

# 東名高速道路における現場データに基づいた 合理的な維持管理方法の提案

2020 年 3 月

川村 和将



## 概要

東名高速道路は1969年5月に東京～小牧間が全通し、2019年には供用後50年を経過した。日本の経済発展に寄与してきた東名高速道路であるが、交通量の増大や過積載車両の影響により、道路構造物の老朽化が進んでいる。車両の安全で快適な高速走行に必要な不可欠な舗装においても、長期にわたる交通荷重による疲労破壊や、雨水による路盤の損傷が多数確認されている。老朽化が進む舗装ストックに対し、限られた予算の下で舗装の機能を保全するためには、点検・診断・措置・記録のメンテナンスサイクルを確立し、ライフサイクルコストを縮減することが必要不可欠である。

NEXCOでは、舗装のメンテナンスサイクルを稼働するために、舗装マネジメントシステム(PMS)を構築している。このPMSでは、路面性状測定車による点検を実施し、得られたデータを基に修繕の要否、修繕区間の設定など修繕計画を策定している。PMSのデータベースは路面性状値、補修履歴、FWD たわみ量など多くのデータベースで構成されているが、これらのデータベースの関係が複雑でこのままでは分析に用いることが難しいため、路面性状値などのデータ以外は修繕計画の策定にほとんど用いられていない。NEXCOでは、路面性状測定車を用いた2年に1回の点検の他に、週に4～7回点検員による日常点検(目視点検)を実施し、舗装の損傷等を記録しているが、これらの貴重なデータ(現場の声)もまた修繕計画に十分活かされていない。

そこで、本研究では、東名高速道路における路面性状調査やFWD調査などの定期点検結果と点検員による日常点検結果、すなわち現場データに基づいた維持管理方法を確立することを目的とした。まず、東名高速道路(東京I.C.～豊川I.C.)のPMSデータベースから、路面性状値、補修履歴、FWD たわみ量、日常点検結果を抽出した新たなデータベースを構築し、それを基に5か所の保全・サービスセンター(HSC)における舗装の長期供用性を明らかにした。

次に、日常点検結果が舗装の修繕計画に活かされていない理由の一つとしては、点検員によって報告される損傷の種類・程度・位置などが点検員によって異なり信頼性が低いためと考えられることから、本研究では、新たな日常点検マニュアルを作成し、その効果を確認するとともに、日常点検結果を取り入れた修繕計画について論じた。また、近年、高機能舗装で問題となっている骨材飛散については点検員の目視により損傷レベルを判断していることから、本研究では、新たな定量的な評価方法を開発するとともに、点検員による評価(現場の声)に基づいた修繕基準の設定を試みた。

本研究の具体的な内容は以下の通りである。

### 1. 東名高速道路における舗装の長期供用性の評価

現在の舗装データベースは膨大なデータを蓄積する複雑なデータベース群から構成されていることから、路面性状値、補修履歴、FWD たわみ量、日常点検結果などのデータを容易に抽出することができるデータベースを新たに構築した。これを基に、舗装の修繕間隔が短期(6年以下)、中期(7年～15年)、長期(16年以上)の3つのグループに分け、FWD たわみ量、路面性状値、要修繕割合について分析し、5か所の保全・サービスセンター(HSC)における舗装の長期供用性を明らかにした。

### 2. 日常点検を取り入れた舗装の維持修繕

日常点検で損傷が確認された箇所において補修を施しても損傷が再発する場合がある。損傷の再発が多い区間(損傷再発区間)では切削オーバーレイや打ち換えなどの修繕を行う必要があるが、現場担当者は修繕

区間を路面性状値のみから判断するため、損傷再発区間が修繕箇所を選定されない場合が多い。これは、点検員によって報告される損傷の種類・程度・位置などが点検員によって異なり、一貫性が乏しいことが理由と考えられる。そこで、データベースに蓄積された日常点検データの分析、および路面写真を用いた複数の点検員による模擬点検によって現在の点検方法の問題点を明らかにした。それを基に新たな点検マニュアルを作成し、その効果を示すとともに、日常点検結果を考慮に入れた舗装の修繕計画について論じた。また、高機能舗装の骨材飛散については、通常の路面性状測定によって得られる横断プロファイルデータから骨材飛散面積を算出する方法を考案し、得られた値と点検者による損傷レベル判定から修繕基準を求めた。



## 目次

概要	II
図のリスト	VI～IX
表のリスト	X～XI
第1章	1
序論	1
1.1 研究の背景	1
1.1.1 舗装マネジメントシステムに関する研究経緯および課題	4
1.1.2 路面の点検方法に関する課題	7
1.2 研究の目的	9
1.3 本論文の構成	11
第2章	15
高速道路における路面点検の概要	15
2.1 NEXCO 以外の機械による路面性状測定方法	15
2.2 NEXCO おける路面性状測定方法	17
2.2.1 わだち掘れ測定	17
2.2.2 ひび割れ測定	19
2.2.3 IRI 測定	22
2.2.4 測定結果処理及び編集（わだち掘れ）	24
2.3 FWD 調査	24
2.3.1 FWD の概要	24
2.3.2 FWD 測定方法	24
2.3.3 走行型路面のたわみ測定装置	25
2.4 日常点検（目視調査）	26
2.5 測定結果の集計	30
第3章	32
舗装の長期供用性の評価	32
3.1 諸言	32
3.2 データベースの構成およびデータ概要	33
3.3 長期供用性に関する考察	38
3.3.1 研究データの概要	38
3.3.2 再修繕までの修繕間隔	45
3.3.3 修繕間隔の違いによる FWD データの分析	52
3.3.4 路面性状値（ひび割れ）の分析	57

3.3.5 路面性状値（わだち掘れ）の分析	63
3.3.6 路面性状値（IRI）の分析	69
3.3.7 修繕必要割合の分析	75
3.4 結言	85
第4章	87
日常点検を取り入れた維持修繕の考案	87
4.1 諸言	87
4.2 目視調査の課題	90
4.2.1 変状の分類方法	90
4.2.2 フリーワードについて	92
4.2.3 点検員による違いについて	92
4.3 日常点検の改善策について	100
4.3.1 複合変状の報告方法	100
4.3.2 概要のフリーワードの統一	101
4.3.3 マニュアル修正の確認	103
4.4 修繕計画への活用	106
4.5 高機能舗装の新たな骨材飛散評価方法の開発	109
4.6 検討箇所の路面状況	110
4.7 評価指標の検討	113
4.8 修繕基準値の検討	117
4.9 路面状態の見える化	120
4.10 結言	122
第5章	124
結論	124
謝辞	126

## 図のリスト

図番号	タイトル	ページ
1.1	東名高速道路位置	2
1.2	東名建設による経済波及効果	3
1.3	年度別修繕延長	4
1.4	舗装マネジメントのフロー	5
1.5	札幌市のマネジメントフロー	5
1.6	レイヤ構造のデータベース	6
1.7	路面性状平面図	6
1.8	本論文の構成	11
2.1	路面性状測定装置分類	16
2.2	わだち掘れ測定原理	18
2.3	ひび割れ測定原理	19
2.4	ひび割れ解析画面（例）	20
2.5	ひび割れ率解析凡例図	20
2.6	縦断プロファイルの測定原理	22
2.7	わだち掘れ量の定義	23
2.8	FWD の概略図と載荷状況	24
2.9	目視調査結果の例	26
2.10	目視点検報告書例	28
2.11	路面性状一覧図	30
3.1	データベースの構成	34
3.2	データマッチング例	36
3.3	日常点検報告書例	37
3.4	東名高速道路断面日交通量	39
3.5	修繕間隔ごとの区間数（全線）上り	45
3.6	修繕間隔ごとの区間数（横浜）上り	46
3.7	修繕間隔ごとの区間数（御殿場）上り	46
3.8	修繕間隔ごとの区間数（富士）上り	46
3.9	修繕間隔ごとの区間数（静岡）上り	47
3.10	修繕間隔ごとの区間数（浜松）上り	48
3.11	修繕間隔ごとの区間数（全線）下り	48
3.12	修繕間隔ごとの区間数（横浜）下り	48
3.13	修繕間隔ごとの区間数（御殿場）下り	49

図番号	タイトル	ページ
3.14	修繕間隔ごとの区間数（富士）下り	49
3.15	修繕間隔ごとの区間数（静岡）下り	49
3.16	修繕間隔ごとの区間数（浜松）下り	50
3.17	各 HSC の修繕間隔の割合（上り線）	51
3.18	D0 たわみ量 短期グループ	52
3.19	D0 たわみ量 中期グループ	53
3.20	D0 たわみ量 長期グループ	53
3.21	グラフの凡例	53
3.22	D0（横浜上り）	54
3.23	D0（御殿場上り）	55
3.24	D0（富士上り）	55
3.25	D0（静岡上り）	56
3.26	D0（浜松上り）	56
3.27	短期グループひび割れ率（横浜上り）	58
3.28	中期グループひび割れ率（横浜上り）	58
3.29	長期グループひび割れ率（横浜上り）	58
3.30	短期グループひび割れ率（御殿場上り）	59
3.31	中期グループひび割れ率（御殿場上り）	59
3.32	長期グループひび割れ率（御殿場上り）	59
3.33	短期グループひび割れ率（富士上り）	60
3.34	中期グループひび割れ率（富士上り）	60
3.35	長期グループひび割れ率（富士上り）	60
3.36	短期グループひび割れ率（静岡上り）	61
3.37	中期グループひび割れ率（静岡上り）	61
3.38	長期グループひび割れ率（静岡上り）	61
3.39	短期グループひび割れ率（浜松上り）	62
3.40	中期グループひび割れ率（浜松上り）	62
3.41	長期グループひび割れ率（浜松上り）	62
3.42	短期グループわだち掘れ（横浜上り）	64
3.43	中期グループわだち掘れ（横浜上り）	64
3.44	長期グループわだち掘れ（横浜上り）	64
3.45	短期グループわだち掘れ（御殿場上り）	65

図番号	タイトル	ページ
3.46	中期グループわだち掘れ（御殿場上り）	65
3.47	長期グループわだち掘れ（御殿場上り）	65
3.48	短期グループわだち掘れ（富士上り）	66
3.49	中期グループわだち掘れ（富士上り）	66
3.50	長期グループわだち掘れ（富士上り）	66
3.51	短期グループわだち掘れ（静岡上り）	67
3.52	中期グループわだち掘れ（静岡上り）	67
3.53	長期グループわだち掘れ（静岡上り）	67
3.54	短期グループわだち掘れ（浜松上り）	68
3.55	中期グループわだち掘れ（浜松上り）	68
3.56	長期グループわだち掘れ（浜松上り）	68
3.57	短期グループ IRI（横浜上り）	70
3.58	中期グループ IRI（横浜上り）	70
3.59	長期グループ IRI（横浜上り）	70
3.60	短期グループ IRI（御殿場上り）	71
3.61	中期グループ IRI（御殿場上り）	71
3.62	長期グループ IRI（御殿場上り）	71
3.63	短期グループ IRI（富士上り）	72
3.64	中期グループ IRI（富士上り）	72
3.65	長期グループ IRI（富士上り）	72
3.66	短期グループ IRI（静岡上り）	73
3.67	中期グループ IRI（静岡上り）	73
3.68	長期グループ IRI（静岡上り）	73
3.69	短期グループ IRI（浜松上り）	74
3.70	中期グループ IRI（浜松上り）	74
3.71	長期グループ IRI（浜松上り）	74
3.72	要修繕箇所抽出イメージ	75
3.73	要修繕割合（ひび割れ率，横浜）	78
3.74	要修繕割合（ひび割れ率，御殿場）	78
3.75	要修繕割合（ひび割れ率，富士）	78
3.76	要修繕割合（ひび割れ率，静岡）	79
3.77	要修繕割合（ひび割れ率，浜松）	79

図番号	タイトル	ページ
3.78	要修繕割合（わだち掘れ，横浜）	80
3.79	要修繕割合（わだち掘れ，御殿場）	80
3.80	要修繕割合（わだち掘れ，富士）	81
3.81	要修繕割合（わだち掘れ，静岡）	81
3.82	要修繕割合（わだち掘れ，浜松）	81
3.83	要修繕割合（IRI，横浜）	82
3.84	要修繕割合（IRI，御殿場）	82
3.85	要修繕割合（IRI，富士）	83
3.86	要修繕割合（IRI，静岡）	83
3.87	要修繕割合（IRI，浜松）	83
4.1	点検報告書例	89
4.2	報告された変状件数の割合（2017 年度）	90
4.3	「局部変形・くぼみ」における変状ワード数	91
4.4	「ポンピング」における変状ワード数	91
4.5	「ひび割れ」における変状ワード数	91
4.6	「ひび割れ」の状態を示すフリーワード数	93
4.7	「ポットホール」の状態を示すフリーワード数	93
4.8	ポットホールの報告事例	102
4.9	路面性状管理図にポットホールを追加した例	106
4.10	施工年度別舗装延長比	110
4.11	わだち掘れ量	111
4.12	ひび割れ率	111
4.13	IRI	112
4.14	骨材飛散断面積算出イメージ	114
4.15	縦断方向の算出イメージ	114
4.16	平均飛散断面積と区間最大わだち掘れ量の関係	116
4.17	劣化進行度別平均飛散断面積	119
4.18	劣化進行度Ⅲの骨材飛散深さ状態	120
4.19	劣化進行度Ⅳの骨材飛散深さ状態	121
4.20	劣化進行度Ⅴの骨材飛散深さ状態	121

## 表のリスト

表番号	タイトル	ページ
2.1	路面性車の性能	17
2.2	わだち掘れの評価単位	23
2.3	FWD 測定の実施方法	25
2.4	変状の種類	29
3.1	蓄積データ	35
3.2	路面性状データ蓄積例	36
3.3	日常点検データベース例	37
3.4	分析箇所概要	38
3.5	横浜 HSC における舗装構成	40
3.6	御殿場 HSC における舗装構成①	41
3.7	御殿場 HSC における舗装構成②	42
3.8	富士 HSC における舗装構成	42
3.9	静岡 HSC における舗装構成	43
3.10	浜松 HSC における舗装構成	44
3.11	補修目標値および修繕判断値	75
3.12	維持修繕要否判断目標値	76
3.13	100m または 200m 評価による要修繕割合	76
4.1	報告例（模擬点検 a）	95
4.2	模擬点検結果（模擬点検 a）	95
4.3	報告例（模擬点検 b）	96
4.4	模擬点検結果（模擬点検 b）	96
4.5	報告例（模擬点検 c）	97
4.6	模擬点検結果（模擬点検 c）	97
4.7	報告例（模擬点検 d）	98
4.8	模擬点検結果（模擬点検 d）	98
4.9	複合変状報告の優先度	101
4.10	確認結果（動画調査 a）	103
4.11	確認結果（動画調査 b）	104
4.12	確認結果（動画調査 c）	104
4.13	確認結果（動画調査 d）	105
4.13	路面性状値と日常点検結果	108
4.15	わだち掘れ量	113

表番号	タイトル	ページ
4.16	わだち掘れ量と平均飛散断面積	116
4.17	点検員による路面の劣化進行度	117
4.18	点検員評価と平均飛散断面積	119
4.19	飛散断面積の色区分	121



## 第 1 章

### 序論

#### 1.1 研究の背景

我が国の道路延長は、2018 年度には 121 万 km に達している <sup>1)</sup>。そのうち舗装された道路が本格的に整備され始めたのは第二次世界大戦後である。道路は我が国の物流を支え、経済発展に大きく寄与してきた。しかし、高度成長期以降に集中的に整備された道路は今後一斉に老朽化し、2030 年頃には、建設から 50 年以上経過する道路橋（橋長 2m 以上）の割合が 65%になる <sup>2)</sup>。今後、道路の老朽化対策に維持修繕予算を増大させなければならないところであるが、平成 16 年度から平成 25 年度にかけて予算は 2 割減少している。限りある維持修繕費用を効率良く活用し、高齢化する道路ストックのメンテナンス体制を構築するために、国土交通省は平成 25 年（2013 年）を「社会資本メンテナンス元年」と位置づけ、道路の点検・診断・措置・記録で構成されるメンテナンスサイクルの構築の推進を提言した <sup>3)</sup>。この提言を踏まえ、舗装の分野においても点検に関する基本的な事項を示した「舗装点検要領」が平成 28 年(2016 年)10 月に策定された。その要領には、路盤の保護の重要性、道路の特性等に応じた効率的な管理、表層を使用し続ける目標年数(使用目標年数)などが記述されている <sup>4)</sup>。この「舗装点検要領」は舗装の維持管理に関する初めての技術基準である。そのため、現場で適切かつ効率的にメンテナンスサイクルを実施するための参考書として「舗装点検要領に基づく舗装マネジメント指針」が発刊された <sup>5)</sup>。これらの基準や指針に基づき地方公共団体においてもメンテナンスサイクルの構築に向けた取り組みが進んでいる <sup>6)</sup>。

我が国の経済発展に寄与してきた道路の中でも、高速道路が担ってきた役割は大きい。昭和 31 年(1956 年)4 月に日本道路公団が設立され、その年の 5 月に建設省の要請によりワトキンス調査団が来日した。写真-1.1 は第二次世界大戦後の道路状況を示した有名な写真であり、「日本の道路は信じがたいほど悪い。工業国にして、



写真-1.1 戦後の道路状況



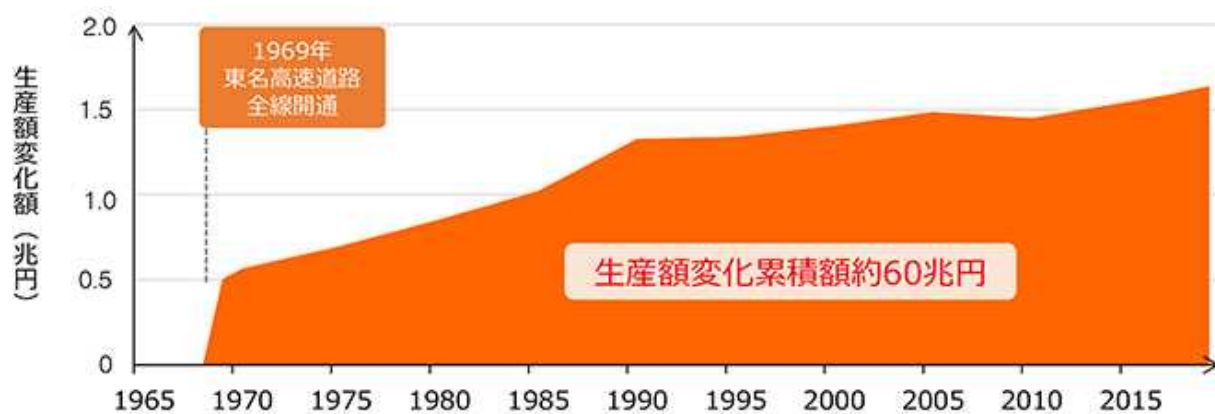


図-1.2 東名建設による経済波及効果

このように日本の経済発展に寄与してきた東名高速道路であるが、交通量の増大や過積載車両の影響により、昭和40年代後半には、橋梁の床板縦桁補強、鋼板接着補強などが実施されている<sup>13)</sup>。また、開通から19年経過した昭和63年(1988年)には集中工事が始まった。構造物の老朽化対策、交通安全対策、沿道環境対策など多くの対策を実施するために、比較的天候が安定する秋季に集中的に工事を実施することにより年間の工事渋滞件数を削減するものである<sup>14)</sup>。集中工事を利用し、道路構造物の維持修繕を実施してきているが、開通から50年が経過し、橋梁においては交通荷重による疲労や凍結防止剤による塩害が進行している。橋梁以外のトンネルや土構造物においても長期にわたって的確な維持管理、更新を行うために、NEXCO中日本は「NEXCO中日本 インフラ長寿命化計画(行動計画)」を策定し、橋梁床板の取替などを推進している<sup>15)16)</sup>。

高速道路舗装においても、長期間にわたる交通荷重による疲労破壊や、雨水による基層や路盤の損傷が発生している。雨水による損傷は、1998年に標準となった排水性舗装(以下「高機能舗装」)の施工により、基層や路盤へ雨水の浸透が促進され、アスファルトと骨材のはく離が進んだことが一因でもあると考えられる<sup>17)18)</sup>。写真-1.2は路盤以上の層が損傷し、土砂が噴出している状況である。



写真-1.2 路盤の損傷状況

図-1.3 は東名高速道路の舗装修繕延長を示したものである。縦軸に修繕延長，横軸は修繕した年度である。平成 15 年度以降は，1 年間に約 50km・車線修繕しているが，日本道路公団民営化の影響などにより以前の半分以上に落ち込んでいる。東名は約 1,300km・車線あるため，図-1.3 のようなペースで修繕を進めていると，修繕サイクルは 26 年になる<sup>19)</sup>。

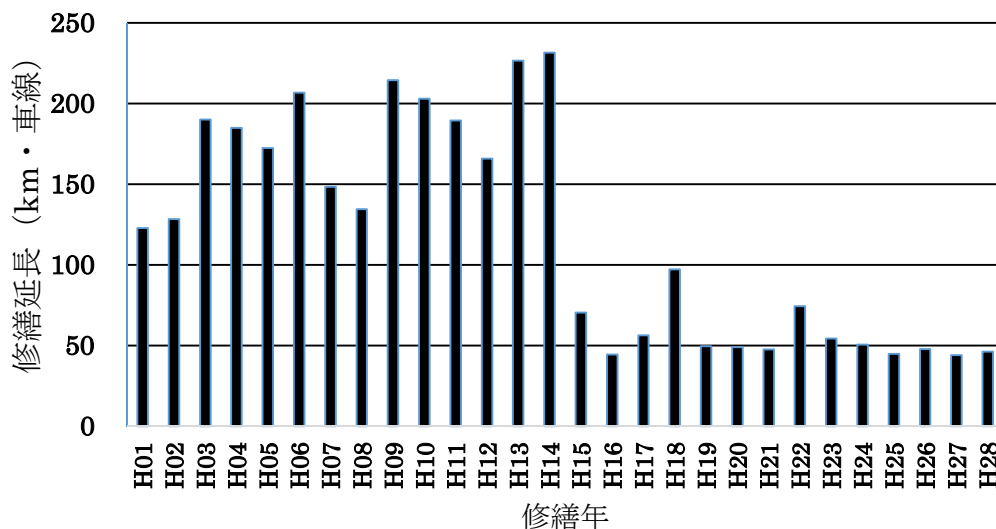


図-1.3 年度別修繕延長

今後，舗装の修繕費用が飛躍的に増大することは困難であることから，修繕サイクルの延長によって舗装の劣化が進行することが予想される。

#### 1.1.1 舗装マネジメントシステムに関する研究経緯および課題

このように老朽化が進む舗装ストックに対し，安全性や快適性を確保するために適切な修繕を実施する必要がある。一方，将来的には少子高齢化の影響により経済力が低下し，維持修繕費用の低減が予想される。舗装の機能を永続的に確保するためには，橋梁，土構造物，トンネルと同様に点検・診断・措置・記録の維持修繕サイクル（メンテナンスサイクル）を確立し，ライフサイクルコストの縮減が必要である。そのためにも，舗装版のメンテナンスサイクルを回すシステムである舗装マネジメントシステム（PMS）が必要である<sup>20)</sup>。

PMS の開発は 1970 年前後からカナダやアメリカ合衆国において始まった。その経緯や PMS の構成については笠原<sup>21)</sup>が論じているが，舗装の損傷調査・計画・設計・建設・維持修繕・評価など各種サブシステムから構成され，それらのデータを蓄積するデータベースが核になっている。日本においても舗装ストックが増加していき，PMS の必要性が高くなることが予想された。昭和 50 年(1975 年)代から検討は始まり，様々な書籍によりアメリカ合衆国から概念は導入されたが，データベースの構築が始まった段階であり本格的な実施には程遠い状態であった<sup>21)22)</sup>。

その後，国，地方自治体，旧日本道路公団などにおいて PMS の研究は続き，日本





NEXCO における PMS 開発の取組は、昭和 55 年頃から始まった。NEXCO の PMS も国や地方自治体の PMS 同様に路面性状データや舗装工事データをデータベースに蓄積し、舗装の供用性評価を行い修繕計画の資料とするものである<sup>27)</sup>。

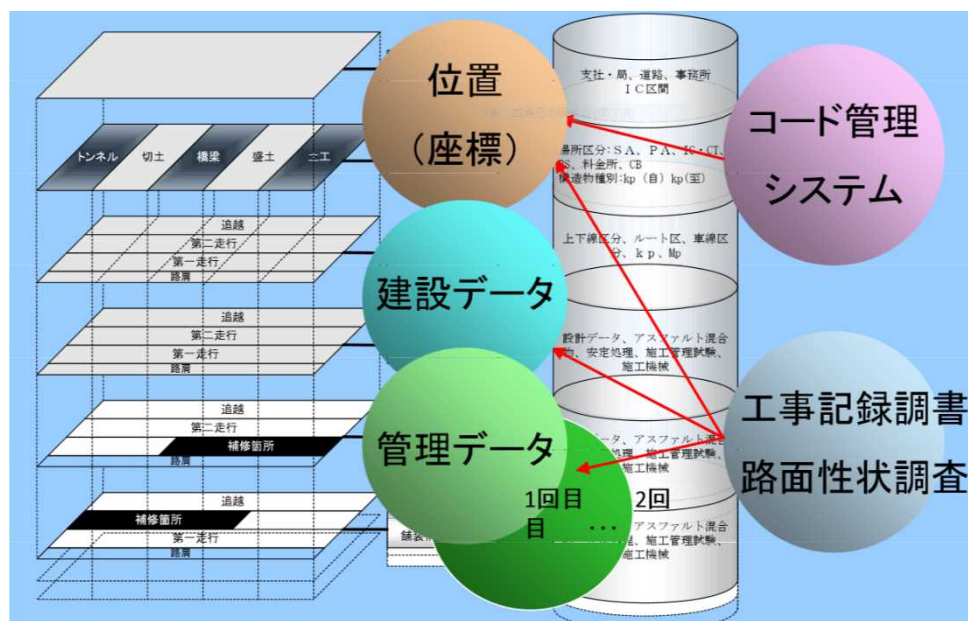


図-1.6 レイヤ構造のデータベース

データベースは図-1.6 のように位置座標と各種データをリンクさせるものである。補修履歴や舗装材料など必要な情報は座標とレイヤを重ね合わせて帳票を作成する。

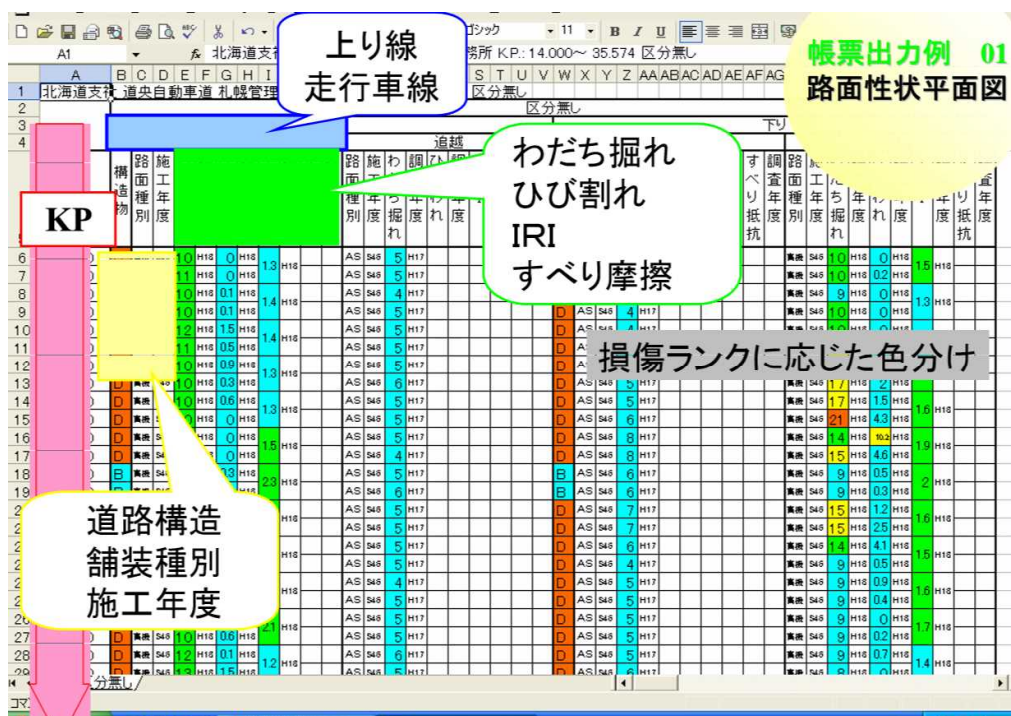


図-1.7 路面性状平面図

図-1.7 は路面性状値を表にしたものである。各行に k p (キロポスト)，施工年度，路面性状値が記載されている。

NEXCO は上記のデータベースを活用し，点検・診断（供用性評価）・劣化予測・維持修繕計画の策定を実施している。しかし，工事材料データや舗装構造データの未整備など問題点が明らかになっている。舗装構造データが現地と異なっているものもあった。これらのデータが整備されていないと，舗装の損傷に対して適切な修繕計画を立案することはできない。

更に，このデータベースは，決められた表を出力するには簡単なシステムである。しかし，データベースが複雑でありかつ，現場の技術者が舗装に関する工学的な分析するためには，図-1.7 に示される表から必要な項目を抜き出し，新たな表を作成する煩雑な作業が必要であったため，路面性状値などのデータ以外は修繕計画の策定にほとんど用いられていない。NEXCO では，路面性状測定車を用いた 2 年に 1 回の点検の他に，週に 4～7 回点検員による日常点検（目視点検）を実施し，舗装の損傷等を記録しているが，これらの貴重なデータ（現場の声）もまた修繕計画に十分活かされていない。東名高速道路における路面性状データは平成 14 年度以降蓄積されている。舗装の構造的な供用性の評価に用いられる路面のたわみ量データは平成 16 年度以降，点検員の目視による日常点検データは平成 13 年度以降，舗装修繕工事を実施した際の舗装修繕データは平成 9 年度以降蓄積されている。最新は平成 28 年度である。このように十数年分の貴重なデータが蓄積されているが，補修基準値以上の路面を選定することだけに使用されており，舗装の修繕間隔と路面のたわみ量，修繕間隔と路面性状，路面のたわみ量と路面性状，路面のたわみ量と要補修割合の関係など舗装の長期的な劣化予測の資料となる分析は行っていない。

劣化予測については，高速道路総合技術研究所が全国の高速道路で測定されたデータを使用し，統計的劣化推計モデルを基に行っている<sup>28)</sup>。しかし，これは舗装マネジメントにおけるネットワークレベルの事業費を予測することには最適であるが，東名高速道路におけるプロジェクトレベルの供用性評価や劣化予測には，十数年にわたって蓄積された現場のデータを用いることがより適当であると考えられる。

### 1.1.2 路面の点検方法に関する課題

路面の点検は舗装のメンテナンスサイクルの中で，舗装の損傷を適切に把握し合理的な維持管理を実施するうえで非常に重要な作業である。路面の点検には路面性状測定車を用いた機械的な点検と点検員による日常点検がある。日常点検において，路面にひび割れと局部流動が同時に発生しているような複合的な損傷があった場合，点検員によって報告される損傷名称が異なることがある。また，損傷の状態や位置などの説明文についても点検員によって異なるなど一貫性が乏しい問題点が明らかになった。点検員によって報告が異なることは，日常点検の信頼性が低下している

と言える．日常点検はマニュアルに従って実施されているが，複合損傷の報告方法については定められていないことや，損傷の状態や位置などを説明するワードについて基準化されていないことが原因である．

舗装の修繕計画は，路面性状データだけではなく，日常点検結果も考慮して立案されるべきものである．日常点検で損傷が確認された箇所において維持を施しても，ポットホールなどの損傷が何度も再発する場合がある．その場合は路盤からの打換工などを実施する必要がある．しかし，現場担当者は路面性状データの結果のみから修繕計画を策定し，そのような場所が対象とならない場合が多く，現場の声が修繕計画に生かされていない．それは，路面性状データと日常点検データが連携されず，各々出力されるシステムになっているため，そのデータの活用は現場担当者に依存しているからである．

日常点検は，路面性状測定車によるわだち掘れ，ひび割れ，平坦性測定結果では評価できないポットホールや局部的な側方流動などの調査に適している．東名高速道路の静岡県区間では，近年，高機能舗装における局部的な骨材飛散が多発している．写真-1.3に骨材飛散状況を示す．



写真-1.3 骨材飛散状況

その区間における骨材飛散は，冬季のタイヤチェーンによる縦断方向に連続的な骨材飛散ではなく，バインダーの劣化により骨材が抜けることにより，ポットホールにつながる局部的なくぼみに進行している場合が多い．従来，路面のくぼみは，100m評価区間において20m間隔で測定したわだち掘れ量の平均値で評価してきた．しかし，この方法では局部的なくぼみは評価区間内で平均化され適当ではない<sup>30)</sup>．

現在は点検員による目視調査により損傷レベルを判断しているが，長期的な修繕計画を策定するためには，骨材飛散量や進行速度の把握，修繕基準値の設定などが必要である．しかし，点検員による目視調査では，飛散量を正確に把握することは



難しい．さらに修繕についても，走行車両が安全か危険かという点検員の感覚によって行っている．点検員による主観的な判断ではなく定量的な新たな評価方法の開発，修繕基準を策定する必要がある．

## 1.2 研究の目的

本研究は東名高速道路のデータが蓄積されている PMS のデータベースの改善，舗装の長期的な供用性の評価，舗装の適切な現状把握の方法を開発するものである．研究手法は二つに大別される．

一つは，東名高速道路の長期供用性を評価することである．

供用性とは経時的な舗装の性能の低下程度のことである．この供用性の把握は長期的な維持修繕計画の策定に不可欠である．舗装の長期供用性の評価には，データベースに蓄積されたデータ分析が欠かせないが，現在のデータベースでは現場担当者がデータベースから必要なデータを抽出する必要がある．煩雑な作業が必要であるため，作業が容易になるデータベースを新たに構築した．

そのデータベースを活用し，東名高速道路の東京支社管内を管理している 5 か所の保全・サービスセンター（HSC）ごとに長期供用性の評価を実施した．なお，2019 年 3 月からは 6 か所の HSC が管理しているが，分析したデータはそれ以前であるため，5 か所の HSC で分析した．HSC ごとに分析したのは，舗装の修繕予算は各 HSC に配布し，各 HSC が工事を実施しているからである．なお，各 HSC の交通量や舗装構造のデータも考慮し，その違いによる供用性の傾向についても分析した．分析方法は，東名高速道路全体の舗装の修繕間隔を短期（6 年以下），中期（7 年～15 年），長期（16 年以上）に分け，それぞれの舗装の FWD（Falling Weight Deflectometer）による路面たわみ量を分析した．その後，各 HSC における各修繕間隔グループと路面性状値との関係や NEXCO の補修目標値を超えている舗装路面の割合などを整理した．これにより，舗装のたわみ量と修繕間隔，路面性状の関係を示した．交通量，路盤種類，舗装構成によって供用性が異なることも分かり，他の道路における供用性予測の参考になると考えられる．

評価期間については，高速道路に現存するアスファルト混合物を材料とした表層の供用期間とした．長いものは 20 年程度の長期間供用している．

二つ目は，日常点検（現場の声）を取り入れた舗装の維持修繕の考案である．

点検員の現場の声を修繕計画に取り入れるためには，日常点検の信頼性を向上させ，現場担当者が路面性状と日常点検結果両方を容易に考慮することができる帳票の作成が必要である．

最初に，日常点検の信頼性を向上させるため，データベースに蓄積された日常点検データから現状の問題点を整理した．さらに，路面写真を活用した点検員による

模擬点検を行い点検員による違いを把握した。それらの結果からマニュアルの改善策を提案した。また、改善策の効果も模擬点検を実施し検証した。

現場の声を舗装の修繕計画に反映させるために、現場担当者が担当区間の 10m 毎の路面性状値と日常点検結果を同時に確認可能な帳票を作成した。さらに、日常点検結果の判定レベル毎の件数を確認できるようにした。

静岡県区間における表層の局所的な骨材飛散は、路面性状測定では評価できないことから、現在は点検員による日常点検により損傷レベルを判断している。長期的な修繕計画を策定するために、点検員による主観的な判断ではなく新たな定量的な評価方法を開発した。

骨材飛散の評価のために改めて路面性状を測定せず、通常路面性状測定における成果物である横断プロファイルデータを使用することにした。これにより、測定手間を省くことができる。新たな評価方法は、縦断方向 0.5m ピッチ、横断方向 0.1m ピッチに測定した横断プロファイルの端部と端部を結ぶ基準線から下側の面積を合計し、それらの測定箇所数で割るものである。これにより、飛散した個所のみの平均的な飛散面積を算出できる。その飛散面積値と点検者による損傷レベル判定から修繕基準を求めた。

また、測定箇所の飛散面積を平面図に色分けすることで、平面的な凹凸がイメージでき、机上で維持修繕計画の策定が可能となった。

### 1.3 本論文の構成

本論文の構成を図-1.8に示す。第1章は研究の背景、目的を述べる。

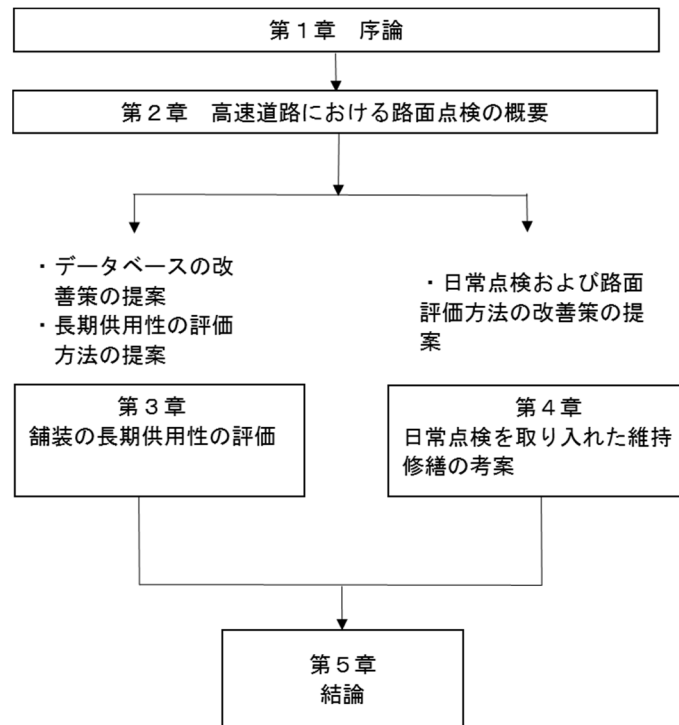


図-1.8 本論文の構成

第2章では、NEXCOだけではなく、国や地方自治体が行っている路面性状の測定方法や、開発段階ではあるが新しい点検方法の概要を述べた。点検方法には、路面性状測定車を用いた路面の損傷状態を調査する方法、FWD（Falling Weight Deflectometer）を用いた路面のたわみ量から構造的な供用性を評価する方法、点検員による目視調査の3種類ある。

第3章では東京支社のデータベース構成の改善案を提案し、現場データから東名高速道路の長期的な供用性を評価した。舗装の修繕から再修繕までの期間を修繕間隔と呼び、それを短期グループ（6年以下）、中期グループ（7年～15年）、長期グループ（16年以上）に分けた。そして、東名高速道路の舗装をそれぞれのグループに分類し、そのたわみ量を分析した。その結果、中、長期的に健全な舗装のたわみ量はおおよそ0.2mm以下であると考えられた。また、路面性状データを東名高速道路を管理するHSCごと、修繕間隔グループごとに整理し、修繕が必要な舗装区間の割合を示した。

第4章は、日常点検（現場の声）を取り入れた修繕計画の策定方法について述べた。

点検員による舗装の日常点検の課題を抽出し、改善策を提案した。特に複数の変状が発生している場合、日常点検の報告内容が、点検員によって内容が異なってい

る状況であった。そこで、点検員によるばらつきを少なくするために、報告書の記入マニュアルの改善策を提案した。さらに、動画を用いた模擬点検を行い改善策の検証を行った。一方、舗装の切削オーバーレイ工事などの修繕計画に日常点検の報告結果を反映させるシステムがないため、日常点検結果が有効に使用されていなかった。日常点検結果の有効活用のために、それが考慮可能な帳票案を考案した。

また、アスファルトの劣化による骨材飛散を評価する新たな方法を提案した。静岡県区間における表層の局所的な骨材飛散は、路面性状測定では評価できないことから、現在は点検員による目視調査により損傷レベルを判断している。長期的な修繕計画を策定するために、新たな定量的な評価方法を開発した。その評価値と点検員による主観評価と照合し、修繕基準値を作成した。

**第5章**では本研究の成果について述べた。

成果を次に示す、①舗装の修繕間隔とたわみ量の関係を示した。また、各 HSC の舗装の修繕間隔ごとの修繕が必要な舗装の割合を示した。②日常点検における変状の報告方法や変状概要を説明する言葉を統一した。これにより点検員によるばらつきが少なくなった。③日常点検結果を考慮した修繕計画の策定方法について提案した。④横断プロファイルから骨材飛散が原因であるくぼみの平均面積を算出する方法を開発し、点検員による損傷レベル判定から修繕基準値を作成した。

## 参考文献

- 1)国土交通省：道路統計年報 2018
- 2)インフラ老朽化対策の推進に関する関係省庁連絡会議：インフラ長寿命化基本計画,2013 年 11 月
- 3)社会資本整備審議会道路分科会：道路の老朽化の本格実施に関する提言, 2014 年 4 月
- 4)国土交通省：舗装点検要領,2016 年 10 月
- 5)日本道路協会：舗装点検要領に基づく舗装マネジメント指針,2018 年 9 月
- 6)尾崎弘明, 裕真悠, 津曲渉, 竹内康：舗装メンテナンスサイクル構築に向けた取り組み, 第 33 回日本道路会議論文集,2019 年 11 月
- 7)日本道路公団：日本道路公団三十年史,昭和 61 年 4 月
- 8)東日本高速道路会社：<https://www.e-nexco.co.jp/company/overview/outline.html>
- 9)日本高速道路株式会社：<https://www.c-nexco.co.jp/corporate/company/overview/area/>
- 10)西日本高速道路株式会社：<https://corp.w-nexco.co.jp/corporate/company/>
- 11)中日本高速道路株式会社：高速道路のストック効果,[https://www.c-nexco.co.jp/corporate/operation/stock\\_effect/](https://www.c-nexco.co.jp/corporate/operation/stock_effect/)
- 12)国土交通省：国土交通白書 2012
- 13)濃添元宏,高橋文雄：東名 20 年の変遷,高速道路と自動車,第 32 巻,第 6 号,1986
- 14)千田洋一：東名高速道路の 21 世紀の維持管理,橋梁&都市 PROJECT,2001
- 15)中日本高速道路：NEXCO 中日本インフラ長寿命化計画（行動計画）,2015
- 16)真田修,清水章一：高速道路リニューアルプロジェクトにおける既存道路空間を有効活用した対面通行規制の取り組み-東名高速道路用宗高架橋床板取替工事-,NEXCO 技術情報,第 33 号,2017
- 17)高橋文雄：東名高速道路・進化の歴史,土木技術,67 巻,1 号,2012
- 18)高橋茂樹,小野義道,佐藤正和：高速道路におけるアスファルト舗装の「解体新書」プロジェクト,土木学会論文集 E1,Vol71,No.3,2015
- 19)川村和将, 亀山修一, 伊倉雄弘：東名高速道路における舗装マネジメントに関する研究,土木学会論文集 E1,Vol73,No.3,2017
- 20)日本道路協会：舗装の維持修繕ガイドブック,2013
- 21)笠原篤：研究展望 舗装マネジメントシステム,土木学会論文集,No.478/V-21,pp1-12,1993
- 22)姫野賢治：舗装マネジメントシステム,舗装,28-11,1993
- 23)渡邊一弘：舗装のマネジメントの取組に関する一考察,土木技術,65 巻 1 号,2010
- 24)渡邊一弘：舗装マネジメントシステム-透明性のある, 効率的な舗装管理に向け

