.6	78.5	79.8	74.4	72.4	76.5	76.8
	安定度 kN	8.79	13.36	9.10	12.86	10.64	13.78	10.49	14.44
	フロー値 1/100cm	30.7	60.0	23.0	36.7	33.7	50.7	23.3	32.7
残留安定度 %	85.3	93.7	97.7	100.2	75.7	87.6	87.4	86.0	

吸水率1.5%以下
吸水率1.5%以上

4-2 骨材のアスファルト浸漬密度試験

骨材のアスファルト浸漬密度試験結果を表-14と図-3に示す。その結果から、同種骨材を比較した場合、吸水率の大きい骨材の方が、吸アスファルト率(以下、吸アス率)も大きくなる傾向を示した。

表-14 骨材のアスファルト浸漬密度試験結果

材料名	骨材の浸漬密度 g/cm ³	吸アス率 %
6号砕石 技研	2.683	0.69
6号砕石 函館P	2.671	1.64
7号砕石 技研	2.643	0.36
7号砕石 函館P	2.704	2.92
砕砂	2.623	0.12
スクリーニングス 技研	2.643	0.82
粗目砂 中部P	2.555	0.80
細目砂 技研	2.576	1.23

吸水率1.5%以下
吸水率1.5%以上

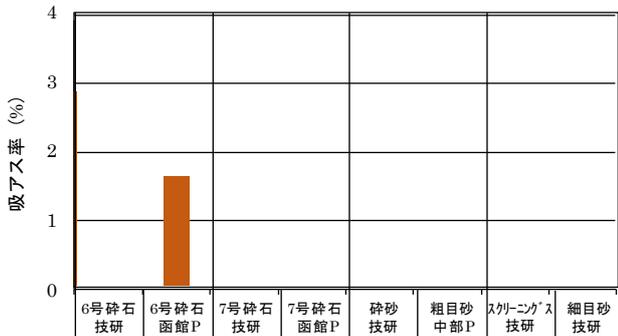


図-3 骨材の吸アス率

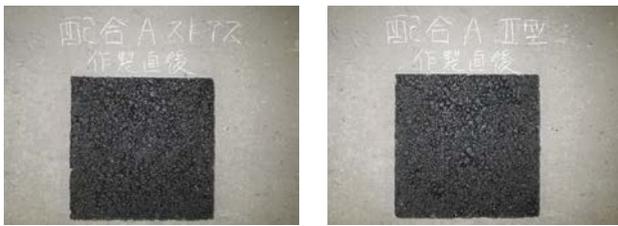
4-3 アスファルト混合物の最大密度試験

(1) 最大密度試験用供試体の作製

最大密度試験用供試体として作製したホイールトラッキング試験用供試体の密度を表-15に、作製した供試体の外観を写真-1~8に示す。

表-15 最大密度試験用供試体の密度

配合名	使用アスファルト	供試体番号	密度 g/cm ³	理論密度 g/cm ³	空隙率 %	基準密度 g/cm ³	突固め度 %	養生期間
配合A	ストアス60-80	1	2.394	2.484	3.6	2.375	100.8	養生なし
		2	2.390		3.8		100.6	3ヶ月
		3	2.388		3.9		100.5	6ヶ月
	改質II型	1	2.373	2.481	4.4	2.363	100.4	養生なし
		2	2.382		4.0		100.8	3ヶ月
		3	2.379		4.1		100.7	6ヶ月
配合B	ストアス60-80	1	2.377	2.455	3.2	2.363	100.6	養生なし
		2	2.370		3.5		100.3	3ヶ月
		3	2.367		3.6		100.2	6ヶ月
	改質II型	1	2.378	2.451	3.0	2.365	100.5	養生なし
		2	2.381		2.9		100.7	3ヶ月
		3	2.367		3.4		100.1	6ヶ月
配合C	ストアス60-80	1	2.359	2.468	4.4	2.359	100.0	養生なし
		2	2.375		3.8		100.7	3ヶ月
		3	2.373		3.8		100.6	6ヶ月
	改質II型	1	2.363	2.465	4.1	2.344	100.8	養生なし
		2	2.364		4.1		100.9	3ヶ月
		3	2.365		4.1		100.9	6ヶ月
配合D	ストアス60-80	1	2.367	2.451	3.4	2.346	100.9	養生なし
		2	2.365		3.5		100.8	3ヶ月
		3	2.368		3.4		100.9	6ヶ月
	改質II型	1	2.366	2.448	3.3	2.344	100.9	養生なし
		2	2.362		3.5		100.8	3ヶ月
		3	2.359		3.6		100.6	6ヶ月



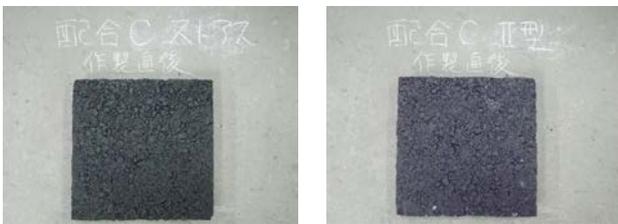
(ストアス) (改質II型)

写真-1 配合A 外観



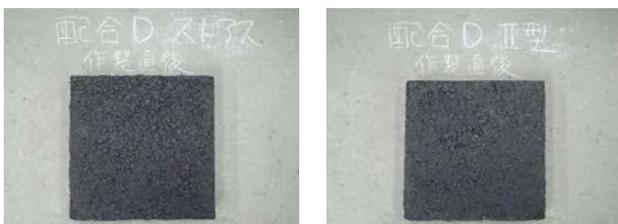
(ストアス) (改質II型)

写真-2 配合B 外観



(ストアス) (改質II型)

写真-3 配合C 外観



(ストアス) (改質II型)

写真-4 配合D 外観

(2) 最大密度試験結果

各配合の養生期間毎の最大密度試験結果を表-16 と図-4 に、養生期間と作製直後の最大密度に対する差の関係を図-5 に示す。

配合 A と配合 B については、ストアス・改質II型ともに、養生期間による最大密度の変化はほとんどなかった。

配合 C と配合 D については、両者とも養生期間が長くなるほど、最大密度が大きくなる傾向を示し、その傾向は配合 D が特に大きい増加傾向を示した。

最大密度試験の特徴として、骨材が水を吸収した場合、骨材の体積が小さく測定されるため、骨材密度は大きくなるので、最大密度も大きく算出されることがある。水を吸収した場合は、補正する方法があるが、アスファルトを吸収した場合、補正することは困難である。このことから、吸アス率が小さい骨材を使用している配合 A と配合 B は、アスファルトの吸収率が小さいため、最大密度に大きな変化は無いが、吸アス率が大きい骨材を多く

使用している配合 C や配合 D は、最大密度が増加する傾向となったものと考えられる。

表-16 アスファルト混合物の最大密度試験結果

配合名	使用 アスファルト	最大密度 (g/cm ³)			骨材の吸水率 %
		製造直後	養生3ヶ月	養生6ヶ月	
配合A	ストアス60-80	2.472	2.472	2.476	粗骨材: 1.5以下 細骨材: 1.5以下
	改質II型	2.463	2.461	2.465	
配合B	ストアス60-80	2.438	2.440	2.440	粗骨材: 1.5以下 細骨材: 1.5以上
	改質II型	2.432	2.437	2.436	
配合C	ストアス60-80	2.458	2.463	2.468	粗骨材: 1.5以上 細骨材: 1.5以下
	改質II型	2.449	2.455	2.461	
配合D	ストアス60-80	2.437	2.450	2.462	粗骨材: 1.5以上 細骨材: 1.5以上
	改質II型	2.420	2.430	2.439	

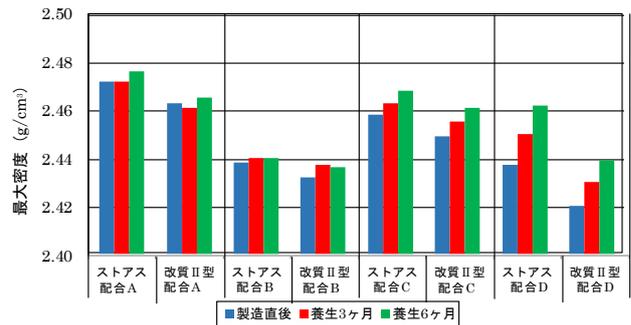


図-4 最大密度試験結果

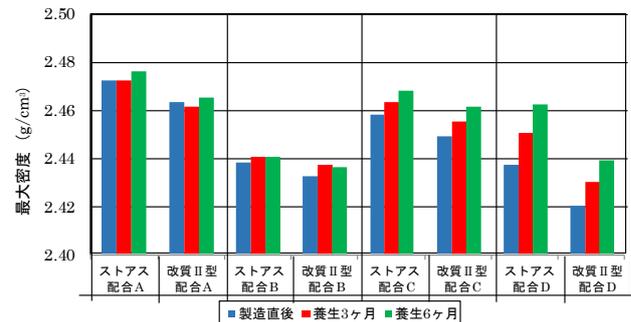


図-5 養生期間による最大密度の変化傾向

5. 考察

5-1 骨材の吸水率と吸アス率の関係

骨材の吸水率と吸アス率を表-17 に、骨材の吸水率と吸アス率の関係を図-6～8 に示す。

全骨材における両者の相関性を表す決定係数 R^2 は 0.746 となり、やや強い相関関係が認められた。

両者の相関性を粗骨材と細骨材に分けてみると、粗骨材の場合の決定係数 R^2 は 0.9455 となり(図-6 参照)、非常に強い相関性を示し、細骨材の場合の決定係数 R^2 は 0.5931 となり(図-7 参照)、粗骨材に比べその相関性は弱いものと考えられる。

以上のことから、吸水率の大きい骨材が吸アス率も大きくなる傾向は、細骨材より粗骨材の方が顕著に表れるものと考えられる。

表-17 骨材の吸水率と吸アス率

材料名		吸水率 %	吸アス率 %
6号砕石	技研	0.86	0.69
6号砕石	函館P	2.77	1.64
7号砕石	技研	1.08	0.36
7号砕石	函館P	3.89	2.92
砕 砂	技研	0.94	0.12
スクリーニングス	技研	0.88	0.82
粗目砂	中部P	1.97	0.80
細目砂	技研	3.34	1.23

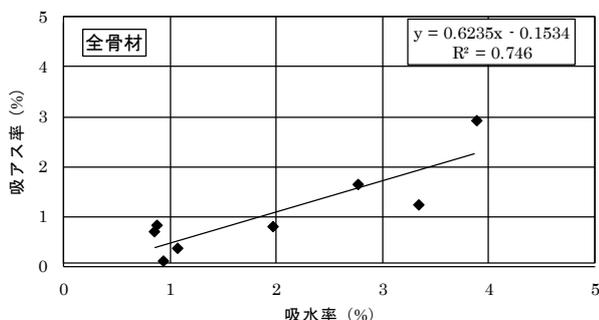


図-6 骨材の吸水率と吸アス率の関係(全骨材)

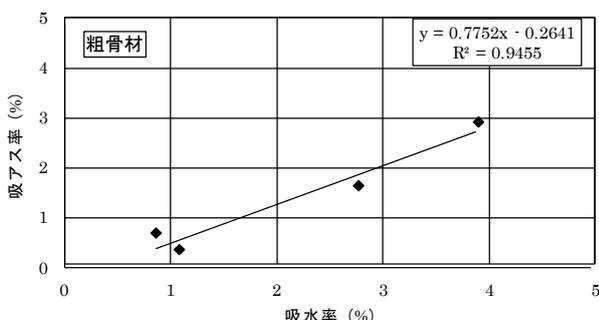


図-7 粗骨材の吸水率と吸アス率の関係(粗骨材)

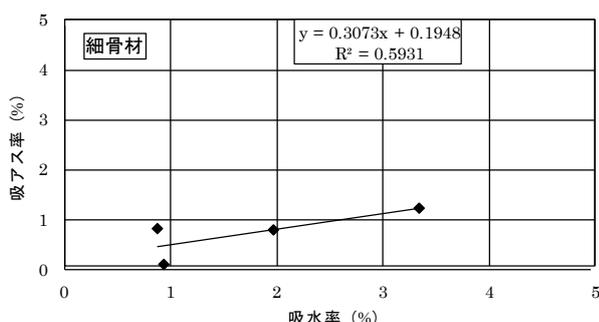


図-8 細骨材の吸水率と吸アス率の関係(細骨材)

5-2 空隙率の変化傾向

サンプル数が少ないため、定性的な傾向として評価することは難しいが、本試験結果から空隙率の変化に及ぼす各因子の影響を以下に考察する。

(1) 養生期間の影響

養生期間毎の最大密度と、最大密度を使用して算出した空隙率の一覧を表-18に、養生期間による空隙率の変化傾向を図-9に示す。

供試体作製時の密度のばらつきによって、一部の配合で空隙率の変化の見られないものがあるが、ほとんどの

配合で養生期間が長くなると、空隙率が大きくなる傾向を示している。特に粗骨材と細骨材に吸水率1.5%以上のものを使用した配合Dの空隙率の増加傾向が大きくなっている。

このことから、吸水率の大きな骨材を使用したアスファルト混合物は、経年によって空隙率が大きくなるものと考えられる。この原因としては、骨材の吸アス作用により供試体密度は小さく(空隙が大き)くなり、最大密度が大きくなるためと考えられる。吸アス作用による最大密度の変化については、次項(4)で後述する。

表-18 養生期間による最大密度と空隙率の一覧

配合名	使用 アスファルト	供試体 番号	作製直後 密度 g/cm ³	養生後 密度 g/cm ³	最大密度 g/cm ³	空隙率 %	空隙率 の差 %	養生期間
配合A	ストアス 60-80	1	2.394	—	2.472	3.2	0.0	作製直後
		2	2.390	2.388	2.472	3.4	0.2	3ヶ月
		3	2.388	2.386	2.476	3.6	0.4	6ヶ月
	改質 II型	1	2.373	—	2.463	3.7	0.0	作製直後
		2	2.382	2.378	2.461	3.4	-0.3	3ヶ月
		3	2.379	2.376	2.465	3.6	-0.1	6ヶ月
配合B	ストアス 60-80	1	2.377	—	2.438	2.5	0.0	作製直後
		2	2.370	2.369	2.440	2.9	0.4	3ヶ月
		3	2.367	2.365	2.440	3.1	0.6	6ヶ月
	改質 II型	1	2.378	—	2.432	2.2	0.0	作製直後
		2	2.381	2.378	2.437	2.4	0.2	3ヶ月
		3	2.367	2.365	2.436	2.9	0.7	6ヶ月
配合C	ストアス 60-80	1	2.359	—	2.458	4.0	0.0	作製直後
		2	2.375	2.369	2.463	3.8	-0.2	3ヶ月
		3	2.373	2.369	2.468	4.0	0.0	6ヶ月
	改質 II型	1	2.363	—	2.449	3.5	0.0	作製直後
		2	2.364	2.359	2.455	3.9	0.4	3ヶ月
		3	2.365	2.359	2.461	4.1	0.6	6ヶ月
配合D	ストアス 60-80	1	2.367	—	2.437	2.9	0.0	作製直後
		2	2.365	2.358	2.450	3.8	0.9	3ヶ月
		3	2.368	2.357	2.462	4.3	1.4	6ヶ月
	改質 II型	1	2.366	—	2.420	2.2	0.0	作製直後
		2	2.362	2.356	2.430	3.0	0.8	3ヶ月
		3	2.359	2.350	2.439	3.6	1.4	6ヶ月

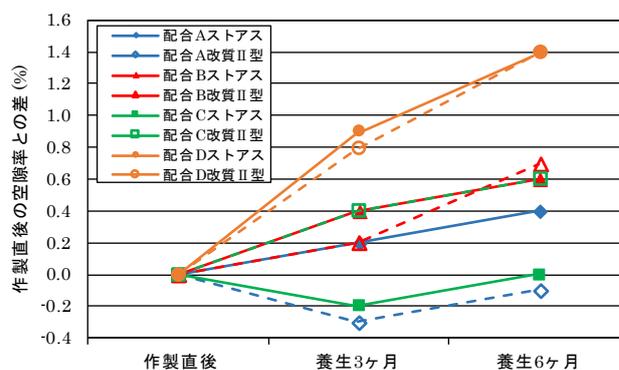


図-9 養生期間による空隙率の変化

(2) アスファルト種別の違いによる影響

供試体作製直後の空隙率と養生6ヶ月の空隙率の差を、同じ骨材配合毎にまとめたものを図-10に示す。

配合Bと配合Dは、アスファルト種別によらず同程度の値を示しており、配合Aはストアスが、配合Cは改質II型の方が、大きい値を示していることから、一定の傾向を示していない。

このことから、アスファルト種別の違いが、空隙率の変化に及ぼす影響は明確ではないものと考えられる。

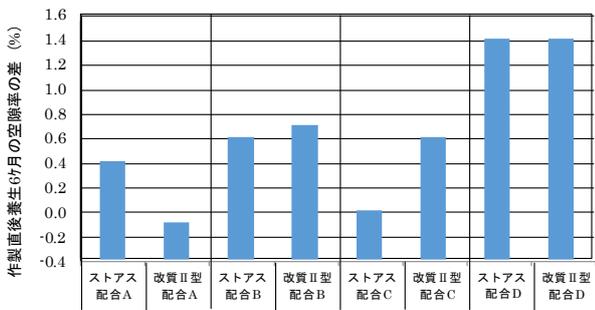


図-10 供試体作製直後と養生6ヶ月の空隙率の差①

(3) 細骨材の吸水率の影響

作製直後と養生6ヶ月との空隙率の差を、粗骨材の吸水率が同じ配合毎にまとめたものを図-11に示す。なお、図中の細骨材の大小表記は、比較対象の配合に対する吸水率の大小を示す。

アスファルト種別が同じならば、細骨材の吸水率の大きい方が、空隙率の差は大きくなる傾向が見受けられる。

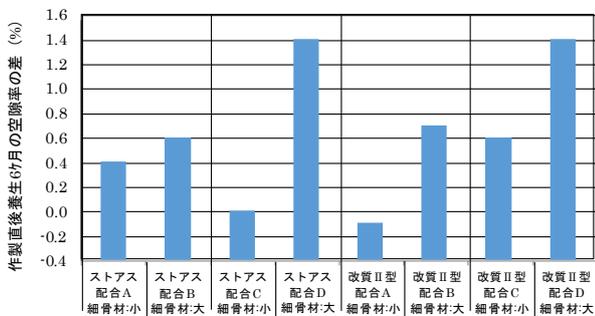


図-11 供試体作製直後と養生6ヶ月の空隙率の差②

(4) 粗骨材の吸水率の影響

作製直後の空隙率と養生6ヶ月の空隙率の差を、細骨材の吸水率が同じ配合毎にまとめたものを図-12に示す。なお、図中の粗骨材の大小表記は、比較対象の配合に対する吸水率の大小を示す。

概ね粗骨材の吸水率が大きい配合の方が空隙率の差は大きくなっているが、一部、逆の傾向を示すものも見受けられる。この逆の傾向を示したものについては、作製した供試体の密度のばらつきによるものと考えられるため、細骨材の吸水率の影響と同様に、アスファルト種別が同じであれば、粗骨材の吸水率が大きい方が、空隙率の差は大きくなるものと思われる。

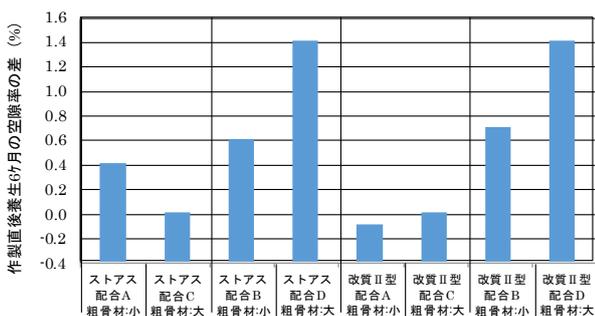


図-12 供試体作製直後と養生6ヶ月の空隙率の差③

5-3 アスファルト混合物に対する骨材密度の影響

アスファルト混合物のアスファルト量とアスファルト密度が既知の場合、骨材の吸アス特性を考慮した骨材密度(以下、骨材有効密度)は最大密度から逆算できる(式-1参照)。

$$G_e = \frac{100 - W_s}{100/D_m - W_s/G_s} \quad \dots \text{式-1}$$

ここに、 G_e : 骨材の有効密度 (g/cm^3)
 W_s : アスファルト量 (%)
 D_m : 混合物の最大密度 (g/cm^3)
 G_s : アスファルトの密度 (g/cm^3)

各配合の骨材有効密度と合成骨材理論密度を表-19に、両者の比較図を図-13に示す。なお、ここで用いた骨材有効密度は、吸アス作用の比較的小さい作製直後の供試体の最大密度から算出した値を使用した。

表-19 各配合の骨材有効密度と合成骨材理論密度

配合名	使用アスファルト	最大密度 g/cm^3	As量 %	As密度 g/cm^3	骨材有効密度 g/cm^3	合成骨材理論密度 g/cm^3	骨材の吸水率 %
配合A	ストA760-80	2.472	5.2	1.040	2.674	2.689	粗骨材: 1.5以下
	改質II型	2.463	5.2	1.029	2.667		細骨材: 1.5以下
配合B	ストA760-80	2.438	6.0	1.040	2.667	2.689	粗骨材: 1.5以下
	改質II型	2.432	6.0	1.029	2.664		細骨材: 1.5以上
配合C	ストA760-80	2.458	5.7	1.040	2.679	2.692	粗骨材: 1.5以上
	改質II型	2.449	5.7	1.029	2.672		細骨材: 1.5以下
配合D	ストA760-80	2.437	6.2	1.040	2.674	2.693	粗骨材: 1.5以上
	改質II型	2.420	6.2	1.029	2.657		細骨材: 1.5以上

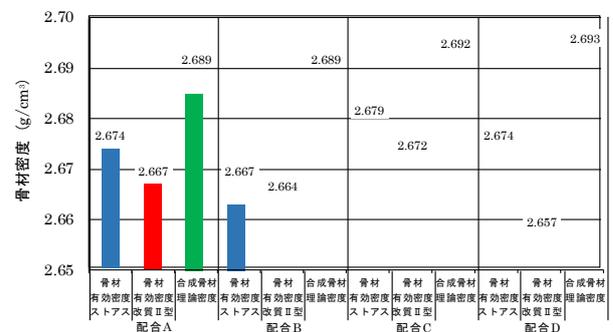


図-13 各配合の骨材有効密度と合成骨材理論密度の比較

各配合ともに骨材有効密度は、合成骨材理論密度より小さい値となっていることから、この骨材密度の差がアスファルト混合物の理論最大密度と最大密度の差に影響しているものと考えられる。また、各配合の理論最大密度と最大密度の差および合成骨材理論密度と骨材有効密度の差を表-20に、両者の関係を図-14に示す。

表-20 理論最大密度と最大密度の差および合成骨材理論密度と骨材有効密度の差

配合名	使用アスファルト	アスファルト混合物			合成骨材			骨材の吸水率 %
		理論最大密度 g/cm^3	最大密度 g/cm^3	差 g/cm^3	合成骨材理論密度 g/cm^3	骨材有効密度 g/cm^3	差 g/cm^3	
配合A	ストA760-80	2.484	2.472	0.012	2.689	2.674	0.015	粗骨材: 1.5以下
	改質II型	2.481	2.463	0.018		2.667	0.022	細骨材: 1.5以下
配合B	ストA760-80	2.455	2.438	0.017	2.689	2.667	0.022	粗骨材: 1.5以下
	改質II型	2.451	2.432	0.019		2.664	0.025	細骨材: 1.5以上
配合C	ストA760-80	2.468	2.458	0.010	2.692	2.679	0.013	粗骨材: 1.5以上
	改質II型	2.465	2.449	0.016		2.672	0.020	細骨材: 1.5以下
配合D	ストA760-80	2.451	2.437	0.014	2.693	2.674	0.019	粗骨材: 1.5以上
	改質II型	2.448	2.420	0.028		2.657	0.036	細骨材: 1.5以上

両者の決定係数 R^2 は 0.99 となり、強い相関性が認められる。つまり、最大密度の算出方法(理論および実測)によらず、骨材密度とアスファルト混合物の最大密度は、相関性が高いことが確認できる。

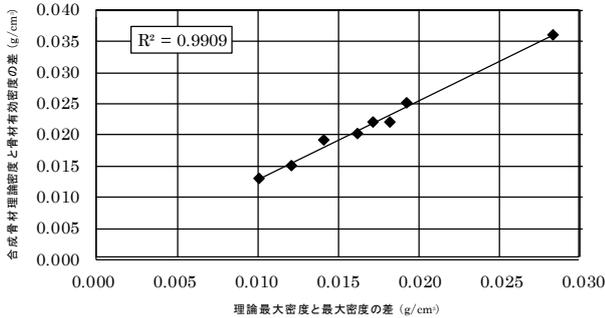


図-14 理論最大密度と最大密度の差と合成骨材理論密度と骨材有効密度の差の関係

5-3 吸アス率と最大密度の変化程度の関係

吸アス率と最大密度の変化程度の関係については、各配合に使用した骨材の種類および配合割合から合成した吸アス率(以下、合成吸アス率)を算出し、供試体作製直後の最大密度に対する差の関係を検証した。

合成吸アス率の算出結果を表-21 に、合成吸アス率と最大密度の差を表-22 と図-15 に示す。

表-21 合成吸アス率の算出結果

		6号砕石		7号砕石		砕 砂		Scr	粗目砂	細目砂	合計
		技研	函館P	技研	函館P	技研	技研	中部P	技研	技研	合成
配合A	配合割合 %	38.5	—	24.8	—	16.5	20.2	—	—	—	100.0
	吸アス率 %	0.69	—	0.36	—	0.12	0.82	—	—	—	0.54
配合B	配合割合 %	39.2	—	21.8	—	—	—	28.2	10.8	—	100.0
	吸アス率 %	0.69	—	0.36	—	—	—	0.80	1.23	—	0.71
配合C	配合割合 %	—	40.3	—	26.3	14.9	18.5	—	—	—	100.0
	吸アス率 %	—	1.64	—	2.92	0.12	0.82	—	—	—	1.60
配合D	配合割合 %	—	40.9	—	23.9	—	—	23.4	11.8	—	100.0
	吸アス率 %	—	1.64	—	2.92	—	—	0.80	1.23	—	1.74

表-22 合成吸アス率と最大密度の差

配合名	使用アスファルト	合成吸アス率 %	最大密度 g/cm³					
			作製直後		養生3ヶ月		養生6ヶ月	
			測定値	測定値	測定値	差	測定値	差
配合A	スト7A60-80 改質II型	0.54	2.472	2.472	2.476	0.000	2.476	0.004
			2.463	2.461	2.465	-0.002	2.465	0.002
配合B	スト7A60-80 改質II型	0.71	2.438	2.440	2.440	0.002	2.440	0.002
			2.432	2.437	2.436	0.005	2.436	0.004
配合C	スト7A60-80 改質II型	1.60	2.458	2.463	2.468	0.005	2.468	0.010
			2.449	2.455	2.461	0.006	2.461	0.012
配合D	スト7A60-80 改質II型	1.74	2.437	2.450	2.462	0.013	2.462	0.025
			2.420	2.430	2.439	0.010	2.439	0.019

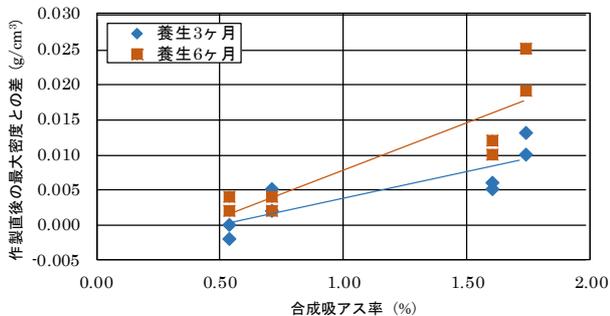


図-15 合成吸アス率と最大密度の差の関係

合成吸アス率が大きくなると、養生期間によらず最大密度の差が大きくなり、養生期間が長いほどその傾向は

大きくなる原因として以下に示すことが考えられる。

骨材がアスファルトを吸収することによって、骨材の体積が小さくなるため、骨材の密度が大きく測定され、最大密度が大きくなる。この作用によって、吸アス率が大きく、さらに養生期間が長い、つまり骨材がアスファルトを被膜してからの期間が長いほど、骨材がアスファルトを吸収し、最大密度が大きくなるものと考えられる。

6. まとめ

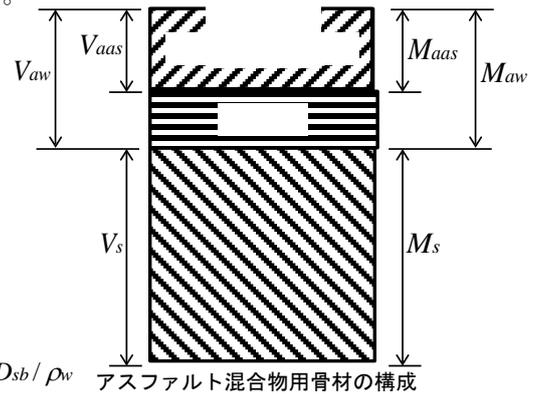
本試験では、室内において吸水率の異なる骨材と2種類のアスファルトを使用した混合物を用いて各種試験を行った。その結果から得られた知見を以下にまとめる。

- ①同種骨材を比較した場合、吸水率の大きい骨材の方が、吸アス率が大きくなる。
 - ②骨材の吸水率と吸アス率の間には相関性が認められる。
 - ③②の相関性は、細骨材に比べ粗骨材の方が強い。
 - ④最大密度試験によって測定される最大密度は、吸アス率が大きい骨材を使用した混合物の方が、養生期間が長くなるほど大きくなる傾向を示す。
 - ⑤アスファルト混合物は、経年により空隙率が大きくなる傾向があり、その原因としては骨材の吸アス作用によるものと考えられる。
 - ⑥粗骨材または細骨材に吸水率の大きい骨材を使用すると、吸水率が小さい骨材を使用したものに比べ、経年によって空隙率が大きくなる傾向を示す。
 - ⑦アスファルト種別による空隙率の変化傾向は明確ではない。
 - ⑧合成骨材理論密度と最大密度試験から算出される骨材有効密度を比較した場合、骨材有効密度の方が小さい値を示す。
 - ⑨理論最大密度と最大密度との差と、合成骨材理論密度と骨材有効密度との差には、強い相関性が認められる。
 - ⑩⑨より、最大密度の算出方法(理論および実測)が異なっても、骨材密度とアスファルト混合物の最大密度は、相関性が高いことが確認できた。
 - ⑪骨材配合割合から算出した合成吸アス率が大きい混合物は、合成吸アス率が小さい混合物に比べ、最大密度の増加傾向が大きくなり、養生期間が長くなるほど、その増加傾向は大きくなる。
- 以上の知見より、吸水率の大きい骨材を使用すると、その吸アス作用によって、アスファルト混合物の空隙率が大きくなることがわかり、当初より推測していたアスファルト混合物の耐久性に影響を与える、空隙率の変化を確認することができた。
- 今後、この空隙率の変化が、アスファルト混合物の物理性状にどのように影響するのかを検証し、アスファルト混合物の耐久性の向上に資する試験データを収集することが望ましいと考える。

【参考資料】

－アスファルト混合物中における骨材密度と吸水率間の関係－。

アスファルト混合物は、右図に示すような吸アスファルト、吸水および骨材の固体部分から構成されるので、各種密度の基本的性質は、次の各式によって示される。



見掛密度 : $D_{sa} = M_s / V_s$

かさ密度 : $D_{sb} = M_s / (V_s + V_{aw})$

表乾密度 : $D_{sb_{ssd}} = (M_s + M_{aw}) / (V_s + V_{aw})$

有効密度 : $D_{se} = M_s / (V_s + V_{aw} - V_{aas})$

吸水率 : $Q = (M_{aw} / M_s) \times 100$

空隙率 : $V_v = V_{aw} \times 100 / (V_s + V_{aw}) = Q \cdot M_s / \{\rho_w (V_s + V_{aw})\} = Q \cdot D_{sb} / \rho_w$

以上の関係から、(ただし、水の密度 : ρ_w 、理論最大密度 : D_{mm} 、アスファルトの密度・配合率 : $D_b \cdot P_b$)

$$D_{sb_{ssd}} = (M_s + M_{aw}) / (V_s + V_{aw}) = (M_s + Q \cdot M_s / 100) / (V_s + V_{aw}) = (1 + Q/100) M_s / (V_s + V_{aw}) = D_{sb} (1 + Q/100)$$

$$D_{sb} = M_s / (V_s + V_{aw}) = D_{sb_{ssd}} / (1 + Q/100)$$

$$D_{sa} = M_s / V_s = D_{sb} / \{V_s / (V_s + V_{aw})\} = D_{sb} / \{1 - V_{aw} / (V_s + V_{aw})\} = D_{sb} / (1 - Q/100 \cdot D_{sb} / \rho_w) = 100 D_{sb} / (100 - Q \cdot D_{sb} / \rho_w)$$

$$D_{se} = M_s / (V_s + V_{aw} - V_{aas}) = (100 - P_b) / (100 / D_{mm} - P_b / D_b)$$

ここで、 $D_{mm} = 100 / \{P_b / D_b + \sum_{i=1}^n (P_i / D_i)\}$ (ただし、各骨材の密度・配合率 : $D_i \cdot P_i$)

吸アスファルト率 A は、

$$A = (M_{aas} / M_s) \times 100 = (V_{aas} \cdot D_b / M_s) \times 100 = 100 D_b \{ (V_s + V_{aw}) / M_s - (V_s + V_{aw} - V_{aas}) / M_s \}$$

アスファルト混合物の骨材密度として、見掛密度をとると、

$$= 100 D_b (1 / D_{sb} - 1 / D_{se})$$

$$A = 100 D_b (1 / D_{sb} - 1 / D_{se}) = 100 D_b \{ 1 / D_{sb} - (100 - Q \cdot D_{sb} / \rho_w) / 100 D_{sb} \} = Q \cdot D_b / \rho_w$$

$D_b=1.0$ 、 $\rho_w=1$ とすれば、 $A=Q$ 、すなわち、見掛密度は吸水率の約 100% がアスファルトを吸収すると考えた場合の密度になる。平均密度(見掛と表乾の平均値)をとると、

$$A = 100 D_b \{ 1 / D_{sb} - 2 / (D_{sa} + D_{sb_{ssd}}) \} = 100 D_b / D_{sb} \{ 1 - (200 - 2Q \cdot D_{sb} / \rho_w) / (200 + Q - Q \cdot D_{sb} / \rho_w - Q^2 \cdot D_{sb} / 100 \rho_w) \}$$

$$= 100 D_b / D_{sb} \{ (Q + Q \cdot D_{sb} / \rho_w - Q^2 \cdot D_{sb} / 100 \rho_w) / (200 + Q - Q \cdot D_{sb} / \rho_w - Q^2 \cdot D_{sb} / 100 \rho_w) \}$$

$$\doteq Q \cdot D_b (1 + D_{sb} / \rho_w) / (2 D_{sb}) = Q \cdot D_b (\rho_w / D_{sb} + 1) / (2 \rho_w)$$

