

環境に配慮した歩道舗装に関する 研究プロジェクト（H25-27年度）

共同代表 山田 優（大阪市立大学名誉教授）
佐野正典（近畿大学）

研究の目的

歩道等の舗装に適用可能な種々の工法・材料について、
環境に係る性能および強度・耐久性の評価方法を検討し、
適用場所の条件に応じた必要性能案を作成する。

参加メンバー

学 山田優（大阪市大名誉教授）、佐野正典、東山浩士（近畿大学）
産 大林道路(株)、奥村組土木興業(株)、鹿島道路(株)、大成ロテック(株)、
東亜道路工業(株)、(株)NIPPO、住友大阪セメント(株)
鉄鋼スラグ協会、(株)地球環境技術研究所、
官 近畿地方整備局道路部、近畿技術事務所
オブザーバ 大阪府、兵庫県、大阪市

研究内容とスケジュール

項 目	内 容	H25 年度	H26 年度	H27 年度
現状の 調査・分析	・ これまで実施あるいは提案されている歩道舗装 の調査	—		
	・ それらの特徴を検討し、適用条件別に分類	—		
室内試験	・ 検討対象とする工法・材料を抽出	—		
	・ 試験施工に採用した工法・材料の室内試験		—	
試験施工	・ 構内における小規模な試験施工	—		
	・ 国道等の歩道における試験施工		—	—
試験結果 の分析	・ 室内性能評価試験および小規模試験施工の結果 の分析		—	
	・ 適用条件別、必要性能案の検討		—	—
	・ 試験施工ならびに室内試験結果の分析		—	—
	・ 歩道舗装の分類、必要性能(評価指標と基準値) の提案			—
報告書の 作成	・ 研究成果の取りまとめ、報告			—

小規模試験施工ヤード (H25.11.5-14) の全景

(計17種類x約2~3mx2m=約90m²)

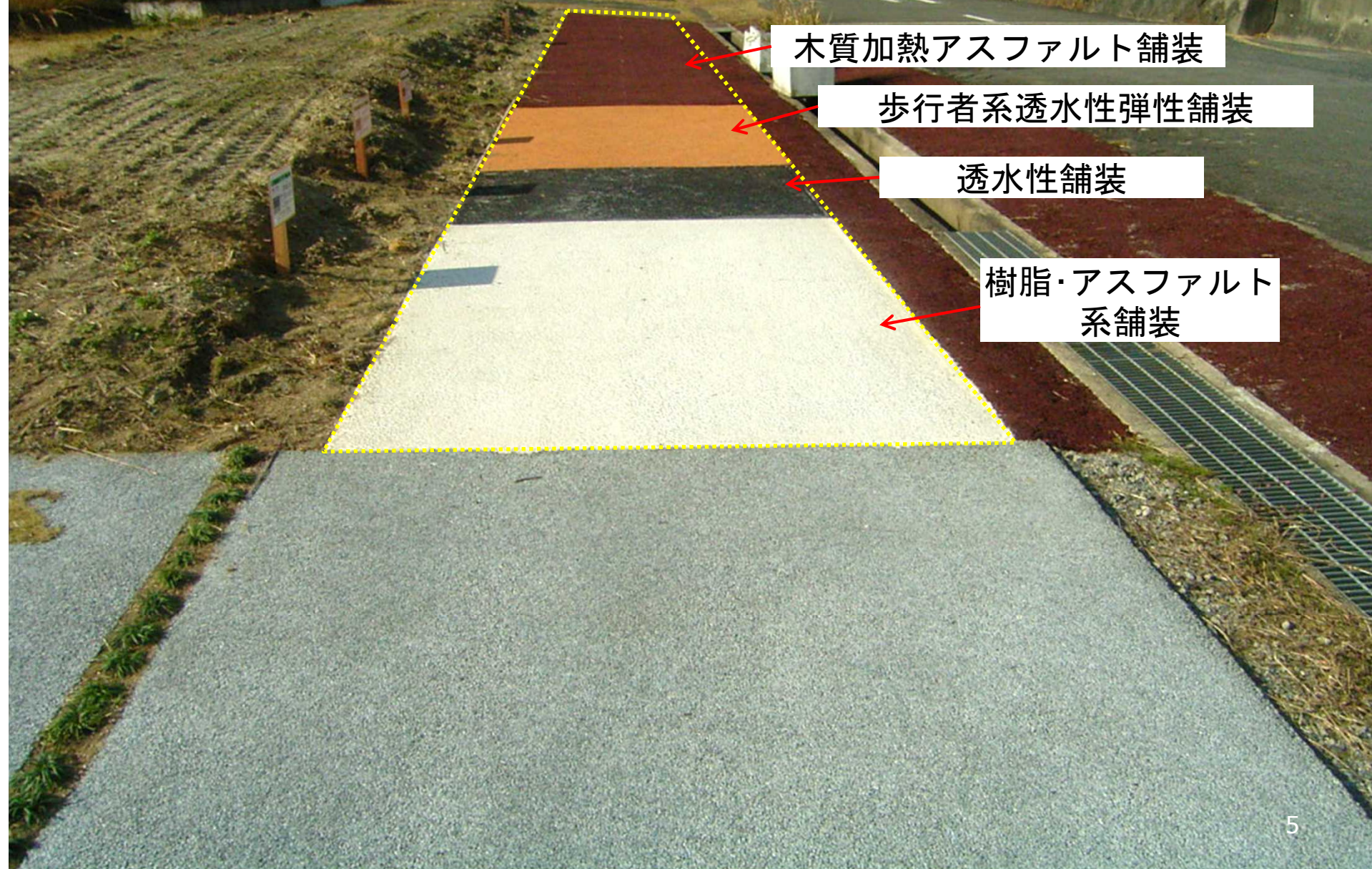


小規模試験施工ヤード 追加施工後の全景 (H26.11.16-20) (計5種類)

土系舗装 4色
(赤、黄、緑、白)



小規模試験施工ヤード 追加施工後の全景 (H26.11.16-20) (計5種類)



小規模試験施工における試験結果

(1) 舗装の評価試験

経過月数	試験日	備考
施工直後	2013/11/18	第1回
3ヶ月後	2014/2/13	第2回
8ヶ月後	2014/7/30	第3回
12ヶ月後（1年後）	2014/11/19	第4回
18ヶ月後（1.5年後）	2015/5/21	第5回

(2) 舗装の表面温度計測（赤外線サーモグラフィ）

経過月数	試験日	条件	備考
9ヶ月後	2014/8/6	散水なし	第1回（曇りのち晴れ）
10ヶ月後	2014/9/9	散水あり	第2回（晴れ）
21ヶ月後	2015/8月下旬	散水あり	第3回

小規模試験施工における試験結果

(3) 舗装の評価試験 試験結果一覧表 (18ヶ月後)

2015/5/21

		すべり抵抗	弾力性	弾力性	現場透水量	プロクタニードル	明度測定	平たん性	平均キメ深さ
		BPN	GB	SB	(ml/15秒)	1/2インチ(lb)	L*	標準偏差 0.5m (mm)	MPD
1	保水性舗装	83	74	3	不透水	－	54.01	0.92	0.80
2	カラー保水性舗装	80	73	4	不透水	－	45.28	1.07	0.27
3	常温混合物保水性舗装	86	70	3	不透水	－	48.91	2.63	0.79
4	常温混合物透水性舗装	90	58	2	1,563	－	27.83	2.66	2.23
5	透水性舗装	86	58	2	1,538	－	27.89	0.97	1.67
6	遮熱型常温透水薄層カラー舗装 「ニューカラーコート・C」	89	66	2	1,302	－	55.42	0.80	1.21
7	常温透水薄層カラー舗装 「ニューカラーコート・P」	92	62	2	1,395	－	45.33	0.82	1.58
8	自然石風常温透水薄層カラー舗装 「ネイチャーコート・ST」	90	64	3	1,364	－	44.75	2.03	1.59
9	土系舗装 「砕石・土コラボ方式」	78	57	4	不透水	－	57.01	1.01	1.45
10	土系舗装 「練り・左官方式」	75	68	7	不透水	－	61.83	0.71	0.79
11	土系舗装 「散水・転圧方式」	75	68	6	不透水	－	54.82	1.12	0.94
12	土系舗装 「練り・転圧方式」	59	48	2	測定不可	－	55.38	2.59	1.48
13	土系舗装 「土ブロック方式」	76	77	9	56	－	54.68	1.29	0.56
14	樹脂で固めた土舗装 「デュソル」	68	13	5	不透水	45	49.34	1.25	0.73
15	保水性及び透水性 「木質舗装材ブロック」	63	39	16	不透水	－	43.97	0.97	0.87
16	保水性及び透水性 「エコベック」	65	78	5	25	－	55.76	1.17	1.19
17_ほうき目	土系舗装「オーバーレイ方式」ほうき目	81	67	5	不透水	－	60.26	1.34	0.65
17_左官	土系舗装「オーバーレイ方式」左官	77	－	－	不透水	－	59.67	－	0.50
18_赤	土系舗装「オーバーレイ方式」赤	73	－	－	不透水	－	51.20	－	0.68
18_緑	土系舗装「オーバーレイ方式」緑	76	－	－	不透水	－	58.36	－	0.50
18_黄色	土系舗装「オーバーレイ方式」黄色	74	71	5	不透水	－	58.63	－	0.57
18_白	土系舗装「オーバーレイ方式」白	75	－	－	不透水	－	61.01	－	0.41
19	路面温度低減舗装	83	70	4	不透水	－	69.03	0.82	0.92
20	乗入れ口排水性舗装	74	68	5	1,579	－	26.46	0.91	2.04
21	歩行者系透水性弾性舗装	70	38	34	1,523	－	45.54	2.12	0.77
22	木質加熱アスファルト舗装(透水型)	85	28	6	1,535	－	27.01	1.21	1.35

