

10.7 効率的な舗装の維持修繕手法に関する研究

研究予算：運営費交付金（道路整備勘定）

研究期間：平 18～平 22

担当チーム：道路技術研究グループ（舗装）

研究担当者：久保和幸、藪雅行、寺田剛、

【要旨】

道路構造物の効率的な管理が求められる中、舗装分野においても維持的工法を含めた適切な補修工法の選定によるライフサイクルコストの低減などを推進する必要がある。舗装維持修繕手法については、維持工法も含めた効率的な維持修繕手法を提案することを目標としている。

19年度は、密粒度舗装上のクラックシール材の耐久性に関する実験を実施した。その結果、クラックシール材の種類によって耐久性に差があることを把握した。また、排水性舗装の破損に対する補修材料の施工性、耐久性に関する実験を実施した結果、施工性は問題なかったが、耐久性については、骨材飛散が発生した材料があり、材料の選定に注意するとともに剥離を評価する試験が必要ながわかった。

キーワード：舗装、維持修繕、クラックシール、補修材、予防的修繕

1. はじめに

舗装の維持管理は、従来、比較的小さなひび割れなど軽度の損傷に対する応急的措置としての維持工事と、建設時の性能程度にまで復旧することを目的とした修繕工事を組み合わせて行われてきた。国土交通省では従来維持工事とされてきたクラックシール工法や路面切削工法を舗装の延命を図る予防的修繕工法として位置付け、舗装の維持修繕費用のさらなる削減を図ろうとしている¹⁾。

19年度は、密粒度舗装上のクラックシール材（以下、シール材）の耐久性に関する実験を実施した。

また、近年、直轄国道においても交通騒音の低減効果などを期待して採用が進んでいる排水性舗装について、ひび割れやわだち掘れの破損に対する補修材料の施工性、耐久性に関する実験を行った。

2. クラックシール材の耐久性に関する実験

2.1 実験方法

舗装のひび割れの維持に使用されているシール材について、その耐久性を調べる目的で土木研究所舗装走行実験場において、カッターで疑似ひび割れを作製し、各種のシール材を施工し、清掃の有無やひび割れの幅、深さ等を変えた場合の施工性の検討、および荷重車を走行させ耐久性の確認を行った。写真-1にカッターで疑似ひび割れを作製した後に、シール材を施工した状況を示す。なお、ひび割れが1本入った状態や亀甲状に入った状態を再現するため、カッターを1文字、十字、星形に切断

した。以下に検討内容を示す。



写真 - 1 シール材施工状況

2.1.1 検討内容

1) シール材の検討

ひび割れの補修に一般に使用されている6種類のシール材を用いて、性能の違いを確認した。実験に用いた試料を表-1に示す。

2) ひび割れ幅の検討

ひび割れ幅の違いを調べるため、カッターの切断幅を3種類（3, 6, 12mm）変えて確認した。

3) ひび割れ深さ

ひび割れ深さの違いを調べるため、カッターの切断深さ3種類（10, 20, 40mm）変えて確認した。

表 - 1 実験に用いた試料

試料番号	A	B	C	D	E	F	
分類	フィラー入り アスファルト	目地材			クラックシール 専用材		
		高弾性	低弾性				
成分	フィラー入り ブローンアス ファルト	ゴム化改質アスファルト					
軟化点	86	107	118	104	109	116	
針入度	25 円すい針 mm	-	3.3	3	-	-	4.2
	25 針入度針 1/10mm	53	-	-	45	19	-

4) 施工方法の検討

試料番号Fを用いて施工方法の違いを調べるため、機械施工(写真-2)、人力施工(やかん、写真-3)および刷毛施工(写真-4)の3種類で確認した。注入後はケレン(すき取り器)で表面を成形した。