ここで、 $f(Q) = (Q + Q \cdot D_{sb} / \rho_w - Q^2 \cdot D_{sb} / 100 \rho_w) / (200 + Q - Q \cdot D_{sb} / \rho_w - Q^2 \cdot D_{sb} / 100 \rho_w)$

$$\doteq f(0) + f'(0)Q = (\rho_w + D_{sb} / \rho_w) Q / (200 \rho_w)$$

$D_b=1.0$ 、 $\rho_w=1$ および $D_{sb}=2.6$ とすれば、 $A \doteq 0.7Q$ 、すなわち、平均密度は吸水率の約 70% がアスファルトを吸収すると考えた場合の密度になる。平均密度(見掛とかさの平均値)をとると、

$$A = 100 D_b \{ 1 / D_{sb} - 2 / (D_{sa} + D_{sb}) \} = 100 D_b / D_{sb} \{ 1 - 2(100 - Q \cdot D_{sb} / \rho_w) / (200 - Q \cdot D_{sb} / \rho_w) \}$$

$$= 100 D_b \{ Q / (200 \rho_w - Q \cdot D_{sb}) \} \doteq Q \cdot D_b / (2 \rho_w)$$

ここで、 $f(Q) = \{ Q / (200 \rho_w - Q \cdot D_{sb}) \} \doteq f(0) + f'(0)Q = Q / (200 \rho_w)$

$D_b=1.0$ 、 $\rho_w=1$ とすれば、 $A=Q/2$ 、すなわち、平均密度(見掛とかさの平均値)は吸水率の約 50% がアスファルトを吸収すると考えた場合の密度になる。

アスファルト混合物の空隙率 V 、アスファルト容積率 V_a 、飽和度 V_{fa} および骨材間隙率 V_{ma} は、(ただし、混合物の密度 : D_m)

$$V = Q / (1 - D_m / D_{mm}) \times 100 \quad V_a = P_b \cdot D_m / D_b$$

$$V_{fa} = V_a / (V_a + V) \times 100 \quad V_{ma} = V_a + V$$

RIM(マルチ測定車)を用いたコンクリート舗装の調査

錦織 久明*
井手 義勝**
胡家 和典***

1. はじめに

近年、社会インフラのライフサイクルコスト削減による道路構造物も含めた、道路舗装の長寿命化が要求されている。また、道路構造物も含めたインフラ全般の老朽化に対して、2013年11月より、国道交通省は「インフラ長寿命化基本計画」を決定した。

予防保全による維持管理手法が主流となり、老朽化したインフラは、センサー、ロボット、非破壊検査技術などを活用した点検と補修が推進されている。

このように社会インフラの長寿命化による維持管理費用の削減が望まれる中で、道路舗装ではコンクリート舗装が再び注目されている。一方、連続鉄筋コンクリート舗装(以下、CRCP)については、点検手法や修繕の目安となる維持管理指標が明確にされていない。

鳥取県倉吉市には、供用開始から約30年経過したCRCPが北条バイパスとして、日本海沿岸の物流を現在も担っている。本路線はCRCPだけでなく、同年代に施工された普通コンクリート舗装(以下、NC)や交差点改良により打換えが実施された区間も隣接しており、これらの供用状況を比較検討する好条件が整っていた。

本文は、コンクリート舗装の路面調査にRIMを採用し、RIMの三次元点群データにより路面形状の把握を行った調査について報告するものである。

2. 調査対象の概要

2-1 発注形態

国土交通省中国地方整備局倉吉河川国道事務所の羽合国道維持出張所における管轄内保守工事を受注した地元大手建設会社より、コンクリート舗装調査の依頼があった。調査の目的は明確になっておらず、前回調査の内容確認からのスタートであった。保守工事の追加事項として調査の指示があり、実施されることとなったが、発注者の意向および調査の目的は不明であった。

2-2 調査路線の概要と舗装構成

調査路線の概要を以下に、道路幅員および舗装構成を図-1、2に示す。

・調査位置：鳥取県倉吉市北栄町末上

- ・延長：NC区間 L=1,410m
CRCP区間 L=2,420m
全体数量(上下線) L=7,660m
- ・道路規格：第3種第3級、設計速度60km/h
- ・供用開始時期：昭和62年8月10日

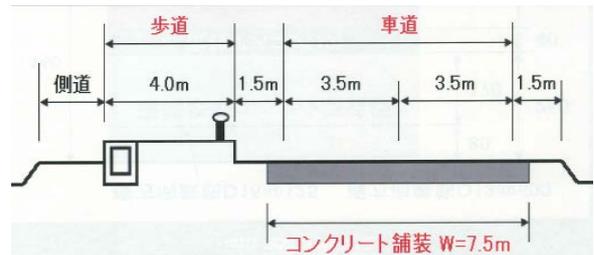


図-1 道路幅員

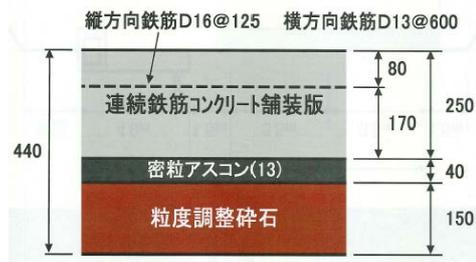


図-2 舗装構成

2-3 前回調査

設計年数の20年が経過し、全線にわたる縦ひび割れや多くの角欠けの発生および部分的な打換え箇所もあり、耐久性が懸念される状況となった。そのため、供用後20年が経過した時点の平成19年3月に調査が実施されている。前回調査の内容を表-1に示す。

表-1 現地調査試験項目

調査・試験項目	数量	調査・試験方法
ひび割れ調査	20箇所	コア採取 ひび割れ幅・深さ測定
舗装構造評価調査		
①FWDによるたわみ量試験	50箇所	衝撃荷重：98kN(夜間測定)
②縦ひび割れ部(荷重伝達率)	20箇所	衝撃荷重：98kN(昼間測定)
③支持力試験	4箇所	簡易支持力試験(キャスポル)
④アスファルト中間層確認	20箇所	コア確認、針入度、軟化点
鉄筋腐食調査		
①目視調査	2箇所	開削調査(30×60cm)
②自然電位・分極抵抗測定	16箇所	「SRI-CM-III」：二重対極センサ
コンクリート劣化調査		
①中性化試験	12箇所	フェノールフタレイン溶液
②塩化物イオン濃度測定	6箇所	JIS A 1154：2003
③曲げ強度試験	4箇所	JIS A 1114：2002
		JIS A 1106：1999
④静弾性係数測定	12本	

*東北支店宮城営業所工事主任 **東北支店工事部工事課課長代理 ***同部専門役

調査結果報告書によると、“構造的な問題は少なく、経年による劣化は進行するが、定期的な調査を行い、変状初期段階で適切な維持補修を確実に実施することで、今後20年以上は現状の供用性を維持できる”という結論に至っている。その後、ほぼ全線にわたって発生していた縦ひび割れは、樹脂の充填による補修が実施されている。

3. RIMを用いた調査

3-1 調査目的および内容

今回の調査の目的を以下に示す。

- ①供用開始から30年後の路面性状を把握し、CRCPの供用性状(走行性、安全性等)の確認を目的とする。健全部および異常箇所については、前回調査の内容も取り入れて調査する。
- ②前回調査時の不確定な考察については、今回の調査で再度確認する。また、縦ひび割れの補修効果の確認を行う。
- ③RIMを用いた三次元データによって、CRCP区間と同時期に施工されたNC区間の調査結果と対比することで、それぞれの舗装面の変状の傾向を把握する。

地元建設会社より調査を依頼され、地元コンサルタント会社からは、コンクリート舗装の調査に関する取りまとめおよび委員会の運営に関する技術的な補助を依頼された。

調査目的が明確でない状況から、CRCPの横ひび割れと破損の進行したNC区間の特徴を前回の調査結果を踏まえて説明を行い、変形の傾向を捉えることが可能なRIMを用いた三次元点群データの解析を提案した結果、CRCP区間とNC区間との比較が実現した。調査内容を以下に示す(1次調査)。

- ①ひび割れ調査
- ②すべり抵抗値の測定
- ③FWD調査(支持力評価・荷重伝達能力評価)
- ④コンクリート温度測定
- ⑤タイヤ/路面騒音値の測定
- ⑥RIM調査(路面性状測定)

3-2 予防保全によるメンテナンスサイクル

予防保全により構造的長寿命化を図るうえで、基本となるのが、構造物の現状を正しく把握するための点検や調査である。現在、道路の維持補修を実施するための管理指標として、アスファルト舗装では、MCIやPSIが用いられており、路面のひび割れ率(%)、わだち掘れ深さ(mm)および平坦性(mm)で総合的に評価されている。コンクリート舗装は、ひび割れ度(cm/m²)の程度やひび割れの発生位置や形

態、沿道状況や工事履歴などから推察した発生原因を考慮して、維持修繕工法を選定する。ひび割れ度は、維持修繕工法を選定するにあたっての目安であり、管理指標ではない。

主要国道や幹線道路では、路面性状調査業務が定期的に行われている。本路線も調査が実施されており、既存の資料よりひび割れ度を算出した。

ひび割れ度の経年変化を表-2に示す。

表-2 ひび割れ度の経年変化

調査年度	ひび割れ度(cm/m ²)			
	CRCP 1	CRCP 2	NC 直目地	NC 打換え
平成15年度	70.7	111.0	1.4	13.1
平成19年度	82.0	106.3	3.5	3.0
平成27年度	87.1	135.3	6.4	4.2

NC区間は、ひび割れ度が増加したことで、打換えによる修繕を実施している。CRCP区間では、微細な横ひび割れが許容されており、補修工法選定の目安としてもひび割れ度は採用されていない。CRCPにおいては、維持修繕を実施するうえで基準となるものがない状況である。

3-3 供用限界

CRCPは、前述のとおり横ひび割れを許容しているコンクリート舗装である。構造的に限界を迎えていない舗装の供用限界を前回と同様の調査内容では確認することができない。

そこで、RIM調査による三次元解析を行うことで路面の変形を把握し、FWD調査により構造的劣化の進行度合いを確認することとした。さらに、ひび割れ調査、路面のすべり抵抗値およびタイヤ/路面騒音によって、供用性の確認を行う計画を提案した。

現在の供用性を1次調査で評価し、その結果を用いて2次調査の項目を検討する。RIM調査は、経年による変形を比較するため、継続した調査が必要であるが、供用限界を捉えるツールとしては他には真似できない。

1回目の測定で路面の形状を把握し、2回目の測定で変形が大きい箇所を特定し、供用限界を判断する要素とすることが可能となる。

発注者には、1次調査の重要性和経年比較で変形箇所が「見える化」できることを理解してもらった。

三次元点群データによるコンター図(高低差を色で示した等高線図)を図-3(片側車線)と図-4(全幅)に示す。

片側車線で解析したコンター図は、色が濃い部分(周辺より低い)が少なく、変形箇所は一部分となっている。

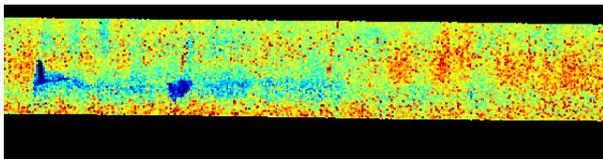


図-3 コンター図(片側車線)

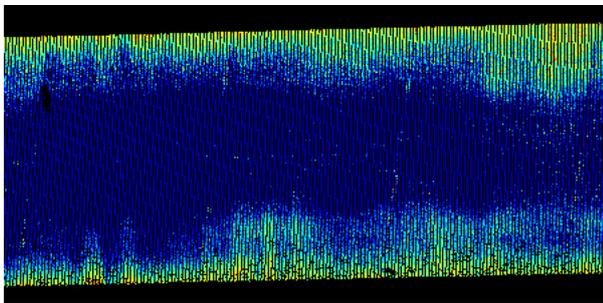


図-4 コンター図(全幅)

全幅で解析したコンター図では、中央車線位置で谷状になっていることが確認できた。これらの結果から、解析方法も変形の状況に応じて使い分ける必要があることが分かった。

本路線は、横断勾配が片勾配となっており解析が可能であったが、横断勾配が両勾配の箇所や横断勾配が変化する場合は、現況舗装の状況と経年変位の区別が不明瞭となり判別が難しい。それでも横断面図は任意の地点で作成可能であり、変形の把握はできる。横断面図(区画線間)を図-5に示す。

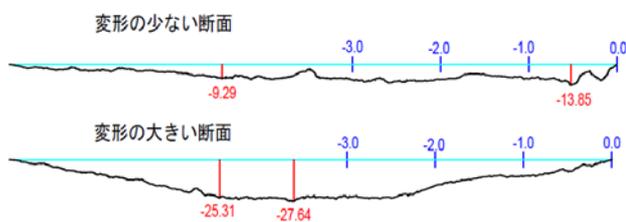


図-5 横断面図(区画線間)

変形の少ない断面では、基準線に対し-13.85mm、変形の大きい断面では、-27.64mm変形している。なお、基準線は外側線の両端を結んだものである。

3-4 RIMに求められること

今後、RIMに求められる事項を以下に示す。

- ①破損個所の特定および程度のカテゴリ
- ②構造的評価と補修方法の選定(FWDと併用)
- ③定期調査による変形傾向の特定

路面の管理指標として用いられているMCIやひび割れ度等は、定期的を実施することで経年の進行具合や傾向がみられる場合もあるが、変形の大きい箇所や破損の恐れのある箇所の特定は難しい。独自の解析や、部分的に追加調査することも必要となる。

そこで、変形の程度が大きく破損の恐れがある箇所

所を路線全体で面的に把握することが重要となる。また、ひび割れ調査結果と路面変形の三次元データを重ね合わせることが可能となれば、より詳しく破損状況を把握できる。

今回得られたデータをもとに、変形特性とひび割れの関係やたわみ量の関連性が解析できることで、CRCPの供用限界が判別できる手法としたい。現段階では、FWD調査の結果と関連性を確認できていないため、判別できていない状況である。そのようなことから解析データ数を増やし、多様な現場に対応できるシステムを構築することが重要である。

4. 今後の課題と展望

RIMによる2回目以降の測定で変形が大きい箇所を特定し、供用限界を判断する要素とすることが可能となる。ただし、変形に起因する損傷か、損傷に起因した変形であるかの判断には、一定の間隔で取得したデータが必要と考える。そのため、工事完成時の初期データだけでなく、定期的に調査を実施し取得したデータを比較する必要がある。経年変化の傾向を把握し、老朽化したコンクリート舗装の損傷評価が実現可能となれば、損傷の進行により実施される非効率的な事後保全型の補修から、予防保全への転換が行える。コンクリート舗装の供用限界は、今までにない指標を必要としている。

CRCPの変状を早期に把握することは、CRCPの弱点を明らかにすることができ、コンクリート舗装の長寿命化に向けた技術強化も可能であると考えられる。

道路舗装のライフサイクルコスト低減の手段として、RIMによる初期調査・継続調査による早期メンテナンスサイクルの確立は、長寿命化および維持修繕管理費用の削減に貢献することができる。そのためは、効率的かつ効果的な評価法の早期開発が必須であると考えられる。コンクリート舗装に限らず、舗装の構造的な損傷を受けた箇所の選別を行うことで、補修方法から舗装断面・計画高さの検討まで実施し、修繕計画の作成、施工管理データの作成および完成検査時の資料作成まで幅広く利用可能である。

今後の展望として、RIMの社内外への周知および調査実績の公表を活用して営業展開を図ることで、自社施工箇所以外にも積極的にデータ取得を行い、経年変化の追跡調査を行うことが考えられる。

今後、空港滑走路・エプロン工事に対しても、追跡調査を実施しデータを取得していきたい。RIMによる三次元点群データとFWD調査を相互活用し、修繕・維持管理の解析業務を活かした設計・施工・維持管理を複合的かつ長期的に実現できる事業へと展開できると考えられる。

5. おわりに

技術の進歩により施工効率および長寿命化が実現している。今回の調査に限らず、同一地点での継続した調査を実施することが営業拡大につながると考える。

今回の調査で得られたデータを活用し、コンター

図や縦断図をはじめとする解析技術により、『RIMだからできること』を繰り返し広げていきたいと考えている。

今回の調査にご協力いただきました、本店エンジニアリング部、技術研究所および東洋テックスの皆様には、心よりお礼申し上げます。

RIM(マルチ測定車)の概要

① GPS受信機

- ・ 3台搭載し、車両位置を標定。

② IMU

- ・ 路面に対する車体のゆがみ等を補正。

③ 標準レーザスキャナ

- ・ 2台搭載(前下計測用1台、前上計測用1台)し、車両から周囲の位置を標定するのに使用し、後処理することにより三次元点群に変換。
- ・ 本レーザは1台で180°の範囲を最大27,100点/秒の取得が可能。
- ・ 到達距離は最大で65mで、反射輝度の取得が可能。

④ デジタルカメラ

- ・ 3台搭載(右前方、左前方、左側面)し、車両からの静止画像を撮影し、車両周辺部の画像を取得。
- ・ レーザスキャナによる三次元点群と組み合わせることにより、点群の着色に使用。
- ・ カラー500万画素(最大10枚/1秒)、視野角は左右80°、上下65°で、隣り合うカメラとは撮像範囲に共通部分が存在。

⑤ 高密度レーザスキャナ

- ・ 1台搭載(後方)し、1台で360°の範囲を1秒間に200回転計測し、最大約1,016,000点/秒の取得が可能。
- ・ 本レーザはmmレベルの測距性能を持っているので、レーザ近傍点での物体の相対形状を詳細に判別することが可能。
- ・ 到達距離は最大で100mで、反射輝度の取得が可能。
- ・ レーザの取付角度は90°および60°と変更可能。

⑥ 路面カメラ

- ・ 2台搭載(車両右後方、車両左後方)し、これらは路面の静止画像取得に使用。
- ・ 路面撮影用カメラは白黒500万画素、分解能は1mm以下。

⑦ オドメータ(インホイール)

- ・ 走行距離計



図 RIM(マルチ測定車)の外観

平たん性の指標としての IRI (国際ラフネス指数) の活用例

古川 聡哉*
石黒 修一**

1. はじめに

舗装のサービス性能は、舗装が安全かつ快適な自動車等の走行に耐えられるかを示すものである。その中で路面の平たん性は、道路管理者よりも道路利用者の視点に立った乗り心地を示す指標として重視されている。

平たん性は、欧米各国間で様々な測定法や評価法が考案され、相互の関連性が明確でないまま利用されてきた。こうした問題を解決するため、標準的なラフネス指数として、IRI (国際ラフネス指数) が1986年に世界銀行によって提案された。

IRIは「2軸4輪の車両の1輪だけを取り出した仮想車両をクォーターカー (以下、QC) と呼び、このQCを一定の速度で路面上を走行させたときに車両が受ける上下方向の運動変位の累積値と走行距離の比 (m/km または mm/m) を、その路面のラフネスとする」と定義されている^{1), 2)}。

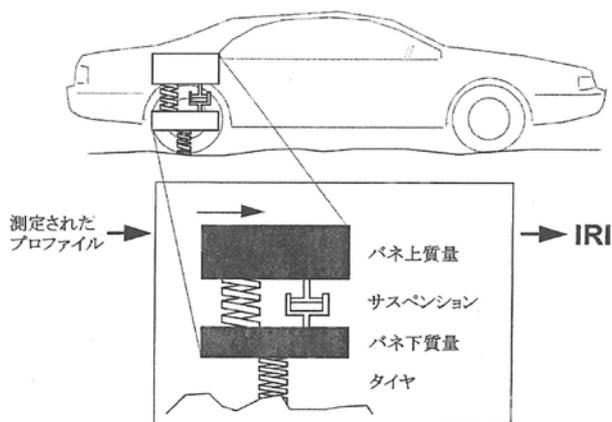


図-1 クォーターカー (QC) 概念図

高速道路株式会社 (以下、NEXCO) において、こうした世界標準の指標で乗り心地に関するサービスを管理するという観点から、平成27年7月改定の舗装施工管理要領より、新設舗装工事における平たん性の出来形管理指標としてIRIが採用された。

当社JVが施工した「新東名高速道路豊川舗装工事」(平成28年2月供用開始)は、当要領が初めて適用された現場である。本文は、IRIの算出のために実施した現場測定で得られた知見をふまえ、今後の測定に際しての課題や留意点を報告するものである。

2. IRI 測定方法

IRIの測定方法には、表-1に示すようにクラス1からクラス4までである。

表-1 路面凹凸等の測定方法とIRIの算出方法

クラス	路面の凹凸等の測定方法	IRI算出方法
1	水準測量	間隔250mm以下の水準測量で縦断プロファイルを測定し、QCシミュレーションによりIRIを算出する
2	任意の縦断プロファイル測定装置	任意の縦断プロファイル測定装置で縦断プロファイルを測定し、QCシミュレーションによりIRIを算出する
3	レスポンス型道路ラフネス測定システム	RTRRMS (レスポンス型道路ラフネス測定システム) で任意尺度のラフネス指数を測定し、相関式によりIRIに変換する
4	パトロールカーに乗車した調査員の体感や目視	パトロールカーに乗車した調査員の体感や目視によりIRIを推測する

この中でクラス1と2は、路面の縦断方向のプロファイル (路面を縦断方向または横断方向の任意の測線に沿ってスライスした断面の路面形状) を測定して、QCシミュレーションによりIRIを算出するプロファイル方式である。また、クラス3と4は、路面から車両が受ける振動や体感からIRIを推定するレスポンス方式である。ここでは、クラス1と2によるIRI測定方法について概説する。

2-1 水準測量 (クラス1相当)

いわゆるレベル測量である。測定間隔は250mm以下であり、測定延長の長い道路では、膨大な労力と時間を費やすため、実質は非現実的な手法である。ただし、NEXCOではこの手法によるプロファイルが、最も再現性の高い真のプロファイルと捉えられている。

2-2 低速プロファイラによる測定法 (クラス2相当)

一般的な低速プロファイラは、路面の形状を計測するユニット (本体)、操作・記録ユニット (操作盤) および計測ユニットを搭載する台車で構成されている。計測ユニットには、レーザーセンサと慣性センサが備えられており、路面までの距離と角度を正確に求めることで路面プロファイルを計測する。今回使用したマルチロードプロファイラ (MRP) は、縦横断プロファイルのほか、路面の凹凸 (テクスチャ) を測定できる。この縦断プロファイルより、従来から

*中部支店エンジニアリング部エンジニアリング課担当課長 **中部支店エンジニアリング部部長

用いられている平坦性の指標(σ やPrI)の算出も可能である。測定は、3mプロフィールメータと同様に行うことができる。



写真-1 MRP(上: 3m台車、下: 50cm台車)

また、写真-1に示すとおり、3m台車(縦断プロフィール測定用)と50cm台車(縦横断プロフィール測定用)があるが、どちらも同じデータを取得できる。50cm台車を使用した方が移動や持ち運びが容易である。ただし、いずれにしても測定は歩行によるため、高速道路の新設工事などの測定区間が長い道路では、測定に時間を要する。

2-3 路面性状測定車による測定法(クラス2相当)

測定車に搭載したレーザーセンサや慣性センサ等を用いて測定する方法である。写真-2に示す当社で導入したRIMでは、路面プロフィールの測定とIRI算出が可能である。

この方法では、高速走行での連続測定が可能であり、測定区間が長い道路では最も有効である。諸外国でも一般的にこのタイプが用いられている。しかしながら、NEXCOは、この方法ではクラス1との整合性が取れていないこと、機種間で測定値のばらつきがあることなどから、現時点では測定装置として認めていない。



写真-2 RIM

2-4 IRI算出方法

IRIは、水準測量またはプロファイラによって測定された縦断プロフィールをQCシミュレーションにより算出する。この算出には、膨大な演算を必要としており、手計算は困難である。このため、一般に解析ソフトを利用している。解析ソフトによっては、出力値に差が生じることもあり、NEXCOでは解析ソフトを「Road Ruf」または「ProVAL」に指定している。

3. 新東名高速道路豊川舗装工事での測定例

MRPによるIRIの測定例を以下に示す。

3-1 測定概要

- 測定装置：型式MRP-2000(株)
クマタカエンジニアリング製
- 測定期間：平成27年12月20日～12月29日
平成28年1月17日(再測定)
- 測定延長：総延長 片道15,932m×4車線≒約64km
片道15,932mのうち、
土工延長 5,769m
橋梁延長 2,638m
トンネル延長7,525m
- 測定面の特徴：表層工は高性能I型、II型
- 解析ソフト：ProVAL

3-2 測定結果

測定結果を表-2、3に示す。

表-2 IRI測定結果(車線別)

路線	車線	平均値	最大値	最小値
		(mm/m)	(mm/m)	(mm/m)
上り線	走行	1.49	2.4	0.6
	追越	1.44	2.4	0.3
下り線	走行	1.44	2.3	0.4
	追越	1.53	2.3	0.4
基準値		1.6以下	2.4以下	—

表-3 IRI測定結果(構造別)

構造	路線	車線	平均値	最大値	最小値
			(mm/m)	(mm/m)	(mm/m)
土工部	上り線	走行	1.50	2.4	0.7
		追越	1.61		0.9
	下り線	走行	1.43	2.3	0.8
		追越	1.60		1.0
橋梁部	上り線	走行	1.51	2.4	0.6
		追越	1.57		1.0
	下り線	走行	1.37	1.9	1.1
		追越	1.37		0.8
トンネル部	上り線	走行	1.47	2.3	0.7
		追越	1.25		0.3
	下り線	走行	1.48	2.3	0.4
		追越	1.52		0.4
基準値			1.6以下	2.4以下	—

車線別でみると、NEXCOの基準値である平均1.6mm/m以下に対して1.44～1.53mm/m、最大値2.4mm/m以下に対して、2.3～2.4mm/mとなり、基準値の上限であった。

構造別に比較すると、土工部の値がやや大きく、橋梁部、トンネル部の順に小さくなる傾向がみられるが、有意な差は生じていないと考えられる。

3-3 NEXCO基準値

表-2に示すように、NEXCOのIRIの基準値は平均値1.6mm/m以下、最大値2.4mm/m以下とされている。この値は、NEXCOが新設した表層の施工後(4路線、106.6km・車線)に測定した結果、平均値が1.30mm/m、最大値2.57mm/m、標準偏差 σ が約0.38であったことから、平均値の規定値=現状の平均値+ $1\sigma = 1.68 > 1.6$ 以下、最大値の規定値=現状の平均値+ $3\sigma = 2.45 > 2.4$ 以下と定められた。NEXCOは、「規定値を厳しくするための基準ではないという観点から、最大値をほぼクリアし、平均値に余裕幅をもたせた基準値とした」としている³⁾。しかしながら、NEXCOにおける供用路線の全国平均値が1.7mm/mであることや、新設路線でも最大値2.57mm/mであること、現行の8mプロフィールメータによる指標PrIには最大値の基準しかなかったが、今回新たに平均値の基準が加わったことなどから、決して甘い基準ではないことがわかる。

4. IRIの測定および解析の課題

4-1 測定装置の課題

低速プロファイラは、歩行での測定を前提としており、数kmにわたる長い区間を測定することは想定されていないと思われる。そのため、測定装置そのものの課題が露見した。測定装置の課題を以下に示す。

- ・電力消費量が激しく、充電満量の状態で本体の連続使用可能時間は4時間程度、端末操作盤のバッテリーは1.5時間程度であった。端末操作盤のバッテリーは予備を含め4個を使いまわして、午前中測定、午後は充電、そして夜間に測定、夜中に充電という繰り返しであった。また、バッテリー残量20%を下回った途端に電源が落ち、それまでの測定データが消滅する現象が起こった。
- ・測定データのファイル容量が大きく、測定延長が4kmを超えると汎用のパソコンではファイルを開くことすら不可能であった。
- ・一部のデータでは、測定延長が2kmを超えると原因不明の異常値が発生した。(他工区で延長が1.5kmを過ぎたあたりから、値が徐々に大きくな

る傾向があったとの報告がある。)

- ・本体と端末操作盤は無線通信しているが、架空線などの付近で電磁波に起因すると思われる誤作動が発生した。

4-2 測定時の課題

測定者が不慣れであること、NEXCOでは測定手法が低速プロファイラに限定されていることなどから、測定時にも課題が露見した。測定時の課題を以下に示す。

- ・従来の舗装施工管理要領では、車両けん引式の8mプロフィールメータによる測定であったため、測定者の体力的負担は少なかった。NEXCOの試験法では測定時の時速が2.5km/hと定められており、測定に時間を要する。そのため、総測定延長60kmを超えるような現場では工程管理上、非常に負担が大きい。
- ・先述したように一つのデータが4kmあると解析不能となるため、片道約16kmの工区を3～3.5kmを目途に5区間に分割して測定した。
- ・分割する場合は、KP(キロポスト)を基準として200mラップ長をとる必要があるが、現場の作業状況により一部区間で測定できず、再測定を余儀なくされるケースがあった。

4-3 解析時の課題

指定された解析ソフトは、フリーソフトで入手可能であるが、このソフトを習熟している者がいないため、解析時にも課題が露見した。解析時の課題を以下に示す。

- ・解析ソフトの言語が英語であるため、詳細の理解に時間を要する。
- ・計測時と解析時で整理する測点が異なる場合、解析時には、ブレーキなど測点の情報もプロフィールデータに付与する必要がある。
- ・橋梁伸縮装置など、控除区間が多く存在すると、別途計算する必要があり、解析の手間が増大する。

5. IRI測定および解析の留意点

今回の経験を踏まえて、今後、現場でIRIを測定するにあたり、留意すべき点を以下にまとめて示す。

- ・解析可能なデータ容量と異常値の発生を防ぐという観点から、各測定延長は2～3kmを限度に区割りすることが望ましい。
- ・NEXCOの例では、解析にKP情報が必要であるので、区割り測点は橋梁やトンネルの構造物などにこだわらず、また、STAではなく、KPを基準にすることが望ましい。
- ・MRPは3m台車と50cm台車とあるが、どちらでも

使用可能であり、50cm台車は小型で扱いやすいという利点がある。

- ・解析ソフトはなるべく早期に入手しておき、取り扱いを習熟しておくことが望ましい。
- ・測定が歩行によること、バッテリー消費量や解析の難易度を加味して、測定・解析の工程は余裕をもって計画することが望ましい。
- ・測定装置の誤差あるいは内カーブ、外カーブなどの影響で起終点、控除区間のデータと測点が一致しないため、解析前に距離補正をする必要がある。

6. おわりに

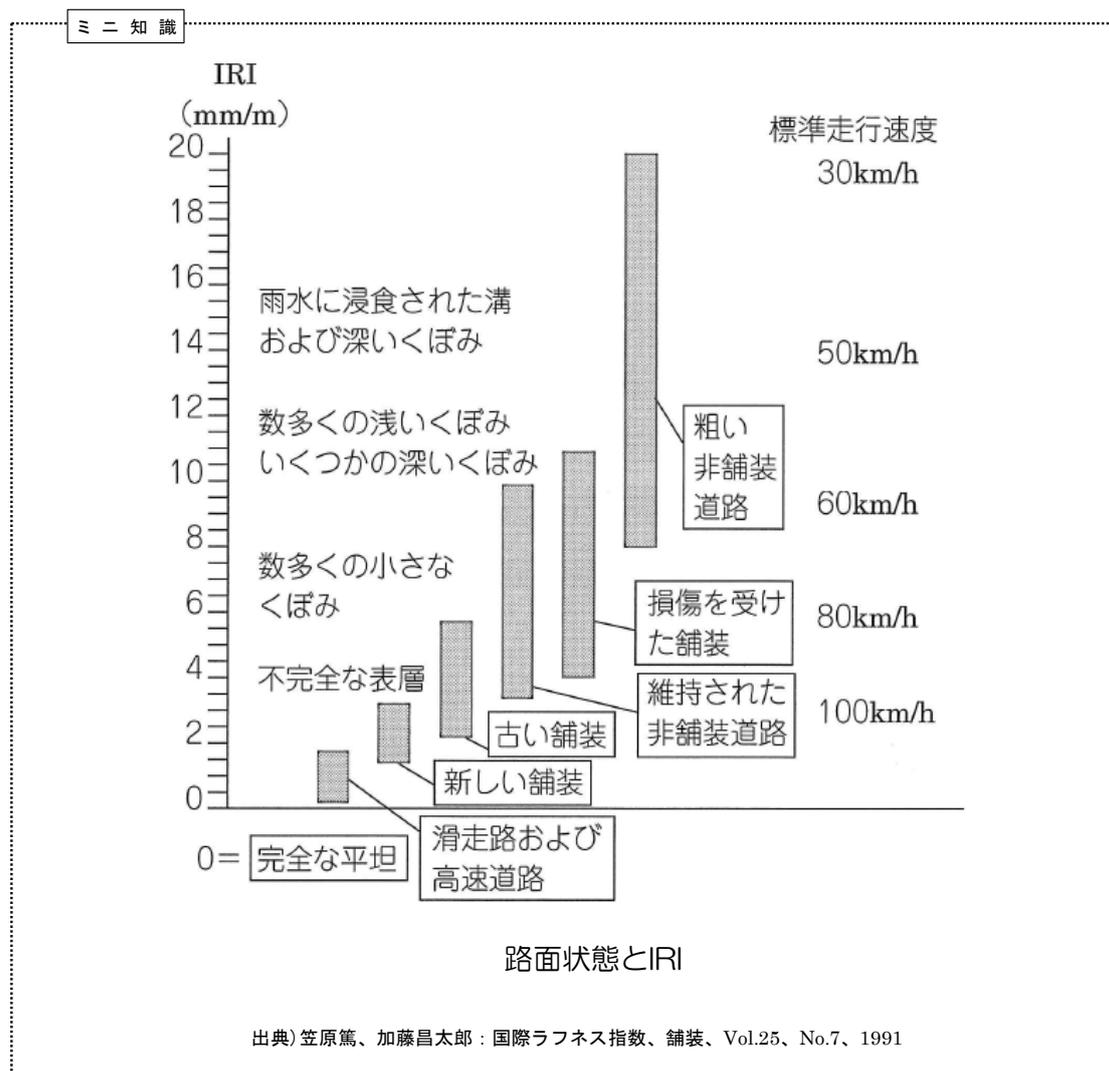
IRIは、舗装の総点検要領にも採用されていることから、今後の道路管理で適用される機会が増えると思われる。今回使用したMRPのメーカーには、今回露見したいいくつかの課題について問題提起しており、改善を求めているところである。当社では、平成28年8月に新型機種を購入予定であり、これらの課題に

対してどの程度改善されたか検証する予定である。また、測定延長が数kmにおよぶようなケースでは、測定者の負担軽減やデータ解析時の省力化のため、路面性状測定車の適用が必至と考える。そのためには、当社のRIMの精度を検証し、IRIを算出できる装置として認定を受けることも急務であると考え。

最後に、データ解析にあたり多大な助力をいただいた、本・支店の各位に感謝の意を表します。

【参考文献】

- 1) 荒尾慶文・村山雅人：舗装技術の質疑応答 第10巻、建設図書、pp.259-271、1983
- 2) 日本道路協会：国際ラフネス指数(IRI)の調査方法、舗装調査・試験法便覧[第1分冊]、pp.180-185、2007
- 3) 江口利幸・富山和也：建設工事の出来形基準におけるIRIの適用性、舗装、Vol.51、No.6、pp.9-16、2016



横浜市環状2号線高架橋上におけるルビット舗装の施工

関 智明*
萩原 博愛**
宮本 将男***

1. はじめに

ルビット舗装は、廃タイヤを破碎したゴム粒子をギャップ粒度のアスファルト混合物に混入した凍結抑制舗装であり、舗装表面に突出したゴム粒子が交通荷重によってたわむことで、雪氷が破碎・除去され、路面露出が促進される。昭和53年に開発され、その後も改良を重ね、現時点で我が国における最もコストパフォーマンスのよい凍結抑制舗装となっている。