国道等の実現場における試験施工



道の駅「妹子の郷」 Michi-no-Eki Imoko no sato Guide map

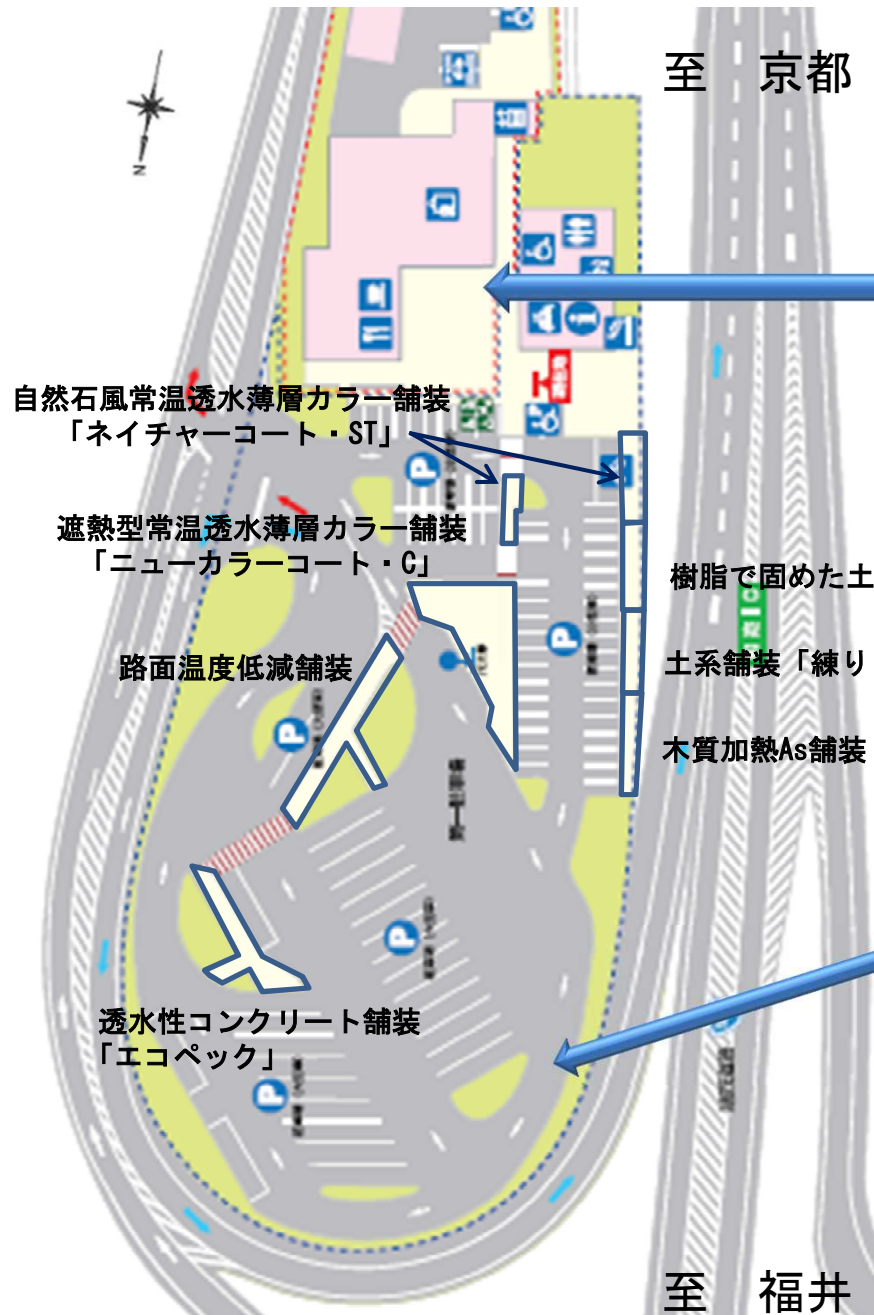


「妹子の郷」

この地域は、遣隋使で有名な「小野妹子」の出身地が大津市小野であると言われており関係が深いことや毎年「小野妹子」に関するイベントが開催されており、地域で愛されている人物であることから「妹子の郷」と命名された。



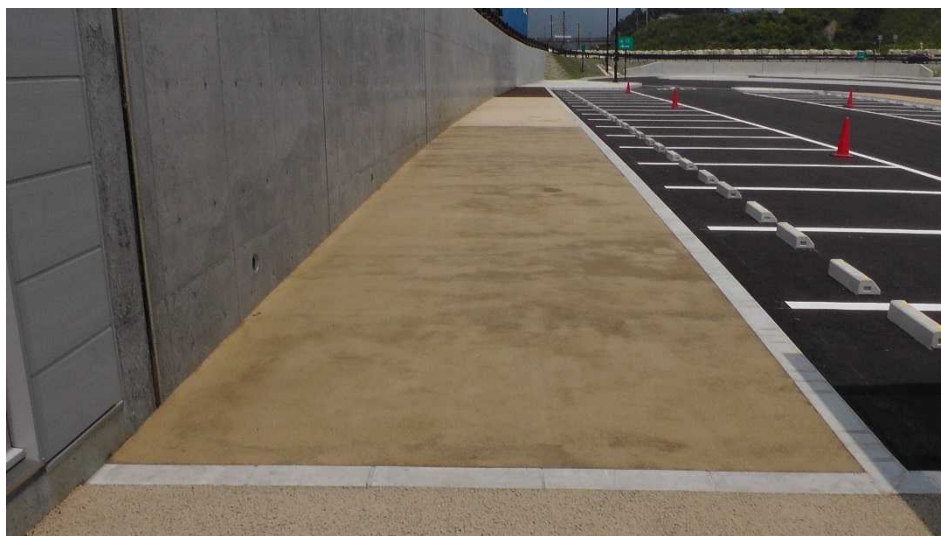
国道等の実現場における試験施工



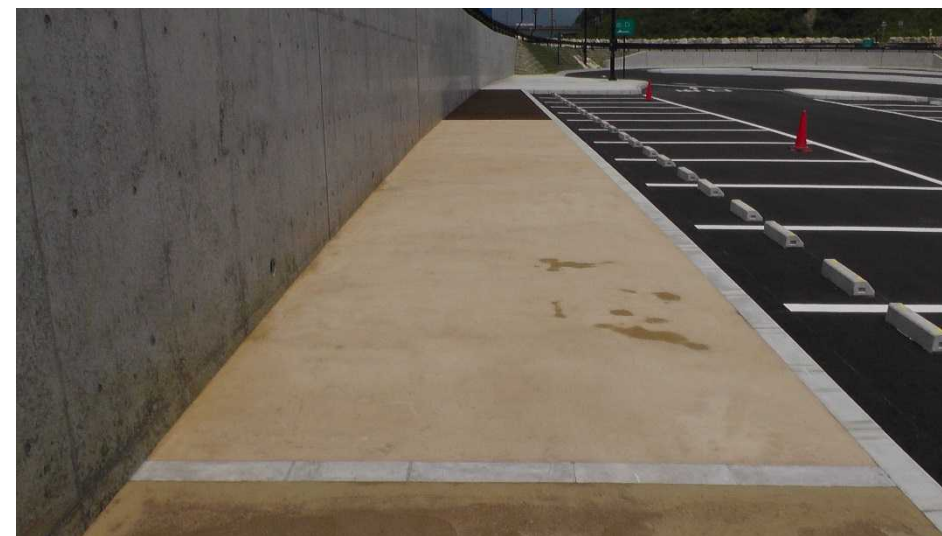
国道等の実現場における試験施工



自然石風常温透水薄層カラー舗装「ネイチャーコート・ST」



樹脂で固めた土舗装
「デュソール」



土系舗装
「練り・転圧方式」

国道等の実現場における試験施工



木質加熱アスファルト舗装（透水型）



遮熱型常温透水薄層カラー舗装
「ニューカラーコート・C」



路面温度低減舗装

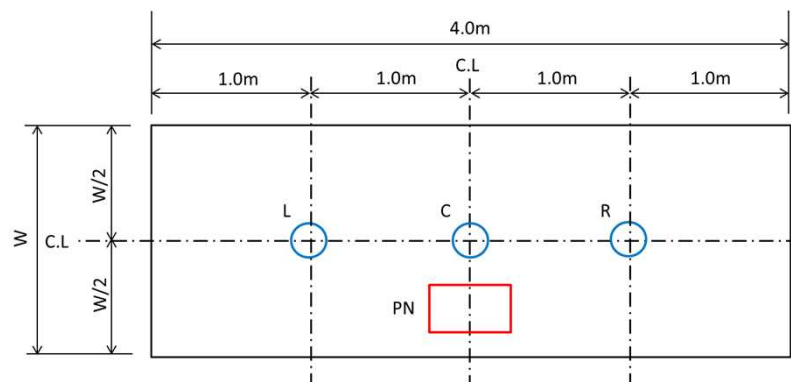


透水性コンクリート舗装「エコパック」11

国道等の実現場における試験施工

追跡調査予定および試験の種類

回数	経過年数	予定時期	備考
1	初期値	2015/7/31	8/4道の駅グランドオープン
2	0.5年後	2016/2/1	
3	1.0年後	2016/8/1	
4	1.5年後	2017/2/1	
5	2.0年後	2017/8/1	
6	2.5年後	2018/2/1	
7	3.0年後	2018/8/1	
8	3.5年後	2019/2/1	
9	4.0年後	2019/8/1	
10	5.0年後	2020/8/1	

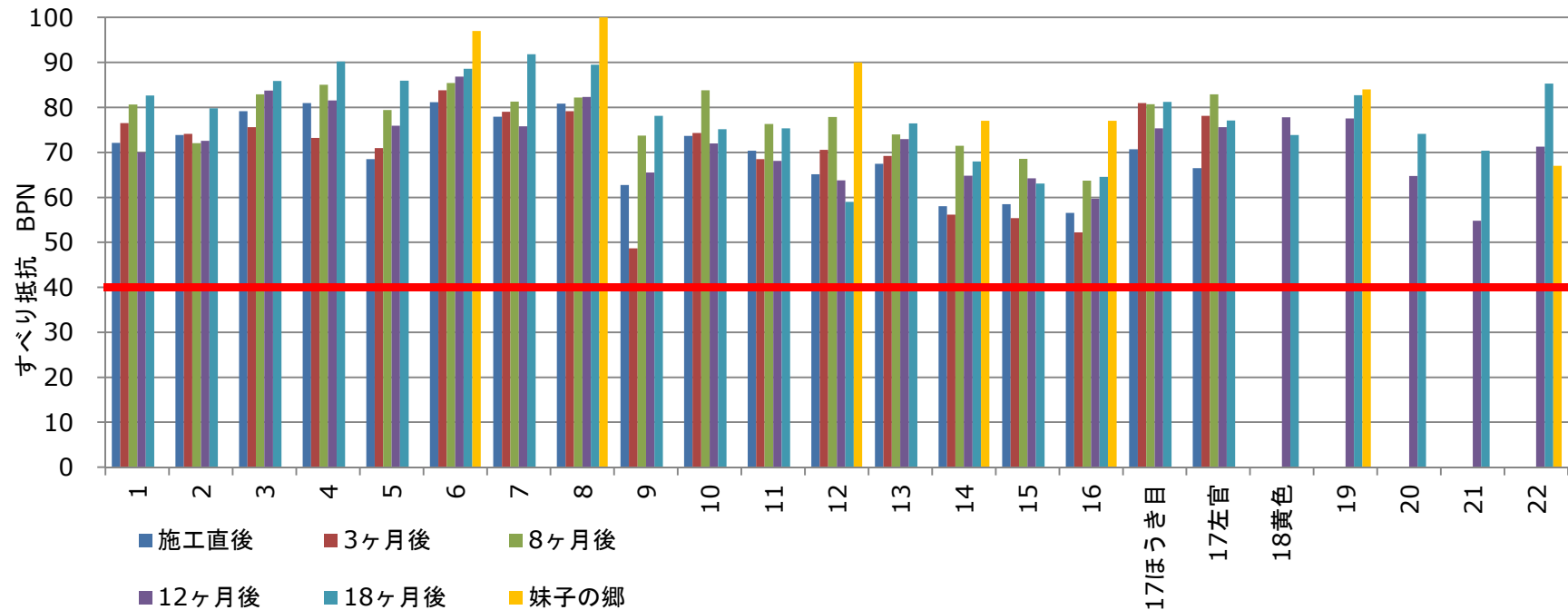


位置	試験名	指標	備考
C.L	平坦性	σ 0.5m	L=4m
C	弾力性試験	GB係数・SB係数	
R	CTメータ(きめ深さ)	MPD	
PN	プロクターニードル試験	貫入抵抗	デュソルのみ
L	すべり抵抗性試験	BPN	湿潤、乾燥
C	現場透水量試験		路面温度低減舗装、デュソルを除く
全体	目視観察	表面写真撮影・スケッチ等	調査票の作成

