

舗装の維持修繕の品質・性能に関する研究

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 26～平 28

担当チーム：道路技術研究グループ（舗装）

研究担当者：藪 雅行、寺田 剛、岩永真和

【要旨】

本研究は、直轄国道で施工された維持工法の適用効果に関する分析と道路占用工事に関する仕様書・品質管理の実態調査および占用復旧箇所での早期破損要因に関する実験的検証を行った。維持工法の適用効果に関する分析の結果、切削工法やシーラ材注入工法を適用すれば数年の延命効果が得られることやシーラ材注入工法を早期段階に適用すれば劣化遅延効果に期待できることがわかった。また、道路占用工事に関する検討の結果、自治体により仕様や基準が大きく異なることや占用復旧箇所の早期破損要因は「埋戻し材料の締固め不足」と「施工継目からの浸水」である可能性が高いことがわかった。

キーワード：維持工法、延命効果、道路占用工事、実態調査、促進载荷試験

1. はじめに

わが国の道路延長は100万kmを超え、膨大なストック量となっている。道路施設の中でも舗装は、「道路のサービスレベルに直結する」、「交通荷重が直接作用する」等の特徴を有しているため、日常管理における維持工法を含めた適切な維持修繕工法の選定によってライフサイクルコストの低減を推進するなど、限られた予算の中で効率的に維持管理することが求められている。

このような背景から、近年ではアスファルト舗装の維持工法として切削工法やシーラ材注入工法、表面処理工法等の適用が拡大している。しかし、維持工法に関する研究事例が少なく、各種維持工法の適用による延命効果や、性能の持続性、ライフサイクルコスト低減効果等が定量的に明らかにされていないという課題がある。また、市町村道などの生活道路では道路地下に埋設された上下水道・ガス・電気通信等のライフラインの維持管理を目的とする道路占用工事により舗装の部分的な開削が行われるが、その後の舗装復旧工事が適切に実施されないと復旧箇所が早期に劣化しその箇所が弱点となり舗装全体の健全性が失われるという課題がある。これらの課題に対しては、維持工法に関する事例を検証し維持工法の適用にかかる意思決定を技術的に支援することや復旧時に求められる品質・性能を提示し工事の仕様および品質管理基準を明確にする必要があるといえる。

そこで本研究では、直轄国道で施工された維持工法の追跡調査結果を分析し維持工法の適用効果に関する検討と道路占用工事に関する仕様書・品質管理の実態調査お

よび占用復旧箇所の早期破損要因に関する実験的検証の結果をもとに、道路占用工事箇所の早期破損を防止する措置に関する検討を行った。

2. 維持修繕工法の適用効果に関する検討

2.1 検討概要

舗装のさらなる延命化および舗装補修費の縮減を図る観点から、日常管理において維持工法の適用が拡大している。しかし、維持工法による延命効果等は十分な定量的検証がされていないという課題があることから、現場での適用事例を検証し、その結果を踏まえ維持工法の適用にかかる意思決定を技術的に支援することが必要であるといえる。

そこで本研究では、直轄国道で施工されたシーラ材注入工法および切削工法の追跡調査結果を分析し、各工法の適用効果に関する検討を行った。

2.2 直轄国道における維持工法の施工事例

2.2.1 維持工法の施工事例の概要

国土交通省は、平成18年3月に「修繕候補区間の選定と同区間における工法選定の手引き（案）」¹⁾を策定し、直轄国道における維持管理のコスト縮減を図るための方策として、従来の維持工法であるシーラ材注入工法、切削工法等を組み合わせる補修を「予防的修繕」工法として位置付けた。これにより、全国の直轄国道において切削オーバーレイなどの修繕工法を行う前に「予防的修繕」工法が積極的に導入された。なお、全国の直轄国道において施工された箇所のうち62箇所において

は、維持工法の適用効果を検証することを目的として、施工箇所（概ね 100m）を 2 分割し、維持工法を適用した工区（以下、適用工区という）と適用しない工区（以下、非適用工区という）が設定されている。

2.2.2 追跡調査の概要

維持工法施工箇所の適用工区、非適用工区を対象として、表-2.1 に示す項目に関して追跡調査が実施されている。また、追跡調査は、維持工法の施工前後、その後は概ね 1 年毎に実施され、供用後 3~7 年の期間まで調査されている。なお、各追跡調査におけるひび割れ率の評価においては、シール材注入済みの箇所もひび割れとして計算されている。

2.2.3 追跡調査結果の分析方法

ひび割れ率とわだち掘れ深さの追跡調査結果をもとに以下に示す分析を行った。

a) 延命効果の試算

- ① シール材注入工法の適用工区と非適用工区の劣化速度を評価することを目的として、ひび割れ率の年増加量を式(2.1)により整理する。

$$\text{年増加量} = \frac{\text{最終値} - \text{初期値}}{\text{調査年数}} \quad (2.1)$$

- ② 非適用工区の年増加量をもとにひび割れ率が 40% に達する年数を推定する。
- ③ 適用工区については、ひび割れ率 30% の時点でシール材注入工法を適用したと想定し、適用後にひび割れ率が 40% に達する年数を適用工区の年増加量をもとに推定する。
- ④ 適用工区と非適用工区の推定年数の差を延命効果（延命年数）として試算する。

b) 適用条件の整理

- ① 適用工区と非適用工区の年増加量の比を式(2.2)により整理する。

$$\text{年増加量の比} = \frac{\text{非適用工区の年増加量}}{\text{適用工区の年増加量}} \quad (2.2)$$

- ② 各施工箇所における維持工法適用時点のひび割れ率を整理する。
- ③ 適用時点のひび割れ率と年増加量の比について関係を整理し、シール材注入工法の適用条件を整理する。

