舗装技術専門委員会報告

Report of the Committee on Pavement

R-34

車道用ポーラスコンクリート試験舗装最終報告（福井県）
― 供用 20 年 ―

Report for Final Results of Full Scale Test Pavement Using Porous Concrete for Roadway in Fukui

2022 年 3 月
(Mar. 2022)

一般社団法人　セメント協会
Japan Cement Association

序

コンクリート舗装は，高い耐久性，舗装のライフサイクルコストの低減，舗装周辺の温度環境の改善，循環型社会構築への貢献などの優れた利点を持っている．従って現在 5%程度しかないコンクリート舗装のシェアを増加させ，コンクリート舗装を適材適所に利用していくことは，今後の道路インフラの整備において重要な意義を持っている．しかしながらわが国では，長年にわたってコンクリート舗装の適用が少なかったため，コンクリート舗装が有する課題を心配するあまり，その適用をためらうむきも多いのが実情である．

セメント協会舗装技術専門委員会では，コンクリート舗装の有効利用を促進するとの観点から，コンクリート舗装が有するとされる課題を解決するための一連の研究に取り組んできた．それらの研究課題の一つに，ポーラスコンクリート舗装に関する検討がある．ポーラスコンクリート舗装は，透水性があり路面の低騒音化も期待できる．同様の効果を有するポーラスアスファルト舗装に比較して耐久性が高い利点がある．舗装技術専門委員会では，ポーラスコンクリート舗装の実用化を目指して，材料特性に関する検討から開始し，福井県や千葉県，宮城県の実道において試験施工を行って，その適用性について検討を重ねてきた．

1999 年には、車道用ポーラスコンクリートの性能の把握を目的に道路会社やセメント会社で開発した舗装用ポーラスコンクリートの共通試験を行い、委員会報告 R-11「舗装用ポーラスコンクリート共通試験結果」を刊行した。R-11 ではポーラスコンクリートの課題として懸念されていた強度性状に関し、有機系および無機系の高強度混和材料および高性能減水剤などの組合せによって、従来からの舗装用コンクリートと同等のレベルにあることを明らかにしている。この結果を受け、ポーラスコンクリートの機能維持を含めた耐久性を把握するため、実車道での試験施工や供用性の調査を行ってきた。

具体的な成果として、福井県道での供用 3 年、供用 5 年および供用 16 年の調査結果をそれぞれ R-15、R-17 および R32 として、千葉県道での供用 3 年、供用 5 年および供用 10 年の調査結果を R-18、R-22 および R-31 として、また福岡県の国道での供用 5 年の調査結果を R-23 として、さらに宮城県道での供用 7 年の調査結果を R-25 として刊行してきた。

本報告書は福井県道における供用 20 年が経過した車道用ポーラスコンクリート舗装の性状を調査，検討した結果を報告するもので，ポーラスコンクリート舗装の長期供用性に関する貴重なデータが含まれている．

本報告書が，ポーラスコンクリート舗装およびコンクリート舗装への理解を深めることと，また今後のさらなる課題解決に向けた取り組みに役立つことを願っている．

2022 年 3 月

一般社団法人セメント協会
舗装技術専門委員会
委員長　小梁川　雅
（東京農業大学　教授）

舗装技術専門委員会（敬称略　順不同、2021 年 4 月現在）

委員長	小梁川　雅	東京農業大学
副委員長	梶尾　　聡	太平洋セメント株式会社
委　員	西澤　辰男	石川工業高等専門学校
	上野　　敦	東京都立大学
	前島　　拓	日本大学
	久田　　真	東北大学
	古賀　裕久	国立研究開発法人土木研究所
	藪　　雅行	国立研究開発法人土木研究所
	加藤　　亮	株式会社高速道路総合技術研究所
	荒尾　慶文	日本道路株式会社
	村岡　克明	株式会社ＮＩＰＰＯ
	児玉　孝喜	鹿島道路株式会社
	五島　泰宏	大成ロテック株式会社
	小関　裕二	大林道路株式会社
	永渕　克己	世紀東急工業株式会社
	伊藤　康司	全国生コンクリート工業組合連合会
	了道　　久	日鉄住金セメント株式会社
	新見　龍男	株式会社トクヤマ
	玉滝　浩司	宇部興産株式会社
	森田　浩一郎	三菱マテリアル株式会社
	安久　憲一	住友大阪セメント株式会社
事務局	吉本　　徹	一般社団法人セメント協会
	野田　悦郎	一般社団法人セメント協会
	泉尾　英文	一般社団法人セメント協会
	瀧波　勇人	一般社団法人セメント協会

目 次

1. まえがき 1

2. 試験舗装概要 2

2.1 使用材料 4
2.2 施工概要 4
2.3 機能回復工の検討 9
2.4 供用性調査計画 13

3. 調査結果及び考察 19

3.1 曲げ強度 19
3.2 目地段差 20
3.3 わだち掘れ 21
3.4 平たん性 22
3.5 ひび割れ 23
3.6 FWD によるたわみ量 33
3.7 浸透水量 39
3.8 タイヤ/路面騒音 41
3.9 すべり抵抗 43
3.10 路面粗さ 44

4. まとめ 45

参考文献 46

1. まえがき

ポーラスコンクリート舗装とは、コンクリート中に連続空隙を形成することにより、透水性や騒音低減機能等を有したコンクリート舗装である。以前は、歩道等の軽交通での実績が多かったが、2013 年 5 月には阪神高速道路の本線上に採用されている。ポーラスコンクリート舗装は、ポーラスアスファルト舗装の課題である、塑性流動に伴う空隙つぶれによる機能低下や、早期劣化などの耐久性に関する課題を解決でき、インフラの長寿命化という社会的な要求に対応出来ると考えられている。

一般社団法人セメント協会 舗装技術専門委員会では、ポーラスコンクリート舗装に早くから着目し、1999 年発刊の「R11-舗装用ポーラスコンクリート共通試験結果」をはじめとし、福井県や千葉県、宮城県の実道上での試験施工及び供用性調査結果（R15、R16、R17、R23、R25、R31、R32）や技術資料「車道用ポーラスコンクリート舗装設計施工技術資料」を発行している。

本報は、福井県道にて実施したポーラスコンクリート試験舗装の供用 20 年までの調査結果について報告するものである。

2. 試験舗装概要

本試験施工は、ポーラスコンクリート舗装の供用に伴う、各種性能の変化を評価することを目的に実施した。試験施工箇所は、図 2-1 に示す大野、今立、今庄の 3 箇所の県道である。施工箇所の概要を表 2-1 に示す。施工延長は各 50m～80m であり、1999 年（施工時）の交通量は約 1000～2400 台/日と、おおよそ N_4 交通量と推定される。使用したポーラスコンクリートは 2 種類であり、無機質混和材を用いた a タイプとポリマー混和材を用いた b タイプである。大野と今庄の現場では、機能回復の検討として供用中にウォータージェット及び薄層オーバーレイを実施した。

図 2-1 調査箇所概略図（国土地理院 GISMaps より引用）

表 2-1　試験施工箇所の概要

現場	施工箇所	延長（m）	交通量（台/日）	
			1999年	2005年
大野	県道172号線(大野市牛ヶ原)	50(2車線)	2380(内大型車350)	2454(内大型車360)
今立	県道243号線(越前市領家町)	80(2車線)	2380(内大型車350)	-
今庄	県道207号線(南条郡南越前町)	50(2車線)	1007(内大型車163)	-

写真 2-1 大野現場（牛ケ原駅方面より撮影）

写真 2-2 今立現場（河田方面より撮影）
（手前が a タイプ、奥が b タイプ）

写真 2-3 今庄現場（南今庄駅方面より撮影）

2.1　使用材料

本試験施工では、3 種類の舗装用ポーラスコンクリートを使用しており、使用材料及び配合は表 2-2 及び 2-3 に示す通りである。a タイプは無機質混和材を用いたベーシックなポーラスコンクリートであり、3 カ所の現場で用いている。大野のみ骨材が異なり、今立・今庄は同じ配合である。b タイプはポリマー混和材を用い、伸び能力が高く目地間隔を広くとることが可能なポーラスコンクリートである。また、c タイプはオーバーレイ（2.3 章に後述）用の配合となっている。

表 2-2　使用材料

配合	材料		
aタイプ	結合材	セメント	普通ポルトランドセメント、密度：3.16g/cm³
		混和材	無機質混和材
	細骨材（大野）		陸砂、表乾密度：2.58g/cm³、吸水率：2.52%、FM：1.70
	粗骨材（大野）		砕石1305、表乾密度：2.72g/cm³、吸水率0.46%、FM：6.10
	細骨材（今庄、今立）		陸砂、表乾密度：2.57g/cm³、吸水率：2.28%、FM：1.79
	粗骨材（今庄、今立）		砕石1305、表乾密度：2.68g/cm³、吸水率：1.08%、FM：6.12
bタイプ	セメント		早強ポルトランドセメント、密度：3.14g/cm³
	混和材		ポリマー混和材
	細骨材		陸砂、表乾密度：2.57g/cm³、吸水率：2.28%、FM：1.79
	粗骨材		砕石1305、表乾密度：2.68g/cm³、吸水率：1.08%、FM：6.12
cタイプ	結合材	セメント	早強ポルトランドセメント、密度：3.14g/cm³
		混和材	超早強混和材
	細骨材		砕砂、表乾密度：2.63g/cm³、吸水率：2.06%
	粗骨材		7号砕石、表乾密度：2.65g/cm³、吸水率2.32%

表 2-3　試験施工で用いた舗装用ポーラスコンクリートの配合

配合	粗骨材最大寸法（mm）	目標空隙率（%）	水結合材比（%）	単位量（kg/m³）					
				水	セメント	結合材	細骨材	粗骨材	混和材
aタイプ	13	15～20	22.5	78	-	346	173	1516	-
bタイプ	13	15～20	14.3	40	280	-	120	1500	80
cタイプ	5	15±2.5	20.5	98	-	476	147	1433	-

2.2　施工概要

舗装の断面図を図 2-2 示す。舗装構造は各現場で同一、すなわち、コンクリート版厚が 20cm、アスファルト中間層が 4cm、砕石路盤が 25cm の構造である。最初の施工で使用したポーラスコンクリートは、表 2-3 に示す a タイプと b タイプであり、両方とも目標強度は材齢 28 日で曲げ 4.5MPa である。今立の現場では、a タイプと b タイプの両方を施工しており、それぞれの施工箇所を今立 a、今立 b と称する。

施工時期は 1999 年の 11 月であり、ポーラスコンクリートをダンプトラックで運搬し、高締固め型の

アスファルトフィニッシャで打設した（写真 2-4，2-5）。目地は、打設 2 日後に深さ 70mm で切削した（写真 2-6）。

図 2-3～2-6 に各現場の平面図を示す。目地間隔は大野、今立 a、今庄では、4m 間隔のスキュー目地であり、縦断方向に対して直角より 11 度ほど傾いている。今立 b のみ 20m 間隔の直角の目地である。また、ポーラスコンクリートはアスファルトフィニッシャにて締め固めるため、目地部にはダウエルバー等の補強材を使用していない。

各現場では、供用 20 年の間に様々な機能回復工の試験を実施している。ポーラスコンクリートによる切削オーバーレイを大野にて、ウォータージェットを大野と今庄にて実施しており（表 2-4）、詳細は下記に示す通りである。

・大野　延長 50m で a タイプのポーラスコンクリートを舗設。供用 2 年及び 3 年にウォータージェットによる機能回復を、供用 5 年に上り車線のみ c タイプのポーラスコンクリートを用いた切削オーバーレイを実施。ウォータージェット工及び切削オーバーレイ工の詳細は後述する。

・今立　延長 80m 中 40m に a タイプ、残り 40m に b タイプのポーラスコンクリートを用いて舗設している。

・今庄　延長 50m で a タイプのポーラスコンクリートを舗設。上り車線は供用 2 年及び 3 年で、下り車線は供用 2 年のみウォータージェットによる機能回復工を実施。

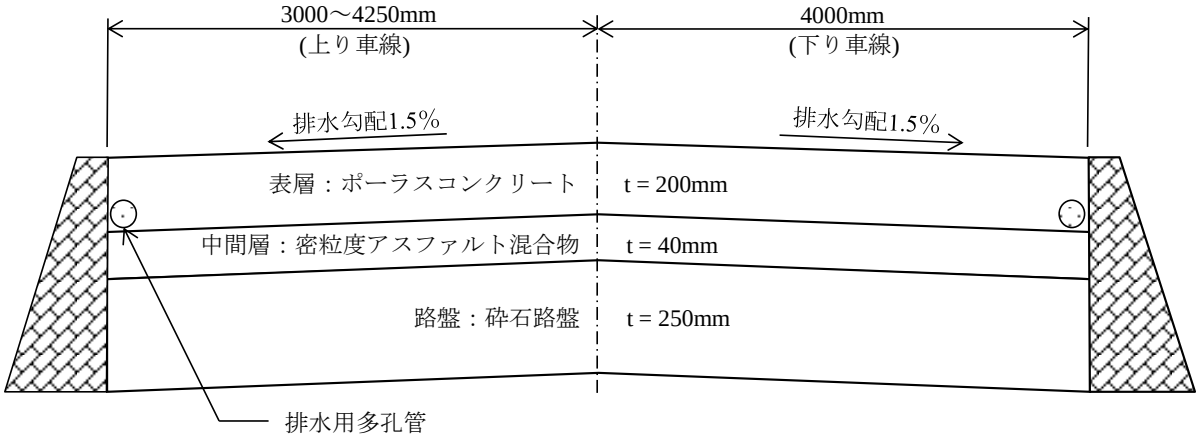


図 2-2 舗装断面図（各現場共通）

表 2-4 各現場の履歴

供用（年）	大野		今立a		今立b		今庄		備考
	上り	下り	上り	下り	上り	下り	上り	下り	
0年	竣工								調査
2年	WJ	WJ					WJ	WJ	調査
3年	WJ	WJ					WJ		調査
5年	CO								調査
10年									大野のみ調査
16年									調査