5) 清掃の検討

ひび割れ内の清掃の有無を調べるため、清掃無し+プライマ無し、清掃無し+プライマ有り、清掃有り+プライマ無しとの3条件で確認した。



写真-2 機械施工による注入状況



写真-3 人力施工(やかん)による注入状況



写真-4 刷毛施工による注入状況

6) 施工幅の検討

シール材をひび割れに注入後、表面をケレンですき取り成形する幅を3種類(0,15,25mm)変えて確認した。

2.1.2 施工性の確認

2.1.1の検討内容における施工性の検討は、以下に示す試験を行い確認した。

1) 浸透深さの測定

シール材がひび割れに確実に注入されたかを、「舗装調査・試験法便覧D013T」²⁾に準じて1mm程度の先端が平らな鋼棒をシール材に突き刺し、浸透深さを測定した。測定状況を写真-5,6に示す。

2) 引張接着試験

シール材の接着の程度を「舗装調査・試験法便覧D014T」²⁾に準じ最大荷重を測定した。測定状況を写真-

7,8に示す。



写真-5 シール材に鋼棒を突き刺している状況



写真-6 シール材の浸透深さを測定している状況



写真-7 シール材に引張り治具を接着している状況



写真-8 シール材の接着力を測定している状況

3) 透水量試験

シール材の接着の状況を「舗装調査・試験法便覧D014T」²⁾に準じ、浸透水量を測定することにより評価した。測定状況を写真-9に示す。試験開始後シリンダー内の水位が15秒以上変化しなかった場合は試験を終了し、浸透水量を0mL/15秒とした。注入材施工直後と49kN換算で20,40万輪走行後に測定を行った。

4) 透気量試験

シール材の接着の有無を調査するため透気量試験を実施し、透気性を測定した。測定状況を写真-10に示す。その方法は、手動式ポンプで試験器内の空気を抜き、一定の負荷をかけ、そのまま一定時間経過後でもかけた負圧が変化しなければ、透気しないこととなる。注入材施工直後と49kN換算で20,40万輪走行後に測定を行った。



写真-9 透水量試験状況



写真-10 透気量試験状況

2.1.3 耐久性の確認試験

2.1.2 の検討内容における耐久性は、以下に示す試験を行い確認した。

1) 荷重車の走行

耐久性の確認を行うためシーラ材注入後、荷重車（軸重 12t × 3 軸）を 40 万輪分（累積 49kN 換算：N₅交通 27 年、N₄交通 4 年相当）走行させ、荷重車走行前後の耐久性を評価した。写真-11 に荷重車走行状況を示す。



写真 - 11 荷重車走行状況

2) たわみ量測定

荷重車走行前後の耐久性を評価するため、舗装調査・試験法便覧「S047 フォーリングウェイトデフレクトメータ (FWD) によるたわみ量測定方法」²⁾ に準じ、たわみ量を測定した。測定状況を写真 - 12 に示す



写真 - 12 たわみ量測定状況 (FWD)

2.2 実験結果

2.2.1 浸透深さ試験結果

シーラ材の浸透深さ試験の測定結果を図 - 1 に示す。図中の注入前とはカッタの切断深さであり、注入後とは注入されたシーラ材の深さである。注入前より注入後の深さ大きいのは余盛り部分も測定したためである。検討を行った項目ごとに考察を行うと以下のとおりである。

(1) シーラ材の検討結果

材料の違いによる差はなく、全ての材料ともカット深さまで注入されている。

(2) ひび割れ幅の検討結果

ひび割れ幅が 6mm と 12mm の場合は問題なかったが、3mm

の場合は、カット深さ 21mm に対し浸透深さは 18mm と浸透していない結果となった。注入幅が狭い場合は、一様に注入することは困難であることが分かった。

(3) ひび割れ深さ

注入幅が 6mm で、ひび割れ深さが 10、20、40mm の場合、浸透深さはいずれにおいてもカット深さ以上であった。注入幅が 6mm 程度であれば、深さ 40mm であっても十分に注入されることが確認された。

(4) 施工方法の検討

機械施工、人力施工の場合、浸透深さは平均で 20mm 以上有り問題なかったが、刷毛施工の場合、浸透深さは平均では 15mm で、最少浸透深さは 7mm のところもあり、カット深さ 20mm まで浸透していない結果となった。刷毛施工では一様に注入することは困難であり、刷毛による施工ではシーラ材が十分浸透しない可能性があることが確認された。