なお、わだち掘れ深さに関しても上記と同様の分析を行った。

表-2.1 追跡調査の概要

調査項目	調査方法	シール材注入工法	切削工法
ひび割れ率	舗装調査・試験法便覧 S029 (スケッチ法)	○	○
わだち掘れ深さ	舗装調査・試験法便覧 S030 (横断プロファイル)	○	○
たわみ量	舗装調査・試験法便覧 S047 (FWD)	○	○
遮水性	透気試験	○	—
シール材の状態はがれ・破損	目視	○	—

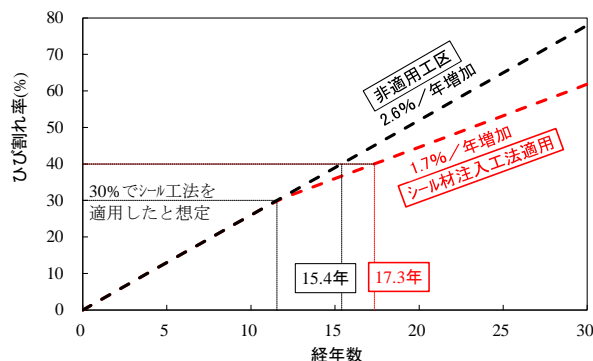


図-2.1 シール材注入工法の延命効果に関する試算結果

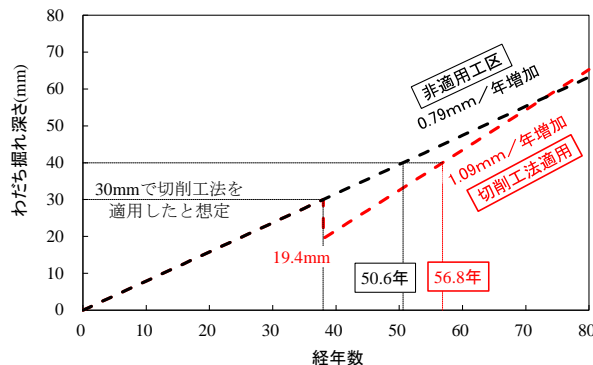


図-2.2 切削工法の延命効果に関する試算結果

2.3 分析結果

2.3.1 延命効果の試算

シール材注入工法および切削工法の延命効果に関する試算結果を図-2.1、図-2.2 に示す。なお、図-2.1、図-2.2 に示す年増加量は、各施工箇所の平均値を採用している。図-2.1 より、シール材注入工法の適用工区における年増加量は 1.7%/年、非適用工区は 2.6%/年となり、シール材注入工法の適用により劣化速度が減少する結果を得た。その結果、シール材注入工法は約 2 年の延命効果があると試算された。

また、図-2.2 より、切削工法の適用工区における年増加量は 1.09mm/年、非適用工区は 0.79mm/年となった。切削工法の適用により劣化速度が増加する結果となった。

が、切削工法の適用直後のわだち掘れ深さが 19.4mm まで低減した影響により、約 6 年の延命効果があると試算された。

2.3.2 適用時期による効果の分析

シーラ材注入工法および切削工法を適用する時期の違いによって得られる効果が異なるのかを検証することを目的として、適用時点の劣化程度（ひび割れ率、わだち掘れ深さ）と年増加量の比の関係について整理した結果を図-2.3、図-2.4 に示す。なお、本検討では、年増加量の比が 1.0 を超える場合は、維持工法適用後の年増加量が非適用工区よりも小さいと評価できるため、維持工法の延命効果に期待できることになる。

図-2.3 より、現行の適用条件である 30% を超える時期にシーラ材注入工法が適用された施工箇所に着目すると、年増加量の比は、平均値で 1.3 程度となりシーラ材注入工法の適用効果が確認できたが、1.0 を下回る施工箇所が複数あることも確認された。一方で、30% 未満の時期にシーラ材注入工法が適用された施工箇所に着目すると、年増加量の比は、平均値で 3.0 程度となり、ほとんどの施工箇所において 1.0 を超えることが確認された。シーラ材注入工法適用時のひび割れ率が小さいほど年増加量の比は高い値を示す傾向にあることがわかった。

また、図-2.4 より、切削工法の全ての施工箇所において年増加量の比は 1.0 を下回る結果となり、切削工法適用後の劣化速度が増大する傾向にあることがわかった。また、適用する時期の違いによって得られる効果が異なる傾向は確認されなかった。

2.4 分析結果の考察

維持工法に関する検討の結果、切削工法やシーラ材注入工法を適用すれば数年の延命効果が得られること、シーラ材注入工法は適用する時期の違いにより得られる効果が異なる可能性が高いが、切削工法の適用効果は適用時期に影響しないことがわかった。また、早期劣化段階にシーラ材注入工法を適用すれば、適用後の舗装の劣化を遅延させ、その結果として舗装の延命化に期待できる可能性が高いことがわかった。しかし、一部において適用時のひび割れ率が 10% 程度の早期劣化段階にシーラ材注入工法を適用しても年増加量の比が 1.0 付近の値を示し他と比べ適用効果が小さい施工箇所があることも確認された。これについては、維持工法適用時のひび割れ状態（ひび割れ幅、深さ）や舗装支持力の状態を加味した検討が別途必要であると考えられる。