て-,土木施工,VOL.53,No.5,2012

25)城内佐知夫：静岡県の舗装マネジメント（予防保全管理）への取組,第32回日本道路会議,2017

26)札幌市建設局土木部道路維持課：札幌市幹線道路等舗装補修計画,2018

27)熊田一彦,神谷恵三,佐藤正和：舗装マネジメントシステムの構築概要,日本道路公団試験研究所報告,vol.40,2003

28)高橋茂樹，江口利幸：NEXCOにおける舗装の損傷深層化とPMSの取組み，舗装,51-4,2016

29)亀山修一,金森弘晃,井上昌幸,浅田拓海,川端伸一郎：舗装路面の目視点検の精度に関する研究,Vol71,No.3,I\_25-I\_30,2015

30)江口利幸，川村彰，富山和也，高橋茂樹，遠藤慶三：横断プロファイルの3次元データ化による路面の変状に関する基礎的研究，土木学会論文集E1, Vol73,No.3,I\_71-I\_78,2017

## 第 2 章

### 高速道路における路面点検の概要

舗装マネジメント確実に実施するためには、舗装の損傷を適切に把握する必要がある。損傷調査の方法には路面性状の調査や舗装構造の調査がある。路面の調査には路面性状測定車を用いた方法、点検員による目視調査がある。どの方法を用いるかは道路管理者が道路の重要度や予算など考慮して選定すべきである。

NEXCO は、高速道路構造物の点検を①安全な道路交通を確保するとともに、第三者被害を未然に防ぐために、構造物の変状を早期に発見し、適切な措置を行うため、②構造物を良好な状態に保つために、維持修繕計画の策定に向け、構造物の現状の把握、変状の進行状況、供用性の判定を行うために実施している<sup>1)</sup>。

なお、変状とは、初期欠陥、損傷、劣化などの総称である。

点検には、構造物の供用前に実施する初期点検、2 週間に 4 回から 7 回の頻度で実施する日常点検、年に 1 回程度実施する定期点検がある。

舗装に関しては、路面性状測定車を用い数年に 1 回行う路面性状調査、日常点検時に車上から実施する目視調査がある。目視調査は、主に本線内から確認できる範囲で目視と車上感覚により変状を調査するものである。

東京支社は上記に加え、FWD を使用した舗装の構造的な供用性評価も行っている。

路面性状を測定する方法は多数あるため、現在、国や地方自治体において一般的に用いられている方法、開発途上ではあるが新しい方法、NEXCO の方法などについて概要を述べる。

#### 2.1 NEXCO 以外の機械による路面性状測定方法

我が国の道路インフラの増大に伴い、舗装を適切に維持管理するためには、定期的に路面性状を測定する必要がある。そのため、路面の調査技術は昭和 40 年（1965 年）代から検討され始めた<sup>2)</sup>。路面の損傷は主にわだち掘れ、ひび割れ、平坦性の 3 要素に大別される。この損傷を自動的に高速度で測定可能なことが要求される。測定装置には様々な方式があり、分類すると図-2.1 になる<sup>3)</sup>。これらの装置を車両に搭載し高速で路面性状を測定する。写真-2.1<sup>4)</sup>に一般的な路面性状測定車の概観を示す。このような車両は舗装コンサルタント会社等が所有しており、精度検証のために年 1 回、土木研究センターにおいて精度確認試験を受け精度を担保している。このような車両は測定精度は高いものの、費用が高く高頻度では測定できない。最近は、画像を用い路面を評価する方法などが試みられている<sup>5)</sup>。この方法の特徴は路面性状測定車よりも比較的簡易に測定できることである。しかし、画像では平坦

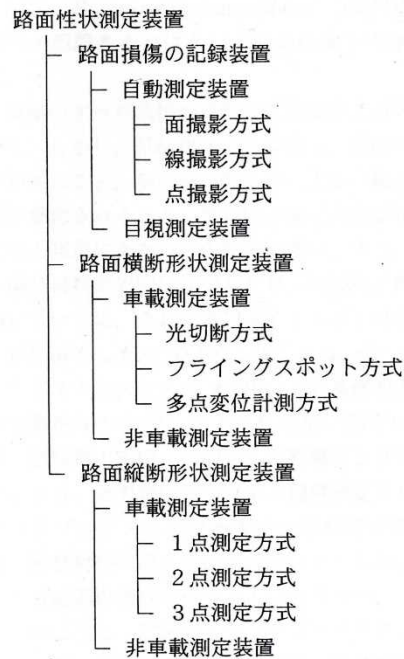


図-2.1 路面性状測定装置分類

#### 高精度な路面性状計測システム

- 最先端のセンシング技術、効率的なモニタリングにより、路面性状(ひび割れ、わだち掘れ、IRI)を高精度で計測します
- 位置情報、映像情報、路面性状を同時に、効率よくモニタリングできます



写真-2.1 路面性状測定車概観

性が測定できないなどデメリットもある。また、スマートフォンによって平坦性を簡易に測定する方法が試行されている<sup>6)7)8)</sup>。これはスマートフォンの加速度センサーを用いて車両の振動から平坦性を評価するものである。スマートフォンの時計機能やGPS機能を用いることで時間、位置情報も同時に取得することが可能であり、非常に簡易に路面性状が測定できる。



## 2.2 NEXCO における路面性状測定方法

NEXCO 中日本は写真-2.2 に示す路面性状測定車を用いて、東名高速道路の路面性状について、2 年に 1 回の頻度で調査している。

調査項目は、わだち掘れ、ひび割れ、IRI である。路面性状測定車の性能を表-2.1 に示す。



写真-2.2 路面性状測定車の外観

表-2.1 路面性状測定車の性能

	計測方式	検出装置	計測範囲 (横断)	計測間隔 (縦断)	計測速度	計測精度	備考
わだち掘れ	多点変位計測法	CCDライン センサカメラ	5.2m (0.1m間隔)	0.5m、1m、 10m、20m	10～100km/h	±3mm以内	横断プロファイルメータ との比較
ひび割れ	ラインスキャン方式	CCDイメージ センサカメラ	4.5m	連続	10～100km/h	幅1mm以上	目視判定との比較
平坦性( $\sigma 3m$ )	非接触3m プロファイルメータ	非接触型 レーザ変位計	1側線 (OWP)	1.5m	10～100km/h	±30%以内	縦断プロファイルメータの 標準偏差との比較
平坦性(IRI)	加速度 2重積分法	非接触型 レーザ変位計	1側線 (OWP)	0.1m	30～100km/h	±30%以内	水準測量によるIRIとの 比較
縦横断勾配 位置情報	衛星位置情報 ／慣性測定装置	GPS／IMU	5.2m (0.1m間隔)	0.5m	60～100km/h	鉛直誤差 平均±11mm	衛星の最良状態にて 水準測量との比較

レーザ変位計(特許第3422618号)

### 2.2.1 わだち掘れ測定

わだち掘れ測定は、NEXCO 試験法 247-2011「路面性状測定車による路面のわだち掘れ測定方法」<sup>9)</sup>に基づき、横断方向約 10 cm 間隔（測定間隔は路面形状により若干異なる）縦断方向 0.5m 間隔で測定する。

### 【わだち掘れ自動測定装置の概要】

わだち掘れ測定システムは、車両前部のレーザスリット投光器、ラインセンサカメラおよびレーンマークラインセンサカメラにて構成され、レーザスリット投光器より横断方向に 100m ピッチ計 54 本のレーザを路面に投影し、そのレーザスリット位置を上部のラインセンサカメラにて検出すると同時に、レーンマークラインセンサカメラにてレーンマーク位置を検出することで路面のわだち掘れ量を算出することが出来る。（写真 2.3～写真 2.4，図- 2.2）

また、タイミングコントローラにより速度データを累積し距離データとして捉えているため、縦断方向には 0.5m ごとにサンプリングしている。



写真-2.3 レーザスリット灯光器の照 写真-2.4 ラインセンサカメラ（右：拡大図）

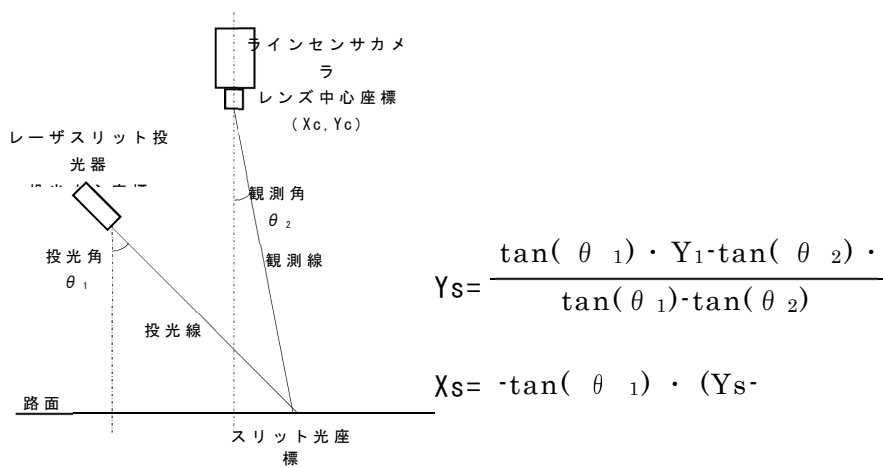


図-2.2 わだち掘れ測定原理

### 2.2.2 ひび割れ測定

ひび割れ測定は、NEXCO 試験法 226-2011「路面のひび割れ測定方法」4.ひび割れ測定車によるひび割れ測定方法に基づき、路面のひび割れ状況を連続で撮影した。

#### 【ひび割れ自動測定装置の概要】

車両後部に取り付けたひび割れ測定用LEDライトで路面を均一に照射し、後方上部の電子ストリークカメラカメラで路面を撮影した。（写真-2.5，写真-2.6）



写真-2.5 LEDライト



写真-2.6 電子ストリークカメラ

ストリークカメラとは1次元画像情報を時間走査や空間走査することで2次元画像を生成するカメラの総称であり、撮影部は電動アイリス付きレンズとその制御器、画像を収集するラインスキャンカメラとで構成されている。

ラインスキャンカメラは1次元画像を撮影するカメラであり、直交する方向の車両速度に合わせてスキャンレートを変化させることで路面をもれなく撮影する。これらによってスキャンした路面画像に隙間や重なりを無くし、一定の明るさで撮影することができる。図-2.3に路面をスキャンする電子ストリークカメラの概念を示す。

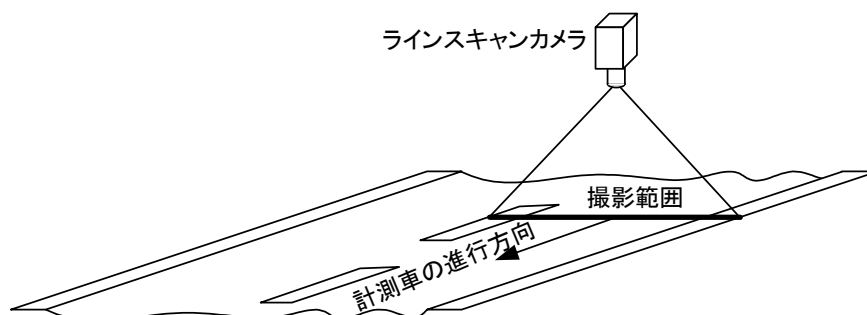


図-2.3 ひび割れ測定原理

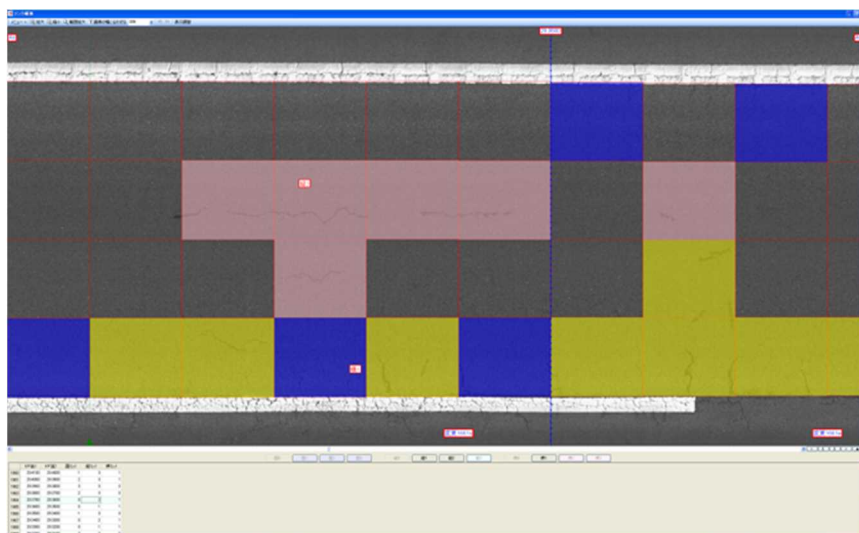


図-2.4 ひび割れ解析画面（例）

NEXCO 試験法 226-2011「路面のひび割れ測定方法 3.スケッチによるひび割れ測定方法」

例）調査対象区間が 8m × 3.5m の場合のひび割れ判読とひび割れ率の算定

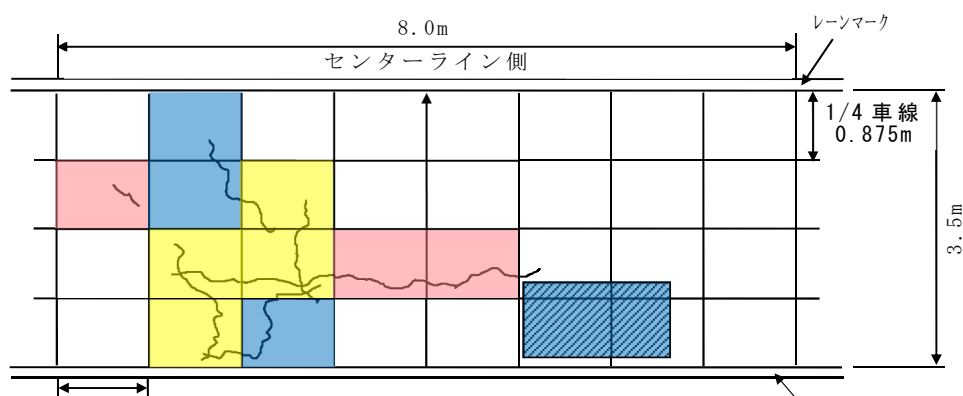


図-2.5 ひび割れ率解析凡例図

### ○ ひび割れの分類

面状ひび割れ	: 1 メッシュ内に 2 本以上のひび割れが入ったもの。
線状ひび割れ（縦）	: 1 メッシュ内に 1 本以上だけひび割れが入り，その方向が相対的に延長方向であるもの。
線状ひび割れ（横）	: 1 メッシュ内に 1 本以上だけひび割れが入り，その方向が相対的に横断方向であるもの。
パッチング	: パッチングは 1 箇所 100 m <sup>2</sup> 以下のものとし，その中でも大規模な打換えや段差修正部は除き実面積とする．大規模な打換とは、『舗装調査・試験法便覧_第 1 分冊（社団法人 日本道路協会出版）舗装路面のひび割れ測定方法』に記載されている注意事項を準用し <u>車線幅員 × 3 m</u> としている。

面状ひび割れメッシュ数 : 4メッシュ →  $0.875 \text{ m}^2 \times 4 \text{ メッシュ} = 3.5 \text{ m}^2$   
 線状ひび割れ（縦）メッシュ数 : 3メッシュ →  $0.875 \text{ m}^2 \times 3 \text{ メッシュ} = 2.625 \text{ m}^2$   
 線状ひび割れ（横）メッシュ数 : 3メッシュ →  $0.875 \text{ m}^2 \times 3 \text{ メッシュ} = 2.625 \text{ m}^2$   
 パッチング面積 :  $1.5 \text{ m}^2$  →  $1.5 \text{ m}^2$

ひび割れ率（％）＝（面状ひび割れの入ったメッシュ面積（ $\text{m}^2$ ）＋線状ひび割れの入った  
 メッシュ面積（ $\text{m}^2$ ） $\times 0.3$ ＋パッチング面積（ $\text{m}^2$ ））／調査対象面積（ $\text{m}^2$ ）

$$(3.5 + (2.625 + 2.625) \times 0.3 + 1.5) / 28.0 = 0.235 \rightarrow 23.5\%$$

### 2.2.3 IRI 測定

IRI (International Roughness Index) 測定は、NEXCO 試験法 248-2011「路面性状測定車による路面の IRI 測定方法」に基づき、10cm 間隔で路面の縦断プロファイルを計測し、そのデータを用いて IRI 解析プログラム(「Road Ruf」: ミシガン大学交通研究所が作成したプログラム)で IRI の算出を行った。

#### 【縦断プロファイル測定装置の概要】

IRI 測定システムは、IRI 解析プログラムに使用する縦断プロファイルを測定するものである。このシステムは、左わだち部に設置された非接触レーザ変位計と加速度検出器および速度検出器によって構成されている。(写真-2.7, 図-2.6)

縦断プロファイルの測定原理は、非接触レーザ変位計により路面高を計測し、同時に非接触レーザ変位計自体の上下動を加速度として取り込み、2重積分することにより変位データに変換する。この変位量で非接触レーザ変位計自体の上下動を相殺することにより、縦断プロファイルを算出している。また、タイミングコントローラにより速度データを累積し距離データとして捉え、縦断プロファイルを 10cm ごとにサンプリングしている。



写真-2.7 I R I 計測システム

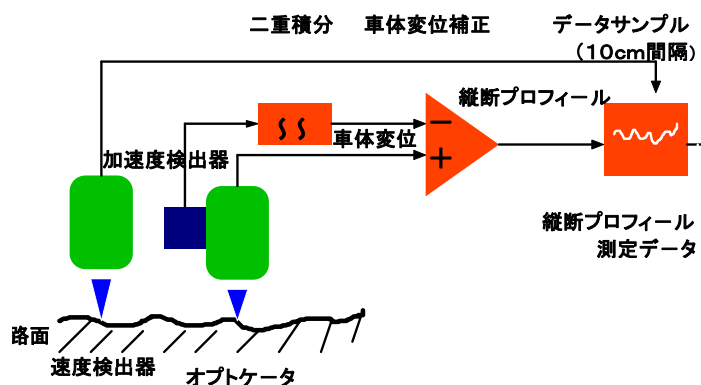


図-2.6 縦断プロファイルの測定原理

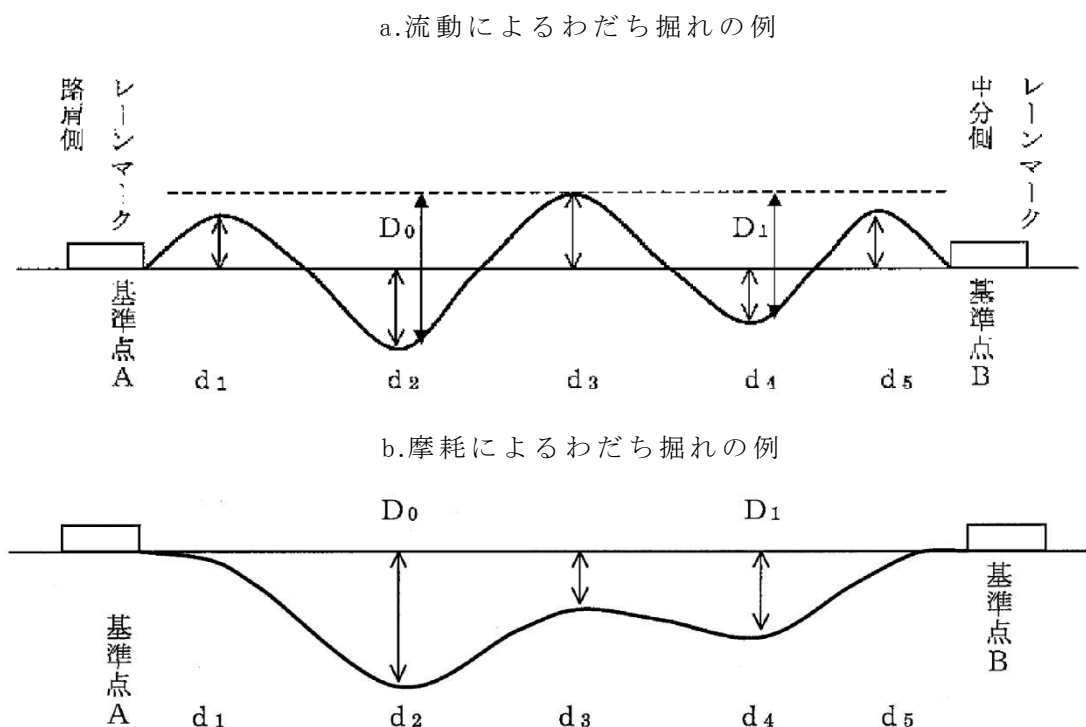
## 2.2.4 測定結果処理及び編集（わだち掘れ）

わだち掘れの解説は、NEXCO 試験法 247-2011「路面性状測定車による路面のわだち掘れ測定方法」のわだち掘れ量の算出方法に基づき行った。（図-2.7）

わだち掘れの評価単位は表-2.2 のとおりとするが、各評価単位における評価値は、縦断方向 1 m 間隔で解説したわだち掘れ量（d1～d5 及び DM）の平均値を採用している。

表-2.2 わだち掘れの評価単位

項目	評価単位
わだち掘れ	10m, 100m



※ D0, D1 の大きい方の値を測定断面のわだち掘れ量とする。

図-2.7 わだち掘れ量の定義



## 2.3 FWD 調査

### 2.3.1 FWD の概要

FWD（Falling Weight Deflectometer）は重錘を落下させ路面に衝撃を加え、その時に発生する路面のたわみ量を複数のセンサーによって測定するものである。複数点のたわみ量を同時に測定することで、載荷点を中心に舗装面のたわみが把握できる。そのたわみの形状およびたわみ量は舗装体内部の状態を反映しており、これらの値を評価することで舗装の供用性が判定される。

FWD 概念図及び載荷状況を図-2.8 に示す。

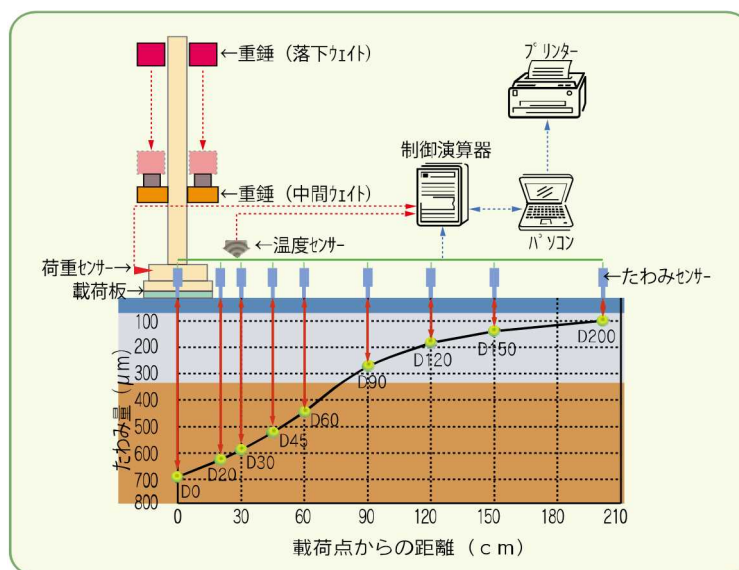


図-2.8 FWD の概略図と載荷状況

### 2.3.2 FWD 測定方法

FWD 測定での重錘の落下回数は 4 回以上とする。最初の落下を予備載荷として削除し、2 回目以降の荷重とたわみ量を測定データとして記録し、バラツキの少ない 3 個以上のデータを得るまで落下を繰り返す。



FWD 測定は、構造物区間（橋梁及び橋梁前後 20m）を除き、50m 間隔で測定する。ただし、路面にひび割れが多発している区間においては、間隔の変更および測点の追加を行う。

表-2.3 FWD 測定の実施方法

項 目	方 法
測定位置	登坂車線，第一，第二走行車線：左わだち部 追越車線：右わだち部
測定間隔	50m 間隔（橋梁及び橋梁前後 20m を除く）
測定車の検 定	一財）土木研究センターが実施する「舗装たわみ測定装置（FWD） 検定」を受けた測定車を使用する。

測定位置は、第一及び第二走行車線は左わだち部（OWP：外側線内側から 75cm）とし、追越車線は右わだち部（IWP：外側線内側から 75cm）とする。

### 2.3.3 走行型路面のたわみ測定装置

NEXCO では採用していないが、走行しながら路面のたわみを測定する装置が開発されている。FWD は停止して路面のある点において測定するものであり、交通規制が必要になる。しかし、走行しながらたわみ量の測定が可能になれば、規制も必要なく、連続的に路面のたわみが測定できる。この装置には、例えば、アメリカで開発された RWD（Rolling Wheel Deflectometer）、デンマークで開発された TSD(Traffic Speed Deflectometer)、日本の土木研究所が開発した MWD(Moving Wheel Deflectometer)などがある<sup>10)11)</sup>。走行しながら測定する場合、車両の振動の影響を受けるため、測定値からそれを除く方法が課題である。

## 2.4 日常点検（目視調査）

目視調査は路面性状測定車による調査と比較してコストが低く抑えられるため、予算が少ない市町村では有効である。しかし、人間による調査であるため定性的であり、効率が悪い。最近では路面の動画から AI を活用した方法によりわだち掘れやひび割れを評価する方法<sup>12)</sup>や深層学習を利用して画像からポットホールを検出する方法<sup>13)</sup>などが研究されている。これらの方法が実用化されると効率性も向上し、ベテラン技術者不足対策になる可能性がある。

目視調査の方法については各道路管理者が定めることになっているが、目視調査結果の例を図-2.9に示す<sup>14)</sup>。点検個所や点検員のコメントが記述され、写真が添付されている。


路線番号	〇〇道〇〇号	整理番号	5	箇所名	〇〇市〇〇町 〇〇市△△町
調査項目			点検者	□□ □□	
撮影位置	写 真			コメント	
〇〇kp 下り線				ひび割れ破損が主体の路面 左側わだち部に亀甲状ひび割れ。 右側わだち部にはひび割れはなく 15mm 程度の凹形状。 下面からの析出物はみられない。 表層だけの破損と推定されるが、コア等による確認が必要。	

図-2.9 目視調査結果の例

NEXCO における目視調査の方法について以下に記述する。

東名高速道路では目視調査を 2 週間に 7 日の頻度で行っており、点検員が車上からの目視確認や走行中の振動感覚により変状を発見する（写真-2.9 に示す）。変状が確認されたときは、降車して変状の大きさ、位置などを記録し（写真-2.10 に示す）、調査終了後、オフィスにおいて点検報告書を作成する。報告書の例を図-2.10 に示す。報告書には、調査日や天候など基本情報のほかに、発見した変状について表-2.4 の「変状の種類」に基づいてポットホールやわだち掘れなど舗装表面の変状や変状の深さ、延長、状態などを「変状の概要と項目」欄に記述する。その状態により健全度判定を行う。例えば、ポットホールが発見され、深さ 20mm 以上かつ径 20cm 以上の路面のはがれ等がある場合は AA と判定される。AA とは「変状が著しく、機能面への影響が非常に高いと判断され、速やかな対策が必要な場合。」という

状況である。変状が AA まで進んでいない場合、A と判定される。A とは「変状があり、機能的低下に影響していると判断され、対策の検討が必要な場合。」である。B は縦断の凹凸コルゲーションやブリストリングのみの判定区分となっているが、一部の HSC では、ポットホールやひび割れなどの変状を局部的に補修した場合は、補修完了とはせずに B 判定とし継続的に監視し、切削オーバーレイ工や打換工の実施後に補修完了としている。



写真-2.9 車上目視状況



写真-2.10 降車状況



表-2.4 変状の種類

点検箇所	変状の種類	判定の標準		
		AA	A	B
舗装	ポットホール・穴あき・はがれ	○深さ20mm以上かつ径20cm以上の路面のはがれ等がある	○AAに至らない路面のはがれ等	—
	段差*コンクリート舗装の目地部段差を含む	○構造物の取付部などに、著しい段差があり、ハンドルが取られたり、走行車両が激しくバウンドする場合。 ○構造物取付部において、20mm以上の段差がある。 ○横断構造物取付部、切盛境部において、30mm以上の段差がある。	○橋梁取付部において、10mm以上20mm未満の段差がある。 ○構造物取付部において、10mm以上30mm未満の段差がある。	—
	わだち掘れ	○路面にわだち掘れがあり、ハンドルが取られたり、走行車両が激しくバウンドする場合。＜参考値＞25mm程度以上	○AAに至らない路面のわだち掘れ ＜参考値＞15mm程度以上25mm程度未満	—
	ひび割れ	○路面にポットホール・はがれ等の発生につながるひび割れが発生している場合 ○舗装本体の損傷につながる大きなひび割れが発生している場合。 ＜参考値＞ひびわれ率20%程度以上 ※1	AAに至らない路面のひび割れ。 ＜参考値＞ひびわれ率10%程度以上20%程度未満	—
	縦断の凹凸コルゲーション	—	○縦断の凹凸が大きく乗り心地が悪い ○コルゲーション(凹凸の差が30mm以上)	○縦断の凹凸が認められる ○コルゲーション(凹凸の差が10mm以上30mm未満)
	局部変形・くぼみ	○路面に局部変形やくぼみがあり、ハンドルが取られたり、走行車両が激しくバウンドする場合。	○AAにいたらない路面の局部流動・くぼみ	—
	薄層舗装のはく離	—	○わだち部分がはがれて機能をうしなっている。	—
	滞水	—	○局所的な滞水が降雨ごとに発見される	—
	ポンピング	○路面に路盤材・砕石等の微粒分の噴出しが見られ、かつ亀甲状のひび割れを伴うもの。	○路面に路盤材・砕石等の微粒分の噴出しが見られる。	—
	ブリストリング*表層がアスファルト混合物の場合	○ポットホールに至ったものは、ポットホールの判定による。	○路面の膨れが大きい、あるいはブリストリングの発生箇所に微粒分の噴出した跡が見られる。	○AIに至らない路面の膨れ
	目地部の破損	—	○目地部材の破損及び路面への飛び出し。	—
	⑫すべり摩擦の低下	※2	—	—
	⑬平坦性の低下	※2	—	—

路面性状調査結果と FWD 調査結果から図-2.11 の路面性状一覧図を作成する。NEXCO の PMS では図-1.7 に示す表が作成可能であるが、現場担当者が理解しにくいので、NEXCO 中日本東京支社では独自に図-2.11 を作成している。この図には、上下線別、測定車線（第一走行、追越など）、測定年度、わだち掘れ・ひび割れ率の 10m、100m 評価値、IRI の 10m・200m 評価値及び、すべり抵抗、FWD を最新路面種別、施工年度、構造物種別と合わせて整理している。補修基準値を超えている箇所の色を付けて、HSC の担当者が修繕計画を策定しやすいようにしている。しかし、この表には日常点検の結果は反映されていない。

[illegible]

图-2.11 路面性状一覽図例

#### 参考文献

- 1) 中日本高速道路：保全点検要領，構造物編，2017
- 2) 岡田貢一：路面性状測定の現状,舗装,51-2,2016
- 3) 土構造物および基礎委員会 舗装機能評価に関する研究小委員会：舗装機能の評価技術の現状と将来,土木学会論文集,No.472/V-20,pp.13-28,1993
- 4) 株式会社パスコホームページ：<https://www.pasco.co.jp/products/real/>
- 5) 米川陽子,熊倉信行,山崎恭彦：路面画像を用いたわだち掘れ判定機能の開発,土木学会第 73 回年次学術講演会,2018
- 6) 佐々木博：スマートフォンを活用した道路舗装維持管理業務の効率化，土木学会第 73 回年次学術講演会,2018
- 7) 中牟田慎一郎,佐藤研一,藤川拓朗,古賀千佳嗣,北原文章：スマートフォンを用いた道路舗装の健全度評価技術の検討，土木学会第 72 回年次学術講演会,2017
- 8) 廣瀬安昭,巻幡憲俊,長山智則：スマートフォンを用いた簡易路面評価方法,第 32 回日本道路会議,2017
- 9) 中日本高速道路：NEXCO 試験方法 第 2 編 アスファルト舗装関係試験方法，2017
- 10) 松井邦人,久保和幸,寺田剛,川名太：走行型路面たわみ測定試験機の現状と我が国における取り組み,土木技術資料,55-12,2013
- 11) 若林由弥,寺田剛,久保和幸,竹内康,川名太：移動式たわみ測定装置(MWD)の測定精度に関する検討，土木学会第 71 回年次学術講演会,2016
- 12) 小柳佳範,田口仁,清水忠昭：AI を活用した車上目視点検技術の精度検証,第 33 回日本道路会議,2019
- 13) 丸山記美雄,大浦正樹,木村孝司：深層学習によるポットホール検出技術の基礎検討，土木学会第 73 回年次学術講演会,2018
- 14) 日本道路協会：舗装の維持修繕ガイドブック 2013

## 第 3 章

### 舗装の長期供用性の評価

#### 3.1 諸言

NEXCO には、道路利用者へ安全・安心・快適な路面を提供し、損傷が進行する舗装を低コストで最適な修繕を実施することが求められている。そのためには、データベースに蓄積されたデータを分析し、交通量、舗装構成、材料などによる舗装の供用性や劣化予測などの検討が必要である。しかし、NEXCO の PMS データベースに蓄積されているデータには、舗装構造データが現地と異なっていることや、補修履歴データ、アスファルト混合物の材料データなどが整備されていないなどの問題があった。これらのデータが整備されていないと、舗装の変状に対して適切な修繕計画を立案することができない。例えば、舗装構造が分からないと打換え厚さも分からない。補修履歴データや材料データが分からないと、劣化予測や損傷原因の解明ができないなどである。これらのデータ整備不良は、データの入力ミスをチェックする機能がデータベースになかったことに起因する。

3.2 では、舗装の供用性評価、劣化予測に必要なデータを整備し、データ分析が容易に実施できるデータベースの構成を検討した結果を述べる。従来のデータベースでは、現場担当者が一覧表から必要な項目を抜き出して新たな表を作成するという作業を行っていたが、新たなデータベースは位置情報を基に様々なデータをマッピングさせることが可能となった。例えば、ひび割れ率と FWD データを比較したければ、データベースの画面でそれらを入力するだけで、ひび割れ率と FWD データの一覧表が作成されることなどが可能となった。

さらに、本研究におけるデータベースの再構築では、メインのデータベースから日常点検データを抽出し、分析しやすいように改善した。また、コメントを検索する機能をデータベースに追加した。例えば、「空洞」や「打換」を検索すると、コメントから探し出し、どの調査箇所においてコメントされたのかわかる。

3.3 では、東京支社のデータベースに蓄積された現場データを活用し、東名高速道路の合理的な維持修繕計画を策定するために、舗装の長期的な供用性を評価した結果を述べる。

2020 年 3 月現在、東名高速道路は 6 か所の HSC が管理しており、舗装修繕予算も各 HSC に配布し、各 HSC が工事を実施しているが、この研究に使用した現場データは東名高速道路を 5 か所の HSC が管理していた時のものであるため、本論文ではデータを 5 か所に分け記述した。

舗装の供用性は路面性状値と NEXCO の補修目標値または東京支社独自の修繕判断値と比較し評価している。この結果により、どこの舗装区間が基準を超えて



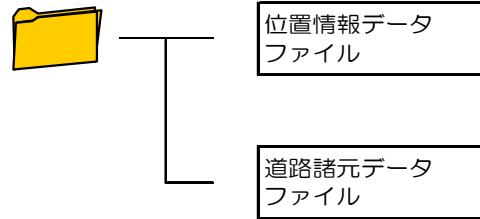
いるか分かるが、その区間の供用期間と舗装構造と結び付けて評価はしていない。舗装の損傷スピードは一律ではなく、短期間の供用で基準を超えている場合や、その逆で長期間供用して最近基準を超える場合があるなど多種多様な例がある。ライフサイクルコストを縮減するためには、効率的な舗装修繕が必要である。そこで、HSC ごとに舗装の修繕間隔を短期（6 年以下）、中期（7 年～15 年）、長期（16 年以上）に分け、それぞれの舗装の供用性を評価することで、HSC の舗装の損傷傾向を把握し修繕予算の配布資料とする。

### 3.2 データベースの構成およびデータ概要

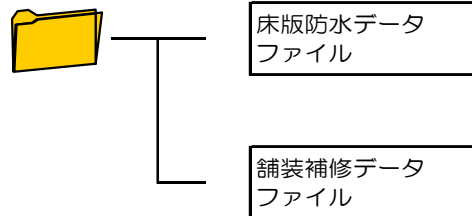
筆者らが再構築したデータベースのフォルダ構成を図-3.1 に示す。各フォルダにそれぞれ示したデータファイルがある。道路基本情報は一度作成してしまえば、新規開通道路がない限り修正は必要ない。舗装点検記録は調査ごとに蓄積する。蓄積されたデータを用いて劣化予測を行う場合は、舗装点検記録フォルダのデータと補修履歴フォルダのデータをマッチングさせ分析する。また、気象や交通量の影響を分析する場合は、それぞれのフォルダのデータをマッチングさせ実施する。このように、フォルダを別々に作成することにより、通常のデータ作成業務と各種分析業務を効率的に実施することができる。

PMS を運用するうえで必要なデータを表-3.1 に示す。道路基本情報フォルダには、IC 名、kp（キロポスト）、上下線などの位置情報データ、幅員、構造物種などの道路諸元データを蓄積した。補修履歴フォルダには、床版防水工のデータや補修のデータが蓄積されている。現地と異なっていた舗装構成データについては、現地の完成図面と比較し、25%のミスを 10%まで低減させた。<sup>1)</sup>

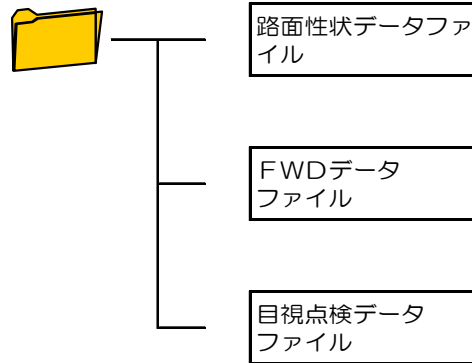
I. 【道路基本情報フォルダ】



II. 【補修履歴フォルダ】



III. 【舗装点検記録フォルダ】



IV. 【気象記録フォルダ】



V. 【交通量フォルダ】

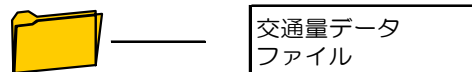


図-3.1 データベースの構成

表-3.1 蓄積データ

フォルダ	データファイル	蓄積データ	レコード数
道路基本 情報フォルダ	位置情報データ	IC 名, kp, 上下, ルート, 車線	1,100,000
	道路諸元データ	幅員, 横断勾配, 舗装種別, 構造物, 構造物名, 伸縮装置, カルバートボックス	310,000
補修履歴 フォルダ	床版防水データ	施工年度, 種別	46,000
	舗装補修データ	レベリング工, 最新舗装構成, 補修年度, 補修 kp, 補修距離, 上下, ルート, 車線, 補修構成, 混合物種別	1,669,000
舗装点検 記録フォルダ	路面性状データ	測定年度, kp, 上下, ルート, 車線, わだち掘れ, ひび割れ, IRI, すべり摩擦係数	5,320,000
	FWD データ	測定年度, kp, 上下, ルート, 車線, たわみデータ, 評価 (損傷指標)	121,000
	日常点検データ	測定年度, kp, 上下, ルート, 車線, 点検データ (調査年月日, 判定, 変状種類)	2,900,000
気象記録 フォルダ	気象データ	測定年度, 区間, kp, 観測局, 降水量, 気温, 降雪	7,200
交通量フ ォルダ	交通量データ	測定年度, 区間, kp, 上下, ルート, 車線, 全車, 大型車, 小型車	8,000

また、舗装点検記録フォルダには、路面性状測定車により測定された路面性状データ（わだち掘れ、ひび割れ、IRI（International Roughness Index））、すべり摩擦係数、FWD 調査結果、日常点検データが蓄積されている。舗装補修データは平成9年度以降、路面性状データは平成14年度以降、FWD データは平成16年度以降、日常点検データは平成13年度以降のものが蓄積されている。最新は平成28年度である。

気象データは東名沿いにある15か所の気象観測所から得たもので、交通量データは14の IC 間、上下線のデータである。共に東名が開通した昭和43年からのデータが蓄積されているが、10m 毎に蓄積される路面性状データと比較すると少ない。

表-3.2 は路面性状データファイルの蓄積例である。左から調査年度, kp, 上下線などのデータである。データは 10m 単位で蓄積されている。わだち掘れやひび

表-3.2 路面性状データ蓄積例

調査年度	kp		距離延長	上下区分	ルート区分	車線区分	ブレーキ	わだち掘れ			ひび割れ		IRI(mm/m)		すべり抵抗性
	自	至		上:20 下:30	右ルート:10 左ルート:20	登坂:11 走行:12	ブレーキ無:10 +ブレーキ:20	100m評価	10m評価	10m評価	100m評価	10m評価	200m評価	10m評価	200m評価
調査年度				無関係:40 内回り:50 外回り:60	無:40	第二:13 追越:14 付加:15	-ブレーキ:30	平均わだち掘れ量	平均わだち掘れ量	最大わだち掘れ量	ひび割れ率	ひび割れ率	IRI	IRI	すべり摩擦係数
	kp	kp	m					mm	mm	mm	%	%			μV
H21	103.500	103.510	10	20	40	14	10	8	5	8	9.0	1.5	2.7	2.1	
H21	103.510	103.520	10	20	40	14	10		7	8		0.0		2.0	
H21	103.520	103.530	10	20	40	12	10		6	8		1.5		1.3	
H21	103.530	103.540	10	20	40	12	10		7	9		2.3		3.1	
H21	103.540	103.550	10	30	40	12	10		10	12		41.5		4.8	
H21	103.550	103.560	10	30	40	12	10		11	18		32.5		3.9	
H21	103.560	103.570	10	30	40	14	10		9	10		8.0		4.1	
H21	103.570	103.580	10	30	40	14	10		7	8		0.0		2.1	
H21	103.580	103.590	10	30	40	12	10		6	7		0.0		1.3	
H21	103.590	103.600	10	30	40	12	10		7	10		2.3		2.3	
H21	103.600	103.610	10	30	40	12	10	6	6	8	2.6	0.0	2.7	5.5	0.471

調査年度	KP 自	KP 至	上下区分	ルート区分	車線区分	100mひび割れ率	10mひび割れ率	D0(mm)
2015	109.000	109.010	上り線	無	第一走行	0.0		0.271
2015	109.010	109.020	上り線	無	第一走行	1.5		
2015	109.020	109.030	上り線	無	第一走行	2.3		
2015	109.030	109.040	上り線	無	第一走行	0.8		
2015	109.040	109.050	上り線	無	第一走行	0.8		
2015	109.050	109.060	上り線	無	第一走行	0.8		0.246

図-3.2 データマッチング例

割れ率は、100m で評価することになっているが、局所的な損傷も評価できるように 10m 単位でも算出している。FWD 調査結果は FWD データファイルに 50m 毎に蓄積している。各データには kp や上下線などの位置情報が付加されているため、それにより各種データをマッチングさせることができる。図-3.2 にデータマッチング例を示す。分析したい箇所の kp, 路面性状, FWD と入力すると（図のマル囲み）各データファイルからデータを検索し表を自動的に作成する。従来は全てのデータを一覧表に作成していたために、必要なデータはそれから抜き出す作業が必要であったが、この構築したデータベースにより表作成、データ分析が容易になった。