今回、冬期の路面のスリップ事故防止を目的に、横浜市神奈川区の主要地方道環状2号線の高架橋上において、表層の切削オーバーレイとしてルビット舗装を施工したので、その概要および創意工夫した事項を報告する。

2. 工事概要

- ①工 事 名：主要地方道環状2号線神奈川区
(三枚地区)道路舗装補修工事
- ②工事場所：横浜市神奈川区三枚町281-1
- ③工 期：平成27年10月6日～
平成27年12月15日
- ④工事内容：ルビット舗装

切削オーバーレイ、施工厚40mm、延長 L=451m
W=7.25m(両側)、A=6,539m²

当該工事は、東海道新幹線を高架で横断する橋梁上の表層にルビット舗装を適用する工事であった。施工箇所的位置を図-1と写真-1に示す。現場は平面的には緩やかなS字カーブとなっており、縦断的には起点から終点に向かい、緩やかに上り下るという条件であった。冬期に路面が凍結した時に事故が多発するため、横浜市(発注者)がルビット舗装の適用に踏み切ったという経緯がある。

橋梁の床版構造は、北側から合成床版→鋼床版→コンクリート床版と変化し、これに伴い既設の基層は、碎石マッシュク→グースアスファルト→碎石マッシュクとなっていた。

コンクリート床版部の横断図を図-2に示す。



図-1 位置図



写真-1 工事位置の写真

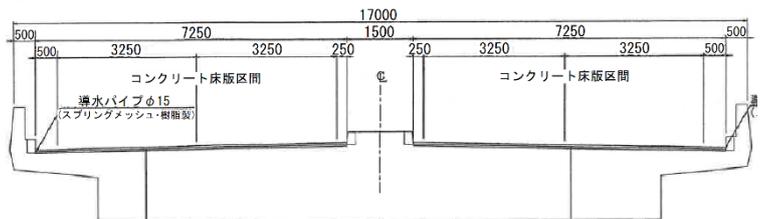


図-2 コンクリート床版部の横断図

*関東支店横浜営業所主任 **同営業所工事主任 ***同営業所工事主任

3. 達成目標および目標達成のための方針

橋面上の舗装は、一般的な材料を用いた場合も、ポットホール等の不具合が発生するなど、材料の選定および施工において注意が必要である。今回は、舗装の破壊因子であるゴム粒子を混入させた混合物を切削路面上に40mm厚で施工するため、さらなる注意が必要であった。このため、本店エンジニアリング部、技術研究所、関東支店、横浜アスコンおよび営業所の関係者で事前に施工検討会を開催し、配合・施工の基本方針を検討し、以下のとおり決定した。

(1) 達成目標

供用開始後 10 年間、一切の不具合、すべり事故を発生させない。

(2) 基本方針

以下の 3 項目を目標達成のための基本方針とした。

- ・ルビット舗装体内に雨水を入れない・滞水させない
- ・切削面とルビット舗装下面との付着を完全に
- ・耐久性能と凍結抑制性能のある舗装とする

(3) 配合

- ・骨材の最大粒径 20mm、改質Ⅲ型-W、ゴム量 2.0%、DS=1,500 回/mm 以上および中温化無しとする。
- ・ルビット舗装下面の空隙(以下、Cavity)の小さい配合とする。
- ・試験練りで混合物の状態を確認し、プラントで製造した混合物で DS を測定する。

(4) 切削

- ・切削の最低厚を 40mm とし、平坦に段差なく切削する。
- ・端部・ジョイント部は直角に撤去するが、撤去しすぎを無くす。
- ・切削面の清掃を確実にを行い、完全に水分を乾燥させる。

(5) 止水処置

- ・端部構造物およびジョイント部との境界面に「ピタット L 型止水テープ：h=25mm、W=75mm、厚さ 3mm および軟化点 93℃」を設置し、舗装体への雨水の浸入を防止する。
- ・縦方向施工ジョイント(中央部)は、既設舗装を加温し、施工継ぎ目を密実にする。

(6) タックコート

- ・スーパークイックゾールを 0.4 t/m²以上散布し完全に分解後施工を行う。付着防止用の石粉は使用しない。
- ・立ち上がり部(垂直面)は、隙間なく塗布する。

(7) 敷きならし

- ・タンパ・パイプ併用型のアスファルトフィニッシャを用いる。

(8) 転圧

- ・R2、水平振動ローラおよびタイヤローラにて締固める。
- ・水平振動ローラは、上り勾配時に振動をかけ、下り勾配時は無振とする。
- ・ルビット舗装面でローラを静止させない。
- ・付着防止の水の補給は、余裕をもって行い、転圧時に水を切らさない。

(9) すべり止め

- ・すべり止め骨材は、PS サンド 5 号(日本銀砂)とし、0.6kg/m²以上散布する。
- ・散布は、初転圧と二次転圧の間に、種まき機にて隙間なく均一に行う。

4. 配合

施工厚が 40mm の場合、通常は骨材の最大粒径を 13mm とするが、これまでの橋面上のルビット舗装の実績から、ポットホール等の破損確率が低い 20mm を採用した。

アスファルトは、塑性変形抵抗性、疲労破壊抵抗性および離抵抗性に優れたポリマー改質アスファルトⅢ型-W とし、ゴム粒子添加量は、耐久性を重視し 2.0%とした。

配合は試験練り後、Cavity を小さくできるようにゴム粒子添加量を最小量の 2%とした上で、空隙や耐久性を考慮しながら、粒度範囲内で可能な限り粒度を上方側(細め)に修正した。

室内決定配合、合成粒度および決定した配合の物理特性を表-1~3 に、決定配合の 40mm 厚供試体の表裏面の状況を写真-2 に示す。出荷時に作製した供試体の DS 値は 3,000 回/mm であった(試験練り時：2,864 回/mm)。

表-1 室内決定配合

材料名	5号砕石	6号砕石	砕砂	細砂	石粉	ゴム粒子	As	合計
配合名								
骨材配合 %	25.8	43.5	11.0	8.5	11.2	—	—	100.0
混合物配合 %	23.5	39.7	10.0	7.8	10.2	2.0	6.8	100.0

表-2 合成粒度

ふるい目	合成粒度	
	合成粒度	粒度範囲
26.5 mm	100	100
19 mm	97.8	88 ~ 100
13.2 mm	72.7	70 ~ 90
4.75 mm	34.4	25 ~ 50
2.36 mm	31.5	22 ~ 45
600 μm	23.1	16 ~ 30
300 μm	18.8	12 ~ 25
150 μm	12.0	9 ~ 18
75 μm	9.5	6 ~ 12

表-3 決定した配合の物理特性

項目	試験結果	目標値
ゴム粒子混入量 (%)	2.0	
最適アスファルト量 (%)	6.8	
密度 (g/cm ³)	2.329	
理論最大密度 (g/cm ³)	2.376	
空隙率 (%)	2.0	2~3
動的安定度 (回/m)	2,864	1,500以上

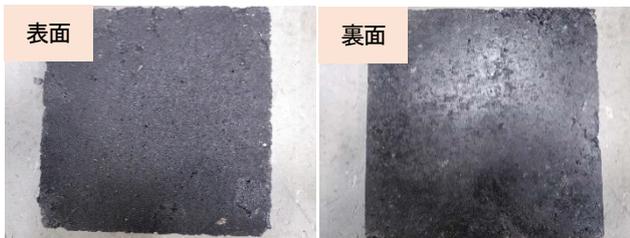


写真-2 決定配合の厚さ 40mm 厚供試体の表裏面の状況

5. 施工および創意工夫

(1) 既設路面の切削

小型切削機とスーパーケレンにて直角に端部を撤去し、切削面はブローアーにて清掃した(写真-3)。



写真-3 端部撤去およびブローアーによる清掃状況

(2) 止水処置

L型止水テープの設置状況を写真-4に示す。既設面にプライマを塗布し、L型止水テープをセットし、その後垂直面・底面を人力にて押さえた。



写真-4 プライマ塗布・L型止水テープ設置状況

(3) 乳剤の散布

スーパークイックゾールの散布状況を写真-5に示す。施工時の外気温は10~15℃であったが、約5分で乾燥し人が歩ける状況となった。ダンプのタイヤへの付着は全く生じず、石粉の散布も不要であった。



写真-5 乳剤の散布状況

(4) 敷きならし

敷きならしは、タンパ・バイブレータ併用型のアスファルトフィニッシャーで行い、敷きならし温度は、165±10℃で管理した。敷きならし状況を写真-6に示す。縦方

向施工ジョイントは、既設舗装をバーナーにて加温し、施工継ぎ目を密実にした。



写真-6 敷きならし状況

(5) 締め固め

締め固めは、当初、R2→水平振動ローラ→タイヤローラの順としたが、しかし、表面の緻密性にバラツキがあったため、水平振動ローラ→R2→タイヤローラに変更し、水平振動ローラで表面を緻密に、かつ均一に仕上げることにした。

水平振動ローラ→R2で締め固めた場合と、R2→水平振動ローラで締め固めた場合の表面性状を写真-7、8に示す。水平振動ローラは、上り勾配時に振動をかけ、下り勾配時は無振とした。

振動の回数は望ましい表面性状となるよう、目視で決定した。水平振動ローラ→R2の順で締め固めることで、全幅にわたり表面性状を均一にできた。

タイヤローラは、温度管理では転圧可能な範囲を特定できない場合が多かったため、加転圧にならない状態を把握し、その状態で長いストロークで入念に転圧を繰り返した。

水平振動ローラとタイヤローラの転圧状況を写真-9に示す。



写真-7 水平振動 R→R2 の表面性状(左)



写真-8 R2→水平振動 R の表面性状(右)



写真-9 水平振動ローラとタイヤローラによる転圧状況

(6) すべり止め対策

すべり抵抗性を確保するため、PSサンド5号を0.6kg/m²散布した。散布状況を写真-10に示す。



写真-10 PSサンド5号の散布状況

(7) 完成状況

完成状況を写真-10に、標準的な表面状況を写真-11に示す。

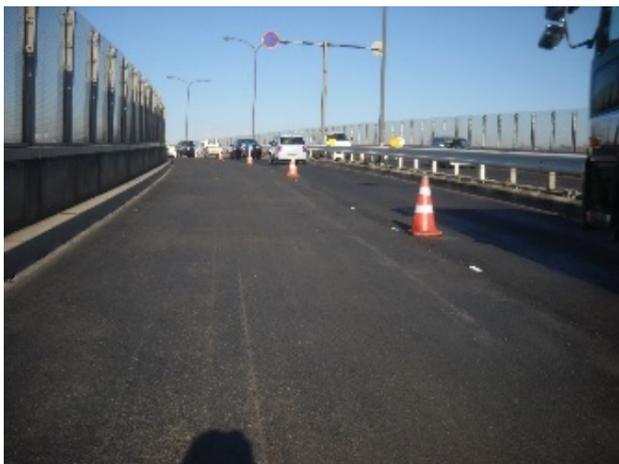


写真-10 完成状況



写真-11 表面状況

6. 施工管理結果

施工直後のDFテスターによるすべり抵抗値の測定結果を表-4に示す。測定においては、表面の肌理が粗い箇所、密実な箇所および標準的な箇所を選定して測定した。

この測定から、粗い箇所0.50、密実な箇所0.40、標準的な箇所0.45、全体の平均で0.44(60km/h)となり、満足のいく結果が得られた。

また、①ルビット舗装下面の空隙(Cavity)の小さい配合としたこと、②端部にL型止水テープを設置したこと、③既設舗装を加温し施工継ぎ目を密実にしたことによって、「ルビット舗装体内に雨水を入れにくい・滞水させない」ことができた。

④切削路面の清掃を徹底し切削面の水分を完全に乾燥させたことと、⑤タックコートにスーパークイックゾールを散布し、石粉の使用を無くしたことによって、「切削面とルビット舗装下面との付着を完全にすること」ができた。

⑥骨材の最大粒径20mm、改質Ⅲ型-W、ゴム量2.0%およびDS=1,500回/mm以上の配合としたことと、⑦水平振動ローラ→R2→タイヤローラの順で締め固めたことによって、「耐久性能と凍結抑制性能のある舗装とする」ことができたものと思われる。

表-4 DFテスターによるすべり抵抗値

測定日	2015/11/30			2015/12/1			2015/12/2			2015/12/4		
	内回り追越			内回り走行			外回り追越			外回り走行		
測定場所	No160	No166	No172	No160	No166	No172	No160	No166	No172	No160	No166	No172
動的摩擦係数(μ) 60km/h	0.44	0.39	0.40	0.54	0.40	0.53	0.39	0.45	0.50	0.45	0.45	0.40
平均値	0.41			0.49			0.45			0.43		
	0.45											



7. おわりに

「無事故で終える」、「壊れない舗装をつくる」および「すべらない舗装をつくる」をモットーに、本店エンジニアリング部と技術研究所の指導のもと、関係者が一体となり施工を行うことができた。

今後、耐久性能と凍結抑制性能を継続的に追跡し、その効果を検証していきたい。

凍結抑制舗装(アイストッパーR)の施工事例

井上 浩治*
 櫻井 潤**
 藤林 省吾***

1. はじめに

冬期道路の安全・円滑な交通確保のために、路面管理が重要な課題となっている。冬期路面对策として、凍結防止剤の散布、機械による除雪、凍結抑制舗装などが行われている。しかし、近年、より一層に安全な交通確保の要望が高くなっているため、冬期路面对策に関わる費用が年々増加している。

冬期路面对策の一手法として、多種多様な凍結抑制舗装が開発されており、弊社においては、ルビット、オークサイレント、アイストッパーTおよびアイストッパーRと4種類の凍結抑制工法がある。この中で特にアイストッパーRについては、これまで各支店で技術営業を重点的に行っており、今回、東北支店で初めてアイストッパーRを施工する機会を得た。

本文は、「アイストッパーR(粗面型ゴム粒子入り凍結抑制舗装)」(以下、アイストッパーR)の概要、施工事例および凍結抑制効果について報告するものである。

2. 工事概要

工事概要は、以下のとおりである。

工事名：平成27年度 山形管内凍結抑制舗装工事
 路線名：山形自動車道 笹谷IC～山形蔵王IC
 工事箇所：上り33.14KP～32.84KP 走行・追越車線
 工期：平成27年8月10日～平成27年11月30日
 工事内容：凍結抑制舗装(t=4cm) A=2,400m²
 路面切削工 (t=4cm) A=2,400m²

本工事は、山形自動車道(笹谷IC～山形蔵王IC：工事延長L=300m)の凍結抑制舗装工事で、施工幅員は8.0mで1車線毎の施工とした。出荷したアスファルトプラントは、山形協同アスコン(90t/h、運搬距離28km)である。

3. アイストッパーRの概要

アイストッパーRは、粗面型SMAタイプの混合物にゴム粒子を混合するとともに、舗装表面にもゴム粒子を散布した、物理系の凍結抑制舗装である。舗装表面はポーラスアスファルト混合物と同等のきめ深さで、舗装下部は骨材間隙がアスファルトモルタルで充填されSMAと同様の密実な構成である。

アイストッパーRの概念図を図-1に示す。また、アイストッパーRの特長を以下に示す。

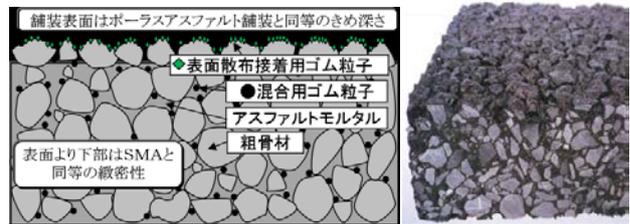


図-1 アイストッパーRの概念図

(1) 凍結抑制

舗装表面および混合物中のゴム粒子が交通荷重でたわむことで、雪氷を破碎・除去する。

(2) 走行安全性の向上

舗装表面のきめ深さの確保により、路面水膜の発生を抑制することができ、走行安全性の向上となる。

(3) 耐久性の向上

粗面型SMAと同様な骨材飛散抵抗性、耐流動性、および耐水性の向上が得られる。

4. 使用材料、配合および混合物性状

アイストッパーR用混合物の使用材料を表-1に、配合および混合物性状を表-2に示す。

表-1 使用材料の産地および製造者

材料名	材質	産地・製造場所	製造・採取業者名
6号砕石	安山岩	山形県上山市高野	山形砕石工業株式会社
粗目砂	川砂	山形県酒田市松山町	(有)五十嵐資材
細目砂	砂丘砂	山形県酒田市浜中	橋丸幸
石粉	石灰岩	宮城県登米市中田町	宮城石灰工業株式会社
シロフックHK	高粘度改質As(寒冷地用)	埼玉県久喜市清久町	大林道路株式会社
ゴム粒子	合成ゴム系加硫ゴム	群馬県前橋市粕川町	藤カークエスト

表-2 配合および混合物性状

項目	試験結果	基準値	
ゴム粒子混入量 (%)	2.0	—	
最適アスファルト量 (%)	6.3	—	
密度(真空パック) (g/cm ³)	2.264	—	
理論最大密度 (g/cm ³)	2.424	—	
空隙率(かさ) (%)	3.8	—	
真空パック	空隙率 (%)	6.6	5.8～7.6
	骨材間隙率 (%)	20.5	21以下
	飽和度 (%)	67.8	65～85
安定度 (kN)	7.4	6以上	
フロー値 (1/100mm)	55	—	
残留安定度 (%)	82.4	75以上	
路面のきめ深さ(MDP) (mm)	1.3	1.2以上	
動的安定度 (回/mm)	7,875	3,000以上	
透水係数 (cm/sec)	0.2×10 ⁻⁷	1.0×10 ⁻⁷ 以下	
はく離面積率 (%)	0.3	5.0以下	
静的ダレ付着損失率 (%)	4.0以下*	4.0以下	
カンタブロ損失率(-20℃) (%)	4.2	12以下	
すり減り量 (cm ²)	0.37	0.7以下	

*:静的ダレ試験は、最適アスファルト量(OAC)を決定する際上限温度である185℃で実施。

*東北支店宮城営業所工事主任 **同店工事部工事課課長代理 ***同店工事部専門役

(3) ゴム粒子の散布ムラ

舗装表面に均等なゴム粒子の散布を行うため、ゴムチップスプレッダの現場への搬出前、試験施工前および本施工前に散布のキャリブレーションを繰り返した。その結果、本施工ではムラ無く散布することができた。散布量についても、社内目標値の中央値(0.3kg/m²)に近づけることができた。

また、アスファルトフィニッシャに専用の風よけを設置し、風の影響による散布ムラを防ぐ工夫を行ったことも、散布精度の向上になったと考えられる。

ゴム粒子散布のキャリブレーション状況を写真-3 に示す。



写真-3 ゴム粒子散布キャリブレーション状況

③初転圧をマカダムローラ、二次転圧を水平振動ローラ、仕上げ転圧をタイヤローラで行った。各種ローラの転圧回数については、表-4 に示すとおりに実施した。

表-4 本施工条件

項目		管理値	
混合物	出荷温度	NEXCO規格	161~185
		社内目標	175±10
	プラント混合時間	ドライ	25
		ウェット	45
施工アスファルト量	%	6.3	
施工	仕上り厚	mm	40
	余盛量	mm(%)	6(15%)
	敷きならし厚	mm	46
	到着(敷きならし前)温度	℃	170±10
	敷きならし温度	℃	165±10
	初転圧温度	℃	150±10
	二次転圧温度	℃	120±10
	仕上げ転圧温度	℃	80±10
	転圧回数	MR	3回以上
		水平振動	有振動 2回 無振動 4回
TR		3回	

アイストッパーRの施工は、混合物製造時にゴム粒子を混合することと、表面にゴム粒子を散布する作業以外、通常のアスファルト舗装と同様に一工程で舗設できる。

施工機械編成を図-3 に、表面散布用ゴム粒子を写真-4 に、施工状況を写真-5~7 に示す。



写真-4 表面散布用ゴム粒子



写真-5 敷きならし状況

6. 施工

試験施工結果を踏まえての本施工条件を表-4 に示す。施工方法について以下に示す。

- ①アイストッパーR用混合物をアスファルトフィニッシャにて敷きならした。
- ②敷きならしと同時にアスファルトフィニッシャ車載式ゴムチップスプレッダにて、舗装表面にゴム粒子を散布した。



写真-6 初転圧状況



写真-7 仕上げ転圧状況

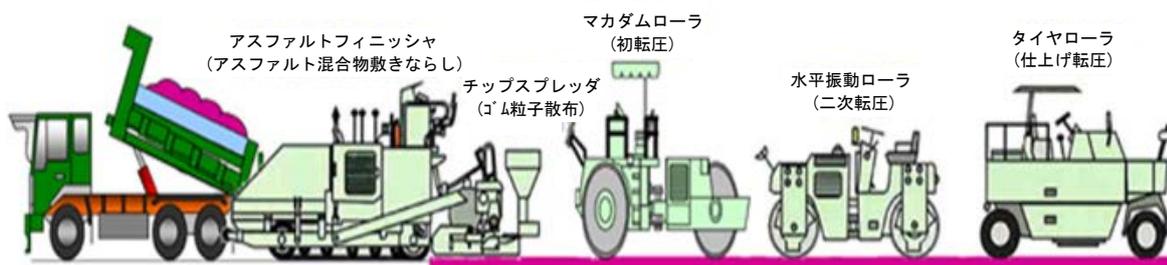


図-3 施工機械編成

施工完了を写真-8に、舗装表面状況を写真-9に示す。



写真-8 施工完了



写真-9 舗装表面状況

7. 施工結果と凍結抑制効果

7-1 施工結果

アイストッパーRの施工結果を以下に示す。

- ①施工は10月下旬(外気温15°C)に行った。アイストッパーR用混合物の運搬時間は40分であったが、保温シートは2重として混合物の温度低下を防止することにより、目標管理温度を満足することができた。
- ②ゴム粒子の散布は均一に散布され、舗装表面に密着し良好な結果であった。
- ③すべり抵抗値(BPN)は平均67と良好な結果であった。
- ④平坦性は追越車線 $\sigma = 0.78\text{mm}$ 、走行車線 $\sigma =$

0.89mmと非常に良好な結果であった。

- ⑤舗装のきめ深さ(MPD)は1.28mmであり、基準値1.2mm以上を満足する結果であった。

以上のように施工結果は、各目標を満足する良好な結果となった。これは、関係各所と施工方法について何度も検討を行い、不安要素をなくして本施工に臨んだからである。

7-2 凍結抑制効果

平成28年1月20日に凍結抑制効果の確認を行った。その凍結抑制効果について写真-10に示す。

手前の既設舗装と比較すると、アイストッパーを施工した路面は、積雪がなく路面が露出しており、凍結抑制効果を発揮していることが確認できた。走行車線が追越車線に比べ多く路面露出となっているのは、当該工法の凍結抑制メカニズムはゴム粒子が交通荷重によってたわむことでゴム上の雪氷を破壊・除去することが要因と考えられる。

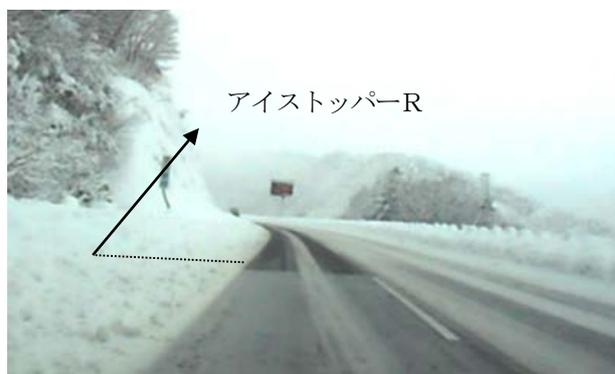


写真-10 凍結抑制効果

8. おわりに

凍結抑制舗装「アイストッパーR」は、高い凍結抑制を發揮していることを確認することができ、発注者から高い評価を得られた。さらに高い供用性も求められていることから、今後3年間の追跡調査を行い、供用性(耐久性)に問題がないか検証を行う予定である。

最後に、施工する機会を与えていただいたNEXCO東日本東北支社山形管理事務所、ネクスコ・メンテナンス東北山形事業所および関係各位に対して感謝の意を表します。

九島大橋における改質グースアスファルト舗装の施工

中谷 昭平*
 二宮 豊和**
 後藤 英樹***

1. はじめに

愛媛県宇和島市の宇和島湾口に浮かぶ周囲約12kmの離島が九島である。人口1,000人程の島民のほとんどは通勤、通学、病院通い、買い物など何らかの用事で毎日のように市内へ出る人が多く、自家用船を除けば、1日9往復のフェリーが唯一の交通手段であった。非常に稀ではあるがフェリーが欠航となった場合、様々な不都合が生じることから島民にとって「橋があれば・・・」という思いは、半世紀前からの悲願であった。その島民の願いが通じ、2013年6月に総事業費約85億円のビッグプロジェクトとして九島と四国本土を繋ぐ九島大橋が本格着工した。九島大橋開通により、島民生活の利便性向上や緊急時の即時対応、あるいは観光振興の促進が期待されている。

本報文は、「九島大橋舗装工事」における鋼床版上橋面舗装「改質グースアスファルト舗装」の施工について、受注に至るまでの宇和島市への技術協力内容も含めて報告するものである。

2. 工事概要

工事概要は、以下のとおりである。

工事名：九島大橋舗装工事

工事場所：愛媛県宇和島市坂下津～蛤(図-1参照)

工期：平成27年10月27日～平成28年7月29日

主な工事内容：橋面舗装 A=3,380m²

基層：平均t=44mm、表層t=35mm(図-2参照)



図-1 工事位置図

*四国支店愛媛営業所 **愛媛営業所所長 ***愛媛営業所

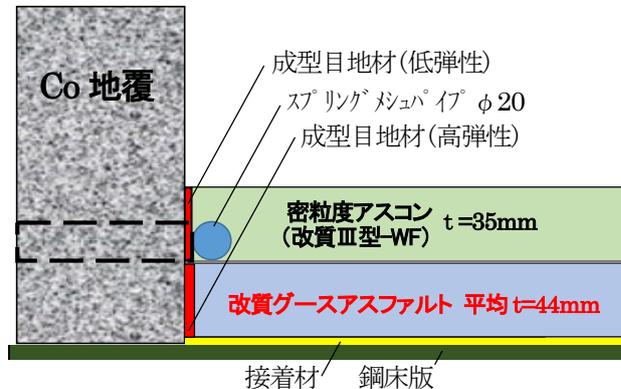


図-2 標準断面図

当該工事では、基層が従来のグースアスファルト混合物(以下、グースアスコン)による設計であった。しかし、発注者に対して当社固有の技術である「改質グースアスファルト」のプレゼンを実施したところ、工法の理解を得られたので、改質グースアスファルト混合物(以下、改質グースアスコン)の承諾を得ることができた。

3. 改質グースアスファルト舗装

3-1 改質グースアスコンとは

橋梁などの鋼床版舗装の基層には、防水性とたわみ追従性が求められ、一般的にグースアスコンが適用されている。しかしながら、温暖地域の重交通路線等においては、さらなる塑性変形抵抗性の向上も求められるケースが増えている。

従来のグースアスコンには、ストレートアスファルト20～40(以下、St.As.20/40)やトリニダッドレイクアスファルト(以下、TLA)などの入手が比較的困難な材料が用いられており、製造においては専用の攪拌装置付ケトルやTLAの小割などの煩雑な作業も必要であった。

これらの課題を解決するため、当社では2005年頃から、TLAを使用せず、調達が容易なベース改質アスファルトと特殊添加剤を用いた新たなグースアスコンの検討を行ってきた。その結果、従来のグースアスコンに比べて、たわみ追従性、塑性変形抵抗性および曲げ疲労抵抗性に優れた改質グースアスコンを開発し、全国各地で施工実績をあげている。

改質グースアスコンの特長は、以下のとおりである。

(1) 耐流動性の向上

夏期における塑性変形抵抗性を強化でき、良好な混合性を有した特殊添加剤を使用することにより、従来のグースアスコンと比べ、耐流動性や曲げ疲労抵抗性が向上する。従来のグースアスコンと改質グースアスコンにおける耐流動性の比較を図-3に、曲げ疲労抵抗性の比較を図-4に示す。

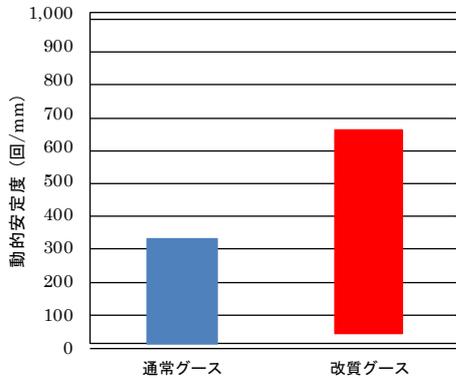


図-3 耐流動性の比較

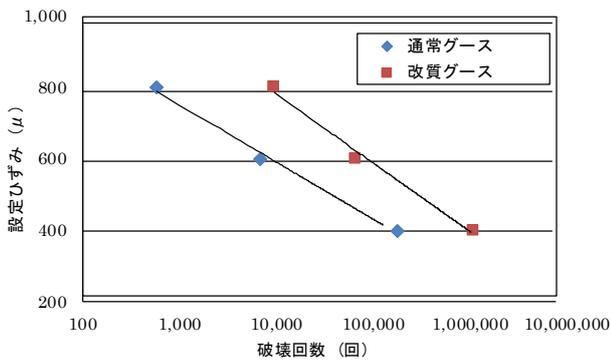


図-4 曲げ疲労抵抗性の比較

(2) 防水性とたわみ追従性

従来のグースアスファルト混合物と比較し、防水性は同等の性能を確保でき、たわみ追従性については同等、もしくはそれ以上の性能を有している。

(3) 汎用的な材料の使用

St.As.20/40やTLAの入手が比較的困難な材料を使用しないで、入手しやすい汎用的な改質アスファルトや特殊添加剤を使用して、改質グースアスコンの製造が可能である。材料構成を図-5に示す。



図-5 材料構成

(4) 周辺環境の負荷低減

改質グースアスコンは硬質アスファルトを使用しないため、従来のグースアスコンに比べ、施工温度を20℃程度下げることができる。また、従来のグースアスコン独特の臭気が少なくなることから、周辺環境の負荷低減につながる。

バインダ単体にて室内で行った臭気試験結果を図-6に示す。

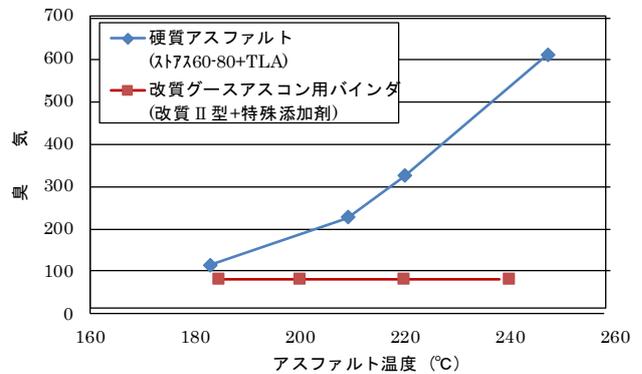


図-6 臭気試験結果

3-2 改質グースアスコンの試験練り・試験施工

(1) 試験練り

改質グースアスコンは、クッカ車によるクッキング時間と温度により、混合物性状の低下の懸念があったので、試験練りに併せてその影響を検証した。

試験練り結果を表-1に示す。その結果、220℃程度による混合物温度制御のもと、混合物性状に関する各測定値は、配合設計時とほぼ同様の値を示した。さらに、6時間のクッキングでも、各混合物性状の低下が見られなかった。

表-1 試験練り結果(混合物性状)

試験項目	測定値	基準値 (改質グースの目標値)	備考
リュエル流動性	秒	240℃：3~20 (220℃：15程度)	212℃
貫入量	mm	1~6 (2~3程度)	
動的安定度	回/mm	300以上 (600程度)	
曲げ破断ひずみ	×10 ⁻³	8.0以上	

(2) 試験施工

出荷プラントから現場までの運搬距離は約125kmで、運搬時間は約150分となる。本施工に先立って、現場到着温度や現場におけるガス式クッカ車によるクッキング時間の把握と、作業員の作業手順の熟知を目的に試験施工を行った。

その結果、現着後のクッキング時間は約45分であった。この結果を踏まえて、ガス式クッカ車と現着後にクッキング不要の電気式クッカ車との最適な組み合わせによるタイムスケジュールを作成した。

3-3 改質グースアスコンの本施工

(1) 研掃工・接着剤塗布工

鋼床版面に錆や異物があるとプリスタリングの要因となることから、素地調整(研掃工)が不可欠である。

今回は、冬季の施工で鋼床版が非常に凍結しやすい状態であったため、ロードヒータを準備し鋼床版の凍結に備えた。実際、日照のみによる鋼床版面の融解・乾燥を待って作業を行うと開始が10:30となり、後工程への影響が懸念された。そのため、ロードヒータを使用し、6:00から強制的に融解・乾燥を行うことで、8:00には問題なく作業を始めることができた。

研掃後は、湿気による錆の発生を防ぐため、なるべく速やかに1層目の接着剤塗布を行った。2層目は約3時間乾燥させた後、接着剤を塗布した。ショットブラストによる研掃状況を写真-1に、ロードヒータ使用状況を写真-2に示す。



写真-1 ショットブラストによる研掃状況



写真-2 ロードヒータ使用状況

(2) グースアスファルト舗装工

1) 成形目地の設置

プライマーを塗布したのち、成形目地を設置した。プライマーのみの接着では非常に剥がれやすいため、

加熱したコテで、押し付けるように圧着すると良好であった。

2) 鋼床版上の清掃

グースアスファルト舗装施工前には、必ず鋼床版面の確認をし、不純物を除去した(プリスタリングの要因)。

3) クッカ車にて材料搬入

プラント(愛媛アスコン)からの所要時間は、試験施工と同様の約150分であった。

4) 改質グースアスコンのクッキング

現着後、クッキング完了までは、試験施工同様に約45分であった。その結果、計画したタイムスケジュールでの施工を円滑に行うことができた。

5) リュエル流動性試験

改質グースアスコンの性状確認のため、1台毎にリュエル流動性試験を行った。その結果は良好であり、現場で作成した供試体の混合物性状も問題なかった。

6) 荷卸し・敷きならし

グースフィニッシャの敷きならし作業は、計画どおり1台10分程で行うことができた。クッカ車荷卸し状況を写真-3に、敷きならし状況を写真-4に示す。



写真-3 クッカ車荷卸し状況



写真-4 敷きならし状況

7) プレコートチップの散布・圧入

敷きならし後、速やかにプレコートチップを散布し、ローラで圧入した。ローラ圧入により、グースアスコン下のエア等が集積されやすく、プリスタリング発生箇所が容易に確認できた。なお、鋼床版面の異物や水分の撤去を徹底したことで、プリスタリングの発生を予想よりはるかに少なくすることができたと思われる。プリスタリングの対処状況を写真-5に示す。



写真-5 プリスタリング対処状況

4. まとめ

今回の改質グースアスコンは、発注者側から見ても、施工者側から見ても、双方に非常にメリットのある技術であると感じた。実際の施工においても、材料のばらつきもなく、安定した材料であり、仕上がりも良好で問題なく施工することができた。

今後も当社固有の技術である改質グースアスコンの提案および施工を積極的に推進したいと考えている。



写真-6 完成写真

5. おわりに

今回の九島大橋プロジェクトは、NHKのドキュメンタリー番組の「春 橋が架かる島で～愛媛 九島から」で特集され、当社の施工も放送されたことは、現場担当者としてとても誇らしく思えた。