以上より、ひび割れに対しては、早期にシーラ材注入工法や表面処理工法等の止水措置を実施することが舗装

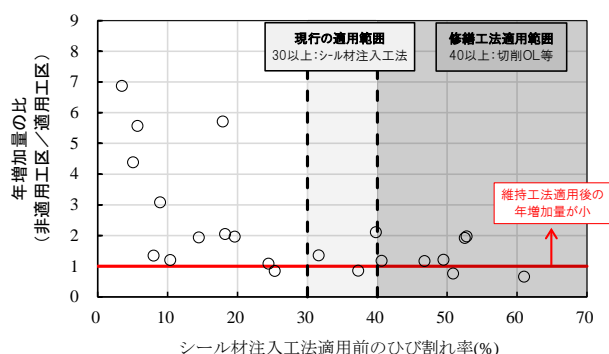


図-2.3 シーラ材注入工法の適用条件に関する検討結果

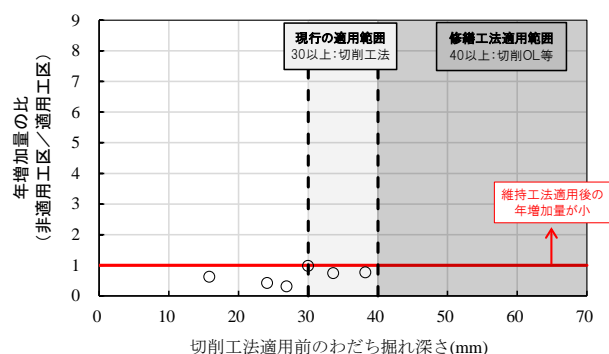


図-2.4 切削工法の適用条件に関する検討結果

の延命化に有効である可能性が示唆された。また、わだち掘れ深さに対しては、切削工法の適用が有効であるが、切削工法によるわだち掘れ対策を行った箇所は、塑性変形の影響によるアスファルト混合物の耐荷力の低下や、切削による混合物厚さの減少等の要因により適用後の劣化速度が増大する傾向にあることを留意する必要があると考える。また、上記の理由から、切削工法の 2 回目以降の繰返し施工は望ましくないと考える。

3. 道路占用工事箇所の早期破損防止措置に関する検討

3.1 検討概要

道路は、国民の日常生活や社会経済の活動を支える最も基礎的な社会資本であり、交通機能（トラフィック機能、アクセス機能）、空間機能など多面的な役割を担っている。特に、市町村の生活道路は、上下水道・ガス・電気通信などの占用物件を収容することも重要な役割の 1 つとなっている。また、近年では防災・景観等の観点から無電柱化整備に社会的関心が高まるなど、今後より一層ライフラインの収容空間としての活用が見込まれる。しかし、写真-3.1 に示すように、占用工事で復旧された舗装が早期にひび割れ、その箇所が弱点となり舗装の健全性が失われるといった不具合が散見される。

そこで本検討では、道路占用工事箇所の早期破損を防止する措置に関して検討することを目的として、道路占用工事に関する仕様書・品質管理の実態調査および占用復旧箇所の早期破損要因に関する実験的検証を行った。



写真-3.1 占用工事施工箇所の破損状況

3.2 道路占用工事に関する実態調査

3.2.1 占用工事の仕様に関する調査

全国の地方自治体において道路占用工事に係る仕様書の運用状況および整備状況を把握することを目的に調査を実施した。

a) 調査内容

本調査は、全国の都道府県や市町村を対象にインターネット検索や電話による聞き取りを行い、以下の内容に関して調査を実施した。なお、調査対象である全国の自治体の選定は、地域によって調査数に偏りが生じないように留意した。

- ・ 占用工事に関する仕様書の運用状況
- ・ 仕様書の項目・基準値に関する整備状況(表-3.1)

b) 調査の回収結果

本調査の回収結果を表-3.2に示す。調査総数65件のうち都道府県は27件、市町村は35件の回答を得た。

c) 仕様書の運用状況に関する調査結果

各自治体における占用工事に関する仕様書の運用状況を整理した結果を図-3.1に示す。

図-3.1より、道路占用工事に特化した仕様書(以下、道路占用仕様書)を運用している割合は、都道府県は48%、市町村は94%であった。また、その他には、道路占用仕様書はないが、「土木工事共通仕様書および土木工事施工管理基準で運用している」、「内部資料があり工事受注業者と個別に対応をしている」等の回答があった。

d) 仕様書の整備状況に関する調査結果

各自治体において運用されている仕様書の内容がどの程度整備されたものであるか確認するため、表-3.1に示

表-3.1 仕様書整備状況の調査内容

項目	内容
掘削	掘削方法、掘削幅・延長、軟弱地盤対策
土留め	土留め方法、根入れ深さ、引抜き方法
埋設物の保護	縮固め方法、土被り厚、他埋設管の保護
埋戻し	材料種、粒度、縮固め方法、仕上り厚
舗装工	材料種、縮固め方法、仕上り厚
復旧	仮復旧方法、本復旧の期限、本復旧範囲
管理瑕疵	瑕疵担保の期限
品質管理基準	埋戻し、舗装(粒度、縮固め度、管理頻度、確認方法)
検査	検査有無

表-3.2 調査の回収結果

	都道府県	市町村	有効回答数
北海道・東北地方	6	5	11
関東地方	2	10	12
北陸・中部地方	4	9	13
近畿地方	5	4	9
中国・四国地方	4	5	9
九州・沖縄地方	6	2	8
計	27	35	62

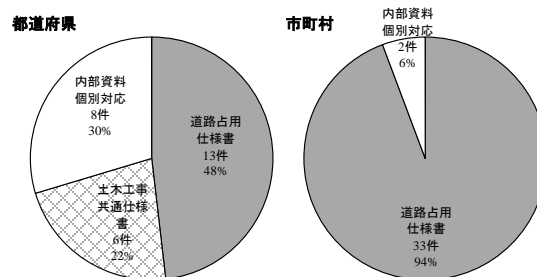


図-3.1 仕様書の運用状況(都道府県・市町村別)