日常点検の報告書には、kp, 変状項目, 判定などが記入され、損傷写真が添付されている。それらの規定された項目だけではなく、損傷概要もコメント可能である。報告書の[変状の概要と項目]欄に詳細な損傷状況が記入できる。図-3.3 に示

す報告書には打換補修箇所の脇にポンピングが発生したことが記述されている。この情報から、維持で補修した箇所に再発していることがわかり、表層・基層を打換える従来の補修方法では耐久性が低く、路盤から打換えるような抜本的な補修をする必要があることがわかる。このように、点検員のコメントは損傷の詳細を把握できる貴重な情報である。本研究におけるデータベースの再構築では、このコメントデータを取り込めるように改善した（表-3.3の変状の概要参考）。また、コメントを検索する機能をデータベースに追加した。例えば、「空洞」や「打換」を検索すると、コメントから探し出し、どの調査箇所においてコメントされたの

点検報告書  
＜＜日常点検＞＞

作成日 2017/08/21

中日本高速道路株式会社 東京支社  
〇〇保全・サービスセンター  
東名高速道路  
下り線 区分なし  
平成28年06月01日 水曜日 天気 曇り

点検者

変状状況	点検順	位置 RP カブ名	構造物			変状の部位と内容							緊急判定 急修要 の程度	応急補修 の程度	処置方法	観察頻度	整理番号	国建整理番号	
			区分	線目区分	種類	変状部位	変状箇所 番号	変状項目	判定案	判定	箇所	寸法							数量
新規登録	1	KP 〇〇.〇〇	路面	舗装	高機能（排水性）舗装	第二走行		路上障害・汚れ	A	/	/	1	1箇所	1.000			補修		

【変状の概要と項目】

下：〇〇.〇〇kp（〇〇高架橋）第二走行（左）にポンピング発生。1箇所。2015年8月にポットホール発生、2016年2月打換補修箇所の脇に発生。路面に路盤材・砕石等の微粒分の噴出が見られ、機能低下への影響が高いと判断されるのでA判定とします。

【監督員の所見】

写真等



図-3.3 日常点検報告書例

表-3.3 日常点検データベース例

距離標	上下区分	ルート区分	車線区分	点検データ(サーチ)		点検データ(サーチ)	変状の概要
KP	上:20	右ルート:10	登坂:11	調査日	判定区分	内容	
	下:30	左ルート:20	走行:12	年月日	AA	変状の	
	無関係:40	無:40	第二:13		A	種類区分	
	内回り:50		追越:14		B	コード	
	外回り:60		付加:15		C		
215.7	20	40	12	2003/05/15	B	10:ポットホール陥没	凹部に亀甲状ひび割れ、雨天時ポットホールの可能性φ200～φ250。
215.7	20	40	12	2003/06/15	B	40:ひびわれ	高架橋上の第一走行車線左わだち部に局地変形・くぼみが見られる。(300×200、t=10mm)くぼみ部に穴があり、表層下が5cm程度空洞になっている状態。
46.8	20	40	12	2004/01/21	A	90:ポンピング	第一走行(左)ポンピング2.0×2.5。打換痕に発生。
179.1	30	40	12	2004/08/21	A	30:わだち掘れ	走行車線左わだち部の舗装打換え跡にポンピング・ひびわれが発生。(15.0×1.0m)

かわかる。

### 3.3 長期供用性に関する考察

#### 3.3.1 研究データの概要

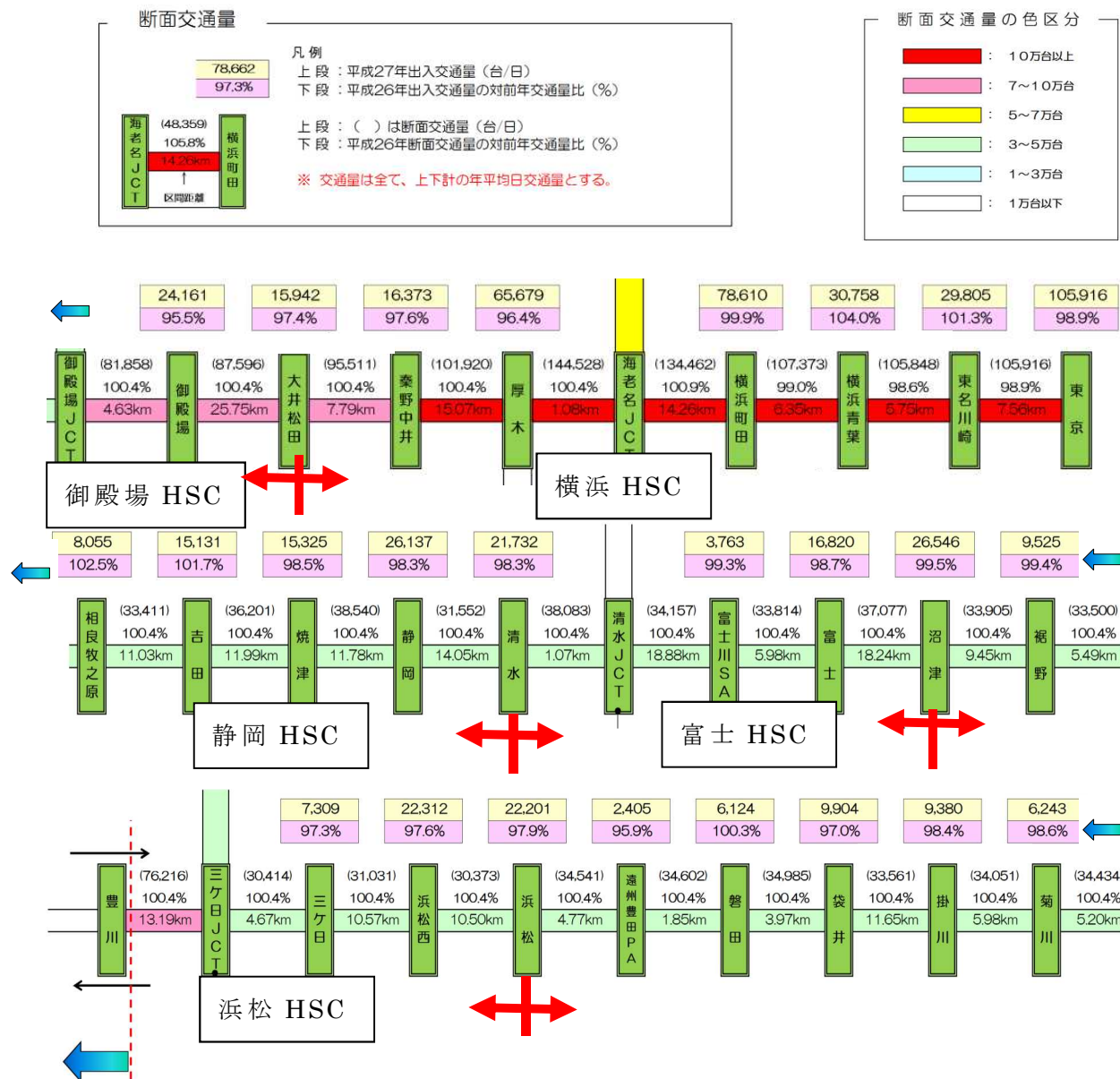
本研究の対象は、東名高速道路の東京 IC（Inter Change）から豊川 IC 間の土工部のアスファルト舗装とした。橋梁部の舗装の供用性は床板や床版防水工の損傷に影響されるため、橋梁区間は除外した。また、トンネル部についても、コンポジット舗装区間があることや気象の影響が未知であることから除外した。車線については、片側 3 車線区間においては大型車が最も通行する第一走行車線，片側 2 車線区間においては走行車線を分析対象とした。表-3.4 に分析箇所の概要を示す。分析対象延長は上り線延長と下り線延長の合計である。東名高速道路の HSC は 5 箇所ある。舗装修繕工事を実施している組織であり、予算配布も HSC ごとに行うことから、分析も HSC ごとに行った。管理範囲については、横浜 HSC は東京 IC から大井松田 IC までを管理している。他の HSC の管理範囲は表-3.4 に示した。次章からの分析において横浜 HSC，御殿場 HSC などと記述されているものは表-3.4 にある HSC の管理範囲のことである。

表-3.4 分析箇所概要

分析箇所	IC 区間	舗装厚 (cm)	IC間距離 (km)	対象延長 (km)	路面性状 データ数	FWD データ数	舗装補修 データ数
全線	東京 IC～ 豊川 IC	—	268.5	444.3	5,320,000	121,000	1,669,000
横浜 HSC	東京 IC～ 大井松田 IC	45	57.7	90.8	1,460,000	28,000	403,000
御殿場 HSC	大井松田 IC～沼津 IC	45～4 8	45.8	83.7	1,160,000	34,000	308,000
富士 HSC	沼津 IC～ 清水 IC	48～6 0	44.5	67.0	740,000	23,000	222,000
静岡 HSC	清水 IC～ 浜松 IC	51～5 2	81.7	132.5	1,490,000	43,000	439,000
浜松 HSC	浜松 IC～ 豊川 IC	40～4 8	38.8	70.3	470,000	23,000	297,000

以下に東名高速道路の各 IC 間交通量や HSC ごとの舗装構造について記述する。  
東名高速道路の断面日交通量を図-3.4 に示す。

【東京支社管内交通量一覧表(出展:平成 27 年度 東名高速道路交通量統計



名古屋支社管内

図-3.4 東名高速道路断面日交通量

各 HSC の舗装構成を下表に示す。

表-3.5 横浜 HSC における舗装構成

HSC	IC区間	現況の舗装補修断面									
横 浜	(上下線) 東京 ～ 秦野中井	<table><tr><td>表層</td><td>40</td></tr><tr><td>基層</td><td>60</td></tr><tr><td>上層路盤 (アスファルト安定処理)</td><td>180</td></tr><tr><td>下層路盤 (セメント安定処理)</td><td>170</td></tr></table>	表層	40	基層	60	上層路盤 (アスファルト安定処理)	180	下層路盤 (セメント安定処理)	170	
	表層	40									
基層	60										
上層路盤 (アスファルト安定処理)	180										
下層路盤 (セメント安定処理)	170										
	(上下線) 秦野中井 ～ 大井松田	<table><tr><td>表層</td><td>40</td></tr><tr><td>基層</td><td>60</td></tr><tr><td>上層路盤 (アスファルト安定処理)</td><td>150</td></tr><tr><td>下層路盤 (セメント安定処理)</td><td>200</td></tr></table>	表層	40	基層	60	上層路盤 (アスファルト安定処理)	150	下層路盤 (セメント安定処理)	200	
表層	40										
基層	60										
上層路盤 (アスファルト安定処理)	150										
下層路盤 (セメント安定処理)	200										



表-3.6 御殿場 HSC における舗装構成①

HSC	IC区間	現況の舗装補修断面										
御殿場	(上り線) 大井松田 ～ 御殿場	<table><tr><td>表層</td><td>40</td></tr><tr><td>基層</td><td>60</td></tr><tr><td>上層路盤 (アスファルト安定処理)</td><td>170</td></tr><tr><td>下層路盤 (粒状)</td><td>180</td></tr></table>	表層	40	基層	60	上層路盤 (アスファルト安定処理)	170	下層路盤 (粒状)	180		
	表層	40										
	基層	60										
	上層路盤 (アスファルト安定処理)	170										
下層路盤 (粒状)	180											
(上り線) 御殿場 ～ 裾野	<table><tr><td>表層</td><td>30</td></tr><tr><td>旧表層</td><td>40</td></tr><tr><td>基層</td><td>60</td></tr><tr><td>上層路盤 (アスファルト安定処理)</td><td>150</td></tr><tr><td>下層路盤 (粒状)</td><td>200</td></tr></table>	表層	30	旧表層	40	基層	60	上層路盤 (アスファルト安定処理)	150	下層路盤 (粒状)	200	
表層	30											
旧表層	40											
基層	60											
上層路盤 (アスファルト安定処理)	150											
下層路盤 (粒状)	200											
(下り線) 大井松田 ～ 御殿場	<table><tr><td>表層</td><td>30</td></tr><tr><td>旧表層</td><td>40</td></tr><tr><td>基層</td><td>60</td></tr><tr><td>上層路盤 (アスファルト安定処理)</td><td>180</td></tr><tr><td>下層路盤 (粒状)</td><td>140</td></tr></table>	表層	30	旧表層	40	基層	60	上層路盤 (アスファルト安定処理)	180	下層路盤 (粒状)	140	
表層	30											
旧表層	40											
基層	60											
上層路盤 (アスファルト安定処理)	180											
下層路盤 (粒状)	140											
(下り線) 御殿場 ～ 裾野	<table><tr><td>表層</td><td>30</td></tr><tr><td>旧表層</td><td>40</td></tr><tr><td>基層</td><td>60</td></tr><tr><td>上層路盤 (アスファルト安定処理)</td><td>150</td></tr><tr><td>下層路盤 (粒状)</td><td>200</td></tr></table>	表層	30	旧表層	40	基層	60	上層路盤 (アスファルト安定処理)	150	下層路盤 (粒状)	200	
表層	30											
旧表層	40											
基層	60											
上層路盤 (アスファルト安定処理)	150											
下層路盤 (粒状)	200											

表-3.7 御殿場 HSC における舗装構成②

HSC	IC区間	現況の舗装補修断面	
御殿場	(上下線) 裾野 ～ 沼津	表層	30
		旧表層	40
		基層	60
		上層路盤 (アスファルト安定処理)	180
		下層路盤 (粒状)	170

表-3.8 富士 HSC における舗装構成

HSC	IC区間	現況の舗装補修断面	
富 士	(上下線) 沼津 ～ 富士	表層	40
		基層	90
		上層路盤 (アスファルト安定処理)	180
		下層路盤 (セメント安定処理)	170
	(上下線) 富士 ～ 清水	表層	40
		基層	100
		旧基層	70
		上層路盤 (粒状)	220
		下層路盤 (粒状)	170

表-3.9 静岡 HSC における舗装構成

HSC	IC区間	現況の舗装補修断面											
静岡	(上下線) 清水 ～ 静岡	<table><tr><td>表層</td><td>40</td></tr><tr><td>旧表層</td><td>30</td></tr><tr><td>基層</td><td>140</td></tr><tr><td>上層路盤 (粒状)</td><td>200</td></tr><tr><td>下層路盤 (粒状)</td><td>170</td></tr></table>	表層	40	旧表層	30	基層	140	上層路盤 (粒状)	200	下層路盤 (粒状)	170	
	表層	40											
	旧表層	30											
	基層	140											
上層路盤 (粒状)	200												
下層路盤 (粒状)	170												
(上下線) 静岡 ～ 吉田	<table><tr><td>表層</td><td>40</td></tr><tr><td>旧表層</td><td>30</td></tr><tr><td>基層</td><td>60</td></tr><tr><td>上層路盤 (アスファルト安定処理)</td><td>140</td></tr><tr><td>下層路盤 (粒状)</td><td>230</td></tr></table>	表層	40	旧表層	30	基層	60	上層路盤 (アスファルト安定処理)	140	下層路盤 (粒状)	230		
表層	40												
旧表層	30												
基層	60												
上層路盤 (アスファルト安定処理)	140												
下層路盤 (粒状)	230												
(上下線) 吉田 ～ 菊川	<table><tr><td>表層</td><td>40</td></tr><tr><td>旧表層</td><td>30</td></tr><tr><td>基層</td><td>60</td></tr><tr><td>上層路盤 (アスファルト安定処理)</td><td>210</td></tr><tr><td>下層路盤 (セメント安定処理)</td><td>170</td></tr></table>	表層	40	旧表層	30	基層	60	上層路盤 (アスファルト安定処理)	210	下層路盤 (セメント安定処理)	170		
表層	40												
旧表層	30												
基層	60												
上層路盤 (アスファルト安定処理)	210												
下層路盤 (セメント安定処理)	170												
(上下線) 菊川 ～ 浜松	<table><tr><td>表層</td><td>40</td></tr><tr><td>旧表層</td><td>100</td></tr><tr><td>上層路盤 (アスファルト安定処理)</td><td>210</td></tr><tr><td>下層路盤 (セメント安定処理)</td><td>160</td></tr></table>	表層	40	旧表層	100	上層路盤 (アスファルト安定処理)	210	下層路盤 (セメント安定処理)	160				
表層	40												
旧表層	100												
上層路盤 (アスファルト安定処理)	210												
下層路盤 (セメント安定処理)	160												

表-3.10 浜松 HSC における舗装構成

HSC	IC区間	現況の舗装補修断面	
浜 松	(上下線) 浜松 ～ 三方原PA	表層	40
		旧表層	100
		上層路盤 (アスファルト安定処理)	210
		下層路盤 (セメント安定処理)	130
	(上下線) 三方原PA ～ 三ヶ日	表層	40
		旧表層	100
		上層路盤 (アスファルト安定処理)	180
		下層路盤 (セメント安定処理)	180
	(上下線) 三ヶ日 ～ 新城PA	表層	40
		旧表層	20
		基層	60
		上層路盤 (アスファルト安定処理)	180
		下層路盤 (セメント安定処理)	180
	(上下線) 新城PA ～ 豊川	表層	40
		旧表層	30
		基層	60
		上層路盤 (アスファルト安定処理)	200
		下層路盤 (セメント安定処理)	70

### 3.3.2 再修繕までの修繕間隔

図-3.5 に東名高速道路全体の上り線第一走行（走行）車線の舗装の修繕間隔ごとの区間数を示す。修繕間隔とは修繕を実施した年から再修繕までの年数、または、修繕した年から平成28年までの年数である。修繕とは表・基層の切削オーバーレイ工や路盤からの打換工である。延長100mの区間を一つとし、その中で複数の修繕箇所がある場合は、最も延長が長い箇所の修繕間隔をその区間の修繕間隔とした。

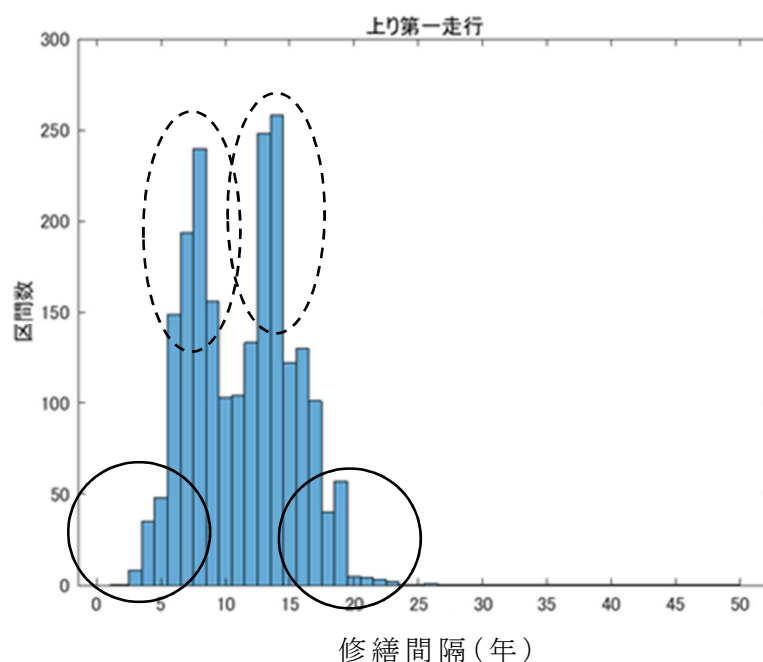


図-3.5 修繕間隔ごとの区間数（全線）上り

図-3.5 において修繕間隔のピークが二つある（点線円囲い）。右側のピーク（修繕間隔が13年から15年）は日本道路公団時代に施工した舗装である。その後、民営化の影響により施工数量は減少した。左側のピーク（修繕間隔が7年から8年）は、民営化後に実施された舗装修繕工事が一時的に多くなった箇所である。また、舗装の修繕間隔が比較的短い区間と長い区間（円で囲んだ箇所）がある。

図-3.6 から図-3.10 に各 HSC における修繕間隔ごとの区間数を示す。横浜 HSC、御殿場 HSC、富士 HSC においては、修繕間隔が15年以上の区間が少なく、横浜で HSC は6年から14年の区間数が多い。御殿場 HSC は修繕間隔が8年前後が多く、修繕間隔が他の HSC と比較して短い。富士 HSC はピークが二つあり、7年と13年である。静岡 HSC は6年から17年、浜松 HSC においては15年前後の区間が多くなっている。

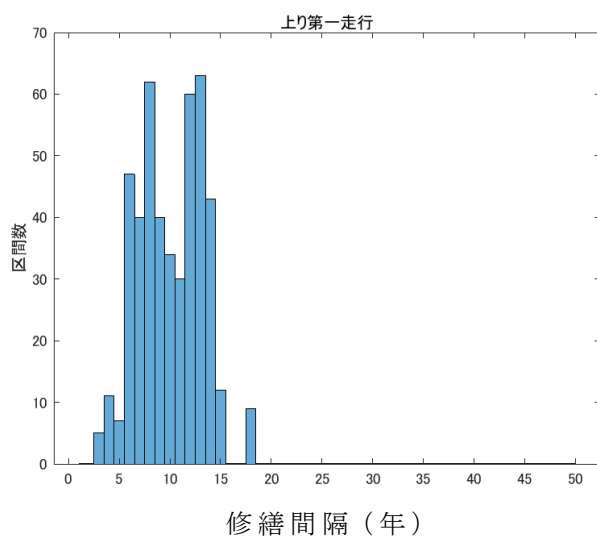


図-3.6 修繕間隔ごとの区間数（横浜）上り

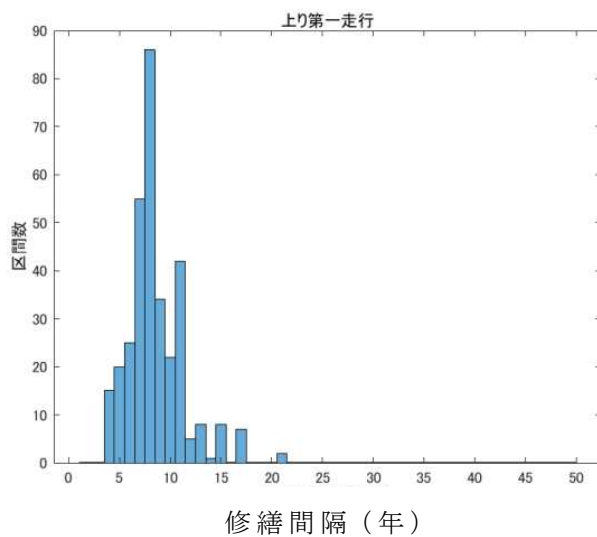


図-3.7 修繕間隔ごとの区間数（御殿場）上り

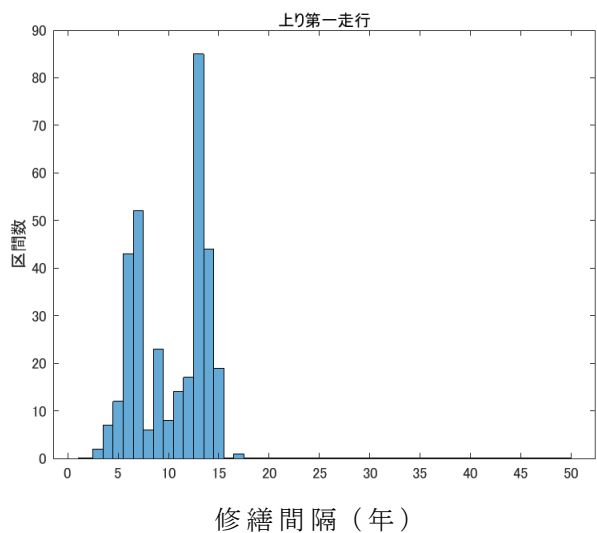


図-3.8 修繕間隔ごとの区間数（富士）上り

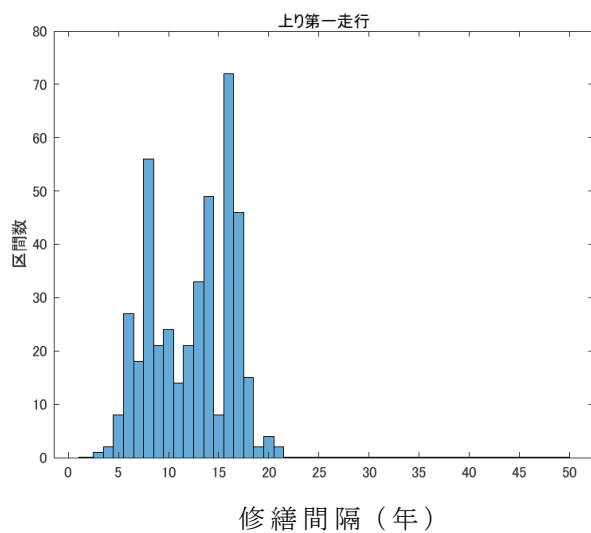


図-3.9 修繕間隔ごとの区間数（静岡）上り

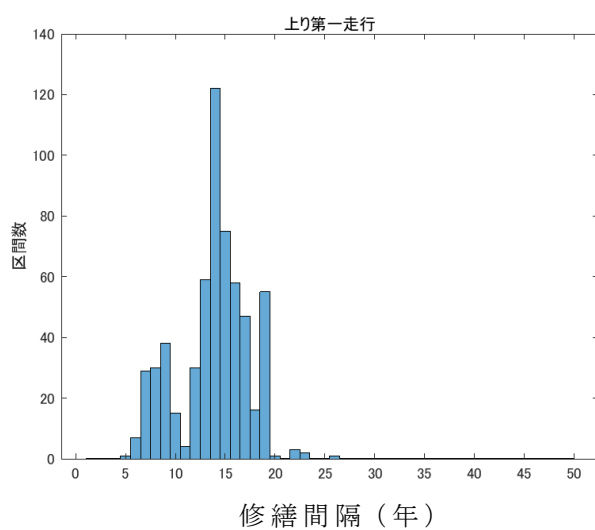


図-3.10 修繕間隔ごとの区間数（浜松）上り

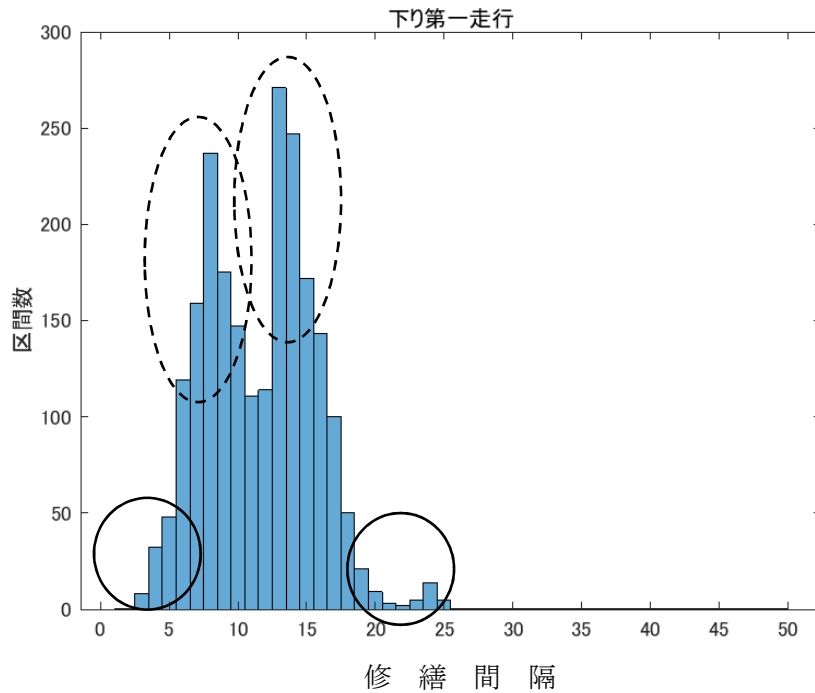


図-3.11 修繕間隔ごとの区間数（全線）下り

図-3.11 は下り線のデータである．下り線も上り線と同様な傾向であり，修繕間隔が5年以下と短い区間と20年以上の長い区間が存在する．図-3.12 から図-3.16 に各 HSC の修繕間隔を示す．

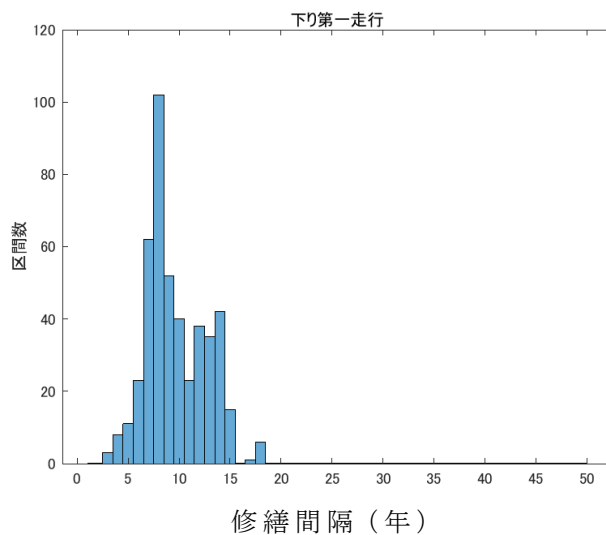


図-3.12 修繕間隔ごとの区間数（横浜）下り



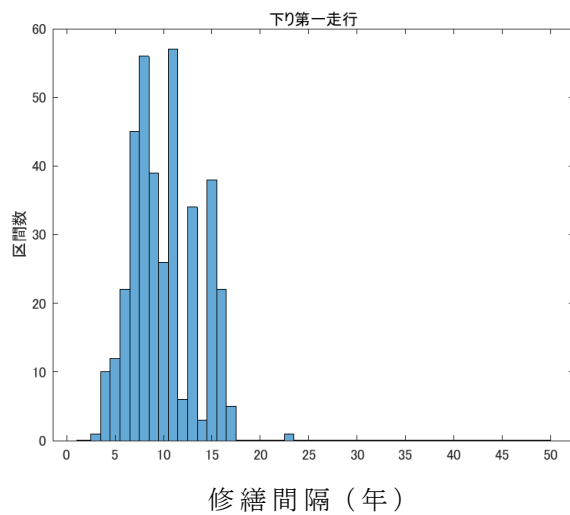


図-3.13 修繕間隔ごとの区間数（御殿場）下り

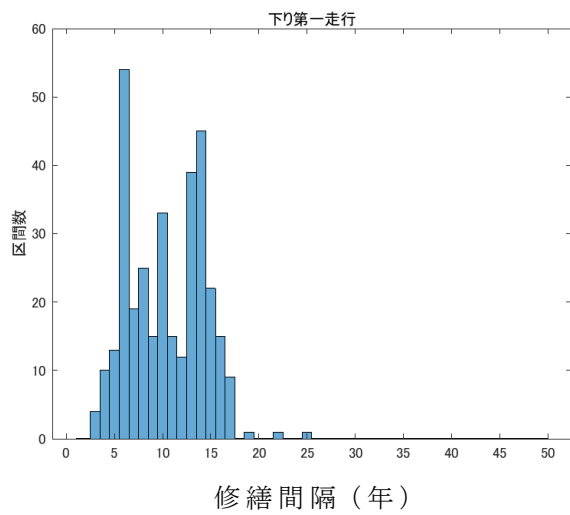


図-3.14 修繕間隔ごとの区間数（富士）下り

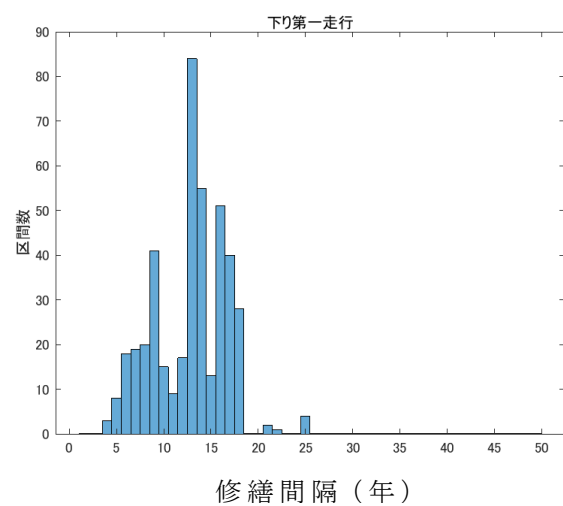


図-3.15 修繕間隔ごとの区間数（静岡）下り

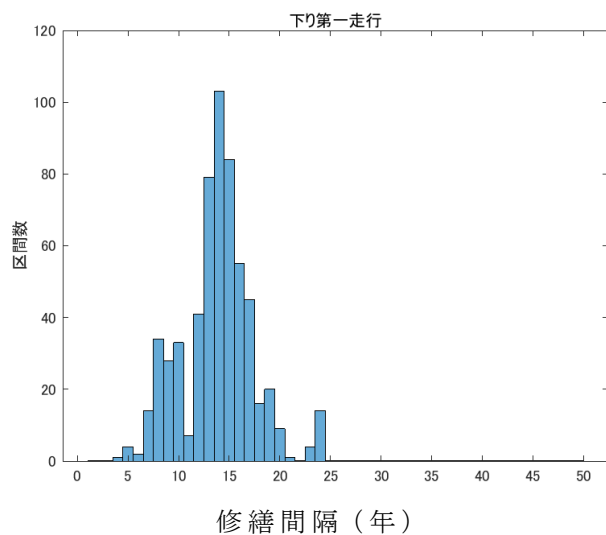


図-3.16 修繕間隔ごとの区間数（浜松）下り

各 HSC の下り線も上り線と同様な傾向であるが，横浜 HSC においては，修繕間隔が8年の区間が増加している．御殿場 HSC においても8年の区間が増加しているが，15年前後の区間も増加している．富士 HSC は6年の区間が増加している．静岡 HSC，浜松 HSC は上り線と同様な傾向である．

修繕間隔が短い区間と長い区間の違いを明らかにするために、修繕間隔の下位10%と上位10%、残りの80%に分割した。修繕間隔は短いグループが6年以下、中期のグループは7年以上15年以下、長期のグループは16年以上となった。上り線における各 HSC の修繕間隔の割合を図-3.17に示す。横浜 HSC の短期グループは13%、御殿場 HSC は19%、富士 HSC は15%であった。静岡 HSC は8%、浜松 HSC は1%と少ない。一方、静岡 HSC、浜松 HSC の長期グループは他と比較して多く、20%を超えている。下り線も同様な傾向であった。

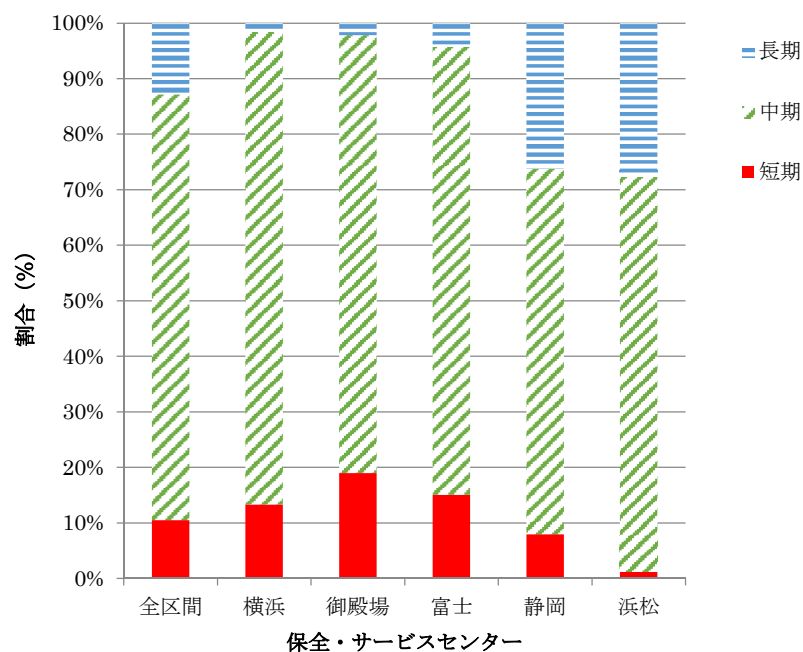


図-3.17 各 HSC の修繕間隔の割合（上り線）

### 3.3.3 修繕間隔の違いによる FWD データの分析

図-3.18, 図-3.19, 図-3.20 に東名高速道路全線における FWD データ (D0) を示す。図-3.21 に記号の凡例を示す。

D0 は上下線で同様な傾向であったため上下線合わせたグラフとした。横軸の供用年数とは修繕後から FWD 測定を実施した年までの年数である。供用年 0 年とは修繕後 1 年以内、1 年は修繕 1 年後の測定である。

図-3.18 は修繕間隔が短いグループのグラフである。修繕間隔は 6 年以下である。D0 平均値は 0.26mm であった。

図-3.19 は修繕間隔が中期のグループの D0 である。このグループの修繕間隔は 7 年から 15 年である。修繕した後に再修繕まで、または現在までの間に測定したデータであるため、0 年から 6 年までのデータも存在している。このグループの D0 は修繕からの経過年が大きくなるに従い小さくなる傾向である。D0 平均値は 0.17mm であった。

図-3.20 は修繕間隔が 16 年以上のグループの D0 である。平均値は 0.12mm であった。

3 グループの D0 平均値を比較すると、それが大きくなると修繕間隔は短くなり、小さくなると修繕間隔が長くなる結果になった。最大値は中期グループが最も大きくなったが、局所的に路盤が損傷している箇所があったと考えられる。D0 が修繕間隔に影響を与えることは明確であり、短期グループの D0 平均値 0.26mm と中期グループの D0 平均値 0.17mm の間である 0.2mm 程度が、舗装の長期使用性を維持できる境界であることは既往の論文<sup>2)3)</sup>と同様な結果を得た。

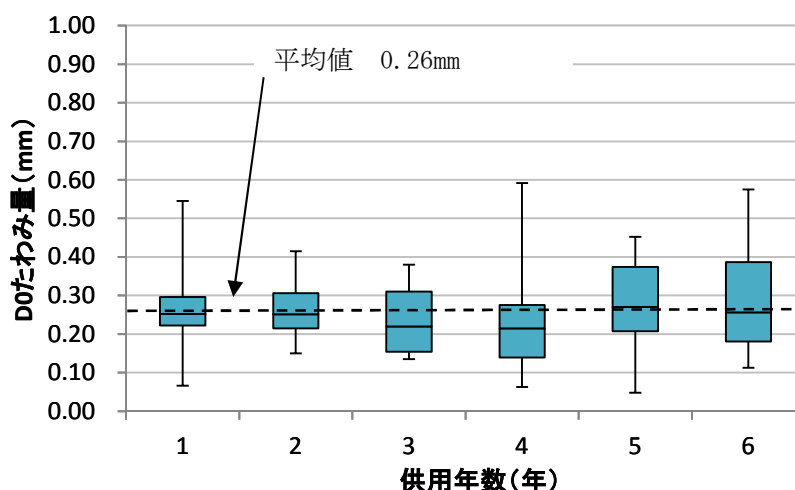


図-3.18 D0 たわみ量 短期グループ

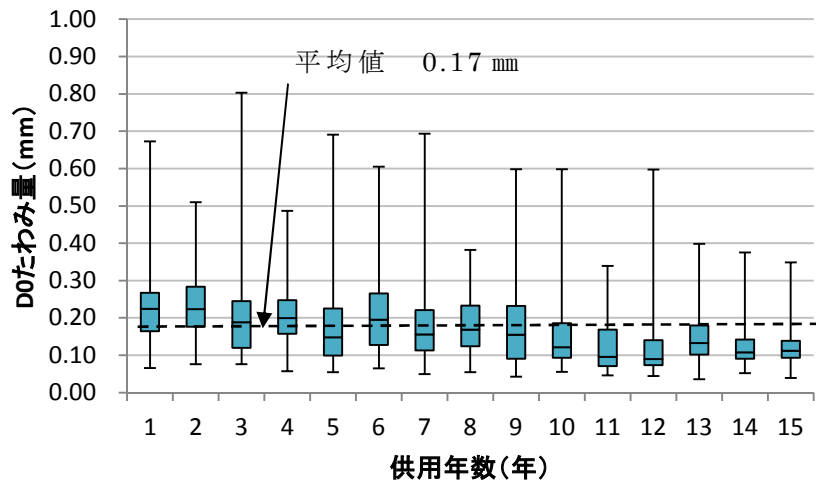


図-3.19 D0 たわみ量 中期グループ

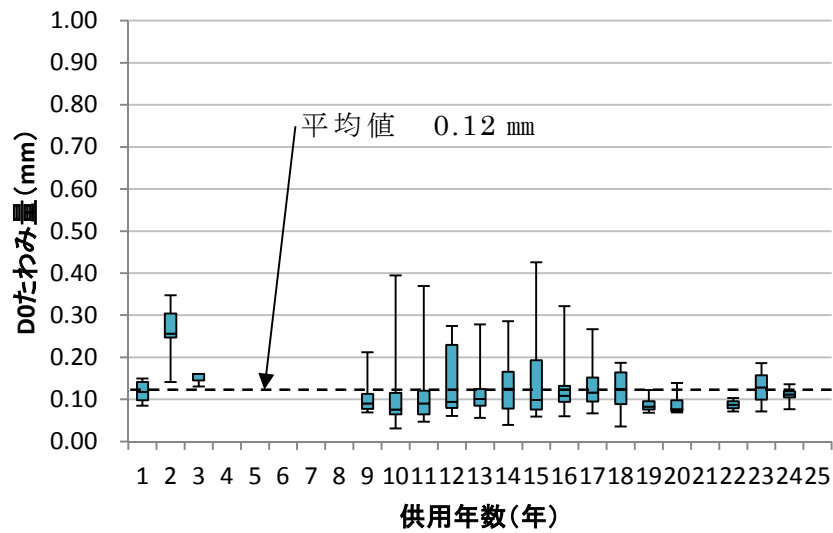


図-3.20 D0 たわみ量 長期グループ

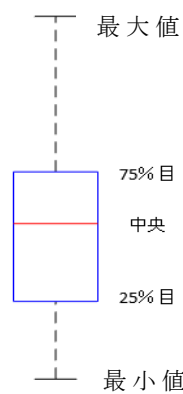


図-3.21 グラフの凡例

次に各 HSC の D0 のヒストグラムを示す．**図-3.22** は横浜 HSC，**図-3.23** は御殿場 HSC，**図-3.24** は富士 HSC，**図-3.25** は静岡 HSC，**図-3.26** は浜松 HSC の上り線，第 1 走行車線のデータである．横浜 HSC においては，D0 が 0.2 mm 以上の区間数が測定区間数の 40.9%であった．修繕間隔が短いグループと中期，長期グループの D0 の境界が 0.2 mm 程度であるとする と，D0 が 0.2 mm 以上の区間は早期に損傷し，修繕に至る可能性がある．すべての区間が早期に破壊されるわけではないが，横浜 HSC では D0 が 0.2mm 以上ある約 40%が早期破壊予備群といえる．同様に御殿場 HSC，富士 HSC，静岡 HSC における D0 が 0.2 mm 以上の区間割合は，80.7%，63.1%，25.4%であった．浜松 HSC においては 1.6%と小さい．浜松 HSC の舗装のたわみ量は小さく，このことが浜松 HSC の修繕間隔が短い理由の一つであると考えられる．