WJ：ウォータージェットによる路面機能回復工
CO：切削オーバーレイによる路面機能回復工

写真 2-4 荷卸し

写真 2-5 敷きならし状況

写真 2-6 目地工

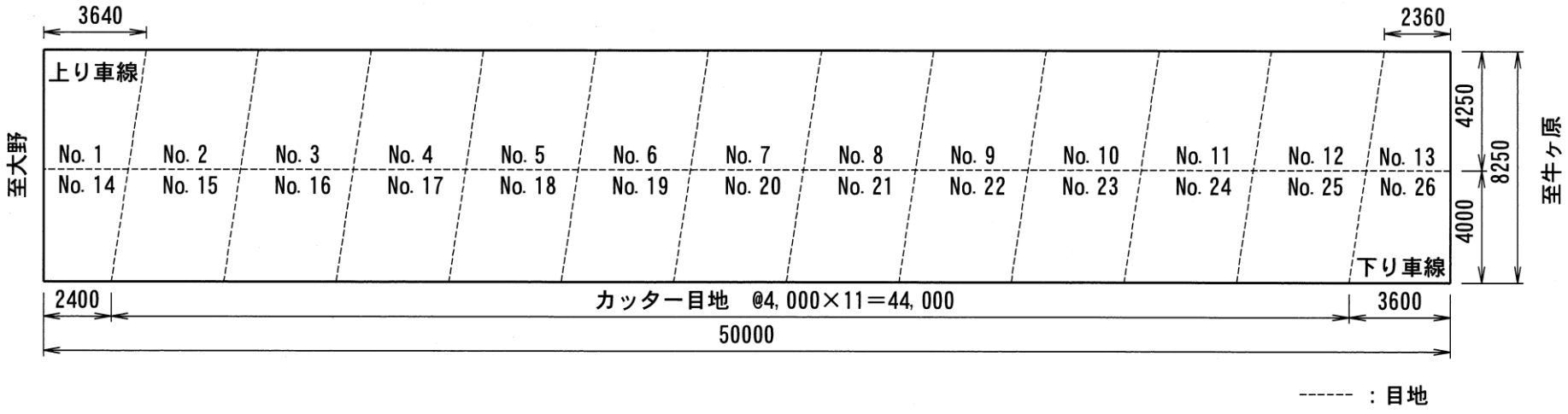


図 2-3　大野平面図（単位：mm）

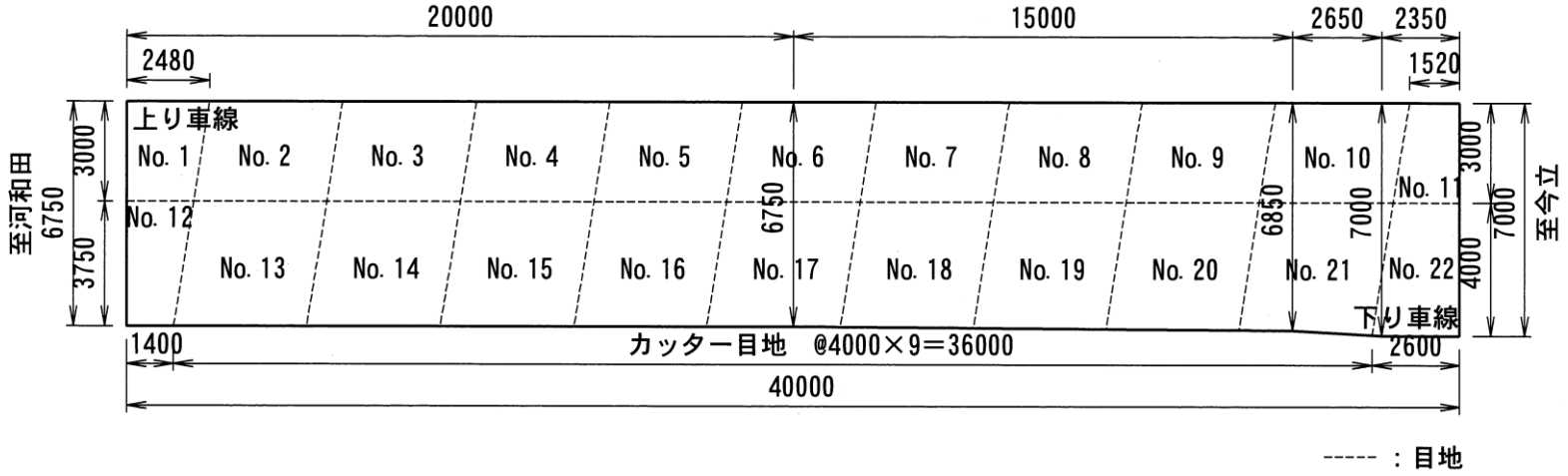


図 2-4　今立 a 平面図（単位：mm）

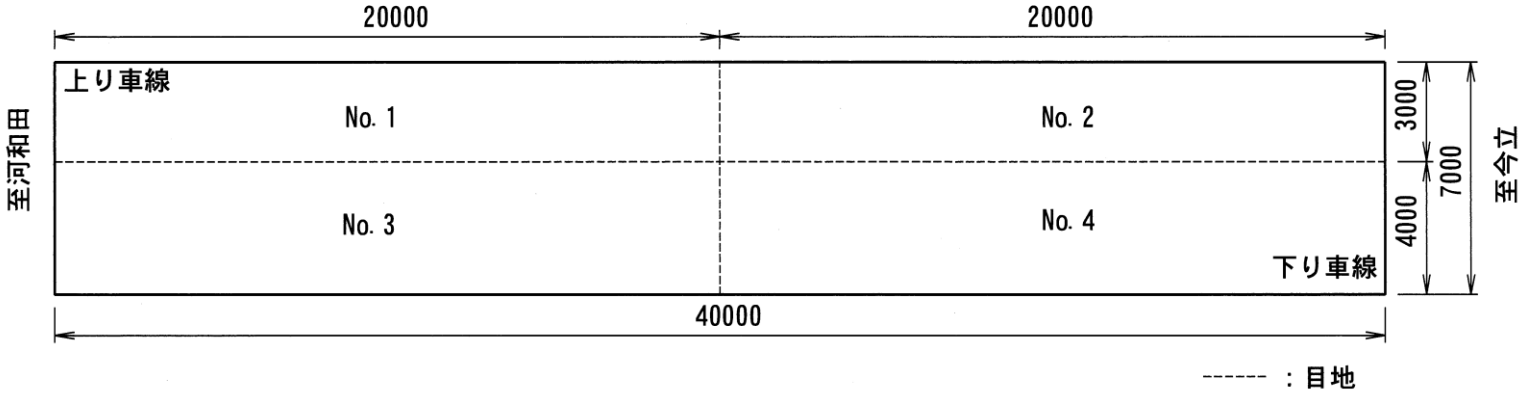


図 2-5　今立 b 平面図（単位：mm）

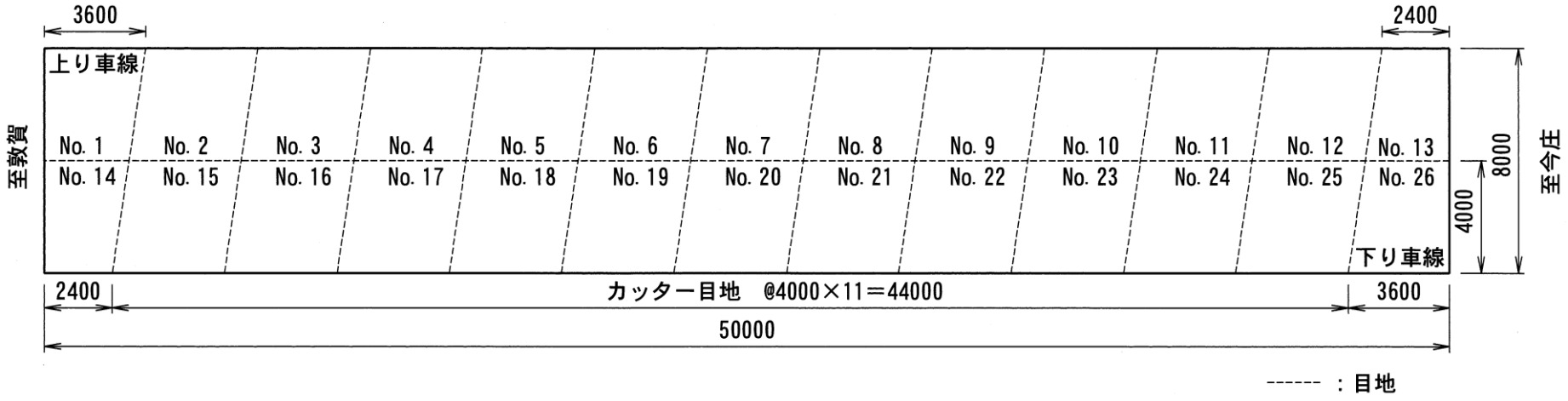


図 2-6　今庄平面図（単位：mm）

2.3　機能回復工の検討

ポーラスコンクリートやポーラスアスファルトは、透水性や騒音低減など優れた機能を有しており、これらの機能は、舗装内の連続空隙の存在によるものである。ポーラスアスファルト舗装では供用に伴って、車両通過による塑性変形が原因となる空隙つぶれや泥や粉塵が空隙に詰まる空隙詰まりが発生し、連続空隙が閉塞して、これらの機能が低下する場合がある。ポーラスコンクリート舗装は、ポーラスアスファルト舗装と異なり塑性変形による空隙つぶれは発生しないが、空隙詰まりは同様に発生する。

本検討では、機能低下した路面の回復を目的にウォータージェット工及び切削オーバーレイ工を行なった。これらの概要を以下に述べる。

・ウォータージェット

ウォータージェット工は、高圧水を路面に噴射することにより、空隙詰まりを改善するための工法である。今回採用した高圧洗浄吸引方式は、高圧水を路面に噴射し空隙詰まりの原因である泥や粉塵を緩め、バキュームでこれらの原因物質と水を吸引する工法であり、舗装の深部の詰まりにも対応出来ると言われている。本検討では、図 2-7 に示すシステムを用いた機材を用いており、機材の諸元及び作業条件は表 2-5 に示す通りである。ウォータージェットは供用 2 年及び 3 年で大野と今庄にて実施している。

表 2-5 ウォータージェット処理車の諸元及び処理条件

全長	9700mm
全幅	2490mm
車両重量	20400kg
洗浄水噴射圧力	5MPa
洗浄水水量	340L/min
作業速度	1km/h
作業幅	2000mm
バキューム能力	-5kPa　100m³/min

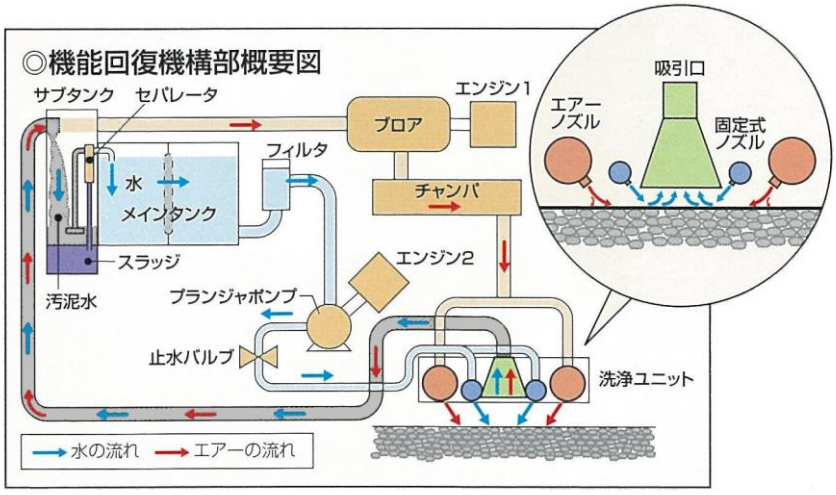


図 2-7　ウォータージェットシステムの概略

写真 2-7 ウォータージェット処理車の作業の状況

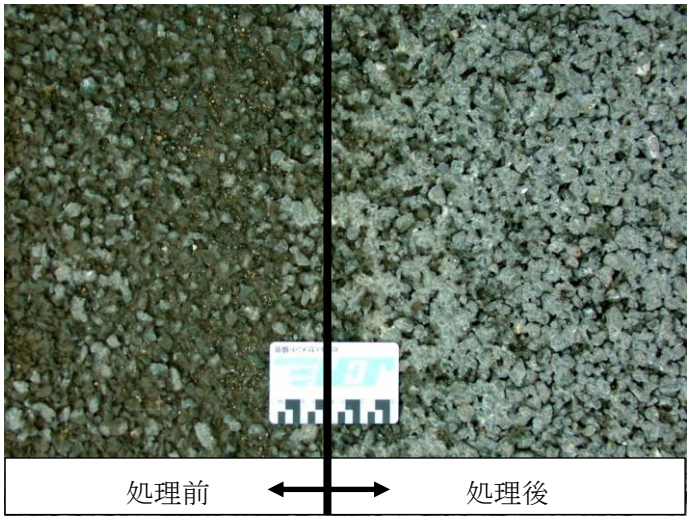


写真 2-8 ウォータージェット処理前後の路面の状況

・切削オーバーレイ

切削オーバーレイは、既設舗装版の表面から数㎝を切削し、新しく打ち換えることにより路面の平たん性やわだち掘れを改善する補修工法である。本検討では、ポーラスコンクリートの利点である透水性や、騒音低減効果の回復を目的として、既設ポーラスコンクリート舗装を切削し、ポーラスコンクリートにてオーバーレイを行なった。切削オーバーレイは大野の上り車線において供用 5 年時に行なっており、図 2-8 に示すように、幅員 3000mm、厚さ 50mm である。施工は、写真 2-9～2-13 に示すように切削、研掃、接着剤塗布、コンクリート舗設、目地工の順で行なった。切削は、一般的な舗装切削機にて行い、切削後にウォータージェットにて切削面を研掃した。研掃で用いたウォータージェットは噴射圧力が 200MPa と非常に高圧のため、先述の機能回復のためのウォータージェットと異なりコンクリート表面を削ることが出来るものを用いた。

オーバーレイでは、早強セメントをベースに超早強混和材を加えた c タイプのポーラスコンクリートを使用した。c タイプのポーラスコンクリートの目標強度は、材齢 1.5 日で養生終了の目安である 3.5MPa、材齢 28 日で 4.5MPa とした。これは、舗装補修工事では一般に、長期間の交通規制が

困難であるため、本検討では打設後 1.5 日程度での交通開放を目指したためである。ポーラスコンクリートの舗設方法は 2.2 に示す方法と同様であるが、打ち継ぎ面の付着を確保するために接着剤として超速硬型のグラウト材を塗布している。目地工は打設後 2 日で実施しており、既設ポーラスコンクリート舗装の目地と同じ位置で幅 3～4mm、深さ 70mm でカッターを入れた。

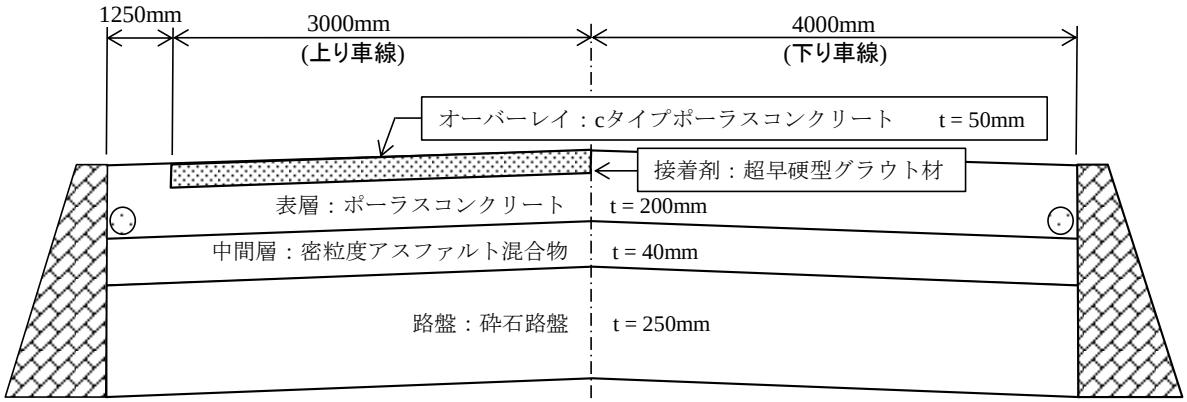


図 2-8 切削オーバーレイ後の舗装断面

写真 2-9　既設ポーラスコンクリート切削

写真 2-10　ウォータージェットによる研掃

写真 2-11　接着剤塗布

写真 2-12　ポーラスコンクリート打設

写真 2-13　目地切削

2.4　供用性調査計画

供用性調査は、表 2-6 に示す項目について実施した。実施項目は調査年次によって異なり、表 2-7、2-8 に示す通りである。試験方法は主に舗装調査・試験法便覧[4)]を参考としている。大野上り車線のみ切削オーバーレイを実施したため、調査実施間隔が他の現場と異なっている。各現場での調査箇所を図 2-9～2-12 に示す。図中の OWP（Outer Wheel Path）は車両の外側車輪走行位置を示している。また、今後、内側車輪走行位置を IWP（Inner Wheel Path）、OWP と IWP の間の中央位置を BWP（Between Wheel Path）と示す。調査の状況を図 2-14～2-19 に示す。なお今立の現場は、2004 年の福井豪雨により冠水しており、供用 5 年以降の調査は被災後の調査となっている。

表 2-6　供用性調査における試験項目及び方法

調査項目	試験方法
曲げ強度	JIS A 1106　材齢7日及び28日 （cタイプのみ材齢24時間及び36時間についても実施）
ひび割れ	舗装調査・試験法便覧S029
目地の段差	舗装調査・試験法便覧S031
平たん性	舗装調査・試験法便覧S028のうち、3mプロフィルメータによる方法 供用16年、20年はMRP（Multi Road Profiler：多機能路面測定機）を使用
わだち掘れ量	舗装調査・試験法便覧S030のうち、横断プロフィルメータによる方法、 供用16年、20年はMRP（Multi Road Profiler：多機能路面測定機）を使用
すべり抵抗	舗装調査・試験法便覧S021-3 DFT（Dynamic Friction Tester：可搬型すべり抵抗測定機）
浸透水量	舗装調査・試験法便覧S025、現場透水量試験
騒音	タイヤ/路面騒音測定方法（付録1参照）
路面粗さ	舗装調査・試験法便覧S022-3T CTM（Circular Texture Meter：CTメーター）
舗装のたわみ	舗装調査・試験法便覧S047 FWD（Falling Weight Deflectometer：舗装たわみ測定装置）

表 2-7　各調査の実施状況（大野下り車線、今立 a、今立 b、今庄）

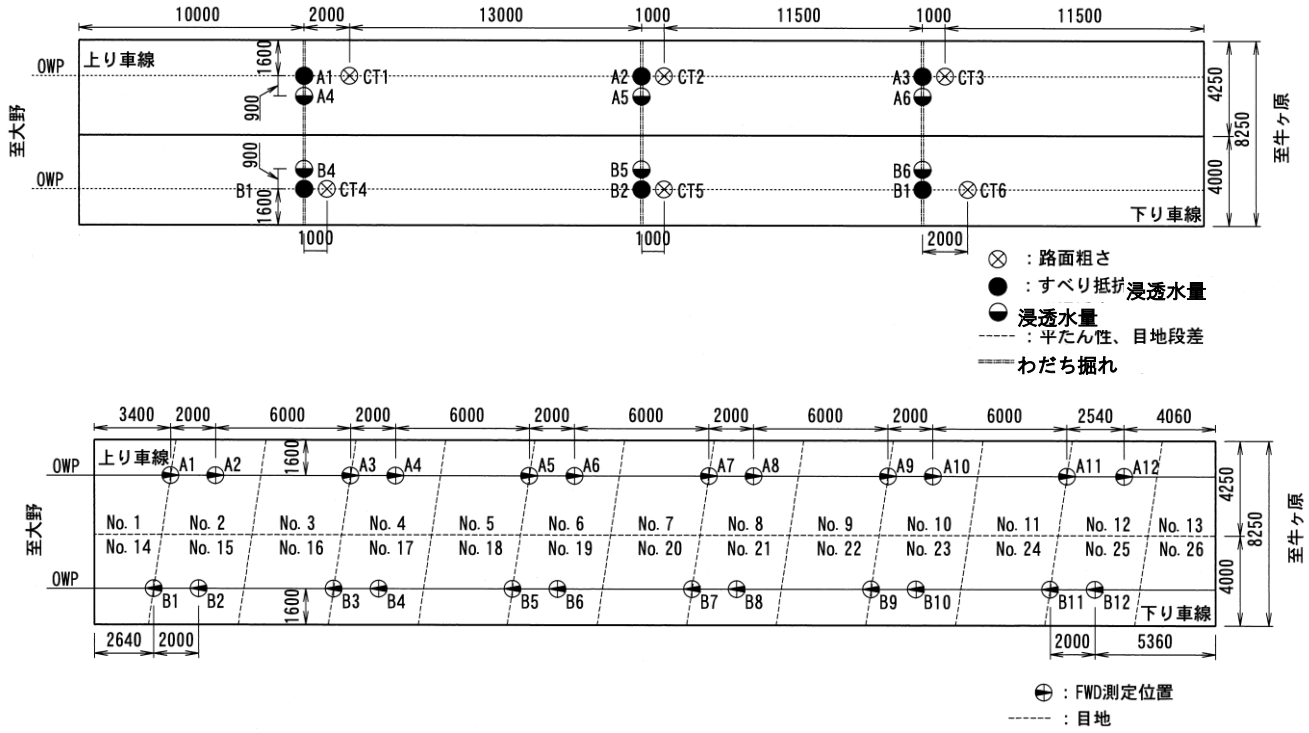
試験項目	供用期間（年）									
	0	0.5	1	1.5	2	3	5	16	18	20
曲げ強度	○									
ひび割れ	○	○	○			○	○	○	○	○
平たん性	○		○			○	○	○		△
すべり抵抗	○		○			○	○	△		△
浸透水量	○	○	○	○	○	○	○	○		
わだち掘れ量	○		○			○	○	○		○
目地の段差	○		○			○	○	○		△
騒音	○		○			○	○	○		
路面粗さ								○		○
FWD								○		