す項目に関する記述の有無を調査した結果を図-3.2、図-3.3に示す。なお、整備状況の分けは、調査項目(全23項目)に対し、70%以上(16個以上)記載されている場合を「項目数多」、30%以上70%未満(7個以上16個未満)を「項目数中」、30%未満(7個未満)を「項目数少」とした。

図-3.2より、「項目数多」と判断された自治体は、都道府県、市町村ともに全体の3割程度にとどまる結果であった。また仕様書別にみると、図-3.3より、「道路占用仕様書」、「土木工事共通仕様書」は、「項目数多」と判断されたのは全体の3割程度にとどまり、「項目数中」は6割程度該当した。

一方、「内部資料」の多くは、「項目数少」に該当した。これは、内部資料が、埋設管路の材料規格や埋設深さに関する仕様のみを示し、それ以外の仕様に関しては記載されていない内容であったことによる。

以上の結果より、多くの自治体で運用されている道路占有仕様書や土木工事共通仕様書は、占有工事の各作業内容に対する要求事項、管理基準や検査方法等の具体的な規定が概ね整備されている状況であったが、仕様書がない自治体では、具体的な規定が定められているものは少ないことがわかった。

3.2.2 占有工事の実態に関するアンケート調査

占有工事は狭小作業に伴い、転圧作業では通常の土工舗装工事で用いるタンデムローラやタイヤローラ等の大型機械を用いることができず、タンピングランマやプレートコンパクト等の小型機械が使用されることが多いため、埋戻し作業時に丁寧でかつ確実な施工を実施しないと既設時と同等の品質を得ることは難しいといえる。そこで、占有工事における埋戻し作業の実態を把握することを目的に、占有工事の施工・品質管理に関するアンケート調査を実施した。

a) 調査内容

本調査は、埋設物（上水道、下水道、電力・通信、ガス）設置に携わる業者を対象に、過去3年以内の占有復旧工事における作業方法や品質管理に関するアンケート調査を行った。調査項目を表-3.3に示す。なお、調査の対象となる業者は、全国より73業者を選定した。アンケート方法は、選定した業者へアンケートの協力を電話で事前に依頼し、承諾を得た後にアンケート用紙を郵送で配布し、回答はファックスによる返信とした。

b) 調査の回収結果

アンケートを依頼した73業者のうち17件の回答を得た。回答を得た17件の内訳は、上水道9件、下水道6件、ガス2件であり、電気・通信の回答は得られなかった。

c) 路床の施工・品質管理に関する調査結果

路床の埋戻し時の1層の仕上り厚さと現場密度試験の規格値に関する調査結果を図-3.4に示す。図-3.4より、占有業者は路床の仕上り厚さを20cmにて管理している回答が多数であったが、30cmとの回答が2件あった。

道路土工盛土工指針では、路床の1層の仕上り厚さは20cm以下が基準値の目安とされている²⁾ため、多くの仕様書では20cm以下を基準値として採用しているが、30cm以下の基準値を採用している自治体があることがわかった。路床の品質管理は、17件中11件で現場密度試験が実施され、規格値は、締固め度90%以上が9件、93%以上が2件であった。その他は、「検査がない」が2件、「無回答」が4件であった。

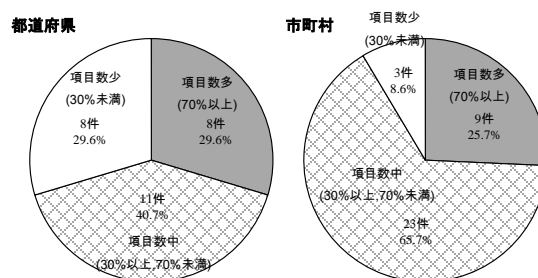


図-3.2 仕様書の整備状況（都道府県・市町村別）

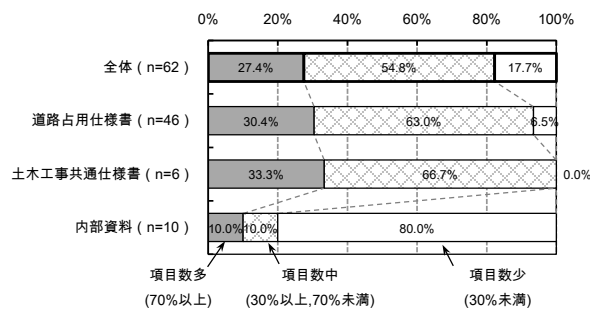


図-3.3 仕様書の整備状況（仕様書別）

表-3.3 アンケート調査の内容

項目	内容
占有工事の概要	発注者、路線、工期、設計図書、仕様書
埋設管	管種、材質、管径
埋設作業	時間帯、幅・延長、埋設深、土被り厚
埋戻し作業	保護方法、材料種、品質確認方法
路床	締固め機械、仕上り厚、品質確認方法
舗装工	舗装構成、使用機械、品質確認方法
復旧	本復旧の有無、本復旧の期限、本復旧範囲
検査	検査項目、規格値
供用後の損傷事例	損傷内容、損傷時期、対応方法

d) 路盤の施工・品質管理に関する調査結果

下層路盤、上層路盤の埋戻し時の1層の仕上り厚さと現場密度試験の規格値に関する調査結果を図-3.5、図-3.6に示す。舗装施工便覧において、路盤の1層の仕上り厚さは、下層路盤が20cm以下、上層路盤が15cm以下を基準とされている³⁾。

図-3.5、図-3.6より、回答のあった占有工事では、下層路盤、上層路盤ともに1層の仕上り厚さは基準の範囲内において管理されている結果であった。路盤の品質管理は、土木工事施工管理基準（以下、施工管理基準）において、現場密度試験を実施し、規格値は下層路盤、上層路盤ともに締固め度93%以上とされている⁴⁾。下層路盤の結果は、図-3.5より、施工管理基準に従い、締固め度93%以上、95%以上で管理している業者が計7件、施工管理基準よりも低い90%で管理している業者が2件で