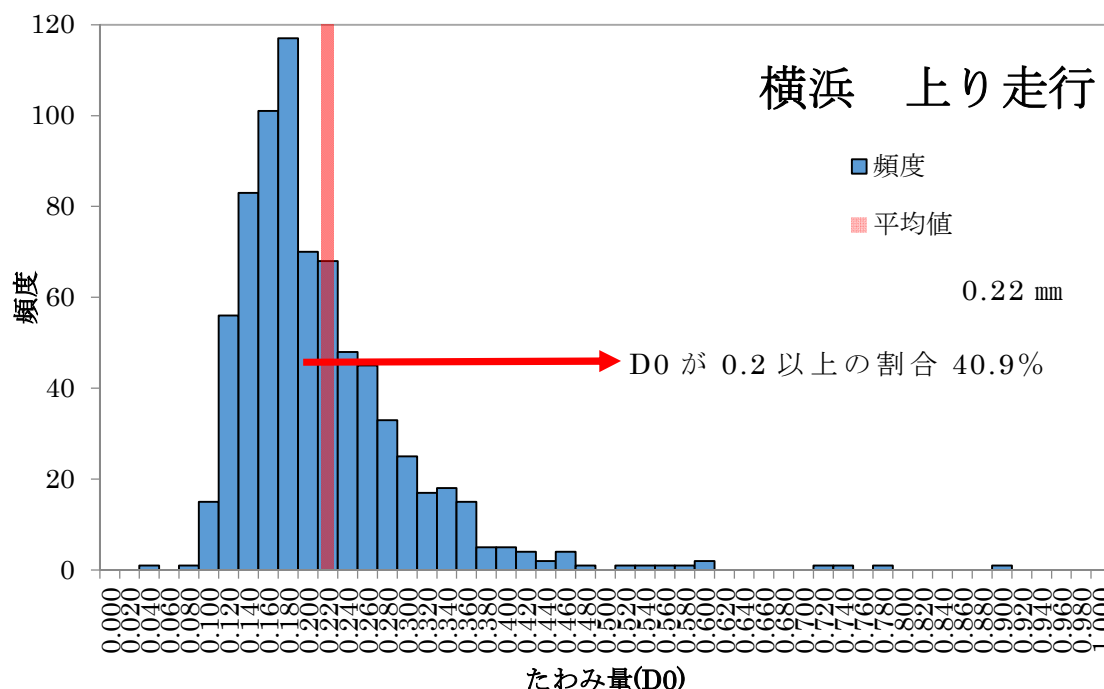


図-3.22 D0（横浜上り）

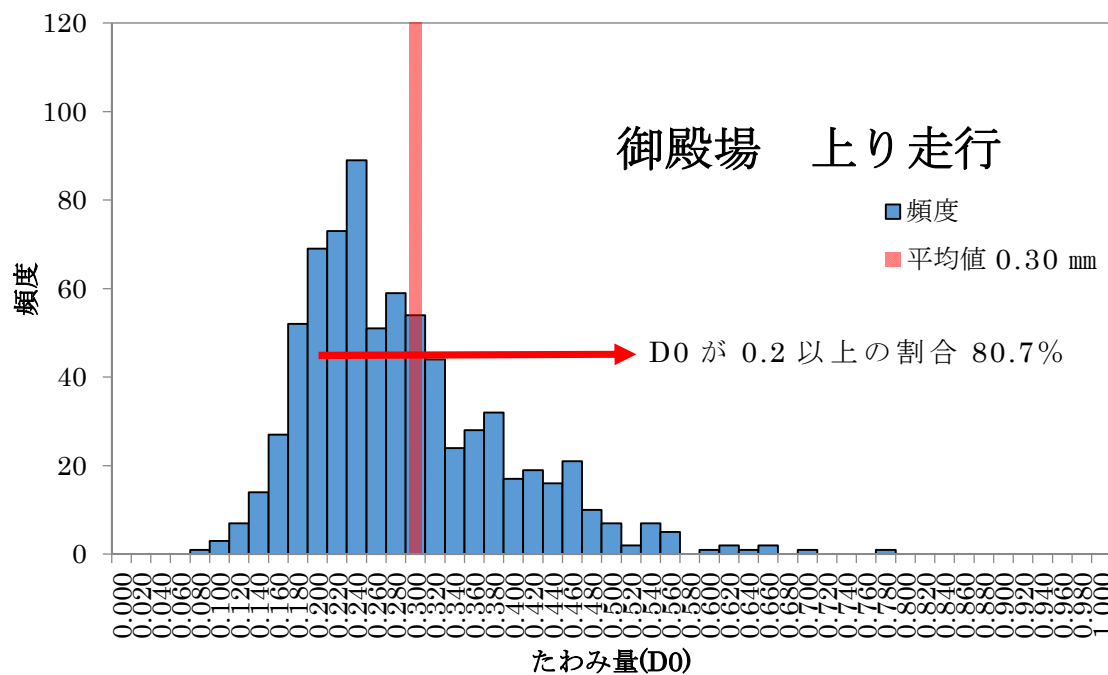


図-3.23 D0（御殿場上り）

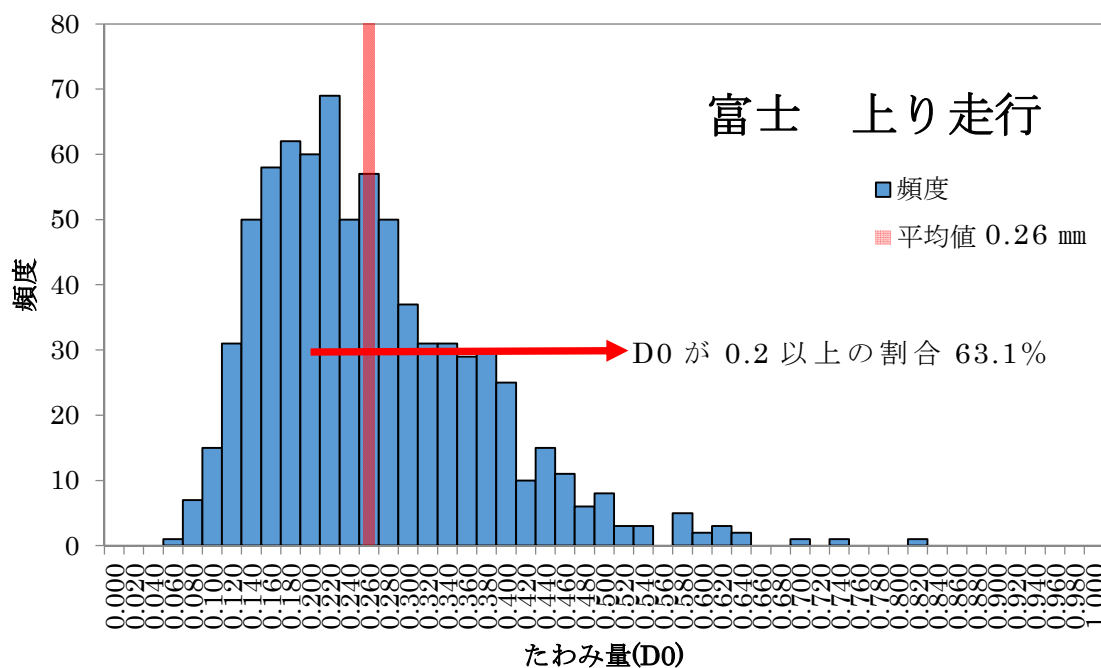


図-3.24 D0（富士上り）

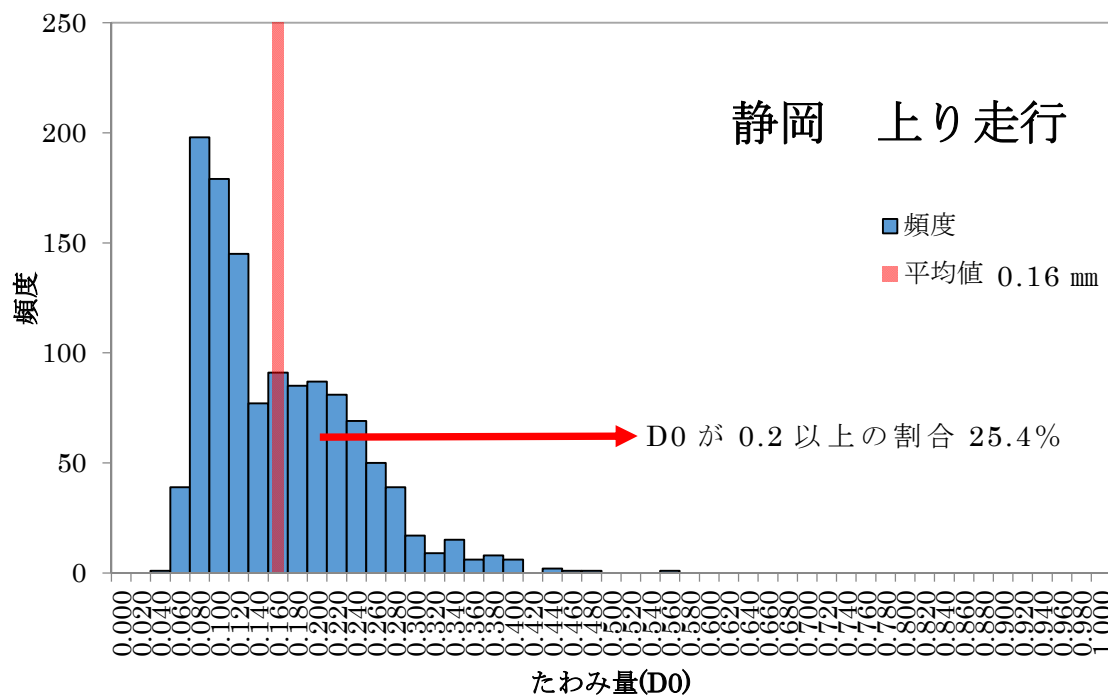


図-3.25 D0（静岡上り）

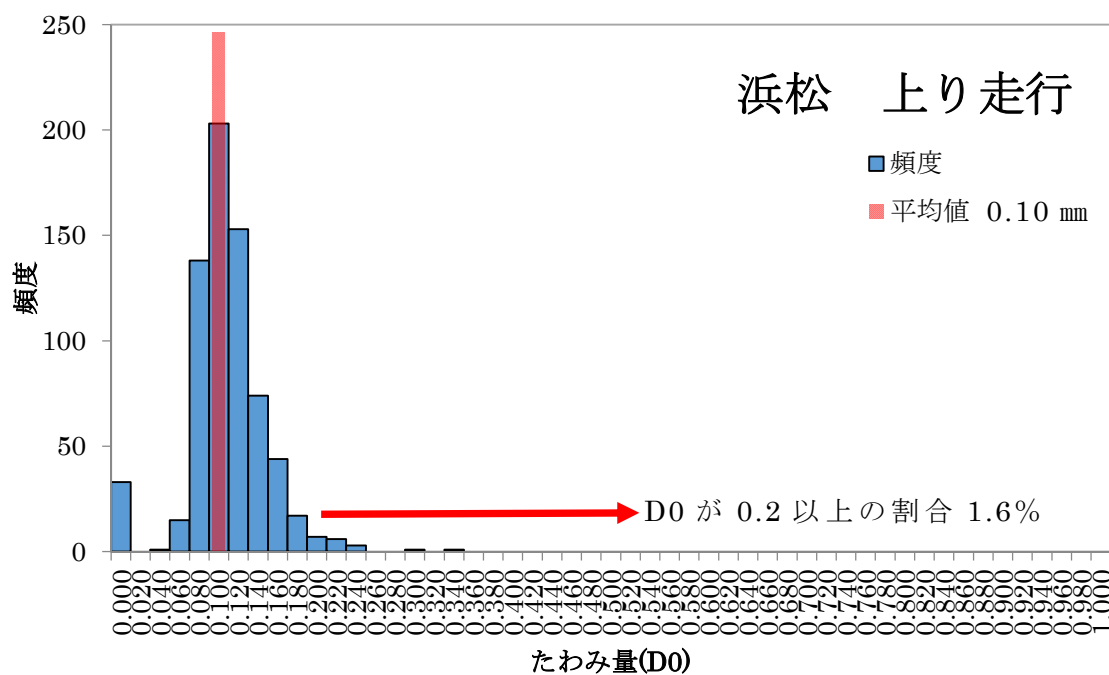


図-3.26 D0（浜松上り）



### 3.3.4 路面性状値（ひび割れ）の分析

この項ではひび割れ率を(2)項で述べた修繕間隔（6年以下，7年以上15年以下，16年以上）ごとのグループ，各 HSC に分けて分析した結果を記述する．

左図はデータのプロット図，右図は平均値である．横軸は FWD と同様に供用年数である．

図-3.27，図-3.28，図-3.29 に横浜 HSC の短期グループ，中期グループ，長期グループのひび割れ率の結果を示す．以下，図-3.30，図-3.31，図-3.32 に御殿場 HSC，図-3.33，図-3.34，図-3.35 に富士 HSC，図-3.36，図-3.37，図-3.38 に静岡 HSC，図-3.39，図-3.40，図-3.41 に浜松 HSC の結果を示す．

横浜 HSC の短期グループにおいては，供用 4 年目，6 年目にひび割れが大きくなっている箇所がある．中期グループは 2 年目から 9 年目に 10%を超える箇所があるが，平均値は減少している．横浜のひび割れは修繕初期に増加する箇所があり，それ以外は一定傾向である．

御殿場 HSC は，短期グループでは大きなひび割れ箇所は 1 か所除いてない．中期グループでは，平均値が 1 年目に 0%程度であったが 15 年目に 3%程度に達しており，経年的に増加傾向である．

富士 HSC は短期グループにおいて 3 年目から約 10%以上になっている箇所がある．

静岡 HSC は中期グループの 9 年目以降，長期グループの 14 年目以降に 10%を超えており，経年的に増加傾向である．

浜松 HSC のひび割れ率は全期間，小さい傾向である．

ひび割れの発生傾向は，横浜 HSC や富士 HSC においては修繕後早期に大きく発生している．御殿場 HSC や静岡 HSC においては中期グループにおいて経年的に増加している．静岡 HSC においては 10 年以上経過した路面において大きく発展していくと考えられる．



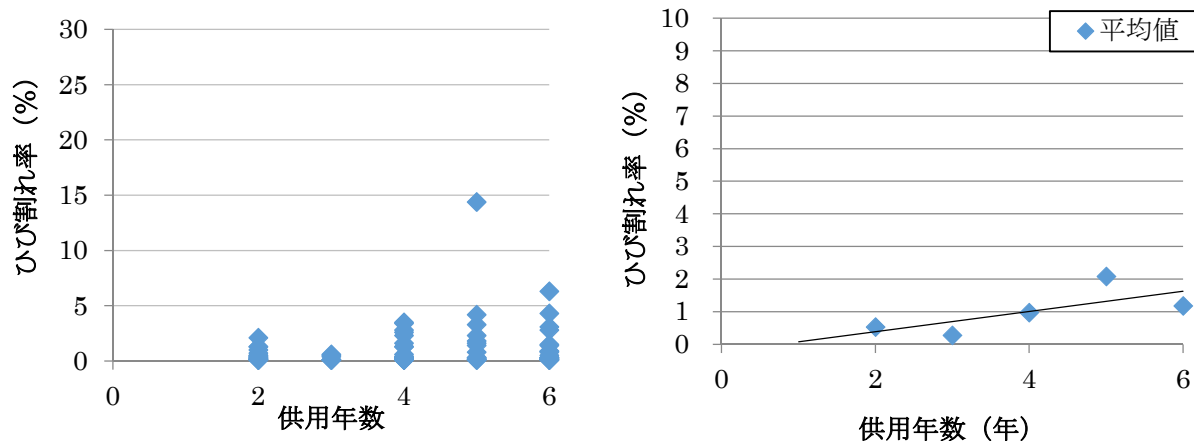


図-3.30 短期グループひび割れ率（御殿場上り）

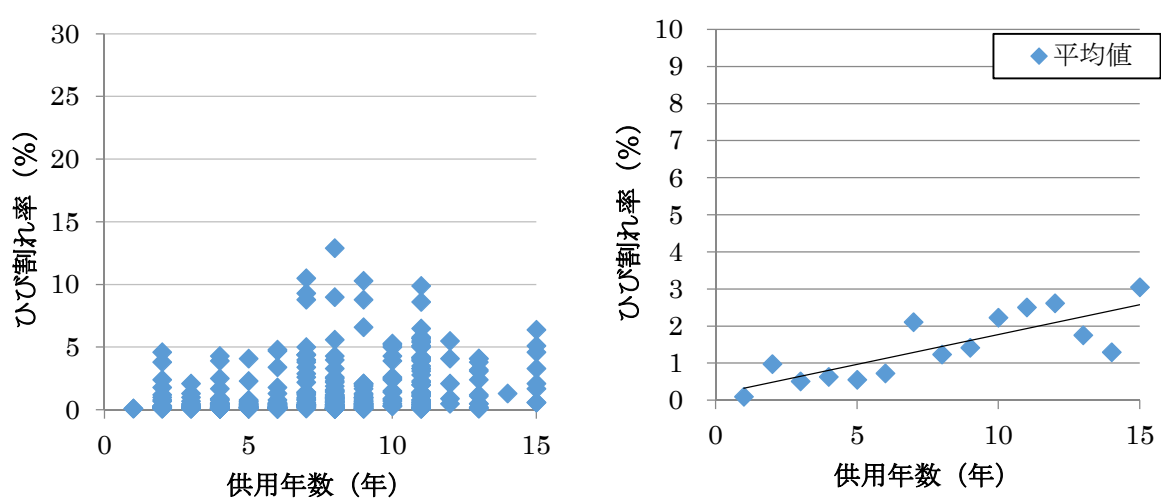


図-3.31 中期グループひび割れ率（御殿場上り）

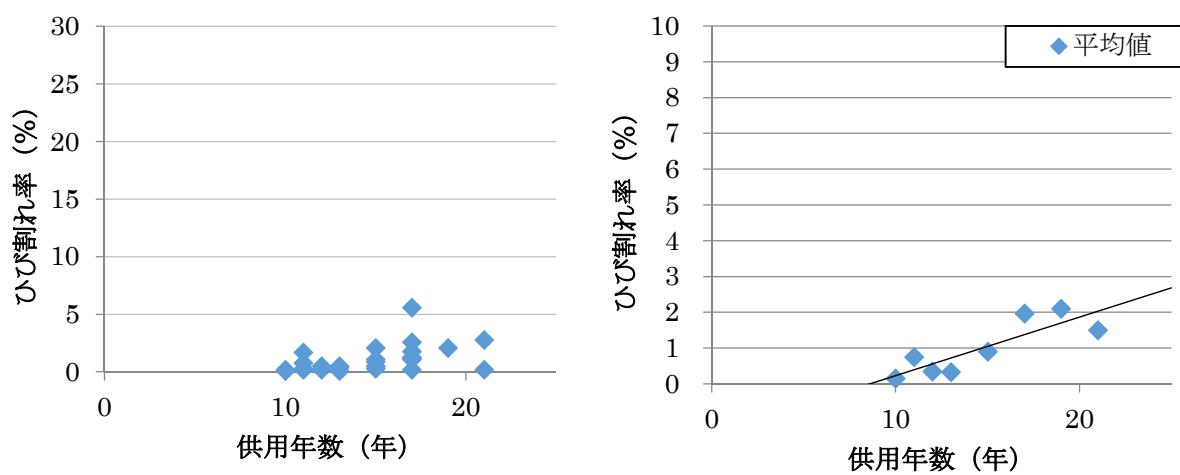


図-3.32 長期グループひび割れ率（御殿場上り）

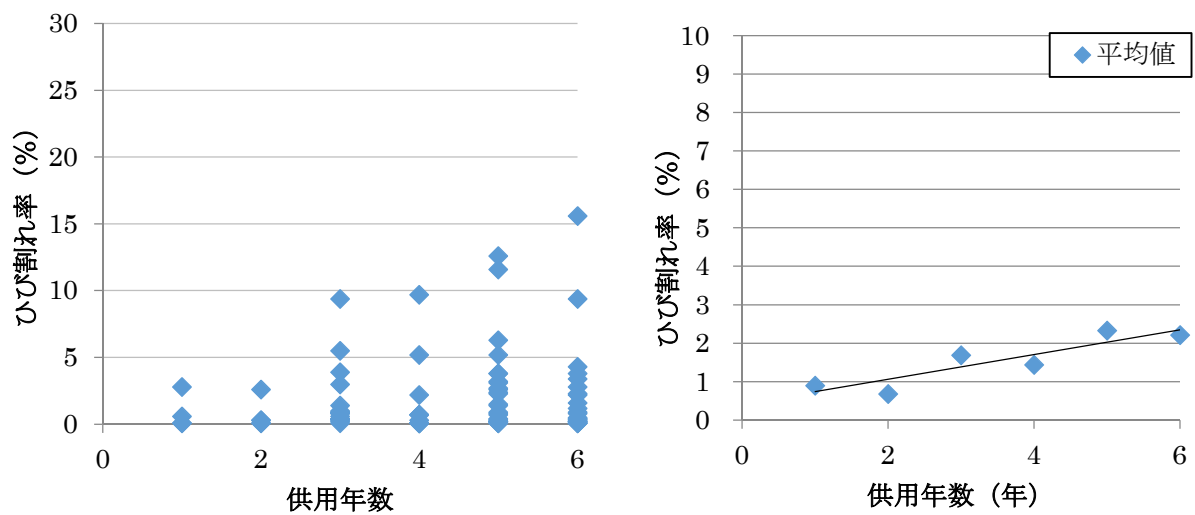


図-3.33 短期グループひび割れ率（富士上り）

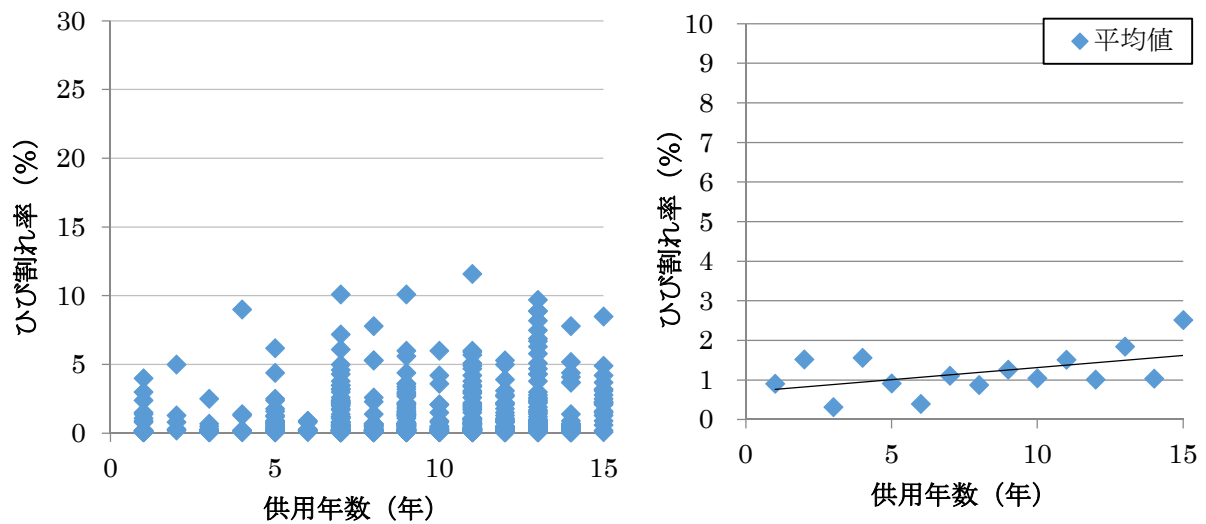


図-3.34 中期グループひび割れ率（富士上り）

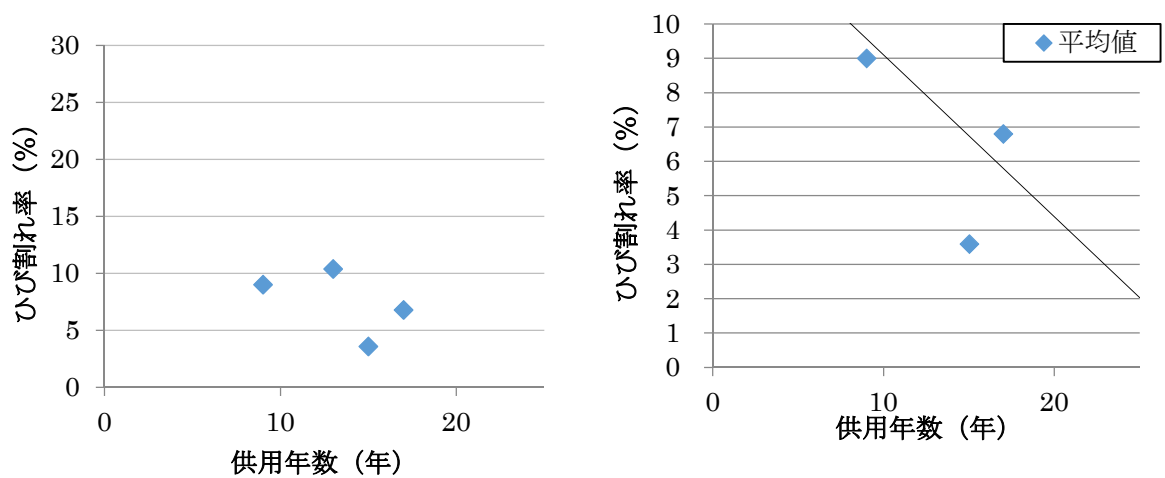


図-3.35 長期グループひび割れ率（富士上り）

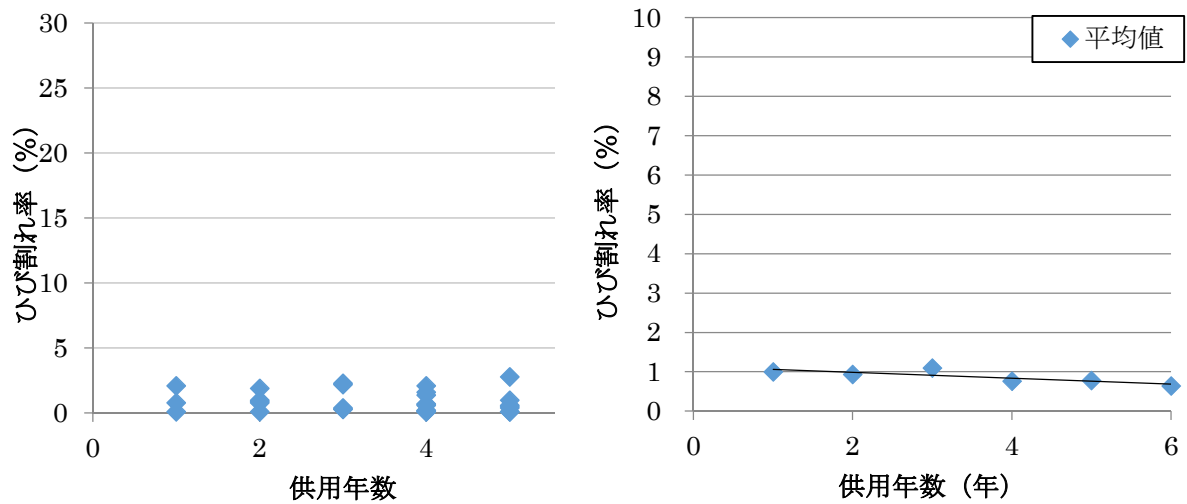


図-3.36 短期グループひび割れ率（静岡上り）

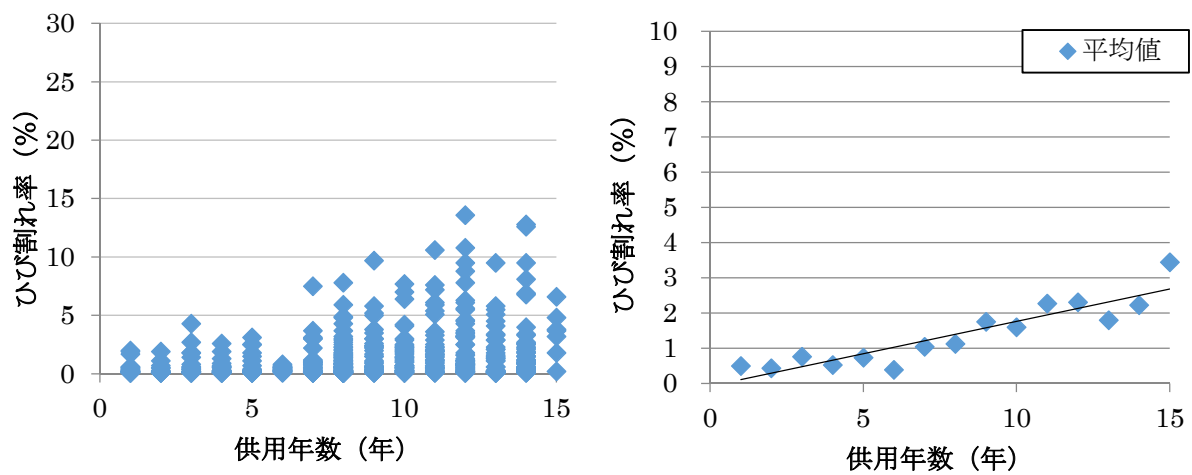


図-3.37 中期グループひび割れ率（静岡上り）

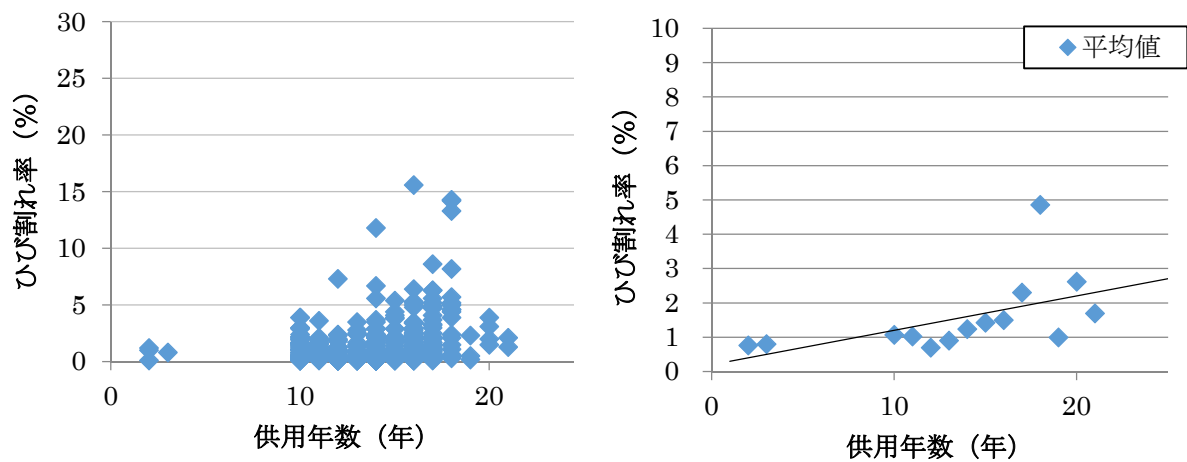


図-3.38 長期グループひび割れ率（静岡上り）

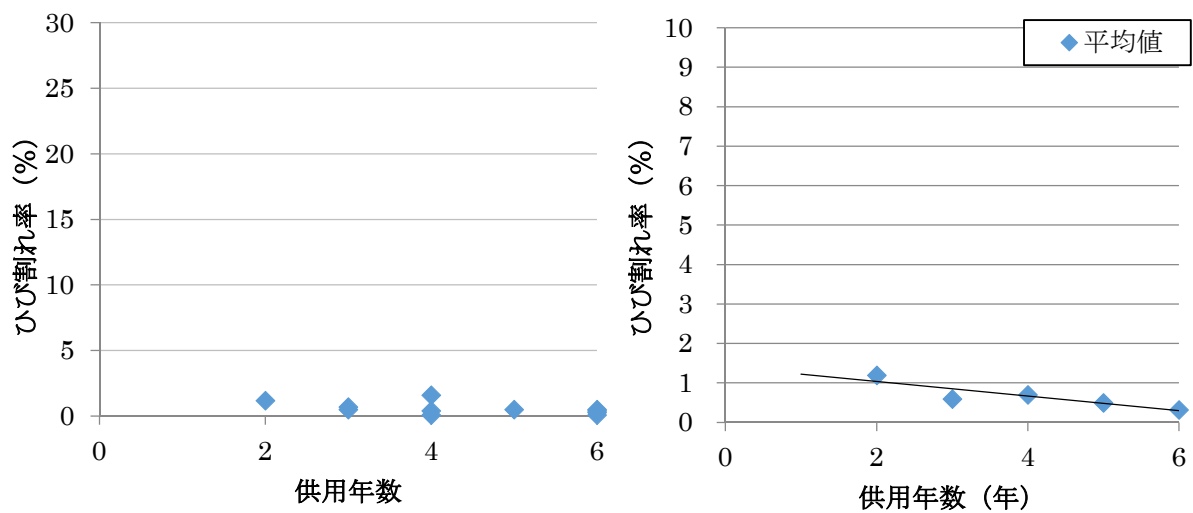


図-3.39 短期グループひび割れ率（浜松上り）

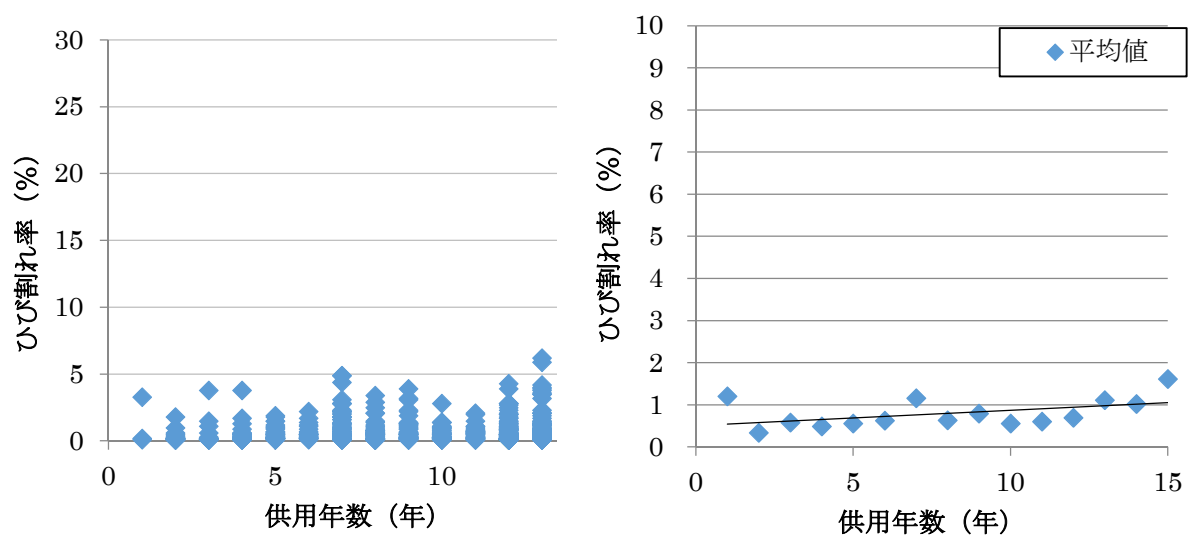


図-3.40 中期グループひび割れ率（浜松上り）

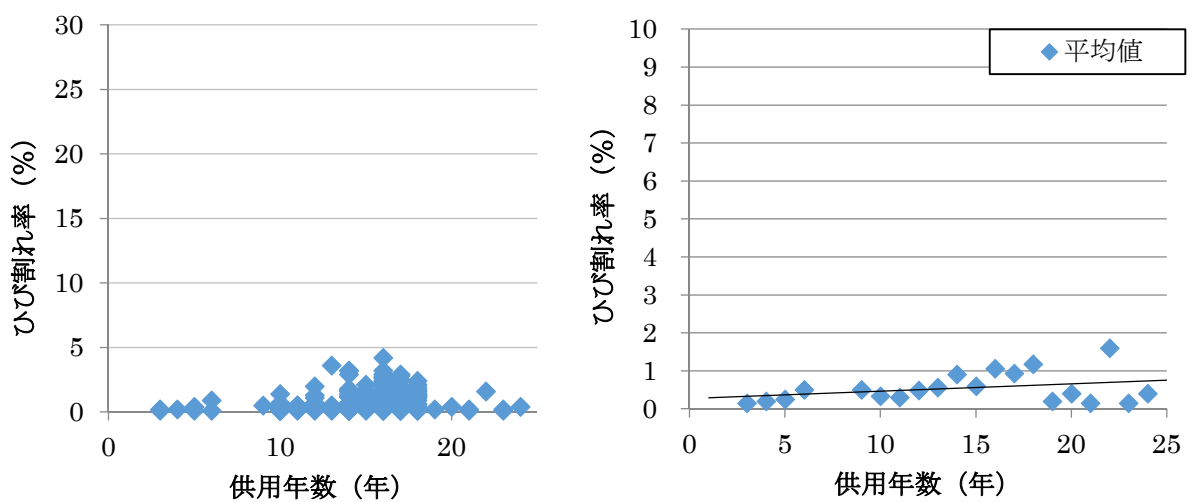


図-3.41 長期グループひび割れ率（浜松上り）

### 3.3.5 路面性状値（わだち掘れ）の分析

この項ではわだち掘れ量を(2)項で述べた修繕間隔(6年以下,7年以上15年以下,16年以上)ごとのグループ,各HSCに分けて分析した結果を記述する.

左図はデータのプロット図,右図は平均値である.横軸はFWDと同様に供用年数である.

図-3.42, 図-3.43, 図-3.44に横浜HSCの短期グループ,中期グループ,長期グループのひび割れ率の結果を示す.以下,図-3.45, 図-3.46, 図-3.47に御殿場HSC, 図-3.48, 図-3.49, 図-3.50に富士HSC, 図-3.51, 図-3.52, 図-3.53に静岡HSC, 図-3.54, 図-3.55, 図-3.56に浜松HSCの結果を示す.

横浜HSC,富士HSC,静岡HSC,浜松HSCの短期グループのわだち掘れ量は,ほぼ15mm以下であり,進行量も少ない.しかし,御殿場HSCにおいては修繕後1年目に25mm程度に達している箇所があるため,施工方法,路盤の状態に何か問題があると思案される.

各HSCの中期グループは平均値が約7mmから約9mm程度と漸増しているが,補修目標値の25mmには達していない.静岡HSCの1年目,2年目のわだち掘れが他の供用年数と比較して大きくなっている.

わだち掘れ量は,補修基準値の25mmを超える箇所は少なく,路面管理上は重要項目ではないが,修繕後早期に大きくなっている箇所があるため,原因解明のため詳細調査が必要である.