最後に、本施工にあたって協力していただいた、本店エンジニアリング部、技術研究所および四国支店の方々に感謝の意を表します。



NHKのWebサイト (<http://www.nhk.or.jp/docu/docu/program/1934/2110180/>) より

新立岩トンネルにおけるホワイトCAPの施工

黒澤 昌史*
久保田孝一**

1. はじめに

ホワイトCAPは、アスファルト混合物を白色化することで、ドライバーの視認性を高める舗装である。脱色アスファルト、白色顔料、白色骨材等を使用して製造し、舗装面を従来の黒色から白色にして明色化を図ることができ、トンネル内舗装に有効である。

群馬県主要地方道水上片品線のみなかみ町藤原の新立岩トンネルにおいて、同業他社の白色化舗装が設計に組み込まれていた。しかし、当社でも施工可能との判断から、本店エンジニアリング部と技術研究所の協力を得て、既設コンクリート舗装上にホワイトCAPを施工したので、その概要を報告する。

2. 工事概要

- ①工 事 名：単独公共単独道路維持修繕事業
(トンネル維持修繕)新立岩トンネル舗装補修
- ②工事場所：群馬県利根郡みなかみ町藤原
新立岩トンネル(図-1 参照)
- ③施 工 日：平成27年10月1日
- ④工事内容：レベリング工、
オーバーレイ工(ホワイトCAP)t=40mm
L=200m、W=6.0m、A=1,200m²

3. 配合および製造

使用材料、配合割合、合成粒度および現場配合の物理特性値を表-1~4に示す。

基本配合はSMAとし、耐久性の向上および材料分離の防止を目的に、植物性繊維を0.3%添加した。白色チタンの添加率は1.0%とした。



図-1 位置図

表-1 使用材料

材 料 名	材 質	産 地	製 造 会 社
石灰岩6号	石灰岩	埼玉県秩父郡皆野町	有恒産業株式会社
6号砕石	硬質砂岩	栃木県佐野市山菅町	東京石灰工業株式会社
中目砂	洗砂	埼玉県神流川流域	三好鉱業株式会社
細目砂	洗砂	埼玉県神流川流域	東和アークス株式会社
石粉	石灰岩	埼玉県秩父市横瀬町	秩父石灰工業株式会社
カラータンスS-S	脱色バインダ	—	日進化成株式会社
トップセル	植物性繊維	—	株式会社エムアイ・テック

表-2 配合割合

材料名	石灰岩6号	6号砕石	中目砂	細目砂	石粉	計
配合割合 (%)	21.5	50.0	8.0	8.0	12.5	100.0

注) 白色チタン：1%、植物性繊維：0.3%

表-3 合成粒度

ふるい目(mm)	19	13.2	4.75	2.36	0.6	0.3	0.15	0.075
通過質量百分率(%)	100.0	96.9	32.6	28.2	20.9	17.5	14.8	10.9
粒度範囲	100	95~100	30~50	25~35		13~20		8~13

表-4 現場配合の物理特性値

項目	As量 %	密度 g/cm ³	空隙率 %	飽和度 %	安定度 kN	フロー値 1/100cm	理論密度 g/cm ³
値	6.3	2.393	2.0	88.2	7.16	39	2.442
項目	ラベリング g/cm ²	動的安定度 回/m	突固め回数 回	As加熱温度 °C	骨材加熱温度 °C	混合物温度 °C	
値	0.11	3,316	50	165	175	165	

前橋アスコンの全景、白色チタンの荷姿、植物性繊維の荷姿、石灰岩6号および試験練り時のホワイトCAP混合物を写真-1~5に示す。



写真-1 前橋アスコンの全景



写真-2 白色チタン荷姿

*関東支店前橋アスファルト混合所試験主任 **同店群馬営業所所長



写真-3 植物性繊維の荷姿



写真-7 既設コンクリート版の目地補修



写真-4 石灰岩 6号

レベリング用混合物は、耐久性と施工性を考慮し、最大粒径 5mm の SMA で施工した(写真-8)。

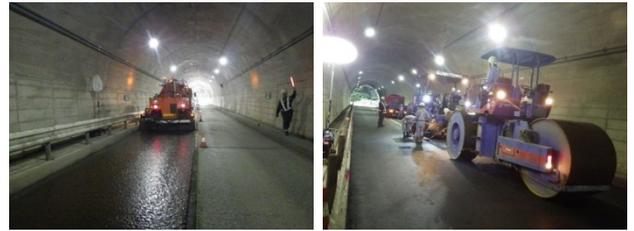


写真-8 レベリング工状況



写真-5 ホワイトCAP混合物

4-2 ホワイトCAP工

(1) 運搬

温度低下を抑制するため、ダンプ荷台の合材を GO マットで覆った(写真-9)。



写真-9 GO マット

白色チタン、植物性繊維は再生骨材投入ベルコンで投入し、脱色バインダはローリー直結で投入した。

4. 施工

4-1 レベリング工

事前に路面を清掃した(写真-6)。また、既設コンクリート版の目地部が破損している箇所は補修した(写真-7)。

(2) 4t ダンプへの積替え

トンネル内では 10t ダンプでの荷卸しができないため、4t ダンプへ積替えした(写真-10)。



写真-6 既設コンクリート版の清掃



写真-10 4t ダンプへの積替え

(3) 端部の止水措置

トンネル内の湧水や結露が舗装体内に浸入することを防止するため、端部には止水テープを貼った(写真-11)。



写真-11 端部止水テープ

(4) 乳剤の散布

乳剤には付着改善型を用いた(写真-12)。



写真-12 乳剤の散布

(5) 荷卸し

4t ダンプによる荷卸しの状況を写真-13 に示す。



写真-13 荷卸し状況

(6) 敷きならし

敷きならし高さは、事前に設置したセンサー(水系)によってコントロールした(写真-14)。



写真-14 センサー(水系)設置状況

バーナでジョイントを暖め、ジョイント部の密実性を高めた(写真-15)。

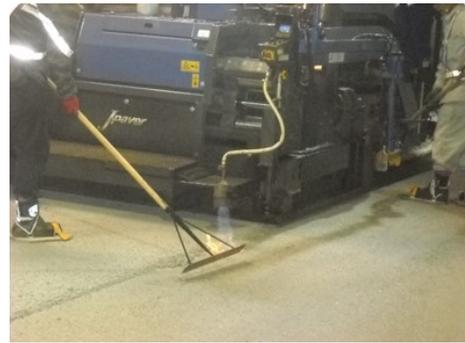


写真-15 ジョイントバーナ

敷きならし状況を写真-16 に示す。



写真-16 敷きならし状況

付着防止剤には、アスファラブ CE-R を用いた(写真-17、18)。



写真-17 付着防止剤①



写真-18 付着防止剤②

(7) 締固め

締固めは、マカダムローラとタイヤローラで行った(写真-19、20)。端部は人力(タンバ)で入念に締固めた(写真-21)。



写真-19 初転圧状況



写真-20 二次転圧状況



写真-21 端部締固め状況

(8) 完成状況

表層完了状況を写真-22 に示す。また、表面の状態を写真-23 に示す。



写真-22 表層完了状況



写真-23 表面の状態

5. おわりに

群馬県みなかみ町の新立岩トンネル内にて、ホワイトCAPを施工したが、平坦性、耐久性および視認性に優れたホワイトCAPを完成させることができた。

なお、当該舗装は白色のため、施工直後に交通開放した場合、タイヤのよごれが舗装面に付着し、そのよごれが問題になる場合がある。当該現場においては、検査前にショットブラストによって、そのよごれを撤去した。

本件の施工に際し、御指導・御支援をいただいた本店エンジニアリング部と技術研究所に感謝の意を表します。

急勾配箇所における真空コンクリート舗装の施工

林 大喜*
石林 正人**

1. はじめに

防衛省北関東防衛局より受注した「松本(26)訓練施設整備土木工事」は、陸上自衛隊松本射撃場内における小火器評価システム設置等に係る土木、建築、電気および機械工事を行うものであった。

本文では、このうち進入路(縦断勾配 15%)におけるすべり止め対策としての真空コンクリート舗装について、その概要および創意工夫した事項を報告する。

2. 工事概要

- ①工 事 名：松本(26)訓練施設整備土木工事
- ②工事場所：長野県上伊那郡辰野町小野区駒沢
(陸上自衛隊松本射撃場内、図-1 参照)
- ③工 期：平成 27 年 2 月 18 日～9 月 30 日
- ④発 注 者：防衛省北関東防衛局

工事内容を表-1 に、工事全体の施工の流れを図-2 に示す。

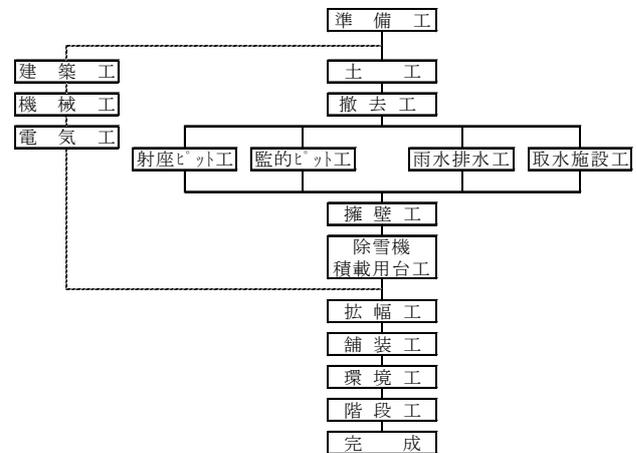


図-2 工事全体の施工の流れ

3. 進入路の真空コンクリート舗装の概要

3-1 施工平面図

施工平面図を図-3 に示す。



図-1 位置図

表-1 工事内容

I 土木工事	
A. 300m射座地区	射座ビット工、雨水排水工
B. 200m射座地区	射座ビット工、雨水排水工、取水施設工
C. 監的ビット地区	監的ビット工、雨水排水工
D. 200m・270m射座進入路地区	土工、擁壁工、舗装工、雨水排水工
E. 道路拡幅地区	拡幅工、舗装工
F. 管理棟地区	拡幅工、舗装工、雨水排水工、除雪機積載用台工、環境整備工、撤去工
G. 階段工地区	階段工、撤去工
H. 地区共通	仮設工、環境整備工
II 建築工事	
管理棟工事	
III 機械工事	
管理棟工事	
IV 電気工事	
管理棟工事	

*関東支店長野営業所 **同営業所

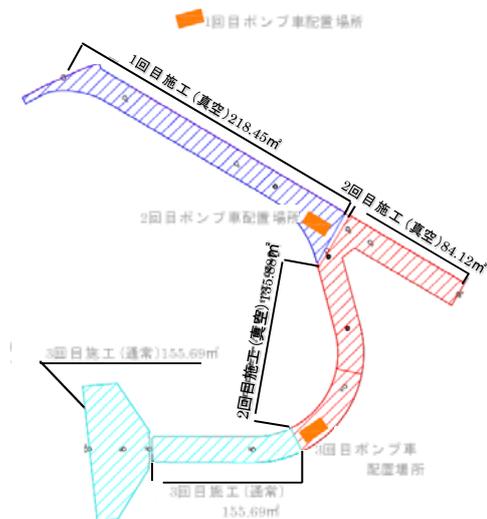


図-3 施工平面図

3-2 舗装構成

舗装構成を図-4 に示す。

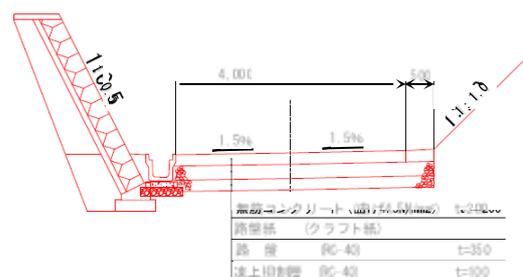


図-4 舗装構成

3-3 使用材料

使用材料を表-2に示す。進入路の真空コンクリートの当初配合は、曲げ 4.5-6.5-40BB であったが、施工時期が 8 月となることと、ポンプ打設になることから、36-12-25BB(呼び強度 36 が曲げ 4.5 に相当)に変更した。

試験練り時に、曲げと圧縮の両方の供試体を作製し、強度の確認を行った結果、当該現場の曲げ強度と圧縮強度(材令 7 日)の関係は図-5に示すとおりとなり、その妥当性が確認できた。

また、路盤紙では水分が引くのが早く、夏場の施工に適していないので、ポリフィルムを使用することとした。

表-2 使用材料

資材名	規格	単位	数量	製造業者
レディミクストコンクリート	36-12-25BB W/C ≤ 50%	241	m ³	坂本屋生コン㈱
鉄網	JIS G 3551	660	m ²	合同製鉄㈱
目地板	樹脂発泡体 倍率15倍 t=10mm	43	m ²	静岡瀝青工業㈱
コンクリート舗装金具	タイパ- JIS G 3112 φ25×500	252	本	朝日工業㈱
コンクリート舗装金具	タイパ- JIS G 3112 D16×1000	18	本	トビー工業㈱
コンクリート舗装金具	タイパ- (ネジ付) JIS G 3112 D25×1000	156	本	北越メタル㈱
チェア、クロスパー	コンクリート舗装目地用 SD295A D13	1,240	kg	トビー工業㈱

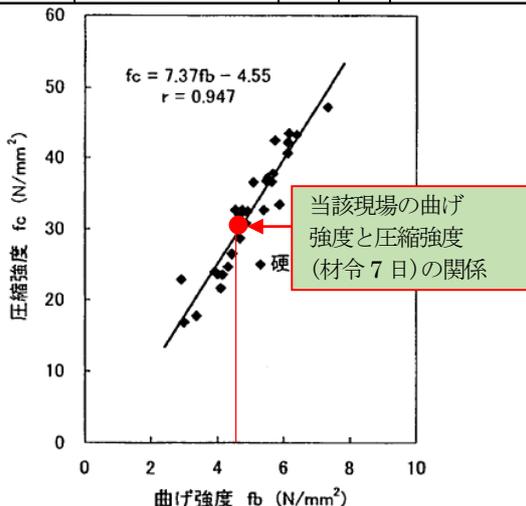


図-5 曲げ強度と圧縮強度の関係¹⁾

4. 進入路の真空コンクリート舗装の施工

4-1 施工の流れ

真空コンクリート舗装全体の施工の流れを図-6に、真空コンクリート舗装の施工の流れを図-7に示す。

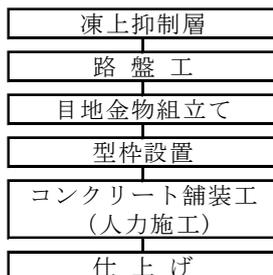


図-6 真空コンクリート舗装全体の施工の流れ

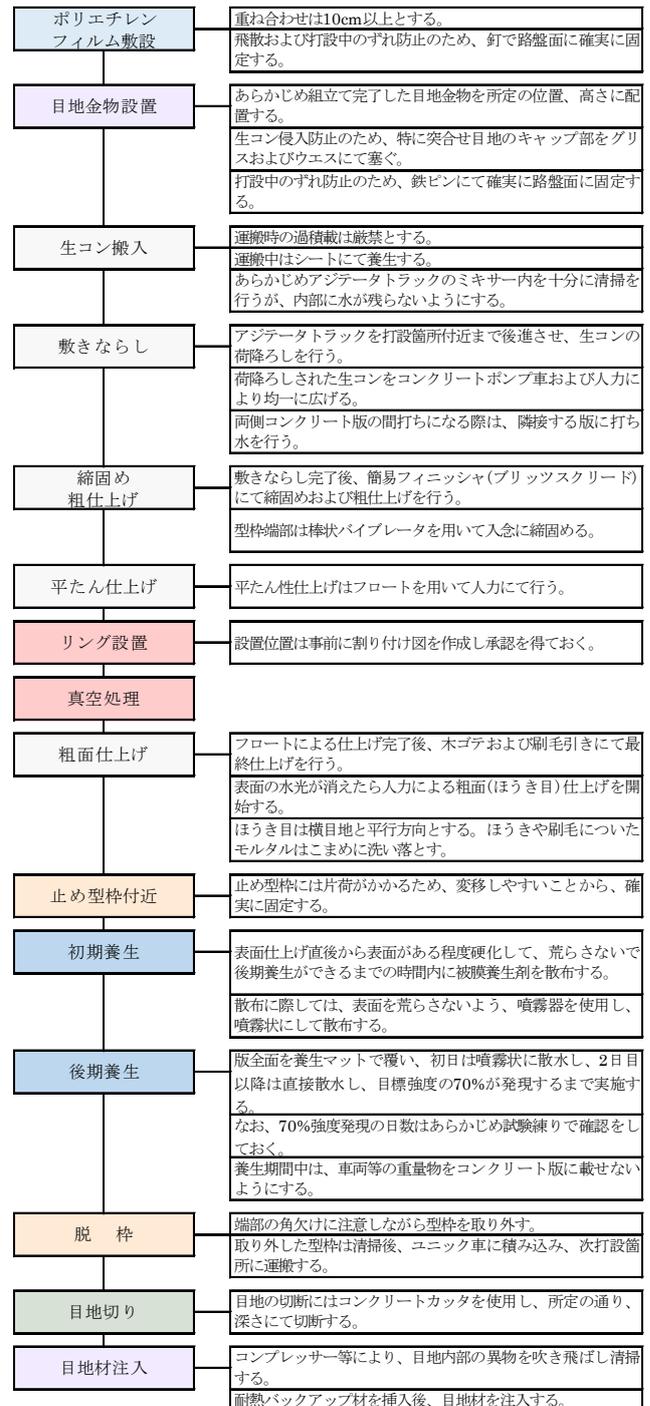


図-7 真空コンクリート舗装の施工の流れ

4-2 暑中コンクリート対策

進入路の真空コンクリート舗装は 8 月の施工となったため、以下に示す暑中コンクリート対策を実施した。

- ・運搬中のスランプの低下が大きくなるため、スランプロスを見越した出荷配合にする。
- ・1 台目のコンクリートは施工に手間どるため、現着スランプ 12+1.5cm になるようにし、2 台目以降で徐々に、12cm にしていく。
- ・練り混ぜから打設終了までの時間を可能な限り短くする。

- ・連続施工ができるよう、打設計画を綿密に行う。
- ・打設終了後、速やかに養生を開始し、コンクリート表面の乾燥、日射および風を防ぐ。
- ・3日間は散水養生する。

4-3 施工状況

施工状況を写真-1～10に示す。



写真-1 路床不陸修正・転圧状況



写真-2 路盤転圧状況



写真-3 横収縮目地設置状況



写真-4 生コンクリート打設状況



写真-5 リング設置状況



写真-6 トロウエルによる仕上げ状況

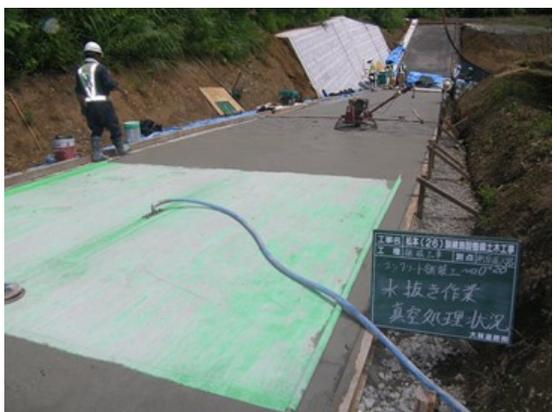


写真-7 真空処理状況



写真-8 被膜養生剤散布状況



写真-12 目地材注入状況



写真-9 養生マット設置状況



写真-13 完成状況



写真-10 横収縮目地 カッター切断状況



写真-11 耐熱バックアップ材設置状況

5. おわりに

松本訓練施設陸上自衛隊松本射撃場内において、土木、建築、電気および機械工事を行い、無事工事を完了することができた(写真-13)。本文が今後の同様の工事の参考になれば幸いである。

本工事に際し、ご指導・ご支援をいただいた本店建築部、エンジニアリング部および技術研究所に感謝の意を表します。

〔参考文献〕

- 1) 舗装技術専門委員会報告 R12：レディーミクストコンクリートの舗装工事への適用拡大に関する検討、(社)セメント協会(2000.2)
- 2) 高林利秋：新道路シリーズ第8集 真空コンクリート工法、理工図書(1962)

再生コンクリートの施工(産学連携による実践型施工体験学習として)

石川 元彦*
井手 義勝**
久安 秀之***

1. はじめに

近年、インフラの更新によるコンクリート構造物の解体は増加傾向にある。その際に発生したコンクリート廃材は、主に道路建設用の路盤材として利用されてきた。しかし、供給先であった道路工事は、減少傾向にあることから、新たな利用方法が求められている。

そこで、中国支店では、コンクリート廃材を破碎して製造したコンクリート再生骨材と製鉄の際に副産物として製造される水砕スラグ砂を利用した、再生コンクリート舗装(以下、E-Con舗装)の施工に積極的に取り組んでいる。

E-Con舗装「新型低炭素舗装」は、建設時のCO₂排出量を抑え、炭酸塩固定技術を用いて舗装体にCO₂を固定させ、その促進を目指す舗装である。

今回の施工は、中国支店管内の県立工業高校にE-Con舗装を提案した結果、産学連携による実践型施工体験学習として実現した。

なお、道路建設業界の仕事は、認知度が低く就職希望先となることが少ない状況である。そこで、道路建設に興味を持って参加してもらう貴重な機会であることから、可能な限り生徒が直接施工を体験できる工夫を取り入れた施工を実施した。

本文では、E-Con舗装を工業高校の敷地内に生徒の力で施工し、CO₂固定速度の測定を実施した施工事例について報告する。

2. 実践型施工体験学習

2-1 概要

建設現場における施工管理業務は、工程管理、品質管理、安全管理等を同時に実施する必要がある、複雑な業務である。そのために、長期にわたる現場での経験や勘から、その能力を磨く必要があり人材教育は、入社後に企業が行うという形態が一般的である。

しかしながら、近年の建設業における若年者の担い手不足は大きな課題ともなっており、建設業の魅力を高校生(将来、土木技術者を目指す土木の専門科目を学んでいる)に伝えることは、建設業界の急務である。

本連携事業は、実践型施工体験を通じて、工程管理、品質管理、安全管理等の現場管理業務を体験することにより、土木工事の重要性についても理解させるとともに、土木工学に対する興味を喚起することを目的として、環境土木科3年生を対象に産学連携により実践したものである。

- ①実施時期：平成28年6月
- ②施工箇所：環境土木科棟南側駐車場
- ③施工範囲：幅員1.6m、延長約42m、面積約67m²
- ④対象生徒：環境土木科3年生 39名

2-2 体験学習の内容

体験学習は3年生を対象としているが、施工の合間に見学や体験の時間があつた1年生および2年生にも積極的に参加してもらった。

体験学習の内容を以下に、施工の断面を図-1に示す。

- ①講習：3年生
舗装の基本、環境・景観舗装技術の説明
E-Conの詳細、施工方法、安全について
- ②測量：3年生(縁石の丁張設置)
- ③実習：2年生(床付け転圧、出来形写真撮影)
- ④実習：1年生(道路の構造、縁石の目地設置)
- ⑤実習：3年生(E-Conの施工)

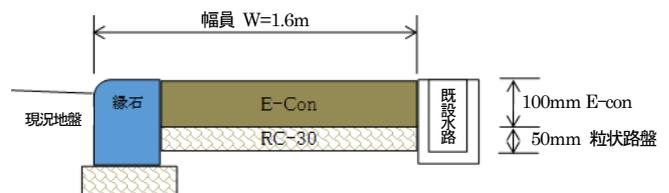


図-1 施工の断面図

3. 施工事例の詳細

3-1 講習

施工に先立ち、舗装の基本、道路技術者の仕事および当社の工法・製品について説明を行った後、実際に施工するE-Con舗装の内容、CO₂固定の仕組みおよび施工方法の解説を実例も交えて行った。

民間への就職志望者だけでなく、公務員や進学志望者にも興味を持てる内容とした。

*中国支店広島営業所 **同支店工事部エンジニアリング課課長 ***広島営業所工事主任



写真-1 講習状況(3年生)

3-2 実習

測量実習は授業でも実施されており、測量機器も常備されているが、丁張の設置は学校の授業では難しく、杭打ちも初めてであった。3年生による講習後の実習では、授業で測量した地盤高さを基準に縁石の丁張を設置した。



写真-2 丁張設置状況(3年生)

協力業者により掘削、鋤取りを行い、基面整正・転圧および出来形管理の写真撮影を見学に来た2年生に体験してもらった。道路建設業界に興味のある女子生徒も積極的に写真撮影を実施した。



写真-3 床付け転圧状況(2年生)

縁石の設置作業では、道路構造や横断勾配について説明を受けた1年生が目地の施工を経験した。歩車道境界ブロックの意味を知り、「帰り道に見てみます。」との声が印象に残った。

3-3 施工体験(E-Con舗装の施工)

施工体験で実施する項目は、各作業を5班に分かれて、一連の作業を45分間隔で入れ替わり体験した。作業内容は、以下の5項目とした。

①E-Conの製造、混合および運搬



写真-4 目地施工状況(1年生)

- ②敷きならし、転圧
- ③品質管理：供試体の作製
- ④写真管理：状況写真の撮影

(1) E-Conの製造、混合および運搬

作業前に作業手順書の確認とアタックKYを実施し、各作業の指導員の指示により作業を体験した。

使用材料の含水比は配合設計時と異なるため、実際に使用する材料の含水比による変更を行う必要があり、材料の保管状況も重要な管理項目となる。

作業当日の計量表を確認し、計量を慎重に行った。E-Conの配合設計により決定した使用材料の計量表を表-1に、含水比により変更を行った作業当日の計量表を表-2に示す。

作業全体で使用するE-Conの数量は約6.0m³であるが、作業時間の制約があるため、近隣の生コン工場にて製造し、4tダンプにて搬入した。生徒によるE-Con製造は、モルタルミキサ2台で約1.0m³を3.5時間かけて実施した。

学校の実習でもコンクリートカーヌーやフラワーポットの製作などを行っており、日頃の実習で培った手際の良い作業が見られた。

生徒によって撮影された作業状況を写真-5～9に示す。

表-1 E-Conの配合表(配合設計時)

モルタルミキサ 1バッチあたり (kg/0.05m ³)				
材料名	コンクリート 再生骨材RC-13	スラグ 水砕砂	高炉 セメント	水
計量値	41.6	41.6	13.3	10.6
	タイヤ4個	タイヤ4個	バケツ2個	バケツ2個
計量値	10.4	10.4	6.7	5.3

表-2 E-Conの計量表(作業当日)

モルタルミキサ 1バッチあたり (kg/0.05m ³)				
材料名	コンクリート 再生骨材RC-13	スラグ 水砕砂	高炉 セメント	水
計量値	47.2	43.1	13.3	3.6
	タイヤ4個	タイヤ4個	バケツ2個	バケツ2個
計量値	11.8	10.8	6.7	3.6



写真-5 使用材料の計量状況



写真-6 混合状況



写真-7 運搬状況

(2)敷きならし、転圧

混合完了後のE-Conを一輪車にて作業場所まで運搬し敷きならした。生コン工場から4tダンプで搬入したE-Conは、協力業者によりミニバックホウにて作業場所へ荷卸し、学生により人力で敷きならした。

転圧作業は、合板2枚を敷きならしたE-Conの上に並べ、ビブロプレートにて初転圧を行った。協力業者によりハンドガイドローラにて二次転圧を行ったが、端部の転圧が不十分で仕上げが困難な状況が発生した。品質管理項目の設定と仕上がりの出来栄が今後の課題である。



写真-8 敷きならし・転圧状況

(3)供試体作製

使用するE-Conの性状試験を実施するために、生徒が①一軸圧縮試験用、②曲げ試験用および③ねじり骨材飛散試験用の供試体を作製した。

指導員の指示に従って、積極的に供試体を作製していたが、計量値の間違いや締固め不足が見られた。興味を持って積極的に参加する生徒が多数いたので、実際に試験を体験して欲しかったが、試験機械の都合上、技術研究所で試験を実施した。試験結果は、目標値を満足し、問題のないE-Conの製造ができていた。



写真-9 供試体作製状況

施工完了時に被膜養生剤を散布後、養生マットで覆い7日間湿潤養生を行った。完成状況を写真-10に示す。



写真-10 完成

3-4 CO₂濃度測定

密閉した容器内のCO₂濃度の変化から、E-Conの副次効果である時間当たりのCO₂固定量を算出するのは、当社オリジナルの測定方法である。CO₂濃度測定器と現場での密閉状況を写真-11に示す。

施工後の測定は、工業高校の協力により定期的を実施する。毎月1回、容器内の二酸化炭素濃度変化を測定し、半年から一年後までの測定を予定している。



写真-11 CO₂濃度測定機器(左)、密閉状況(右)



写真-12 CO₂濃度測定状況

4. 今後の課題

4-1 E-Conの製造

今回の施工では、生徒の体験を重視して現地でモルタルミキサを用いた混合を実施したが、近隣の生コン工場からE-Conを出荷し、現場へ運搬することが可能であることも確認できた。水砕スラグ砂および再生コンクリート骨材の供給が可能であれば、生コン工場の協力により出荷可能である。小規模施工での現地混合による施工は、比較的容易に行えることが確認できた。

ただし、使用材料の含水比によりE-Conの性状が変化するため、状況に応じた計量値の変更が発生する。品質の安定には、熟知した管理が必要である。

4-2 敷きならし・転圧

人力による敷きならしでは、表面の仕上がりおよび端部の締固めが不均一な箇所が発生した。転圧時

間の差が表面の仕上がりに影響し、余盛の過不足が端部の仕上がりに影響する。構造物との取り合いや、縦断的なすり付けが発生し、縦断勾配が短区間で変化する場合は、転圧方法の検討を事前に行う必要がある。

開粒度タイプのE-Con舗装では問題なかったが、密粒度タイプの今回は、ハンドガイドローラではなく、コンバインドローラやタイヤローラの仕上げ転圧が望ましい。

4-3 CO₂削減効果の継続性確認

施工が完了して期間が短いためCO₂固定効果の継続性に関する確認はできていないが、今後の継続した調査結果を整理し確認を行う。効果の継続性延長の方策や機能回復方法なども検討していきたい。また、施工性の簡素化や既設の土間コンクリートの上部へ薄層のE-Con舗装を行う等、新しい可能性を模索することも必要である。

4-4 産学連携への期待

工業高校としては、日常学校教育の中では体験することのできない施工体験を行うことで、インターンシップ同様の効果が期待できるとともに、環境に配慮した最新の舗装技術も体験できる。早期のキャリア教育により、建設業の担い手不足解消へ向けた効果が期待できるとともに、CO₂削減効果が期待されるE-Con舗装のPR・普及も期待できる。

5. おわりに

施工に対する生徒の感想はそれぞれであったが、今回の体験により将来の仕事が身近に感じられるようになったのではないだろうか。感想の一部を以下に紹介する。

- ①「体を動かす事が得意なので、敷きならし・転圧などの作業は難しかったが、自分には向いていると思った。」
- ②「材料の計量作業や供試体の作製は、根気がいり慎重な作業だったが楽しかった。」
- ③「普段の生活ではできないことが体験できた。これからの就職活動に活かしていきたい。」

施工後もCO₂濃度の測定を継続的に実施し、環境に配慮した工法や取組みについて認知度が向上することは、道路建設業界への興味が深まるきっかけになる。今回の施工体験を通して、高校生に道路建設の仕事を身近に感じてもらえる貴重な施工が行えたと考える。

企画・準備段階から施工まで、ご協力いただきました本店エンジニアリング部、技術研究所、景観課および広報課の皆様には、心よりお礼申し上げます。

交差点部における早強タイプの Fi-mix 工法適用事例

津守 信和*

1. はじめに

滋賀県長浜市は、県北東部に位置する湖北地方の中心地で、長浜城の城下町として整備され、長浜城廃城後は市内中心にある大通寺(長浜御坊)の門前町として発展してきた。

今回の工事は、大通寺前のメイン道路の改良工事で、長浜市の発注で地元業者が受注し、当社は道路の舗装工事を請け負った。その中で大通寺前面の交差点は、お寺と商店街とをつなぐ交差点になっており、車両往来が多く、既設の石畳舗装に早期の破損が生じるという問題があった。

当該工事は、当社で初となる早強タイプのFi-mix工法を使用することにより、早期交通開放を行い、元発注者より高評価を得た事例である。

本文では、早強タイプのFi-mix工法について、早強タイプの開発と工事への適用等について述べる。

2. 工事概要

工事概要は、以下に示すとおりである。当該工事では、交差点部のFi-mix工法に加え、車道部および歩道部で「涼畳」の施工も行っている。

工事名：市道三の宮南伊部線道路舗装工事
 工事場所：長浜市元浜町三の宮南伊部線内(図-1)
 (大通寺前メイン道路)

工期：平成27年6月8日～平成27年7月25日

施工延長：全体約L=130m

主要工種

交差点部：石畳舗装(Fi-mix工法) 31m²
 車道部：石張風保水性舗装(涼畳) 522 m²
 歩道部：石張風保水性舗装(涼畳) 196 m²



図-1 工事場所位置図

*大阪支店京滋営業所工事長

3. Fi-mix工法早強タイプ

(1) 採用に至る経緯

当初、発注者とは、車道部および歩道部における「涼畳」の適用について話を進めていた。その中で大通寺前の交差点部が石畳舗装で、車両の通行が多く損傷が著しいことがわかり、その対策として当社のFi-mix工法を提案した。しかし、当該道路については、交通の要衝であるため、工事に伴う長期間の車両通行止めを行うことができず、施工当日の夕方には交通開放を行う必要があった。

これまで使用してきたFi-mix工法(以下、標準タイプ)では、交通開放まで3日程度は必要となるため、施工には早強タイプのFi-mix工法(以下、早強タイプ)の使用が不可欠となった。

(2) 早強タイプの開発

早強タイプの開発は、本店エンジニアリング部と技術研究所との連携によって実施した。

早強タイプの開発に関わる実験の手順は、以下に示すとおりである。

- ・モルタルに使用するセメントを普通セメントから早強セメントに置き換える。
- ・敷モルタルについては、標準配合で混合し鏝と定規で敷きならし作業の施工性を確認する。
- ・目地モルタルについては、標準配合で混合しJロートで充填作業の施工性を確認する。
- ・曲げ強度と圧縮強度を材齢1日、3日、7日および28日で確認する。
- ・それぞれのモルタルについて、ワーカビリティに問題が認められたら、加水量および減水剤量によって調整し、強度を計測する。
- ・強度の目標値は特に設定せず、結果を標準物性と比較する。

(3) 早強タイプの性状

敷きモルタルについては、普通セメントから早強セメントに置き換えることで、施工性に問題ないことが確認できた。しかし、目地モルタルについては、普通セメントから早強セメントに置き換えるだけでは、早強セメントの粉末度が高いため、フロー値の低下が認められ、目地への充填不足が確認された。そのため、減水剤を添加することにより、標準タイプと同等の施工性[フロー値: 5~9秒(J14ロート)]が得られることを確認した(写真-1~3)。



写真-1 目地モルタルの製造



写真-2 フロー値確認



写真-3 目地への充填確認

強度の結果については、図-2、3に示すとおりである。曲げ強度の材齢1日で比較すると、早強タイプは標準タイプに比べて目地モルタルで2.6倍、敷きモルタルで1.6倍の強度が得られた。いずれの材齢においても、早強タイプの曲げ強度は、標準タイプより高い値が得られた。