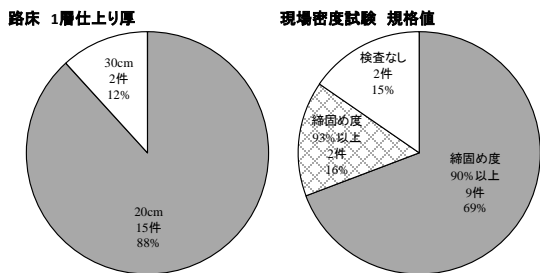


図-3.4 路床の施工・品質管理に関する調査結果

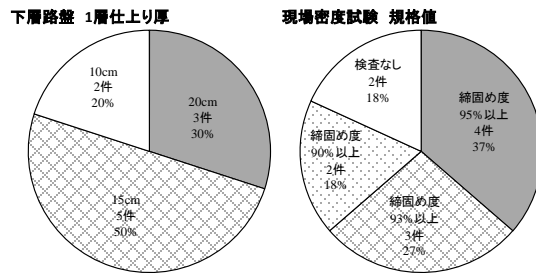


図-3.5 下層路盤の施工・品質管理に関する調査結果

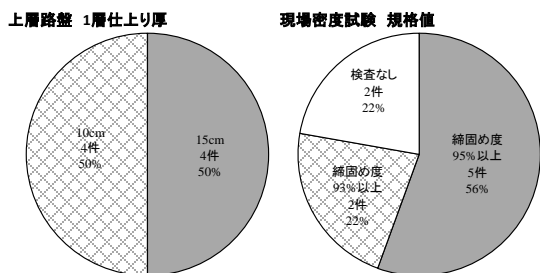


図-3.6 上層路盤の施工・品質管理に関する調査結果

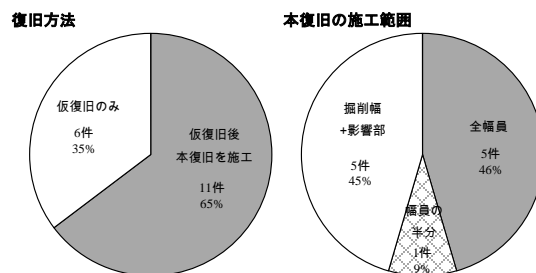


図-3.7 復旧に関する調査結果

あった。その他は、「検査がない」が2件、「無回答」が6件であった。また、上層路盤の結果は、図-3.6より、施工管理基準に従い、締固め度93%以上、95%以上で管理している業者が計7件であった。その他は、「検査がない」が2件、「無回答」が7件であった。なお、下層路盤、上層路盤において「検査がない」と回答した2業者は、路床にて同様の回答をした者と同一である。

e) 復旧に関する調査結果

復旧に関する調査結果を図-3.7に示す。占用工事の復旧方法には、掘削幅について路床、路盤、表層（基層）を復旧する「仮復旧」と、仮復旧後一定期間経過後に掘削幅に影響部を加えた範囲について表層（基層）の打換えを行う「本復旧」がある。復旧の方法を確認した結果、「仮復旧後一定期間経過後に、本復旧（表基層の打換え）を行う」が11件、「仕様書または発注者指示により仮復旧のみで本復旧を行わない」が6件であった。本復旧の施工範囲は、「全幅員」が5件、「幅員の半分」が1件、「掘削幅+影響部」が5件であった。

f) 供用後の舗装損傷事例に関する調査結果

供用後の舗装損傷事例の有無について調査した結果、下水道管理設工事の2件の工事において、供用後数ヶ月で既設舗装と10mm程度の段差が発生し、その後補修した事例があることがわかった。供用後に段差が発生した工事の概要を表-3.4に示す。同じ下水道埋設工事で、損傷が発生していない他の工事と比較した場合、使用材料、品質規格値等には大きな差異は認められなかったが、復

表-3.4 供用後早期に段差が発生した工事の概要

項目		事例1	事例2
工事概要	埋設物種	下水道	下水道
	車線区分	車道	車道
	復旧方法	仮復旧	仮復旧
	掘削幅	1m	0.9m
	埋設深さ	2~3m	1m
埋戻し材料	路床	岩ずり 50mm	C-40
	下層路盤	C-40	C-40
	上層路盤	M-30	M-30
品質管理 (締固め度)	路床	90%以上	90%以上
	上下層路盤	93%以上	93%以上
路面損傷	発生時期	供用後 12ヶ月	供用後 1ヶ月
	損傷内容	段差	段差
	損傷程度	15mm	10mm

旧方法において、掘削幅に影響部を加えた範囲について表層（基層）の打換えを行う「本復旧」を行わず、掘削幅について路床、路盤、表層（基層）を復旧する「仮復旧」であったことが異なっていた。

3.3 占用復旧箇所の早期破損要因に関する検討

3.3.1 占用工事および追跡調査の概要

本検討では、占用工事復旧後の舗装路面が早期に破損する原因を明らかにすることを目的に、土木研究所の舗装走行実験場において下水道管を埋設後、荷重車走行による促進載荷を行い舗装の損傷程度を追跡調査した。