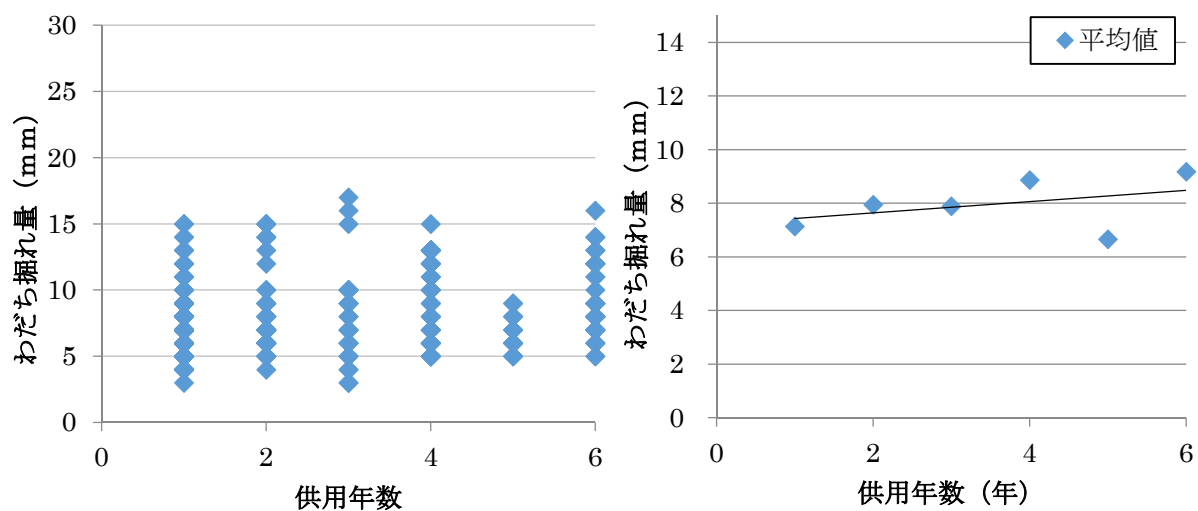


図-3.42 短期グループわだち掘れ（横浜上り）

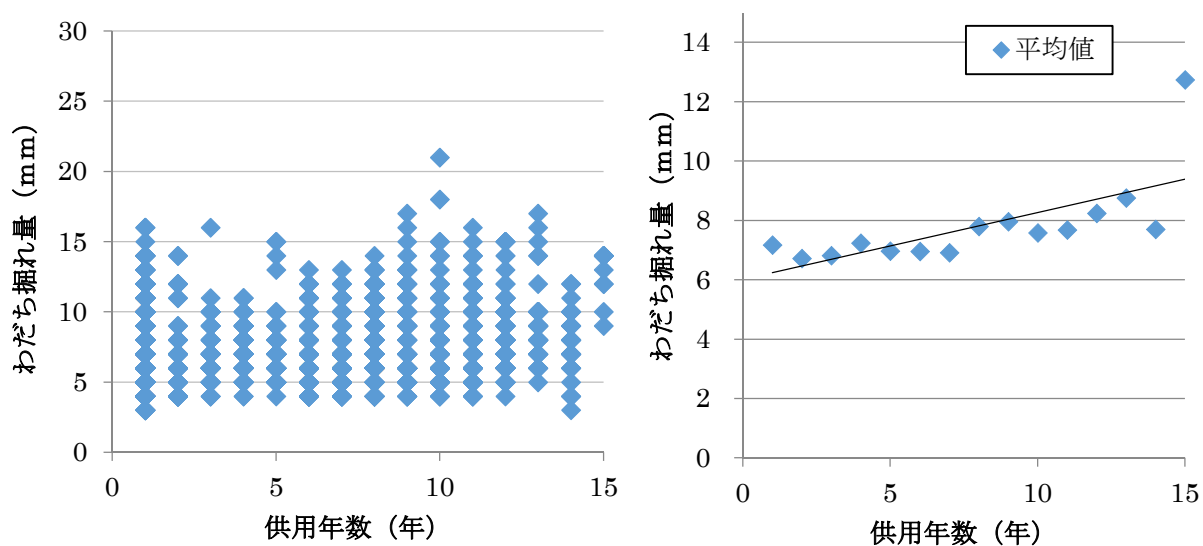


図-3.43 中期グループわだち掘れ（横浜上り）

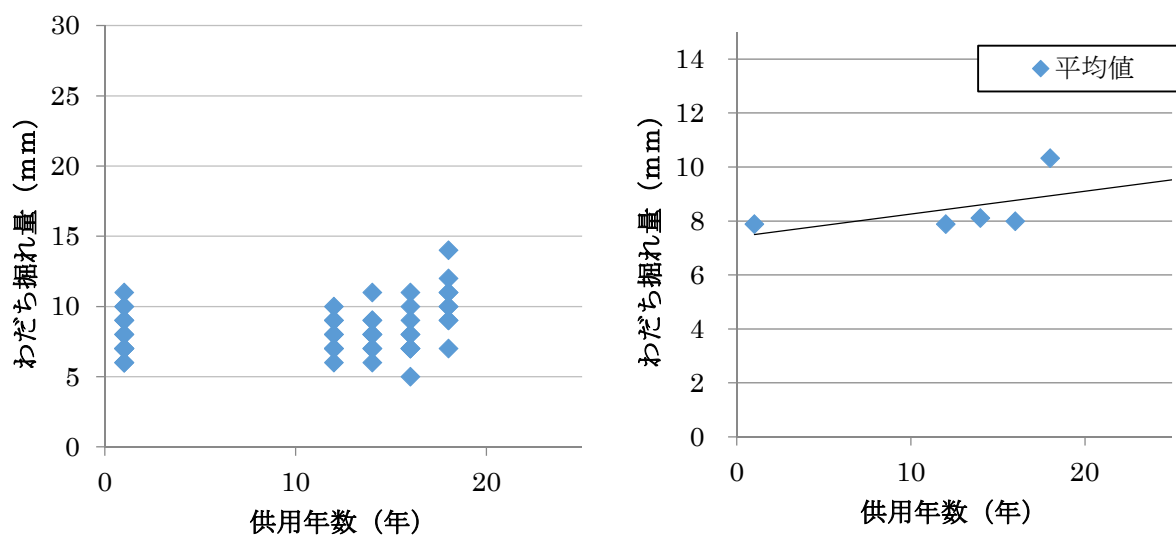


図-3.44 長期グループわだち掘れ（横浜上り）



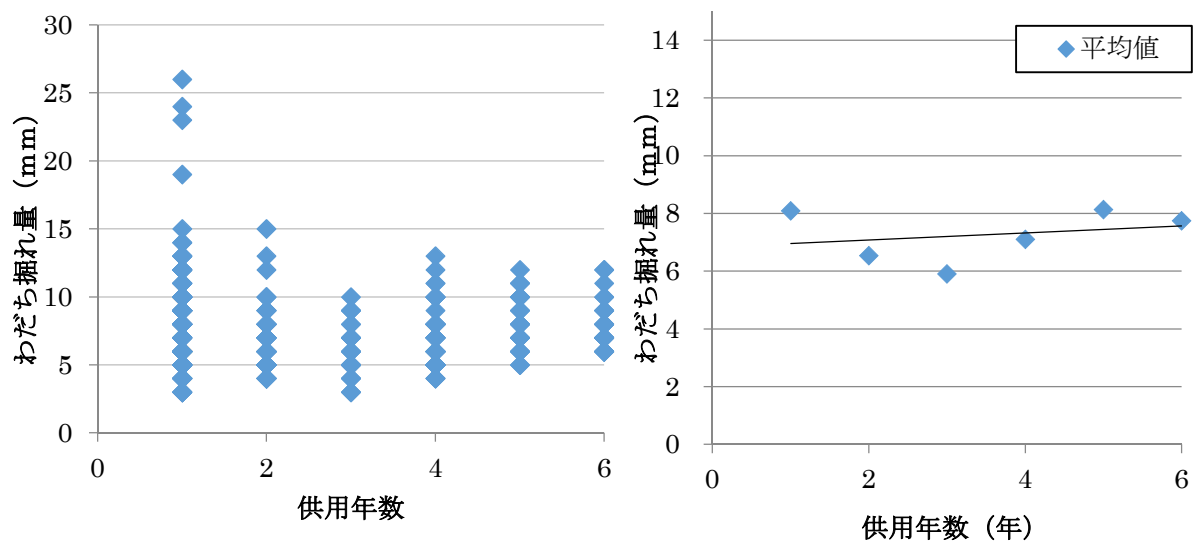


図-3.45 短期グループわだち掘れ（御殿場上り）

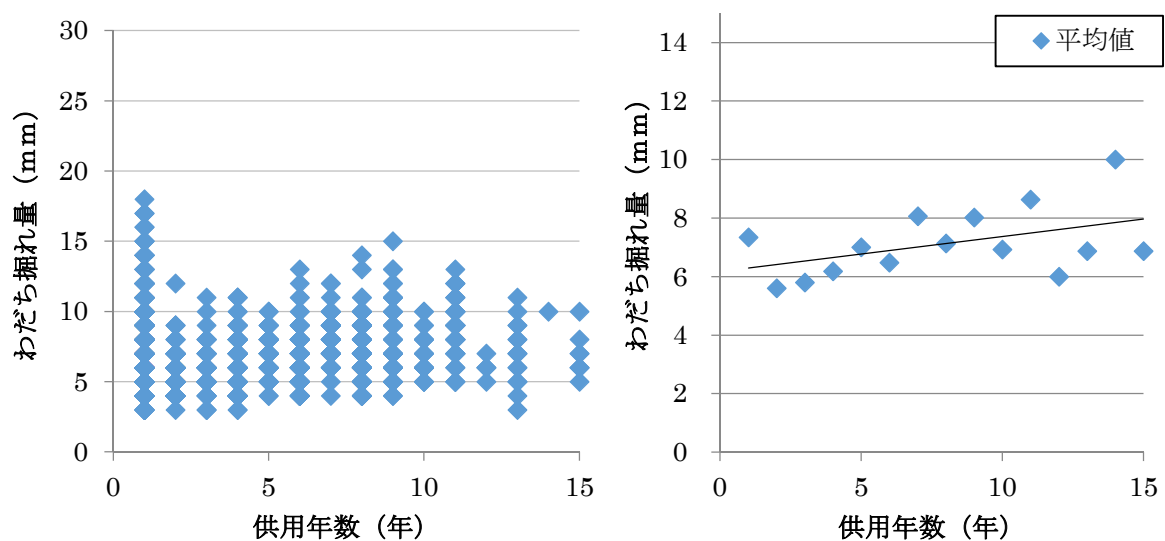


図-3.46 中期グループわだち掘れ（御殿場上り）

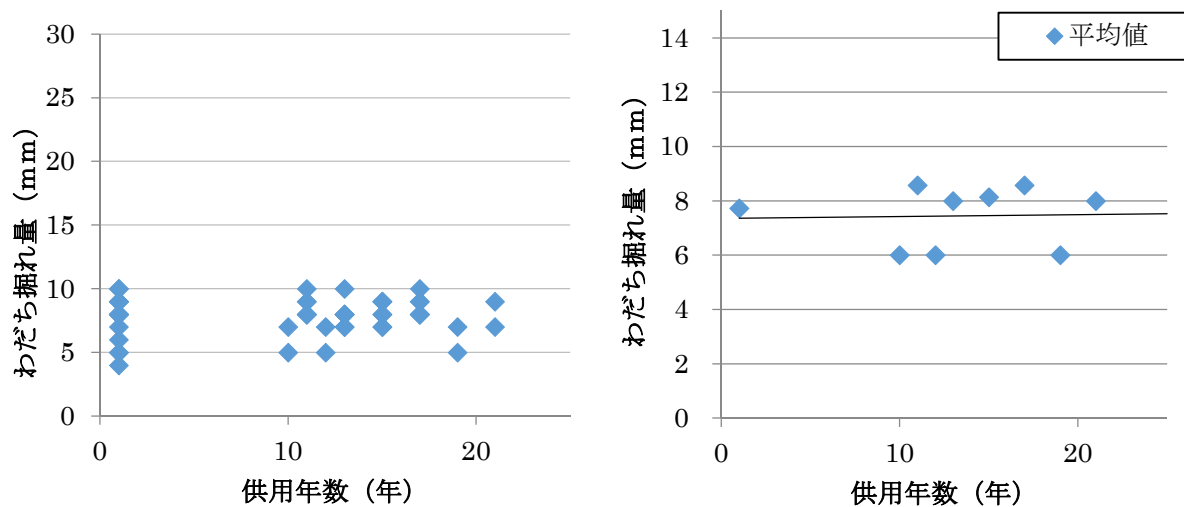


図-3.47 長期グループわだち掘れ（御殿場上り）

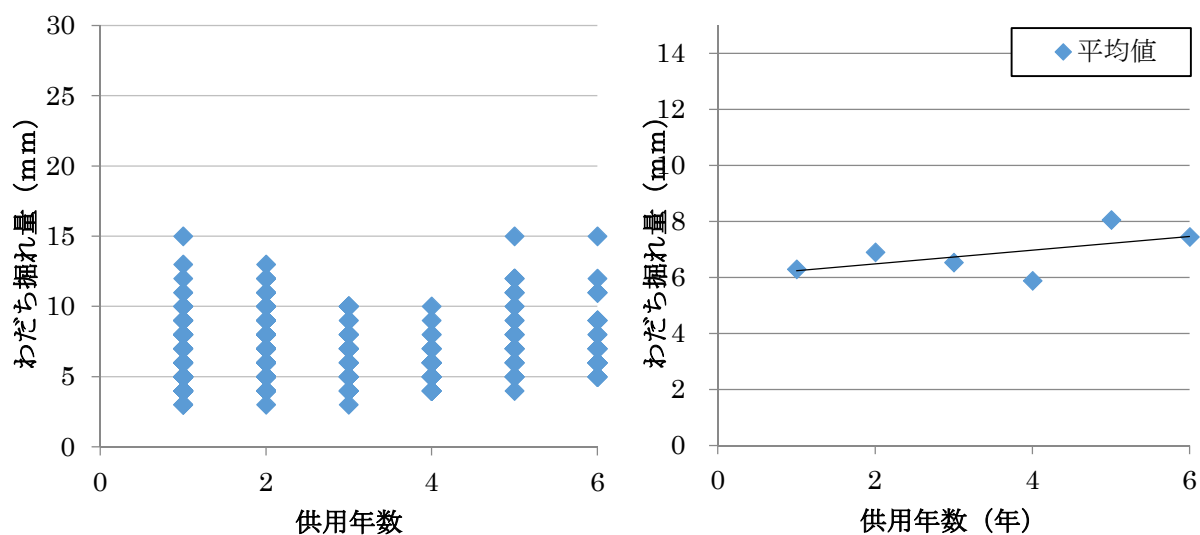


図-3.48 短期グループわだち掘れ（富士上り）

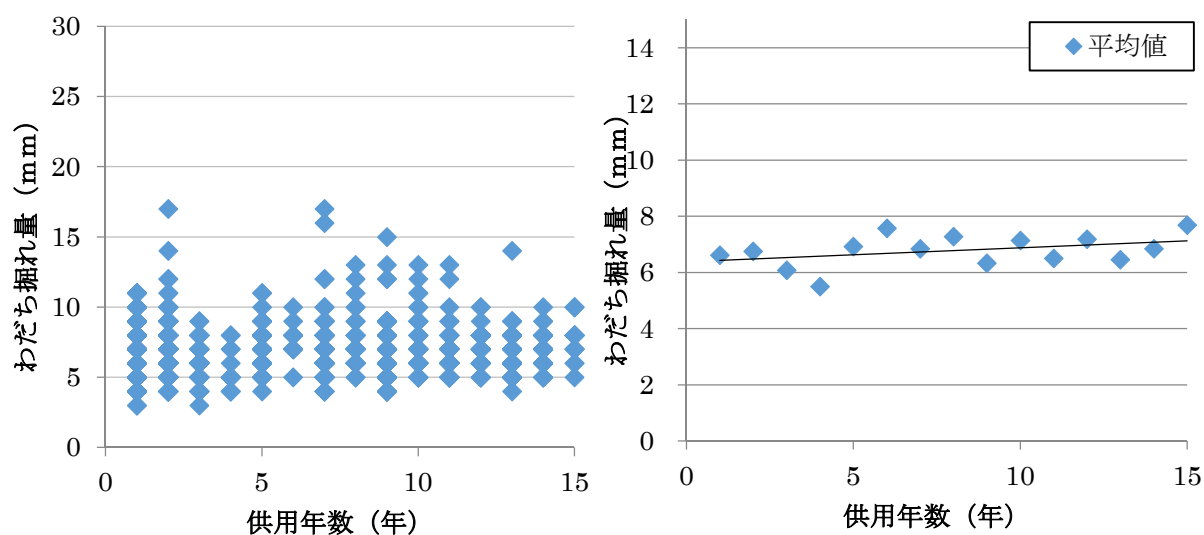


図-3.49 中期グループわだち掘れ（富士上り）

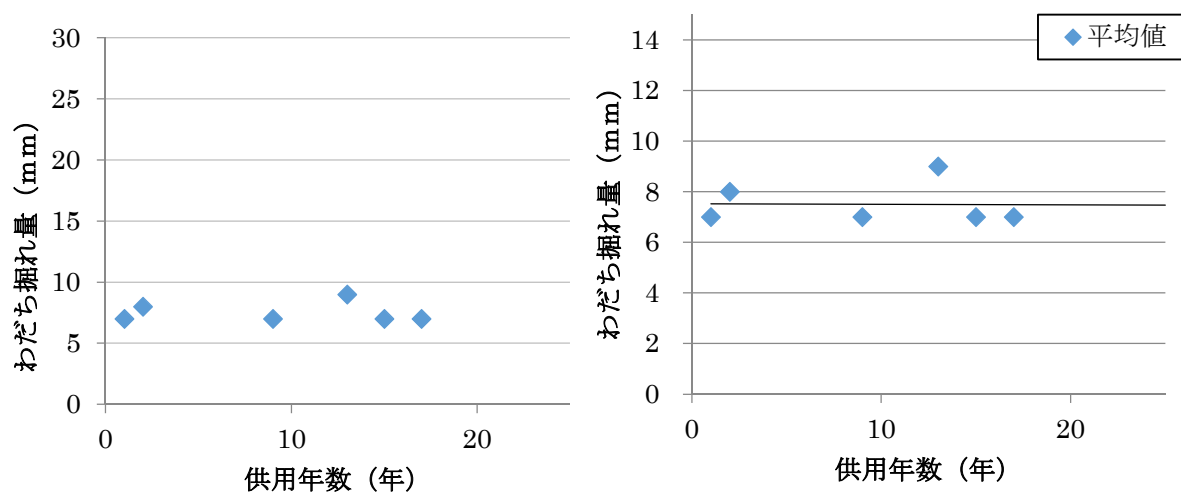


図-3.50 長期グループわだち掘れ（富士上り）

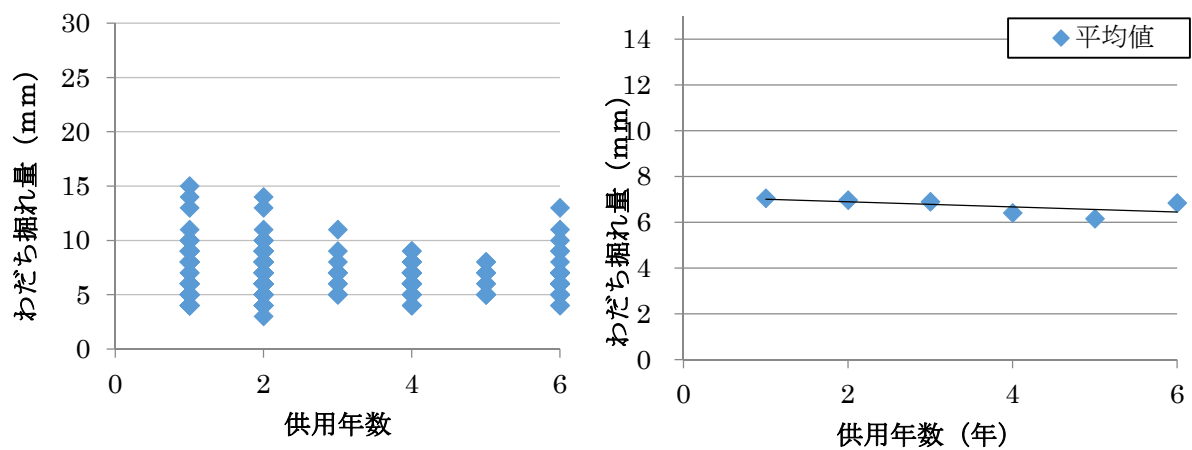


図-3.51 短期グループわだち掘れ（静岡上り）

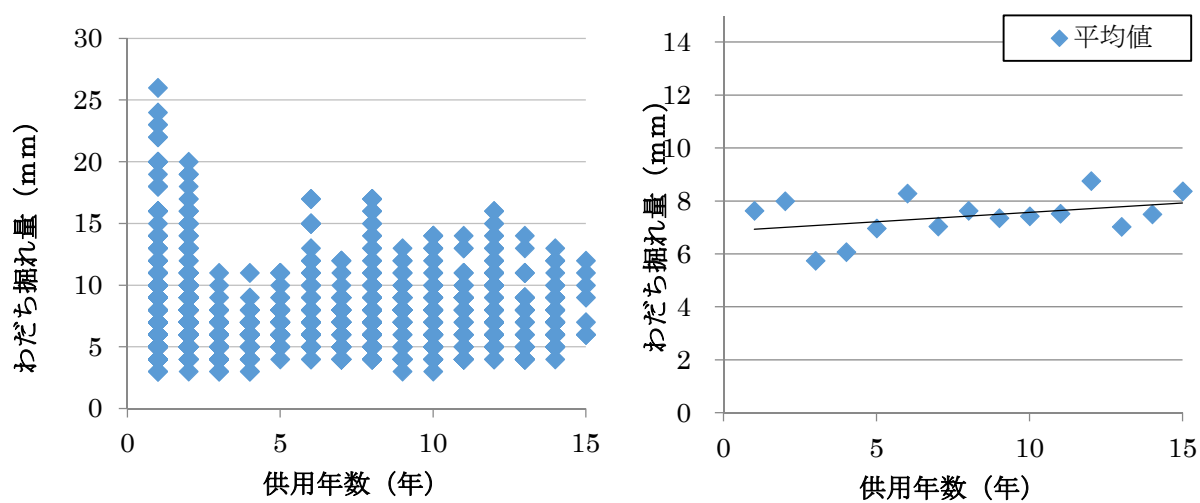


図-3.52 中期グループわだち掘れ（静岡上り）

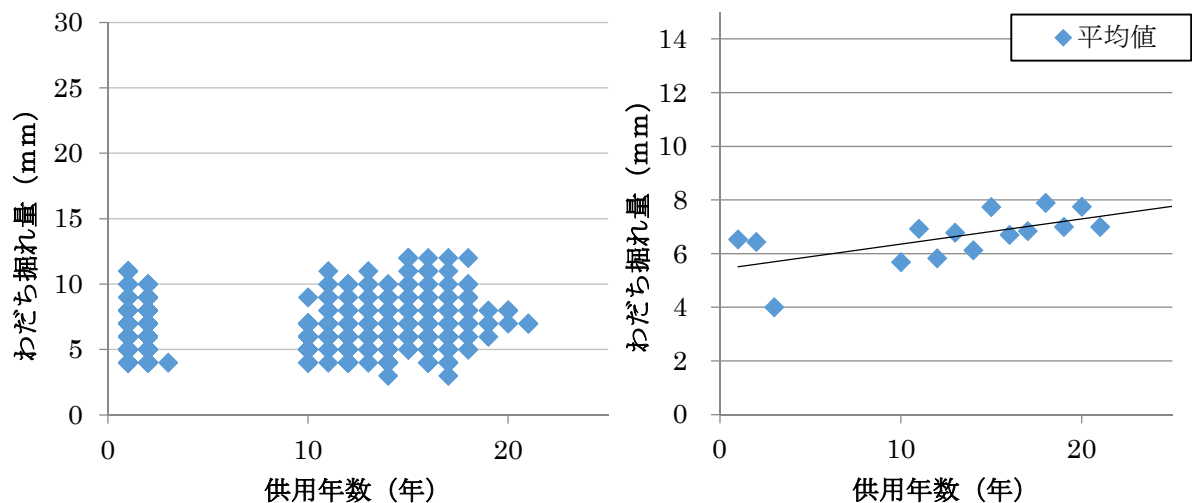


図-3.53 長期グループわだち掘れ（静岡上り）

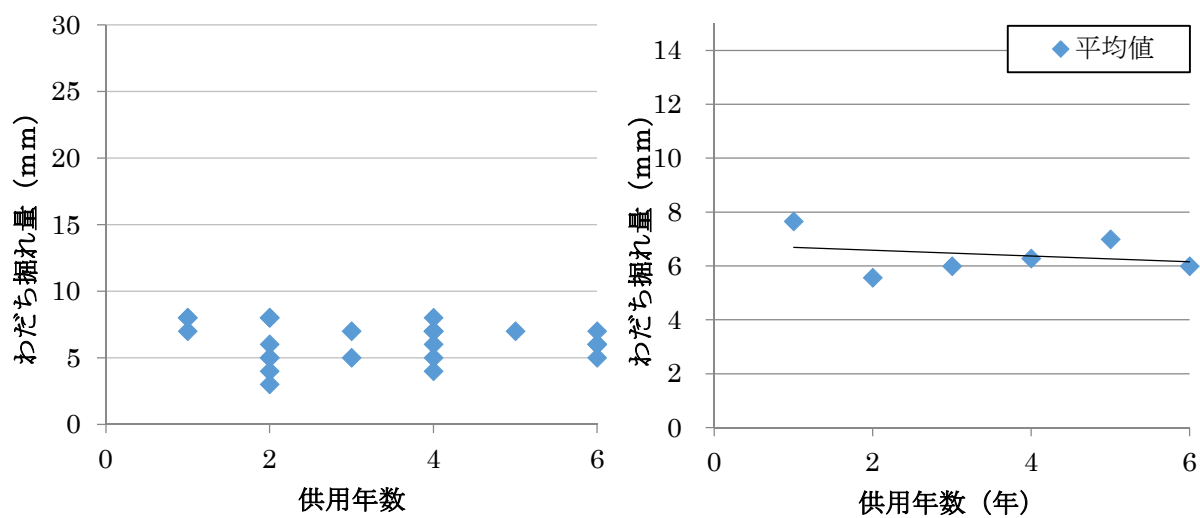


図-3.54 短期グループわだち掘れ（浜松上り）

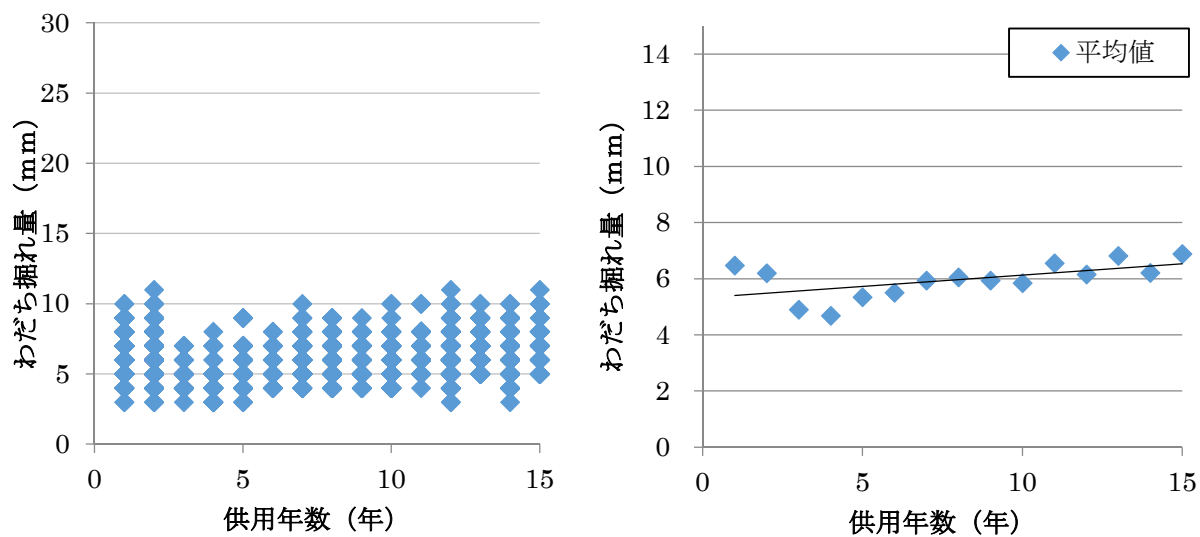


図-3.55 中期グループわだち掘れ（浜松上り）

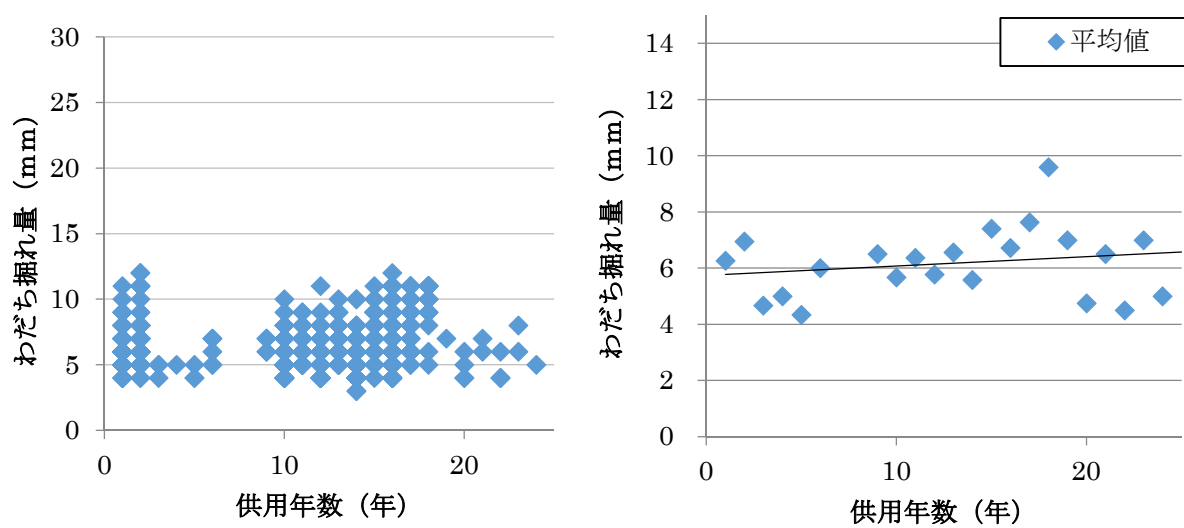


図-3.56 長期グループわだち掘れ（浜松上り）

### 3.3.6 路面性状値（IRI）の分析

この項では IRI を(2)項で述べた修繕間隔（6年以下，7年以上15年以下，16年以上）ごとのグループ，各 HSC に分けて分析した結果を記述する．

左図はデータのプロット図，右図は平均値である．横軸は FWD と同様に供用年数である．

図-3.57，図-3.58，図-3.59 に横浜 HSC の短期グループ，中期グループ，長期グループのひび割れ率の結果を示す．以下，図-3.60，図-3.61，図-3.62 に御殿場 HSC，図-3.63，図-3.64，図-3.65 に富士 HSC，図-3.66，図-3.67，図-3.68 に静岡 HSC，図-3.69，図-3.70，図-3.71 に浜松 HSC の結果を示す．

横浜 HSC の IRI については，短期グループと中期グループの平均値は1.8mm/mから2.5mm/m程度に増加傾向であるが，初期に補修目標値3.5mm/mを超える箇所がある．

御殿場 HSC も横浜同様に，初期に補修目標値を超える箇所がある．

富士 HSC は修繕初期に目標値を超える箇所はないが，5年目に超え，それ以降超える箇所が多数ある．

静岡 HSC は短期に目標値を超える箇所はほとんどないが，中期や長期において発生している．特に，長期の14年目以降に増加する傾向である．

浜松 HSC も長期の14年目以降に目標値を超える箇所が増加する傾向である．

路面のたわみ量が多い箇所が多い横浜 HSC，御殿場 HSC，富士 HSC において初期に IRI が大きい傾向にある．

一方，たわみ量が少ない箇所が多い静岡 HSC，浜松 HSC の IRI は長期の14年目以降に増加する傾向である．

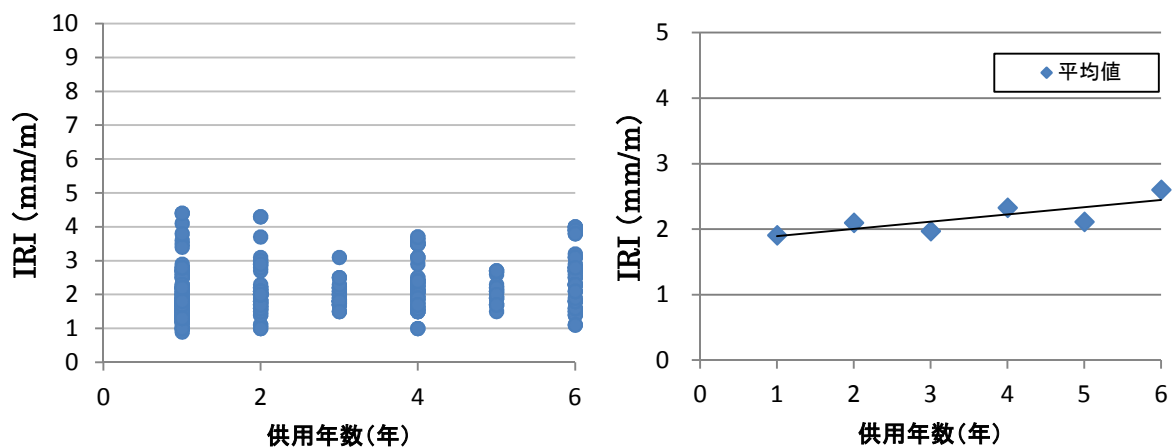


図-3.57 短期グループの IRI (横浜上り)

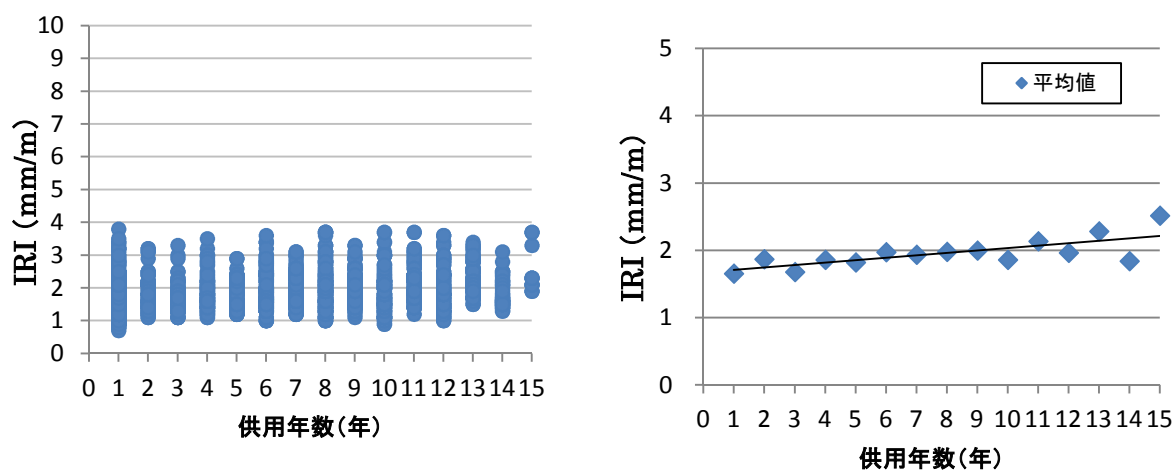


図-3.58 中期グループの IRI (横浜上り)

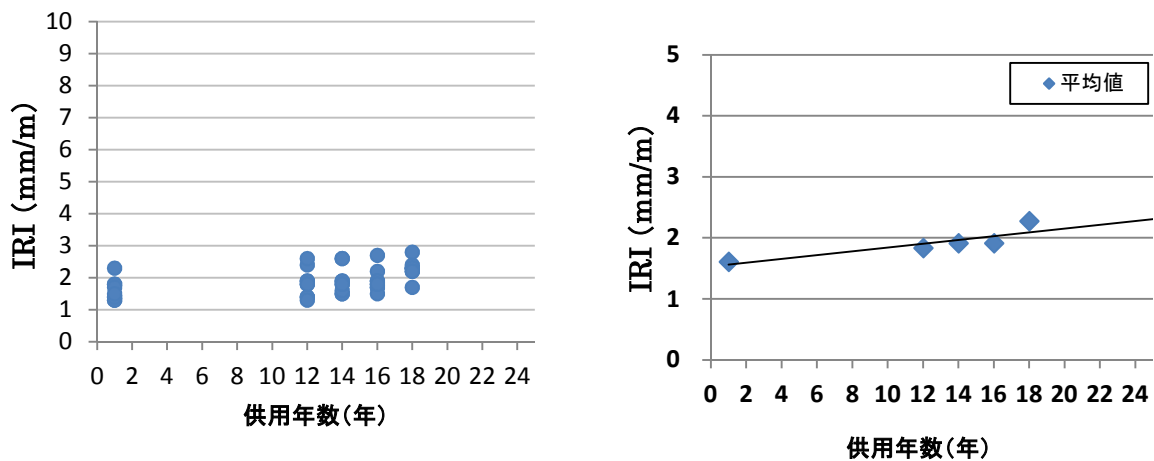


図-3.59 長期グループの IRI (横浜上り)

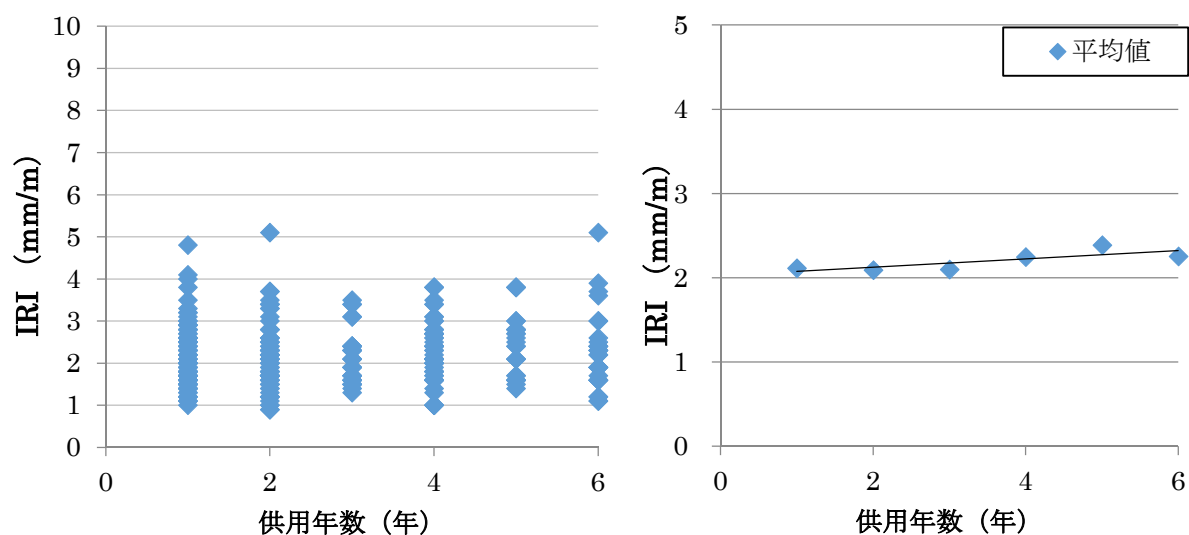


図-3.60 短期グループの IRI (御殿場上り)

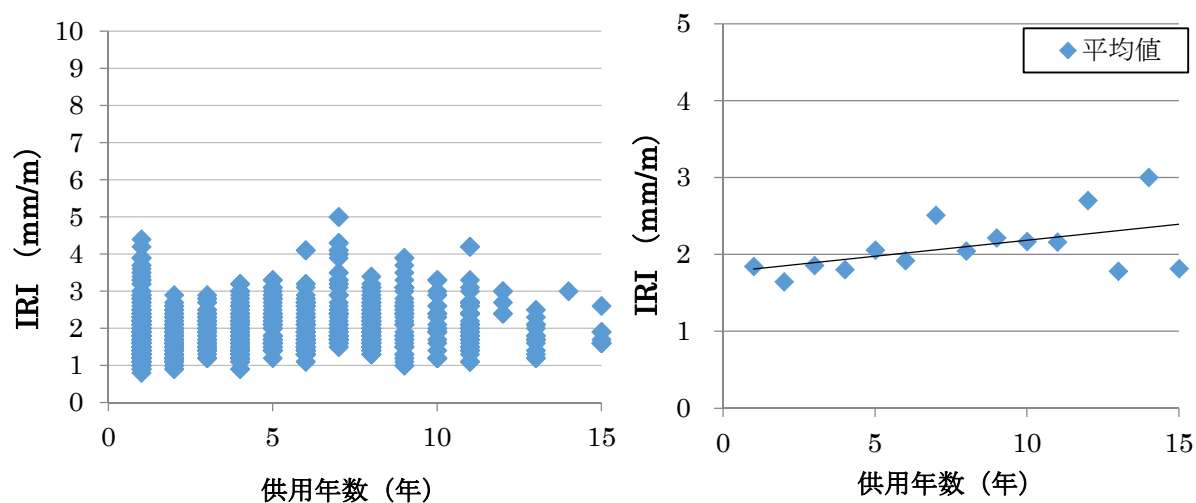


図-3.61 中期グループの IRI (御殿場上り)

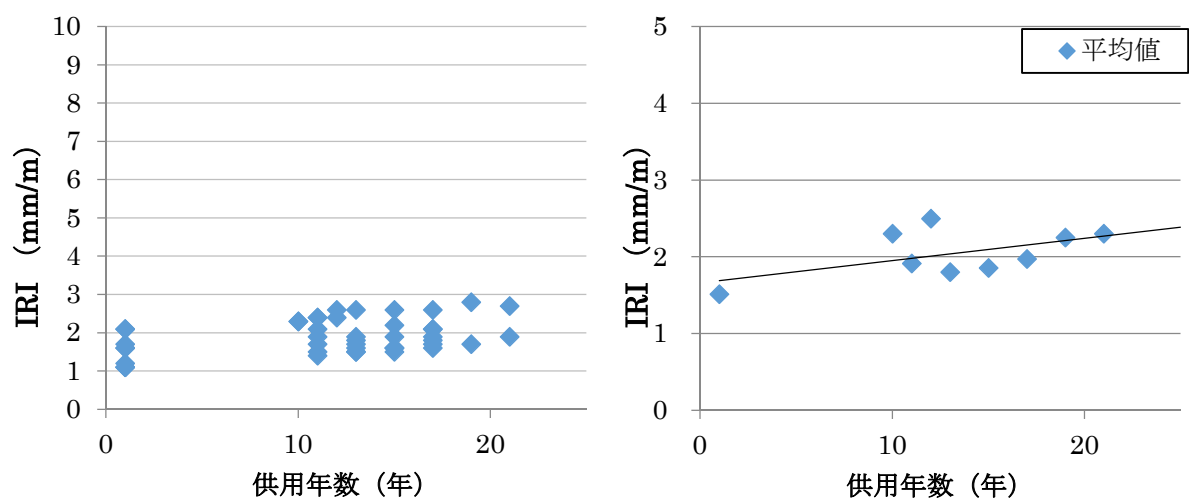


図-3.62 長期グループの IRI (御殿場上り)

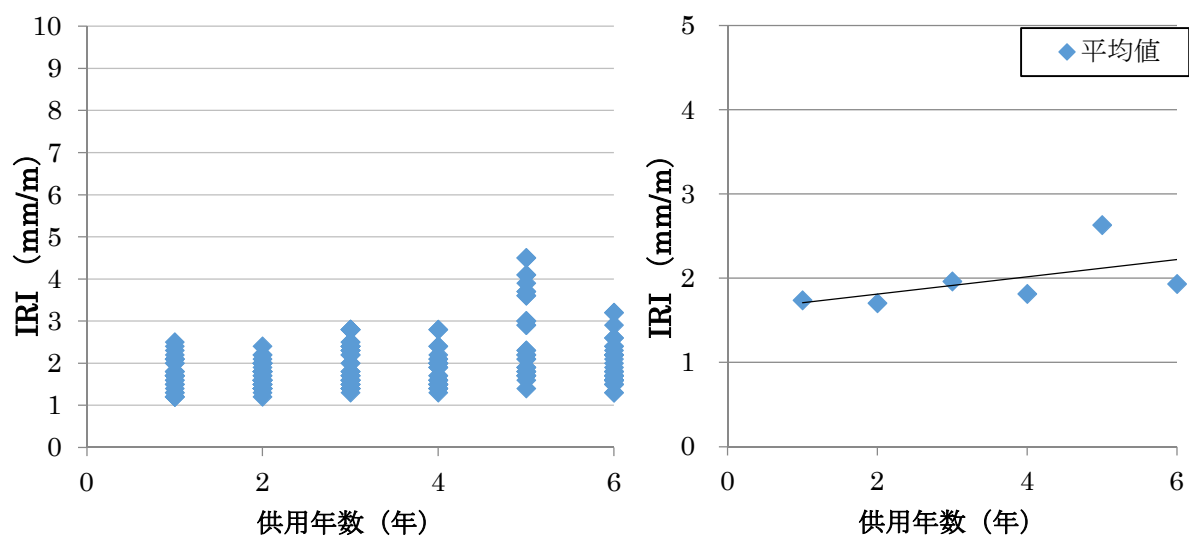


図-3.63 短期グループの IRI（富士上り）

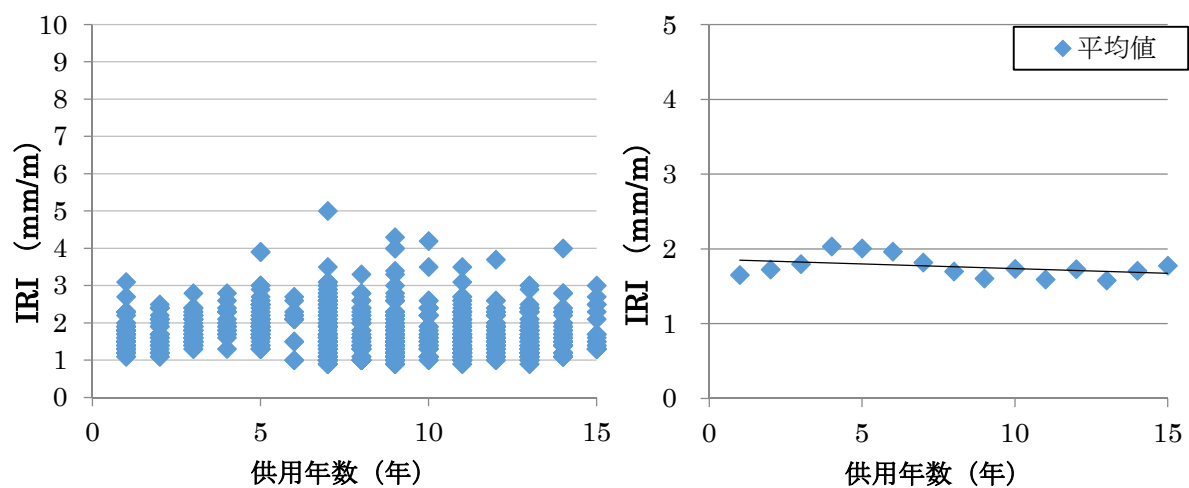


図-3.64 中期グループの IRI（富士上り）

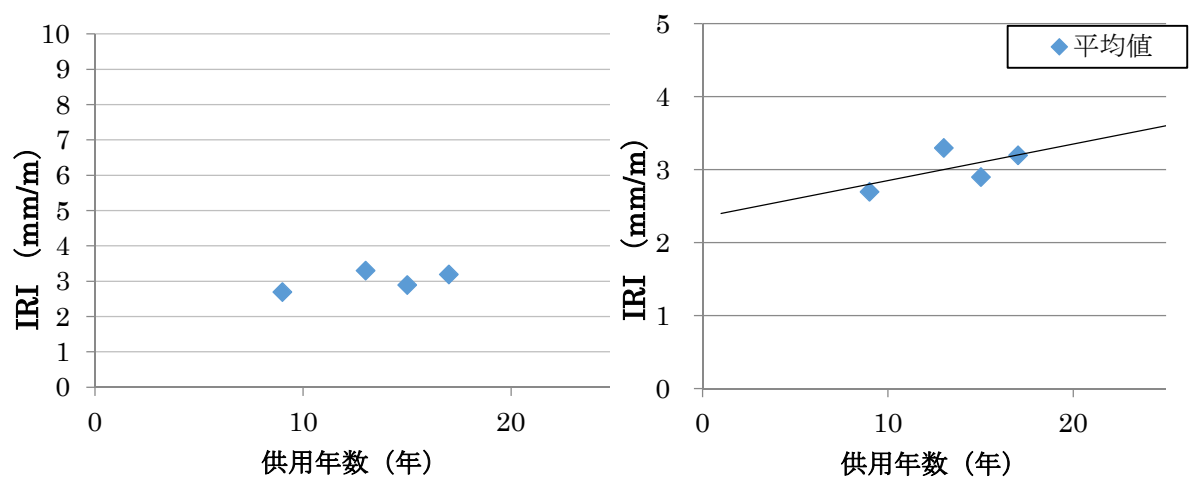


図-3.65 長期グループの IRI（富士上り）



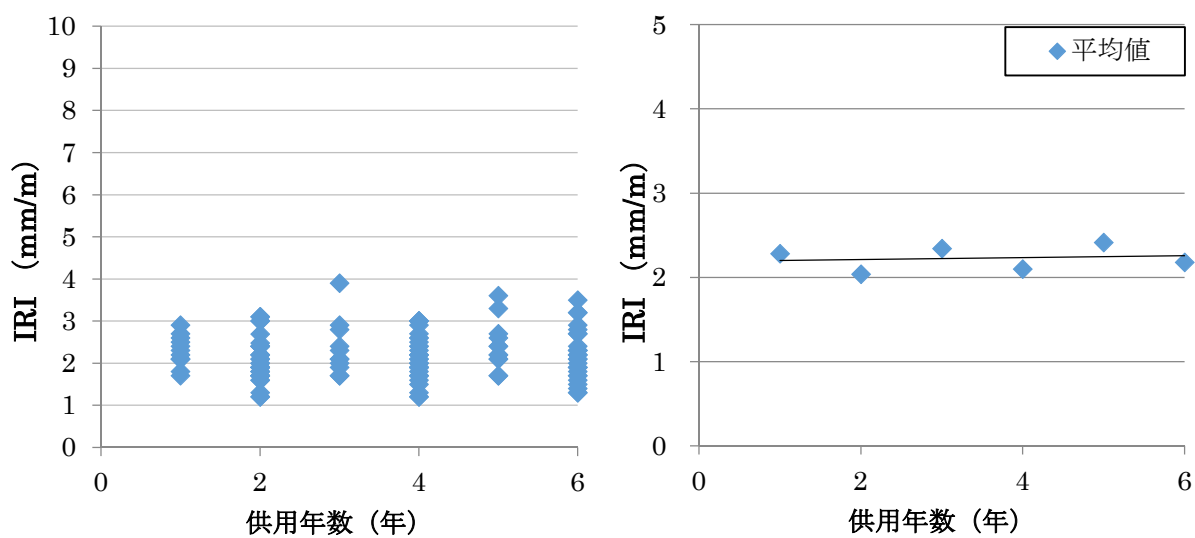


図-3.66 短期グループの IRI (静岡上り)