小規模試験施工における試験結果

① すべり抵抗性BPN

- ・ 舗装調査 試験法便覧S021-2
振り子式スキッドレジスタンステストによるすべり抵抗測定方法
- ・ 性能目標値 BPN40以上（湿潤状態）

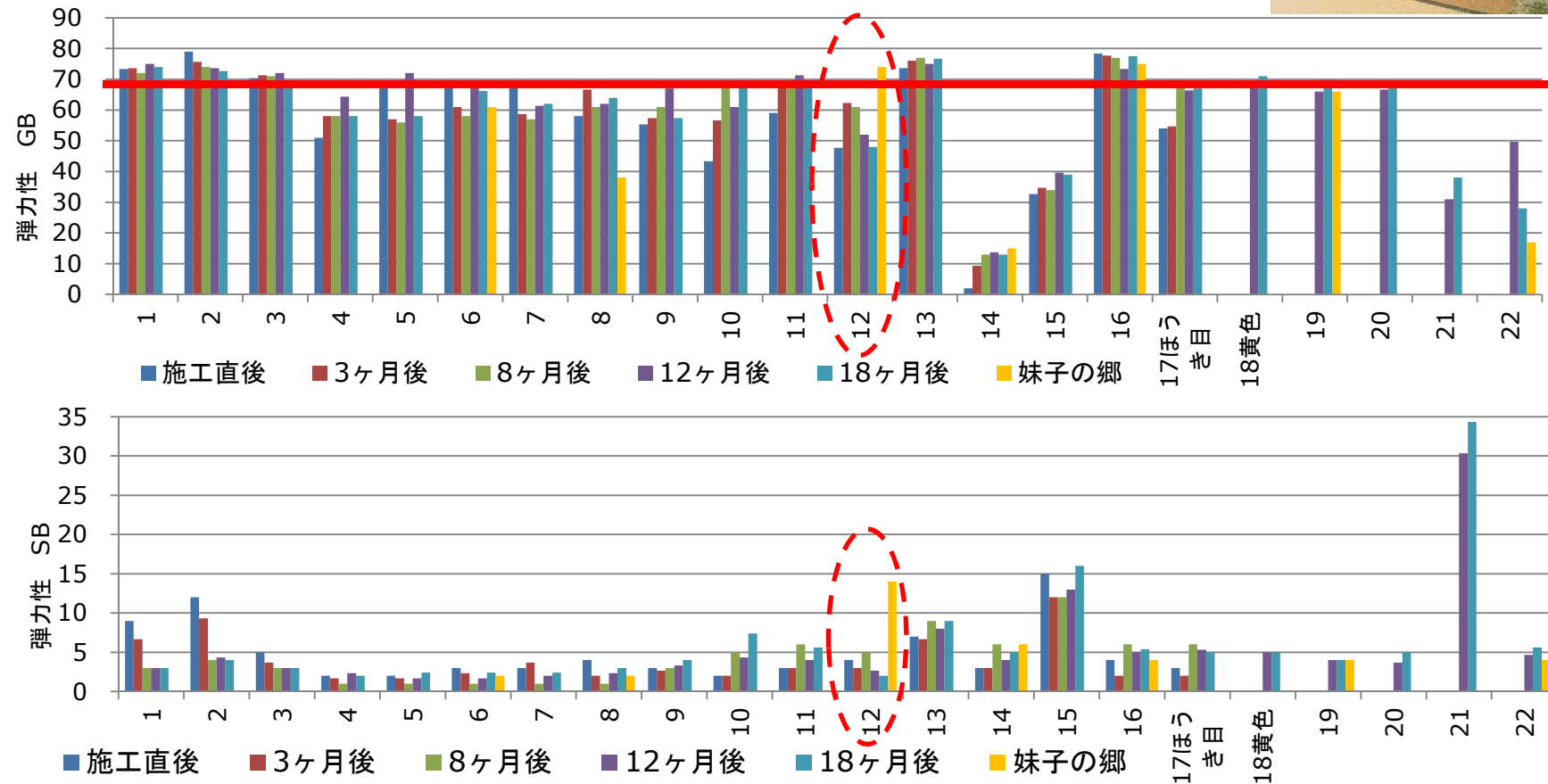


- ・ 全般にBPNは40以上を確保し、良好な状態で推移している。
- ・ 表面のアスファルト被膜や結合材が剥がれてくるために、経過月数が多くなるほど、すべり抵抗が大きくなる傾向を示していると考えられる。

小規模試験施工における試験結果

② 弾力性試験 GB係数・SB係数

- ・舗装調査 試験法便覧S026-1 舗装路面の弾力性試験方法 (GB係数、SB係数)
- ・性能目標値 GB係数 70%以下



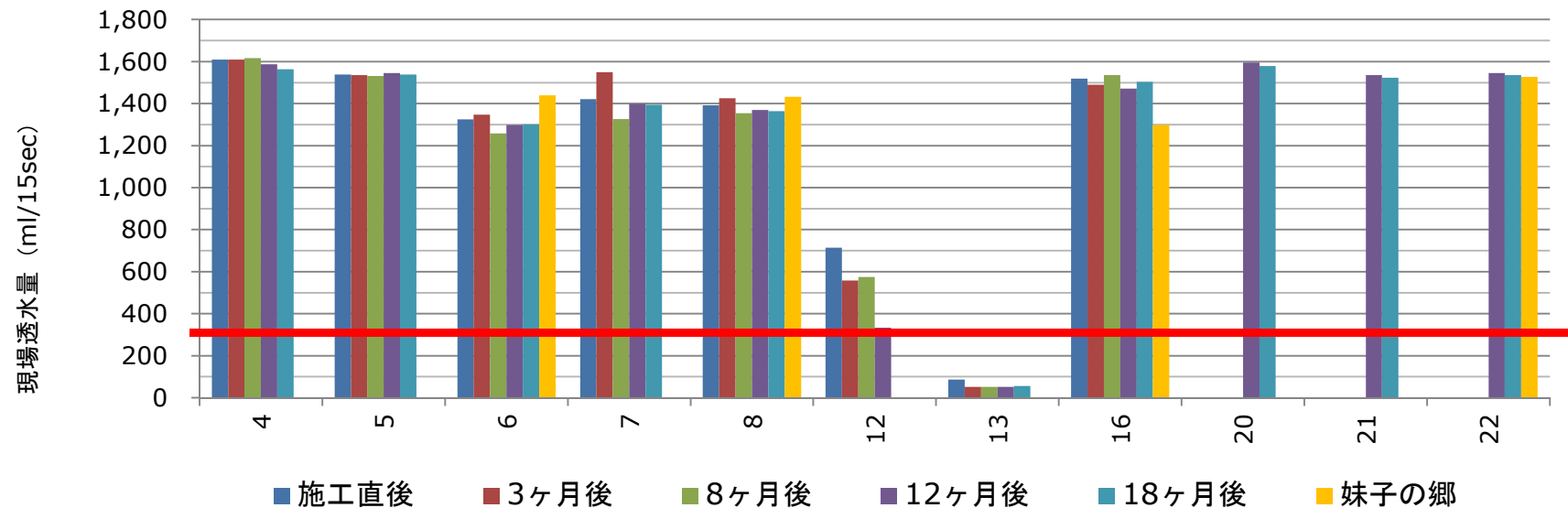
- ・デュソル (NO. 14) は当初より硬化しているが、十分な弾力性能を確保している。
- ・GB係数では、アスコンやコンクリートの舗装で一部突出している箇所もあるが、全般的に良好な値で推移している。

※試験施工で妹子の郷（滋賀県）に供した土系舗装NO. 12は冬期の気温低下による凍害を考慮し、車道用を採用したことから硬くなっている。

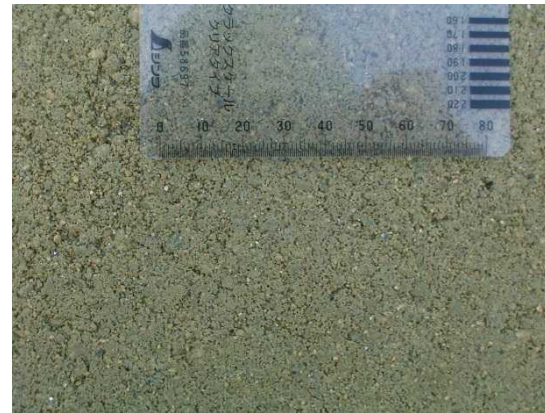
小規模試験施工における試験結果

③ 現場浸透水量

- ・ 舗装調査 試験法便覧S025 現場透水量試験方法
- ・ 性能目標値 300ml/15秒以上



- ・ 土系舗装「練り・転圧方式」(NO. 12)を除いては、全般的に同程度で推移しており、大きな変化は認められない。
- ・ 土系舗装「練り・転圧方式」(NO. 12)は、平成26年12月～平成27年3月の冬期に凍害の影響により、表面が荒れてしまい、現場透水量試験を測定することができなかった。
- ・ 凍害の原因は、土系舗装の不陸調整をするために、表面1cm程度を後付で施工した部分が下層と一体化しておらず、水分の浸透および気温低下と上昇の繰り返し作用を受けたために発生したものと考えられる。



枚方市の気温(℃)