写真-3.2 荷重車による促進載荷試験状況

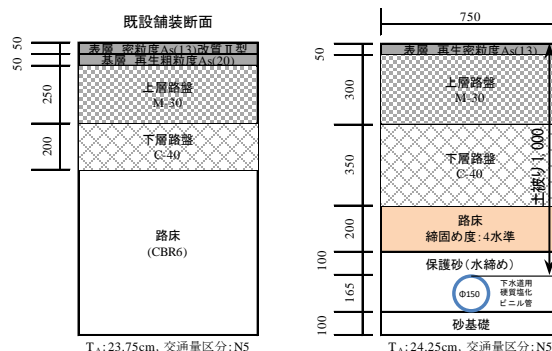


図-3.8 既設断面（左図）と占用断面（右図）

a) 占用工事の概要

既設舗装および占用工事の断面を図-3.8に、施工概要を表-3.5に示す。占用工事は上記調査の早期損傷事例を参考とし、復旧方法は掘削幅について路床、路盤、表層を復旧する「仮復旧」とした。また、路床の締固め度は、転圧不足工区(1、2工区)と、図-3.4に示すように各自治体の規格値である90、93%を確保した工区(3、4工区)の4水準設定した。

b) 追跡調査の概要

荷重車走行による促進載荷および追跡調査の概要を表-3.6に示す。促進載荷は、約5万輪(疲労破壊輪数での計算上、N5交通量の供用6ヶ月相当)まで行った。なお、促進載荷の輪数を供用月数に換算する方法は、式(3.1)によるものとした。

$$\text{計算上の供用月数} = \frac{N_i}{N} \times 10\text{年} \times 12\text{ヶ月} \quad (3.1)$$

N_i: 荷重車の49kN換算走行輪数
N: 疲労破壊輪数 (N5交通量: 100万輪)

荷重車走行時の外気温は平均10℃(最高23℃、最低5℃)であり、天候は概ね晴れであったが、13,000~16,000輪走行時は雨(総雨量29mm)であった。また、追跡調査の項目は、沈下量、ひび割れ率、路床区間CBR、D₀たわみ量とし、試験方法は舗装調査・試験法便覧に準拠した。

3.3.2 追跡調査の結果

a) 沈下量

沈下量の測定結果を図-3.9に示す。図-3.9より、転圧不足工区である1、2工区の沈下量が大きいことから、路床の締固め度は、占用箇所の沈下に大きな影響を与えることがわかる。また、各工区とも初期段階の沈下量が大きく、31,600輪(供用4ヶ月相当)以降の沈下量は収束

表-3.5 施工概要と路床・路盤の品質試験結果

	施工概要		締固め度%		
	施工日	延長 m	上層 路盤	下層 路盤	路床
1工区	2015/12/2	8	96.3	95.0	81.0
2工区	2015/12/4	8	96.5	96.6	86.3
3工区	2015/12/7	10	98.6	99.3	93.6
4工区		10	98.9	98.6	90.2

表-3.6 促進載荷試験および追跡調査の概要

No	日付	荷重車走行時の 気象条件		49kN換算 走行輪数	計算上の 供用月数	追跡 調査
		天気	外気温℃			
1	12/9	晴	6-12	6,200	1ヶ月相当	○
2	12/10	曇	6-12	12,600	—	—
3	12/11	雨曇	13-23	19,700	2ヶ月相当	○
4	12/14	曇	11-13	26,500	3ヶ月相当	○
5	12/15	晴	10-14	31,600	4ヶ月相当	○
6	12/16	晴	10-17	35,400	—	—
7	12/17	晴	9-10	40,200	5ヶ月相当	○
8	12/18	晴	5-10	44,900	—	—
9	12/21	曇	5-11	48,100	6ヶ月相当	○

する傾向であった。初期沈下時に目視観察を行ったところ、沈下に伴い施工継目部の骨材が飛散し、既設舗装との間に隙間が発生していた(写真-3.3参照)。

b) ひび割れ率

ひび割れ率測定結果を図-3.10に示す。また、48,100輪(供用6ヶ月相当)時のひび割れ状況を写真-3.4に示す。図-3.10より、転圧不足工区である1、2工区は、路床締固め度の基準値を満足している3、4工区に比べ全体的にひび割れ率が高いことがわかる。また、19,700輪(供用2ヶ月相当)時には、1、2工区でひび割れ率が20%を超え、3、4工区においても横断ひび割れが発生した。路床締固め度の基準値を満足している3、4工区においても早期にひび割れが発生した要因としては、沈下・骨材飛散に伴い発生した施工継目の隙間より13,000~16,000

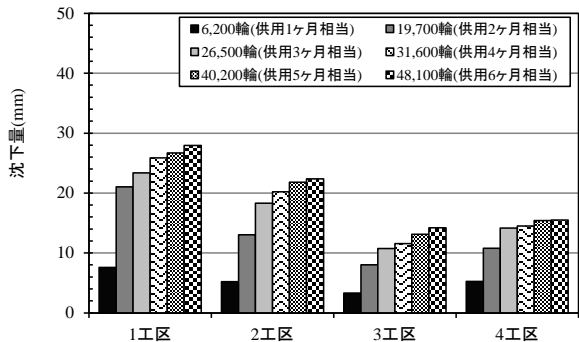


図-3.9 沈下量測定結果

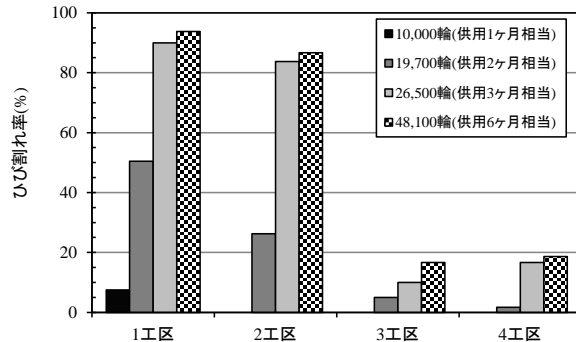


図-3.10 ひび割れ率測定結果

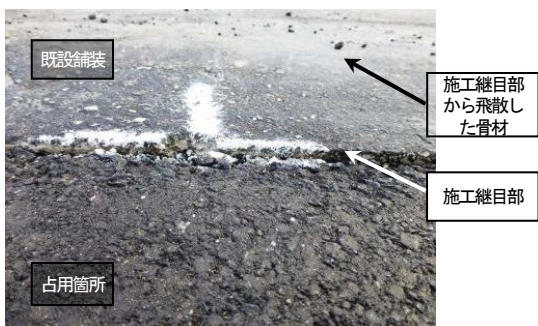


写真-3.3 初期沈下時に伴う骨材飛散 (1工区 6,200輪時)