△：一部のみ実施

表 2-8　各調査の実施状況（大野上り車線）

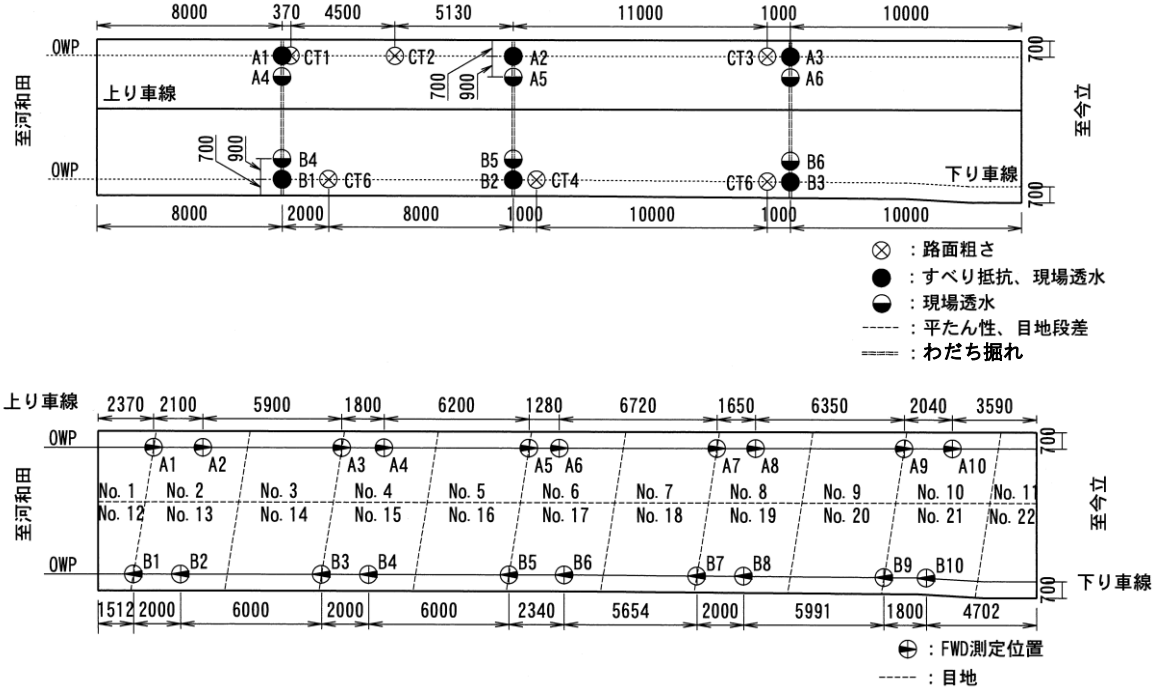
試験項目	供用期間（年）													
	0	0.5	1	1.5	2	3	5		6	8	10	16	18	20
							前*	後*						
曲げ強度	○							○						
ひび割れ	○	○	○			○	○	○	○	○	○	○	○	○
平たん性	○		○			○	○	○	○	○	○	○		○
すべり抵抗値	○		○			○	○	○	○	○	○			○
浸透水量	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
わだち掘れ量	○		○			○	○	○	○	○	○	○		○
目地の段差	○		○			○	○	○	○	○	○	○		○
騒音	○		○			○	○	○	○	○	○	○		
路面粗さ												○		○
FWD												○		

*切削オーバーレイの前後



注 1　FWD の A12 はひび割れ部を跨ぐように測定した

図 2-9　大野　測定位置（下：FWD [注1]、上：その他）



注２　FWD の A2、A4、A6、A8、A10、B6、B10 はひび割れ部を跨ぐように測定した

図 2-10　今立 a　測定位置（下：FWD [注2]、上：その他）

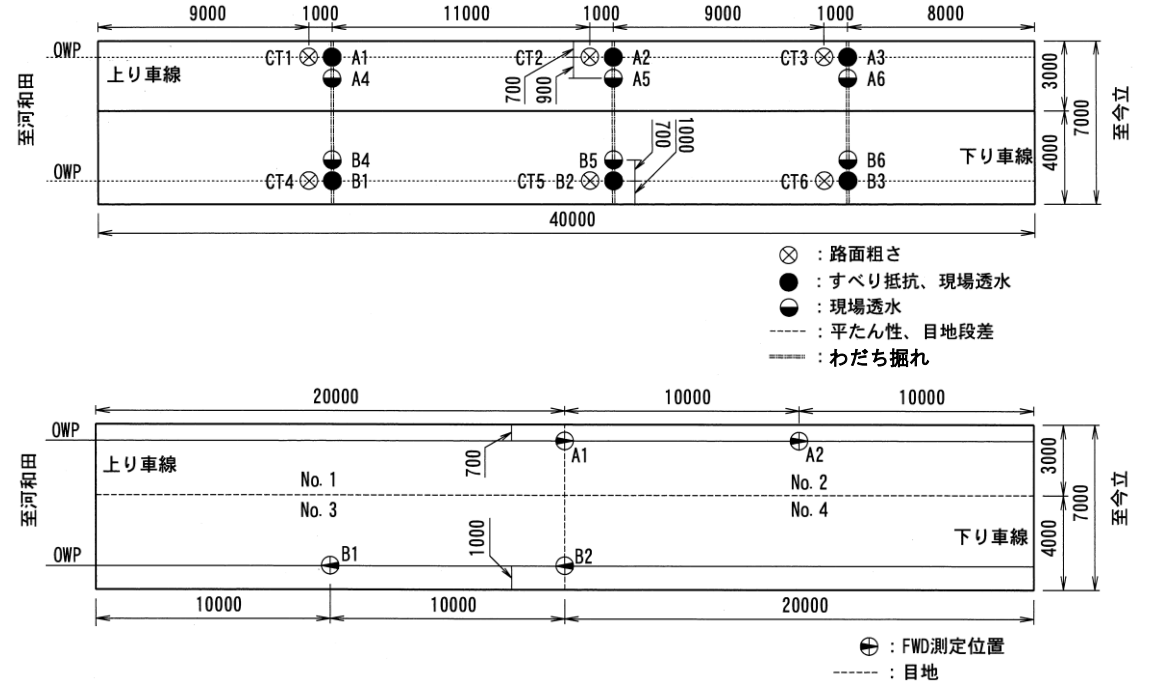
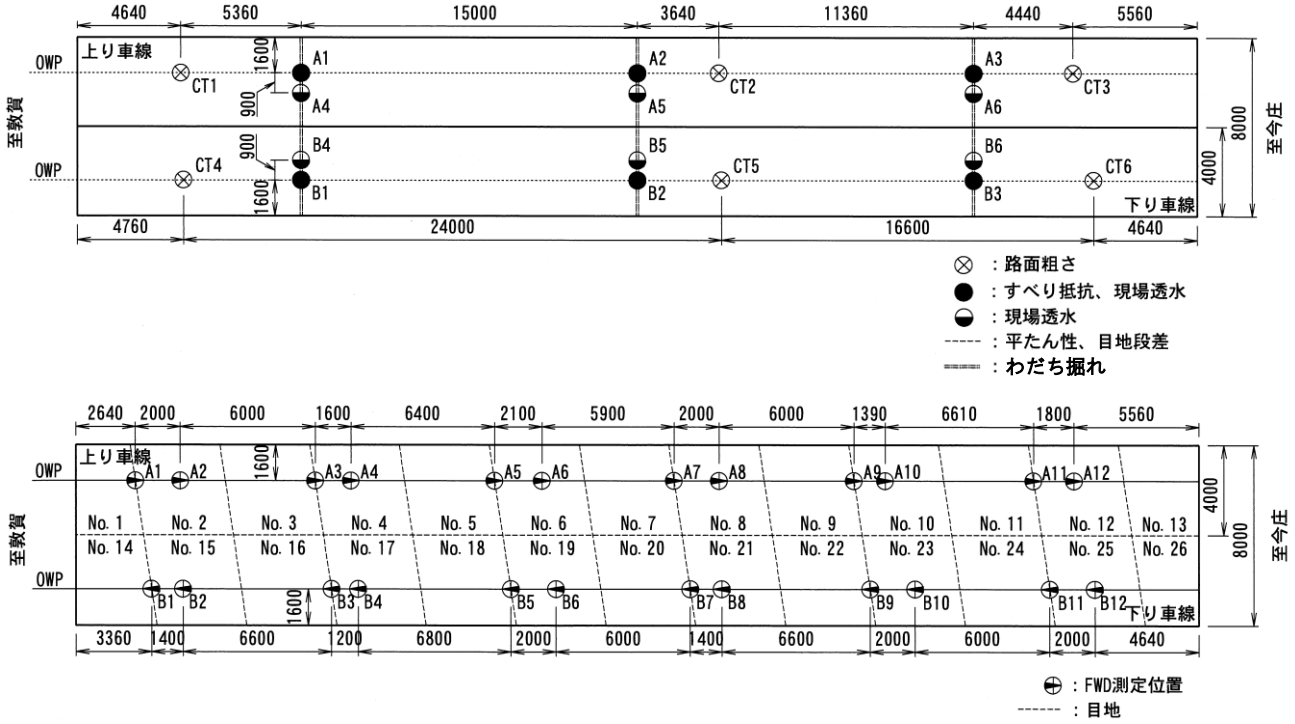


図 2-11　今立 b　測定位置（下：FWD、上：その他）



注 3　FWD の A4、A6、A10、A12、B2、B4、B8 はひび割れ部を跨ぐように測定した

図 2-12　今庄　測定位置（下：FWD [注3]、上：その他）

写真 2-14　ひび割れ調査の状況

写真 2-15　平たん性調査の状況

写真 2-16　浸透水量調査の状況

写真 2-17　すべり抵抗調査の状況

写真 2-18　FWD 調査の状況

写真 2-19　路面粗さ調査の状況

3. 調査結果

3.1 曲げ強度

曲げ強度試験結果及び供試体の実測空隙率を表 3-1 に示す。供試体寸法は 100×100×400mm であり、養生は標準養生とした。全てのポーラスコンクリートは材齢 28 日において設計基準強度である 4.5MPa を満足した。また、c タイプについては材齢 36 時間（1.5 日）において養生終了の目安である 3.5MPa を満足した。

表 3-1　曲げ強度試験結果

施工場所	タイプ	車線	曲げ強度(MPa)				空隙率
			24時間	36時間	7日	28日	(%)
大野	a	上り	-	-	4.59	4.76	18.1
	c		1.67	4.17	6.22	6.70	18.1
	a	下り	-	-	4.64	5.23	18.1
今立	a	上り	-	-	4.11	4.65	17.9
		下り	-	-	4.13	4.66	
	b	上り	-	-	3.73	4.78	18.9
		下り	-	-	3.61	4.90	
今庄	a	上り	-	-	4.34	4.60	17.0
		下り	-	-	4.07	4.78	

3.2　目地段差

目地段差の結果を図 3-6～3-10 に示す。目地段差は、全ての現場においてほぼ発生しておらず、良好であった。

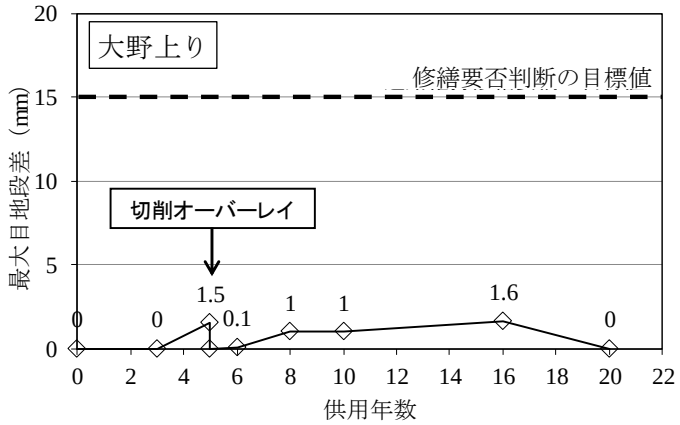


図 3-6　大野上り車線の目地段差の推移

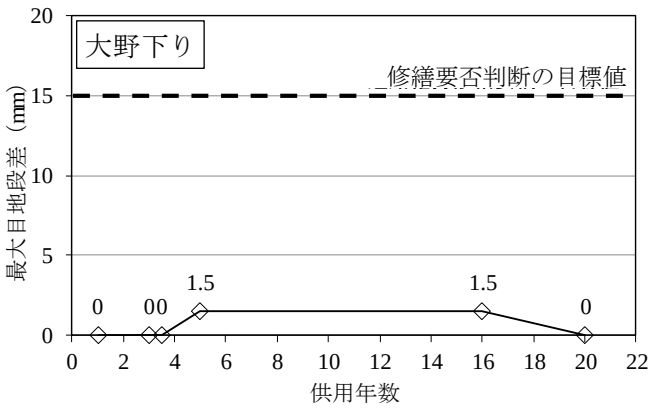


図 3-7　大野下り車線の目地段差の推移

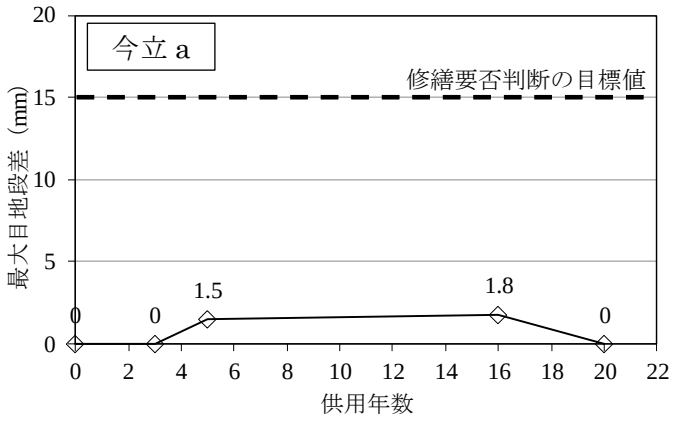


図 3-8　今立 a の目地段差の推移

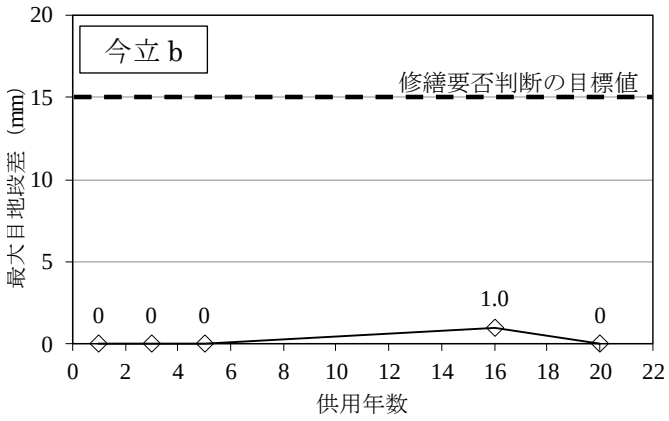


図 3-9　今立 b の目地段差の推移

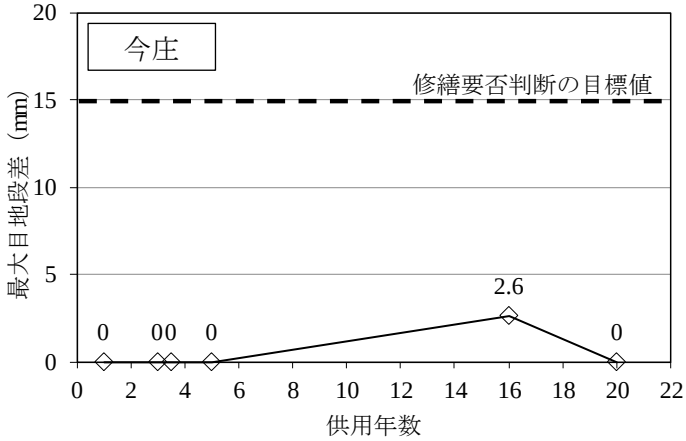


図 3-10　今庄目地段差の推移

3.3　わだち掘れ量

わだち掘れ量は平たん性と同様に、供用 10 年までは横断プロフィルメーターを、供用 16 年、20 年調査では MRP を用いて測定した。供用 0 年に測定したわだち掘れ量を初期値（0mm）として扱い、供用 0 年以降のわだち掘れ量は、測定値から 0 年に測定した値を減じた値をわだち掘れ量として整理した。また、大野上り車線については供用 5 年のオーバーレイ施工後に測定したわだち掘れ量を、改めて初期値（0mm）としてそれ以後の結果を整理している。結果を図 3-16～3-20 に示す。