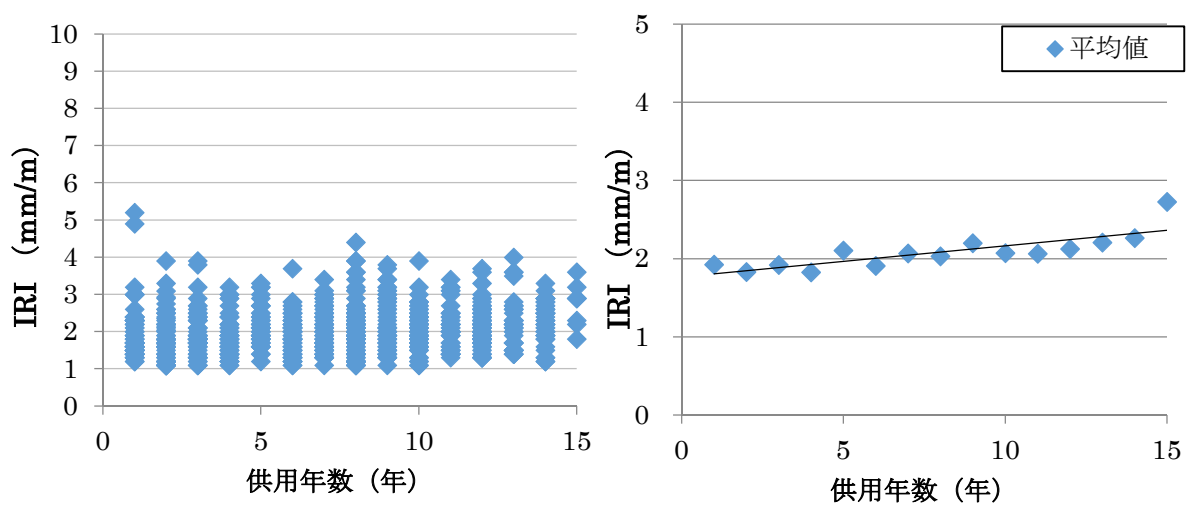


図-3.67 中期グループの IRI (静岡上り)

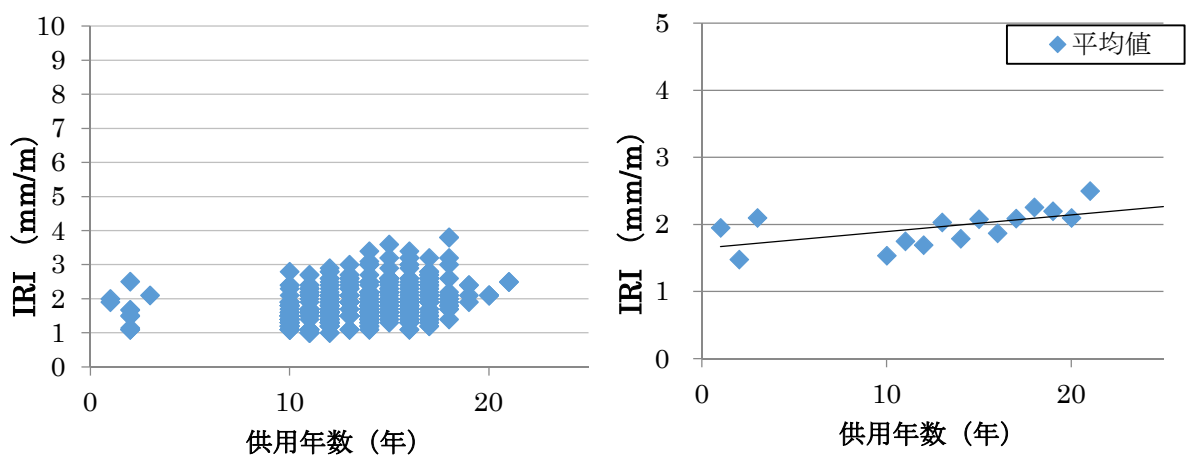


図-3.68 長期グループの IRI (静岡上り)

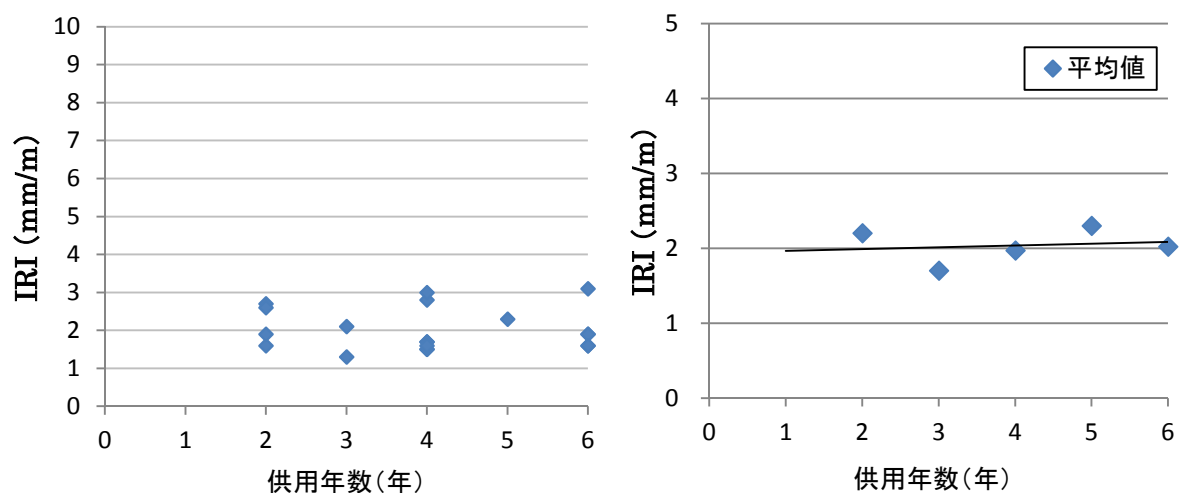


図-3.69 短期グループの IRI (浜松上り)

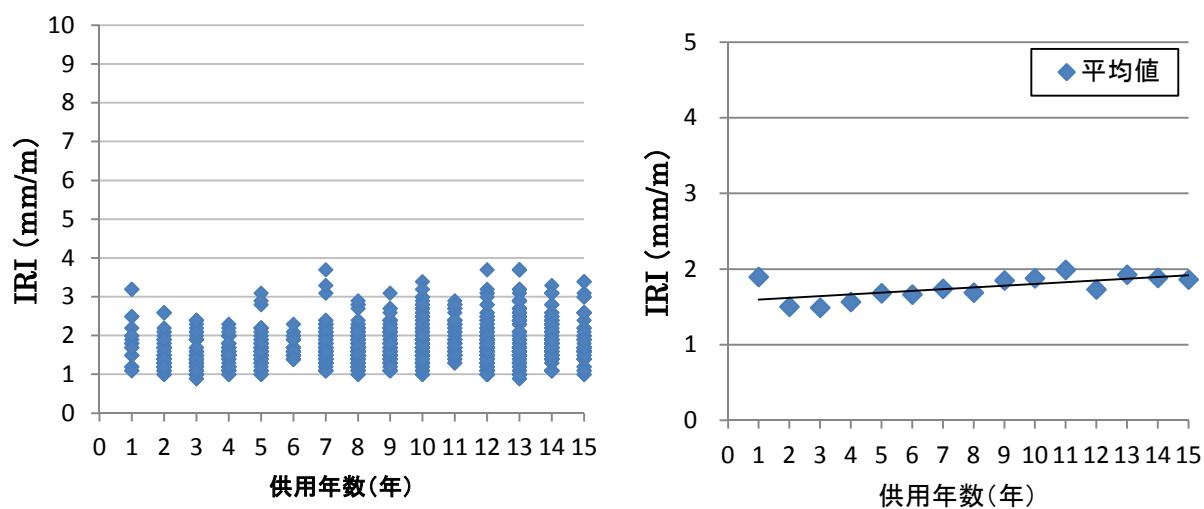


図-3.70 中期グループの IRI (浜松上り)

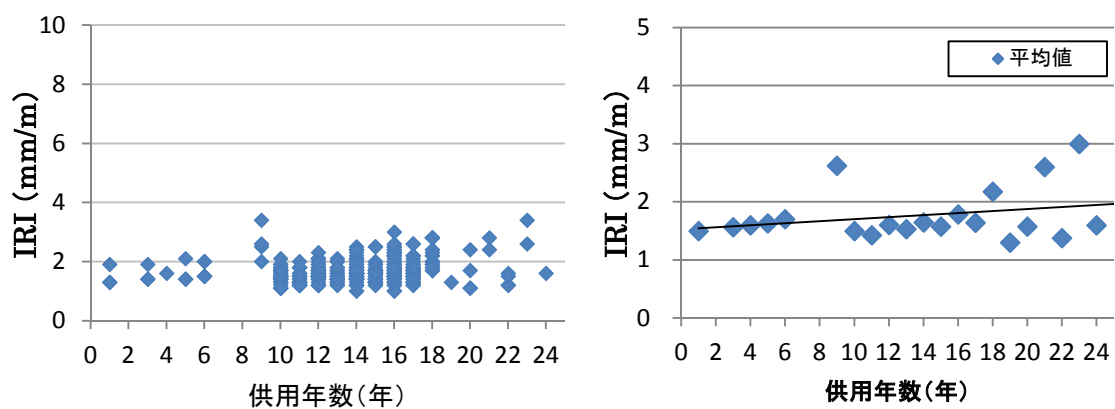


図-3.71 長期グループの IRI (浜松上り)

### 3.3.7 修繕必要割合の分析

舗装の修繕計画の策定のためには、修繕候補箇所を抽出する必要がある。各修繕間隔グループにおいて、修繕が必要となる区間がどの程度抽出されるのか分析した。

分析は上り線のみで HSC ごとに行った。

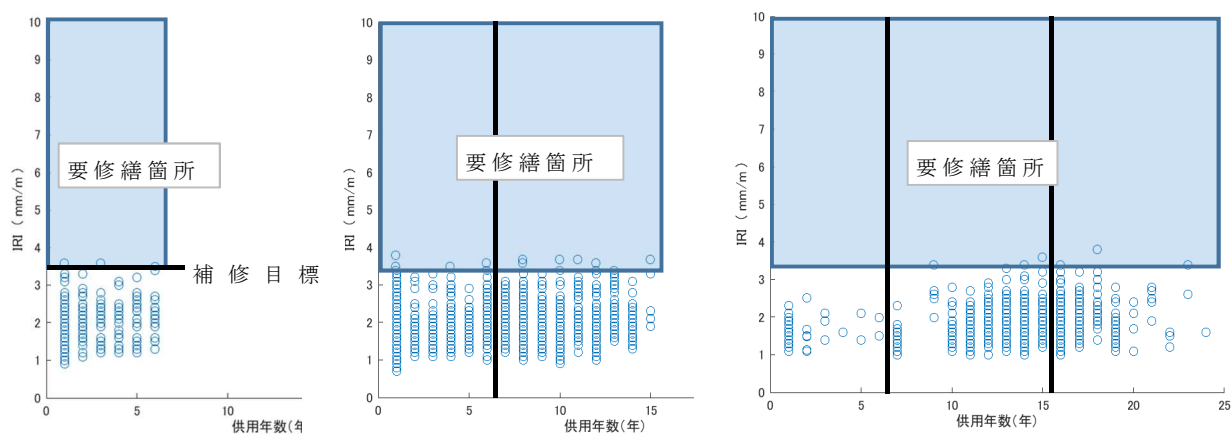


図-3.72 要修繕箇所抽出イメージ

図-3.72 は抽出イメージである。各グループにおいて路面性状値を供用年ごとにプロットしたものである。中期グループと長期グループにおいては、その中でも6年以下、7年以上15年以下、16年以上に分けた。この路面性状値が NEXCO の補修目標値を超えている割合を算出した。超えている割合が多いほど舗装の健全性が低いと言える。表-3.11 に NEXCO の補修目標値と東京支社が独自に設定している修繕判断値を示す。

表-3.11 補修目標値および修繕判断値<sup>4)</sup>

	わだち掘れ量	ひび割れ率	IRI
補修目標値	25mm (100m 評価)	20% (100m 評価)	3.5mm/m (200m 評価)
修繕判断値	15mm (10m 評価)	20% (10m 評価)	2.7mm/m (200m 評価)

表-3.12 に国や地方自治体が参考になっている値を示す.

表-3.12 維持修繕要否判断目標値<sup>5)</sup>

	わだち掘れ量 (mm)	ひび割れ率 (%)	平たん性 (mm)
交通量の多い一般道路	30~40	30~40	$\sigma = 4.0 \sim 5.0$
交通量の少ない一般道路	40	40~50	-

この目標値と NEXCO の目標値を比較すると NEXCO の目標値は小さく、舗装に求める性能が高いことが分かる.

表-3.13 100m または 200m 評価による要修繕割合

		ひびわれ率(20%/100m)			わだち掘れ量(25mm/100m)			IRI(3.5mm/m/200m)		
		~6年	7~15年	16年以上	~6年	7~15年	16年以上	~6年	7~15年	16年以上
横浜	短期	1.3%			0.0%			7.1%		
	中期	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%		0.2%	0.0%	
	長期	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
御殿場	短期	0.0%			0.7%			4.7%		
	中期	0.0%	0.0%		0.0%	0.0%		1.3%	0.0%	
	長期	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
富士	短期	0.0%			0.0%			4.0%		
	中期	0.0%	0.0%		0.0%	0.0%		0.7%	0.0%	
	長期	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
静岡	短期	0.0%			0.0%			1.5%		
	中期	0.0%	0.0%		0.7%	0.0%		1.5%	0.5%	
	長期	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	0.0%
浜松	短期	0.0%			0.0%			0.0%		
	中期	0.0%	0.0%		0.0%	0.0%		0.0%	0.0%	
	長期	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

路面性状 3 要素が目標値を超えている割合を表-3.13 に示す. ひび割れ率は横浜 HSC の短期グループで 1.3%, わだち掘れ量は御殿場 HSC の短期グループで 0.7%, IRI は浜松 HSC 以外で目標値を超える区間がある. わだち掘れ量では補修目標値を超える区間はほとんどなかったのは, 表層に高機能舗装を採用したためと考えられる. 高機能舗装はポリマー改質アスファルト H 型を材料としているため, わだち掘れの進行が従前の密粒度混合物よりも遅い. また, 高機能舗装化以前には修繕原因の 20% がひび割れであった<sup>6)</sup>が, 現在では修繕対象区間は極めて少ない.

一方, 高機能舗装に特徴的な局所的なひび割れやわだち掘れは発生しているこ

とから、NEXCO 中日本東京支社が独自に運用している修繕判断値でも抽出することとした。修繕判断値を表-3.11の下段に示す。ひび割れ率、わだち掘れ量の評価延長を100mからは10mに変更している。IRIについては評価延長は従来の200mのままであるが判断値を2.7mm/mにしている。

#### (1) ひび割れ率

ひび割れによる修繕が必要な区間割合を図-3.73～図-3.77に示す。横浜 HSC は短期グループ、中期グループとも修繕間隔が短いグループで 2.0%程度であった。御殿場 HSC, 浜松 HSC では修繕判断値を超える区間は0.1%から1.3%と少ない。富士 HSC においては、長期グループの供用年数が7年以上のグループにおいて要修繕箇所が多くなっている。D0 が小さい長期グループにおいては、構造的な損傷よりも、表層か基層の劣化によりひび割れが進行したと考えられる。高速道路における D0 と損傷レベルの調査結果によると、D0 が0.2mm程度以下であるとひび割れは表層と基層の範囲にとどまっていることが明らかになっている<sup>6)</sup>ことから、富士 HSC においても同様な損傷形態であると想定される。

静岡 HSC は長期グループの供用年数が6年以下のグループで判断値超えが見られる。修繕して比較的短い期間でひび割れは発生しているが、修繕せずに供用している状態である。

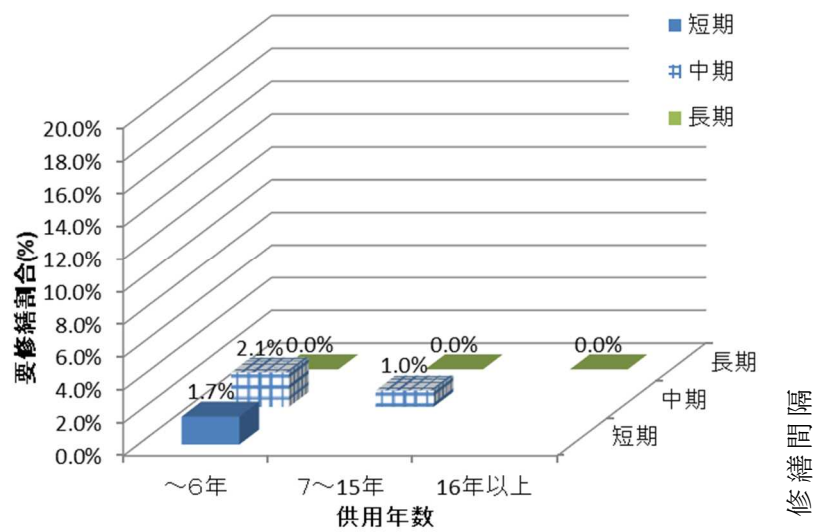


図-3.73 要修繕割合 (ひび割れ率, 横浜)

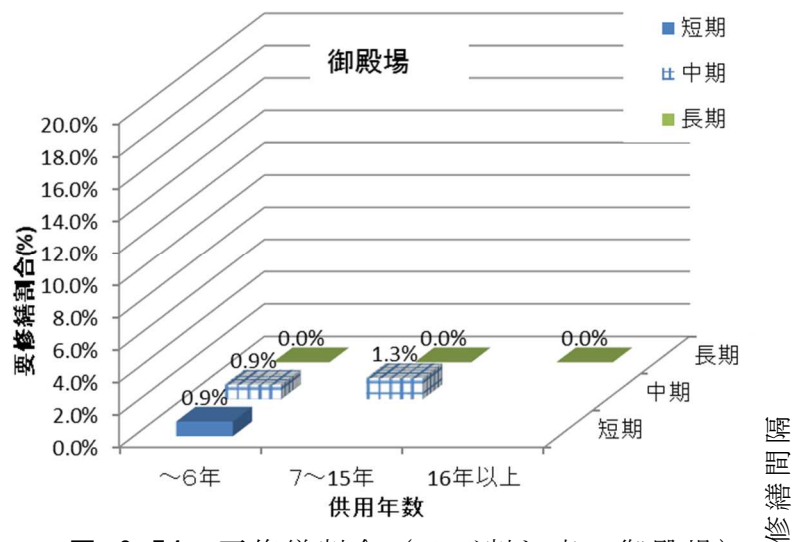


図-3.74 要修繕割合 (ひび割れ率, 御殿場)

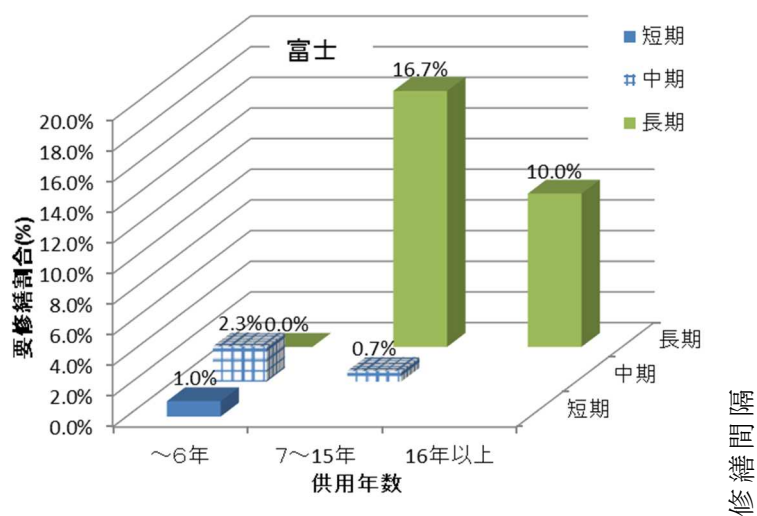


図-3.75 要修繕割合 (ひび割れ率, 富士)

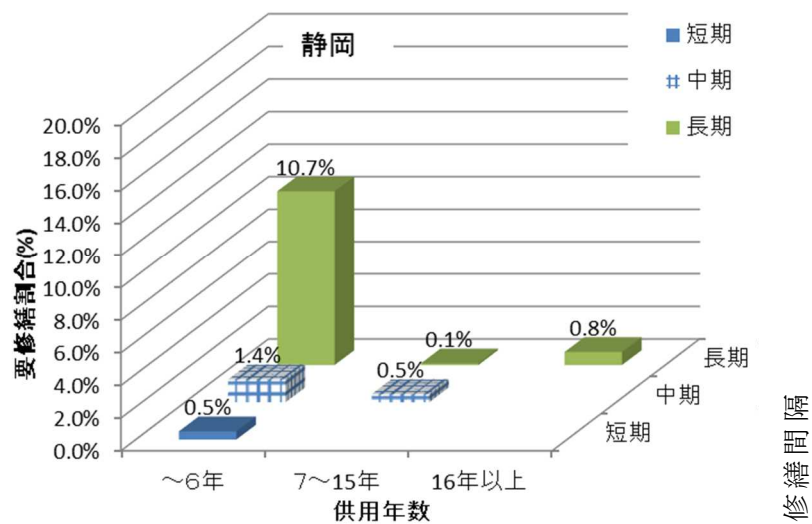


図-3.76 要修繕割合（ひび割れ率，静岡）

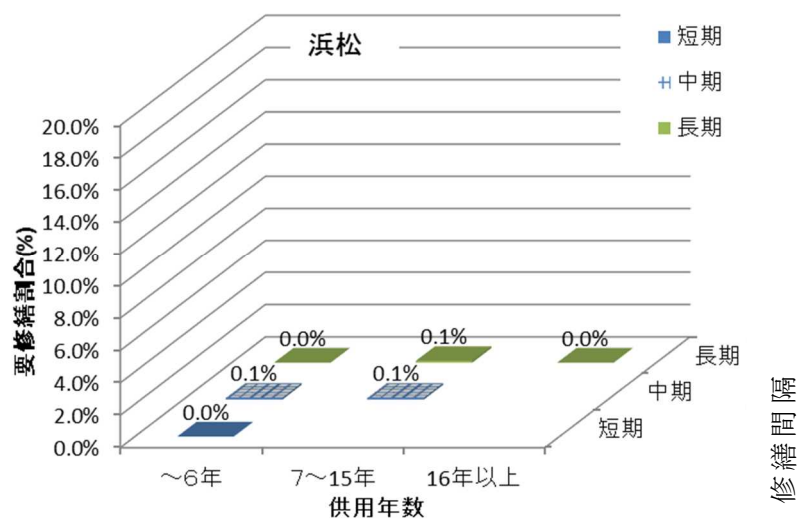


図-3.77 要修繕割合（ひび割れ率，浜松）

## (2) わだち掘れ量

わだち掘れ量による結果を図-3.78～図-3.82に示す。浜松 HSC は他 HSC と比較して要修繕箇所の割合が小さい。他の HSC の短期、中期グループは供用年数が6年以下において判断値超え区間が多くなっている。短期、中期グループの供用年数が6年以下においては D0 たわみ量が長期グループのそれよりも大きく、支持力が低い箇所においてわだち掘れが早期に発生している。

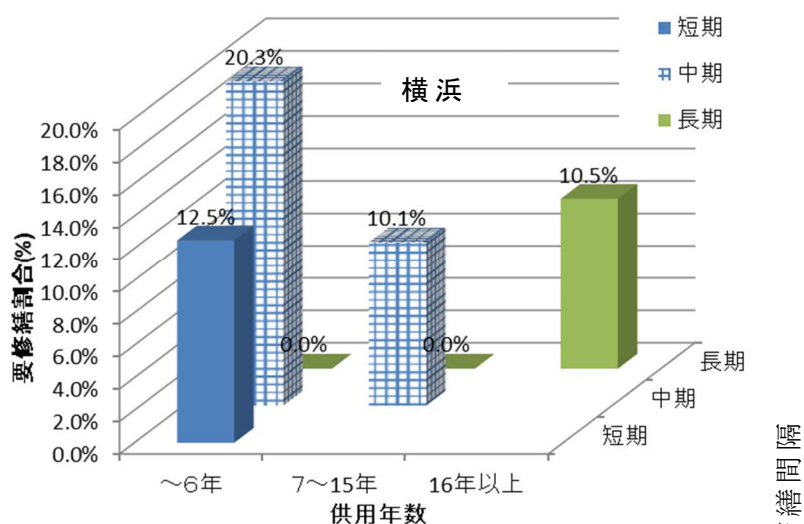


図-3.78 要修繕割合（わだち掘れ，横浜）

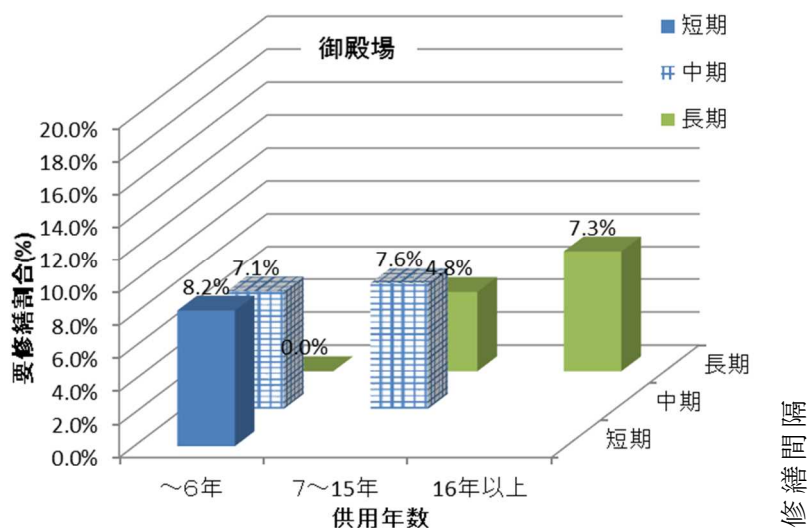


図-3.79 要修繕割合（わだち掘れ，御殿場）



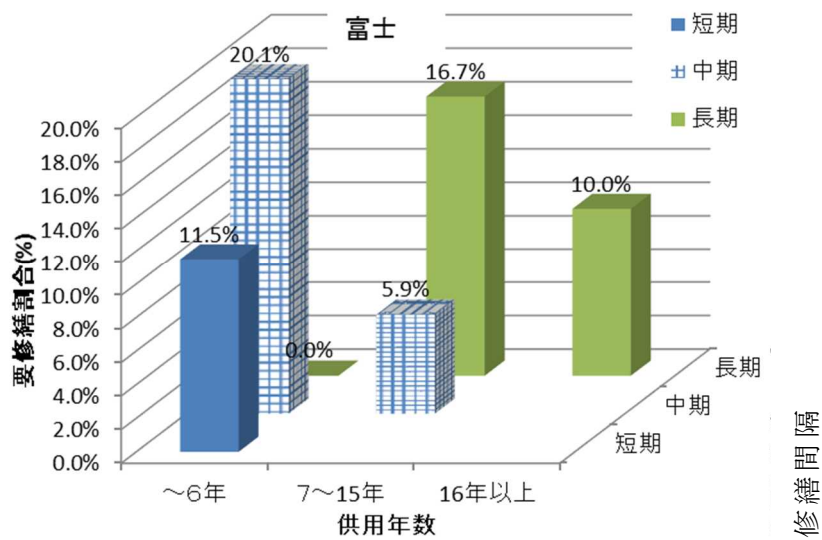


図-3.80 要修繕割合（わだち掘れ，富士）

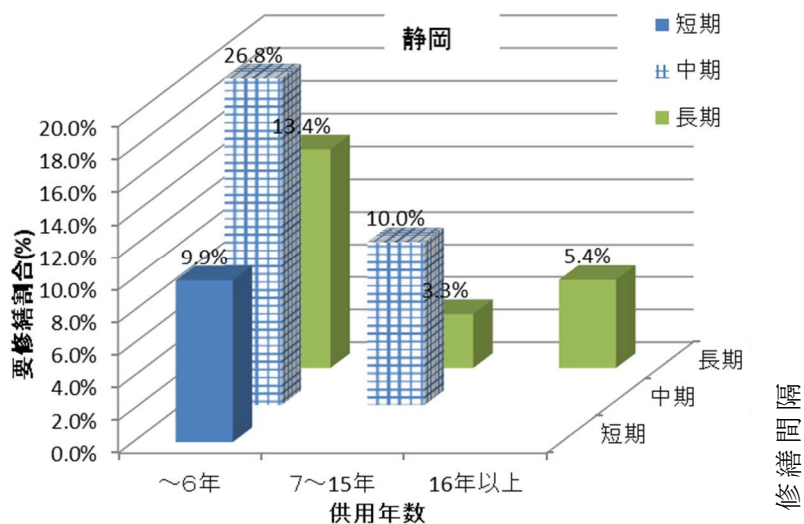


図-3.81 要修繕割合（わだち掘れ，静岡）

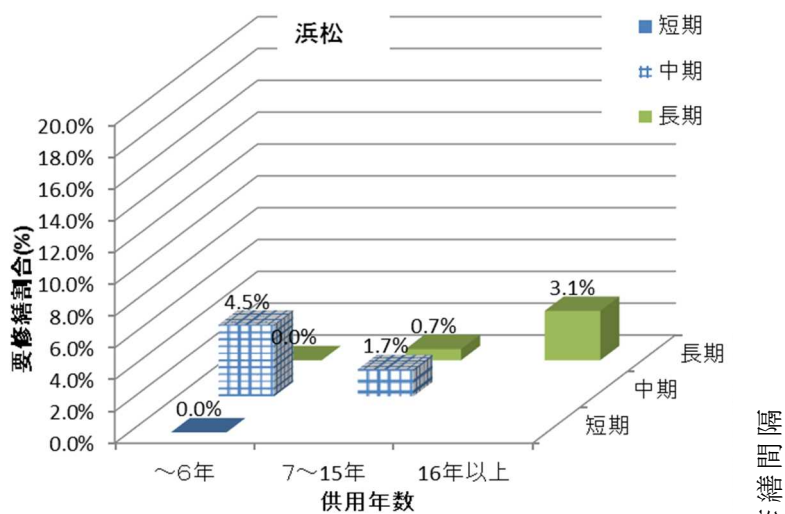


図-3.82 要修繕割合（わだち掘れ，浜松）

### (3) IRI

IRI による結果を図-3.83～図-3.87 に示す．IRI の短期グループでは，横浜 HSC が 18%，御殿場 HSC が 16% となっている．短期グループは D0 たわみ量が大きいことから路盤の支持力が低いと考えられ，支持力の低さから IRI が早期に進行している可能性がある．全ての HSC の中期グループにおいて供用年数が 7 年から 15 年に修繕割合が大きくなっている．たわみ量が小さいと想定されるグループであるため，構造的な要因よりも経年による表層，基層の劣化によるものと想定される．

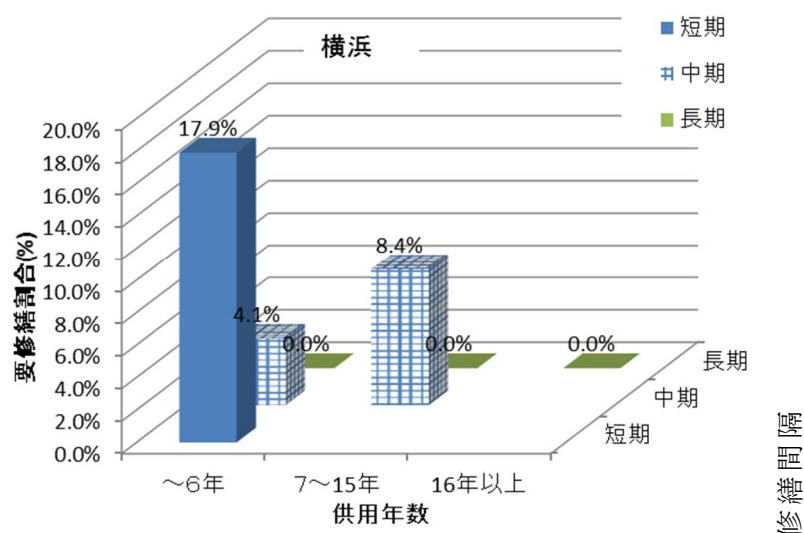


図-3.83 要修繕割合 (IRI, 横浜)

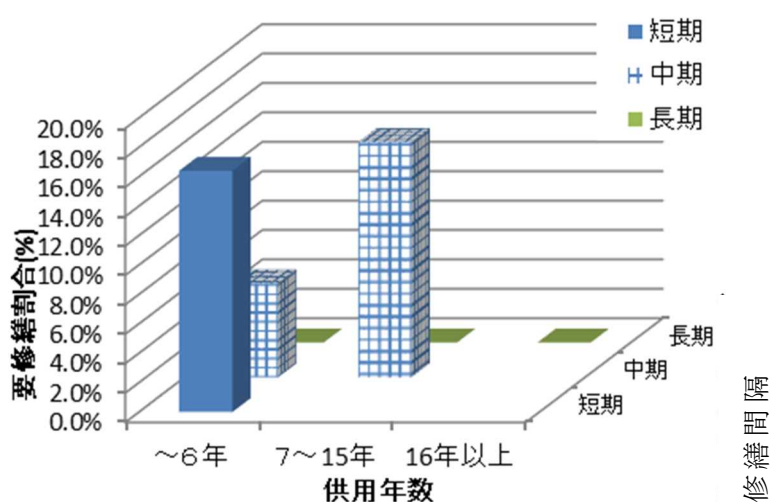


図-3.84 要修繕割合 (IRI, 御殿場)

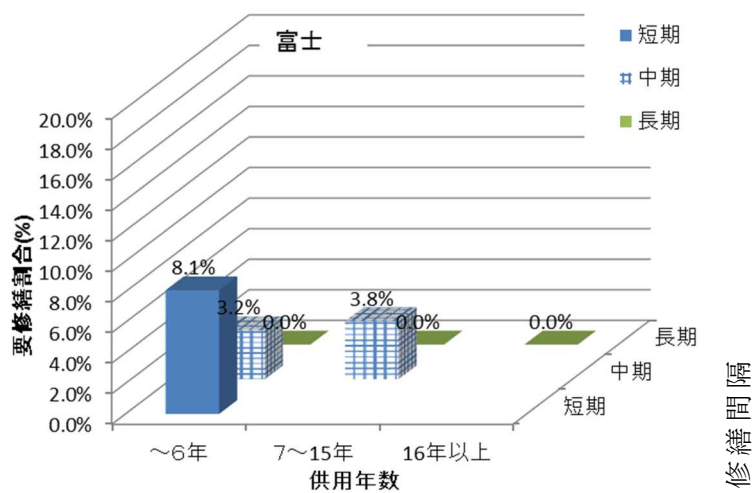


図-3.85 要修繕割合 (IRI, 富士)

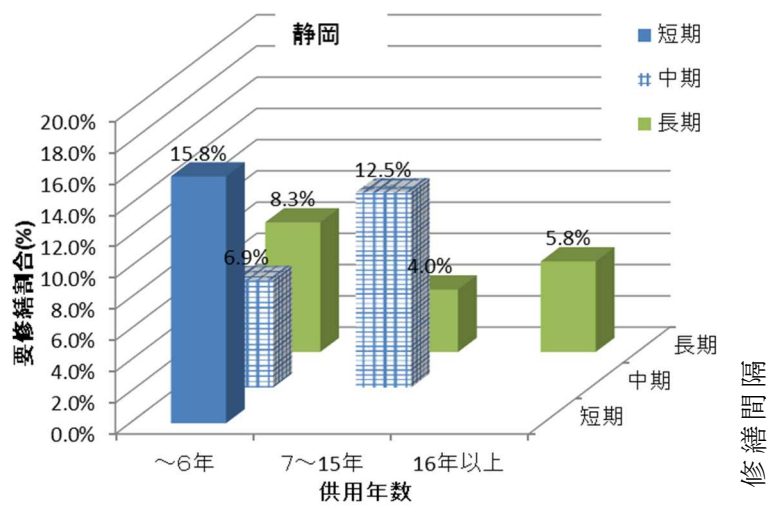


図-3.86 要修繕割合 (IRI, 静岡)

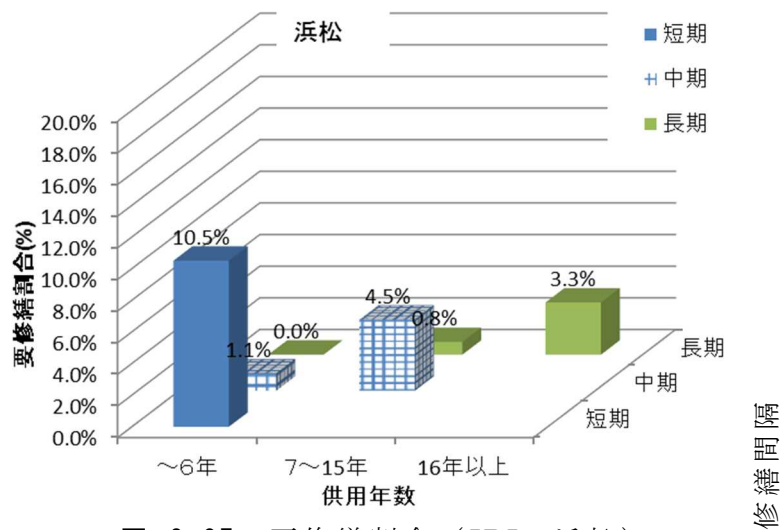


図-3.87 要修繕割合 (IRI, 浜松)

### 3.4 結言

本章においてはデータベースの改善案の検討，データベースに蓄積された各種データを分析した．その結果を以下に述べる．

(1)現場データや交通量データを各種データフォルダに分割して保存した．何かを分析する場合，必要なデータをフォルダから引出し，マッチングさせることが出来るようにした．これにより，現場担当者の作業が軽くなる．

(2)舗装の修繕から再修繕までの期間を修繕間隔と定義した．東名高速道路全体の修繕間隔を分析したところ，6年以下と短い区間や20年以上と長い区間があることが分かった．また，各 HSC においても分析したところ，御殿場 HSC は修繕間隔が8年前後が多く，他の HSC と比較して短い．

(3)修繕間隔を下位からの10%を短期，上位からの10%を長期，そのほかを中期の3グループに分けた．その結果，短期グループが6年以下，中期グループは7年以上15年以下，長期グループは16年以上となった．

(4)修繕間隔ごとの FWD による D0 データを分析した．その結果，短期グループの D0 たわみ量の平均値が0.26mmであった．中期グループのそれは0.17mm，長期グループのそれは0.12mmであった．0.2mm程度が長期的な健全性を維持できる境界であると考えられる．

(5)各 HSC における D0 データをヒストグラムに示し，0.2mm以上となる区間の割合を示した．横浜 HSC では40.9%，御殿場 HSC では80.7%，富士 HSC では63.1%，静岡 HSC では24.4%，浜松 HSC では1.6%となった．浜松 HSC においては1.6%と小さい．浜松 HSC の舗装のたわみ量は小さく，このことが浜松 HSC の修繕間隔が短い理由の一つであると考えられる．

(6)路面性状値データを各 HSC，修繕間隔グループごとに分析した．

a) ひび割れの発生傾向は，横浜 HSC や富士 HSC においては修繕後早期に大きく発生している．御殿場 HSC や静岡 HSC においては中期グループにおいて経年的に増加している．静岡 HSC においては10年以上経過した路面において大きく発展していくと考えられる．

b)わだち掘れ量は，補修基準値の25mmを超える箇所は少なく，路面管理上は重要項目ではないが，修繕後早期に大きくなっている箇所があるため，原因解明のため詳細調査が必要である．

c)路面のたわみ量が多い箇所が多い横浜 HSC，御殿場 HSC，富士 HSC において初期に IRI が大きい傾向にある．一方，たわみ量が少ない箇所が多い静岡 HSC，浜松 HSC の IRI は長期の14年目以降に増加する傾向である．

路面性状値を修繕間隔グループに分け，分析した結果，各 HSC によって進行度合いが異なることが明らかになった．各，HSC の進行度合いを参考にすることに

より舗装の健全度を予測することが可能となると考えられる。

(7)修繕計画の策定のために、修繕が必要な箇所の割合を分析した。最初に NEXCO 中日本の基準値である補修目標値を使用した。ひび割れ率とわだち掘れ量では修繕が必要な箇所はほとんどなかった。次に、東京支社の独自の基準であり、補修目標値よりも厳しい修繕判断値により割合を分析した。その結果を以下に記述する。

a)ひび割れによる修繕必要割合は小さい。富士 HSC の長期グループにおいて割合が高くなっているが、長期グループのデータが少ないため、実施工箇所は非常に少ないと考えられる。

b)わだち掘れによる修繕必要割合は、短期グループと中期グループの6年以下に大きくなっている。D0 たわみ量が長期グループのそれよりも大きく、支持力が低い箇所においてわだち掘れが早期に発生していると考えられる。

c) IRI の修繕必要割合については、横浜 HSC、御殿場 HSC、静岡 HSC の短期グループが16%程度と大きくなっている。短期グループは D0 たわみ量が多いことから路盤の支持力が低いと考えられ、支持力の低さから IRI が早期に進行している可能性がある。全ての HSC の中期グループにおいて供用年数が7年から15年に修繕割合が大きくなっている。たわみ量が小さいと想定されるグループであるため、構造的な要因よりも経年による表層、基層の劣化によるものと想定される。

各グループの修繕必要割合により、各 HSC における舗装の修繕面積が算出可能となる。同時に、各損傷の原因を想定することが可能となり、修繕方法の検討に活用できる。

以上の研究は東名高速道路の各 HSC の現場データを使用した。東名高速道路の交通量は海老名 JCT ~厚木 IC 間が最も多く、浜松 IC ~浜松西 IC 間が最も少ない。また、舗装構造においては、各 HSC によって異なり、下層路盤の種類もセメント安定処理路盤と粒状路盤の2種類がある。このように交通量、路盤種類、厚さなどの影響により健全性が異なることが分かる。横浜 HSC と御殿場 HSC の交通量を比較すると御殿場 HSC の方が少ないにもかかわらず、修繕間隔の短期グループの割合は大きい。下層路盤種類や気候の影響である可能性がある。また、浜松 HSC においては下層路盤がセメント安定処理、上層路盤であるアスファルト安定処理路盤の厚さが厚いなどにより、長期グループの割合が高いと考えられる。