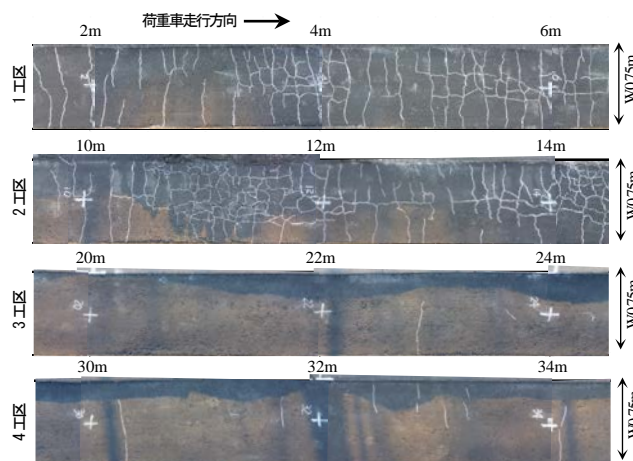


写真-3.4 48,100輪時のひび割れ状況 (各工区代表箇所)

輪走行時の雨水が舗装内に浸水し、それに伴い路床や路盤の荷重支持性能が低下したことによる影響が大きいと推察される。

c) 路床の区間 CBR と D_0 たわみ量

路床の荷重支持性能がどの程度低下したのか評価するため、FWD の測定結果から路床の区間 CBR を確認した結果を図-3.11 に示す。また、路床を含む舗装全体の支持力の経時変化を評価するため、FWD の D_0 たわみ量を確認した結果を図-3.12 に示す。

図-3.11 より、0 輪 (初期値) の結果に着目すると、路床締固め度の基準値を満足している 3,4 工区よりも転圧不足工区である 1, 2 工区の方が路床の区間 CBR は全体的に小さな値を示している。これは、路床の締固め度の影響によるものと考えられる。次に、走行輪数毎の結果に着目すると、26,500 輪 (供用 3 ヶ月相当) 時に路床の区間 CBR は一時的に増加しているものの、全体としては走行輪数が増加すると路床の区間 CBR は低下する傾向を得た。特に、19,700 輪 (供用 2 ヶ月相当) 時は、浸水の影響により全ての工区において路床の区間 CBR が約 1% 程度低下したことがわかった。

図-3.12 より、走行輪数が増加すると D_0 たわみ量は増加し、路床を含む舗装全体の支持力は低下する傾向にある。特に、19,700 輪 (供用 2 ヶ月相当) 時は、浸水の影響により路床を含む舗装全体の支持力が大きく低下して

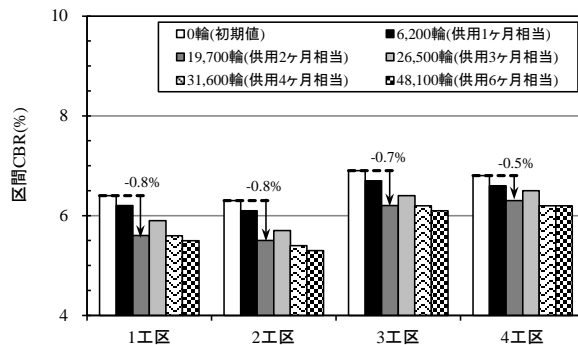


図-3.11 FWDによる区間 CBR 測定結果

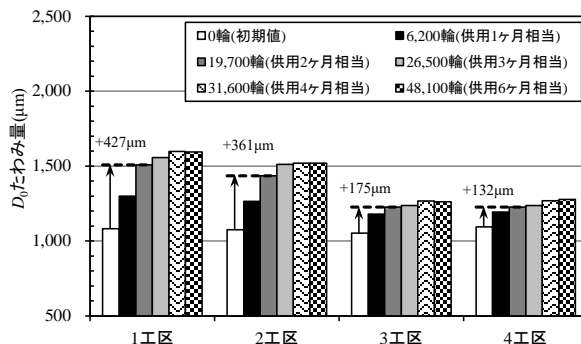


図-3.12 FWDによる D_0 たわみ量測定結果

おり、図-3.11と同様の結果であった。

3.3.3 早期破損要因に関する考察

本検討結果より、舗装路面に発生した損傷および考えられる要因を時系列に従って整理した結果を図-3.13に示す。供用1ヶ月程度にて占用箇所数mm程度の沈下が発生し、供用2ヶ月程度にて沈下量の増大に伴い、骨材飛散および施工継目に隙間が発生した。追跡調査時の目視観察の結果、締固め度の低い工区の方がこの傾向が顕著に見られた。

供用初期段階に発生した沈下は、「埋戻し材料の締固め不足」が主な要因として考えられる。掘削幅のみ復旧した仮復旧箇所が沈下すると、既設舗装との一体性が失われるため、輪荷重載荷時のたわみ挙動に差が生じ、施工継目部の骨材飛散や、隙間が発生しやすい。一方で、復旧方法を掘削幅のみ復旧する仮復旧ではなく、掘削幅に影響部を加えた範囲について表層（基層）の打換えを行う本復旧を施工した場合は、「埋戻し材料の締固め不足」により沈下が生じたとしても、掘削幅に影響部を加えた範囲の表層（基層）を打ち換えているため、仮復旧に比べ既設舗装との一体性が失われにくいと考えられる。このような観点から、「仮復旧までの施工条件」は、施工継目部における骨材飛散・隙間の発生要因の一つと考えられる。