また、圧縮強度の材齢1日で比較すると、早強タイプは標準タイプに比べて目地モルタルで3倍、敷きモルタルで2倍の強度が得られた。いずれの材齢においても、早強タイプの圧縮強度は、標準タイプより高

い値が得られた(図-2、3)。

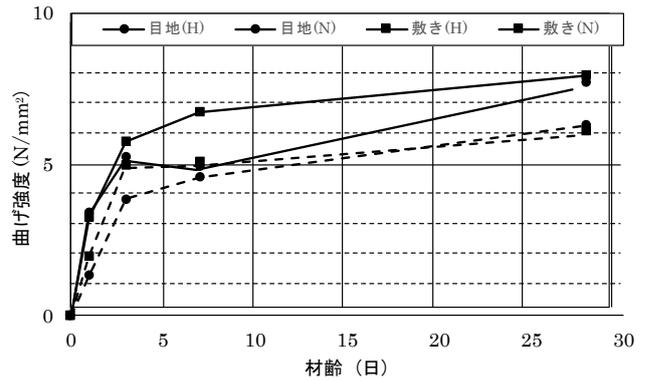


図-2 モルタルの曲げ強度(H:早強タイプ、N:標準タイプ)

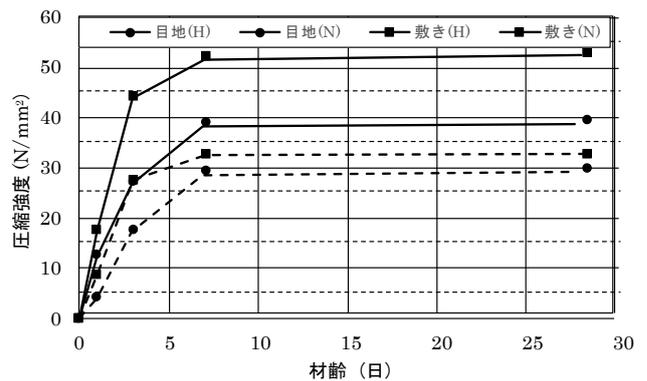


図-3 モルタルの圧縮強度(H:早強タイプ、N:標準タイプ)

4. 施工

(1) 施工断面

今回の石畳舗装における施工断面は、図-4に示すとおりである。

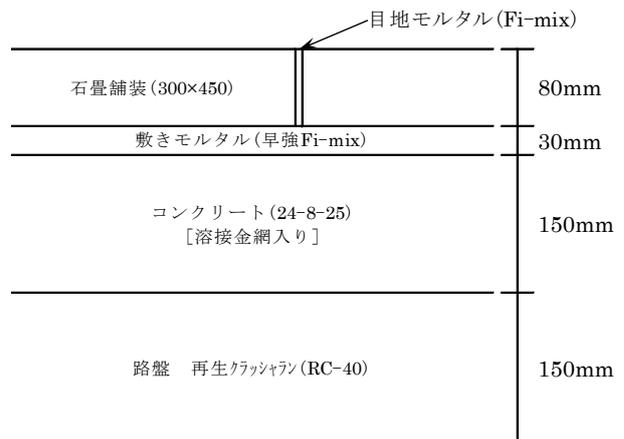


図-4 施工断面図

(2) 施工フロー

早強タイプの施工は、標準タイプと同様に図-5に示すとおりに実施した。なお、施工については、大部分が1日で終了したが、散水装置やマンホールが多く存在したため、その周辺の駄目回りのみ、翌日の施工となった。

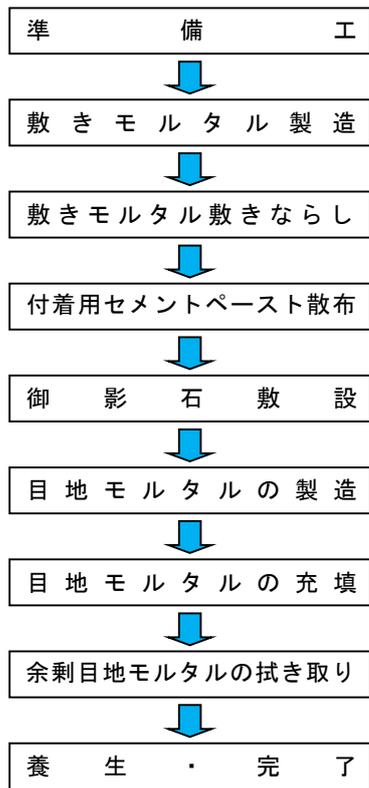


図-5 施工フロー図

(3) 施工状況

主な施工状況を写真-4～9に示す。



写真-6 御影石敷設(その2)



写真-7 目地モルタル(加水量 20%)



写真-4 敷きモルタル混合(加水量 10%)



写真-8 目地モルタル注入



写真-5 御影石敷設(その1)



写真-9 目地モルタル注入完了

(4) 施工結果

早強タイプの施工の流れは、標準タイプと同じで特殊性はない。しかし、敷きモルタルと目地モルタルともに早強タイプであるため、標準タイプと比べて強度発現が早く、施工時期も6月で気温が高いため、迅速な施工を心がけた。また、目地モルタルの注入においては、硬化が早いため、石の表面に付着したモルタル跡が残りやすく、付着したモルタルを速やかに拭き取るなど、ここでも迅速な対応を心がけた。

今回の施工では、以上のような留意点が事前に想定されたことから、石張りは熟練した職人による施工とし、その結果、問題ない仕上がりが確保できた。

(5) 交通開放

今回の施工では、目地モルタル注入から交通開放までの養生時間が、3時間程度しか確保できなかったため、交通開放後にタイヤのねじれにより石がずれるのを防止する必要があった。そのため、仕上がり面をシートやゴムマット等で養生した上で、交通開放を行った。その結果、石のずれは発生せず問題はなかった。施工完了写真を写真-10に示す。



写真-10 大通寺前交差点部施工完了

(6) 強度確認結果

現場で作製した供試体による材齢7日強度の結果は、表-1に示すとおりで、いずれも規格値を満足する値が得られた。

表-1 強度試験結果(材齢7日)

モルタル種別	曲げ強度 (N/mm ²)		圧縮強度 (N/mm ²)	
	測定値	規格値	測定値	規格値
敷きモルタル	4.17	4.0以上	19.0	15.0以上
目地モルタル	7.81		43.6	

5. まとめ

今回の早強タイプにおけるまとめを以下に示す。

- ①早強タイプは、初期の強度発現が標準タイプの2～3倍あるため、交通開放までの養生時間を十分にとることができない場所への適用は有効である。
- ②早強タイプは、初期の強度発現が早いため、迅速な施工が要求される。とりわけ気温が高い夏季にはその傾向が顕著となる。
- ③早強タイプは、迅速でかつ確実な施工が要求されるため、熟練した職人による施工が望ましい。
- ④早強タイプを適用したとしても、24時間に満たない時点で交通開放を行う場合は、シートやゴムマット等による養生を検討するのが望ましい。

6. おわりに

今回の施工に対し、いろいろとアドバイスや協力をしていただいた本店エンジニアリング部、技術研究所および大阪支店工事部をはじめとする関係各位にお礼申し上げます。

最後に、本文が今後当社で実施するFi-mix工法の類似工事などに役立てられれば幸いである。

耐久性を重視した打ち水ロードの施工

田中 努*
櫻井 邦学**

1. はじめに

打ち水ロードは、高空隙率の母体アスファルト混合物の空隙内に細粒砂を充填した揚水性を有する舗装で、新設のアスファルト舗装に比べて、夏季日中で路面温度を最大15℃程度低減する効果がある。

このたび、某大手ゼネコン機械工場内において、打ち水ロードを施工する機会を得て、特に耐久性を重視した施工を行い無事竣工した。

本報文では、この打ち水ロードの耐久性向上に向けた取り組みおよび施工概要等について述べる。

2. 工事概要

工事概要は、以下に示すとおりである。

打ち水ロードの施工範囲は、図-1に示す事務所棟周りの道路部分の3方向である

工事名：(仮)某大手ゼネコン機械工場建替工事

工期：平成27年12月～平成28年8月

(打ち水ロード施工：平成28年2月～3月)

施工面積：打ち水ロード 700m²

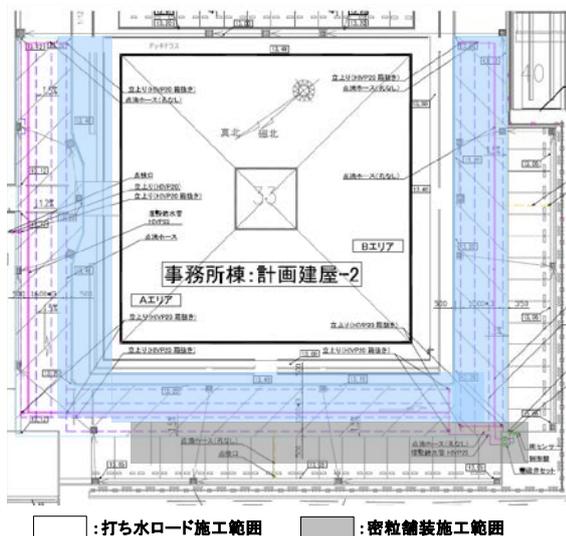


図-1 施工平面図

3. 打ち水ロードの概念

打ち水ロードの概念は、図-2に示すとおりである。表層下面に配した点滴パイプから供給した水を、母体アスファルト混合物の空隙内に充填した砂が揚水して、舗装表面に達した水が蒸発し、その時の気化熱によって路面の温度上昇を抑制するものである。

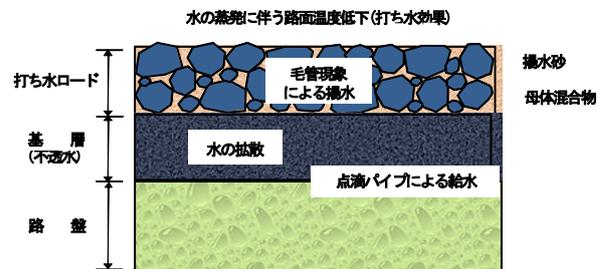


図-2 打ち水ロードの概念図

4. 施工における課題

施工における課題は、以下に示すとおりである。

(1) 骨材飛散(課題①)

打ち水ロードでは揚水効果を得るため、表層の表面から下面までの空隙に揚水砂を充填するので、母体混合物は高い空隙率(連続空隙率24%以上)を確保する必要がある。そのため、母体混合物は、一般のポラスアスファルト混合物よりも粗骨材の占める割合が高く、また、アスファルト量も少ない配合となる。したがって、タイヤによる据え切りやねじれによる骨材飛散が起こりやすいという弱点がある。

コーナー部分における骨材飛散例を写真-1に示す。



写真-1 コーナー部における骨材飛散例

このような打ち水ロードの弱点を考慮し、当初の発注者との打ち合わせでは、タイヤによる据え切りやねじれ作用が比較的少なくなる駐車スペース部分(図-1の灰色部分)への適用を提案した。

しかし、駐車スペース部分では、駐車により直射日光のあたる部分が少なく、打ち水ロードによる路面温度低減効果が薄れる。さらに、駐車スペースから事務所棟まで歩く人に、路面温度低減効果を実感してもらいたいことから、道路部分(図-1の水色部分)への適用を強く要望された。また、道路部分にお

*大阪支店大阪北営業所工事長 **同営業所

ける2箇所のコーナー部については、骨材飛散を防止するため、密粒度アスコンでの施工を提案した。しかし、道路部分すべてを同一の舗装面にしたいとの要望があり、道路部分すべてを打ち水ロードで施工することとなった。

その結果、いかにして骨材飛散を防止するかが、重要な課題となった。

(2) 給水管路の溝切り方法(課題②)

施工範囲全体に水を供給する必要があるため、幅25mm、深さ30mmの溝切りを長い延長で施工する必要がある。また、溝には点滴パイプを入れるため、切削後の清掃が必要である。

(3) 表層舗装時の導水シート等の養生方法(課題③)

施工範囲全体に導水シートおよびジオテキスタイルが張り巡らされているため、表層舗装時にダンブトラックがその上を通過する。特にコーナー部ではハンドルを切るため、損傷する可能性がある。

(4) 揚水砂の気乾養生期間と揮発確認(課題④)

揚水砂の充填作業では、充填と擦り込みおよび転圧を繰り返し行い、最後には水締め作業を行う。その後の気乾養生は、天候や湿度に大きく左右される。また、気乾養生後の水の蒸発確認も判断が難しい。

5. 施工

前述のような課題を克服するために行った施工と課題への対策は、以下のとおりである。

5-1 施工断面

今回の打ち水ロードにおける施工断面は、図-3に示すとおりである。

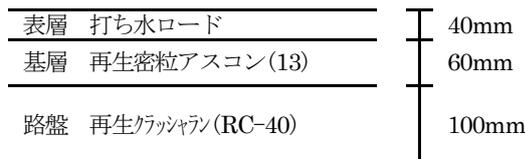


図-3 打ち水ロードの施工断面図

5-2 打ち水ロードの母体混合物

母体混合物に使用するバインダは、ねじれ抵抗性改善型ポリマー改質アスファルトが標準であるが、以下に示す理由により高耐久型ポリマー改質アスファルトを使用することとした。[課題①の対策]

- ・施工が気温の低い時期で、感温性の高いねじれ抵抗性改善型ポリマー改質アスファルトでは、混合物温度の低下に伴う締固め不足が発生しやすい。
- ・骨材飛散防止対策が必要なコーナー部分2箇所で、舗装の段取り替えが発生するため、前項と同様に舗装の締固め不足が発生しやすい。
- ・高耐久型ポリマー改質アスファルトにおけるねじ

り骨材飛散値は、ねじれ抵抗性改善型ポリマー改質アスファルトのそれとほぼ同等の性能を有する。母体混合物に使用した材料、配合割合、合成粒度および混合物性状を表-1~3に示す。

表-1 母体混合物の使用材料と配合割合

材 料	材 質	配合割合 (%)
6号碎石	硬質砂岩	84.5
粗 砂	海 砂	7.7
石 粉	石 灰 石	3.8
アスファルト	高耐久型ポリマー改質As (エバーフィックスHG)	4.0

表-2 母体混合物の合成粒度

ふるい目(mm)	19	13.2	4.75	2.36	0.075
通過質量百分率 (%)	100	98.6	20.9	12.7	3.4

表-3 母体混合物の性状

項目	密 度 (g/cm ³)	理論密度 (g/cm ³)	空隙率 (%)
性状	1.913	2.552	25
項目	安定度 (kN)	フロー値 (1/100cm)	動的安定度 (回/mm)
性状	5.9	30	12,600

また、技術研究所で実施した揚水砂の充填率は、目標値60%以上に対して、66.3%の結果が得られた。

5-3 施工フロー

打ち水ロード全体の施工フローは、図-4に示すとおりである。

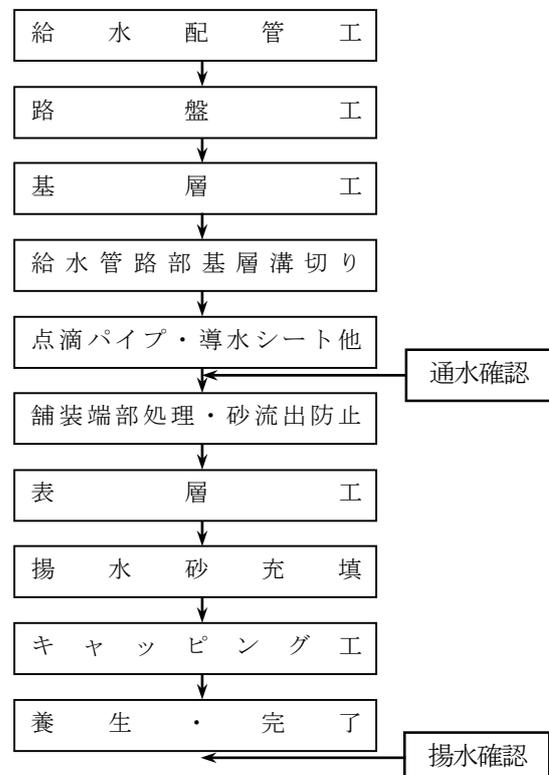


図-4 打ち水ロードのフロー図

5-4 施工

主な工程における施工方法を以下に示す。

(1) 給水管路部基層溝切り

基層の溝切りでは、乾式のロードカッターを用い、1枚刃の2台切りで施工した。また、カッターの後ろからはつり清掃班が作業することで、点滴パイプ施工班は、同日に施工を開始することができた(写真-2)。「課題②の対策」



写真-2 乾式ロードカッター2台切りと溝内はつり清掃状況

(2) 点滴パイプ・導水シート他

溝に導水シートを置き、点滴パイプを導水シートの上から溝に押し込むように入れ込み込んだ。シート敷設後、1m間隔でシーリング材を下流側に充填した。次に点滴パイプ保護のため、溝に5号珪砂を充填し、ジオテキスタイルを布設してコンクリート釘で固定した(写真-3)。



写真-3 点滴パイプ・導水シート・ジオテキスタイル敷設完了

(3) 表層工

導水シート部を避けてタックコート(ゴム入り乳剤)を散布した。タイヤが通る箇所はベニヤ板で養

生「課題③の対策」し、舗設前に養生を撤去してから清掃を行った。

母体混合物の十分な締固め度を確保するため、フィニッシャによる敷きならし、マカダムローラによる初転圧および振動ローラによる二次転圧を行い、特にコーナー部では入念な締固めを行った(写真-4)。「課題①の対策」



写真-4 母体混合物舗設・転圧状況

(4) 揚水砂充填

表層の空隙に揚水砂(カラーサンド)を充填した。充填では、ブラシを用いて擦り込みおよびインターロッキングブロック用ゴム巻プレートによる振動充填を行った(写真-5)。

数回充填を繰り返し、最後に水締めによる充填を行った。水締め後、細粒材が乾燥するまで気乾養生し、再度不足分を充填し、その後ブラシやハンドスイーパーを使用して余剰細粒分を取り除き、上面から2mm低く仕上げた。



写真-5 揚水砂充填状況

(5) キャッピング工

揚水砂充填後、数日間晴天下において気乾養生を行い、砂が水分を含んでいないことの確認は、施工予定日前日の昼ごろと施工予定日当日の早朝に1 m²の防炎シートを貼り付け、2時間後に設置面に水滴が付着しているかどうかで判断した。「課題③の対策」

骨材の飛散防止のため、MMA樹脂は標準散布量(0.2~0.3 ㎏/m²)に対して、一般部で0.35 ㎏/m²、コーナー部で0.4 ㎏/m²とした(写真-6)。「課題①の対策」



写真-6 MMA樹脂散布状況

6. 揚水性の確認

キャッピングの樹脂が硬化後、表面に水を流して浸透性の確認を行った。その結果、一般部およびコーナー部とも浸透し、揚水効果を有することが確認できた(写真-7)。



写真-7 水の浸透確認

7. 追跡調査

施工4ヶ月後に行った追跡調査結果を以下に示す。

(1) 供用状態の確認

打ち水ロードには、骨材飛散や揚水砂の逸脱等はまったく認められず、良好な状態を維持していた(写真-8)。



写真-8 供用後の打ち水ロード(施工4か月後)

(2) 路面温度低減効果の確認

給水後の打ち水ロードにおけるサーモカメラの画像を写真-9に示す。給水管付近では明確な路面温度低減効果が認められるが、路面温度にむらがあり、給水管から離れた場所への水の供給が十分でないことがうかがえた。



写真-9 サーモカメラの画像(右は通常の写真)

8. まとめ

今回施工した打ち水ロードにおけるまとめを以下に示す。

- ① 打ち水ロードは、通常の舗装とは異なり、多くの複雑な工程を伴うため、正確で丁寧な施工が要求される。今回の施工では複数の課題を克服し、おおむね良好な施工ができたと考えられる。
- ② 施工4ヶ月後の夏季高温期においても、骨材飛散等の損傷は認められず、良好な状態を維持していることから、母体混合物および施工面での対策の効果が現れているものと考えられる。
- ③ 路面温度低減効果にむらが認められるため、給水量や給水間隔等の再検討が必要である。

9. おわりに

今回の施工に対し、多岐にわたり指導、協力をいただいた株式会社AKI、本店エンジニアリング部、技術研究所および大阪支店工事部の関係各位にお礼申し上げます。

最後に、本報文が今後当社で実施する打ち水ロードの施工に役立てれば幸いです。

最終処分場における AML 工法の施工

喜多 秀敏*

1. はじめに

福岡市・春日市・大野城市・太宰府市および那珂川町の4市1町は、廃棄物の中間処理施設と最終処分場の確保、適正配置および効率的な管理運営等を目的に「福岡都市圏南部環境事業組合」を共同設立し、平成28年度内の稼働に向け事業推進に取り組んできた。

本文は、福岡都市圏南部最終処分場建設工事における底盤部の遮水工法「AML工法」の工事概要および施工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。

- ・工事名：福岡都市圏南部最終処分場建設工事
- ・元発注者：福岡都市圏南部環境事業組合
- ・施工場所：福岡県大野城市中地内(図-1参照)
- ・当社工期：平成27年5月7日～平成27年8月31日
- ・工事内容：底盤部「AML工法」A=13,744m²



図-1 位置図



図-2 平面図

3. AML 工法について

3-1 概要

AML(Asphalt Multi Liner)工法は、下部遮水層の

水密性アスファルト混合物(以下、水密性アスコン)と保護層のアスコンによって、上部遮水層である遮水シートを挟み込み一体化した、安全で高耐久な二重遮水工法であり、最終処分場に搬入される廃棄物からの溶出物の流出を遮断し、周辺環境を保護する。

3-2 特徴

AML工法の特徴を以下に示す。

- ①遮水シートをアスコンで上下から保護しているため、安全で強固な構造となる。
 - ②遮水シートの保護を目的とした砂層が不要となるため、埋立て容量が増加し、車両走行も可能である。
 - ③表層を排水性舗装にした場合、処分場底面全体を排水性に優れた面排水とすることができる。
- 本工事における構造図を図-3に示す。

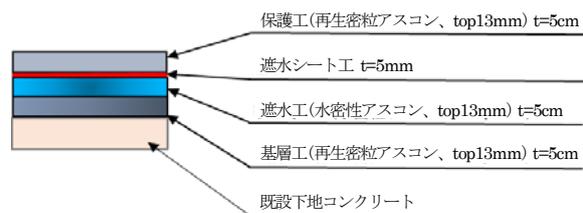


図-3 本工事の構造図

3-3 適用箇所

AML工法は、廃棄物最終処分場や貯水池などの遮水層として適用される他、汚染物質を取り扱う箇所の遮水層として適用される場合もある。

4. 試験練り

水密性アスコン(13)(ポリマー改質As II型)の混合物性状と、プラントにおける混合条件を決定する目的で、試験練りを行った。アスファルト量は室内配合のOACで実施した。試験練り条件を表-1に示す。

試験練りの結果、OAC(7.8%)で問題ないことを確認した。

表-1 試験練り条件

配合名	水密性アスコン(13) (ポリマー改質As II型)		
	-0.2%	OAC	+0.2%
アスファルト量 (%)	7.6	7.8	8.0
ドライ (秒)	10		
ウェット (秒)	40		
骨材加熱温度 (°C)	190±10		
アスファルト加熱温度 (°C)	175±10		
混合物温度 (°C)	175±10		

*九州支店福岡営業所工事主任

5. 施工

5-1 基層工(レベリング層工)

本現場は、岩盤上の下地コンクリート施工後、レベリング層として基層を施工した。タックコートを所定量(0.4L/m²)均一に散布・養生後、アスファルトフィニッシャにて所定の厚さとなるように敷きならし、マカダムローラ(10t)による初転圧、タイヤローラ(8t)による二次転圧を行った。施工状況を写真-1に示す。



写真-1 基層工施工状況

5-2 下部遮水層(水密性アスコン)

基層完了後、アスファルトフィニッシャにて所定の仕上がり厚さになるように水密性アスコンを敷きならした。施工速度は、水密性が確保できる5m/min程度とした。

混合物性状(流動性が大きく、仕上げが収まりにくい)を考慮し、初転圧はタンデムローラ(3t)、二次転圧はコンバインドローラ(4t)で行った。

施工状況を写真-2に示す。



写真-2 下部遮水層施工状況

5-3 上部遮水層(遮水シート)

下地の清掃を入念に行い、十分に乾燥していることを確認してからプライマーを塗布した。プライマーは、ローラー刷毛などを使用し規定量(0.3kg/m²)をムラなく均一に塗布したのち、十分に乾燥させた。

本設置に先立ち、ロール状の遮水シートを仮敷きし、方向取り、寸法取りおよび重ね合わせ幅を調整した。

遮水シートの長手方向の重ね幅は100mm以上とし、幅方向の重ね幅は150mm以上とした。

仮敷きし、位置取りのできたシートを再度巻戻し、シートの両耳が平になるようにした。

遮水シートの貼り付けは、トーチバーナで遮水シート裏面および下地を均一に加熱し、裏面の改質アスファルトを溶融させながら平均に押し広げて密着させた。

遮水シート相互の重ね合わせ部は、改質アスファルトがはみ出すまで十分に溶融加熱させ、焼きゴテなどを用いて、重ね合わせ部を十分に押し込み、確実な接着性と水密性を確保した。

施工状況を写真-3、4に、遮水シート設置完了状況を写真-5に示す。



写真-3 遮水シート施工状況



写真-4 遮水シート施工状況



写真-5 遮水シート施工完了状況

5-4 保護工

遮水シート完了後、アスファルトフィニッシャにて所定の厚さとなるように再生密粒アスコンを敷きならし、初転圧はマカダムローラ(10t)、二次転圧はタイヤローラ(8t)、仕上げ転圧はコンバインドローラ(4t)で行った。

フィニッシャを移動する際やダンプトラックの旋回の際には、遮水シートを損傷しないようにブルーシート上にコンパネを並べてシートの養生を行った。

また、アスファルト合材が飛散した場合には、舗設レーンのシート上を入念に除去し、遮水シートの損傷が生じないようにした。

施工状況を写真-6に示す。



写真-6 保護層施工状況

5-5 水密性アスコンの施工における工夫

(1) 施工時

アスファルト混合物の運搬時は、温度低下(到着温度155℃以上)をできるだけ防ぐため、保温シートを2枚使用した。初期締固めは、敷きならし直後、直ちにタンデムローラ(3t)にて行うようにし、二次転圧はコンバインドローラ(4t)にて、混合物が落ち着く温度(120~100℃程度)にて行った。

施工中は、舗装表面が緻密で均一になるように留意し、不均一な箇所はコテやバーナ等を使用して入念に仕上げた。急勾配の場所(進入道路部)は、下から上に向かって施工した。

(2) 機械

遮水工の施工ジョイント部は、アスコンを一体化し、水密性の向上を目的に、図-4のように斜め仕上げにする。そのため、写真-7に示すようにフィニッシャ端部に鋼材を溶接し改造した。

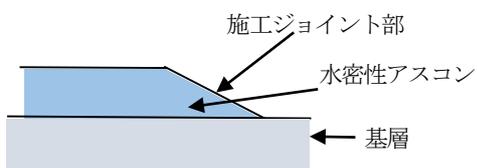


図-4 ジョイント部断面



写真-7 ジョイント部の端部加工

コールドジョイント部の施工は、水密性をより確実にするため、写真-8に示すようにジョイントヒータを使用した。その結果、緻密な面に仕上げることができた。



写真-8 ジョイントヒータ設置状況

5-6 品質管理

(1) 真空透気量試験(遮水舗装工)

現場における水密性アスコンの遮水性の確認は、真空透気量試験によって行った。

真空透気量試験の条件は、下記に示すとおりである。

- ・初期負圧：0.053MPa
(=397cmHg、=0.54kgf/cm²)
- ・1分間の圧力上昇：0.0027MPa以下
(=2cmHg、=0.03 kgf/cm²)

試験温度条件が表面温度5℃未満(本現場は、日中の表面温度が35℃を越える時期)であったので、たとえ表面温度が35℃未満であっても午後の時間帯の試験は避け、混合物内部の温度も安定している午前中の早い時間帯に実施した。測定位置は、施工ライン毎にジョイント部および中央部の各1箇所とした。

真空透気量試験の位置図を図-5に、試験状況を写真-9に示す。真空透気量試験の結果は、すべて良好で基準値内であった。



図-5 真空透気量試験の位置図



写真-9 真空透気量試験

(2) 負圧検査(気密検査「容器方式」)

遮水シート接合部試験は、負圧検査により行った。対象箇所に石鹸水等を塗布した後、負圧検査機をセットし減圧を行った。

合否の判定は、6.7kPa(50mmHg)程度に減圧し、10秒間程度保持して、気泡が観察されなければ合格とした。不合格の場合は、熱溶着をやり直するか、パッチ補修を行い再度検査した。

試験結果は、気泡が無く、すべて合格であった。検査概念図を図-6に、試験状況を写真-10に示す。

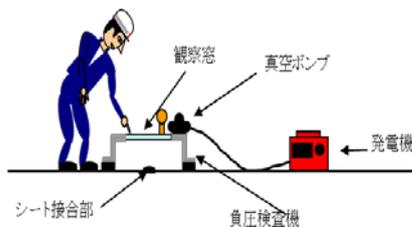


図-6 負圧検査概念図



写真-10 負圧検査状況

6. まとめ

非常に暑い時期での施工であり、熱中症等の危険を伴いながらの厳しい環境であったが、無事故で合材の温度低下等の品質低下もなく、目標の水密性を確保することで、施主からも好評価を得られた。



写真-11 完成写真

7. おわりに

本工事にあたり、本支店をはじめ、全工事関係者の皆様からご指導、ご協力をいただき深く感謝申し上げます。

運輸倉庫における MMA 樹脂によるプラットホーム床の補修事例

土肥 武文*

1. はじめに

20 年以上前に建てられた民間運輸倉庫のプラットホームの床(コンクリート床版)には、フォークリフトの通行および経年劣化によって、剥離、磨耗、ひび割れ等の破損が顕著に発生していた。時間的な制約条件から、MMA 樹脂による床の補修を行った

本文は、MMA 樹脂によるプラットホーム床の補修事例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。

- ・ 工 事 名 : 某運送会社プラットホーム床補修工事
- ・ 施工場所 : 福岡県北九州市小倉北区
- ・ 工 期 : 平成28年5月2日～5月5日
- ・ 工事内容 : 床補修 A=664.9m²

3. 施工方法の選定

当該倉庫は建設後20年以上経過し、プラットホームのコンクリート床版の劣化が激しく、本来なら打換え工法による補修が望ましい状態であった。しかしながら、発注者からの要望として、倉庫の運営は停止期間が取れないため、指定した限られた時間での補修が要求された。

以上の条件より、MMA 樹脂による RC-M 工法を提案した。その工法の特徴を以下に示す。

- ①硬化時間が短い。
 - ・ 施工終了後 1～2 時間で開放可能。
- ②低温でも硬化する。
 - ・ オールシーズン施工可能で、低温-20℃でも短時間で硬化する。
- ③高強度で薄層施工が可能である。
 - ・ 骨材との優れた接着力で、セメントコンクリートの約 4 倍の強度がある。
 - ・ 厚さ 5mm で施工できる。
- ④優れた耐久性がある。
 - ・ 耐水性、耐摩耗性、耐候性、耐薬品性等に優れ、特に有機酸には優れた耐薬品性を発揮する。

4. 施工方法

4-1 工区割

比較的荷物の少ないゴールデンウィーク期間中に、図-1 のように 3 分割して A 工区から順次施工することとした。

*九州支店福岡営業所工事主任

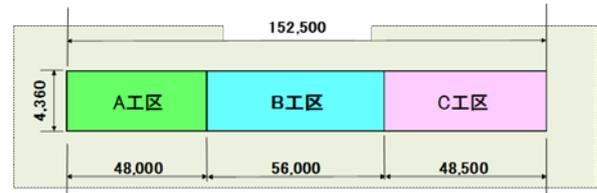


図-1 工区割 平面図

4-2 RC-M工法の断面

今回採用したコンクリート床版補修のRC-M工法の断面図を図-2に示す。

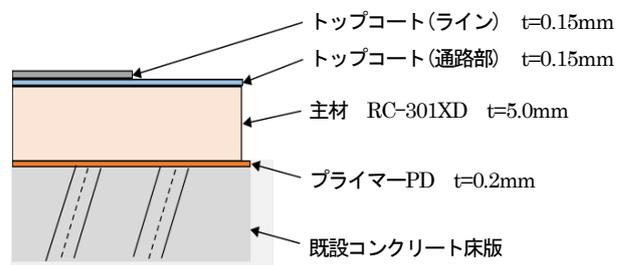


図-2 RC-M工法断面図

4-3 施工手順

施工手順を以下に示す。

(1) 下地処理

既設コンクリート版面に脆弱層がある場合、樹脂モルタルの付着に大きく影響を与えるため、下地処理としてショットブラストによる研掃を行った。ショットブラストの施工状況を写真-1に示す。



写真-1 ショットブラストの施工状況

また、施工端部や既設コンクリートの破損箇所等の処理方法を以下に示す。

①施工端部(未施工部の境界)

既設床版面との段差解消と端部の剥がれ防止のため、カッター目地による「見切り」を設置した。その断面図を図-3に、施工状況を写真-2に示す。

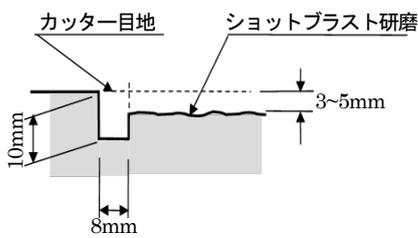


図-3 表面処理断面



写真-2 カッター目地の施工状況

②破損箇所の処理

クラック発生箇所は、電動ピック等ではつり撤去した。幅の狭いクラックでは、樹脂モルタルがクラック中に入らないので、図-4と写真-3に示すように、ダイヤモンドカッターで深さ1cm程度の切込みを入れた。

段差、キズの激しい箇所やはく離、浮き等の破損箇所は電動ピック等で除去し、鉄筋部にサビ止め処理を行った後、樹脂モルタルにて補修し固定した。

処理断面を図-5に、処理状況を写真-4、5に示す。

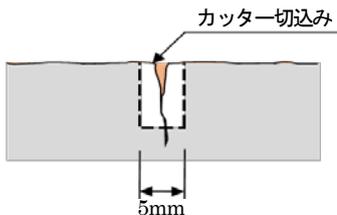


図-4 クラック(狭小)部の処理断面



写真-3 カッター切込み状況

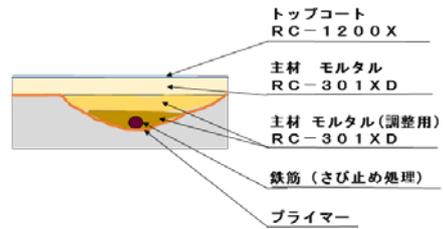


図-5 「はく離」「浮き」部の処理断面



写真-4 はく離による破損箇所



写真-5 調整モルタル完了

③異物、油分付着箇所の処理

下地にアスファルト等の異物や油分が付着している箇所については、事前に電動ピック等で除去した。

(2)プライマー塗布(プライマーPD)

一般部には、一液のプライマーPDを使用し、鉄板や狭小部等には、RC-301XDプライマーを使用した。

含浸系で樹脂モルタルと合わせて接着力を発揮するので、ローラーや刷毛にてムラのないよう均一に所定量(プライマーPD: 0.25~0.35kg/m²、RC-301XDプライマー: 0.10~0.15kg/m²)塗布した。