各現場ともに供用に従い、わだち掘れ量は増加しているが供用 20 年でも 10mm 以下であり、わだち掘れ量は問題無いといえる。

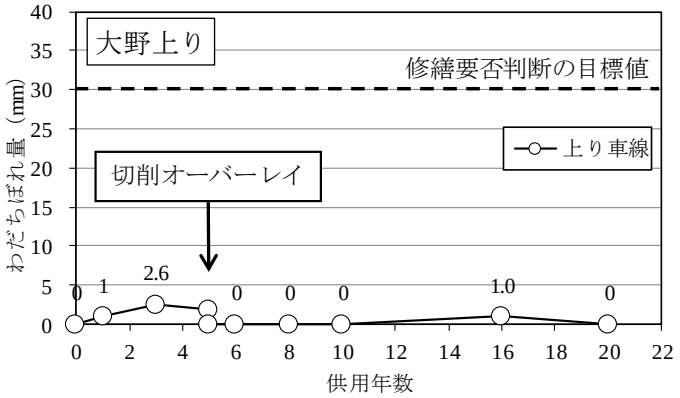


図 3-16　大野上り車線のわだち掘れ量の推移

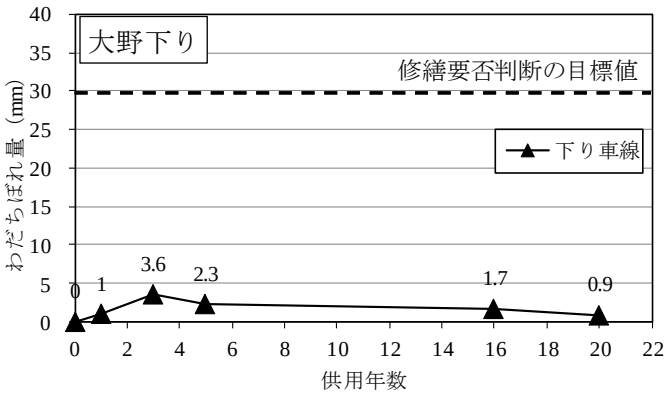


図 3-17　大野下り車線のわだち掘れ量の推移

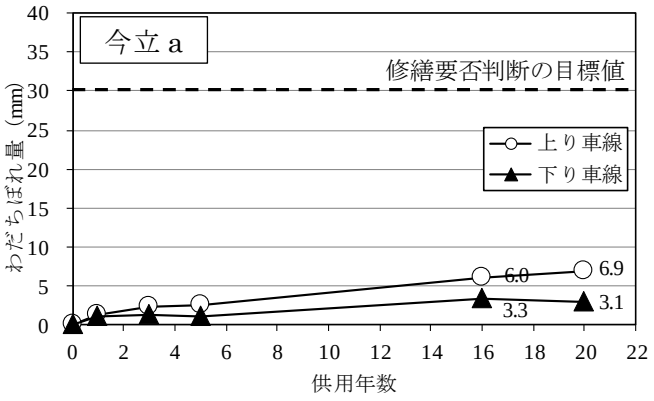


図 3-18　今立 a のわだち掘れ量の推移

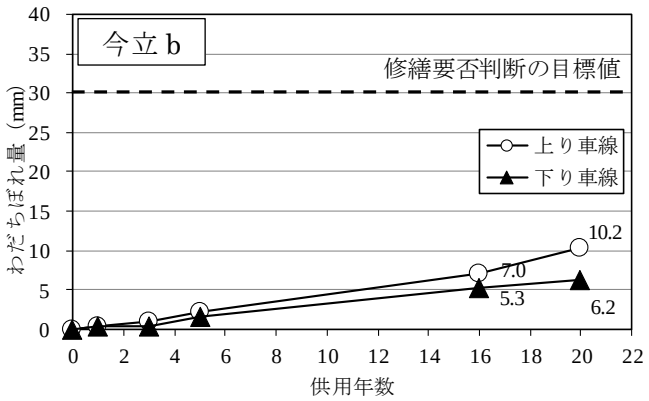


図 3-19　今立 b のわだち掘れ量の推移

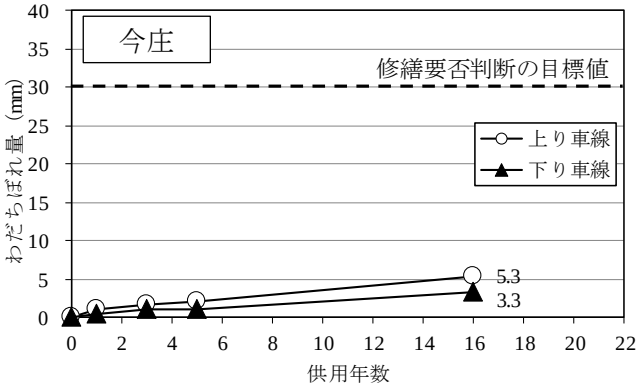


図 3-20　今庄のわだち掘れ量の推移（供用 20 年は雨天のため未測定）

3.4　平たん性

平たん性は、供用 10 年までは 3m プロフィルメーターを、供用 16 年、20 年は MRP を用いて測定した。結果を図 3-11～3-15 に示す。平たん性は、供用に従って低下しているが、道路維持修繕要綱に示された修繕要否判断基準である 5mm に達した現場は認められなかった。

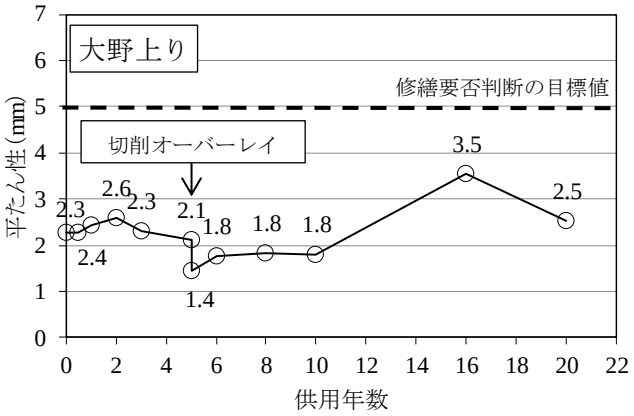


図 3-11　大野上り車線の平たん性の推移

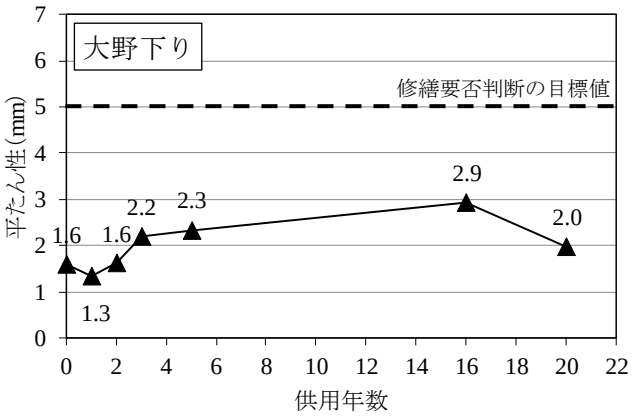


図 3-12　大野下り車線の平たん性の推移

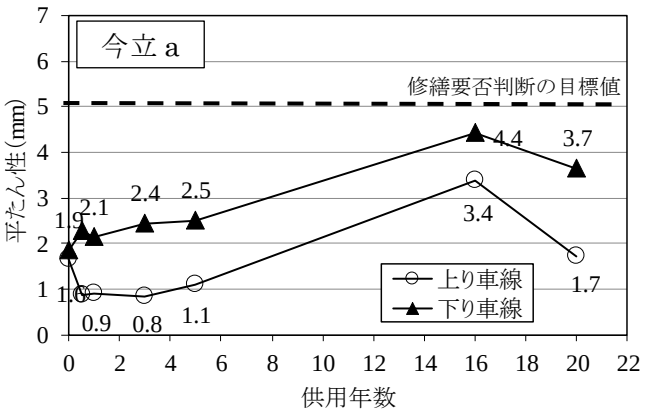


図 3-13　今立 a の平たん性の推移

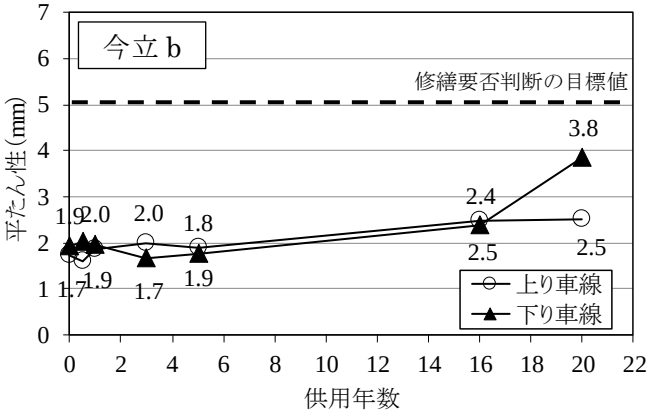


図 3-14　今立 b の平たん性の推移

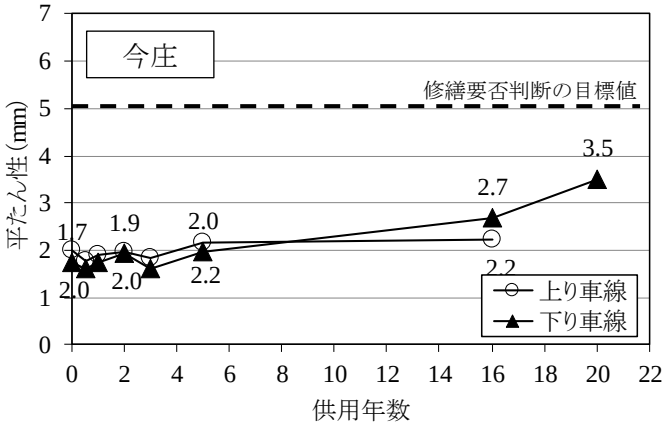


図 3-15　今庄の平たん性の推移（供用 20 年は雨天のため一部未測定）

3.5　ひび割れ

ひび割れ調査では、ひび割れの位置、長さ、幅について記録し、ひび割れ度で評価した。なお、大野については、オーバーレイによる補修を行なった上り車線と補修をしていない下り車線を分けてひび割れ度を算出した。調査年次ごとのひび割れスケッチを図 3-2～3-5 に、ひび割れ度は図 3-1 及び表 3-2～3-5 に示す。ひび割れ幅が記録されていないひび割れも多数あるが、これは、ひび割れの角かけが大きく幅の測定が困難であった箇所である。

供用 20 年における各現場のひび割れ度は、図 3-1 に示す通りであり、今立 a、今立 b、今庄については道路維持修繕要綱における修繕要否判断の目標値である 30cm/m²を超えていた。各現場のひび割れ発生状況の詳細を下記に示す。

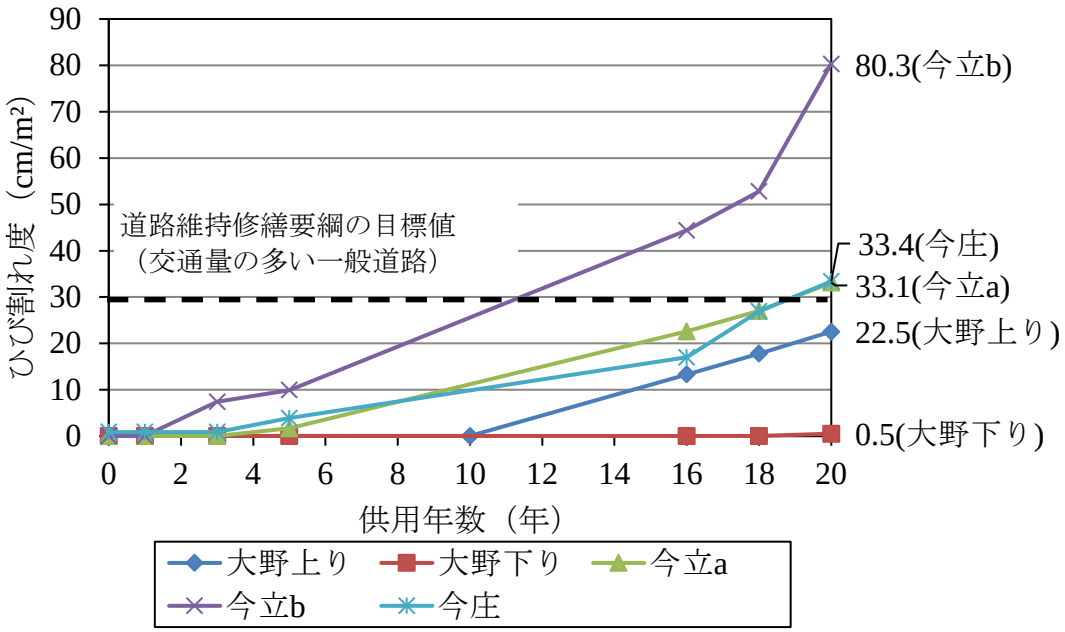


図 3-1　供用 20 年までの各現場のひび割れ度の推移

(1)大野

供用 10 年まではひび割れはほぼ認められなかったが、供用 16 年の時点ではオーバーレイを行なった上り車線にのみ、ひび割れが発生していた。下り車線及び上り車線のオーバーレイを行なっていない路肩部分には、ひび割れが全く認められないことから、上り車線のひび割れはオーバーレイした c タイプのポーラスコンクリートに発生していると考えられる。原因としては、オーバーレイの打ち継ぎ面での付着が失われたことが考えられる。これにより、コンクリート舗装 5cm、コンクリート路盤 15cm の構造となり、コンクリート版厚が輪荷重に対して不足し、ひび割れが発生した可能性がある。しかしながら、供用 20 年においても上り車線のひび割れ度は、表 3-2 に示す通り、22.5cm/m²と補修が必要な程ではない。

(2)今立 a

供用 5 年から 16 年の間にひび割れが大きく進行した。ひび割れは、主として横ひび割れがコンクリート版の中央に発生しており、一部の版では車輪走行位置付近に縦ひび割れも確認できることから、疲労

ひび割れであると考えられる。また、供用 16 年から 20 年にかけては縦ひび割れが進展し（図 3-3）半分程度の版で発生している。ひび割れ度は 33cm/m²と 30cm/m²を超えており、補修についての検討も今後の状況によっては必要と考えられる。

(3)今立 b

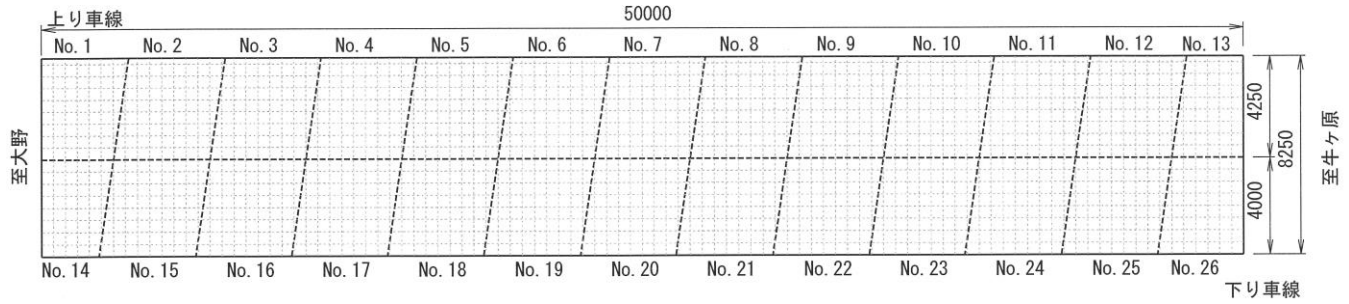
供用 3 年の時点で、全てのコンクリート版中央付近に横ひび割れが発生した。ひび割れの発生状況から疲労ひび割れであると考えられるが、供用 3 年での疲労ひび割れの発生は今立 b のみである。この現場は、ポリマーを添加した b タイプのポーラスコンクリートを使用しており、通常のコンクリートより伸び能力に優れていることから目地間隔 20m を採用している。このため、そり拘束係数がほぼ 1 に近く、他の現場と比較して温度応力が大きくなり、コンクリート版が疲労で割れたと考えられる。ポーラスコンクリートは締め固めの限界から、1 層の版厚は 20cm が限界といわれており、目地間隔を延長するためには、強度の割増等のさらなる検討が必要であるといえる。

供用 16 年ではひび割れ度も 44cm/m²と補修が必要と判断される 30cm/m²を超え、供用 20 年では 80.3cm/m²と劣化が加速している。なお、供用 0 年～1 年まではひび割れが発生していないことから、コンクリートの伸び能力を高めることは、施工ひび割れの抑制には有効であったと考えられる。

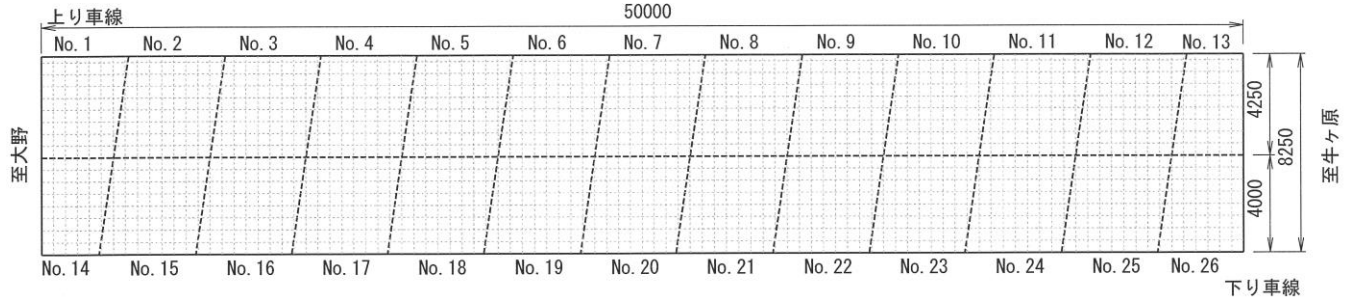
(4)今庄

供用開始直後（供用 0 年）に 2 箇所で隅角ひび割れが発生した。隅角ひび割れは、コンクリート版が薄い場合や目地金物が無い場合に入りやすいといわれている[6)]。今回はこれらが該当する上に、縦目地が突き合わせ目地のため荷重伝達能力が低いことも原因として考えられる。供用 5 年では上り車線の一部に疲労ひび割れと思われる横ひび割れが認められ、供用 16 年のひび割れ度は 17cm/m²と補修の検討が必要なほどではなかった。しかし、供用 20 年にかけてひび割れ進展が加速し、30cm/m²を超えた。これは、現場の大型車交通量が北陸新幹線延伸工事のため増加したためであると考えられる。