次に、供用2～3ヶ月程度にて締固め度の基準値を満足する3、4工区においてもひび割れが発生した。これは、沈下・骨材飛散に伴い発生した施工継目の隙間より13,000～16,000輪走行時の雨水が舗装内に浸水し、それに伴い路床や路盤の荷重支持性能が低下したことによる影響が大きいと推察される。

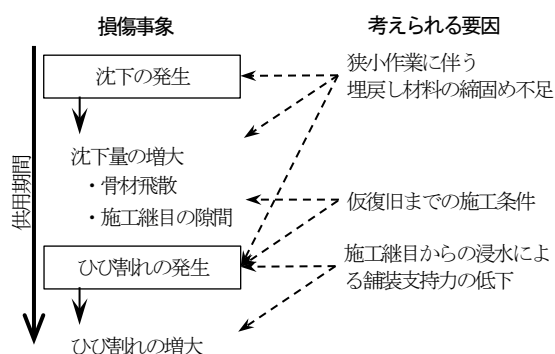


図-3.13 占用工事の早期破損要因に関する考察

3.4 検討結果の考察

道路占用工事の仕様や同工事の実態に関する調査結果より、仕様書に示されている要求事項、管理基準や検査方法は発注機関により大きく異なることがわかった。ま

た、占用復旧箇所の早期破損要因に関する検討の結果、「狭小作業に伴う埋戻し材料の締固め不足」と「施工継目からの浸水による舗装支持力の低下」が早期破損要因である可能性が高いことがわかった。

以上より、道路占用工事箇所の早期破損を防止する観点から、埋戻し材料（路床・路盤）の締固め度管理の徹底や施工継目部の止水措置に関する規定が必要であると考えられる。

4. まとめ

本研究を通じて得られた成果は以下のとおりである。

- 1) 維持工法の施工事例を分析し延命効果を検討した結果、切削工法やシール材注入工法を適用すれば数年の延命効果が得られることがわかった。
- 2) 維持工法の施工事例を分析し適用条件を検討した結果、シール材注入工法は適用する時期の違いにより得られる効果が異なる可能性が高いこと、切削工法の適用効果は適用時期に影響しないことがわかった。また、早期劣化段階にシール材注入工法を適用すれば、適用後の舗装の劣化を遅延させ、その結果として舗装の延命化に期待できる可能性が高いことがわかった。切削工法については、適用後に劣化速度が増大する傾向にあるため、切削工法の2回目以降の繰返し施工は望ましくないと考える。
- 3) 占用工事に関する仕様書の運用状況、整備状況を調査した結果、多くの自治体で運用されている道路占用仕様書や土木工事共通仕様書は、占用工事の各作業内容に対する要求事項、管理基準や検査方法等の具体的な規定が概ね整備されている状況であったが、仕様書がない自治体では、具体的な規定が定められているものは少ないことがわかった。
- 4) 占用工事の実態に関するアンケート調査の結果、仕様書に示されている要求事項、管理基準や検査方法は発注機関により異なることがわかった。
- 5) 「狭小作業に伴う埋戻し材料の締固め不足」と「施工継目からの浸水による舗装支持力の低下」が、占用復旧箇所の早期破損要因である可能性が高いことがわかった。

5. おわりに

本研究により、維持工法であるシール材注入工法と切削工法を適用する際の条件および留意事項を提示するとともに、道路占用工事の復旧箇所における早期劣化を防ぐ観点から道路占用工事における留意すべき事項を整理

した。残された課題としては、今回検討したシーラ材注入工法や切削工法以外の維持工法である表面処理工法等の具体的な効果に関する検証と道路占用工事における埋戻し材料である路床・路盤の合理的な品質管理手法の検討が挙げられる。特に、道路占用工事は、基本的に狭小作業であることや当日復旧が原則であり時間的制約を受けること等、一般的な道路工事と施工条件が大きく異なる。そのため、道路占用工事の施工条件に応じた簡易でかつ現位置で評価可能な品質管理手法を検討する必要があると考える。

最後に、本研究にあたりアンケート調査やヒアリング調査にご協力を頂いた皆様に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 国土交通省：「修繕候補区間の選定と同区間における工法選定の手引き（案）」，平成18年3月
- 2) (社)日本道路協会：道路土工盛土工指針，p220，2010.
- 3) (社)日本道路協会：舗装施工便覧，pp80-87，2006.
- 4) 関東地方整備局：土木工事施工管理基準，2015.

A STUDY ON QUALITY AND PERFORMANCE IN MAINTENANCE AND REPAIR OF THE PAVEMENT

Budgeted : Grants for operating expenses General account

Research Period : FY2014-2016

Team : Road Technology Research Group (Pavement)

Author : Masayuki YABU, Masaru TERADA, Masakazu IWANAGA

Abstract : The authors analyzed the application effect of maintenance method, conducted questionnaire survey for specification and quality control concerning road occupancy works and carried out experimental verification for premature failure factor of restoration place. As a result of examination on maintenance method, it was found that the road life can be extended for several years using cutting method and sealant injection method. Especially using sealant injection method on early stage, it can be expected to delay effect of deterioration. And as a result of examination on road occupation construction work, it was found that the contents of the specification were differ by municipality, and that “Lack of compaction on the backfill materials”, “Lowering of pavement support force by the penetration of water” may cause of premature failure.

Key words : maintenance method, the life extension effect, construction work for road occupation, questionnaire survey, accelerated loading test