#### 参考文献

- 1)川村和将, 亀山修一, 伊倉雄弘：東名高速道路における舗装マネジメントに関する研究, 土木学会論文集E1, Vol73, No.3, I\_213-I\_219, 2017
- 2)川村和将, 七五三野茂, 小松原昭則：高速道路におけるアスファルト舗装構造の実態調査および分析, 日本道路公団試験研究所報告, Vol36, 1999
- 3)阿部勝義, 神谷恵三, 佐藤正和：高速道路舗装の構造的損傷に関する一考察, 土木学会舗装工学論文集, 第9巻, pp177- pp183, 2004
- 4)中日本高速道路, 調査要領, 第一編 地盤・土工構造物・舗装, 第3章 舗装, 2017.7
- 5)日本道路協会：道路維持修繕要綱, 1978
- 6)明石達雄, 佐藤正和：高速道路における舗装修繕の現況について ASPHALT, Vol.39, No188, 1996

## 第 4 章

### 日常点検を取り入れた維持修繕の考案

#### 4.1 諸言

NEXCO 中日本は、高速道路構造物の点検を「安全な道路交通を確保するとともに、第三者被害を未然に防ぐために、構造物の変状を早期に発見し、適切な措置を行うため」、「構造物を良好な状態に保つために、維持修繕計画の策定に向け、構造物の現状の把握、変状の進行状況、健全性の判定を行うため」に実施している<sup>1)</sup>。

なお、変状とは、初期欠陥、損傷、劣化などの総称である。

点検には、構造物の供用前に実施する初期点検、2 週間に 4 回から 7 回の頻度で実施する日常点検、年に 1 回程度実施する定期点検がある。舗装に関しては、路面性状測定車を用い数年に 1 回行う路面性状調査、日常点検時に車上（点検用普通自動車）から実施する目視調査がある。目視調査は、主に本線内から確認できる範囲で目視と車上感覚により変状を調査する。車上感覚とは走行車両の振動等を通じて点検するものであり、ハンドルのとられや車両のバウンドなどをいう。東名高速道路は横浜 HSC、御殿場 HSC など 5 か所の HSC が管理している。それぞれの HSC に配属されている点検員が各 HSC の管理範囲を点検している。

目視調査後に、点検員は点検日、位置、変状項目、変状の健全度の判定、変状の写真、変状の概要などを記載した点検報告書を作成する<sup>2)</sup>。点検報告書の例を図-4.1 に示す。変状項目には、ポットホール、わだち掘れ、ひび割れなど舗装の損傷名を記入する。これらは、点検員が NEXCO 中日本の保全点検要領に記載されている損傷名リストから、適切な名称を選択するものである。一方、[変状の概要と項目]は、点検員が現場で確認した変状の状態を詳細に説明したものである。これは、点検員の経験や技能により裏づけされた内容であり、点検員が自由に表現できる言わばフリーワードである。この報告書は NEXCO 中日本が作成した「点検入力マニュアル」に基づき記述している。調査結果の記録に関して基準化が必要であるという見地からこのマニュアルは作成された。

しかし、複数の変状が同時に発生している場合、点検員によって変状名称が異なる状況が確認された。通常、一つの変状に対し複数の点検員が評価することはないが、筆者らが報告書を調査したところ、同様な変状に対して異なる評価結果が報告されていた。高速道路には様々な変状が存在し、全く同一のものはないが、修繕計画の資料とするためには分類する必要がある。また、点検員が自由に記述可能な変状の概要についても、自由度が高いことから、変状の進行状態や位置などが点検員により異なっていた。目視調査は重要な情報ではあるが、点検員によって報告内容が異なることは、適切な路面の評価ができていない状態であり目視調査の信頼性が低下していると言え

る。

この原因は、数種類の変状が同時に発生している場合、どのような変状名称にするのか、変状の概要を説明する際にもどのような言葉を用いるのか統一されたルールがないためだと考えられる。加えて、路面性状調査は機械による定量的な評価であるが、目視調査は点検員による主観的な評価であり、点検員の経験、技能に影響されるため、報告内容も異なる結果になったと考えられる。

また、舗装の修繕計画は、路面性状データだけではなく、日常点検結果も考慮して立案されるべきものである。日常点検で損傷が確認された箇所において維持を施しても、ポットホールなどの損傷が何度も再発する場合がある。その場合は路盤からの打換工などを実施する必要がある。しかし、現場担当者は路面性状データの結果のみから修繕計画を策定し、そのような場所が対象とならない場合が多く、現場の声が修繕計画に生かされていない。それは、目視調査の信頼性が低いことや日常点検データの活用は現場担当者に依存しているからである。

日常点検は、路面性状測定車によるわだち掘れ、ひび割れ、平坦性測定結果では評価できないポットホールや局所的な側方流動などの調査に適している。東名高速道路の静岡県区間では、近年、高機能舗装における局所的な骨材飛散が多発している。その区間における骨材飛散は、冬季のタイヤチェーンによる縦断方向に連続的な骨材飛散ではなく、バインダーの劣化により骨材が抜けることにより、ポットホールにつながる局所的なくぼみに進行している場合が多い。従来、路面のくぼみは、100m評価区間において20m間隔で測定したわだち掘れ量の平均値で評価してきた。しかし、この方法では局所的なくぼみは評価区間内で平均化され適当ではない。

現在は点検員による目視調査により損傷レベルを判断している。長期的な修繕計画を策定するためには、骨材飛散量や進行速度の把握、修繕基準値の設定などが必要である。しかし、点検員による目視調査では、飛散量を正確に把握することは難しい。さらに修繕についても、走行車両が安全か危険かという点検員の感覚によって行っている。点検員による主観的な判断ではなく定量的な新たな評価方法の開発、修繕基準を策定する必要がある。

この章では、NEXCO 中日本・東京支社において実施されている日常点検の問題点の抽出および改善策の提案、日常点検（現場の声）の大規模修繕計画に活用する方法、骨材飛散の新たな評価方法を開発するとともに、点検員による評価（現場の声）に基づいた修繕基準の設定を試みた。



点検報告書

<<日常点検>>

作成日 20〇〇/〇〇/〇〇

中日本高速道路株式会社 東京支社

〇〇保全・サービスセンター

東名高速道路 〇〇 ~ 〇〇

下り線 区分なし

平成28年06月01日 水曜日 天気 曇り

点検者

変状状況	点検開始	位置 Kp カブ名	構造物			変状の部位と内容							緊急判定 会審実施 の有無	応急補修 の有無	実施方法	観察回数	整理番号	関連整理番号
			区分	細目区分	種別	変状部位	変状箇所 番号	変状項目	判定案	判定	個所	寸法						
新規登録	1	Kp 〇〇.〇〇	路面	舗装	高機能（排水性）舗装	第二走行		路上障害・汚れ	A / -	/	1	1箇所	1.000			補修		
[ 変状の概要と項目 ]													[ 監査員の意見 ]					
下：〇〇.〇〇kp（〇〇高架橋）第二走行（左）にボンピング発生。1箇所。2015年8月にポットホール発生、2016年2月打換補修箇所の脇に発生。路面に路盤材・砕石等の微粒分の噴出が見られ、機能低下への影響が高いと判断されるのでA判定とします。																		
<div><div><div>点検箇所</div><div>点検箇所</div><div>点検箇所</div></div><div><div>点検箇所</div><div>点検箇所</div><div>点検箇所</div></div></div>													<div><div>点検箇所</div><div>点検箇所</div><div>点検箇所</div></div> <div><div>点検箇所</div><div>点検箇所</div><div>点検箇所</div></div>					

図-4.1 点検報告書例

## 4.2 目視調査の課題

2017 年度に東名高速道路において報告された目視調査件数を図-4.2 に示す。総件数は 610 件であり、「局部変形・くぼみ」が最も多く 46%，次に「ポットホール・穴あき・はがれ」で 28%，「ひび割れ」が 15%，「わだち掘れ」が 2%であった。

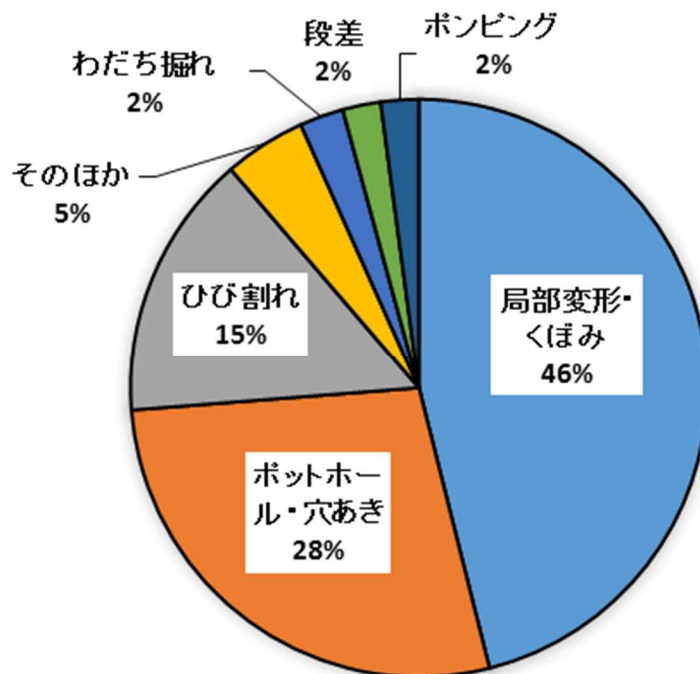


図-4.2 報告された変状件数の割合（2017 年度）

### 4.2.1 変状の分類方法

路面の変状にはポットホール、わだち掘れ、ひび割れなどがあるが、この変状が単独に発生している場合や複合的に発生している場合など発生形態は様々である。単独で発生している場合はその変状名称を報告すればよいとため、比較的、点検員による差は無い。しかし、複合的に発生している場合は、点検員によって報告内容が異なる状況が確認された。2017 年度に「局部変形・くぼみ」と報告された事例が最も多く 281 件あったが、その変状状態を説明する[変状の概要と項目]欄に記述されていた舗装の変状名称のワードの数を示したのが図-4.3 である。最も多いフリーワードは「局部変形」で 99 個であった。次に「ひび割れ」98 個、「ポンピング」46 個である。目視調査した変状の概要を説明することから、その変状の名称が最も多くなることは理解できる。「局部変形・くぼみ」の報告書に「ひび割れ」と「ポンピング」が同時に記述されている変状（3 種類の変状が同時に発生している変状）が 13 件あった。「局部変形・くぼみ」と同時に発生していた変状である「ポンピング」と「ひび割れ」のフリーワード数を図-4.4、と図-4.5 に示す。「局部変形・くぼみ」と同様に「ポンピング」が発

生している路面にひび割れや局部変形も発生している。「ひび割れ」で報告された変状概要にも「段差」や「局部流動わだち掘れ」など他の変状名称が記述されている。このフリーワードから複数の変状が同時に発生していることが分かる。しかし、マニュアルには変状が複合的に発生している場合、どの変状を代表として報告するのか記述されていないため、点検員によって異なると考えられる。

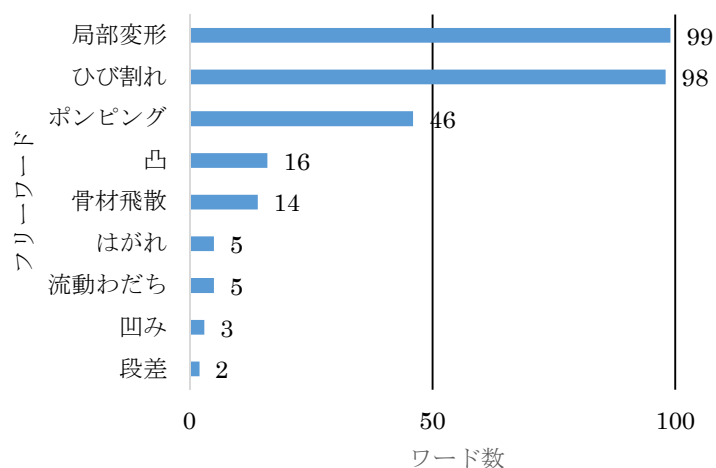


図-4.3 「局部変形・くぼみ」における変状ワード数

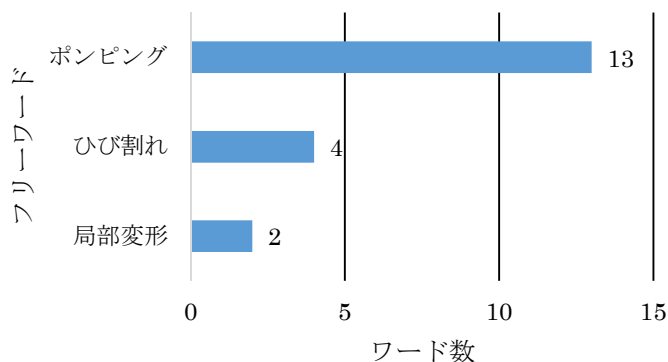


図-4.4 「ポンピング」における変状ワード数

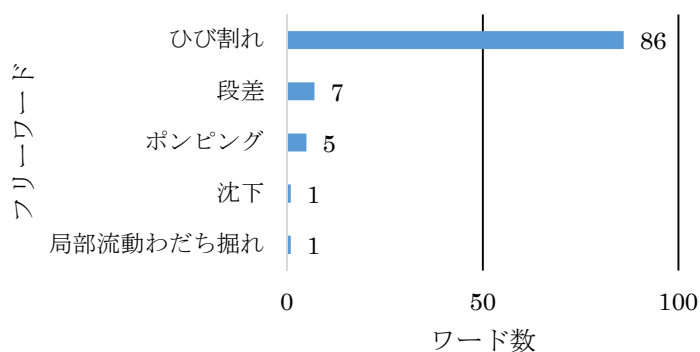


図-4.5 「ひび割れ」における変状ワード数

#### 4.2.2 フリーワードについて

点検報告書には、変状の状態、位置などの情報を記述することになっている。写真だけではなく、点検員からの情報により変状の状態を把握し、維持修繕の計画を策定する資料とする。重要な情報であるが、点検員によって説明内容が異なることから、報告書の概要欄に使用された言葉にどのようなものがあるか分析した。図-4.6は「ひび割れ」と報告された変状について、状態と位置を説明するワードを抜き出したものである。ひび割れの方法を示す横断や縦というワードが記述されている。縦については意味が同じである縦断という言葉もあった。ひび割れが進行した形態を示すワードが面状、亀甲状、縦横など複数あった。位置を示す言葉には、左側、右側という車線の左右位置を示すワードが多い。しかし、左右のどの部分なのか理解できない。わだち部であることは想像できるが、わだち部という報告例もあることから、左わだち部など基準化された名称が必要である。

図-4.7は「ポットホール・穴あき・はがれ」と報告された変状の状態、補修状態を説明するワードである。骨材飛散によるポットホールが11件あることが分かる。また、拡大、進行など変状レベルが進んでいることを示すワードがあるが、両方とも範囲の拡大を示していると考えられる。面状、亀甲状についても、ひび割れがある範囲に亀甲状に発生していると考えられる。補修状況も報告しており、常温合材で補修することが多いため、常温合材のワードが最も多くなっている。次に補修部、再発などがある。東京支社では、ポットホールの補修は最初に常温合材により応急的に実施し、その後、加熱アスファルト混合物により局部的にパッチングを実施する場合が多い。その後、大規模な修繕工事を実施する。そのパッチングされた箇所においてポットホールが再発したのか、常温合材により応急的に補修した個所に再びポットホールが発生したのかが不明確である。

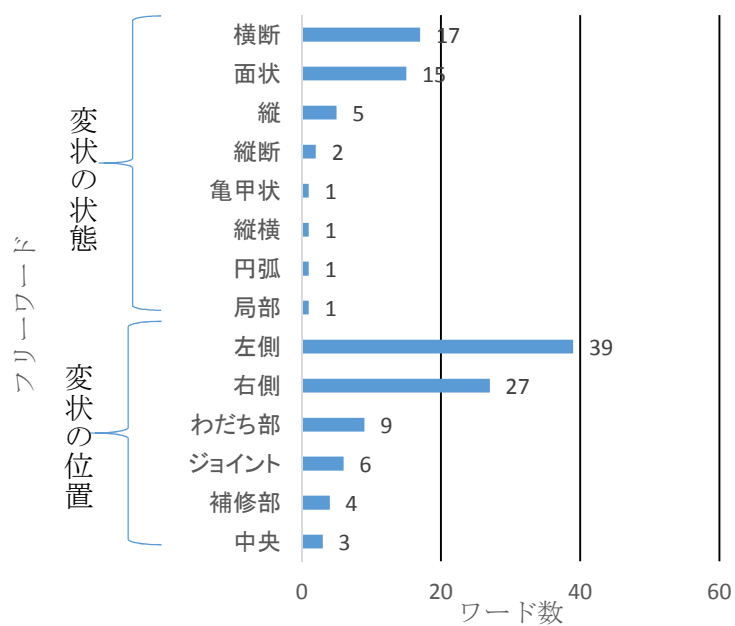


図-4.6 「ひび割れ」の状態を示すフリーワード数

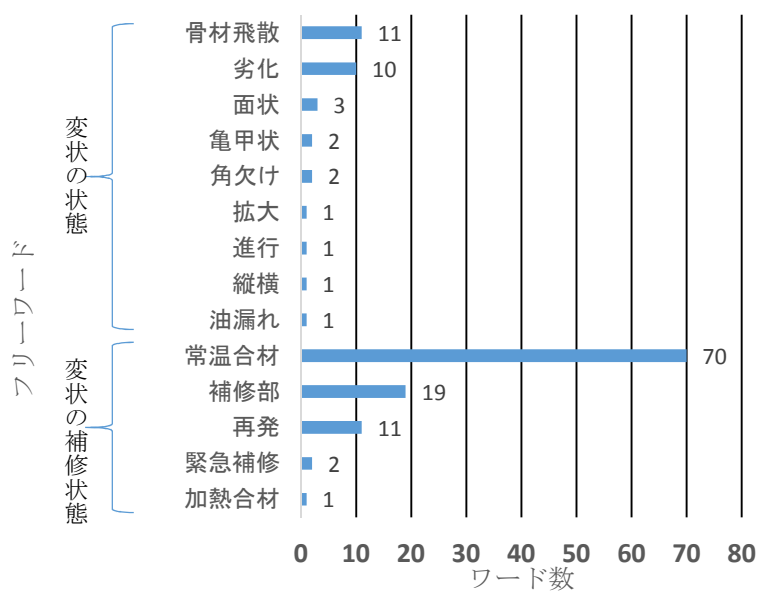


図-4.7 「ポットホール」の状態を示すフリーワード数

#### 4.2.3 点検員による違いについて

目視調査は機械による定量的な調査とは異なり，点検員の主観的な評価であることから，複数の点検員が同一の変状を見ても，結果が異なる恐れがある．点検員による差を把握するために，年齢や経験が異なる 3 名（点検員 A：年齢 30 代，経験 2 年，点検員 B：年齢 50 代，経験 5 年，点検員 C：年齢 20 代，経験 2 年）の点検員に変状の写真を見せ，模擬的に報告書を作成させた．模擬点検は以下の 4 種の変状で行った．

- a) 局部変形
- b) 骨材飛散によるわだち掘れ
- c) 流動わだち掘れ
- d) ひび割れ

模擬点検箇所の写真，点検員による報告を次に示す．



写真-4.1 局部変形・くぼみ

表-4.1 報告例（模擬点検 a）

変状項目			判定	判定理由 判定の標準による	概要 状況／原因／補修方法
1	2	3			
局部変形・くぼみ	ひび割れ	ボンピング	AA	走行車両が激しくバウンドするくぼみ深さ40mm程度	走行車線／右わだち部／くぼみ／走行車両が激しくバウンドする／亀甲状のひび割れ／ボンピング／基層以下の貫通ひび割れに雨水が侵入し路盤材等の微粒分の噴出しによりくぼみの発生／基層までの打換工と脆弱部の除去

表-4.2 模擬点検結果（模擬点検 a）

点検者	変状項目	変状項目	変状項目	判定	概要／進行程度／原因／補修方法
A	ひび割れ	局部変形・くぼみ		AA	亀甲状ひびわれ（切土部）／沈下がみられ、ポットホールの発生につながる恐れがある／基層以下の耐力低下／基層まで打換し、路盤を確認すること
B	ひび割れ	局部変形・くぼみ		AA	路面にポットホール・はがれ等の発生につながる亀甲状のひび割れが発生／路面に局部変形やくぼみが発生？／ハンドルを取られたり走行車両が激しくバウンドすることはないか確認？／基層以下に雨水侵入を防ぐ処置が必要／基層までの打換工と脆弱部の除去
C	局部変形・くぼみ	ひび割れ		A	局部変形・くぼみ／ひび割れを伴う局部変形くぼみ／ひび割れから水が浸入し路面が脆弱化、そこに通行荷重の繰返し载荷によって、くぼみが発生したと考えられる／脆弱部を除去した後の打替工



写真-4.2 骨材飛散によるわだち掘れ

表-4.3 報告例（模擬点検 b）

動画	変状項目			判定	判定理由 判定の標準による	概要 状況／原因／補修方法
	1	2	3			
No.8	わだち掘れ			A	わだち掘れ深さ20mm程度 今後局部の骨材の抜けが進展した場合再判定(はがれ)	第二走行／橋梁部／左右わだち部／骨材の抜け/進行あり/経年劣化による骨材の抜け(摩耗)/局部の骨材の抜けが進展した場合再判定(はがれ)／予防保全では小粒径かつ薄層での補修／抜本補修は切削オーバーレイ工

表-4.4 模擬点検結果（模擬点検 b）

点検者	変状項目	変状項目	変状項目	判定	概要/進行程度/原因/補修方法
A	わだち掘れ			A	わだち掘れ（切土部）/走行車両の激しいバウンドはみられない/摩耗/打換または切削オーバーレイ
B	ポットホール・穴あき・はがれ			A	摩耗による局所的な舗装のはがれが発生/ハンドルを取られたり走行車両が激しくバウンドすることはない./アスファルト表層部の薄層補修材による補修又は切削O/L
C	わだち掘れ	ひび割れ		A	わだち掘れ/一部にひび割れ/通行車両によるアスファルト混合物が摩耗したことが原因と考えられる/表層の打替工





写真-4.3 流動わだち掘れ

表-4.5 報告例（模擬点検 c）

動画	変状項目			判定	判定理由 判定の標準による	概要 状況／原因／補修方法
	1	2	3			
No.6	わだち掘れ	ひび割れ		A	わだち掘れ深さ20mm程度 今後ハンドルの取られに進展が予想される	走行車線／左右わだち部／わだち掘れ/ダブルホイールわだち掘れ(流動)の発生/左右わだち部に線状縦ひび割れの併発(流動によるひび割れ)／ハンドルの取られ、激しいバウンドはみられない/切削オーバーレイによる面的補修が望まれる

表-4.6 模擬点検結果（模擬点検 c）

点検者	変状項目	変状項目	変状項目	判定	概要/進行程度/原因/補修方法
A	わだち掘れ			A	わだち掘れ（切土部）/走行車両の激しいバウンドはみられない/ダブルタイヤによる摩耗/切削オーバーレイ
B	わだち掘れ			A	路面にWわだち掘れが発生，ハンドルが取られたり，走行車両が激しくバウンドするか確認？/必要に応じて切削O L
C	わだち掘れ			A	わだち掘れ/走行車両に影響を及ぼさない程度/通行荷重の繰返し載荷が直接的な原因であるが，施工時の締固め不足等の影響も考えられる/表層の打替工



写真-4.4 ひび割れ

表-4.7 報告例（模擬点検 d）

動画	変状項目			判定	判定理由 判定の標準による	概要 状況／原因／補修方法
	1	2	3			
No.10	ひび割れ			A	構造物取付部の線状横ひび割れ 今後、ひび割れに沿ってはがれや段差が進展した場合再判定(はがれ)	全車線幅／C-Box取付け部／線状横ひび割れ/横断構造物裏込め沈下によるひび割れ/クラックシールによる雨水侵入対策(予防保全)が望まれる

表-4.8 模擬点検結果（模擬点検 d）

点検者	変状項目	変状項目	変状項目	判定	概要/進行程度/原因/補修方法
A	ひび割れ	段差		A	横断ひびわれ（盛土部）/第一走行車線は打換跡に発生 /CBOX の裏込沈下が疑われる/基層まで打換し，路盤を確認すること
B	ひび割れ			A	路面に横断ひび割れ（路肩～第二走行）が発生/クラックシール工施工済み/経過観察（路面及び盛土等周囲の状況）
C	ひび割れ	段差		A	ひび割れ/段差による路面のひび割れ/横断方向の埋設構造物取付け部境で，路面の不同沈下による段差が生じたことが原因と考えられる/基層を含めた打替工

写真-4.1には亀甲状のひび割れと局部的なくぼみやポンピングも確認できる。点検の経験がある者を含む筆者らは、写真-4.1の変状は「局部変形・くぼみ」、「ひび割れ」、「ポンピング」と判定した。報告例を表-4.1に示す。点検員による報告結果を表-4.2に示す。報告様式には複合変状である場合は、1項目だけでなく2項目、3項目も報告可能な欄を設けている。点検員A、Bは代表的な変状に「ひび割れ」と回答したのに対し、点検員Cは「局部変形・くぼみ」と回答した。写真では亀甲状のひび割れが目立つため、点検員A、Bは代表変状名称をひび割れとしたと考えられる。点検員Cは局部変形・くぼみと報告しているが、健全度判定についてはAとしている。車上感覚の一つであるバウンドが確認できないため、Aとした可能性がある。点検員Cのみが、局部変形を最初に報告しており、模擬点検でも複合変状の評価がばらつくことが確認された。

写真-4.2は骨材飛散によるわだち掘れが単独で発生している路面である。点検員A、Cは摩耗によるわだち掘れであると指摘している。しかし、点検員Bは局部的なはがれであると判断し、変状名称はポットホールとしている。また、写真からはひび割れは確認できないが、点検員Cはひび割れが発生していると判断した。単一の変状であっても、点検員の年齢、経験年数によって報告内容が異なる結果となった。点検員による差が比較的小さいと考えていた単一変状であっても、点検員によって評価が異なる結果となったことは、マニュアルの整備だけではなく点検員の訓練が必要であることが示唆される。

写真-4.3は流動わだち掘れとひび割れの複合変状の写真である。点検員3名全員がわだち掘れ、判定はAと報告している。点検員による相違はないが、筆者らの判定ではひび割れも確認されており、点検員が見逃したと考えられる。

写真-4.4はひび割れの写真である。筆者らは大きな段差はないと判定したが、点検員AとCはひび割れ、段差と回答した。また、横断構造物部の沈下によるひび割れと考えられるが、点検員AとCはそれについても言及している。しかし、点検員Bはそれについては述べていない。点検員Bについては訓練が必要である。

目視調査の課題を把握するために、点検報告書の概要内容や模擬点検について分析した。その結果、以下の課題があることが分かった。

- ・複合変状を報告する場合、変状名称の報告ルールがないため、点検員によって変状名称が異なる可能性がある。
- ・変状概要を説明するルールがないため、自由度が高いが、かえって多様な言葉が使用されている。大量にあるデータを分析する場合、言葉の違いが支障になる。
- ・再発という言葉が常温合材で補修した個所の再発を意味するのか、パッチング箇所における再発か不明確である。
- ・同一変状であっても点検員により報告内容が異なる場合がある。

### 4.3 目視調査の改善策について

#### 4.3.1 複合変状の報告方法

複合変状の報告名称が点検員によって異なるのは、明確なルールがないことが原因である。そこで、筆者らは表-2.4の各変状に優先度を設け、表-4.9の「複合変状報告の優先度」に示すように変状を順位づけした。優先順位は、第三者に被害を及ぼすと考えられる変状を最優先とし、次に舗装構造体への影響を考慮した。例えば、ポットホールは走行車両への影響が大きいことから1番とした。また、写真-4.1のように「ひび割れ」と「局部変形・くぼみ」が複合的に発生している場合は、走行車両への影響が大きい「局部変形・くぼみ」を優先的に報告することとした。舗装構造体の変状であると考えられる「ひび割れ」と「ポンピング」が同時に発生している場合は、既に表層に変状が発現していることや進展するとポットホールの発生につながる恐れがある「ひび割れ」を優先的に報告することにした。この順位づけにより、複合変状において点検員によって報告名称が異なる事象が解消されることが考えられる。

表-4.9 複合変状報告の優先度

点検箇所	変状の種類	判定の標準			複合変状報告の優先度
		AA	A	B	
舗装	ポットホール・穴あき・はがれ	○深さ20mm以上かつ径20cm以上の路面のはがれ等がある	○AAに至らない路面のはがれ等	—	1
	段差*コンクリート舗装の目地部段差を含む	○構造物の取付部などに、著しい段差があり、ハンドルが取られたり、走行車両が激しくバウンドする場合。 ○構造物取付部において、20mm以上の段差がある。 ○横断構造物取付部、切盛境部において、30mm以上の段差がある。	○橋梁取付部において、10mm以上 20mm未満の段差がある。 ○構造物取付部において、10mm以上30mm未満の段差がある。	—	3
	わだち掘れ	○路面にわだち掘れがあり、ハンドルが取られたり、走行車両が激しくバウンドする場合。＜参考値＞25mm程度以上	○AAに至らない路面のわだち掘れ ＜参考値＞15mm程度以上25mm程度未満	—	4
	ひび割れ	○路面にポットホール・はがれ等の発生につながるひび割れが発生している場合 ○舗装本体の損傷につながる大きなひび割れが発生している場合。 ＜参考値＞ひびわれ率20%程度以上※1	AAに至らない路面のひび割れ。 ＜参考値＞ひびわれ率10%程度以上20%程度未満	—	5
	縦断の凹凸コルゲーション	—	○縦断の凹凸が大きく乗り心地が悪い ○コルゲーション(凹凸の差が30mm以上)	○縦断の凹凸が認められる○コルゲーション(凹凸の差が10mm以上30mm未満)	—
	局部変形・くぼみ	○路面に局部変形やくぼみがあり、ハンドルが取られたり、走行車両が激しくバウンドする場合。	○AAにいたらない路面の局部流動・くぼみ	—	2
	薄層舗装のはく離	—	○わだち部分がはがれて機能をうしなっている。	—	—
	滞水	—	○局所的な滞水が降雨ごとに発見される	—	—
	ボンピング	○路面に路盤材・砕石等の微粒分の噴出しが見られ、かつ亀甲状のひび割れを伴うもの。	○路面に路盤材・砕石等の微粒分の噴出しが見られる。	—	6
	ブリストリング*表層がアスファルト混合物の場合	○ポットホールに至ったものは、ポットホールの判定による。	○路面の膨れが大きい、あるいはブリストリングの発生箇所微粒分の噴出した跡が見られる。	○AIに至らない路面の膨れ	—

#### 4.3.2 概要のフリーワードの統一

点検入力マニュアルには、点検員が入力する項目として概要、判定理由しか記載されていない。概要の内容は点検員の裁量に任されているため、理解し難いことや、同じ意味でも言葉が異なるなどの問題がある。そのため、効率よく点検データの分析を行うためには、使用する言葉などはある程度決めることが必要である。以下に、記入マニュアルで統一すべき内容を述べる。

- ・ひび割れの形状を説明する言葉を「線状横ひび割れ」、「線状縦ひび割れ」、「面状ひび割れ」に統一する。

・変状位置については、車線を横断方向に3分割し、左側を「左側わだち部」、中央を「車線中央」、右側を「右側わだち部」などに統一する。

・ポットホールの拡大、進行は「拡大」に統一する。

・ポットホールにおける「再発」という言葉は、ポットホールを表層、または表層・基層からのパッチングにより補修した箇所において、再びポットホールが発生した場合に使用する。局部打換えを行ってもポットホールが再発する場合は、路盤よりも下の層に原因があると想定される。そのため、再発というワードを検索することにより、路盤からの打ち換えを実施すべき箇所が抽出可能となる。図-4.8 に報告事例を示す。

ポットホールを発見し、簡易補修材を詰めただけの箇所が再びポットホール化した場合は「進展」とし、補修方法が異なる「再発」とは異なることを明確にした。簡易補修材による補修はあくまでも緊急補修であり、長期間放置すべき事象ではないため、パッチングや大規模修繕などを実施すべき箇所が分かるようにした。

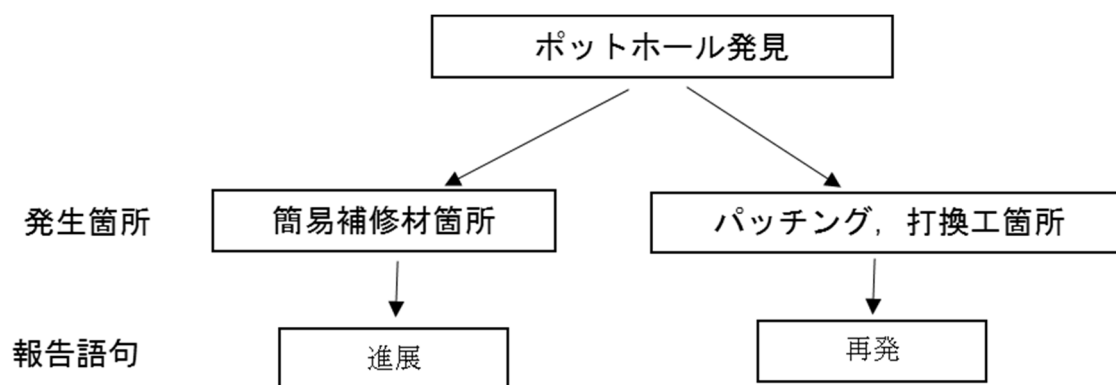


図-4.8 ポットホールの報告事例

### 4.3.3 マニュアル修正の確認

マニュアルを修正した効果を確認した。確認方法は、点検員が同一の変状写真または点検車両からの路面撮影動画をパソコンで見て、変状名称、判定、判定理由などを報告する方法とした。写真による模擬点検では、健全度判定の指標である車両のバウンドが確認できないことや、走行車両から変状を発見する模擬点検にならないことが分かった。そのため、確認は動画で行うこととした。しかし、その動画においても、パソコンのモニター上では走行速度が速く感じ、変状を発見することは困難であった。点検車両は時速 80km で走行しているが、動画の再生速度を半分にしたところ、モニター上でも変状を確認することが可能となったため、確認はその速度で行った。

動画による確認は、前章で述べた写真による模擬点検と同じ変状 4 種で行った。変状を撮影した動画を前章で実施した試験と同一人物の点検員 A～C の 3 名に見せ、改善ルールに基づいて改めて判定した。同一人物で判定を行ったのは、本検討で改善したルールによる効果が確認しやすいと考えたからである。点検員は写真による評価を行っているが、正答は教えていないため、動画による再判定には影響はないと考える。

**写真-4.1** の変状を撮影した動画の結果について **表-4.10** に示す。変状は、局部変形とひび割れの複合変状であるが、全点検員が「局部変形・くぼみ」を代表変状としていることから、変状の順位付けの効果があったと言える。また、動画であることから車両のバウンドも確認でき、点検員 B と C は判定を AA としている。点検員 A の判定が他と異なったが、車両のバウンドを見逃したためと考えられる。

表-4.10 確認結果（動画調査 a）

点検者	変状項目	変状項目	変状項目	判定	概要/状況/原因/補修方法
A	局部変形・くぼみ	ひび割れ		A	走行車線／右わだち部／10m×2m／局地変形くぼみ/路盤以下の損傷に伴う沈下／亀甲状ひび割れ／打換工
B	局部変形・くぼみ	亀甲状ひび割れ		AA	走行車線右轍部の局部変形くぼみ、亀甲状ひび割れ/ひび割れの進展により雨水が基層以下に浸入し路盤材等の粒子分が噴出したため/基層までの打換え工
C	局部変形・くぼみ	ひび割れ	ポンピング	AA	走行車線右わだち部に局部変形・くぼみが 5000mm×1000mm×100mm にわたり生じている/ひび割れを伴うポンピングが生じていることから雨水等の進入により、基層が脆弱化したものと推測される/基層までの打替工と脆弱部の除去

表-4.11 確認結果（動画調査 b）

点検者	変状項目	変状項目	変状項目	判定	概要/状況/原因/補修方法
A	ポットホール・穴あき・はがれ	—	—	A	A Aに至らない路面のはがれ 第二走行車線/L=40m×1m/左右わだち部 /表層骨材のはがれ/表層の老朽化/切削 オーバーレイ工
B	わだち掘れ			A	車両のバウンドが少なく、表層の骨材が飛散したわだち掘れで、段差も25mm段差も25mm未満であると判断。走行車線両轍部にわだち掘れ/チェーン等による表層骨材の飛散/表層の切削オーバーレイ
C	わだち掘れ			A	ハンドルを取られる恐れや、車両が激しくバウンドする恐れがないためA判定。 走行車線左右わだち部に骨材抜けによるわだち掘れが100mにわたって生じている/経年劣化による舗装の骨材抜けが原因と推測される/表層の打替え

表-4.11 に写真-4.2 の変状の動画を使用した結果を示す。変状は骨材飛散によるわだち掘れである。静止画の模擬点検では、わだち掘れが2人、ポットホール・はがれが1人であり、動画でも同じ結果になった。また、変状位置についても左右わだち部と両わだち部と2種類あり、点検員Bの訓練が必要である。

表-4.12 確認結果（動画調査 c）

点検者	変状項目	変状項目	変状項目	判定	概要/状況/原因/補修方法
A	わだち掘れ	ひび割れ	—	A	走行車線にWわだち掘やわだち部に縦断方向のひび割れが発生し走行車両の挙動に注意 走行車線/L=160m/わだち掘れ/支持力不足の懸念/打換工
B	わだち掘れ	ひび割れ		A	車両のバウンドは見られるが、ハンドルを取られる程ではなく、段差も25mm未満であると判断。ひび割れも部分的に車両走行方向に入っているがポットホールに直接つながるひび割れではないと判断。 走行車線両轍部に流動性わだち掘れ/走行車両の過積載等により流動/表層の切削オーバーレイ
C	わだち掘れ	ひび割れ		A	ハンドルを取られる恐れや、車両が激しくバウンドする恐れがないためA判定 走行車線左右わだち部に舗装流動によるわだち掘れが300mにわたって生じている/車両の通行による舗装の変形が原因と推測される/表層の打替え



表-4.12 に写真-4.3 の変状の動画を使用した結果を示す。変状は流動わだち掘れであり、全点検員が優先順位が高いわだち掘れを第一変状で報告している。動画調査 b と同様にハンドルとられの恐れがないことが確認された。また、静止画では分からなかったひび割れについては全点検員が確認できた。

表-4.13 確認結果（動画調査 d）

点検者	変状項目	変状項目	変状項目	判定	概要/状況/原因/補修方法
A	ひび割れ	平坦性の低下	—	A	構造物取付部土工部の舗装打換工箇所にひび割れの再発 走行車線/右わだち部/L=70m/A Aに至らない路面のひび割れ（舗装本体の損傷に繋がるひび割れ）/路盤以下の損傷に伴う沈下/打換工
B	ひびわれ			A	車両のバウンドが少ないことから段差は生じていない。ポットホール・はがれに直接つながるひび割れではないと判断。 打換補修箇所に横断方向のひび割れ/構造物の取り付け部にひび割れが発生/ひび割れ注入または再度打ち換え工の実施
C	ひび割れ			A	ポットホール・はがれにつながる恐れが無いためA判定 第二走行車線から第一走行車線に渡り道路横断方向にひび割れが生じている/埋設構造物の影響が原因と推測される/埋設物の調査を行った後、表層の打替え

表-4.13 に写真-4.4 の変状の動画を使用した結果を示す。静止画では段差も発生していると判断していたが、動画により走行車両がバウンドしていないことが確認でき、段差はない結果になった。

動画による模擬点検により、より現場に近い状況を再現でき、マニュアルの修正の効果を確認できた。

#### 4.4 修繕計画への活用

NEXCO 中日本・東京支社が管理する高速道路では、舗装の表層・基層の切削オーバーレイ工や路盤からの打換え工などの大規模修繕の計画は、路面性状測定車により測定されたわだち掘れ，ひび割れ，IRI の値により策定されている．これらの指標では，ポットホールや局部的な変状は把握し難い<sup>3)</sup>．現場の担当者は，わだち掘れなどの路面性状測定結果に加えて，目視調査結果も考慮して修繕計画を策定する．しかし，路面性状測定結果と目視調査結果は別々に報告されるため，担当者は目視調査結果も参考にするには，データの突合せという作業が必要になる．また，担当者は多数ある路面変状のどこを優先に修繕すべきか，判断することが難しい．

路面性状管理図にポットホールの情報を追加した例<sup>4)</sup>があるが，修繕にはひび割れや，局部流動など他の情報も必要である．

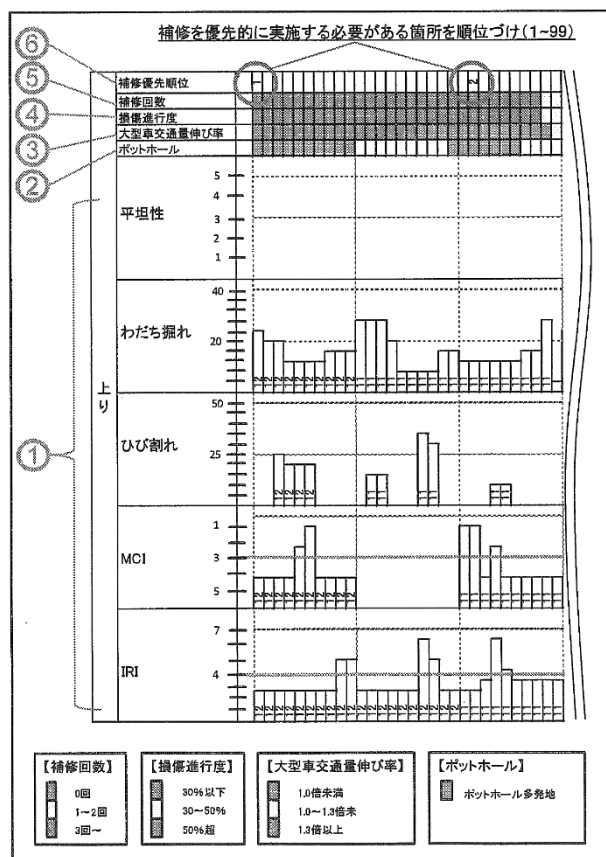


図-4.9 路面性状管理図にポットホールを追加した例

筆者らは，路面性状調査結果の報告様式に日常点検結果も追加した．表-4.14 に追加例を示す．この表は 2016 年度に測定した路面性状結果と 2013 年から 2019 年度までに日常点検で発見された変状の判定を記載したものである．延長 10m 毎に舗装種別，施工年度，100m 評価延長のわだち掘れ量，10m 評価延長のわだち掘れ量やその他の路面性状値，日常点検結果の A 判定数，B 判定数，などを示している．A 判定の

1とは、この区間に A 判定の変状が 1 件あることを示している。AA と判定された変状は早急に補修されるため、大規模修繕の計画に使用される表-4.14 には反映されない。修繕範囲は、従来は路面性状値で選定していたため、この表では、わだち掘れ量（10m 評価延長）が東京支社の修繕基準値（15mm）を超えている 20m 区間が対象となる。しかし、日常点検結果、路面の平坦性の確保、施工の効率性なども考慮すると、対象は 100m となる。この追加により、担当者は路面性状の結果と日常点検の結果を同時に確認できるため、修繕工事の計画にその情報も取り込む作業が容易になった。