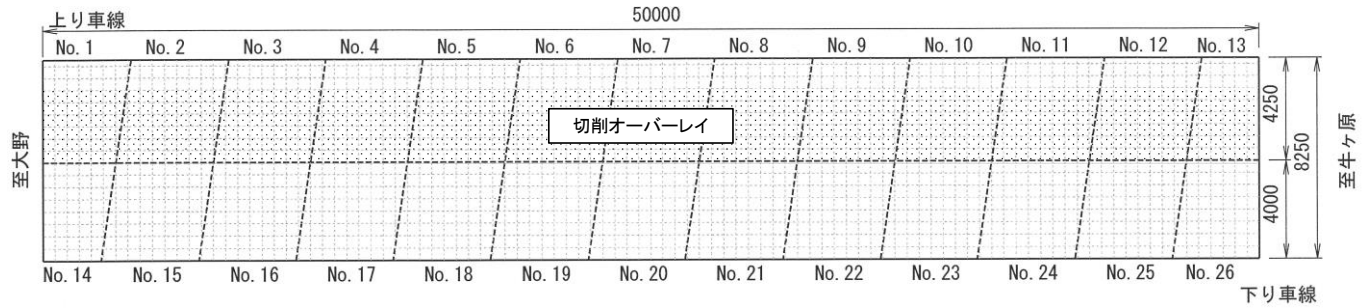
大野-供用 3 年



大野-供用 5 年



大野-供用 10 年



大野-供用 16 年

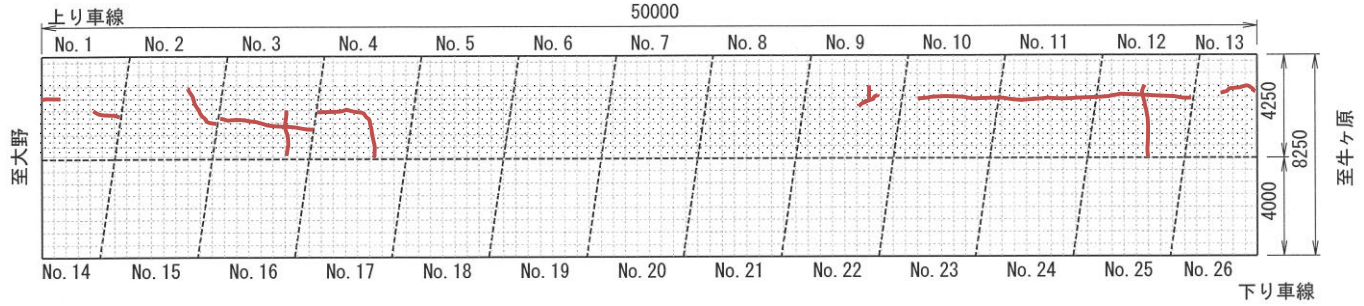
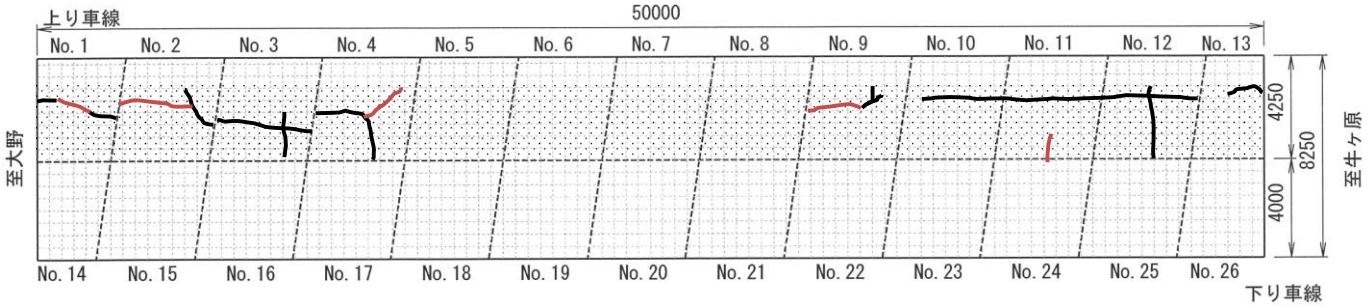


図 3-2　ひび割れ図①（大野）　　単位：mm

大野-供用 18 年



大野-供用 20 年

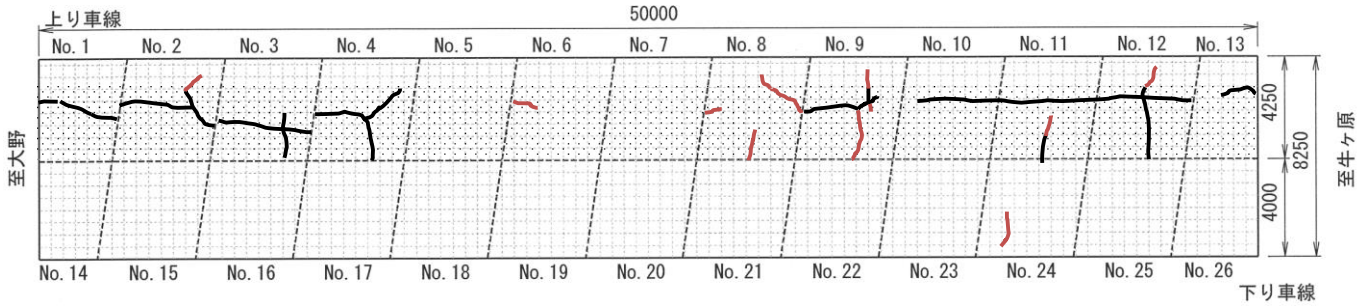


図 3-2　ひび割れ図②（大野）

表 3-2　大野供用 20 年におけるひび割れ度

上り車線（切削オーバーレイ車線）	
ひび割れ長さ累計（cm）	4781
調査対象区間面積（m²）	212.5
ひび割れ度（cm/m²）	22.5

下り車線	
ひび割れ長さ累計（cm）	100
調査対象区間面積（m²）	200
ひび割れ度（cm/m²）	0.5

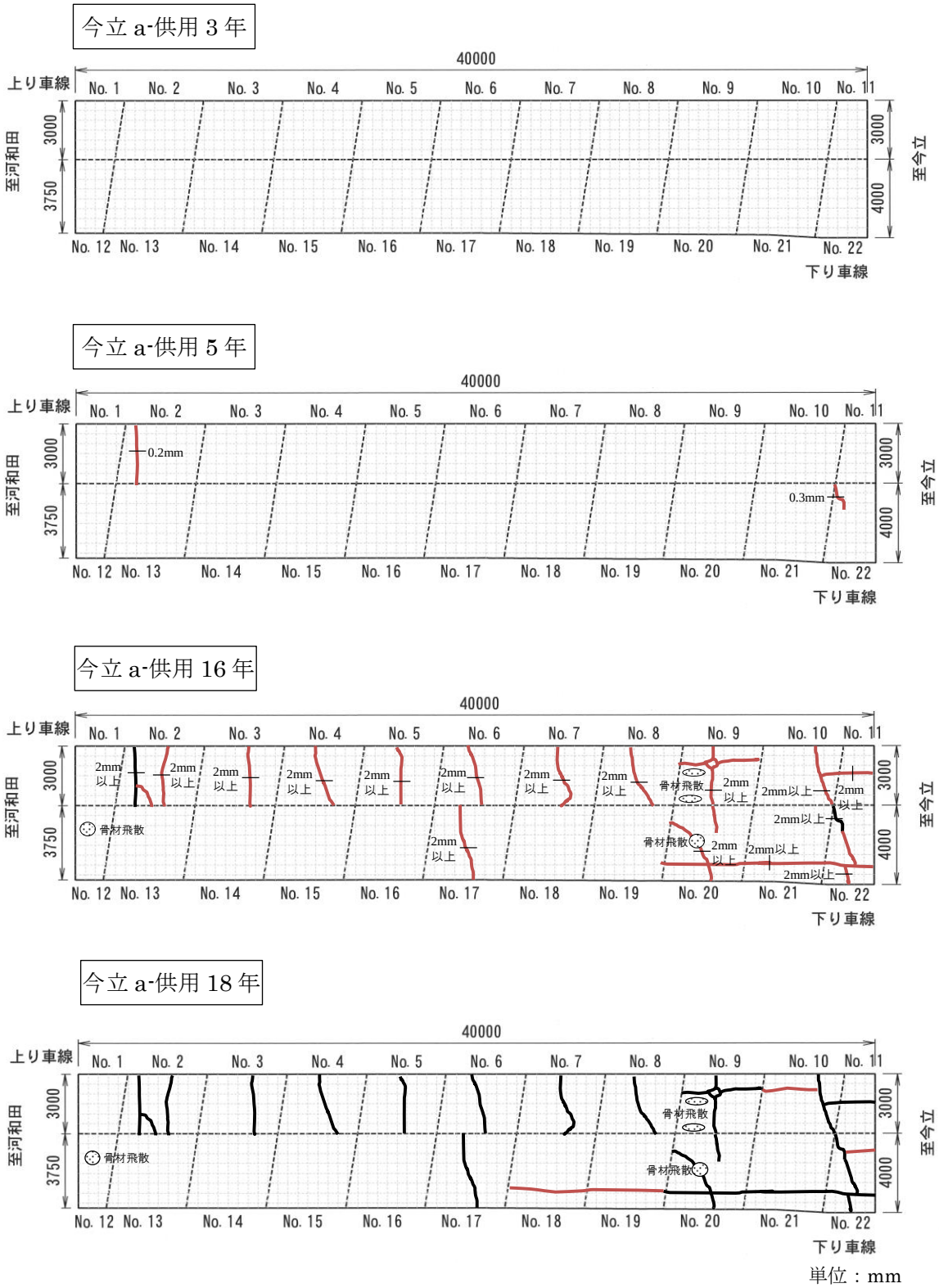


図 3-3　ひび割れ図①（今立 a）

今立 a-供用 20 年

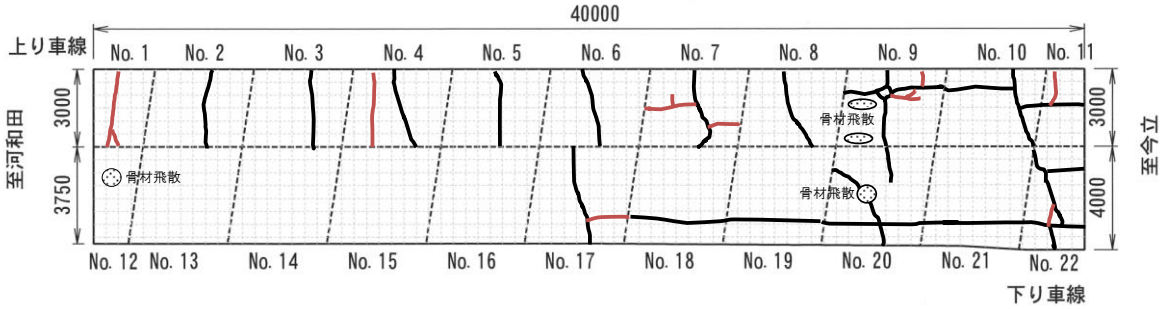
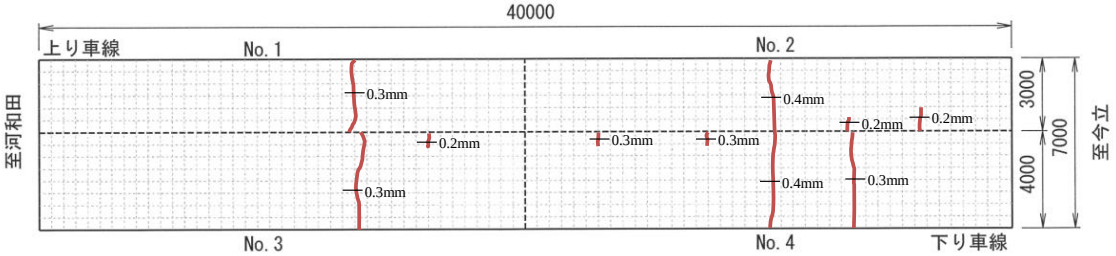


図 3-3　ひび割れ図②（今立 a）

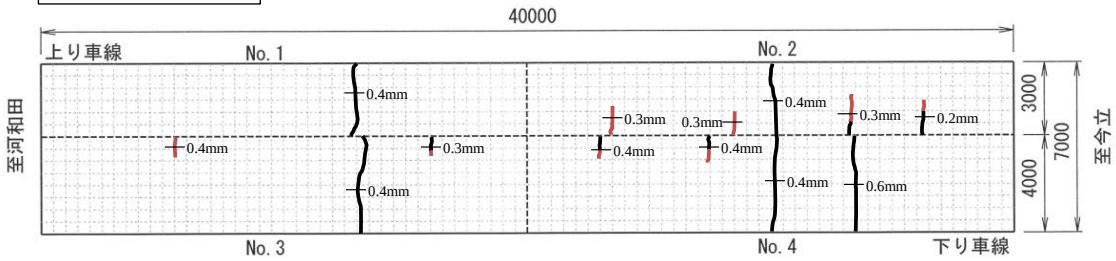
表 3-3　今立 a 供用 20 年におけるひび割れ度

ひび割れ長さ累計（cm）	9036
調査対象区間面積（m²）	273
ひび割れ度（cm/m²）	33.1

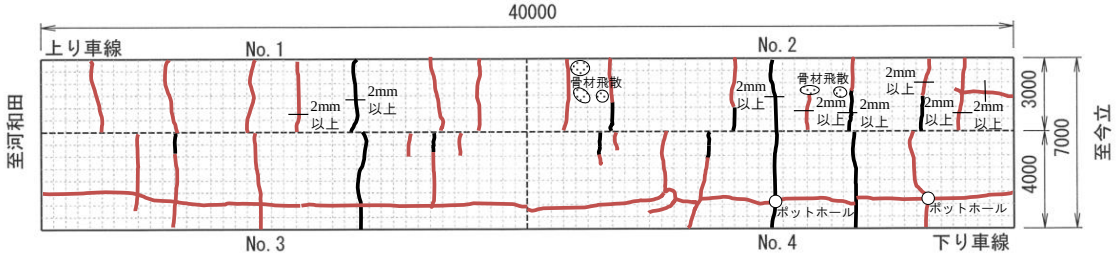
今立 b-供用 3 年



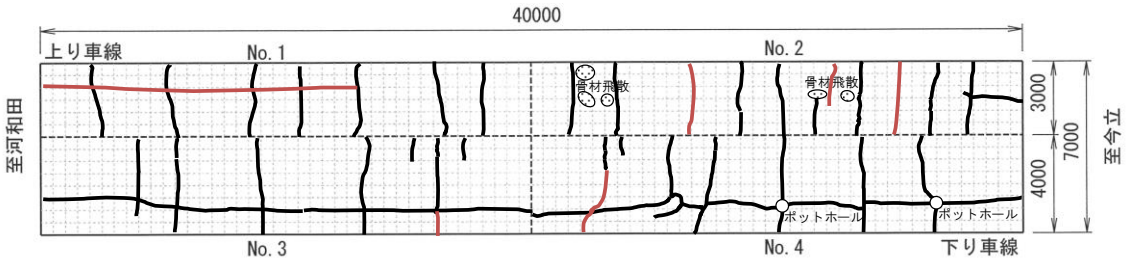
今立 b-供用 5 年



今立 b-供用 16 年



今立 b-供用 18 年



単位：mm

図 3-4　ひび割れ図①（今立 b）

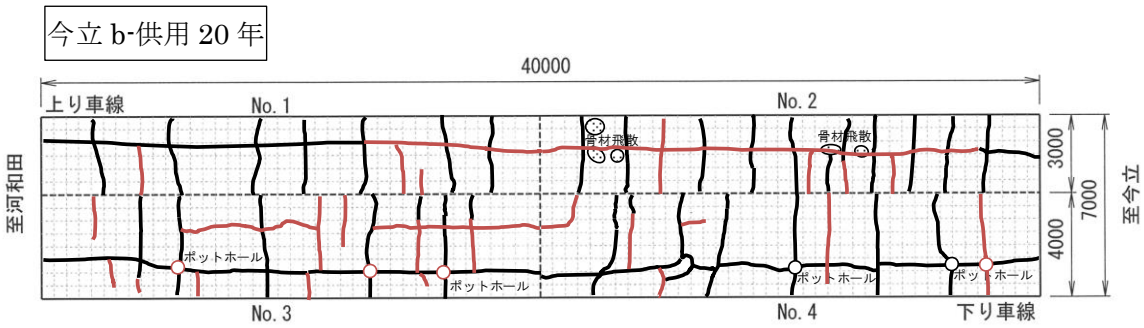


図 3-4　ひび割れ図②（今立 b）

表 3-4　今立 b 供用 20 年におけるひび割れ度

ひび割れ長さ累計（cm）	22484
調査対象区間面積（m²）	280
ひび割れ度（cm/m²）	80.3

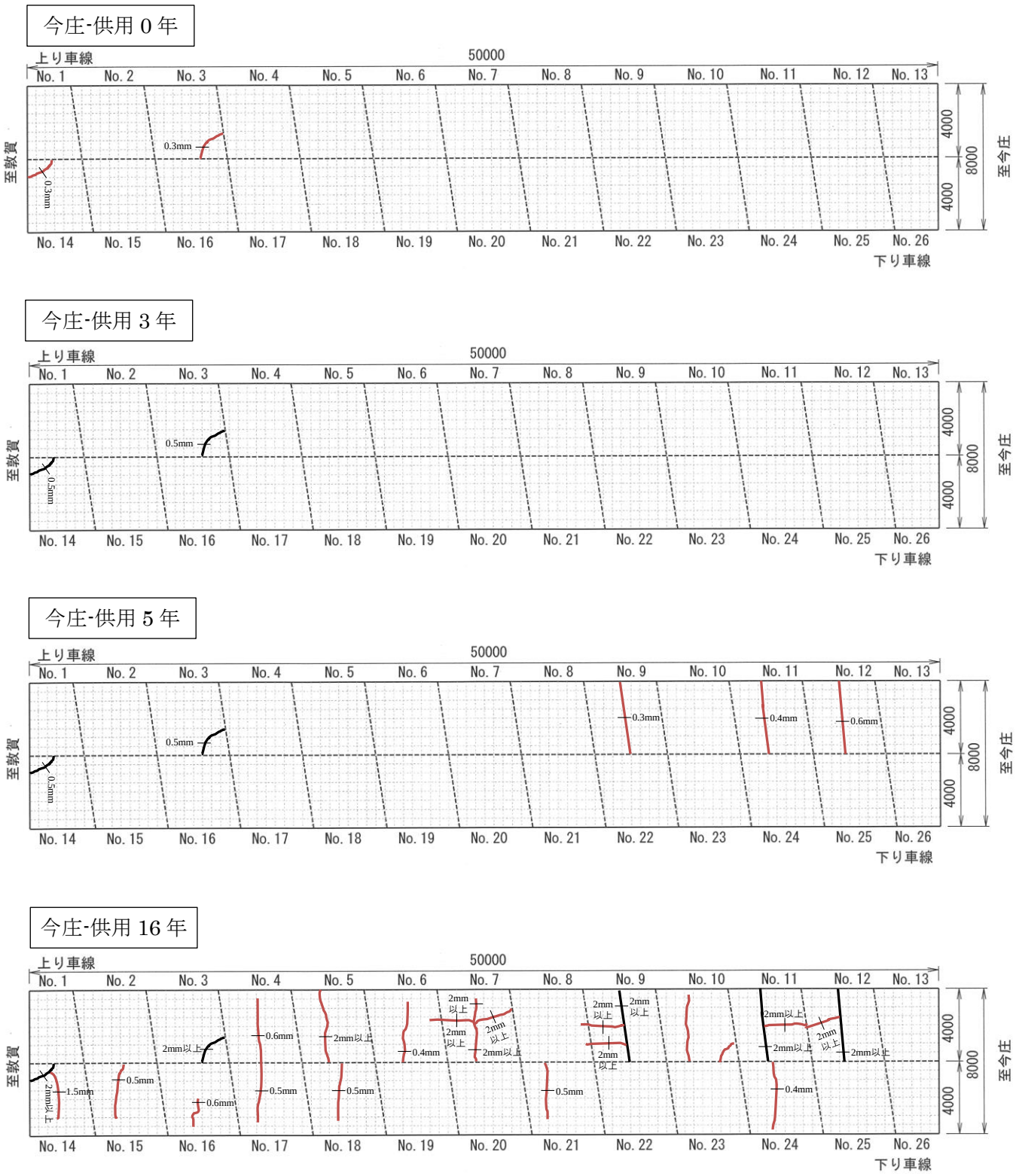
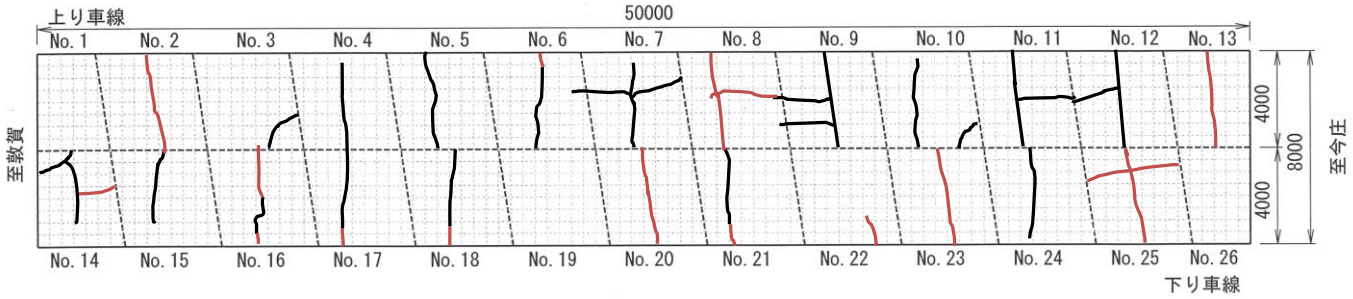