気象庁HPより

日	H26.12		H27.1		H27.2		H27.3	
	最高	最低	最高	最低	最高	最低	最高	最低
1	17.0	8.8	5.5	-1.3	7.1	-1.2	10.2	5.1
2	9.2	3.5	5.9	-2.0	6.3	1.5	11.3	2.3
3	11.0	1.6	7.7	-1.4	6.9	3.0	10.4	1.6
4	8.8	4.0	10.9	-0.9	9.8	2.9	12.8	4.8
5	9.2	1.8	12.2	2.6	9.5	3.4	9.3	2.7
6	8.6	-0.3	10.9	4.6	9.3	0.7	12.1	1.1
7	9.9	0.7	8.8	2.8	11.0	-1.2	10.4	6.2
8	11.6	0.2	8.6	2.0	11.2	0.6	12.5	6.9
9	13.5	1.0	8.5	2.8	5.0	-1.7	11.4	5.7
10	11.9	2.1	9.3	2.2	8.6	-0.1	7.8	-0.3
11	10.8	7.1	10.8	0.1	12.5	3.0	7.5	-0.9
12	10.1	3.7	7.8	0.8	11.8	0.4	11.6	1.3
13	9.2	1.4	8.4	0.3	7.1	0.7	13.4	-1.3
14	7.9	0.2	8.5	-1.0	9.8	-1.1	11.0	3.6
15	8.5	-0.2	8.7	5.1	9.8	-0.3	11.1	3.3
16	7.0	2.3	9.9	3.2	12.3	-1.0	18.5	7.8
17	3.7	-0.8	8.1	2.2	9.4	4.3	21.4	6.5
18	6.1	-1.1	9.4	0.3	9.4)	3.5)	23.1	8.6
19	8.3	-0.5	11.7	1.4	9.2	3.9	16.9	10.4
20	8.4	3.0	8.6	1.2	8.9	0.3	18.8	8.8
21	10.2	2.6	10.1	-0.3	15.1	-1.2	20.5	5.5
22	6.9	-0.9	9.3	6.4	15.8	8.0	21.0	7.5
23	11.4	1.8	8.8	4.0	15.2	8.7	12.2	3.7
24	11.5	0.9	10.8	1.2	13.9	5.7	10.8	1.8
25	8.9	4.3	11.6	0.7	13.5	3.1	11.2	2.4
26	9.2	1.5	10.4	5.3	9.9	6.4	15.6	0.6
27	8.3	0.1	13.4	4.5	8.9	2.8	18.7	2.1
28	7.1	-0.4	6.5	0.6	11.4	2.6	21.9	6.5
29	11.4	3.7	5.5	-0.1	-	-	14.6	7.6
30	11.3	2.2	6.5	2.7	-	-	21.5	5.7
31	13.1	0.1	6.1	0.1	-	-	23.9	8.1
日数	7		7		8		3	

通算日数 121日

氷点下 25日(20.7%)

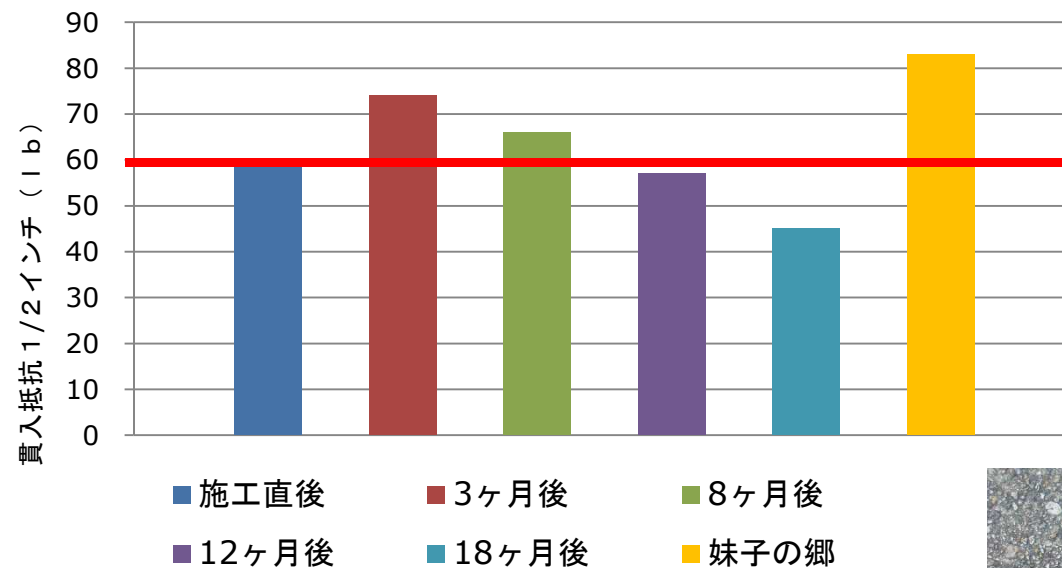
小規模試験施工における試験結果

④ プロクターニードル試験 (NO. 14のみ)

・ 参考書籍：土系舗装ハンドブック

一定の太さの金属棒を地面に貫入させたときの抵抗から土の硬さを測定する試験で、プロクターニードルという試験器を用いる。貫入針は径6.5mmを使用し、地面に垂直に立て、徐々に1/2インチ（12.7mm）まで押し込む。そのときの荷重（抵抗値）をポンドであらわす試験。

・ 性能目標値 60ポンド以上 参考：1(lb)=0.45359(kgf)

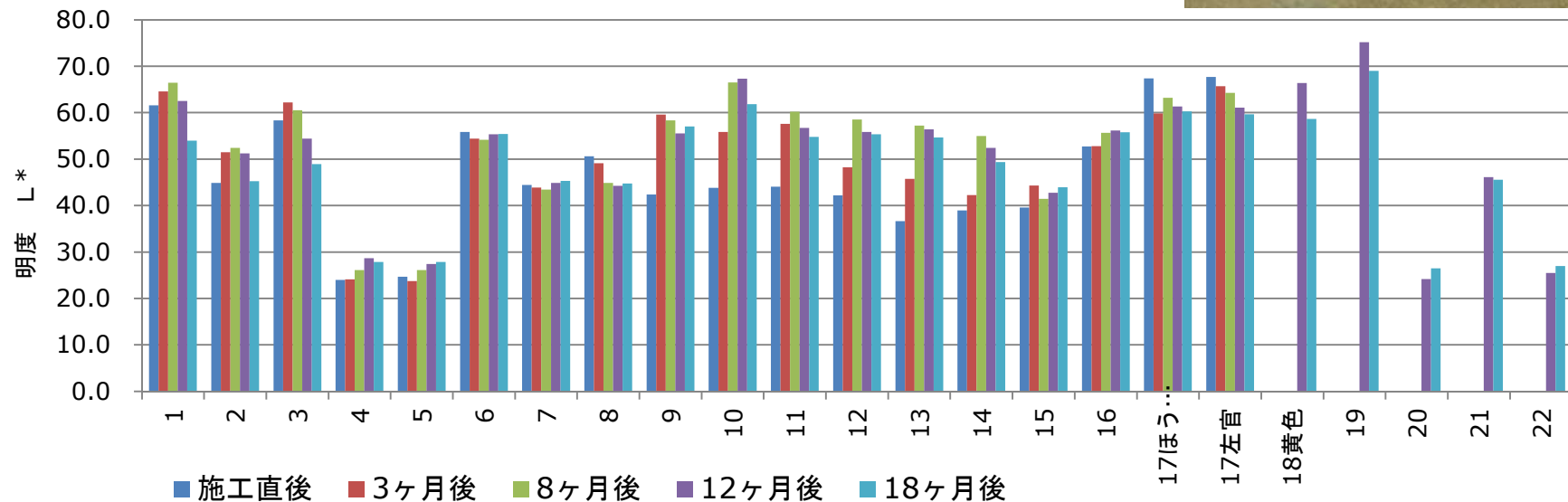


・ 貫入抵抗値は低下傾向を示しているが、測定箇所の舗装状態（硬軟）にも影響される試験のため、場所によっては硬化していて貫入不能の場所も存在した。今後の推移に注目する必要がある。

小規模試験施工における試験結果

⑤ 明度測定

- ・ 舗装調査 試験法便覧S024 色彩色差計を用いた明度測定方法
 - ・ 性能目標値 特にないため、評価方法は初期値と経過月後の相対比較
- ※色あせの度合い、変化を数値指標でみるためにL*（表色系立体イメージの縦軸）のみに着目する

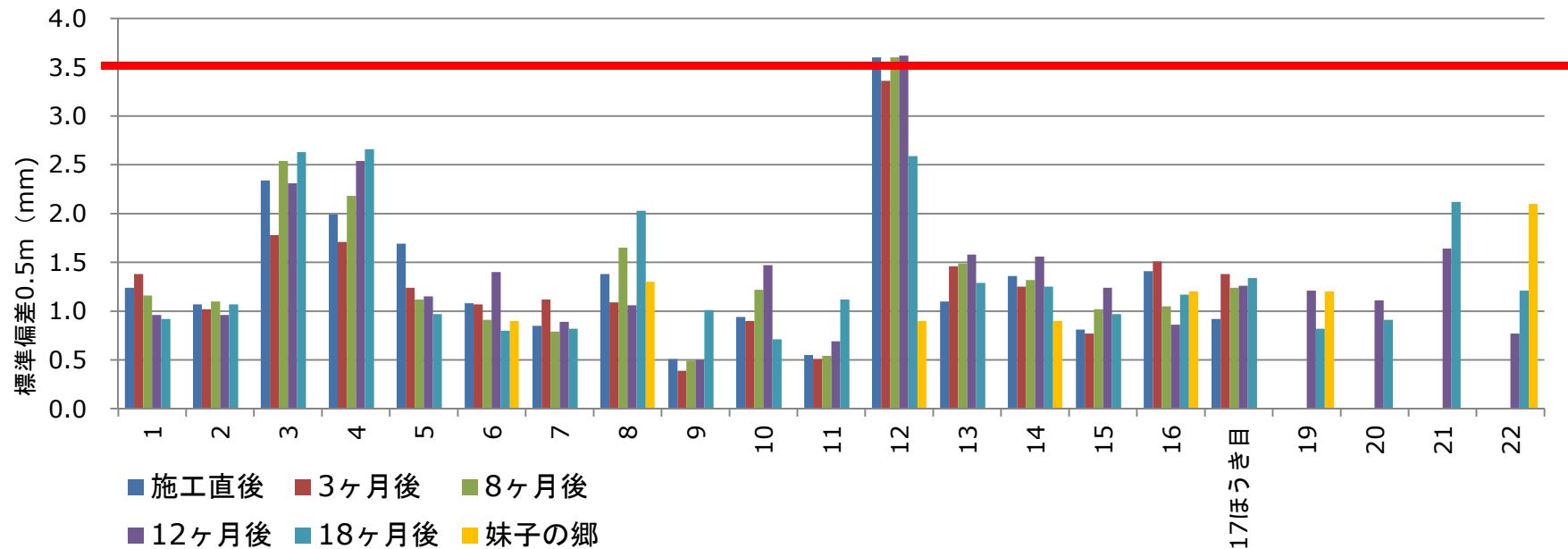


- ・ 明度は値が小さいほど暗く、大きいほど明るいことを示す。アスファルト舗装系で値が増加しているところは、当初よりも色あせた箇所であり、逆に明度が低下しているところは、土系舗装などで色が黒ずんできている箇所である。各舗装ともに極端に大きな変化は認められない。

小規模試験施工における試験結果

⑥ 平たん性

- ・ 舗装調査 試験法便覧S028
小型プロファイラによる平たん性測定
- ・ 性能目標値 $\sigma 0.5m : 3.5mm$



- ・ 土系舗装「練り・転圧方式」(N0.12)が、施工当初から目標値の3.5mm程度で推移しているが、施工性に関わるものと考えられる。敷均し、転圧の際には何層かに分けて施工をするなど、工夫をすることで平たん性の目標値は確保できるものと思われる。なお、18ヶ月後は凍害を受けたあとに、再度、敷きならしたものであるが、2.6mmまで低下している。