プライマーを全体が濡れた状態に見えるように塗布し、下地に吸い込まれて十分に塗膜が形成されているかを確認した。厚すぎると凝集破壊を生じる場合があるので十分に注意した(写真-6、7)。

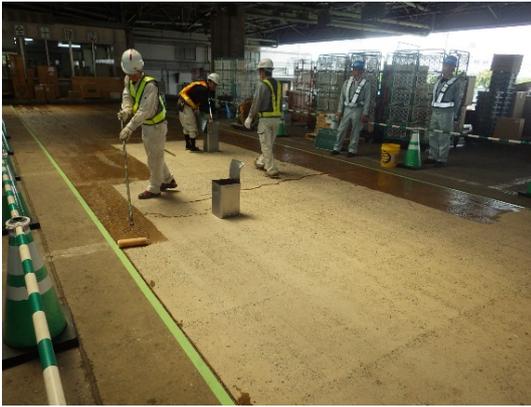


写真-6 プライマー塗布状況



写真-8 樹脂モルタル攪拌状況



写真-7 プライマー塗布状況



写真-9 樹脂モルタル施工状況

(3) 樹脂モルタル(RC-301XD)

1施工毎の数量に合わせて、RC301XDの樹脂液に硬化促進剤ナフテン酸コバルト、着色剤(トナー)および硬化剤パーメックNをモルタルミキサーにて攪拌・混合後、骨材を混入した。樹脂と骨材が馴染んだ時点で施工場所に塗布し、金ゴテ等で均一に仕上げた。なお、金ゴテを使用する作業員は、樹脂の表面をできるだけ荒らさないように下駄を履いて施工した。

硬化剤パーメックNの量は、施工時の季節や気温により微妙な調整が必要で、硬化不良やはく離の原因になるので注意しなければならない。

目標散布量は $10\text{kg}/\text{m}^2$ で、硬化時間は約2時間であった。樹脂モルタルの攪拌状況を写真-8に、樹脂モルタルの施工状況を写真-9に示す。

(4) トップコート(RC-1200X)

RC-1200Xの樹脂液に着色トナー(グレー)と硬化剤ナイパーを入れ、モルタルミキサーにて混合した。混合完了後、ローラー刷毛にて所定量($0.35\text{kg}/\text{m}^2$)を均一に塗布した。

硬化時間は約0.5時間であった。トップコートの状況を写真-10に示す。



写真-10 トップコートの施工状況

(5) ライン(RC-1200X)

トップコートと同じ要領で、RC-1200Xの樹脂に着色トナー(白)と硬化剤ナイパーをモルタルミキサーにて混合した。混合完了後、ローラー刷毛にて18cmの幅で塗布した。

ライン施工状況を写真-11に、施工完了を写真-12に示す。



写真-11 ライン施工状況



写真-12 施工完了

5. まとめ

今回の施工で特に留意した点は、下地処理を行った際にコンクリート面に不純物(埃、ゴミ、オイル等)の汚れがないか入念に確認することである。特にオイル等の染み込み箇所の除去が不完全な場合、施工後にブリストリング(膨らみ)が生じ、樹脂の剥がれの原因になる。

MMA 樹脂による床補修は、耐摩耗や耐衝撃性に優れており、施工性も良好で、日々の計画工程に遅れを生じることにはなかった。施工においては3日間共、路面温度が18℃であったので、硬化剤の調整で硬化時間も調整でき、十分に養生することができた。

また、すべての機械に集塵機を取り付け、客先の荷物や作業員に粉塵の災害がないよう配慮したことで、発注者からも好評であった(写真-13、14)。



写真-13 集塵機(ショットブラスト)



写真-14 集塵機付カッター

6. おわりに

現在、2工場とも不具合は発生しておらず良好な状態であるが、今後、定期的に経過を観察していきたい。

施工が期間を限定されたゴールデンウィーク中であつたにも関わらず、提案から施工までご指導・ご協力頂いた社内外関係者および全従事者の方々に厚く御礼申し上げます。

汚染土措置を伴う化学工場施設解体の施工事例

藤井 誉伸*
柳 和男**
安嶋 正徳***

1. はじめに

本工事は、某社化学工場の解体とともに、汚染土措置を伴うものであった。当初は、工場建屋などの解体撤去と、土間下に存在する鉛汚染土壌の掘削および場外搬出運搬のみの工事であったが、工事の途中で発生した、敷地内に埋設処分された汚泥や作動油による油汚染土壌、既存杭の撤去なども追加発注となった。その都度、発注者から対処案を求められて苦慮したが、創意工夫と対応提案によって、発注者の信頼を得て、無事工事を進めることができた。

本文は、汚染土措置を伴う化学工場施設解体の施工事例について報告するものである。

2. 工事概要

- ①工 事 名：某工場解体撤去・土壌措置(改良)工事
- ②工事場所：埼玉県内
- ③工 期：平成27年4月2日～平成28年10月31日
- ④工事内容

＜当初発注工事内容＞

- ・敷地面積および対象地の位置(図-1参照)

Aエリア	72,545m ²
Bエリア	31,053m ²
Cエリア	3,836m ²
- ・事前調査

家屋調査	35軒
アスベスト調査	40検体
PCB調査	40検体他
- ・建屋解体

Aエリア	97棟
Bエリア	29棟
- ・工作物解体

ラック・テント物置他	1式
------------	----
- ・外構解体

舗装	23,284m ²
側溝・排水管	6,060m
フェンス撤去	2,959m他
- ・汚染土処置

鉛汚染土掘削搬出	4,925m ³
----------	---------------------

＜追加工事内容＞

- ・浚渫汚泥処理(鉛無) 1,593m³
- ・特管浚渫汚泥処理(鉛有) 108m³
- ・杭内ボーリング調査 499本
- ・杭内洗浄 230本
- ・特管汚泥処理(杭内) 82t
- ・特管廃液処理(杭内) 50t
- ・油汚染土処理 5,320m³
- ・既存杭撤去 230本

*関東支店埼玉営業所工事長 **同営業所専門役 ***同営業所工事主任

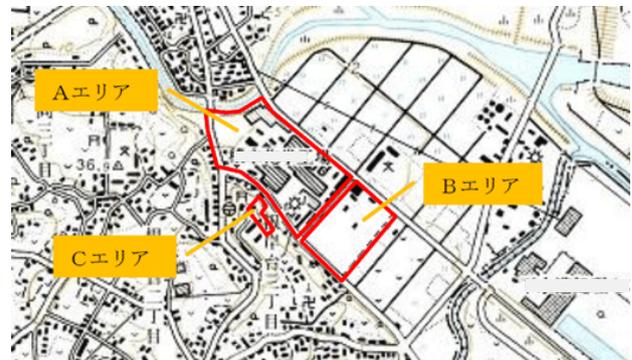


図-1 対象地の位置

3. 解体工事

3-1 建屋の解体

6階建ての建屋と県道が、わずか2m程度の離隔しかないため、安全に配慮して100tクラス(SK950)のロングアームを使用して解体した(写真-1参照)。また、相番機としてSK480ロングと補助機としてSK350を使用した。SK950は先端から散水する装置が付いており、粉塵の発生を抑制することができる。また、足場の解体時には無線機で連絡を密に取り合いながら進めたため、事故なく無事終了することができた。



写真-1 建屋解体状況

3-2 基礎の解体

水を大量に使用する工場であったため、地下には400 m³、600 m³および800 m³と大きなピットが存在した。通常、解体機械はピット内に降りて作業するが、SK950のロングアームを生かすことにより地上からの解体が可能となり、スムーズかつ安全に解体を進めることができた。

3-3 地下に残された産廃の処理

基礎の解体時に、建屋の土間下にはプラスチックや成形不良の製品ゴミが多数発見された(写真-2参

照)。大きなものは人力で分別除去できたが、小さなものは、移動式スクリーン(10tクラス、写真-3参照)でふるい分けて分別・減量化し処分した。

・処分施設：(株)ユーワ(埼玉県所沢市、バラ)



写真-2 地中産廃



写真-3 移動式スクリーン

3-4 鉛入り成形物の処理

事前のヒアリングにおいて、鉛入り添加剤の粉が杭の中だけではなく、セメントで成形されたものもあることが判明していた。この鉛入りコンクリート成形物は、通常の管理型処分場には持ち込めないため、最終的にはJX金属環境(株)にて処分することとした。

3-5 外構工作物の解体

宅地エリアになるAエリア内には、市の雨水排水管が通っており、それを傷つけないように外構工作物を撤去した。一方、商業施設エリアになるBエリア内には、地下構造物がほとんどないため、舗装下の碎石を再利用できるように残して撤去したので、大幅に撤去処分費用が低減でき、発注者に喜ばれた。

3-6 変電施設のコンクリート解体

特高変電所の解体時に、古い門型トラスの基礎が出てきた。過去に変電施設の門型トラスを解体する際、近隣から振動の苦情が複数あり、古い門型コンクリート基礎を地中に埋め殺したものであった。そこで今回は、近隣への振動・騒音を考慮し、静的破碎方法(バースター工法)の提案を行い採用された(写真-4参照)。

油圧によって1シリンダー当たり250tの静的圧力を加えることができるバースター工法により、振動・騒音を抑えて正確に破碎撤去できた。



写真-4 バースター工法破壊状況

3-7 杭の引き抜き

当初設計では、杭はすべてGL-3mで切断すること

になっていたが、外周の道路拡幅部分、河川の盛土部分および商業施設の下は、すべて杭を引抜くことに変更された。当現場では年代の異なる様々な種類の杭があったため、引抜きには4種類の機械を使用した。松杭ではバックホウによる掘削・引抜き、調査工の杭ではラフタータイプのケーシングマシン、φ150~350のPC杭ではバックホウタイプのケーシングマシン、φ400~450のPC杭には50tクローラータタイプのケーシングマシンを使用した。

4. 処理工事

4-1 アスベスト処理

(1) レベル1の処理方法

工場建屋の解体前にアスベストの調査を行った。図面に記載のある部分以外に、内装解体中に発見された吹付けアスベストについて、労基署と埼玉県環境事務所に届出書を提出し、届出どおり密閉空間を作り、県の立会検査後に除去を行った(写真-5参照)。

・処分施設：JX金属環境(株)(日立市、専用2重袋)



写真-5 レベル1埼玉県養生立会検査状況

(2) レベル2の処理方法

工場の操業停止後の調査において、停止後にしか採取できなかったダクトのパッキンからアスベストが検出された。この処理については、パッキン前後でダクトを切断し、工場内のテント倉庫を利用して密閉空間を作り、負圧にして解体し、減量処理を行ったうえで処分した。

・処分施設：JX金属環境(株)(日立市、専用2重袋)

(3) レベル3の処理方法

工場が古く、スレート類はほとんどがレベル3であった。この処理については、散水や飛散防止剤を散布のうえ、足場や高所作業車を使用し、人力にて取外しを行い割れない様に集積搬出を行った。(写真-6、7参照)

・処分施設：(株)千佳(栃木県那須塩原市、バラ)



写真-6 レベル2養生状況 写真-7 レベル3撤去状況



写真-9 汚染土掘削状況

4-2 PCB処理

工場内すべての蛍光灯の安定器を取り外し、調査を行った(写真-8参照)。27個の高濃度PCB入りの安定器が発見され、これらは工場内のコンテナボックスに適正に保管し、その後に別の工場に移動して、処理を待つことになった。また、コンデンサー・リアクトルの天端に穴を開け、12台のオイルを調査した。こちらには、PCBは発見されなかったため、廃油として処理した。

- ・処理施設：JXエネルギー



写真-8 安定器調査状況

4-3 鉛汚染土処理

建屋解体後、汚染土処理区域(図-2参照)とその周辺の土間を撤去した。地下水位がGL-2.0mに存在することから、掘削に伴う汚染土からの溶出を防ぐために山留を打設した。なお、溶出が懸念されるシートパイル部には、防水剤を塗布して汚染が拡散しないように配慮した。また、山留打設は圧入工法としたが、N値60を超える場所はオーガー併用圧入工法を採用した。山留打設後の汚染土掘削状況を写真-9に示す。

- 処理施設：(株)ジー・イーテクノス横浜事業所(バラ)
- 三井商事(株)(千葉県八千代市、バラ)

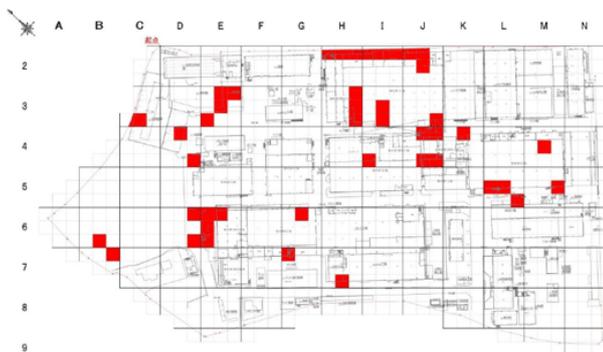


図-2 汚染土処理区域図(Aエリア)

4-4 浚渫汚泥処理

高度成長期には、工場排水がすぐ横を流れる川に放流されていたため、鉛汚染土が川底に堆積した。そのときに浚渫した泥土がグラウンド下に埋設処分されていた。本工事においては、汚染度調査を実施し、汚染していない泥土は一般土砂と同じようにトラックに積込み搬出処理した。泥土の積込み状況を写真-10に示す。

- ・処分施設：(株)デイ・シイ(川崎市 バラ)

一方、高濃度の鉛を含む泥土は特管汚泥として、トンパックに詰め処分した。さらに、過積載を防止するため、1パックごとに重量を確認した(写真-11参照)。

- ・処分施設：エコシステム秋田(株)(大館市トンパック)



写真-10 泥土積込み状況 写真-11 特管汚泥積込状況

4-5 油汚染土処理

油汚染土は、工場内で使用していた成形機等の作動油類がコンクリート製の排水路や油水分離層のクラックから土壤に浸み込み、長年をかけて汚染したものである。

処理方法として、①掘削し処理施設に搬出する方法、②掘削せずに原位置で酸化剤と界面活性剤等を注入し攪拌する工法、③ホットソイル工法の3種類が候補にあがった。発注者と協議した結果、確実性・経済性を考慮して、当社が推奨した「ホットソイル工法」が採用された。

4-6 杭内産廃洗浄除去

事前のヒアリングで、工場を増設する際に鉛を含んだ産廃物をPC杭の中に廃棄し封じ込めていたことを確認していた。そのため、解体が終わった建屋の杭を掘り出し、汚染物処理に伴い汚染物質が拡散しないよう、杭頭に塩ビ管(VU450)をケーシングとして被せ、杭の中を高圧洗浄しながらバキューム車

(マグナス)で吸引し(写真-12参照)、「特管廃液」と「特管汚泥」として処理した。

コンクリートやその他の廃棄物が一緒に詰め込まれている杭は、ボーリングマシンで杭の中を削孔してから洗浄吸引した。洗浄が終わった杭は、目視とテレビカメラで確認した。モルタル等で汚染物が固結していて洗浄が不能な杭は、引抜き後2m程度の大きさに砕き搬出処分した。

- ・ 処理施設：(株)クリーン・ジャパン・エンジニアリング(横浜市、液体)
：エコシステム千葉(株)(袖ヶ浦市、汚泥)
- ：J X金属環境(株)(日立市、バラ)



写真-12 杭内洗浄状況

4-7 機密文書溶融処理

工場内には機密文書の段ボール箱が大型トラック6台分保管されていた。発注者から溶融処理を依頼されていたため、この文書は箱のままパレットに積み、フォークリフトで製紙会社の用意した大型トラックに積み込んだ。製紙工場では段ボールを開封することなく、パレット以外はすべて窯に送り溶かしていることを確認した(写真-13参照)。

- ・ 処理商社：国際紙パルプ商事(株)
- ・ 処理施設：丸富製紙(株)沼津工場

4-8 OYボード

建屋の内装材の一部から、ヒ素を使用したOYボードが発見された(写真-14参照)。解体時に他のボードと接触させないようにトンパックに詰め分離した。

- ・ 処理施設：(株)ギプロ(埼玉県八潮市、トンパック)



写真-13 機密文書溶融状況



写真-14 OYボード

5. おわりに

当現場は、10ha以上の広い施設の解体と鉛汚染土等を撤去浄化する工事であった。当初設計には無い、地中障害や産廃が多く発生し、その撤去に多くの労力を費やしたが、発注者、協力会社および当社本支店の協力により、工事を完了することができた。

本文が、今後の解体工事および土壌汚染対策工事の参考になれば幸いである。

第 25 回 世界道路会議(ソウル大会)に参加して

光谷 修平*
 佐藤 正憲**
 森石 一志***

1. はじめに

第 25 回世界道路会議ソウル大会 (25th WORLD ROAD CONGRESS SEOUL 2015) が 2015 年 11 月 2 日から 6 日の 5 日間にわたり、韓国のソウルにて開催された。

本会議は、道路および道路交通の分野における国際間での協力の推進や発展の強化を目的として、1909 年に設立された世界道路協会 (PIARC: 旧名称 Permanent International Association Road Congress の略称) の主催により、各国からの参加者が道路交通分野の最新技術に関する情報交換の場として、4 年に 1 度開催されている。本会議においては、技術者の発表・討議の他に、各国の国土交通担当大臣が自国の取り組み等を紹介するセッションも行われる。第 25 回となる本大会には、40 カ国から 3,000 人以上の参加があった。

今回、当社より 3 名が本会議に参加する機会を得たので、その概要を以下に報告する。

2. 出張概要

2-1 行程および会場

会議前日の平成 27 年 11 月 1 日に羽田空港を出発し、約 2 時間 30 分で韓国の金浦(キンポ)国際空港に到着し、滞在先であるソウル市内のホテルまでの移動手段として、空港鉄道 (AREX) と地下鉄(ソウルメトロ)を利用した。

会場は、滞在先のホテルから地下鉄を乗り継いで約 1 時間の場所にあり、高層ビルが立ち並ぶビジネス街として知られる江南(カンナム)エリアの中心部・三成(サムソン)駅に直結している国際コンベンションセンター・COEX(コエックス)であった。当施設には、約 7,000 名を収容できる会議室をはじめとし、12 の展示室と 61 のホールが備えられており、ショッピングモール、ホテルおよびカジノも併設された複合商業施設である。

2-2 韓国(ソウル市内)の交通事情

ソウル市内の交通網の整備は、鉄道、地下鉄および道路(高速含む)とも進んでおり、目的地に応じて様々な交通手段を選択できる点は日本と類似している。地下鉄の案内表示は、ハングル語に英語が併記されている。また、路線図は路線番号と路線別の色分けで分かりやすく、ハングル語が理解できなくても移動はさほど困難ではない。



写真-1 会場(COEX)前景

さらに、日本語のアナウンスがなされる路線もある。

ソウル市内の幹線道路は、片側最大 6 車線で整備されており、電線類の地中化も進んでいるように見受けられた。ただし、ひび割れだらけの舗装(写真-2)も目立ち、よくいえばメリハリの利いた道路整備と維持管理がなされているといえる。



写真-2 ひび割れだらけの舗装

写真-3 は、市内で見かけたビル建設現場におけるブライムコートの作業風景である。使用している用具は非常にきれいで、丁寧な施工がなされている印象を受けた。

*本店エンジニアリング部部长 **本店経営企画部担当課長 ***本店マルチ測定車プロジェクトチーム課長代理

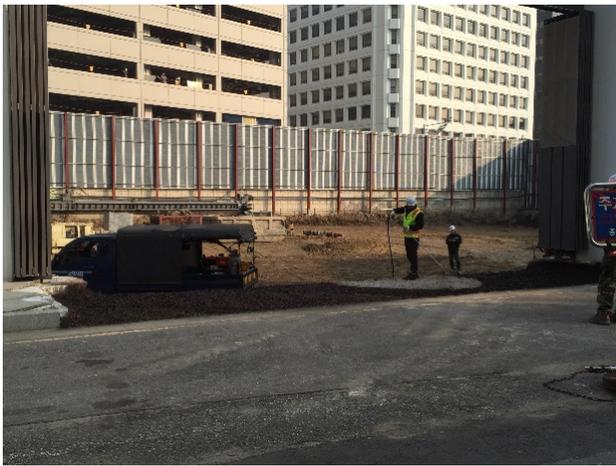


写真-3 プライムコート散布状況

3. 会議の概要

3-1 会議のプログラム

本会議のプログラムを図-1に示す。会議は、大臣セッション、基調講演、戦略テーマセッション、技術委員会セッション、スペシャルセッション、ポスターセッションおよび主催者側にて準備されたバスによる韓国の道路管理関連施設とプロジェクト工事現場を視察するテクニカルビジットにより構成されていた。

また、展示ホールでは各国の政府や企業が参加し、道路交通分野の政策および新技術を披露するブースが出展されていた。

Category		Plenary Sessions			Main Sessions				
Room Number		Hall C (3F)	Hall D1 (3F)	Hall D2 (3F)	GB 101, 102 (1F)	GB 103 (1F)	GB 104, 105 (1F)	Hall E1-4 (3F)	Hall E5-6 (3F)
Sun. 1	Morning								
	Lunch								
Nov	Afternoon								
Mon. 2	Morning 10:30-12:00		Opening Session 10:30-12:00						
	Lunch								
Nov	Afternoon 14:00-20:00	Welcome Reception 18:30-20:00	Ministers' Session 14:00-17:30						
Tue. 3	Morning 09:00-12:40				ST1 The role of road administrations in a multimodal society	SP01 Interconnecting inter-urban and urban road transport networks and place of road transport	SP02 Solutions and issues with large structures	SP03 UN Decade of action on road safety: Status and progress and presentation of the road safety manual	SP04 Future of the road vehicles
	Lunch		Keynote Speech 13:50-14:40						
	Afternoon 15:00-18:40				TC1.1 Performance of transport administrations	ST2 Mobility and increased urbanization	SP05 Importance of maintenance of the road assets	SP06 Decarbonisation of the road transport system	SP07 Role of transport for the achievement of the sustainable development goals of the United Nations
Wed. 4	Morning 09:00-12:40				TC1.2 Financing	TC2.1 Road network operations	ST4 Optimising road infrastructure investments and accountability	SP08 Road safety for 2-Wheelers	SP09 Good governance and mitigating corruption
	Lunch		Keynote Speech 13:50-14:40						
	Afternoon 15:00-18:40				TC1.3 Climate change and sustainability	TC2.2 Improved mobility in urban areas	TC4.1 Management of road assets	ST3 The Journey road administrations are making towards safer roads	SP10 Financing
Thu. 5	Morning 09:00-12:40				TC1.4 Road transport system economics and social development	TC2.3 Freight transport	TC4.3 Road bridges	TC3.3 Road tunnels operations	SP11 Mobility in megacities
	Lunch		Keynote Speech 13:50-14:40						
	Afternoon 15:00-18:40				TC1.5 Risk management	TC2.5 Rural roads	TC4.2 Road pavements	TC3.1 National road safety policies and programmes	TC2.4 Winter maintenance
	Evening 19:30-21:30		Gala Dinner 19:30-21:30						
Fri. 6	Morning 09:00-12:40				SP12 Adaptation of road transport system to climate change and extreme events	SP13 Sustainable development of rural roads	TC4.4 Earthworks and unpaved roads	TC3.2 Design and operations of safer road infrastructure	SP14 ITS and big data
	Lunch								

図-1 本会議のプログラム

3-2 大臣セッション

次世代に向けた道路政策の進化をテーマに、各国の国土交通担当大臣級による公開討論が開催された。開発途上国を中心に PPP (Public Private Partnership : 官民連携) への期待が、先進国では ITS (Intelligent Transport Systems : 高度道路交通システム) による先進性を誇示する発言が多いと感じられた。

なお、日本の土井国土交通副大臣は、ETC2.0 (高速・大容量、双方向通信を用いた世界初の路車協調システム 運転支援サービス) の取り組みについて発表された。



写真-4 大臣セッション(土井副大臣発表状況)

3-3 基調講演

基調講演は、下記の3つのテーマで行われ、本会議において一貫して、歴史、PPP および ITS がキーワードとなっていた。

- ①道路によりもたらされる韓国経済の発展
Kwon Doyoup (韓国の前国土交通大臣)
- ②将来の交通インフラにおけるアジアの視点
Wencai Zhang (アジア開発銀行副総裁)
- ③EV タクシーとマイクロモビリティによる
持続可能な交通
Francois Prevost (ルノーサムスン C.E.O)

3-4 戦略テーマセッション

PIARC から任命された各戦略テーマのコーディネーターにより、今後取り組むべき課題や道路政策の方向性について公開討論が行われた。

そのテーマは、下記のとおりである。

- ST1 Management and Performance
マネジメントとパフォーマンス
- ST2 Access and Mobility
アクセスとモビリティ
- ST3 Safety
安全
- ST4 Infrastructure
インフラ

3-5 技術委員会セッション

それぞれの戦略テーマ(ST1~ST4)に属する各技術委員会より、活動成果が報告された。

TC4.1 Management of Road Assets では、七五三野委員(元 NEXCO 総研)から委員会活動概要が紹介された。

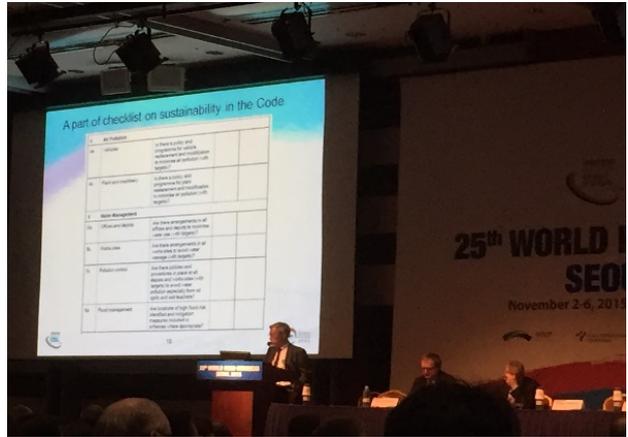


写真-5 七五三野委員によるプレゼンテーション

3-6 スペシャルセッション

14のテーマについて、関係各団体の専門家によるプレゼンテーションと議論が行われた。

PIARC と REAAA (Road Engineering Association of Asia and Australasia) のジョイントワークショップとして、久保氏(土研)からプレゼンテーションがなされた。そのプレゼンテーション「Asian Recycling and New Ageing Evaluation Method」では、日本においてアスファルト合材の再生の可否を、圧裂係数で判定する方法等が紹介された。しかし、海外の技術者には、そのプレゼンテーションの背景等がなかなか理解できなかったようで、質疑応答がヒートアップした。



写真-6 質問に答える久保氏と神谷氏

3-7 ポスターセッション

参加者より応募された論文のうち、事前審査を通過したものについて、本大会開催期間中の決められた時間に所定の場所にポスターが展示され、参加者との交流が行

われた。当社もマルチ測定車について展示を行い、参加者からの質問に関する対応を森石課長代理が行った。

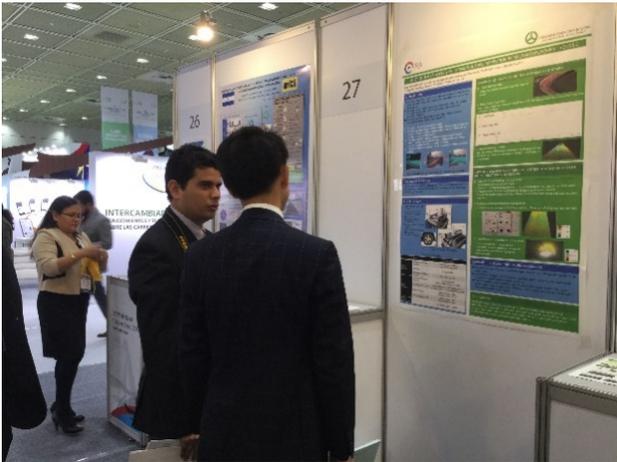


写真-7 ポスターセッション(森石課長代理)

3-8 テクニカルビジット

韓国の道路事業に関する技術視察(テクニカルビジット)は、半日コースで7種類、1日コースで3種類がそれぞれ予定されており、本会議参加者は先着順の申し込みで2プログラムまで参加可能であった。筆者らは、以下に示す2箇所について技術視察を行った。

(1) KEC(Korea Expressway Corporation)施設の見学

日本のNEXCOと類似した会社であり、ICTセンターとあわせて、道路管理方法に関するプレゼンテーションの聴講および施設の見学を行った。道路の管理方法については日本と大差なく、かなり熟成しているようであった。また、外部からの見学対応のための設備の充実が目撃された。



写真-8 KEC 外観

(2) 進行中のプロジェクト見学

2006年より着手された、延長36.3km、片側4車線の高速道路の整備プロジェクトのうち、サパエ山トンネルの見学と説明を受けた。トンネルは供用されているため、車内からの見学のみであり、管理事務所におけるプレゼンテーションが主体であった。本トンネルは、全長4.0



写真-9 ICTセンターの説明画面

km、高さ10.3m、幅18.0mのTwin Tunnelとなっており、世界で最も大きくて長いトンネルである。

計画やルート選定から地権者の理解を取り付けて、着工し完成するまでのプロセスについて、プレゼンテーションが行われ、その後にトンネルの管制室を見学した。



写真-10 管理事務所(SEOUL BERTWAY)

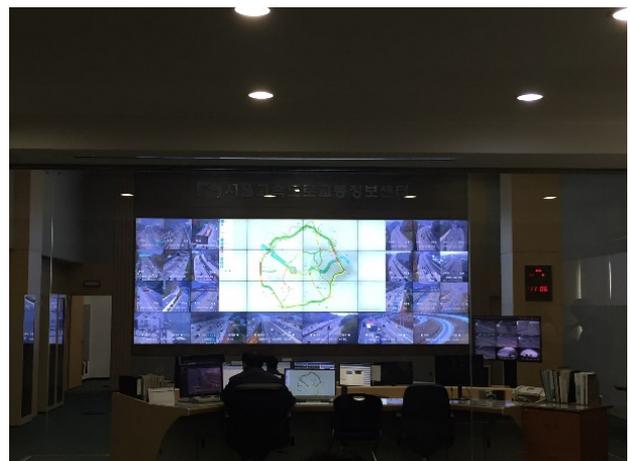


写真-11 管制センター(SEOUL BERTWAY)

3-9 展示ホール

展示ホールには、国別にブースが設けられており、各国から展示がなされていたが、本会議がアジア圏で開催

されたためか、日本と韓国が中心で全体的に舗装材関連の展示は少なかった。



写真-12 日本ブース全景

4. 韓国の道路事情

滞在中に確認できた韓国の舗装状況について紹介する。

車道は冒頭に述べたとおり、高度に整備されているが、舗装のメンテナンスが行き届いているとは言い難い状況である。アスファルト舗装の多くは、密粒型が採用されており(写真-13)、歴史建造物の周辺には部分的にはあるが、石貼舗装も施工されていた(写真-14)。

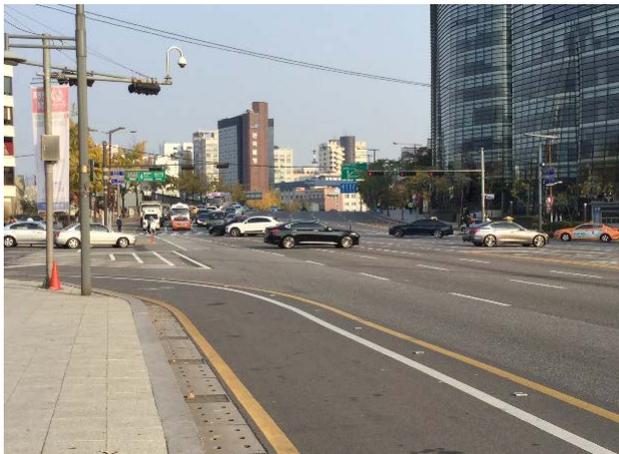


写真-13 車道舗装



写真-14 石貼舗装

また、ソウル市街の観光地周辺の歩道には、各種平板等を用いて意匠を凝らした景観舗装が採用されている(写真-15~17)。

世界遺産外周の歩道において、写真-18 に示すようなゴムチップ舗装が施工されている場所もあった。厚さは10mm程度であったが、高低差の大きい地形であったことから、歩行者の足への負担を軽減するために採用されたものと思われる。



写真-15 歩道整備状況(平板その1)



写真-16 歩道整備状況(平板その2)



写真-17 歩道整備状況(平板その3)



写真-18 歩道整備状況(ゴムチップ)

写真-19～21は、高速道路の同路線の近接箇所に施工されていたグレーピングである。縦断方向または横断方向に施されている箇所があり、排水勾配に考慮したものと推定された。



写真-19 グレーピング(横断方向)



写真-20 グレーピング(縦断方向)



写真-21 グレーピング(縦断方向)

4. おわりに

この度は世界道路会議に参加したことで、各人各様の知見を広めることができ、大変有意義な時間を過ごすことができた。

舗装の先進国であるユーロ圏の国々の新技術や新工法の展示が少なかったことは残念であったが、国外の各種法人より直接展示内容の説明を受け、名刺交換等で交流のきっかけを作ることができた。引き続き情報を収集し、日本で利用できそうな技術や製品等があれば、積極的に導入を検討していく所存である。

最後に、本会議に参加する機会を与えて頂いた会社に改めて感謝するとともに、今後の業務に生かしていきたいと考えます。

※約1週間ソウル市民のみなさんと接して感じたことは、会話にしても音声案内や警告音にしても、日本と比較して一様に音量が大きかった点である。

また、横断歩道の歩行者用信号の青色から点滅が変わる時間が短く、交差点手前で待つ渡り始めても途中で変わり、慌てて走らなければならないほどである。総じてみなさんせっかちな気質と高いフィジカルをお持ちのように感じた。

製鋼スラグと海水を使用した舗装用硬練りコンクリートの配合検討

(株)大林組 フェロー会員 新村 亮
 大林道路(株) 正会員 ○下館 鎮
 JFE スチール(株) 正会員 林 正宏

1. はじめに

この報文は、製鋼スラグを用いた転圧コンクリート舗装用の硬練りコンクリート（以降、RCC と記す）の配合検討と、RCC に水道水および海水、さらに樹脂繊維を適用した場合の諸性状の把握を目的として行った試験結果について報告するものである。

2. 試験の概要

試験は、図 2.1 に示すような段階を踏まえて実施した。使用した材料を表 2.1 に示す。なお、RCC 用の製鋼スラグ骨材は、貯蔵ヤードから採取したものを粒径別に分級したものを使用した。

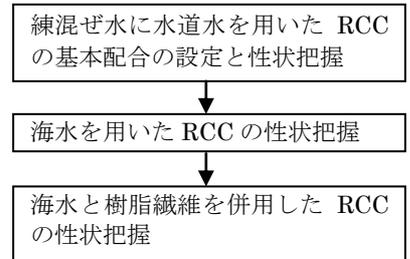


図 2.1 試験フロー

表 2.1 使用材料一覧

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

3. 配合の設定

基本配合の設定は、「転圧コンクリート舗装技術指針(案)」(以降、技術指針と記す)に準拠し、図 3.1 に従って行った。目標配合強度は材齢 7 日で 4.34N/mm²とし、コンシステンシー (CT) 評価はマーシャル突固め試験により行い、目標締固め率 96%とした。分級骨材の配合割合は、技術指針に示されている骨材粒度範囲を満足するように各分級骨材の配合割合を設定した。