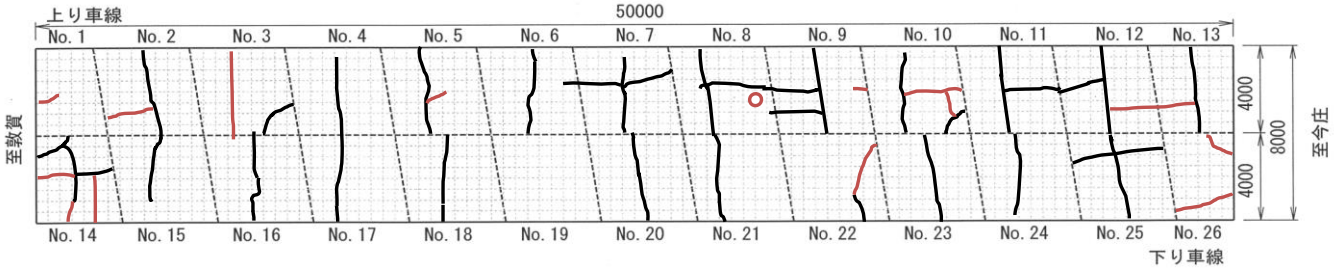
図 3-5　ひび割れ図①（今庄）

単位：mm

今庄-供用 18 年



今庄-供用 20 年



単位：mm

図 3-5　ひび割れ図②（今庄）

表 3-5　今庄供用 20 年におけるひび割れ度

ひび割れ長さ累計（cm）	13360
調査対象区間面積（m²）	400
ひび割れ度（cm/m²）	33.4

3.6　FWD によるたわみ量

FWD（Falling Weight Deflectometer）とは、重錘を落下させて路面に衝撃を与え、そのときに発生する路面のたわみ量を落下点を中心に複数のセンサーによって測定する装置である。FWD により測定されるたわみ量やたわみの形状は、舗装内部の状態を反映しており、これを解析することにより舗装構造の健全度を判定することが出来る。本試験は供用 16 年調査でのみ測定した。

FWD の測定は、測定するコンクリート版の目地部及び版の中央にて実施した。また、版に横ひび割れが存在する場合は、版の中央ではなく、ひび割れ部にて測定した。ただし、今庄 b では横ひび割れが多かったため、版中央でのみ測定した。

図 3-30 に示すフロー[6] に従い舗装構造を評価した。このフロー図は、目地部及び、ひび割れ部の健全性評価に用いられるものである。フローでは、重錘の載荷を 98kN 及び 49kN の両方の荷重で行なうよう示されているが、今回は 98kN でしか測定していないため、式 3-8 により 49kN たわみに換算し 49kN

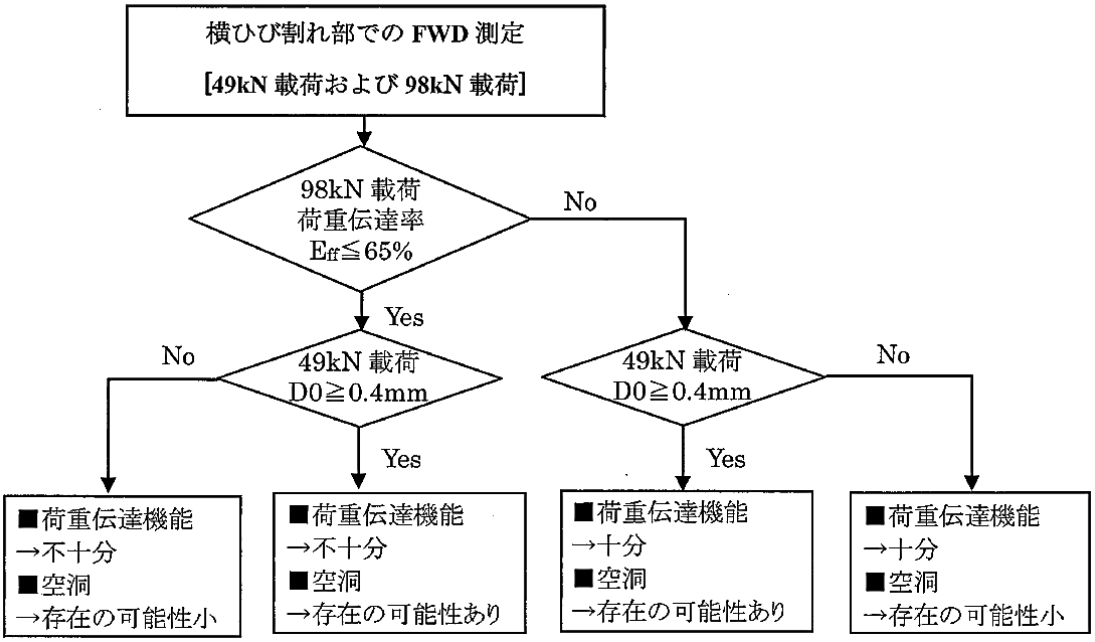


図 3-30　目地部及びひび割れ部の評価フロー

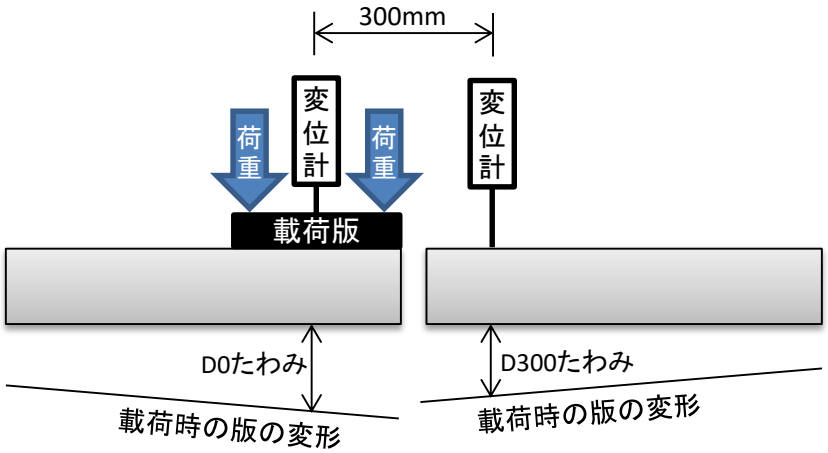


図 3-31　目地部及びひび割れ部の FWD 測定模式図

載荷時の D0 たわみ（載荷点におけるたわみ量）とした。また、荷重伝達率は目地部及びひび割れ部にて、図 3-31 に示すように測定した D0 たわみ及び D300 たわみより、式 3-9 にて算出した。

$$D0_{wi}=D0\times 49/P_i \qquad \text{式 3-8}$$

$$\text{荷重伝達率（\%）}=D300/(D0+D300)/2\times 100 \qquad \text{式 3-9}$$

ここに、

$D0_{wi}$：49kN 換算 D0 たわみ（mm）

D0：測定した D0 たわみ（mm）

P_i：測定時の荷重（kN）

D300：載荷点より 300mm 離れた地点のたわみ（mm）

結果を図 3-32～39 に示す。局所的にコンクリート版下に空洞が疑われる箇所や、荷重伝達能力が不足すると判断される箇所が認められるが、各現場で 1 箇所程度であり直ちに補修が必要となることはないと考えられる。また、各現場とも路線全体を見た場合、荷重伝達率や D0 たわみの測定結果は、健全な値を示しており、供用 16 年時点では構造的な破損は発生していないと判断できた　。