- ・ 経過月数ごとにバラツキはあるものの、全般的に良好な値で推移している。

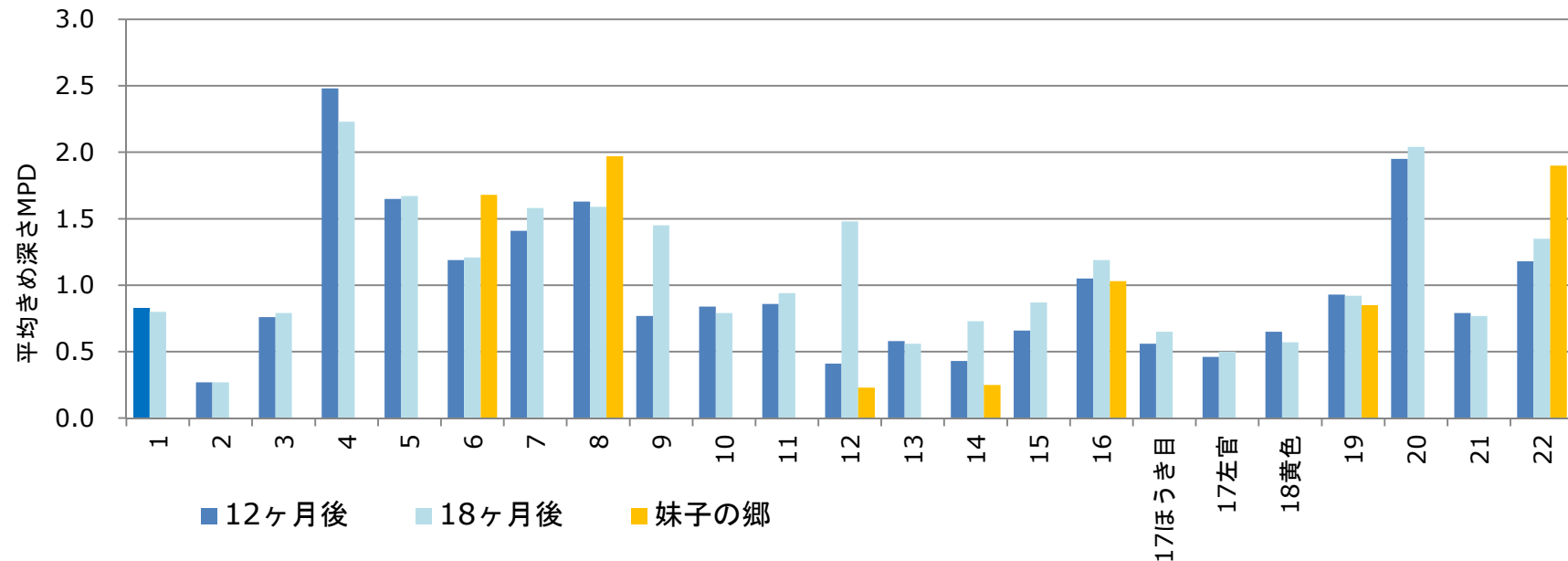
小規模試験施工における試験結果

⑦ 路面粗さ測定（CTメータによるテクスチャ測定）

- ・舗装調査 試験法便覧S022-3T
回転式きめ深さ測定装置を用いた舗装路面のきめ深さ測定方法
- ・性能目標値（要検討）
平均プロファイル深さMPDによる各種舗装の相対比較



※初期値は12ヶ月後から。



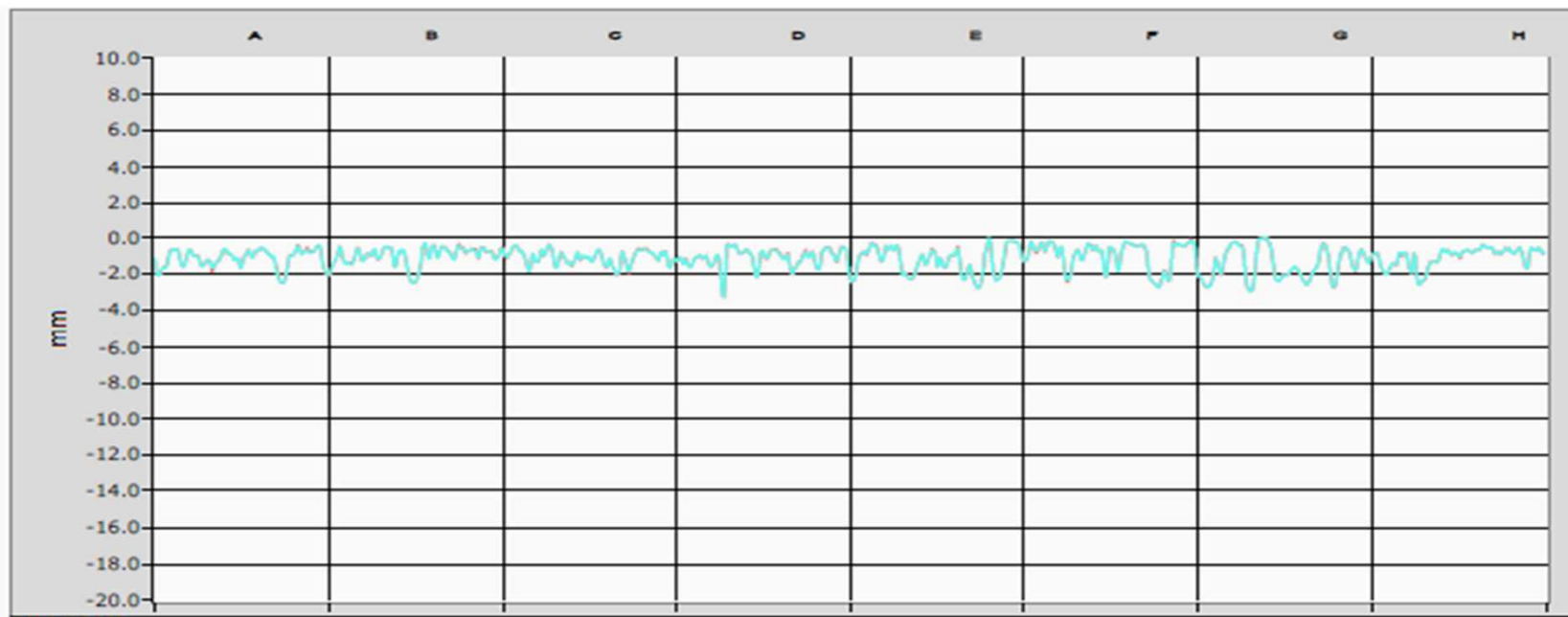
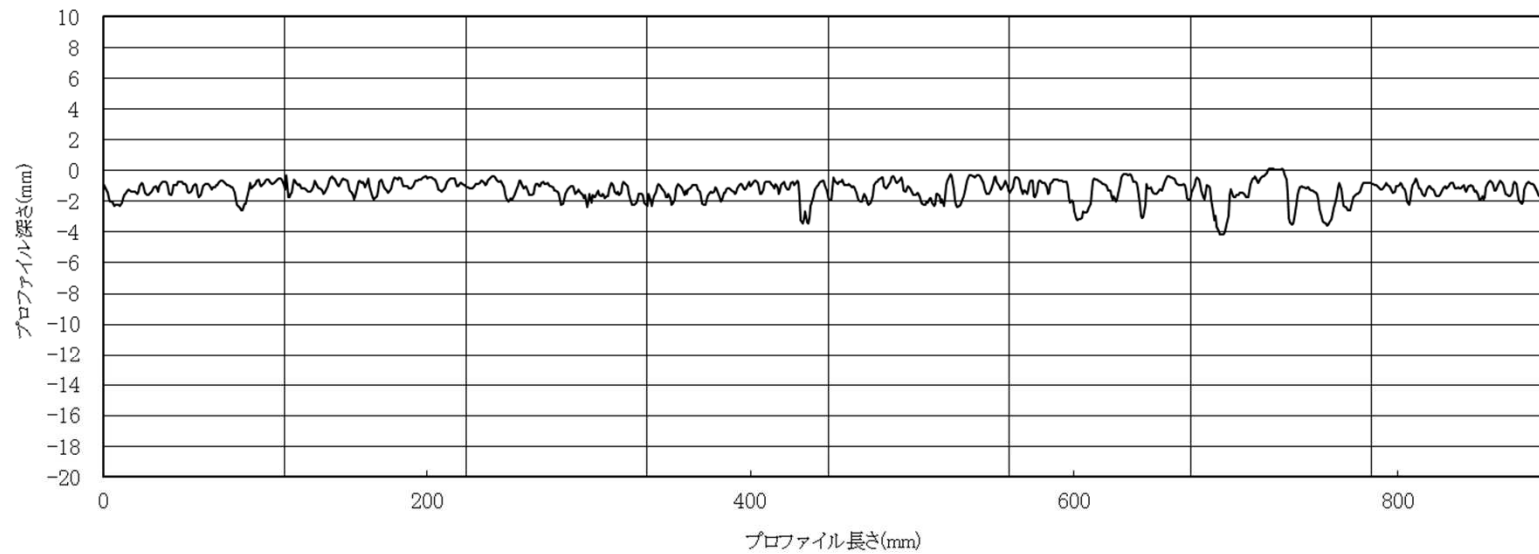
- ・土系舗装の「碎石・土コラボ方式」（NO. 9）と「練り・転圧方式」（NO. 12）を除いては、全般的に同程度で推移しており、大きな変化は認められない。
- ・土系舗装の「碎石・土コラボ方式」（NO. 9）は、表面が荒れてきたことが確認されており、顕著に数値に表れてきた。