1) 細骨材率 (s/a) の設定に当っては、予備試験等参考にしてスラグ微粉末 (BP) を 199kg/m³、普通ポルトランドセメント (NP) を 130kg/m³、単位水量 (W) を 88kg/m³とし、s/a は 41%を中央にして±2%刻みとした 7 種類の配合について CT を測定した。その結果、最も高い締固め率が得られた 41%を s/a に設定とした (図 3.2)。

2) 単位水量の設定に当って、W は 88kg/m³を中心にして±10 kg/m³刻みとした 5 種類の配合について CT を測定し、突固め後の供試体表面の水の浮き具合等も参考にして、W を 93kg/m³に設定した (図 3.3)。

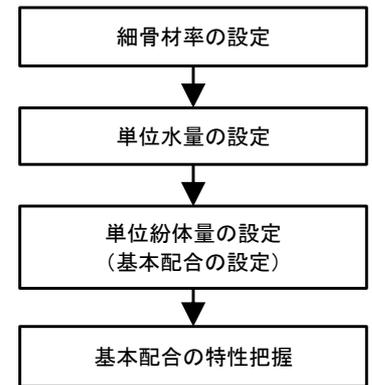


図 3.1 基本配合設定フロー

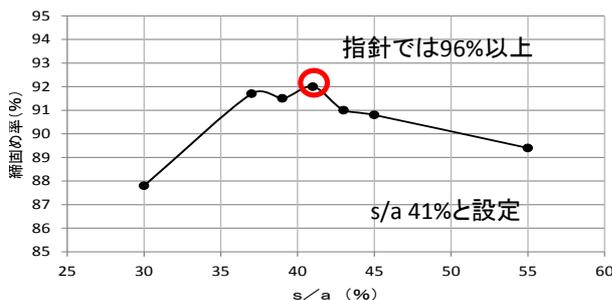


図 3 s/a 比率と締固め率関係

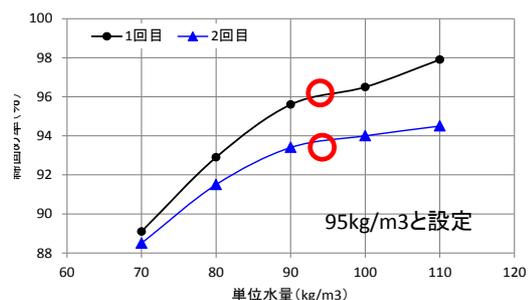


図 3 単位水量と締固め率関係

キーワード 製鋼スラグ、転圧コンクリート、海水、樹脂繊維

連絡先〒101-0052 千代田区神田小川町 3-20 大林道路(株)関東支店エンジニアリング部 TEL 03-3296-6682

3) 単位紛体量の設定に当り、単位紛体量を4水準設けて曲げ試験用供試体を作製し、材齢7日での曲げ強度を測定した。この結果より、基本配合を表 3.1 のとおりとした。

表 3.1 基本配合

粗骨材 の最大 寸法 (mm)	細骨 材率 s/a (%)	水 紛体比 W/B (%)	単位 粗骨材 容積	単位量(kg/m ³)						単位 容積 質量 (kg/m ³)	
				水 W	スラグ 微粉末 BP	セメント NP	スラグ骨材				混和剤
							25-10	10-05	5-0		
25	41	27.9	0.92	93	205	134	1052	453	1151	1.70	3,090

4. 海水・樹脂繊維を使用した RCC の性状

海水使用 RCC の配合は、表 3.1 の単位水量を海水に変えたものとした。また、海水・樹脂繊維併用 RCC の配合は、海水使用 RCC の配合に外添加で樹脂繊維を 0.6%加えたものとした。

(1) 曲げ強度特性

図 4.1 に各配合の曲げ強度の比較を示す。材齢 7、28 日とも基本配合、海水使用、海水・樹脂繊維併用配合の順に曲げ強度が大きくなり、海水および樹脂繊維の効果が認められた。

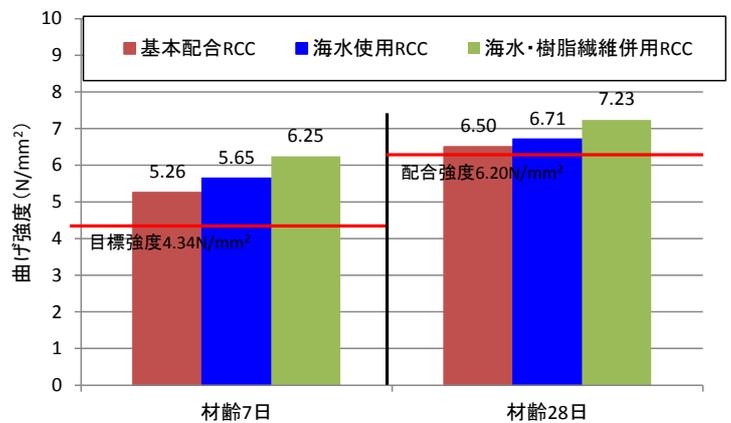


図 4.1 曲げ強度の比較

(2) CT の経時変化

図 4.2 に各配合の CT の経時変化を示す。基本配合と海水使用配合を比較すると、練り落とし直後の CT は海水使用配合の方が低く、やや締固め難しい性状を示した。CT の経時変化をみると、海水使用配合の CT は練り落とし初期に大きく低下し、その後の低下割合は小さくなる傾向を示した。海水・樹脂繊維併用配合の CT は海水使用配合より締固め易い性状となっている。このことから、骨材回りの繊維の拘束効果が、衝撃荷重を付与したときの締固め密度増加に繋がっているものと推察される。

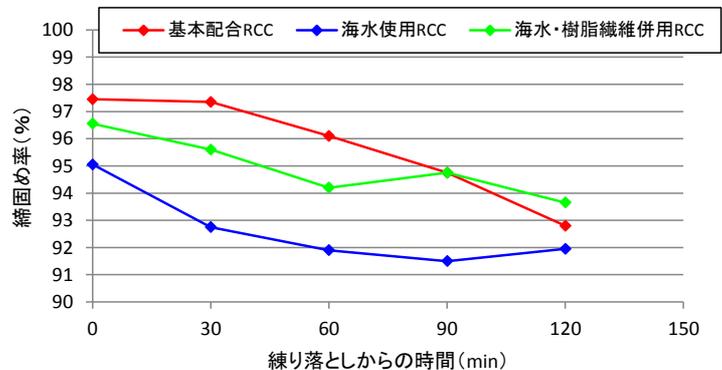


図 4.2 CT の経時変化

(3) 摩耗抵抗性

図 4.3 にラベリング試験結果を示す。基本配合よりも海水使用配合の方がすりへり量は大きい傾向を示したが、樹脂繊維を添加することですりへり量は大きく減少した。海水を使用することでモルタル分が硬質となってすり減りが大きくなったが、逆に樹脂繊維が衝撃を緩和したものと考えられる。

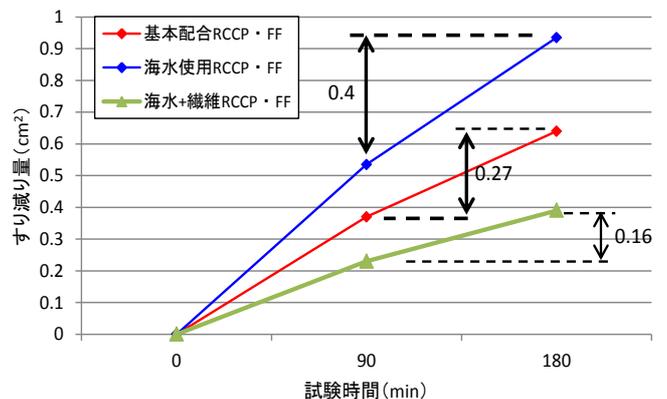


図 4.3 ラベリング試験結果

4. あとがき

基本配合は特に問題となる性状はなく、製鋼スラグ骨材による RCC の製造は可能と考えられる。また、海水・樹脂繊維を使用することで曲げ強度が増加し、樹脂繊維を使用することにより、耐摩耗性の向上が認められた。今後、製鋼スラグを RCC に使用するに当たっては、製鋼スラグの品質の安定確保が重要と考える。

舗装用スリップフォーム工法に適したコンクリートの配合に関する一検討

(一社)セメント協会 研究所
 太平洋セメント(株) 中央研究所
 大林道路(株) 技術研究所
 全国生コンクリート工業組合連合会 中央技術研究所

○泉尾英文
 梶尾聡
 小関裕二
 山之内康一郎

1. はじめに

舗装用スリップフォーム工法に使用するコンクリートは、施工性や材料分離抵抗性などに加えて、即時脱型後に変形しにくいことが求められる。各種評価法が提案¹⁾²⁾されているが、統一的な方法が定まっていないため、セメント協会舗装技術専門委員会では実験的検討を行った。

2. 試験の概要

粗骨材の s/a(単位かさ容積)を水準とした舗装用コンクリートについて、締固め性や変形抵抗性・自立性の評価法として提案されている各種試験を実施した。

2.1 コンクリートの配合および使用材料

セメントに普通セメント(密度 3.14g/cm³)、細骨材に山砂(表乾密度 2.65g/cm³、実積率 67.7%)、粗骨材は硬質砂岩碎石の 40mm(表乾密度 2.65g/cm³、実積率 61.5%)と 20mm(表乾密度 2.65g/cm³、実積率 59.0%)を使用した。混和剤は、高機能型 AE 減水剤を標準添加(セメント量×1%)し、AE 剤を用いて空気量の調整を行った。W/C は 44%、目標スランプは 3.5±1.5cm、目標空気量を 5.5±1.5%とした。配合とフレッシュ性状を表 1 に示す。

2.2 試験項目

実施した試験項目を表 2 に示す。

フローテーブル試験¹⁾は、モルタルフロー試験に使用するフローテーブルに、CBR 用型枠とカラーを設置し、所定量のコンクリートを詰め、テーブルを落下運動させ、その回数と締固めの状況(供試体高さ)を計測し、締固め性を評価する。さらに、脱型した後、テーブルを落下運動させ、その回数と供試体の変形(水平変位量)を計

表 1 コンクリートの配合

Gmax	単位かさ容積	s/a	単位量(kg/m ³)				スランプ	空気量
			水	セメント	骨材			
mm	m ³	%			細	粗	cm	%
40	0.79	33	128	291	634	1287	5.0	4.5
	0.75	36	130	295	688	1224	4.5	5.7
	0.72	39	130	295	746	1166	3.5	5.5
	0.68	42	132	300	799	1104	4.5	6.5
20	0.77	35	143	325	648	1204	4.5	4.8
	0.73	38	143	325	704	1148	3.0	4.7
	0.70	41	143	325	759	1093	3.5	6.3
	0.66	44	146	332	809	1029	4.0	6.2

測し、変形抵抗性を評価する試験法である(図 1)。

エッジスランプ試験²⁾は、型枠の一面がスライドできる試験機にコンクリートを詰めて、スライドさせた後の試料上面の下がり(エッジスランプ:ES)と試料側面のふくらみ(オーバーフロー:OF)を計測し、自立性を評価する試験法である(図 2)。

タンピング試験³⁾は、スランプ試験後にスランプ板の四隅に木製棒(1.2kg)を高さ 500mm から落下させ、スランプを測定する。タンピング回数とスランプを直線近似し、直線の勾配(スランプ変形係数)等で、変形抵抗性を評価する試験法である。

3. 試験結果

3.1 締固め性試験

VB 試験で最も沈下度が小さいコンクリートは、Gmax 40mm で s/a39%、Gmax20mm では s/a44%であった。フローテーブル試験では、Gmax によらず、s/a が高いほど締固め率が高く、締固め性が良いと評価される結果となった(図 3, 4)。両試験で評価した結果は、一致しなかった。

表 2 試験項目

試験項目	準拠規格
締固め性	VB 試験
	B046(日本道路協会)
変形抵抗性・自立性	フローテーブル試験 ¹⁾
	エッジスランプ試験 ²⁾
	タンピング試験 ³⁾

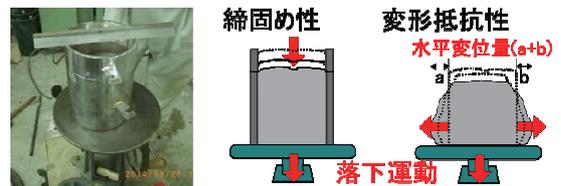


図 1 フローテーブル試験

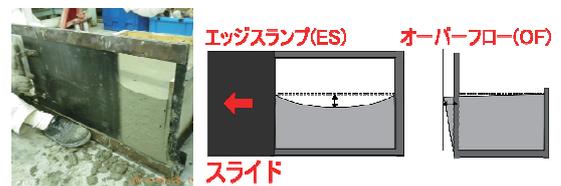


図 2 エッジスランプ試験

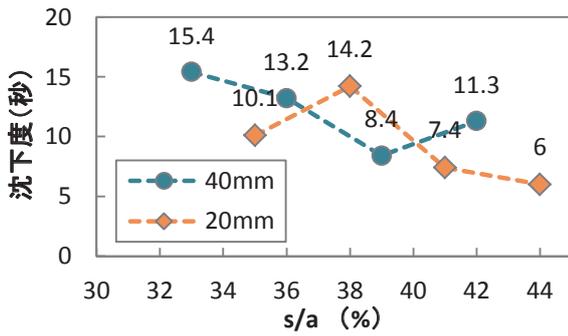


図3 VB試験結果

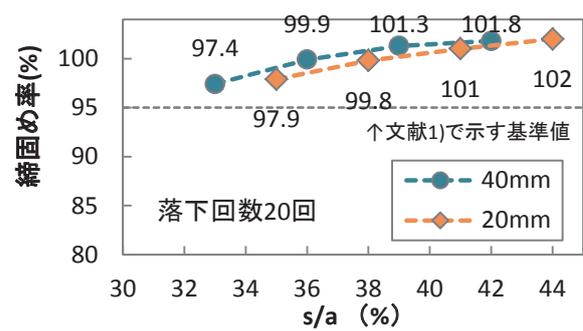


図4 フローテーブル試験 (縮固め性)

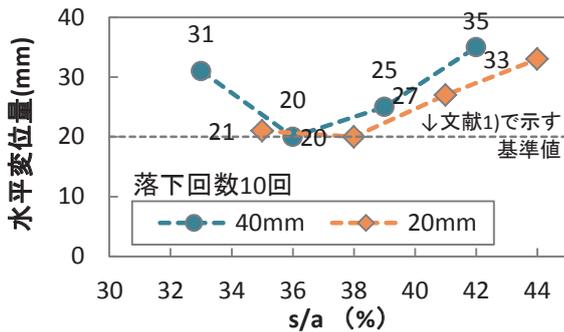


図5 フローテーブル試験 (変形抵抗性)

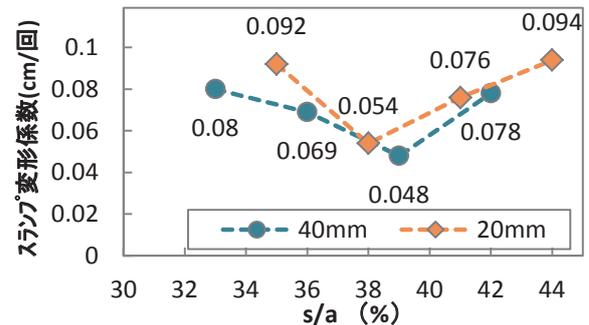


図6 タンピング試験 (スランプ変形係数)

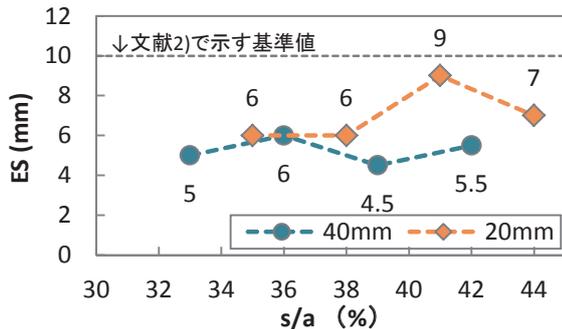


図7 エッジスランプ試験 (ES)

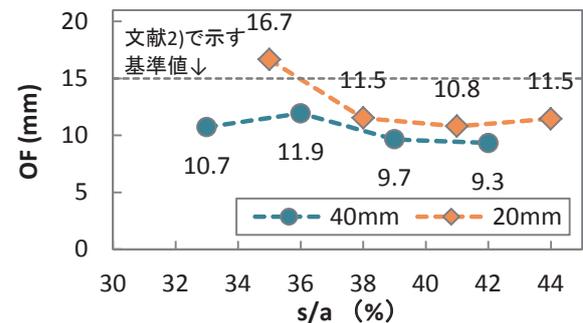


図8 エッジスランプ試験 (OF)

3. 2 変形抵抗性試験

フローテーブル試験で最も水平変位量が小さいコンクリートは、Gmax20mmでs/a38%、Gmax40mmでs/a36%であった(図5)。タンピング試験で最もスランプ変形係数が小さいのは、Gmax20mmでs/a38%、Gmax40mmでs/a39%であった(図6)。Gmax20mmでは、両試験による評価が一致した。エッジスランプ試験では、Gmax20mmのs/a35%のコンクリートのように、ESが最も小さいがOFが最も大きい場合がある。そのため、両方の値で評価することが適切と思われる。ESとOFが共に小さいコンクリートは、Gmax20mmの場合はs/aが38%、Gmax40mmの場合はs/aが39%であった(図7,8)。これは、タンピング試験で最もスランプ変形係数が小さいコンクリートと一致した。

4. まとめ

各種試験方法で、s/aを変化させた舗装用コンクリートの縮固め性と変形抵抗性・自立性を評価した。その結

果、エッジスランプ試験とタンピング試験で評価が一致するなど、各試験方法の関連性について確認できた。今後、試験の再現性の確認や、骨材岩種や粒度、セメント種類などによる影響について検討を行う予定である。

【参考文献】

- 1) 佐藤聡明ほか: 舗装用スリップフォームコンクリートの施工性を考慮したフレッシュ性状評価に関する研究、コンクリート工学年次論文集、Vol.33、No.1、pp.1253-1258 (2011)
- 2) 鈴木徹ほか: 舗装用スリップフォーム工法コンクリートの自立性、脱型性を評価する品質管理手法について、道路建設、No.740、pp.71-77 (2013)
- 3) 稲場諒ほか: 加振ボックス充填試験を用いた舗装コンクリートの振動充填性の定量的評価に関する検討、コンクリートの施工性能の照査・検査システム研究小委員会 (341委員会) 第2期委員会報告書、土木学会、pp.III-17~III-22 (2013)

改質グースアスファルト混合物の性状と施工事例

かんの ぜんじろう しまだて まもる
菅野善次郎* 下館 鎮**
いまむら のりお よしえ せいご
今村 教雄*** 吉江 誠吾****

グースアスファルト混合物は、不透水性、たわみ性等の性能を有する混合物で、主に鋼床版橋梁部の基層として用いられている。近年、特に温暖地域の重交通路線においては、従来のグースアスファルト混合物の課題の1つである耐久性の向上を含めた品質の向上を要求されるケースが多い。これらの課題の対策として、従来の硬質アスファルト(ストレートアスファルト20/40+トリニダッドレイクアスファルト)からポリマー改質アスファルトに特殊添加剤を加えたバインダに変更した「改質グースアスファルト混合物」を開発した。本稿では、開発した改質グースアスファルト混合物の概要と基本性状や施工事例を報告するものである。

キーワード：グースアスファルト、耐久性、疲労ひび割れ抵抗性、橋面舗装、鋼床版

はじめに

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

近年、鋼床版部の舗装の老朽化に伴う補修工事が増えるなか、特に温暖地域の重交通路線においては、従来のグースアスコンの課題の1つである耐久性の向上を含めた更なる品質の向上も要求されるケースが多くなっている。

また、St.As.20/40やTLAは、入手が比較的困難な材料が用いられていることに加え、製造においては専用の攪拌装置付きケトルやTLAの小割り作業も必要となり、プラントにおける作業効率が悪いものとなっている。

そこで、これらの課題を解決するために、St.As.20/40やTLAを使用せず、入手が容易な改質アスファルト(以下、ベース改質As.)や特殊添加剤を用いた新たなグースアスコンの検討を行った結果、従来のグースアスコンと比べ塑性変形抵抗性、たわみ追従

性、曲げ疲労抵抗性に優れた改質グースアスファルト混合物(以下、改質グースアスコン)を開発し、これまで各地にて施工が行われてきた。

本稿は、改質グースアスコンの概要および混合物性状例と平成25~26年度における施工事例2件を報告する。

1. 改質グースアスコンの概要

1-1 材料

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

このため従来のグースアスコンに比べて、材料調達が容易になった。

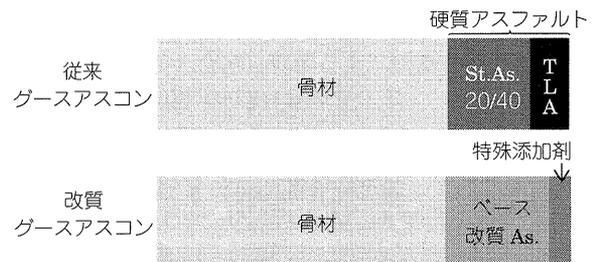


図-1 材料構成

1-2 製造および施工

改質グースアスコンのバインダは、製造において、混合時に特殊添加剤を人力投入するだけであり、専用の攪拌装置付きケトルやTLAの小割りなどが不要で、作業性が向上した。また、施工においては、混合物の流動性が優れているため、クッカ車での練

* 大林道路(株)本店エンジニアリング部

** 〃 技術研究所

*** 国土交通省 北海道開発局 札幌道路事務所

**** 東日本高速道路(株)関東支社 谷和原管理事務所

表-1 基本性状例および基準値

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

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

上がり温度を従来よりも約20℃低減できる。さらに、施工時の硬質アスファルト特有の臭気も低減できる。その他については、従来のグースアスコンと同じ製造・施工方法である。

1-3 経済性

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

2. 改質グースアスコンの混合物性状

2-1 基本性状

基本性状例および基準値を表-1に示す。改質グースアスコンは従来グースアスコンと比べ貫入量は同程度、動的安定度と曲げ破断ひずみが優れていることから、耐久性、たわみ追従性が共に向上している。特に動的安定度はグースアスコンとしては、高い値を示している。

2-2 2層構造体としてのホイールトラッキング試験結果

表基層一体としての耐流動性を比較検証するため、2層構造体でホイールトラッキング試験を実施した。設計厚さである表層厚さ40mm(NEXCO仕様の高機能舗装Ⅱ型)、基層厚さ40mmで行った試験結果を図-2に、ホイールトラッキング試験後の断面を写真-1、2に示す。

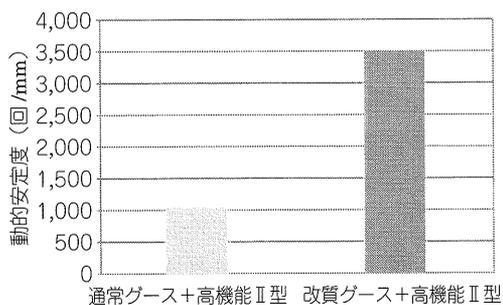


図-2 2層構造体ホイールトラッキング試験結果

基層に改質グースアスコンを用いたものは動的安定度が3,000回/mm以上となり、従来のグースアスコンを用いた場合に比べ、2層構造体としての耐流動性が向上している。また、写真から見られるよう

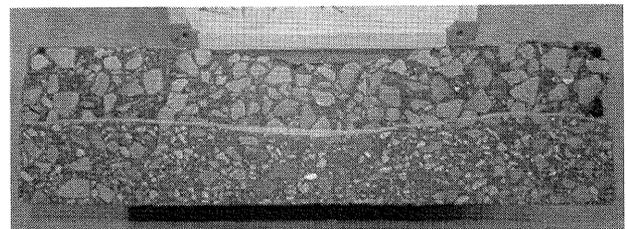


写真-1 試験後の断面(基層：従来グースアスコン)

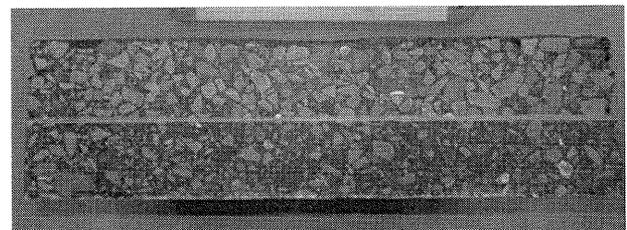


写真-2 試験後の断面(基層：改質グースアスコン)

に、従来のグースアスコンでは基層部も流動しているのに対し、改質グースアスコンではほとんど変形していないことがわかる。

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

2-3 曲げ疲労抵抗性試験結果

改質グースアスコンの曲げ疲労抵抗性を評価するために曲げ疲労試験を実施した。試験温度0℃、載荷周波数5Hzで行った試験結果を図-3に示す。従来のグースアスコンと改質グースアスコンの破壊回数を比較すると、各設定ひずみにおいて改質グースアスコンのほうが1オーダー大きい破壊回数を示し、曲げ疲労抵抗性に優れていることがわかる。

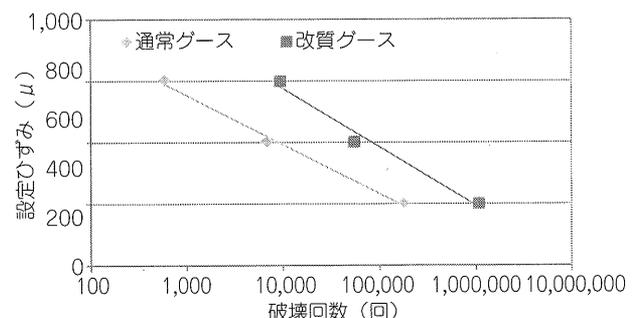


図-3 曲げ疲労抵抗性試験結果

2-4 臭気測定結果

従来のグースアスコンは、TLAという天然アスファルトを使用していることから、この天然アスファルト独特の臭気によりプラント周辺や施工現場周辺の住民からしばしば苦情が寄せられることがある。今回、それぞれのバインダ単体を臭気計にて評価した。試料の液面より高さ6cmの位置で測定した試験状況を写真-3に、その結果を図-4に示す。この測定結果より、改質グースアスコン用バインダの硬質アスファルト(従来のグースアスコン)に対する優位性を確認した。



写真-3 臭気試験状況

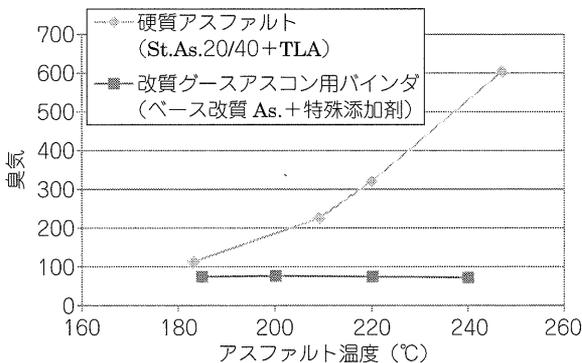


図-4 臭気試験結果

3. 平成25, 26年度施工事例

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

3-1 常磐自動車道 谷和原管理事務所 舗装補修工事

(1) 工事概要

- ①施工場所：首都圏中央連絡自動車道つくばJCT
- ②発注者：東日本高速道路(株)

③施工面積：9,345m²

④施工厚さ：基層 t=40mm(表層 t=40mm)

⑤施工断面：既設舗装断面と施工断面は図-5のとおり

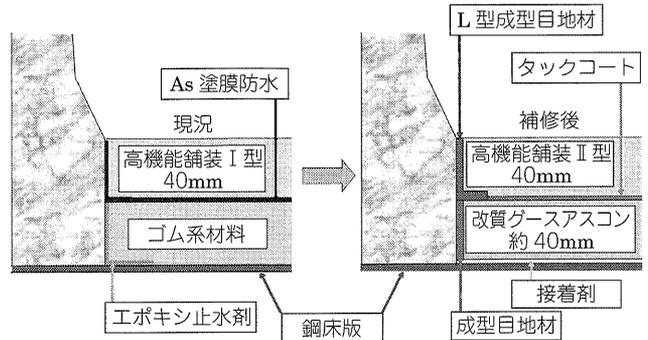


図-5 既設舗装断面と施工断面



写真-4 ポットホール発生状況

当該箇所は、ゴム系材料で基層を施工していたが、交通荷重等により、破損(写真-4)したため補修したものである。

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

(2) 配合設計

改質グースアスコンの室内配合試験フローを図-6に示す。

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

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

(3) 本施工

本施工は、従来のグースアスコンと同様の施工方法にて実施した。なお、プレコートチップは、事前

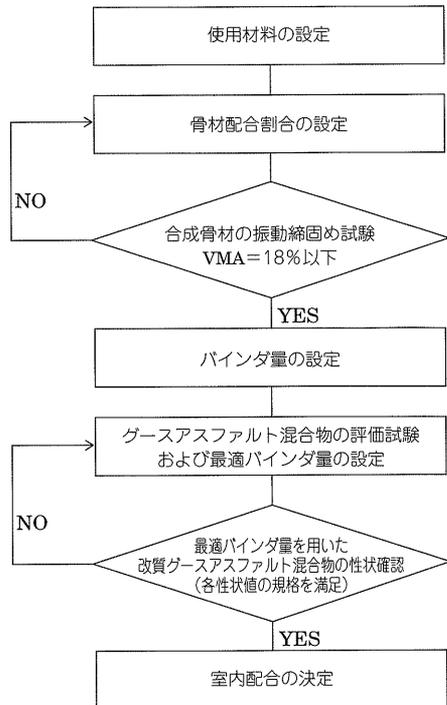


図-6 改質グースアスコンの配合設計フロー

表-2 合成粒度(つくば JCT)

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

表-3 決定配合割合(つくば JCT)

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

※特殊添加剤は全 As 量の 5 %

表-4 混合物性状試験結果(つくば JCT)

項目	測定値	規格値(目標値)
リュエル流動性 240℃ (s)	11.1	3~20
リュエル流動性 220℃ (s)	16.9	(15)
貫入量 40℃ (mm)	3.74	1~6
動的安定度 (回/mm)	650	(600以上)
曲げ破断ひずみ ($\times 10^{-3}$)	10.35	8.0以上

()内は、社内目標値

検討および試験施工を踏まえ、使用骨材は6号砕石で散布量を 3.5kg/m^2 とした。施工状況を写真-5に示す。



写真-5 施工状況

3-2 一般国道231号石狩市花畔大橋舗装補修外一連工事

(1) 工事概要

- ① 施工場所：国道231号 ^{ばんなぐろ}花畔大橋
- ② 発注者：国土交通省 北海道開発局
- ③ 施工面積： $2,880\text{m}^2$
- ④ 施工厚さ：基層 60mm (表層 40mm)
- ⑤ 施工断面：施工断面は図-7のとおり

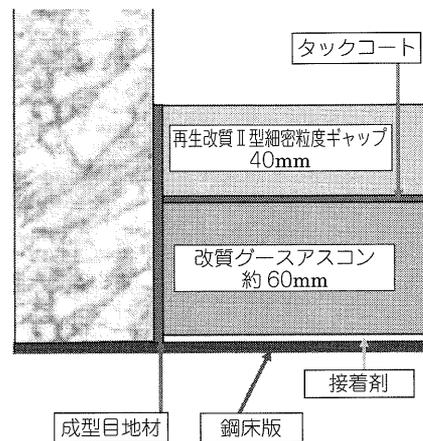


図-7 施工断面

当該箇所は、長期供用によりひび割れが生じ、雨水等が浸入し、冬季の凍結融解等により損傷が進行していることから補修の対象となった。改質グースは、北海道開発局のグースアスファルト仕様を満たした材料であることから施工承諾として実施した。設計基層厚さは 60mm である。鋼床版の状況を写真-6に示す。

(2) 配合設計

配合設計は、図-6と同様のフローである。

振動締固め試験結果より、3粒度(上方、中央、下方)すべてにおいて骨材間隙率が18%以下となった粒度は上方粒度および中央粒度であったが、最も

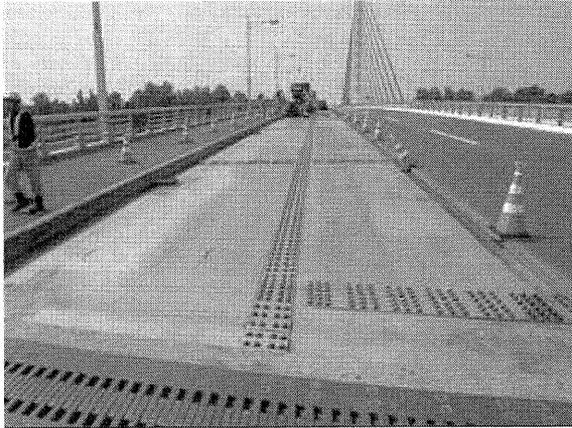


写真-6 鋼床版上の添接版(ボルト高さ50mm)



写真-7 敷きならし状況

表-5 合成粒度(北海道 花畔大橋)

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

表-6 決定配合(北海道 花畔大橋)

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

※特殊添加剤は全As量の5%

表-7 混合物性状試験結果(北海道 花畔大橋)

項目	測定値	規格値(目標値)
リュエル流動性 240℃ (s)	8.1	3~20
リュエル流動性 220℃ (s)	14.9	(15)
貫入量 40℃ (mm)	3.0	1~6
動的安定度 (回/mm)	690	150以上(600程度)
曲げ破断ひずみ ($\times 10^{-3}$)	13.1	8.0以上

()内は、社内目標値

小さい値となった上方粒度(17.6%)を選択した。

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

(3)本 施 工

当該箇所は、縦断勾配が大きいことから敷きならし直後の混合物の「ダレ」が懸念された。本施工では、横断方向に設置されていた添接版部でグース表面の凹凸が若干発生した箇所があったため、一部でマカダムローラによる転圧を行うことで平坦性の確保に努めた。

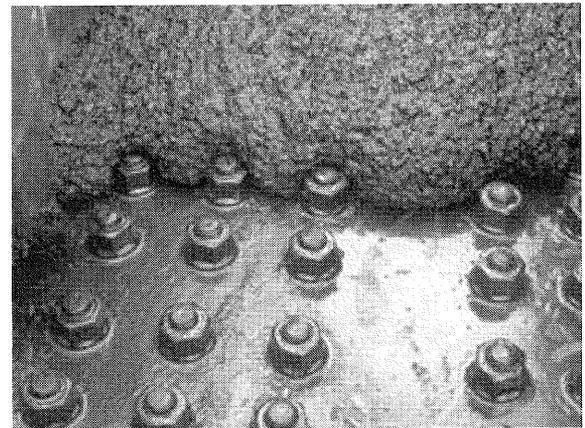


写真-8 添接部付近の敷きならし状況

改質グースアスコンの流動性が良好であったため、敷きならし時(写真-7)に添接版部でも空隙が発生することなく流し込むことができた(写真-8)。

4. ま と め

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

問 合 せ 先

〒101-8228 東京都千代田区猿楽町2-8-8
大林道路(株)本店エンジニアリング部

菅野 善次郎

TEL: 03-3295-8855 FAX: 03-3295-8396

E-mail: zenjiro@obayashi-road.co.jp

【参考文献】

- 1) 上地俊孝, 鈴木 徹, 稲葉行則, 菅野善次郎: 改質グースアスファルト混合物の性状と施工事例, 第31回日本道路会議(2015)