・大野-FWD 結果（上り車線はオーバーレイ）

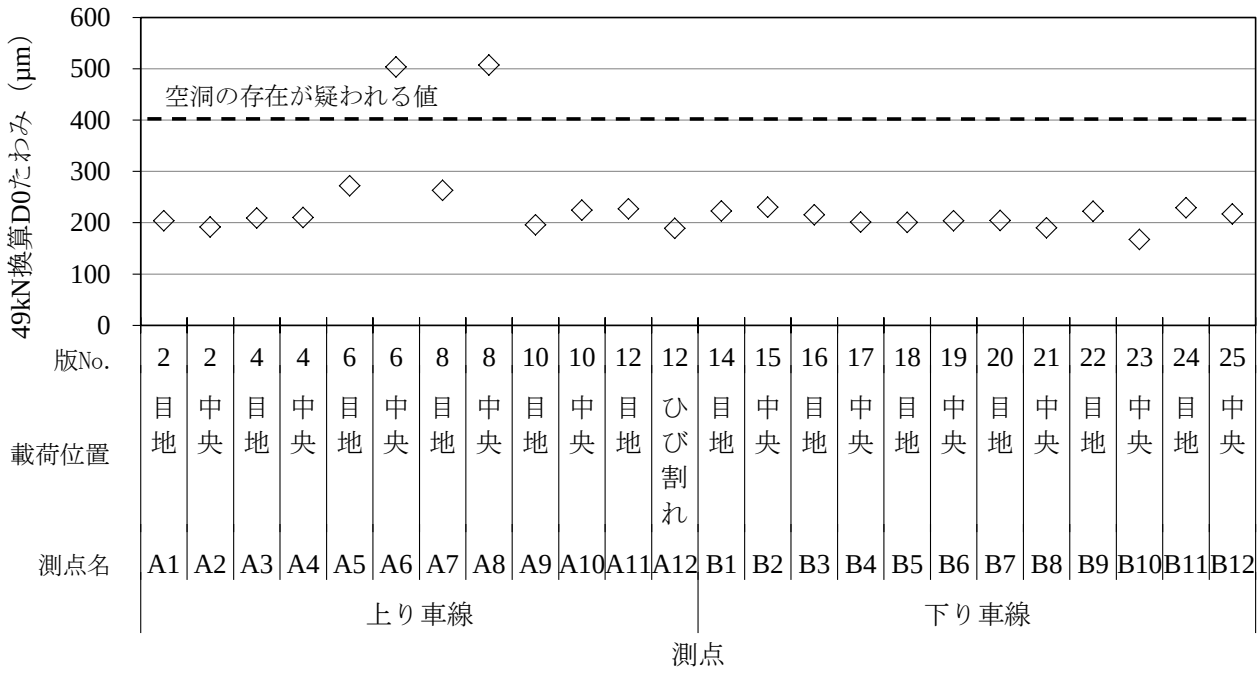


図 3-32　大野の 49kN 換算 D0 たわみ

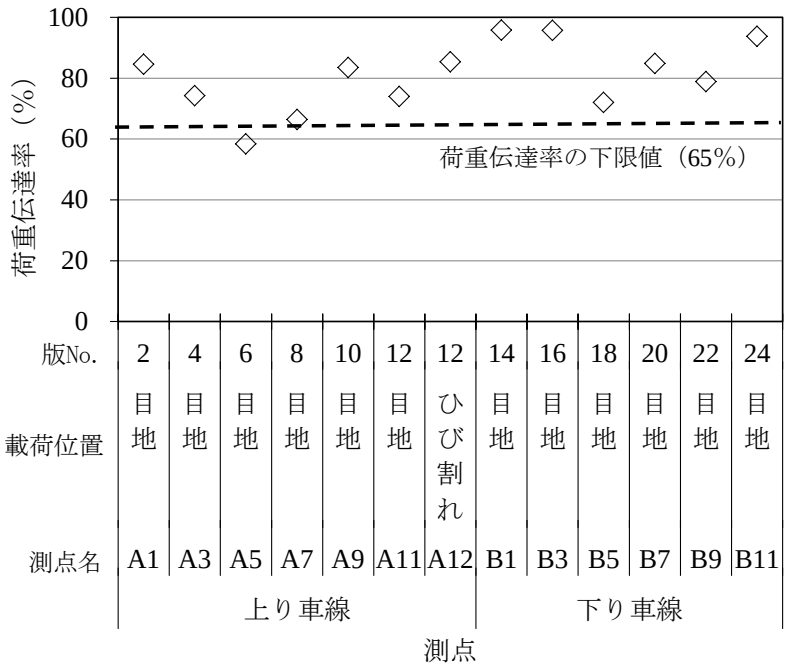


図 3-33　大野の目地部及びひび割れ部の荷重伝達率

・今庄 a-FWD 結果

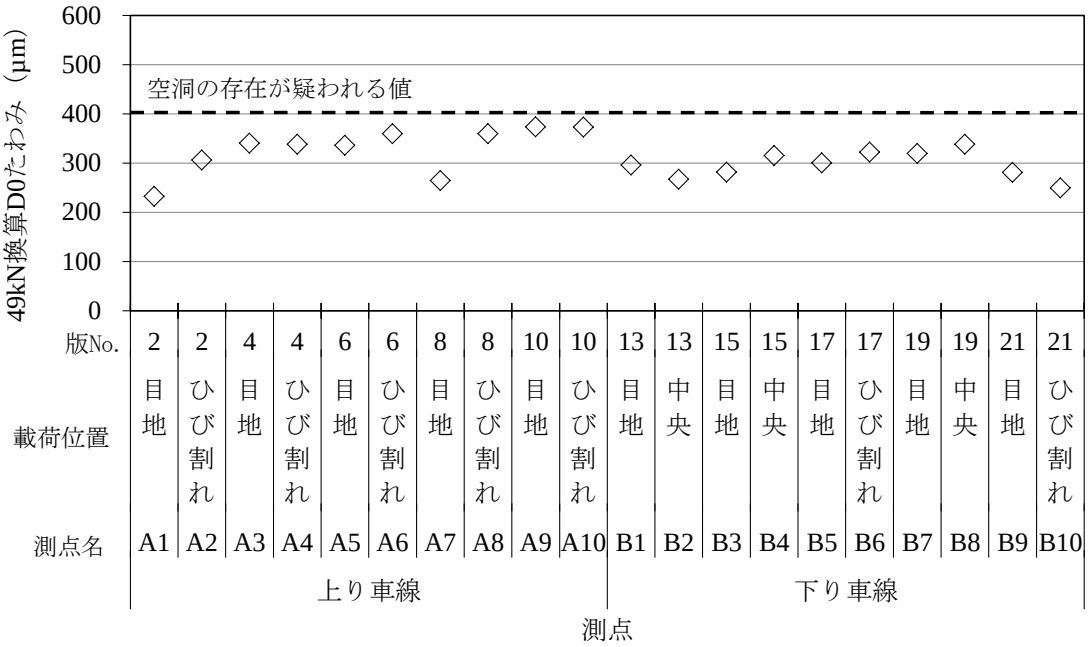


図 3-34　今庄 a の 49kN 換算 D0 たわみ

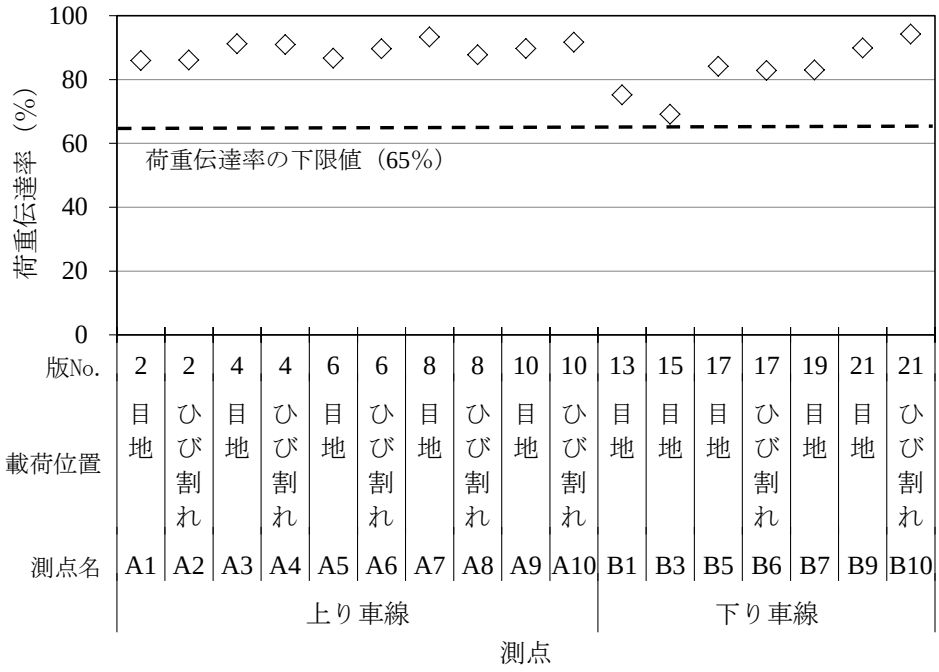


図 3-35　今庄 a の目地部及びひび割れ部の荷重伝達率

・今庄 b-FWD 結果

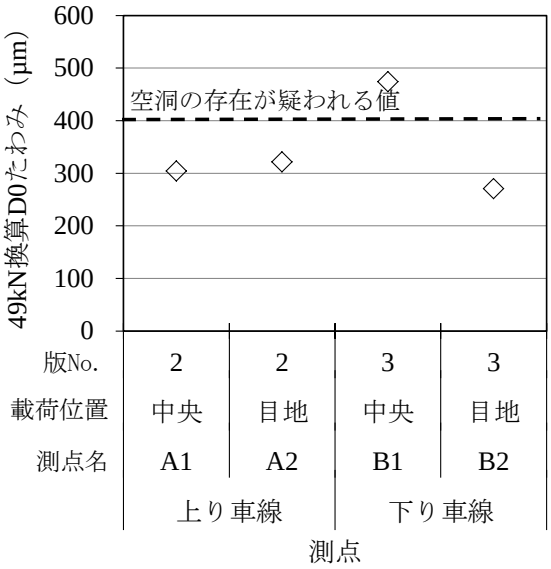


図 3-36　今庄 b の 49kN 換算 D0 たわみ

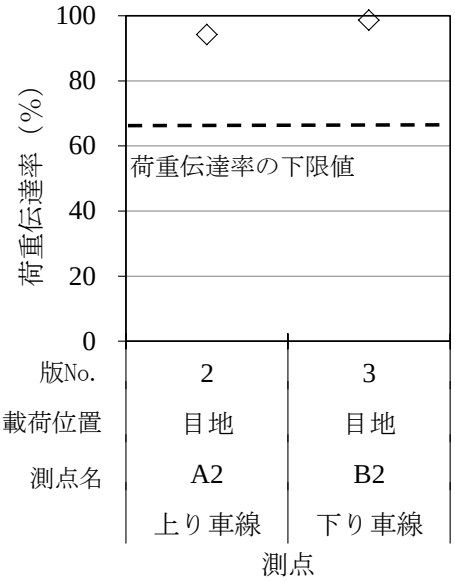


図 3-37　今庄 a の目地部及びひび割れ部の荷重伝達率

・今庄-FWD 結果

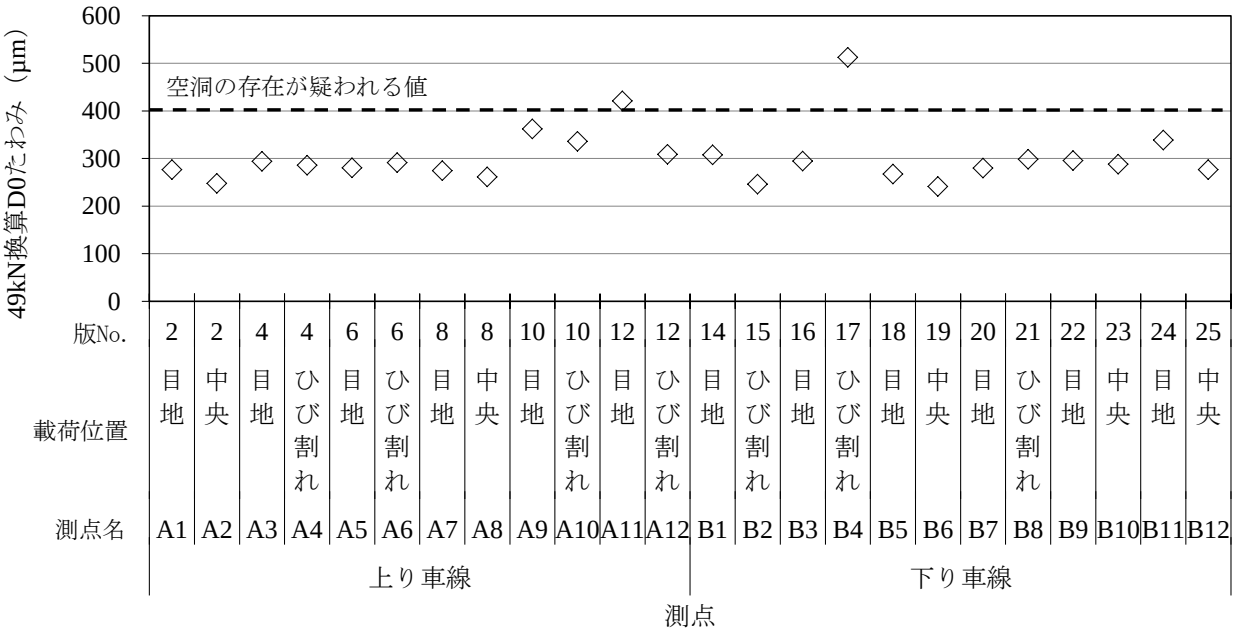


図 3-38　今庄の 49kN 換算 D0 たわみ

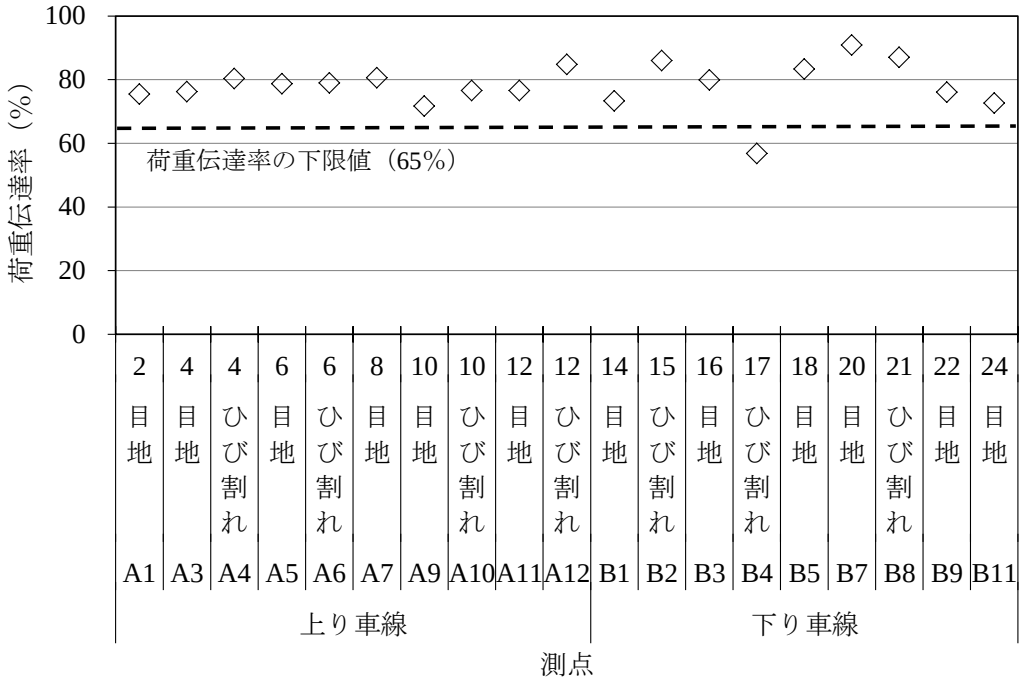


図 3-39　今庄の目地部及びひび割れ部の荷重伝達率

3.7　浸透水量

浸透水量は、現場透水量試験にて各現場の OWP 及び IWP にて測定し、WJ（ウォータージェット）工による機能回復実施時には WJ 工前後で調査した。結果を図 3-26～3-29 に示す。施工直後の出来形では、オーバーレイを含め全ての現場で国土交通省が定める「舗装の構造に関する技術基準」に示された 300ml/15 秒（施工箇所は第 3 種第 3 級に該当）を満足したが、供用に伴い浸透水量は低下した。なお、供用 16 年までの結果よりすべての現場が不透水となったことが確認できたため、20 年では測定を実施しなかった。

大野では供用開始直後から浸透水量が大きく低下し、供用 1.5 年で上下線ともに不透水となった。供用 2 年及び 3 年で WJ 工による機能回復を行なっており、WJ 工直後は浸透水量が回復するが、その後、供用 1 年ないし 2 年で再び不透水となっている。大野の上り車線における切削オーバーレイによる機能回復については、供用開始時の浸透水量が a タイプ及び b タイプの初期値と比較して小さくなった。これは、c タイプのポーラスコンクリートの粗骨材最大寸法や目標空隙率が小さい事が原因と考えられる。また、供用後は供用 8 年（オーバーレイ後 3 年）で不透水となった。

今立の現場では、供用 3 年までは浸透水量に大きな変化がなく良好であったが、供用 5 年で大きく低下した。これは、2004 年の福井豪雨により現場が冠水し泥水に覆われたためであると考えられる。

今庄では、上り車線と下り車線で傾向が異なった。供用に従い浸透水量が低下することは同様であるが、下り車線では WJ 工によって浸透水量が回復したが、上り車線では WJ 工を 2 回施工しているがほとんど回復しなかった。

また、写真 2-1～2-3 に示すように施工箇所は水田が隣接しており農業機械の通行が多いことも浸透水量低下の一因であると考えられる。トラクターなどの農業機械は、水田の泥を落とす場合があり、空隙詰まりの原因となりやすい。

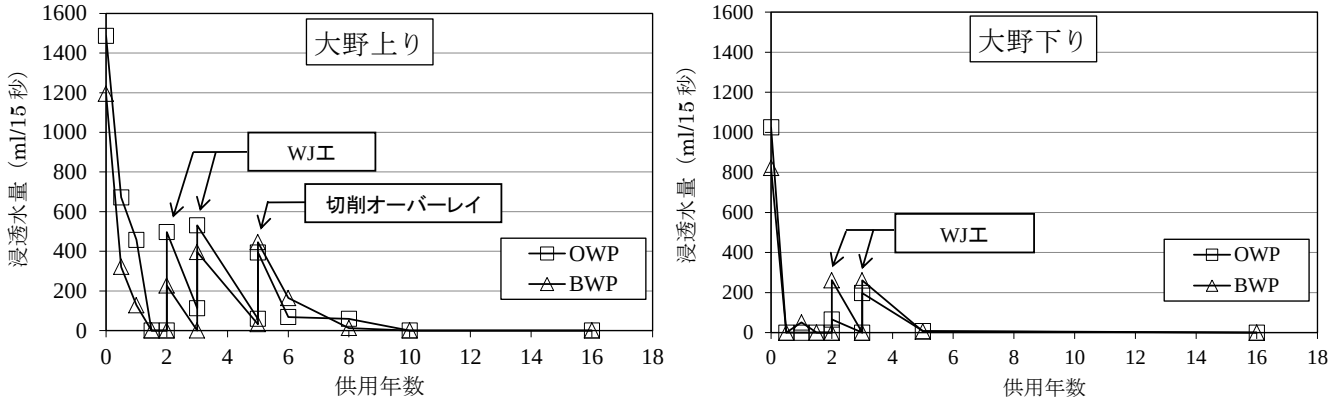


図 3-26　大野の浸透水量の推移

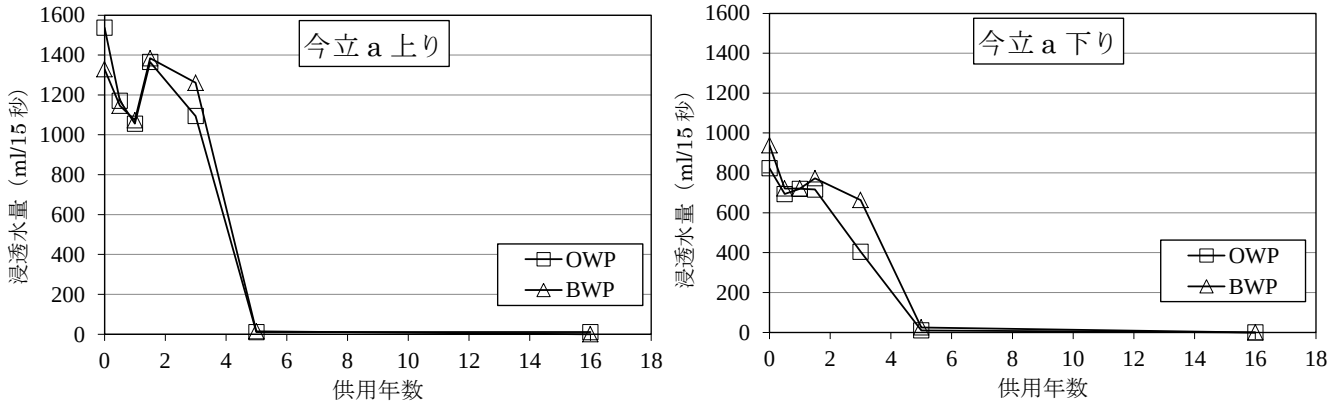


図 3-27　今立 a の浸透水量の推移

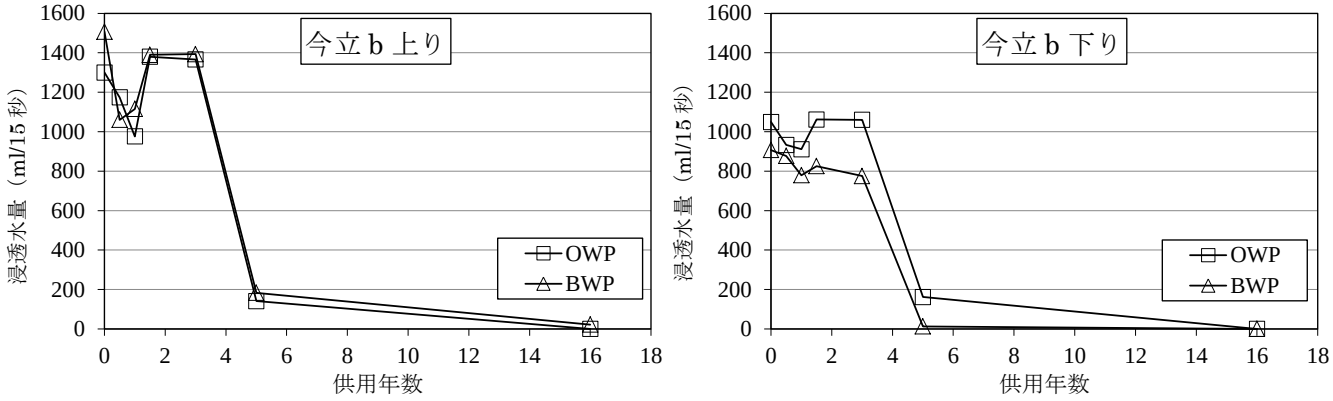


図 3-28　今立 b の浸透水量の推移

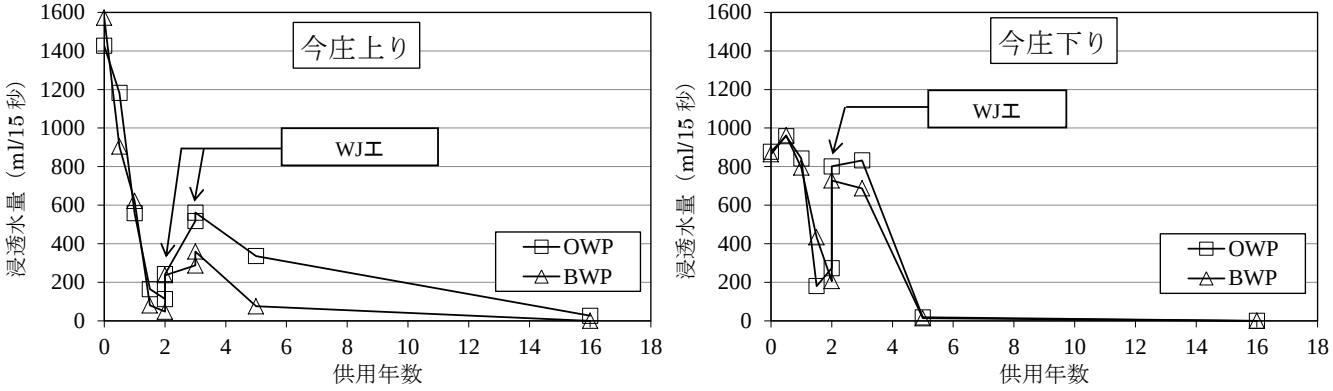


図 3-29　今庄の浸透水量の推移

3.8 タイヤ/路面騒音

タイヤ/路面騒音はポーラスコンクリート舗装及び、比較のため隣接する密粒度アスファルトコンクリート舗装で測定した。測定位置は、原則下り車線の OWP であり、オーバーレイを行なった大野のみ、上り車線を供用 5 年から測定している。タイヤ/路面騒音は竣工時から継続して測定しているが、測定車両及びタイヤが同一ではないため、経時的な結果を比較する事は適切ではない。これは、タイヤ/路面騒音は同じ路面であっても測定機材によって、測定結果が異なる測定方法であるためである。参考までに竣工時と供用 16 年時の路面騒音測定車と測定タイヤの組み合わせを図 3-40、3-41 に示す。よって、各測定におけるポーラスコンクリート舗装の騒音（ポラコン騒音）とアスファルトコンクリート舗装の騒音（アスコン騒音）の測定結果の差分（ポラコン騒音－アスコン騒音）を示す。この値を今後、騒音差と示す。