小規模試験施工における試験結果



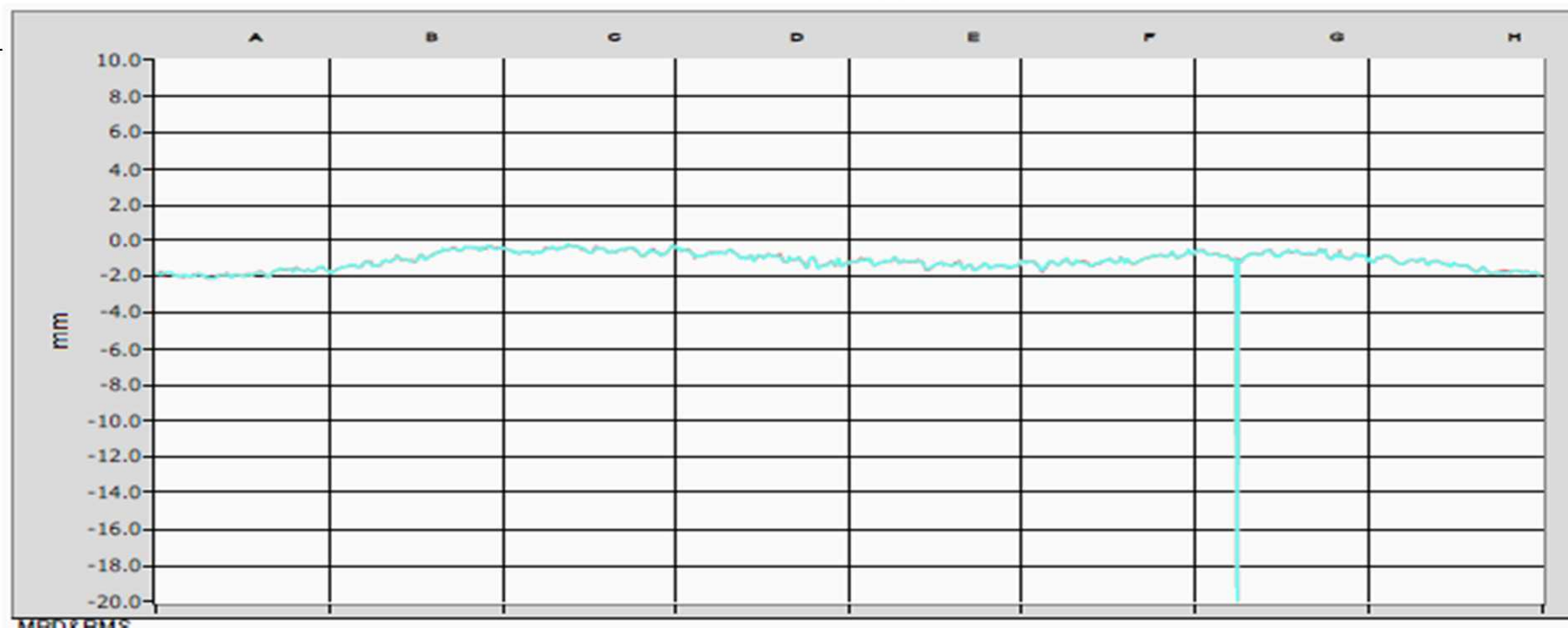
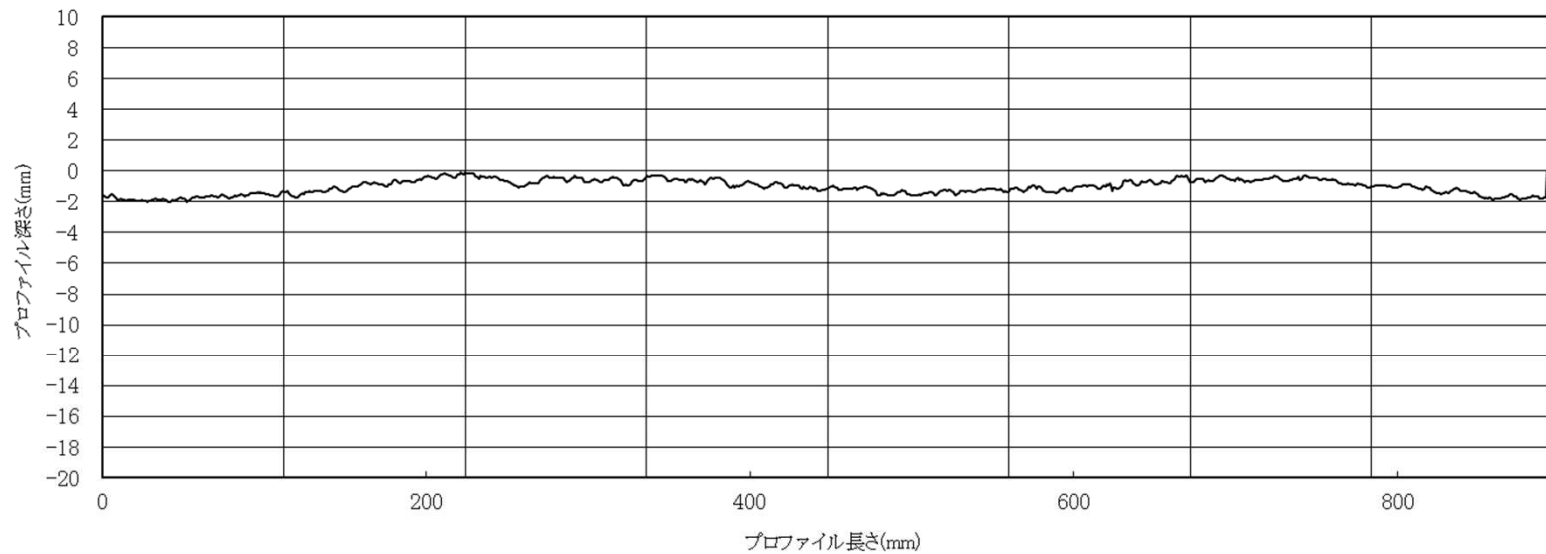
小規模試験施工における試験結果（上段：12ヶ月後、下段：18ヶ月後）

1工区：保水性舗装



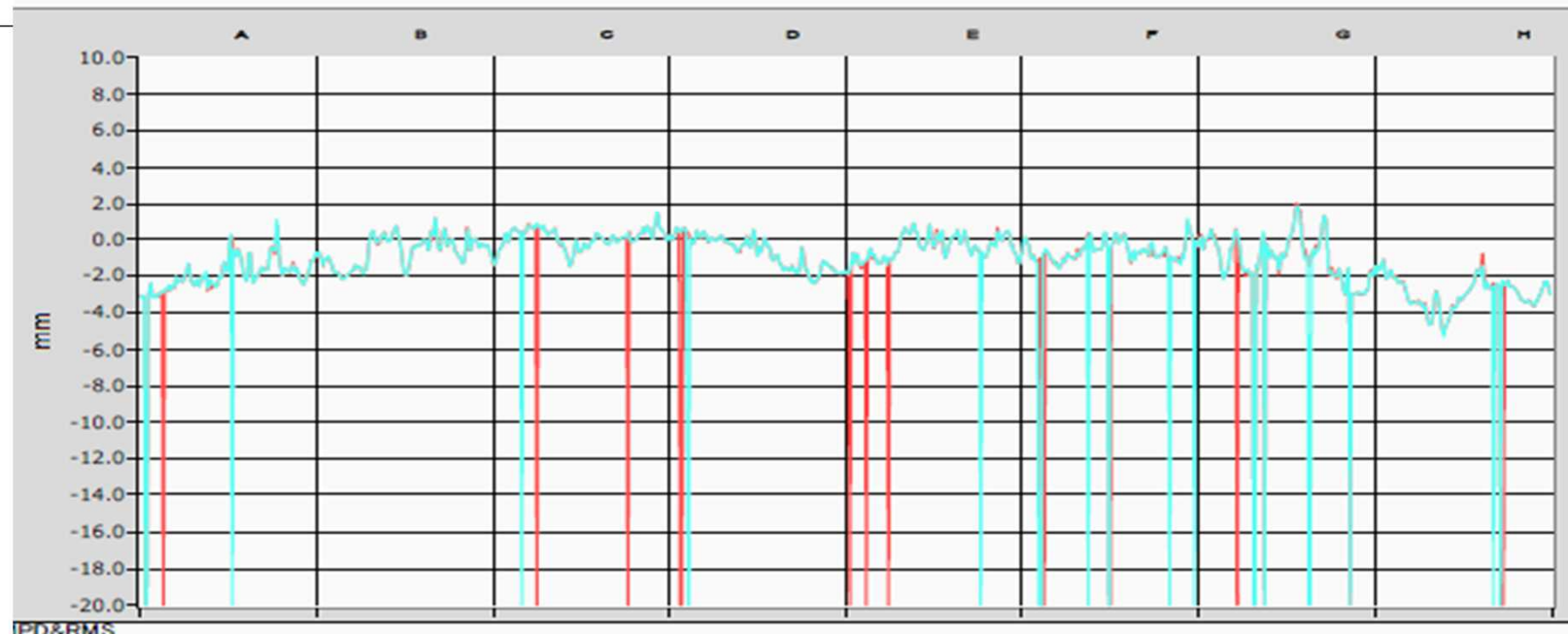
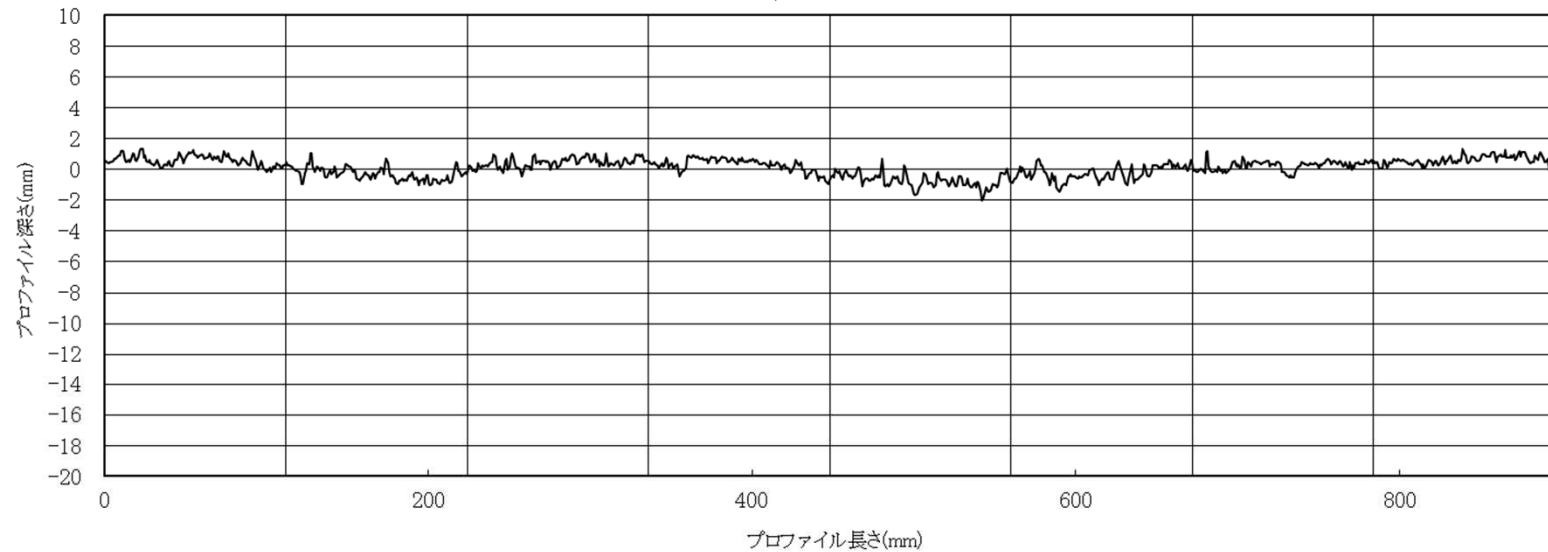
小規模試験施工における試験結果（上段：12ヶ月後、下段：18ヶ月後）