改質グースアスファルト混合物について

東本 崇*、稲葉行則**、鈴木 徹***、菅野善次郎****

要旨：グースアスファルト混合物は、不透水性、たわみ性等の性能を有する混合物で、主に鋼床版橋梁部の基層として用いられている。近年、特に温暖地域の重交通路線においては、従来のグースアスコンの課題の一つである耐久性の向上を含めた品質の向上を要求されるケースが多い。これらの課題の対策として、従来の硬質アスファルト（ストレートアスファルト20/40+トリニダットレイクアスファルト）からポリマー改質アスファルトに特殊添加剤を加えたバインダに変更した「改質グースアスファルト混合物」を開発した。本稿では、開発した改質グースアスファルト混合物の概要と基本性状や施工事例を紹介する。

キーワード：グースアスファルト、耐久性、疲労ひび割れ抵抗性、橋面舗装、鋼床版

1. はじめに

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

近年、鋼床版部の舗装の老朽化に伴う補修工事が増えるなか、特に温暖地域の重交通路線においては、従来のグースアスコンの課題の一つである耐久性の向上を含めたさらなる品質の向上を要求されるケースが多くなっている。

また、St.As.20/40やTLAは、比較的に入手が困難な材料であることに加え、製造においては専用の攪拌装置付きケトルやTLAの小割作業も必要となり、プラントにおける作業効率が悪くなるものとなっている。

そこで、これらの課題を解決するために、St.As.20/40やTLAを使用せず、入手が容易な改質アスファルト（以下、ベース改質As.）や特殊添加剤を用いた新たなグースアスコンの

検討を行った結果、従来のグースアスコンと比べ塑性変形抵抗性、たわみ追従性、曲げ疲労抵抗性に優れた改質グースアスファルト混合物（以下、改質グースアスコン）を開発した。本稿では、改質グースアスコンの概要、混合物性状および施工事例について紹介する。

2. 改質グースアスコンの概要¹⁾

2.1 材料

従来のグースアスコンと改質グースアスコンの材料構成を図-1に示す。

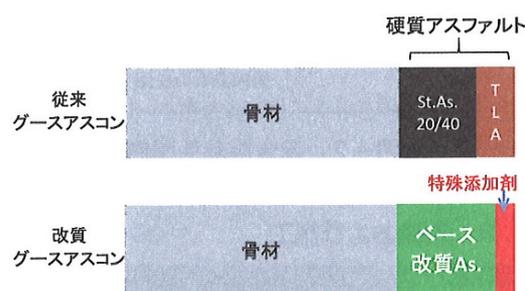


図-1 材料構成

改質グースアスコンは、従来のグースアスコンで使用しているSt.As.20/40やTLAを混合した硬質アスファルトに代わり、ベース改質As.と特殊添加剤を使用したものである。このため従来のグースアスコンに比べて、材料調達が可能になっている。

*とうもと たかし (大林道路株式会社 技術研究所 環境研究室)
 **いなば ゆきのり (大林道路株式会社 技術研究所)
 ***すずき とおる (大林道路株式会社 技術研究所 材料研究室)
 ****かんの ぜんじろう (大林道路株式会社 本店 エンジニアリング部)

2.2 配合設計

改質グースアスコンの配合設計手順例を図-2に示す。配合設計方法は、従来のグースアスコンと同様であり、振動締固め試験により粒度を設定し、流動性試験および貫入量試験によりアスファルト量を決定する。

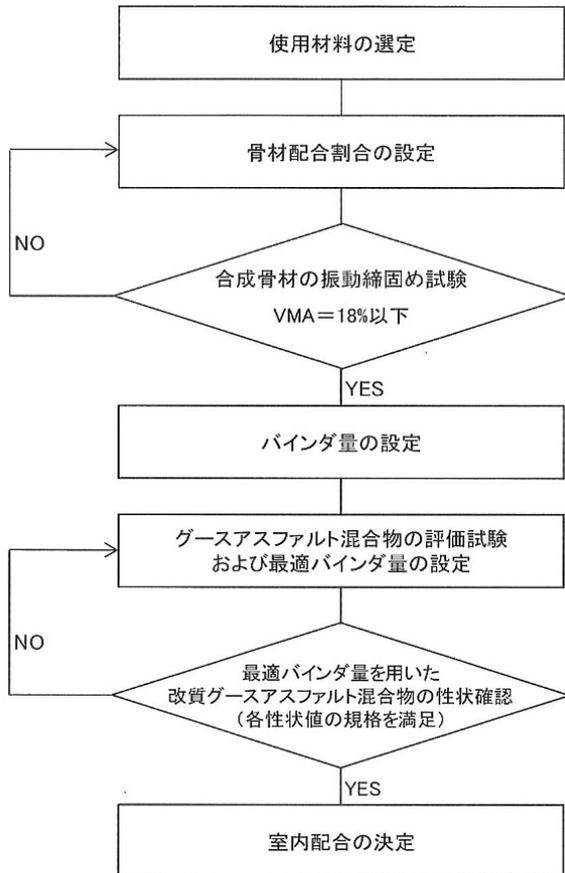


図-2 配合設計手順例

2.3 製造および施工

改質グースアスコンのバインダは、製造において、混合時に特殊添加剤を人力投入するだけであり、専用の攪拌装置付ケトルやTLAの小割などが不要で、作業性が向上している。また、

施工においては、混合物の流動性が優れているため、クッカ車での練り上がり温度を従来よりも約20℃低減できる。さらに施工時の硬質アスファルト特有の臭気も低減できる。その他については、従来のグースアスコンと同じ製造・施工方法である。

2.4 経済性

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

3. 改質グースアスコンの混合物性状

3.1 基本性状

改質グースアスコンの基本性状例および基準値を表-1に、バインダの性状例を表-2に示す。改質グースアスコンは従来グースアスコンと比べ貫入量は同程度、動的安定度と曲げ破断ひずみが優れていることから、耐久性、たわみ追従性が共に向上している。特に動的安定度はグースアスコンとしては、高い値を示している。

3.2 2層構造体としてのホイールトラッキング試験結果

表基層一体としての耐流動性を比較検証するため、2層構造体でホイールトラッキング試験（以下、2層構造体WT試験）を実施した。表層厚さ40mm（NEXCO仕様の高機能舗装Ⅱ型）、基層厚さ40mmで行った試験結果を図-3に、2層構造体WT試験後の断面を写真-1、2に示す。

基層に改質グースアスコンを用いたものは動的安定度が3,000回/mm以上となり、従来の

表-1 基本性状例および基準値

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

*1 リュエル流動性は混合物温度240℃での試験結果

*2 本州四国連絡橋橋面舗装基準（案）の基準値を採用

グースアスコンを用いた場合に比べ、2層構造体としての耐流動性が向上している。また、写真から見られるように、従来のグースアスコンでは、基層部も流動しているのに対し、改質グースアスコンでは、ほとんど変形していないことがわかる。

表-2 バインダ性状例

項目		性状値	
針入度 (25℃)	1/10mm	40	
軟化点	℃	90.9	
伸度	15℃	cm	96
	25℃	cm	75
密度 (15℃)	g/cm ³	1.027	
薄膜加熱質量変化率	%	0.09	
薄膜加熱針入度残留率	%	82.5	
トルエン可溶分	%	99.92	
引火点	℃	348	

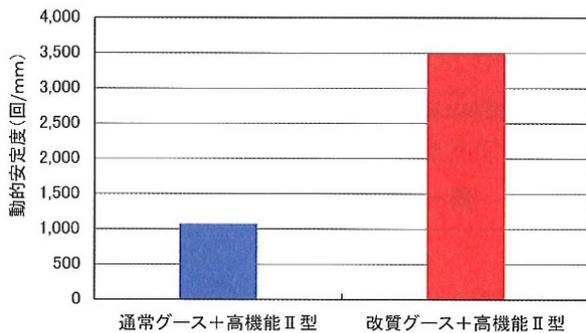


図-3 2層構造体WT試験結果



写真-1 試験後の断面 (基層:従来グースアスコン)

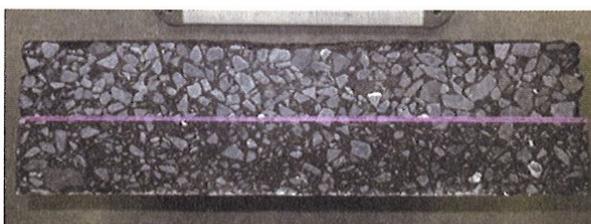


写真-2 試験後の断面 (基層:改質グースアスコン)

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

3.3 曲げ疲労抵抗性試験結果

改質グースアスコンの曲げ疲労抵抗性を評価するために曲げ疲労試験を実施した。試験温度0℃、载荷周波数5Hzで行った試験結果を図-4に示す。従来のグースアスコンと改質グースアスコンの破壊回数を比較すると、各設定ひずみにおいて改質グースアスコンのほうが1オーダー大きい破壊回数を示し、曲げ疲労抵抗性に優れていることがわかる。

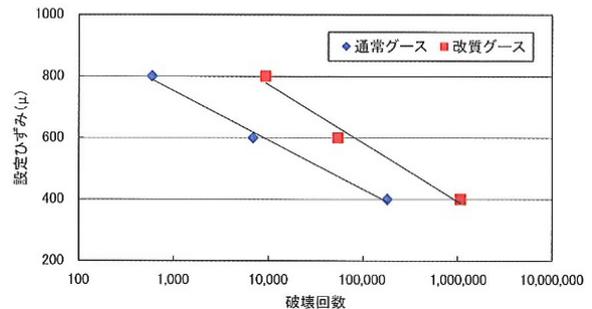


図-4 曲げ疲労抵抗性試験結果

3.4 臭気測定結果

従来のグースアスコンは、TLAという天然アスファルトを使用していることから、この天然アスファルト独特の臭気によりプラント周辺や施工現場周辺の住民からしばしば苦情が寄せられることがある。今回、それぞれのバインダ単



写真-3 臭気試験状況

体を臭気計にて評価した。試料の液面より高さ6cmの位置で測定した試験状況を写真-3に、その結果を図-5に示す。この測定結果より、改質グースアスコンの従来グースアスコンに対する優位性が確認できる。

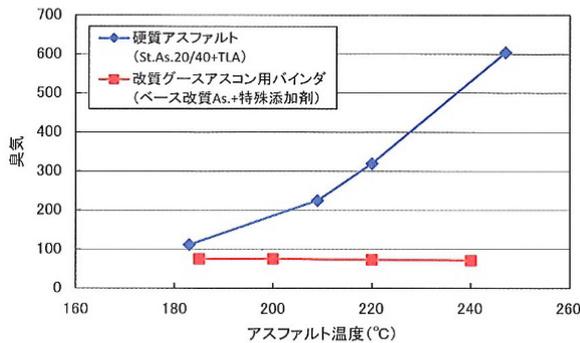


図-5 臭気試験結果

4. 施工事例

4.1 高速道路での施工事例

(1) 施工概要

当該箇所は、ゴム系材料で基層を施工していたが、交通荷重等により破損したため補修したものである。交通量が非常に多い路線のため、従来のグースアスコンより耐久性の高い品質が求められ、改質グースアスコンを提案・採用された。既設舗装断面と施工断面を図-6に示す。

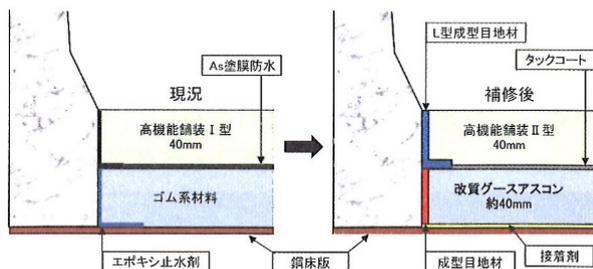


図-6 既設舗装断面と施工断面

(2) 配合設計

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

配合設計により決定された合成粒度（中央粒

度）を表-3、決定配合を表-4、決定配合による混合物性状試験結果を表-5に示す。

表-3 合成粒度

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

表-4 決定配合

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

※特殊添加剤は全As量の5%

表-5 混合物性状試験結果

項目	測定値	規格値 (目標値)
リュエル流動性 240℃ (sec)	11.1	3 ~ 20
リュエル流動性 220℃ (sec)	16.9	(15)
貫入量 40℃ (mm)	3.74	1 ~ 6
動的安定度 (回/mm)	650	(600以上)
曲げ破断ひずみ (×10 ⁻³)	10.35	8.0以上

※ () 内は社内目標値

(3) 本施工

本施工は、従来のグースアスコンと同様の施工方法にて実施した。なお、プレコートチップは、事前検討および試験施工を踏まえ、使用骨材は6号砕石で散布量を3.5kg/m²とした。施工状況を写真-4に示す。

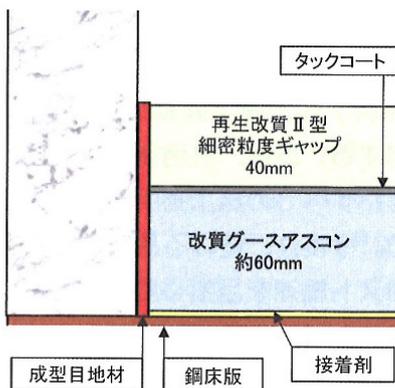


写真－４ 施工状況

4.2 国道での施工事例

(1) 施工概要

当該箇所は、長期供用によるひび割れやわだち掘れが進行していることから補修対象となった。改質グースアスコンは、発注者の仕様を満たした材料であることから施工承諾として実施した。施工断面を図－７に示す。なお、添接版のボルト高さが50mmであったことから、鋼床版および添接版ボルトを傷つけることなく短時間で施工可能なIH式舗装撤去工法²⁾により既設舗装版を撤去した。



図－７ 施工断面

(2) 配合設計

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

配合設計により決定された合成粒度（上方粒度）を表－6、決定配合を表－7、決定配合による混合物性状試験結果を表－8に示す。

表－6 合成粒度

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

表－7 決定配合

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

※特殊添加剤は全As量の5%

表－8 混合物性状試験結果

項目	測定値	規格値 (目標値)
リュエル流動性 240℃ (sec)	8.1	3 ~ 20
リュエル流動性 220℃ (sec)	14.9	(15)
貫入量 40℃ (mm)	3.0	1 ~ 6
動的安定度 (回/mm)	690	150以上 (600程度)
曲げ破断ひずみ ($\times 10^{-3}$)	13.1	8.0以上

※ () 内は社内目標値

(3) 既設舗装版撤去

前述したように添接版ボルト高さが50mmであったことから、施工時間の短縮、鋼床版および添接版ボルトの損傷対策、騒音・振動・粉塵抑制を目的として、IH式舗装撤去工法により既設舗装版を撤去した。本工法は、電磁誘導加熱技術を利用し、鋼床版とアスファルト舗装の界面の接着層を軟化させることにより、効率的に鋼床版上の舗装を撤去する工法である。既設

舗装版撤去状況を写真－5、6に示す。添接版部についても既設舗装をきれいに撤去できている。



写真－5 既設舗装版撤去状況



写真－6 既設舗装版撤去状況（添接版部）

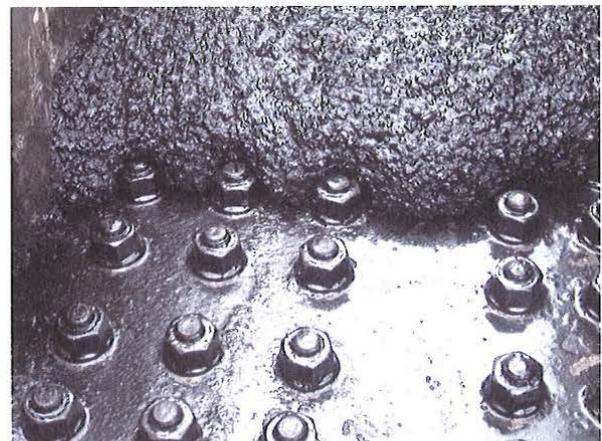
(4) 本施工

当該箇所は、縦断勾配が大きいことから敷きならし直後の混合物の「ダレ」が懸念された。本施工では、横断方向に設置されていた添接版部でグース表面の凹凸が若干発生した箇所があったため、一部でマカダムローラによる転圧を行うことで平坦性の確保に努めた。

施工状況を写真－7に示す。改質グースアスコンの流動性が良好であったため、敷きならし時に添接版部でも空隙が発生することなく流し込むことができています（写真－8）。



写真－7 施工状況



写真－8 添接版部の敷きならし状況

5. おわりに

改質グースアスコンは、平成27年度末時点で施工件数7件、施工面積18,535m²の施工実績を有する。現在、供用後8年経過したものを含めて、すべての施工箇所で良好な状態を保っている。今後は、更なる品質の安定性向上ならびにコスト縮減を目指していくとともに、本工法の普及を図っていきたい。

【参考文献】

- 1) 上地俊孝、鈴木徹、稲葉行則、菅野善次郎：改質グースアスファルト混合物の性状と施工事例、第31回日本道路会議、2015.
- 2) 稲葉行則：IH式舗装撤去工法（電磁誘導加熱による鋼床版アスファルト舗装撤去工法）、平成22年度中国地方建設技術開発交流会、2010.

アスファルト乳剤を主体とした舗装補修キットの開発

光谷修平* 鈴木 徹** 澤田修平***

1. はじめに

社会インフラの老朽化と維持修繕・更新予算の不足がもたらす問題は、「荒廃するアメリカ」を引き合いとして建設関連の有識者を中心に以前から指摘され、対策の必要性が提言されていた。2012年12月2日に発生した笹子トンネル天井板落下事故はこの老朽化がもたらす被害が具現化したものであり、現在、国土交通省を中心に「全数監視」を原則とした総点検が開始される等、まずは管理方法の見直しが行われている。これにより、緊急性の有無から維持修繕・更新の優先順位を適切に決定するシステムが構築されていくものと思われる。しかし、少子高齢化等を背景とする経済の長期的な失速傾向を抜本的に解決することは困難であり、維持修繕・更新予算の大幅な増額が見込み難い以上、限られた予算で必要な維持修繕・更新を適切な時期に実施するためのさらなる工夫にあらゆる角度から取り組まなければならない。

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

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

2. 求める舗装用補修材

日本の道路の舗装の約95%はアスファルト舗装である。アスファルト舗装の状態は一般に‘わだち掘れ深さ’‘ひび割れ率’‘平坦性’とこれらから

算出されるMCIやPSI等で管理され、基準を割り込むと一定区間を加熱アスファルト混合物を使用する切削オーバーレイ工法等により計画的に打ち換える。不具合を生じた舗装を層ごと加熱アスファルト混合物で更新すれば、その層は新設時の状態に戻り、耐久性を確保することができる。一方、点在するポットホールや段差等の局所的な損傷については、偶発的に発生するために計画的な維持管理が難しい。そのため、加熱アスファルト混合物による維持修繕は、舗装技能者や専用機材を要すること、温度低下により材料のロスが大きくなること等の理由により（必ずしも）適していない。このように偶発的・局所的な損傷の緊急・応急処置にはカットバック系常温アスファルト混合物を使用する機会が多い。

アスファルトは、高温状態では軟化し、常温になると硬化する性状を有し、その変化を温度で調整する技術により舗装材料として活用されてきた、いわゆる樹脂等の化学反応で硬化させる材料と比較して難しい専門知識を必要とせず、安価である。カットバック系常温混合物はこのアスファルトの軟化・硬化を、温度ではなく少量の油類等の有機溶剤によるカットバックと有機溶剤の揮発で調整する材料であり、加熱アスファルト混合物と比較して可使用時間が長いこと、点在する局所的な損傷の補修に使用しても材料のロスが少なくなる。ただし有機溶剤が揮発しきれないうちに交通開放して、交通荷重を受けつつ揮発させ徐々に硬化する形態のため、多少の飛散は避けられず、耐久性という面では信頼性が低い。また薄層施工・段差修正には適さない。

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

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

*みつたに しゅうへい 大林道路(株)エンジニアリング部副部長

**すずき とおる 同技術研究所材料研究室室長

***さわだ しゅうへい 同技術研究所材料研究室

3. 材料構成

本件常温混合物（以下、本品）の材料構成を図-1に示す。

- ① 結合材は乳剤を主体とし、硬化後の結合力と付着性を補完した特殊乳剤とした。
- ② 特殊乳剤と混合して乳剤の分解を促進し、かつ硬化後の骨材とする材料は、小規模なポットホールや段差等を転圧なしで充填・整形し、コテやゴムレーキで仕上げられるよう粒径2.5mm以下の細骨材と、硬化後に適度な剛性を付与する成分を配合した粉体とした。

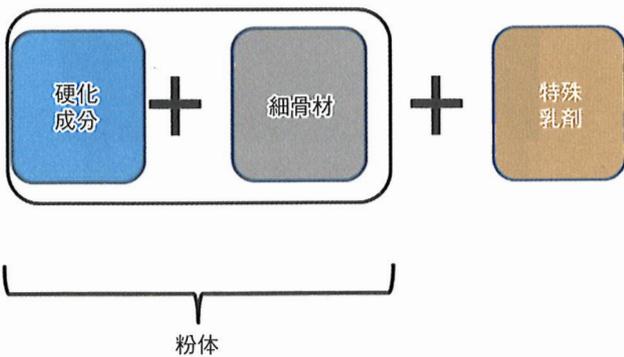


図-1 材料構成

4. 荷姿

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



図-2 軟質プラパックに梱包

現場への供給は補修対象の規模に応じて使い分けられるよう、小規模用として1.65kg/セット×4セ

ットを段ボール1箱に梱包したSタイプ、9.5kg/セット×2セットを1箱に梱包したLタイプの2種類のキットを用意した。それぞれで施工可能な面積の目安を図-3に示す。

Sタイプ	Lタイプ
<p>液部 0.45kg 粉体部 1.2kg 1.65kg/1セット</p>	<p>液部 2.6kg 粉体部 6.9kg 9.5kg/1セット</p>
<p>1セット当たりの施工量(目安)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・施工厚 5mm=約0.15m² ・施工厚 2.5mm=約0.3m² 	<p>1セット当たりの施工量(目安)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・施工厚 5mm=約1m² ・施工厚 2.5mm=約2m²

図-3 1セットの内訳および施工可能面積

5. 混合方法

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



写真-1 手もみ混合

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



写真-2 ハンドミキサ混合

6. 施工方法

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



写真-3 流込みによる施工

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

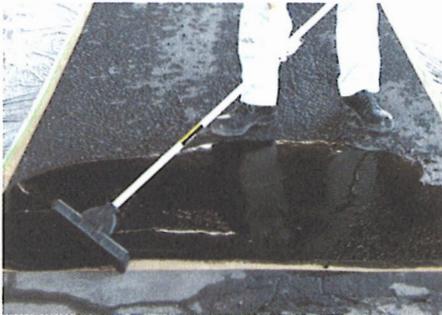


写真-4 ゴムレーキによる施工

少し深め（5 cm以上）の場合は、適宜6～7号碎石等の粗骨材を混合し、木ゴテや金ゴテで仕上げる方法も可能である（写真-5）。



写真-5 粗骨材入り金ゴテ仕上げ

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

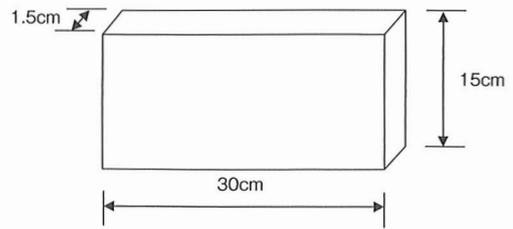


図-4 溝埋めシミュレーション型枠

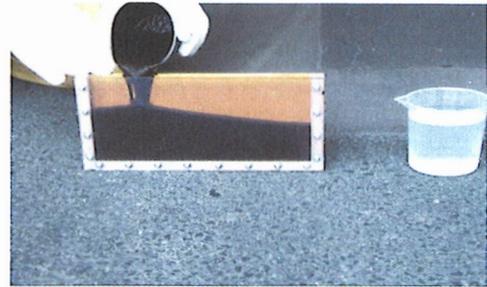


写真-6 溝に充填する実験

7. 品質特性

本品の品質特性および管理目標を表-1に示す。

表-1 品質特性と管理目標

試験項目		試験値	管理目標	試験方法
硬化前	可使用時間 (20℃) 分	9	5以上	手練り目視
	硬化時間 (20℃) 分	40	60以下	指触判定
硬化後	一軸圧縮強さ MPa	1.3	0.5以上	舗装調査・試験 法便覧 D001T
	残留強度率 %	83.4	50以上	舗装調査・試験 法便覧 D001T
	引張接着強度 MPa	1	0.5以上	舗装調査・試験 法便覧 D002T
	WTAT 摩耗量 g/m ²	340	500以下	舗装調査・試験 法便覧 D003T

WTAT（ウェットトラック摩耗試験）は20℃ 24時間養生後、25℃ 1時間水浸後の供試体を使用
WTAT以外の硬化後の物性値は20℃ 3日養生後の供試体で実施

8. 適用事例

適用事例を以下に列記する。

(1) 一般の道路

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

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

(2) 工場や倉庫等の舗装

工場や倉庫等の舗装は、荷重重量が大きいトラッ

クヤトレーラ、前方に荷を抱えることで前輪に大きな荷重がかかり、これを支えるタイヤが小さいことで接地圧が大きく、作業時に短い間隔で発進・制動、小さい回転半径での旋回を繰り返すフォークリフト等、舗装への負荷が大きくなりやすい車両が走行し、しかも扱う製品によっては、振動や衝撃が厳禁となる厳しい条件で供用される。本品はアスファルト舗装、コンクリート舗装を問わずゼロすり付けが可能な補修材であり、優れた耐久性を示すことから、営繕用としてこのような厳しい供用条件下においても適用可能である。

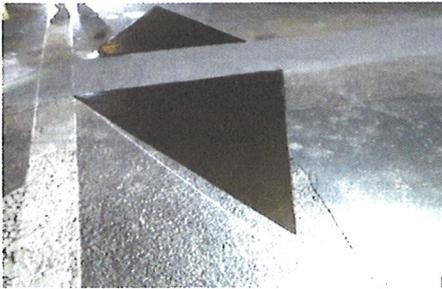


写真-7 橋梁ジョイント部の補修例



写真-8 交差点部マンホール周りの補修例



写真-9 埋設管復旧箇所に生じた段差補修例



写真-10 倉庫前面に生じた舗装の段差補修例

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

(3) 路面の荒れの補修

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



写真-11 舗装の‘荒れ’の補修例



写真-12 充填による補修例

9. おわりに

以上、筆者らが開発した、乳剤を主体とした舗装用補修キットを紹介した。本品は、特別な技能や道具がなくても使用可能であることから、気になる舗装の損傷を誰でも随意に補修できる利点がある。現段階では道路の維持補修用として舗装技能者に活用いただいている他、特に舗装技能を有していない工場・倉庫等の営繕担当者にも活用いただいている。

高齢化が進む我が国ではあるが、ものづくりの技能においては若年者をはるかに凌ぐ高齢者も少なくない。次のステージとして、本品がこういった一般の皆様が積極的に社会インフラの保全に住民参加型で取り組むためのツールのひとつとして活用いただけるようになれば幸甚である。

土系舗装施工における凍結防止対策

大林道路株式会社 技術研究所 ○小嶋 匠
掛札 さくら

1 はじめに

土系舗装は、天然の土を主材料とする混合物を表層に用いた舗装で、自然に近い風合いがあり、景観性が重視される場所に適用される。

本舗装を採用した高尾山は、都心に近く 1 年中多くの観光客が訪れるが、冬季には気温が氷点下になり、積雪もある山である。施工時期が冬季で、混合物が硬化するまでの間に舗装内の水分が凍結することが懸念された。本文は、事前に検討した凍結防止対策の検討結果や施工結果を報告するものである。

2 混合物の概要

今回の現場で使用した混合物は、真砂土に玉砂利や砕石などを混入し、固化材を添加した土系舗装である。砂利を混入することにより、一軸圧縮強さ（材令 7 日）が 3MPa と大きく、歩行者系道路の土系舗装の中でも、比較的強度が必要とされる箇所に適用している。

3 工事の概要

工事の概要を以下に示す。

- ① 工事件名：大見晴園地改修工事 ② 工期：平成 26 年 12 月 1 日～平成 27 年 3 月 13 日
③ 元発注者：東京都環境局多摩環境事務所 ④ 工事箇所：東京都八王子市高尾町
⑤ 工事内容：1,549m² t=5cm（歩道）、t=7cm（車道）

4 混合物の配合

4.1 使用材料

使用材料としては、真砂土、玉砂利、高炉 B 種のセメントを用いた。

4.2 配合試験

混合物の配合は、真砂土を 60%、玉砂利を 40% とした。なお、玉砂利は粒径が 4～8mm と 2～4mm のものを事前に混合したものを使用した。固化材は、高炉 B 種のセメントを用い、目標とする一軸圧縮強さ（7 日養生：6 日空中、1 日水中）は 3MPa とし、固化材の添加量を決定した。

セメント量 6%、8%、10% で突固め試験を行い、最適含水比を決定し、その後、それぞれについて一軸圧縮強さを求めた（図-1）。この結果から、セメントの添加量は 4.3% とした。

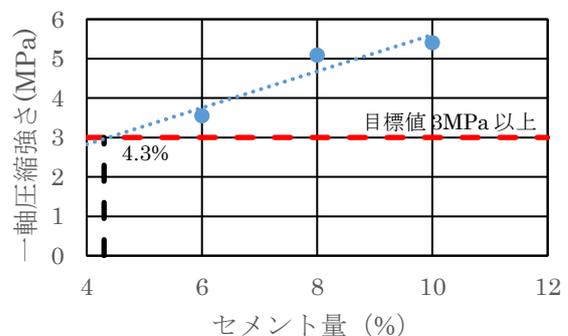


図-1 一軸圧縮試験結果

4. 3 決定配合

決定した現場配合を表-1に示す。セメント量は割増率を40%とし、 $4.3 \times 1.4 = 6.0\%$ とした。

表-1 現場配合

配合割合 (質量比)	真砂土	60%
	玉砂利	40%
	セメント(外割)	6%
最適含水比 w_{opt}	9.0%	
最大乾燥密度 ρ_{dmax}	2.093 g/cm ³	

5 施工

5. 1 施工手順

施工手順は図-2に示すとおりとした。



図-2 施工手順

5. 2 事前の検討事項

事前に施工検討会を行った。決定事項を以下に示す。

- ① 路面凍結を考慮し、荷揚げ用の2tダンプは、スタッドレスタイヤをはいた4輪駆動車とする。
- ② 支持力不足によるひび割れの発生を防止するため、路盤の施工完了後、プルーフローリングを実施し、支持力不足箇所は、事前にセメント改良することとする。
- ③ 試験施工を実施し、各作業段階での問題点を抽出し、その解決策を決定後、本施工に臨む。
- ④ 日々の施工ジョイントは目地構造とする。
- ⑤ 標高が599mで施工時期が1月～3月であり、図-3に示すように最低気温が0℃を下まわる可能性が大きい。凍結防止策として、施工後の路面をポリフィルムで養生し、その上から養生マットをかけ、さらに電線を養生マット上にはわし、その上にブルーシートをかけ、加熱養生する(電線による加熱養生1日、マット養生3日)。

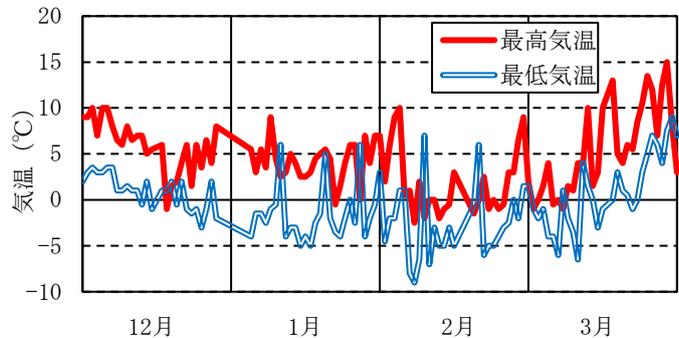


図-3 施工時期の山頂の気温

5. 3 施工状況

5. 3. 1 混合物の製造

製造の手順および注意点を以下に示す。

- ① 気温が低い時は、水と骨材を加温した(写真-1、写真-2)。
- ② 一日の施工時間が短く、施工目地が多くなる。収縮目地を減らすため、収縮低減剤を使用した。
- ③ 混合作業の前に、使用材料の含水比を測定し、最適含水比となるよう加水量を決定した。
- ④ ミキサーの1バッチ分の骨材、セメント、水の計量方法は、水はバケツ、骨材はバックホウのバケツにマーキングし計量した。
- ⑤ ミキサーへの投入順は、水の大部分→粗骨材(鹿島砂利)の半分→細骨材(真砂土)の半分→セメント全量→細骨材(真砂土)の残り半分→粗骨材(鹿島砂利)の残り半分→水の残りとし、混合・攪拌した。混合・攪拌状況を写真-3に示す。

⑥ ミキサーから吐き出された混合物は、タイヤショベルで受けて運搬した。



写真-1 水の加熱



写真-2 骨材の加熱



写真-3 混合状況

5. 3. 2 敷きならし

敷きならしは、人力（レーキ）とした。土塊は取り除き、表面が粗い場合、ふるいにて目潰しを行った。

5. 3. 3 締固め

初転圧は小型振動ローラで行い、二次転圧はコンバインドローラにて実施した。締固め状況を写真-4、写真-5に示す。



写真-4 初転圧

5. 3. 4 養生

前述のように、気温がマイナスになることが予測されたため、事前に室内にて養生方法を検討した。ポリフィルム+ブルーシート、ポリフィルム+養生マット（スポンジ）、ポリフィルム+養生マット（毛布状）、ポリフィルム+養生マット（毛布状2枚重ね）で養生を行い、舗装表面および内部の温度を測定した（写真-6）。この結果より、養生方法として、ポリフィルム+養生マット（スポンジ）を選択した。



写真-5 二次転圧

なお、現場では路面をポリフィルムで養生し、その上から養生マットをかけ、電線を養生マット上にはわし、その上にブルーシートをかけ加熱養生した（写真-7、写真-8）。



写真-6 室内試験



写真-7 電熱線による加熱養生



写真-8 養生マットによる保温

平成 27 年 1 月 23 日施工時に、外温度、養生シート内の温度、および土の温度を測定した。その結果、外気温が -3.5°C の時でも、養生シート内の温度は 3.2°C 、土の温度は $3.7\sim 4.1^{\circ}\text{C}$ であり、養生の効果があることを確認できた。

5. 3. 5 仕上がり

仕上がり状況を写真-9に示す。仕上がり状況は良好であった。また、現場作製供試体で一軸圧縮試験を行った所、目標一軸圧縮強さ（材令 7 日）の 3MPa 以上を満足していた。



写真-9 仕上がり状況

6 まとめ

冬期の施工であったため、山頂は雪になることがあった。一度雪が降ってしまうとなかなか解けず、路床も凍結してしまうため、それらの撤去に手間がかかった（写真-10）。また、平日でもかなりの観光客があり、予想以上に作業効率が低下した。

施工については、事前に凍結防止方法および材料の搬入や施工手順の検討を行うとともに、本施工前に試験施工を実施した結果、無事終了することができた。写真-11は施工2ヶ月後の状況である。



写真-10 降雪

また、現在、施工後1年半程度経過しているが、大きな破損等はなく良好な状態である。

最後に、今回の施工に際し、東京都環境局多摩環境事務所、東新緑地株式会社の関係各位には、いろいろご配慮いただき、ここに深く感謝の意を表します。



写真-11 施工2ヶ月後