表-4.14 路面性状値と日常点検結果

走行車線												日常点検		修繕範囲			
舗装種別	施工年度	わだち -1000	わだち -10	IRI 200	IRI 10	ひびわれ率 -1000	ひびわれ率 -10	FWD測定年度	FWD	すべり測定年度	すべり μ	A判定	B判定	路面性状値判断	日常点検も考慮		
PO	H23	8.0	10.0	1.4	2.6	0.0	0.0	0	0	H26	0.517	0	0				
PO	H23		6.0		1.0		0.0	0	0			0	0				
PO	H23		7.0		0.9		0.0	0	0			0	0				
PO	H23		6.0		1.6		0.0	0	0			0	0				
PO	H23		7.0		1.5		0.0	0	0			0	0				
PO	H23		10.0		0.9		0.0	0	0			0	0				
PO	H23		9.0		2.2		0.0	0	0			0	0				
PO	H23		7.0		1.5		0.0	0	0			0	0				
PO	H23		8.0		1.2		0.0	0	0			0	0				
PO	H23		6.0		1.1		0.0	0	0			0	0				
PO	H23	10.0	7.0	1.4	1.7	0.0	0.0	0	0	H26	0.517	0	0				
PO	H23		7.0		1.2		0.0	0	0			0	0				
PO	H23		8.0		0.8		0.0	0	0			0	0				
PO	H23		9.0		1.4		0.0	0	0			0	0				
PO	H23		9.0		1.4		0.0	0	0			0	0				
PO	H23		9.0		1.5		0.0	0	0			0	0				
PO	H23		15.0		2.1		0.0	0	0			0	0				
PO	H23		25.0		1.0		0.0	0	0			0	0	1			
PO	H23		7.0		2.0		0.0	0	0			0	0	0			
PO	H23		8.0		1.0		0.0	0	0			0	0	0			
PO	H23	8.0	6.0	1.4	2.4	0.0	0.0	0	0	H26	0.501	0	0				
PO	H23		8.0		1.2		0.0	0	0			0	0	0			
PO	H23		10.0		1.0		0.0	0	0			0	0	2			
PO	H23		11.0		1.0		0.0	0	0			0	0	0			
PO	H23		9.0		2.0		0.0	0	0			0	0	0			
PO	H23		10.0		1.0		0.0	0	0			0	0	1	1		
PO	H23		7.0		2.6		0.0	0	0			0	0	0	0		
PO	H23		6.0		1.0		0.0	0	0			0	0	0	0		
PO	H23		6.0		1.8		0.0	0	0			0	0	0	0		
PO	H23		5.0		2.1		0.0	0	0			0	0	0	0		
PO	H23	6.0	4.0	1.4	1.1	0.0	0.0	0	0	H26	0.501	0	0				
PO	H23		5.0		1.0		0.0	0	0			0	0	0			
PO	H23		5.0		0.8		0.0	0	0			0	0	0			
PO	H23		6.0		1.4		0.0	0	0			0	0	0			
PO	H23		7.0		1.2		0.0	0	0			0	0	0			
PO	H23		8.0		0.7		0.0	0	0			0	0	0			
PO	H23		6.0		1.4		0.0	0	0			0	0	0			
PO	H23		5.0		0.8		0.0	0	0			0	0	0			
PO	H23		5.0		1.1		0.0	0	0			0	0	0			
PO	H23		7.0		1.5		0.0	0	0			0	0	0			

#### 4.5 高機能舗装の新たな骨材飛散評価方法の開発

高速道路では平成10年から舗装の表層には高機能舗装を採用している。高機能舗装の損傷評価は路面性状3要素により実施しているが、基層の劣化が原因によるひび割れやポットホールなど局所的な損傷は3要素では評価できない<sup>5)6)</sup>。東名高速道路の静岡県区間では、近年、骨材飛散による局所的なくぼみのようにそれらの評価指標では把握できない損傷が散見されている。静岡県区間における骨材飛散は、冬季の大型車両のタイヤチェーンによる縦断方向に連続的な骨材飛散ではなく、バインダーの劣化により骨材が抜けることにより、ポットホールにつながる局所的なくぼみが点在している場合が多い。平成10年から短期間で広範囲の表層を高機能舗装化したことにより、わだち掘れによる舗装修繕が少なくなった。結果として長期間修繕されないまま供用しているため、バインダーの劣化進行により骨材飛散が発生したと考えられる。

従来、積雪寒冷地域におけるタイヤチェーンによる骨材の摩耗や骨材飛散によるわだち掘れは、流動わだち掘れと同様にわだち掘れ量による方法、平均摩耗深さ<sup>7)</sup>やすり減り量による方法<sup>8)</sup>などで評価されてきた。

しかし、静岡県区間では、100m間において20m間隔で測定したわだち掘れ量の平均値で評価する従来方法では、点在する局所的な骨材飛散を評価できないことから、点検員による評価によって維持を実施している。点検員は損傷の有無を確認し、損傷のおおよその損傷レベルを報告しているが、正確に深さや面積を測定することはできない。修繕箇所の優先順位や予算確保のためには、骨材飛散量や進行速度の定量的な把握、修繕基準値の設定などが必要である。

本研究では、研究のために測定したデータではなく、路面性状測定車により定期的に測定された横断プロファイルデータを使用した。定期的に測定されるデータを活用することにより、骨材飛散の評価のために別途路面性状を測定する必要はない。このデータを活用し骨材飛散によるくぼみの断面積を算出し、骨材飛散の評価方法を検討した。

#### 4.6 検討箇所の路面状況

本研究の検討対象とした区間は、東名高速道路 清水 IC ～浜松 IC 間(延長82.2km)である。この区間は、冬季の降雪は平成21年から平成29年の間に5回程度であり、大型車のタイヤチェーンによる影響は小さい。図-4.10 は、この区間の平成27年時点における施工年別高機能舗装延長比を示したものである。

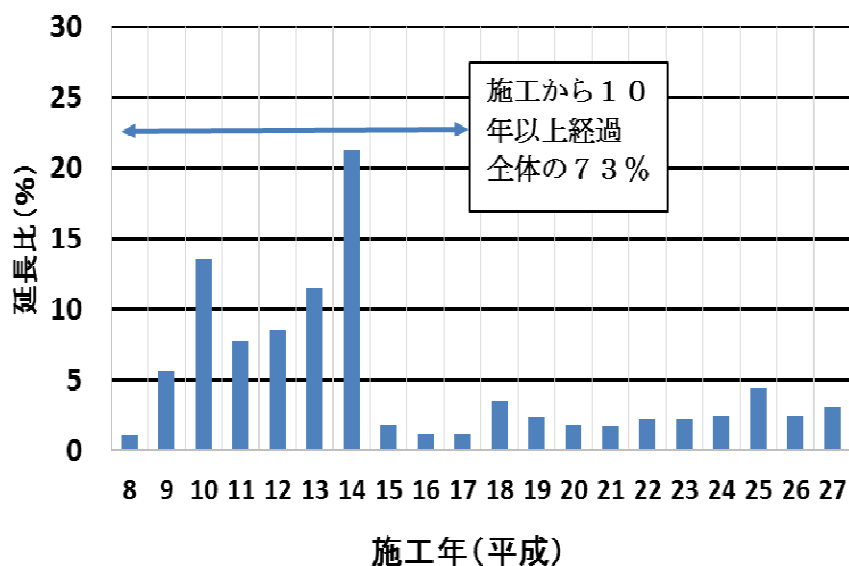


図-4.10 施工年別舗装延長比

この区間の表層全延長に対して、ある年度に施工された高機能舗装が何%占めているか分かる。例えば平成14年に施工された高機能舗装は全延長に対して21%占めている。当該区間は日本道路公団が高機能舗装を標準とする平成10年よりも1年前の平成9年から交通安全対策として高機能舗装化を進め、平成14年に完成した区間である。その後は、施工量が少なくなり、年平均2%の修繕に留まっている。平成8年は試験的に施工したものである。平成9年から平成14年の間にはほぼ全延長を高機能舗装化したため、平成27年時点でも10年以上経過した延長が区間全体の73%、15年以上経過した区間は37%に達している。

平成27年に測定した路面性状測定結果を図-4.11～図-4.13に示す。測定は全車線で行い、わだち掘れ量とひび割れ率の評価延長は100m、IRIは200mである。測定結果は相対度数で示した。わだち掘れ量は10mm満が99%、15mm以上の区間はなかった。NEXCO中日本の修繕目標値は25mmであるため、この区間は100m評価によるわだち掘れが理由による修繕は計画されない。ひび割れ率は2%未満が84%であった。2%以上は16%あったが、その中でも修繕目標値である20%を超える区間は、清水 IC～浜松 IC間82.2 kmのうち200mであった。IRIは3mm/m未満が94%、修繕目標値である3.5mm/m以上は2%であった。路面評価の3項目の数値では路面は全体的に健全である。

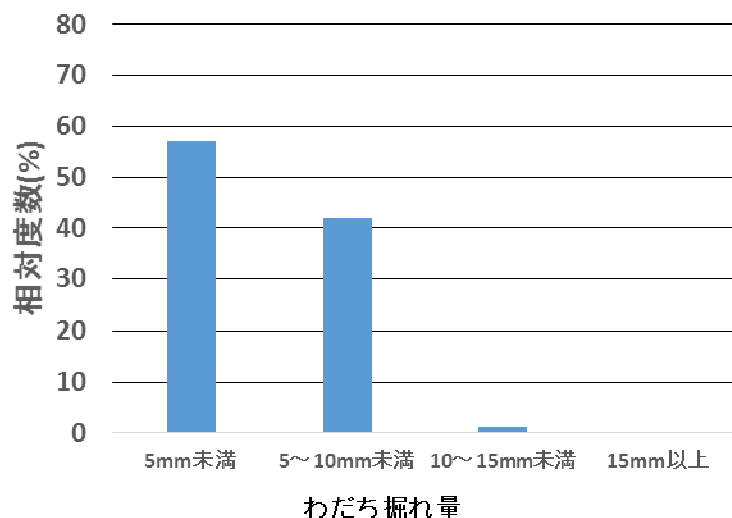


図-4.11 わだち掘れ量

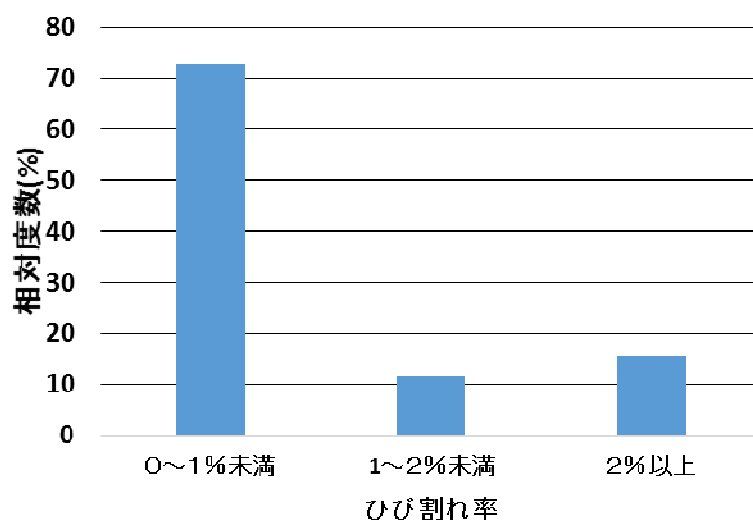


図-4.12 ひび割れ率

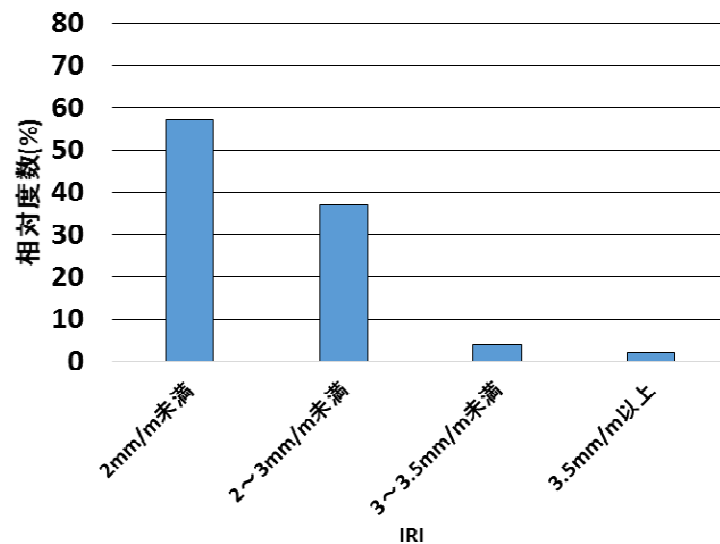


図-4.13 IRI

写真-4.5 は上り193.79 kp（キロポスト）付近の路面である．この箇所は施工から17年経過しており，骨材飛散が著しく進行している．特に丸で囲った部分はいくぼみが大きく安全性が低い状態だと推察される．表-4.15 にこの箇所を含むわだち掘れ量を示す．100m評価区間のわだち掘れ量と10m評価区間の最大値を示す．193.80 km から193.70 km 間のわだち掘れ量は9mmであったが，10m評価区間に分けた場合，最大のわだち掘れ量が17mmに達している区間がある．

骨材飛散箇所のわだち掘れが大きくなっていることが分かる．100m評価区間の平均的なわだち掘れ量を算出する従来の方法では，点在する局部的なくぼみは評価できていない．



写真-4.5 骨材飛散の状況



表-4.15 わだち掘れ量

区間 (kp)	わだち掘れ量 (mm)
193.80～193.70 100m 評価区間	9
10m 評価区間	区間最大わだち掘れ量 (mm)
193.80～193.79	11
193.79～193.78	17
193.78～193.77	10
193.77～193.76	10
193.76～193.75	13
193.75～193.74	15
193.74～193.73	12
193.73～193.72	10
193.72～193.71	11
193.71～193.70	14

#### 4.7 評価指標の検討

当該区間の骨材飛散を評価するために、路面性状測定車の横断プロファイルのデータを利用することとした。そのデータは路面の損傷評価のために定期的に測定しているものであり、別途測定する必要がないため効率的である。

新しい評価指標の計算方法について説明する。データは多点変位計測法により縦断方向0.5mピッチ、横断方向0.1mピッチで取得した。1断面の測定例を図-4.14に示す。横軸は車線における位置を示している。0は左レーンマークの右端、3300は右レーンマークの左端である。縦軸はわだち掘れ量を示しており、0は基準高さである。骨材飛散の評価にはわだち掘れの最大量ではなく、基準線よりも下側部分の面積を算出した。

この区間は、縦断的に連続する流動わだち掘れは小さい。局部的に発生し危険な骨材飛散を把握するために、縦断方向の測定ピッチを短くし、基準線よりも下部側を対象とした。

横断方向0.1mごとに幅100mmに飛散深さを掛けて骨材飛散断面積を算出した。この計算を縦断方向0.5mピッチのプロファイルデータにおいて行い、評価区間の総飛散断面積を算出した。図-4.15は4断面のイメージであるが、実際の計算は100m評価区間であれば縦断方向に200断面の面積を算出し総計する。最後に測定点数で割ることにより平均飛散断面積を算出する。平均飛散断面積の算出式(1)を示す。

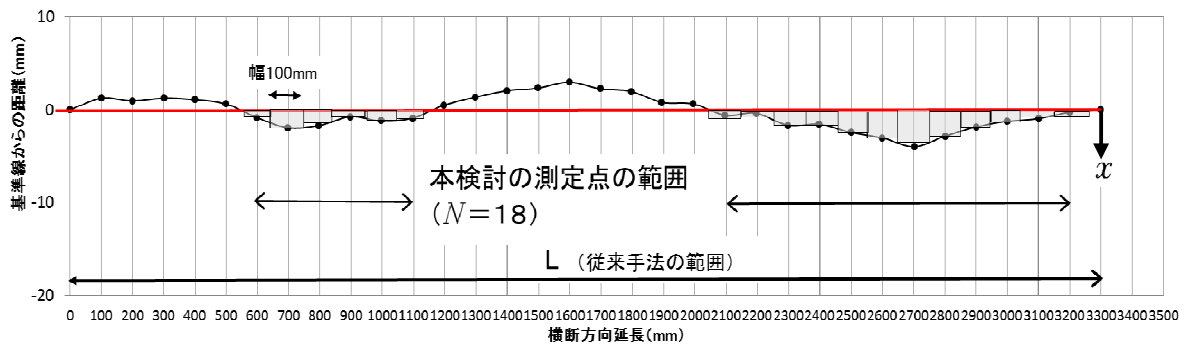


図-4.14 骨材飛散断面積算出イメージ

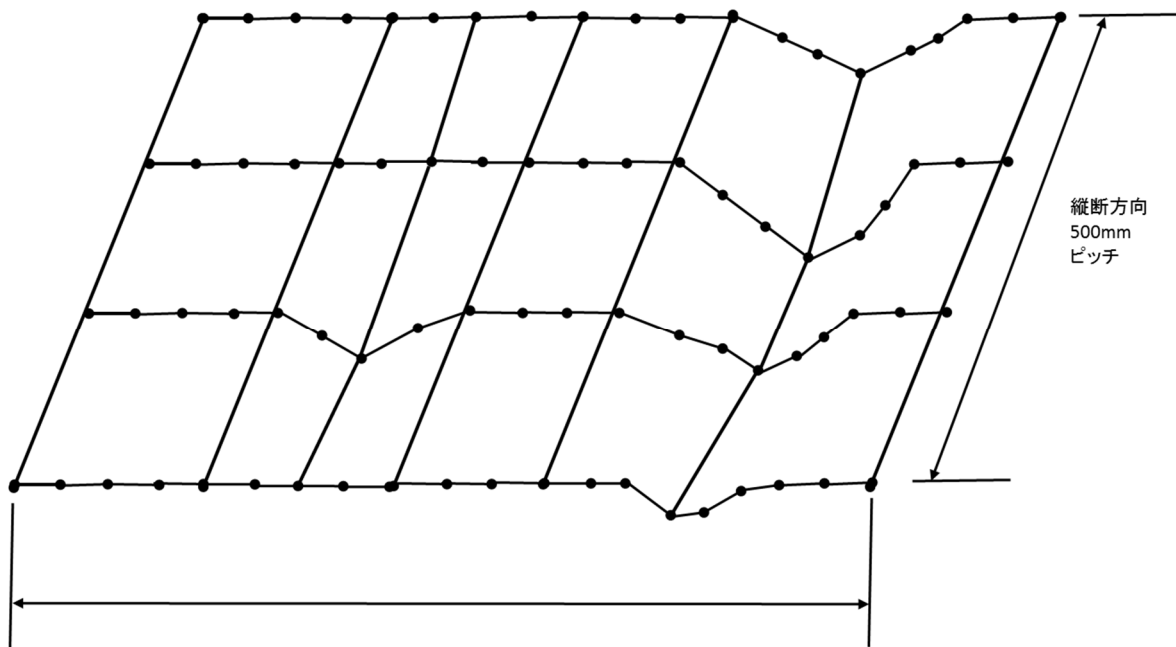


図-4.15 縦断方向の算出イメージ

$$\text{平均飛散断面積 (mm}^2\text{)} = \frac{100 \times x_1 + \dots + 100 \times x_N}{N} \quad (1)$$

$x$  : 飛散深さ (mm)

$N$  : 測定点数

測定点数は横断プロファイルの基準線よりも深い箇所点数である．図-4.14 の断面の場合は18点である．この平均飛散断面積は，評価区間全体における骨材飛散量を算出し，測定点における平均的な飛散量を示すものと言える．

従来方法<sup>3)</sup>は図-4.14における基準線よりも下側の面積を左右のレーンマーク間距離(L)で割ることで平均摩耗深さを算出する。この方法では、飛散していない上側に盛り上がっている箇所も含めてしまうため、局部的に発生した骨材飛散量が小さく評価されてしまう。

表-4.16の右列に計算結果、図-4.16に区間最大わだち掘れ量と平均飛散断面積の関係を示す。100m評価では $265\text{mm}^2$ 、10m評価では、区間最大わだち掘れ量が最も大きい $193.79\text{kp}$ から $193.78\text{kp}$ 間(区間最大わだち掘れ量 $17\text{mm}$ )の平均飛散断面積が最も大きく $340\text{mm}^2$ であった。区間最大わだち掘れ量が $10\text{mm}$ の区間における平均飛散断面積は $214\text{mm}^2$ から $253\text{mm}^2$ となった。骨材飛散が進行している路面と比較的進行程度が小さい路面の性状を平均飛散断面積は表現可能である。一方、区間最大わだち掘れ量が $13\text{mm}$ の区間の平均飛散断面積が $316\text{mm}^2$ 、最大わだち掘れ量が $15\text{mm}$ の区間の平均飛散断面積が $278\text{mm}^2$ とわだち掘れ量に比例していない。これは、平均飛散断面積は評価区間全体の飛散量から算出しているが、最大わだち掘れ量は横断面の最も深いくぼみのみを測定していることから、区間全体を評価していないからである。

表-4.16 わだち掘れ量と平均飛散断面積

区間 (kp)	わだち掘れ量 (mm)	平均飛散断面積 (mm <sup>2</sup> )
193.80～193.70 100m 評価区間	9	265
10m 評価区間	区間最大わだち掘れ量 (mm)	平均飛散断面積 (mm <sup>2</sup> )
193.80～193.79	11	228
193.79～193.78	17	340
193.78～193.77	10	217
193.77～193.76	10	214
193.76～193.75	13	316
193.75～193.74	15	278
193.74～193.73	12	289
193.73～193.72	10	253
193.72～193.71	11	254
193.71～193.70	14	266

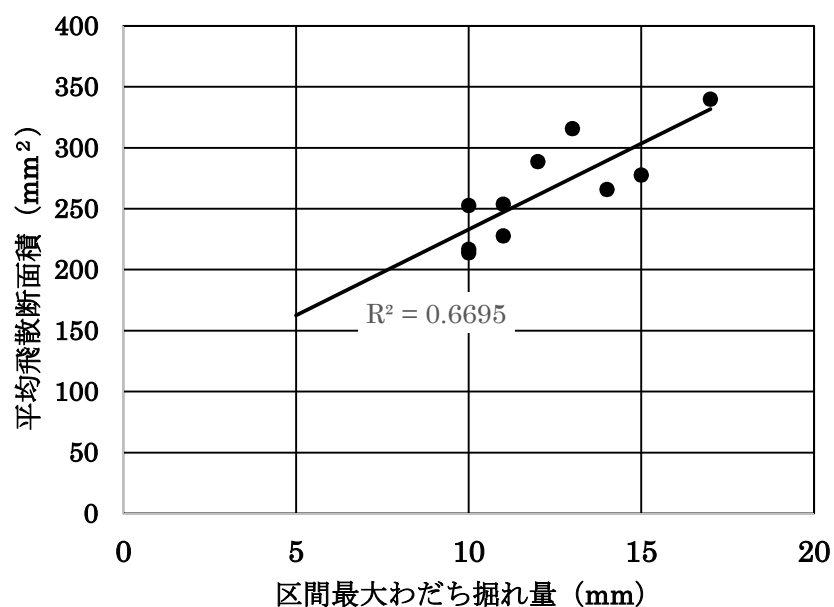


図-4.16 平均飛散断面積と区間最大わだち掘れ量の関係

#### 4.8 修繕基準値の検討

本検討で提案した平均飛散断面積により路面の骨材飛散程度を把握することが可能となった。しかし、現場において修繕が必要か否か判断する基準値が必要である。路面の走行安全性の確認は、現場の点検員によることが適当であるため、点検員による維持修繕工法の実施判断と平均飛散断面積の関係を検討した。

表-4.17 は静岡にて舗装の修繕に係わっている点検員1名が路面の劣化進行程度を目視にて判定し、5段階に区分したものである。評価は100m毎に行った。骨材の飛散が見られない場合をⅠ，骨材飛散が部分的な場合をⅡとした。

表-4.17 点検員による路面の劣化進行度

劣化進行度	劣化期	路面状態（目視評価）
Ⅰ	劣化変状なし	劣化による変状が見られない。
Ⅱ	劣化変状初期	劣化による骨材の飛散が部分的に発生している。
Ⅲ	劣化変状中期	劣化による骨材の飛散が広範囲に発生している。
Ⅳ	劣化変状後期	Ⅲに加え、骨材飛散が進みわだち掘れ状態になっている。
Ⅴ	管理限界期	Ⅳに加え、部分的に補修している。

進行度Ⅲは写真-4.6のように、骨材飛散がわだち部に連続的に発生している状態である。進行度Ⅳは写真-4.7の丸囲い部分のように骨材飛散によりわだち掘れが深くなっている状態である。進行度Ⅴはわだち掘れがより深くなり、走行安全性が低く、常温混合物による補修（写真-4.8の丸囲み部）が発生している状態である。劣化進行度ⅠからⅢまでは骨材飛散の面的な広がり、ⅣからⅤは深さに着目した評価と言える。

表-4.17 を参考に劣化判定した路面とその区間において算出した平均飛散断面積の関係を表-4.18 と図-4.17 に示す。比較箇所は8箇所である。進行度Ⅰは劣化による変状が見られない区間であるが、比較のために平均飛散断面積を算出した。図-4.17 のグラフは進行度ごとの平均飛散断面積の平均である。点検員による評価である劣化進行度が大きくなると平均飛散断面積も大きくなる傾向にある。点検員が管理限界期と判断したレベルに到達する前に修繕することが理想であることから、200mm<sup>2</sup>が修繕基準値として適当である。



写真-4.6 劣化進行度□



写真-4.7 劣化進行度Ⅳ



写真-4.8 劣化進行度Ⅴ

表-4.18 点検員評価と平均飛散断面積

上下	区間 ( km )	進行度	平均飛散断面積 (mm <sup>2</sup> )
上	193.7～193.6	V	244
上	193.6～193.5	IV	190
上	193.3～193.2	III	151
上	193.2～193.1	II	124
下	194.5～194.6	I	72
下	195.4～195.5	III	107
下	195.5～195.6	V	182
下	195.6～195.7	IV	194

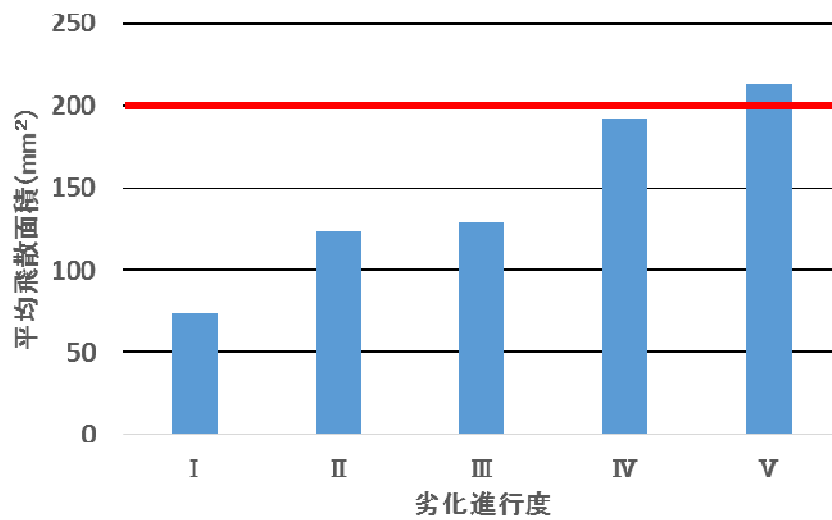


図-4.17 劣化進行度別平均飛散断面積

#### 4.9 路面状態の見える化

前章までは、骨材飛散の程度を横断プロファイルデータの基準線さよりも下側の総面積を算出し、測定点の平均飛散断面積により評価した結果を述べた。その測定点毎の飛散断面積を平面図に色分けしたものが図-4.18～図-4.20である。図の上側が車両の進行方向の左側，下側が右側，延長は10mである。表-4.19に色分け毎の飛散断面積を示す。最も飛散断面積が大きい濃い部分は $2000\text{mm}^2$ 以上であり，測定点の幅は100mmであることから深さ20mm以上となる。骨材飛散深さを色分けすることにより路面の不陸を立体的に想像することができる。図-4.18に劣化進行度Ⅲの路面例を示す。左右のわだち部に骨材飛散が連続的に発生していることが分かる。図-4.19は劣化進行度Ⅳである。全体的に薄い茶色，左わだち部が茶色に着色されている。全体的に骨材飛散が進行し，左わだち部ではわだち掘れ量が10mmから15mmに達していることが分かる。図-4.20は劣化進行度Ⅴである。図の右下部に濃い赤色部があり，局部的に深さ20mmを超えている箇所を確認できる。この箇所をパッチングにより補修する場合，補修範囲の選定に着色が活用できる。通常，補修範囲は現場で目視にて判断するが，この図を活用することにより事前にくぼみの深さ，範囲を把握することができる。例えば，図-4.20の四角で囲った範囲は延長約2.5m，幅約0.5mであり現場に行く前に補修範囲を決めることが可能となる。

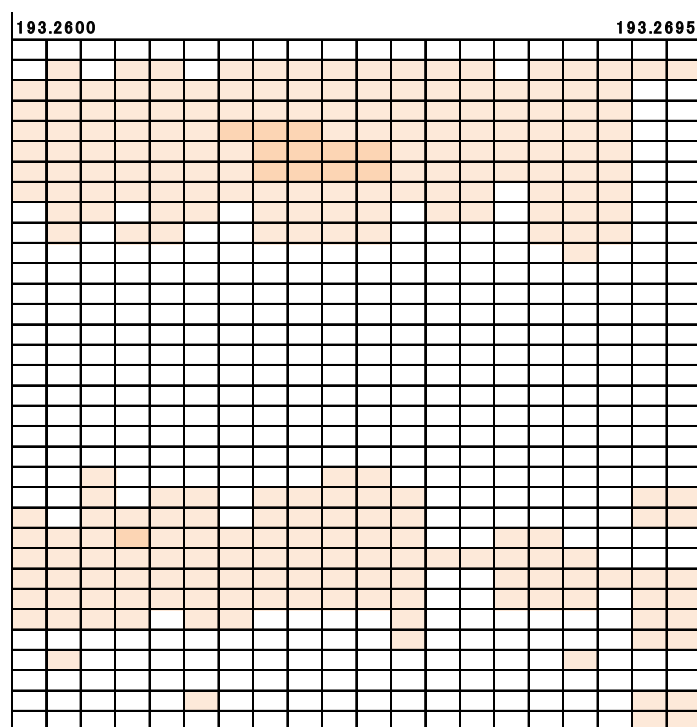


図-4.18 劣化進行度Ⅲの骨材飛散深さ状態



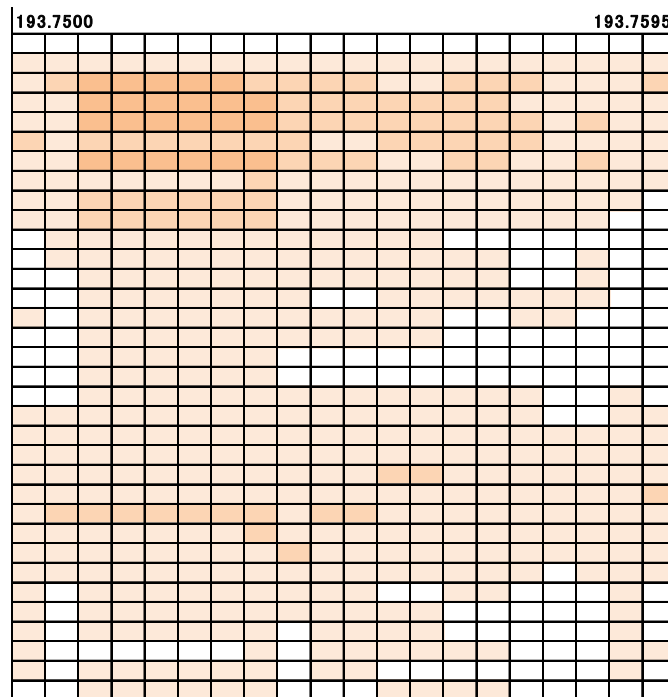


図-4.19 劣化進行度Ⅳの骨材飛散深さ状態

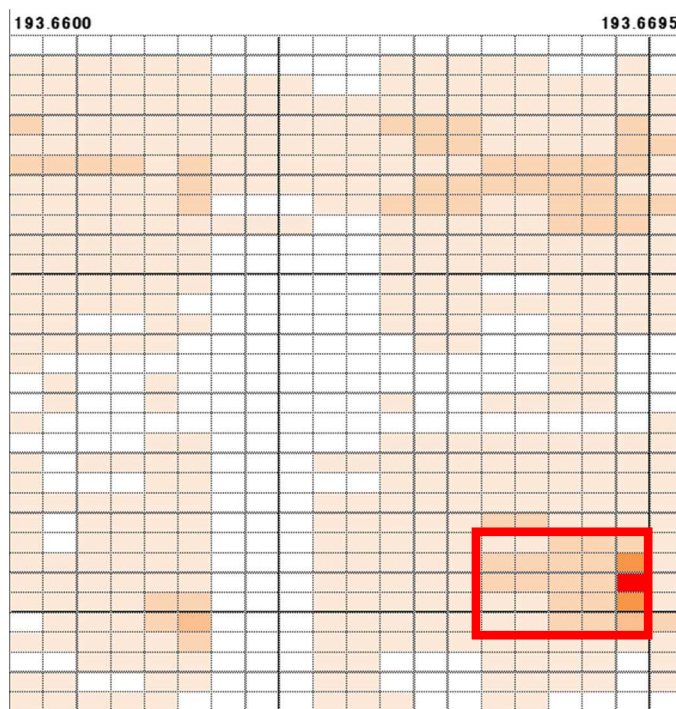


図-4.20 劣化進行度Ⅴの骨材飛散深さ状態

表-4.19 飛散断面積の色区分

色	飛散面積
	規準高さより上側
	0mm <sup>2</sup> 以上500mm <sup>2</sup> 未満
	500mm <sup>2</sup> 以上1000mm <sup>2</sup> 未満
	1000mm <sup>2</sup> 以上1500mm <sup>2</sup> 未満
	1500mm <sup>2</sup> 以上2000mm <sup>2</sup> 未満
	2000mm <sup>2</sup> 以上

#### 4.10 結言

本研究では、高速道路において実施されている日常点検（現場の声）を有効に活用するために、点検員による目視調査の課題を抽出し、改善策を検討した。また、日常点検結果の修繕計画への活用方法の検討、日常点検ではできない骨材飛散の定量的な評価方法の検討を実施した。その結果、以下の知見を得た。

1) 日常点検データの分析により、複数の変状が同時に発生している場合、点検員によって報告名称が異なることや、変状の概要説明に使用する言葉が点検員によって異なることが確認された。また、同一変状写真でも点検員により報告名称が異なるなどの課題が抽出された。

2) 変状が 2 種類以上同時に発生している場合、各種変状に優先順位をつけたことにより、報告名称のばらつきが解消された。点検員によって内容が異なることがないように、変状の概要を説明する言葉を統一した。それらマニュアルの修正の効果を動画により検証した。その結果、点検員による違いが小さくなったことを確認した。この修正により点検員による違いが解消され、調査の信頼性も確保できる。

従来は別々であった路面性状測定結果と目視調査結果を同一の表に記載した。さらに、変状レベルごとに件数も記載した。これにより、現場担当者が舗装の損傷程度をイメージでき修繕計画の策定に活用し易くなると考えられる。

今後は、本研究で得られた知見を基に「点検入力マニュアル」の改訂案を作成し、各 HSC に所属している点検員による日常点検を実施する予定である。その結果から改善策の検証を進めていきたい。

3) 従来の路面性状評価指標であるわだち掘れ、ひび割れ率、IRI では点在する局所的な骨材飛散を評価することはできない。

4) 横断プロファイルデータを使用した平均飛散断面積により、局所的な飛散も含めた区間全体の骨材飛散を評価できる可能性を示した。

5) 点検員による路面の劣化進行度が大きくなると平均飛散断面積も大きくなる傾向にあり、点検員の評価から平均飛散面積  $200\text{mm}^2$  が修繕基準値として適当である。

6) 横断プロファイルデータによる骨材飛散断面積レベルを平面図に色分けすることにより、技術者が路面のくぼみの深さ、位置、範囲を容易に把握でき、補修計画に利用できる。

## 参考文献

- 1)中日本高速道路：保全点検要領，構造物編，2017
- 2)川村和将，亀山修一，伊倉雄弘：東名高速道路における舗装マネジメントに関する研究，土木学会論文集E1, Vol73,No.3,I\_213-I\_219,2017
- 3)江口利幸，川村彰，富山和也，高橋茂樹，遠藤慶三：横断プロファイルの3次元点群データ化による路面の変状評価に関する基礎的研究，土木学会論文集E1, Vol73,No.3,I\_71-I\_78,2017
- 4)大丸浩志,山本光晴,楠橋康広：舗装マネジメントシステム構築における技術提案,第32回日本道路会議,2017
- 5)川村和将，神谷恵三：東名高速道路の舗装健全度に関する一考察，土木学会論文集E1, Vol 72,No.3,I\_47-I\_52,2016
- 6)江口利幸，川村彰，富山和也，高橋茂樹，遠藤慶三：横断プロファイルの3次元データ化による路面の変状に関する基礎的研究，土木学会論文集E1, Vol 73,No.3,I\_71-I\_78,2017
- 7) NEXCO 試験方法，第2編 アスファルト舗装関係試験方法，路面性状測定車による路面のわだち掘れ測定方法，中日本高速道路，平成29年7月
- 8)小泉光政，天野和裕：道央自動車道におけるすりへり量測定結果，舗装，10-5,PP.13-16,1975

## 第 5 章

### 結論

本論文は、東京支社のデータベースに長期間にわたり蓄積してきた現場データを活用し、舗装の維持管理を合理的に実施する方法について研究した成果を述べたものである。舗装マネジメントシステムの核となるデータベース構成、供用性評価方法、日常点検に関する新たな知見を示すことができたと考える。

本研究によって得られた成果は以下のとおりである。

#### 舗装の長期供用性の評価（第 3 章）

- 1) 現場データや交通量データを各種データフォルダに分割して保存した。何かを分析する場合、必要なデータをフォルダから引出し、マッチングさせることが出来るようにした。これにより、現場担当者の作業が軽くなる。
- 2) 舗装の修繕から再修繕までの期間を修繕間隔と定義した。東名高速道路全体の舗装の修繕間隔を分析したところ、6年以下と短い区間や20年以上と長い区間があることが分かった。また、各 HSC においても分析したところ、御殿場 HSC の修繕間隔は8年前後が多く、他の HSC と比較して短い。
- 3) 修繕間隔を下位からの10%を短期、上位からの10%を長期、そのほかを中期の3グループに分けた。その結果、短期グループが6年以下、中期グループは7年以上15年以下、長期グループは16年以上となった。
- 4) 修繕間隔グループごとの FWD による D0 データを分析した。その結果、短期グループの D0 たわみ量の平均値が 0.26mm であった。中期グループのそれは 0.17mm、長期グループのそれは 0.12mm であった。0.2mm 程度が長期的な健全性を維持できる境界であると考えられる。
- 5) 各 HSC における D0 データをヒストグラムに示し、0.2mm 以上となる区間の割合を示した。横浜 HSC では 40.9%、御殿場 HSC では 80.7%、富士 HSC では 63.1%、静岡 HSC では 24.4%、浜松 HSC では 1.6% となった。この割合が大きい御殿場 HSC における使用年数も短期グループの割合が 19% と他の HSC と比較して最も大きい。
- 6) 路面性状値データを各 HSC、修繕間隔グループごとに分析した結果、各 HSC によって進行度合いが異なることが明らかになった。各 HSC の進行度合いを参考にするにより舗装の健全度を予測することが可能となると考えられる。
- 7) 修繕計画の策定のために、修繕が必要な箇所の割合を分析した。各グループの修繕必要割合により、各 HSC における舗装の修繕面積が算出可能となる。同時に、各損傷の原因を想定することが可能となり、修繕方法の検討に活用できる。

- 8) 舗装構造においては、各 HSC によって異なり、下層路盤の種類もセメント安定処理路盤と粒状路盤の2種類がある。このように交通量、路盤種類、厚さなどの影響により健全性が異なることが分かる。横浜 HSC と御殿場 HSC の交通量を比較すると御殿場 HSC の方が少ないにもかかわらず、修繕間隔の短期グループの割合は大きい。下層路盤種類や気候の影響である可能性がある。

#### 日常点検を取り入れた修繕計画の考案（第4章）

- 1) 変状が2種類以上同時に発生している場合、各種変状に優先順位をつけたことにより、点検員による報告名称のばらつきが解消された。
- 2) 点検員によって内容が異なることがないように、変状の概要を説明する言葉を統一した。修正したマニュアルに則して動画を用いた模擬点検を実施した。その結果、点検員による違いが小さくなったことを確認した。
- 3) 従来は別々であった路面性状測定結果と日常点検結果を同一の表に記載した。これにより、現場担当者が修繕計画の策定に活用し易くなると考えられる。
- 4) 横断プロファイルデータを使用した平均飛散断面積により、局所的な飛散も含めた区間全体の骨材飛散を評価できる可能性を示した。
- 5) 点検員による路面の劣化進行度が大きくなると平均飛散断面積も大きくなる傾向にあり、点検員の評価から平均飛散面積 $200\text{mm}^2$ が修繕基準値として適当である。
- 6) 横断プロファイルデータによる骨材飛散断面積レベルを平面図に色分けすることにより、技術者が路面のくぼみの深さ、位置、範囲を容易に把握でき、補修計画に利用できる。

NEXCO 中日本は現場の貴重なデータを蓄積している。そのデータを分析することにより、東名高速道路の保全・サービスセンターごとに舗装の供用性の評価を試みた。その結果、各々の特徴を示すことはできたと考えているが、効率的な維持管理のために必要な舗装の劣化予測までは示すことが出来なかった。また、日常点検の信頼性の向上や高機能舗装の新たな修繕基準値についても、今後、各保全・サービスセンターにおいて試行する必要がある。

## 謝辞

本論文をまとめるにあたり、多くの方々のご指導を賜りました。ここに厚く御礼申し上げます。

まず、北海道科学大学 亀山修一 教授には、本論文を作成するにあたりテーマ設定や論述内容にいたる研究過程すべてにおいて、ご高配と懇切なるご指導、ご助言を頂きました。また、国内外での論文発表の機会を与えていただいたことは、私にとって貴重な経験となりました。心から感謝申し上げます。

北海道科学大学 川端伸一郎 教授には、本論文の審査を賜り、細部にわたりの確なご助言と励ましのお言葉を頂戴いたしました。論文の完成度を高めることができたのはひとえに川端先生のおかげです。また、海外における論文発表時には、旅慣れた先生に多くの場面でお世話になりました。深く御礼申し上げます。

北海道科学大学 石田眞二 教授、千葉隆弘 教授には、本論文の副査として本研究の細部にわたり多くのご助言、温かいお言葉をいただきました。心より御礼申し上げます。

中日本ハイウェイ・エンジニアリング東京株式会社 伊倉雄弘 氏には、研究を始めた時から参画していただき、日常点検データの整理や模擬点検の実施など数多く協力していただきました。細かい作業の積み重ねが研究をより高度なものにしてくれました。改めて深く御礼申し上げます。

大成ロテック株式会社 城本政一 氏には、路面性状データなどの分析に多大な協力をいただきました。心から感謝申し上げます。

また、研究面で御世話になりましたNEXCO中日本、中日本ハイウェイ・エンジニアリング東京などの関係各位にお礼申し上げます。

私は大学から、日本道路公団、NEXCO中日本時代に渡って、舗装に関する研究に携わることが多かったのですが、まさか博士論文を執筆することになるとは思ってもいませんでした。このような機会を与えてくれたNEXCO中日本に深謝申し上げます。

亀山先生と私は大学の先輩後輩という間柄です。私が博士取得のための指導をお願いしたところ快諾していただき、安堵した4年前を思い出します。優しくかつ厳しい指導に何度も困難に陥りましたが、何とかここまでこぎつけました。ありがとうございました。

最後に論文の完成を喜んでくれた家族へ。今までの応援、協力をありがとう。

2020 年 3 月

川村 和将