結果を図 3-42～3-46 に示す。なお、供用 3 年では 2 種類の測定機材を用いて測定しており、2 つの結果を併記している。供用初期は、ポーラスコンクリート舗装の方が騒音差が小さい傾向があり、供用に従いその差は小さくなっている。特に今立 b は、供用 5 年以降他の現場と比較して騒音差が大きい（ポーラスコンクリートの方が騒音値が大きい）傾向を示している。今立 b は他と比較して、ひび割れが多

図 3-40　竣工時のタイヤ/路面騒音測定車両及び測定タイヤ

図 3-41　供用 16 年のタイヤ/路面騒音測定車両及び測定タイヤ

く路面が荒れており（MPD が大きい）、騒音が大きくなったと考えられる。供用 16 年の時点では、ポーラスコンクリート舗装の騒音はアスファルトコンクリート舗装と大きな違いは認められず、ほぼ同等であることが示された。

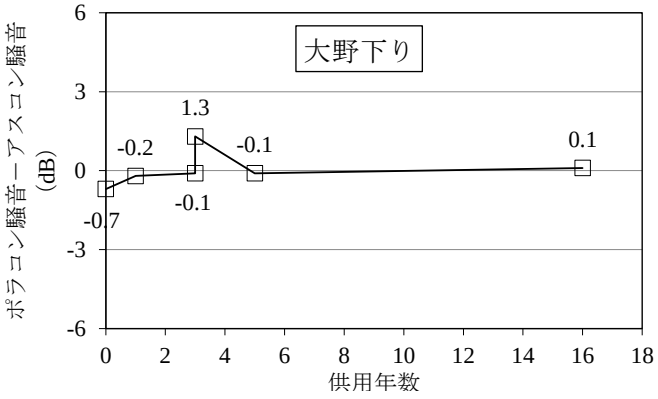


図 3-42　大野下りの騒音差の推移

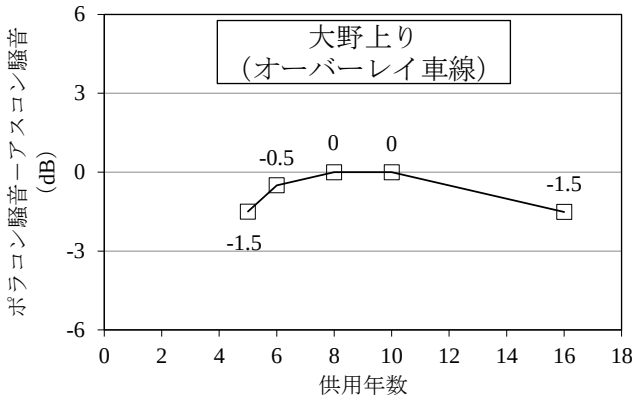


図 3-43　大野上りの騒音差の推移

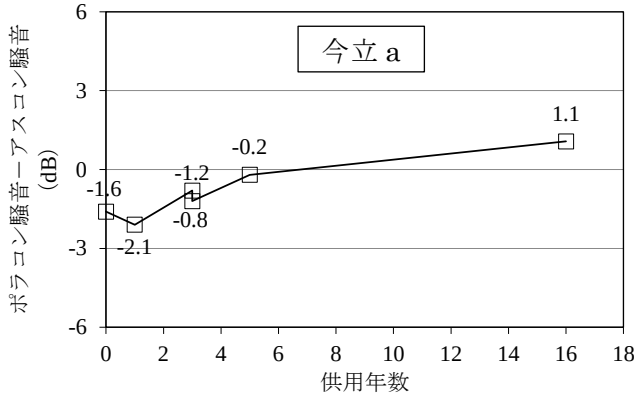


図 3-44　今立 a の騒音差の推移

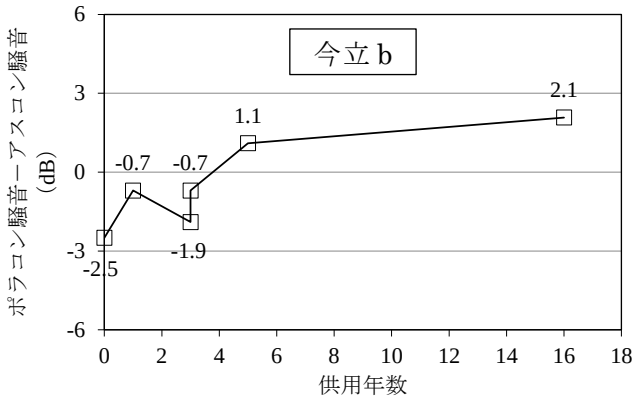


図 3-45　今立 b の騒音差の推移

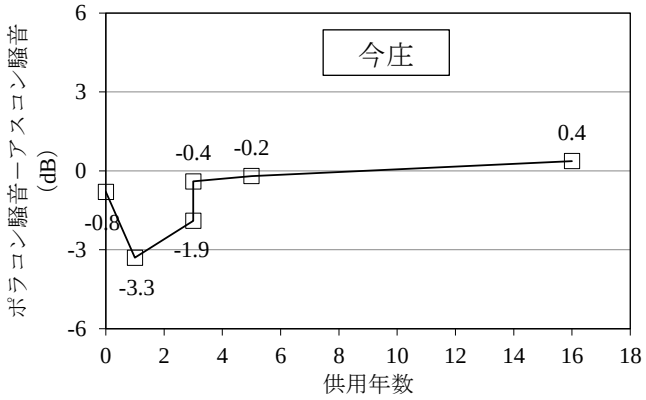


図 3-46　今庄の騒音差の推移

3.9 すべり抵抗

DFT により測定した時速 60km 時の動摩擦係数（μ60）の結果を図 3-21～3-25 に示す。道路維持修繕要綱や舗装維持修繕ガイドブック 2013[9] では、すべり抵抗の修繕の目安として、すべり抵抗測定車によって測定するすべり摩擦係数 0.25 以下（時速 60km 時）が示されている。今回は DFT（Dynamic Friction Tester）による動摩擦係数を測定しているため、文献 9 に従い、舗装性能評価法 [10] に示されているすべり摩擦係数と動摩擦係数の関係式を用いてすべり摩擦係数 0.25 に相当する動摩擦係数 0.32（時速 60km 時）を補修の目安として示す。なお、供用 16 年及び 20 年の調査において調査中の天候急変や機材の不調があったため、一部の現場で DFT の測定が出来なかった。

結果は下記のとおりであり、測定ができた全ての現場において、ポーラスコンクリート舗装は竣工から供用 20 年までの間、十分なすべり抵抗を有していた。

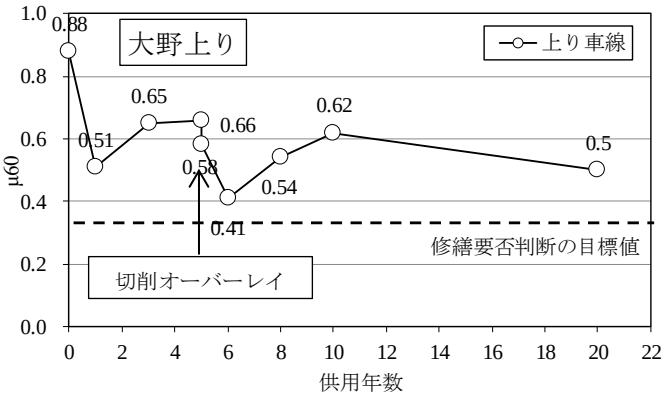


図 3-21　大野上りの動摩擦係数の推移

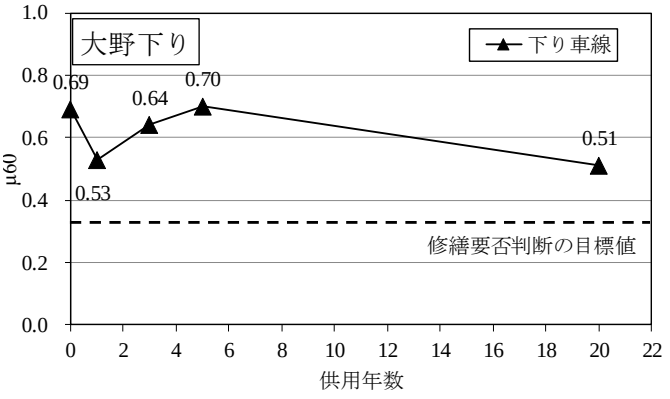


図 3-22　大野下りの動摩擦係数の推移

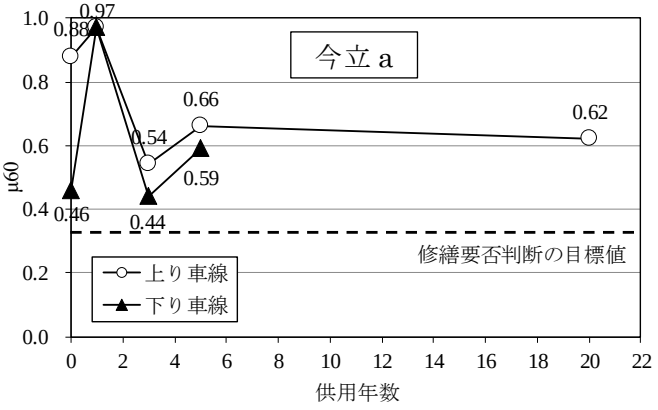


図 3-23　今立 a の動摩擦係数の推移

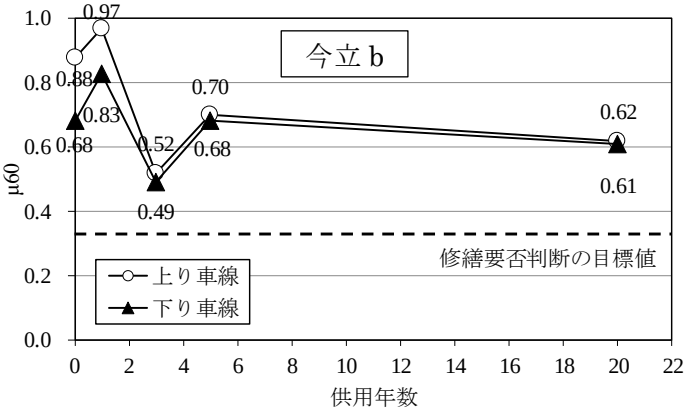


図 3-24　今立 b の動摩擦係数の推移

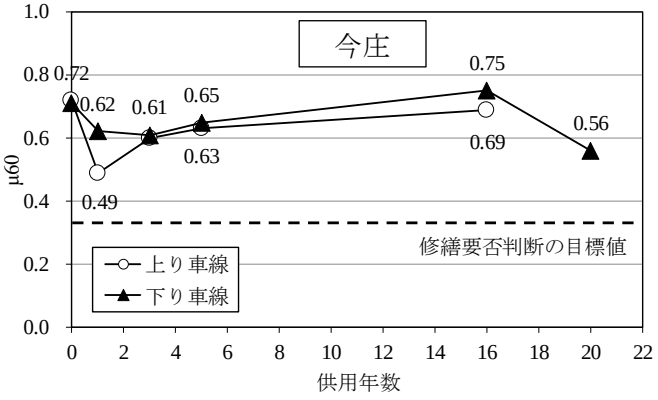


図 3-25　今庄の動摩擦係数の推移

3.10　路面粗さ

路面粗さは、CTM（Circular Texture Meter）を用いて路面の凹凸を測定し、MPD（Mean Profile Depth、平均プロフィル深さ）として整理した。MPD とは路面の凹凸の大きさを表す指標の一つである。路面粗さは供用 16 年及び 20 年調査のみ測定した。

結果を図 3-47 に示す。大野の上り車線は MPD が 0.9mm と小さく、他の現場は 1.8mm～2.9mm の間であった。これは、大野の上り車線は、粗骨材最大寸法が 5mm の c タイプのポーラスコンクリートを用いているためであると考えられる。ポーラスコンクリートは、路面に粗骨材が露出するため、粗骨材最大寸法大きいほど、路面の凹凸が大きくなる。また、ほぼすべての現場で供用 16 年から 20 年にかけて若干の増加が認められた。

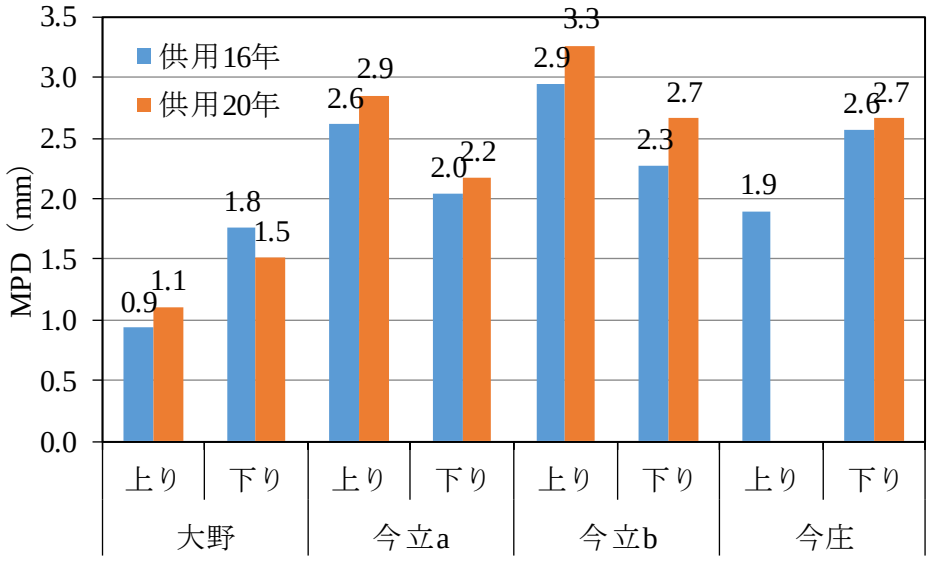


図 3-47　各現場の MPD

4. まとめ

本報は、福井県の 4 箇所の現場においてポーラスコンクリート舗装を実車道に施工し、供用に伴う耐久性や供用性の変化を把握する事を目的に実施した、供用 20 年までの調査結果をとりまとめたものである。調査結果を下記に示す。

4.1 曲げ強度

試験施工で使用したポーラスコンクリートの材齢 28 日の曲げ強度は 4.6～6.7MPa であり、一般的に舗装用コンクリートに求められる 4.5MPa を満足した。

4.2 ひび割れ

ポーラスコンクリート舗装のひび割れは、供用が進むにつれて進展し、供用 20 年では半数以上の現場で補修の目標値（30cm/m²）を上回った。また、現場によっては 80cm/m²と目標値の 2 倍以上となっており、補修について検討する必要性がある。

4.3 目地段差

目地段差は供用 20 年でもほぼ発生しておらず、良好であった。

4.4 平たん性

平たん性は供用に従い低下しつつあるが、供用 20 年でも最大 3.7mm であった。

4.5 わだち掘れ

わだち掘れは、供用に従い増加傾向が認められたが、最大でも 10mm 程度であり、補修判断の目標値である 30mm を大きく下回り健全であった。

4.6 すべり抵抗

ポーラスコンクリート舗装のすべり抵抗は 20 年の供用期間の中で、修繕が必要と判断される 0.33 を下回ったことはなく、0.97～0.41 の範囲で推移し良好であった。

4.7 浸透水量

ポーラスコンクリート舗装の浸透水量は、供用環境によるが 1 年～5 年で不透水となっているが、ウォータージェットにより機能回復することが可能である。よって、浸透水量を維持するためには、供用環境（交通量や、交通車種）に応じた計画的な管理が重要である。

4.8 FWD によるたわみ量

FWD は供用 16 年のみ実施した。結果として部分的に 49kN 換算 D0 たわみが 400μm を超えた場所や、荷重伝達率が 65%を下回っている箇所が認められたが、ごく一部であり路線全体としては構造的な破壊は発生していないと判断できた。

4.9　タイヤ/路面騒音

タイヤ/路面騒音は近接アスファルト舗装との騒音差（ポーラスコンクリート舗装の騒音－アスファルトコンクリート舗装の騒音）について評価した。供用 16 年間までの結果では、－3.3dB～＋2.1dB の間で推移しており、両者に明確な差は認められなかった。

以上の結果から、ポーラスコンクリート舗装は供用 20 年の時点では、ひび割れ度が補修の目安を超えた現場が半数以上と、舗装として補修を考える時期に達している可能性がある。ただし、平たん性やすべり抵抗は問題となる値ではなく、走行安全性は確保されていた。わだちぼれや目地段差はほとんど発生していないことから供用性も良好であった。

今後は、本試験施工で得られた知見を、さらに長寿命なポーラスコンクリートの設計、施工に活かしていきたいと考えている。

参考文献

1)（一社）セメント協会：車道用ポーラスコンクリート現場試験舗装結果（福井県）-中間報告（供用 3 年）- R-15、2003 年 11 月

2)（一社）セメント協会：車道用ポーラスコンクリート現場試験舗装結果（福井県）-供用 5 年- R-17、2005 年 11 月

3)（一社）セメント協会：車道用ポーラスコンクリートによる薄層付着型オーバーレイ試験舗装結果-福井県道 皿谷大野線･供用 5 年- R-26、2009 年 12 月

4)（公社）日本道路協会：舗装調査・試験法便覧、2019 年 3 月

5)（公社）日本道路協会：道路維持修繕要綱、1978 年 7 月

6)（公社）日本道路協会：コンクリート舗装ガイドブック 2016、2016 年 3 月

7)（公社）土木学会：2014 年制定舗装標準示方書、2015 年 10 月

8)（公社）土木学会：舗装工学委員会コンクリート舗装小委員会報告書、2011 年 11 月

9)（公社）日本道路協会：舗装の維持修繕ガイドブック 2013、2013 年 11 月

10)（公社）日本道路協会：舗装性能評価法、2013 年 4 月

舗装技術専門委員会報告　**R-34**

ISBN978-4　88175　169-5　C3358

2022 年 3 月 31 日発行

一般社団法人セメント協会
東京都中央区日本橋本町 1 丁目 9 番 4 号
日本橋本町一丁目 KM ビル 7 階
電話　03（5200）5051（代）

発行所　一般社団法人セメント協会　研究所
東京都北区豊島 4 丁目 17 番 33 号
電話　03（3914）2691（代）

本書の無断複製および転載を禁じております。

本書に関するお問い合わせは下記宛てにお願い致します。

セメント協会ホームページ　https://www.jcassoc.or.jp/

一般社団法人セメント協会