2工区：カラー保水性舗装



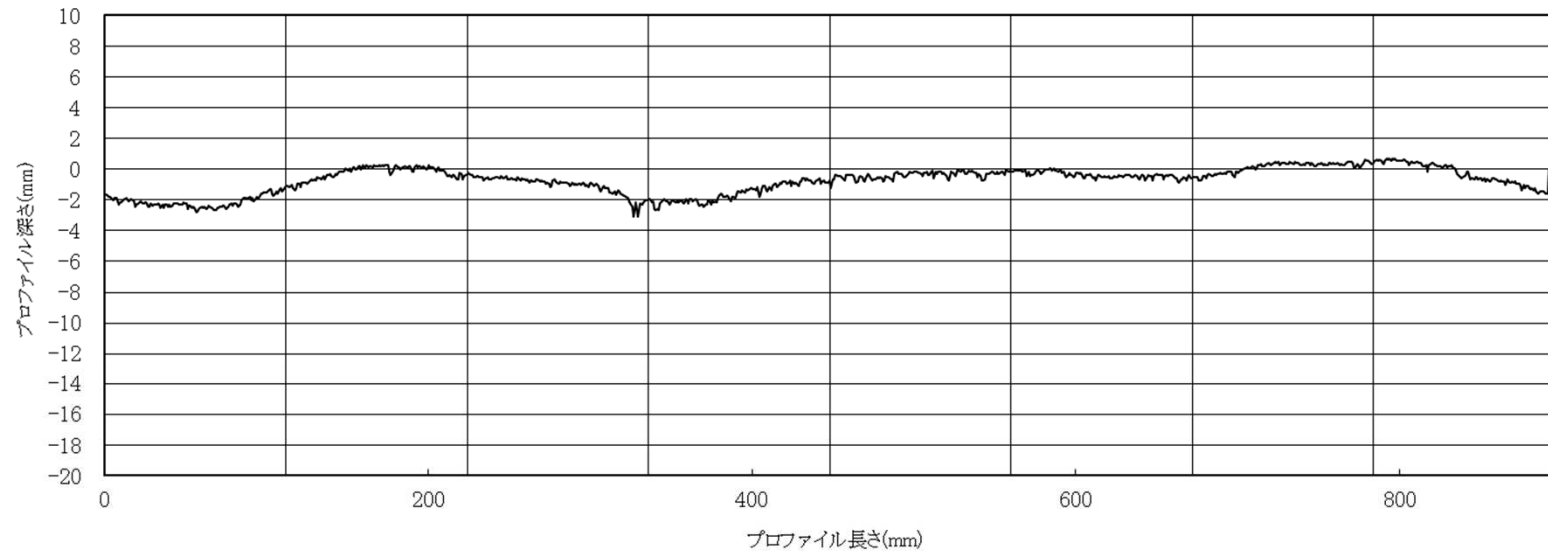
小規模試験施工における試験結果（上段：12ヶ月後、下段：18ヶ月後）

9工区：土系舗装「砕石・土コラボ方式」



小規模試験施工における試験結果（上段：12ヶ月後、下段：18ヶ月後）

2工区：土系舗装「練り・転圧方式」

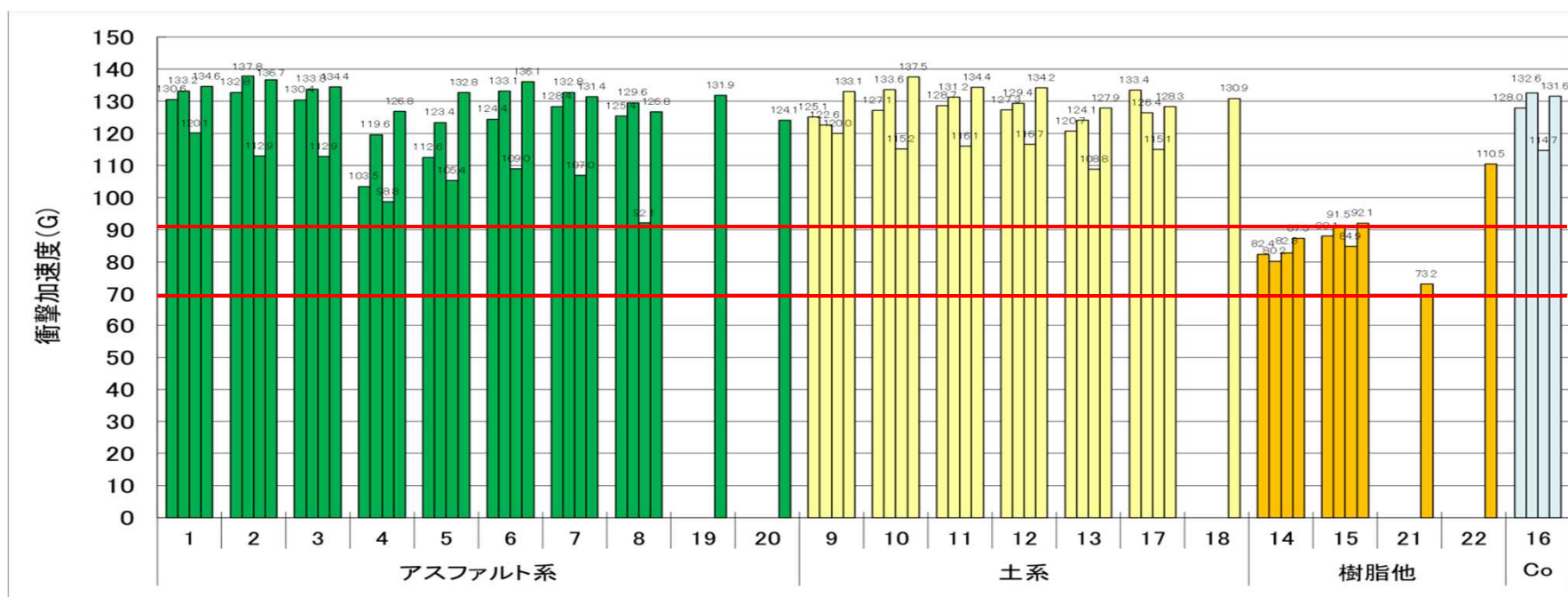


小規模試験施工における試験結果

⑧ 舗装路面の硬さ試験 衝撃加速度G

- ・ 舗装調査試験法便覧にはないため、JIS A 6519に示される試験方法で行う。

性能目標値 69～91 (G)



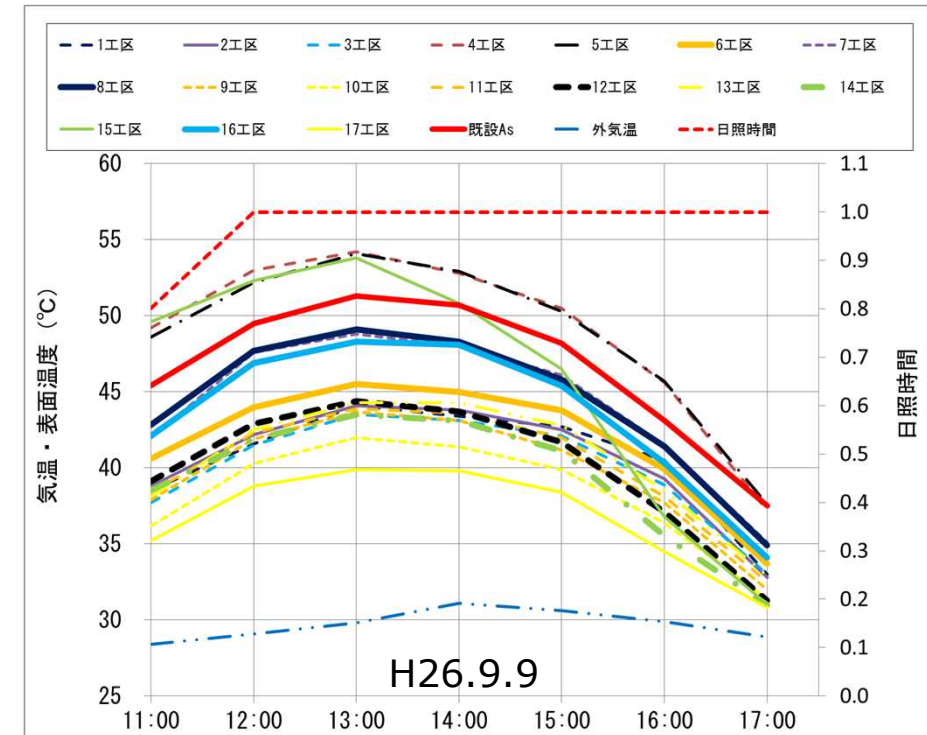
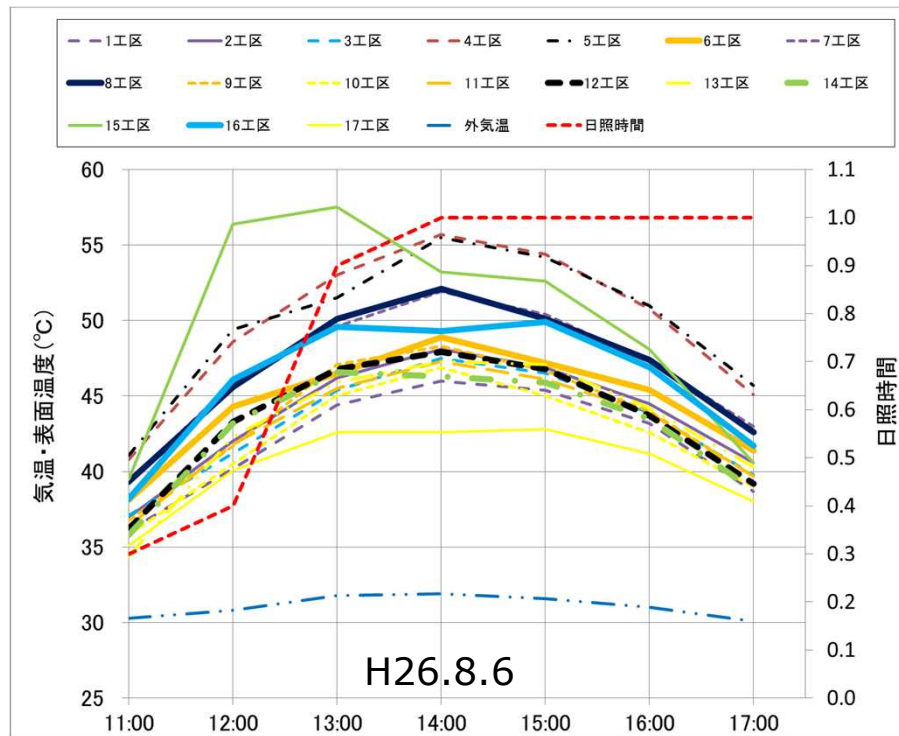
衝撃加速度（左から初回、3ヶ月後、8ヶ月後、12ヶ月後）

- ・ 69～91Gの範囲をおおむね満足しているものは、樹脂で固めた土舗装「デュソル」（N0. 14）、保水性および透水性「木質舗装材ブロック」（N0. 15）、歩行者系透水性弾性舗装（N0. 21）とGB係数で40%以下の3種類であった。

小規模試験施工における試験結果

⑨ 赤外線サーモグラフィによる舗装の表面温度

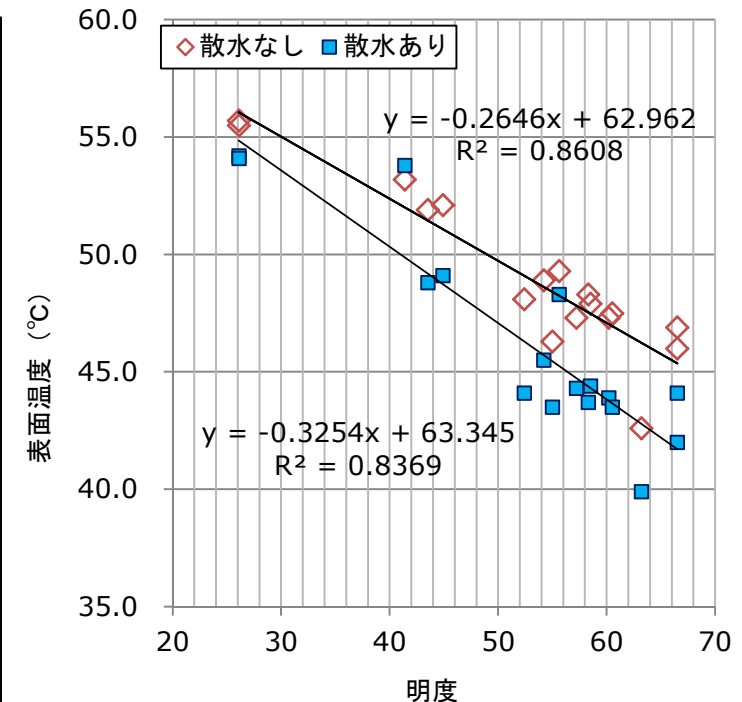
- ・ 第1回 平成26年8月6日（散水なし） 曇りのち晴れ
- ・ 第2回 平成26年9月9日（散水あり） 晴れ ※既設As舗装は散水なし
→ 散水量＝1mm／hr×1時間×各種面積、散水時間＝散水量（ℓ）／水量（ℓ/sec）



1工区	保水性舗装	10工区	土系舗装「練り・左官方式」
2工区	カラー保水性舗装	11工区	土系舗装「散水・転圧方式」
3工区	常温混合物保水性舗装	12工区	土系舗装「練り・転圧方式」
4工区	常温混合物透水性舗装	13工区	土系舗装「土ブロック方式」
5工区	透水性舗装	14工区	樹脂で固めた土舗装「デュソル」
6工区	遮熱型常温透水薄層カラー舗装「ニューカラーコート・C」	15工区	保水性及び透水性「木質舗装材ブロック」
7工区	常温透水薄層カラー舗装「ニューカラーコート・P」	16工区	保水性及び透水性「エコベック」
8工区	自然石風常温透水薄層カラー舗装「ネイチャーコート・ST」	17工区	土系舗装「オーバーレイ方式」
9工区	土系舗装「碎石・土コラボ方式」	※網掛けの舗装は、道の駅「妹子の郷（滋賀県）」に採用	

小規模試験施工における試験結果

舗装名称	明度	2014/8/6		2014/9/9	
		14:00		13:00	
		散水なし ℃	散水あり ℃	散水なし ℃	散水あり ℃
常温混合物透水性舗装	26.1	55.7	54.2	1.5	
透水性舗装	26.1	55.5	54.1	1.4	
保水性及び透水性「木質舗装材ブロック」	41.4	53.2	53.8	-0.6	
保水性及び透水性「エコペック」	55.6	49.3	48.3	1.0	
土系舗装「オーバーレイ方式」	63.2	42.6	39.9	2.7	
土系舗装「練り・左官方式」	66.5	46.9	44.1	2.8	
樹脂で固めた土舗装「デュソル」	55.0	46.3	43.5	2.8	
自然石風常温透水薄層カラー舗装「ネイチャーコート・ST」	44.9	52.1	49.1	3.0	
土系舗装「土ブロック方式」	57.2	47.3	44.3	3.0	
常温透水薄層カラー舗装「ニューカラーコート・P」	43.5	51.9	48.8	3.1	
遮熱型常温透水薄層カラー舗装「ニューカラーコート・C」	54.2	48.9	45.5	3.4	
土系舗装「散水・転圧方式」	60.2	47.3	43.9	3.4	
土系舗装「練り・転圧方式」	58.5	47.9	44.4	3.5	
カラー保水性舗装	52.4	48.1	44.1	4.0	
常温混合物保水性舗装	60.5	47.5	43.5	4.0	
保水性舗装	66.5	46.0	42.0	4.0	
土系舗装「碎石・土コラボ方式」	58.3	48.3	43.7	4.6	



- ・ 明度と表面温度の関係や散水時の温度低減効果も定量化
- ・ 今後、散水量を変化させてデータを収集予定

国道等の実現場における試験施工

舗装の表面温度計測 H27.7.31 10:00~16:00

13:00（ピーク）における各舗装の表面温度

13:00	1	樹脂で固めた土舗装	表面温度	50.0℃		13:00	4	遮熱型透水薄層カラー舗装	表面温度	48.8℃		13:00	7	透水性コンクリート舗装	表面温度	51.9℃	
RG 1 E: 1.00 SC: NORM 15/07/31 12:55:39 55.0 50.0 45.0 40.0 35.0 30.0 25.0 (20.0) 59.6 38.1 A I_a I_b			RG 1 E: 1.00 SC: NORM 15/07/31 13:01:57 55.0 50.0 45.0 40.0 35.0 30.0 25.0 (20.0) 58.3 A I_a			RG 1 E: 1.00 SC: NORM 15/07/31 13:09:33 55.0 50.0 45.0 40.0 35.0 30.0 25.0 (20.0) 43.2 48.8 A I_a I_b											
13:00	2	土系舗装	表面温度	49.4℃		13:00	5	自然石風透水薄層カラー舗装	表面温度	53.6℃							
RG 1 E: 1.00 SC: NORM 15/07/31 12:57:32 55.0 50.0 45.0 40.0 35.0 30.0 25.0 (20.0) 59.8 39.1 A I_a I_b			RG 1 E: 1.00 SC: NORM 15/07/31 13:05:15 55.0 50.0 45.0 40.0 35.0 30.0 25.0 (20.0) 60.0 A I_a														
13:00	3	木質加熱アスファルト舗装	表面温度	63.7℃		13:00	6	路面温度低減舗装	表面温度	42.7℃							
RG 1 E: 1.00 SC: NORM 15/07/31 12:59:08 55.0 50.0 45.0 40.0 35.0 30.0 25.0 (20.0) 59.3 39.8 A B I_a I_b			RG 1 E: 1.00 SC: NORM 15/07/31 13:08:20 55.0 50.0 45.0 40.0 35.0 30.0 25.0 (20.0) 45.0 A I_a														

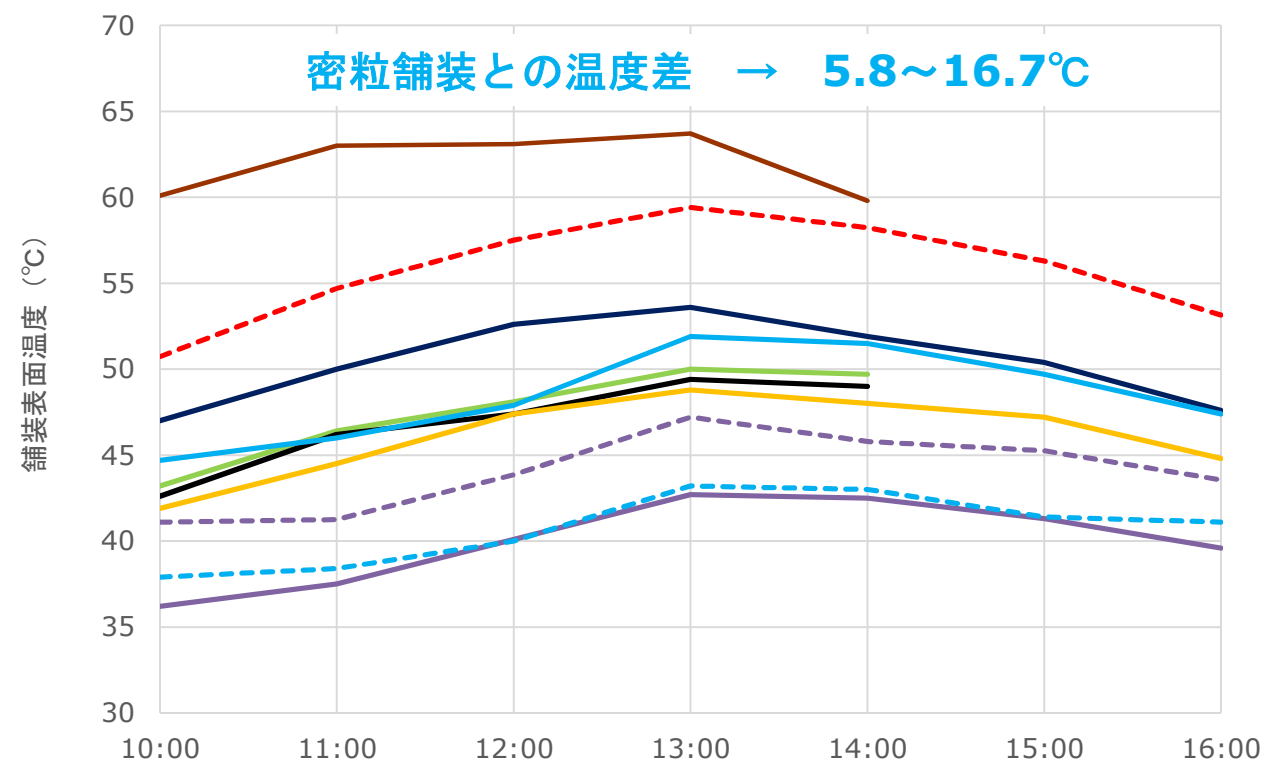
国道等の実現場における試験施工

舗装の表面温度計測 H27.7.31 10:00~16:00



- | | |
|-----------------|----------------|
| — 樹脂で固めた土舗装 | — 土系舗装 |
| — 木質加熱As舗装 | — 遮熱型透水薄層カラー舗装 |
| — 自然石風透水薄層カラー舗装 | — 路面温度低減舗装 |
| — 透水性コンクリート舗装 | --- 密粒舗装（車道） |
| --- 半たわみ舗装 | - - - 張りCON |

注）擁壁側の4種類は、日影のため15:00以降の測定は不可



・ 測定以前の3日間連続で局所的な降雨あり ・ 7月31日 晴天、最高気温は34℃

今後の予定

○小規模試験施工ヤード

繰り返し平板載荷試験→表層、路盤、路床の弾性係数（理論設計方法への適用検討）

○道の駅「妹子の郷（滋賀県）」

追跡調査（5年）→ 実現場におけるデータ収集、機能・性能評価方法に反映

○室内試験

レジリエントモデュラス試験 → 材料特性の把握（理論設計方法への適用検討）

ねじり抵抗性試験

泥濘化試験

凍害抵抗性試験

舗装の耐久性

ご清聴ありがとうございました。