(5) 清掃の検討

清掃とプライマの有無に関わらず、浸透深さは 20mm 以上有り問題なく注入されていた。

(6) 施工幅の検討

3種類の施工幅とも浸透深さは 20mm 以上有り問題なく注入されていた。

2.2.2 引張接着試験結果

引張接着試験の測定結果を図 - 2 に示す。検討を行った項目ごとに考察を行うと以下のとおりである。

(1) シーラ材の検討結果

試料 A の引張り接着力が 140kN と他の試料の 96kN ~ 109kN の引張り接着力よりも高い値を示した。試料 A の材料はフィラー入りブローンアスファルトあり、フィラーを入れていることにより高い接着力が出たものと思われる。

(2) ひび割れ幅の検討結果

カット幅が大きくなるにつれ、引張り接着力が小さくなる傾向が見られるが、その差は小さく今回の結果からはひび割れ幅が大きくなってもしっかりと接着していることが分かった。

(3) ひび割れ深さ

カット深さが大きくなるにつれ、引張り接着力が大きくなる傾向が見られるが、その差は小さく今回の結果からはひび割れ深さが 40mm までならシーラ材は問題なく注入され良く接着していることが分かった。

(4) 施工方法の検討

機械施工、人力施工は同程度の引張り接着力であったが、刷毛施工では、他の方法より引張り接着力が低めであった。この理由として、刷毛施工では、何度も同じ箇所を刷毛で塗りながら注入しているため、層間に微細な空気が入り、その

ような箇所から材料が切れたためと思われる。このことから刷毛施工は避けた方が良いと思われる。

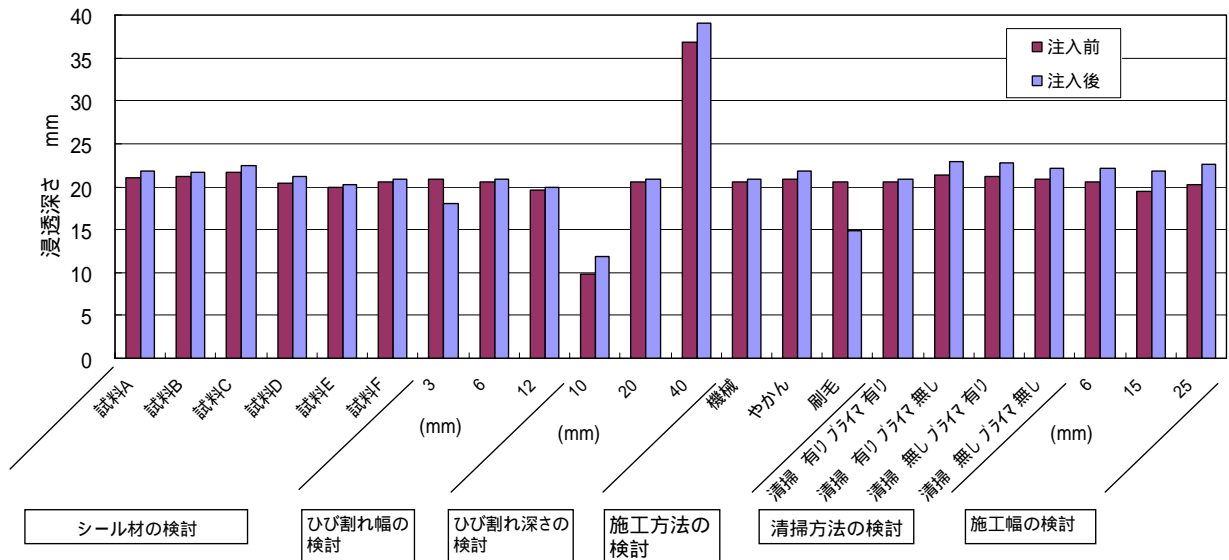


図 - 1 浸透深さ試験結果

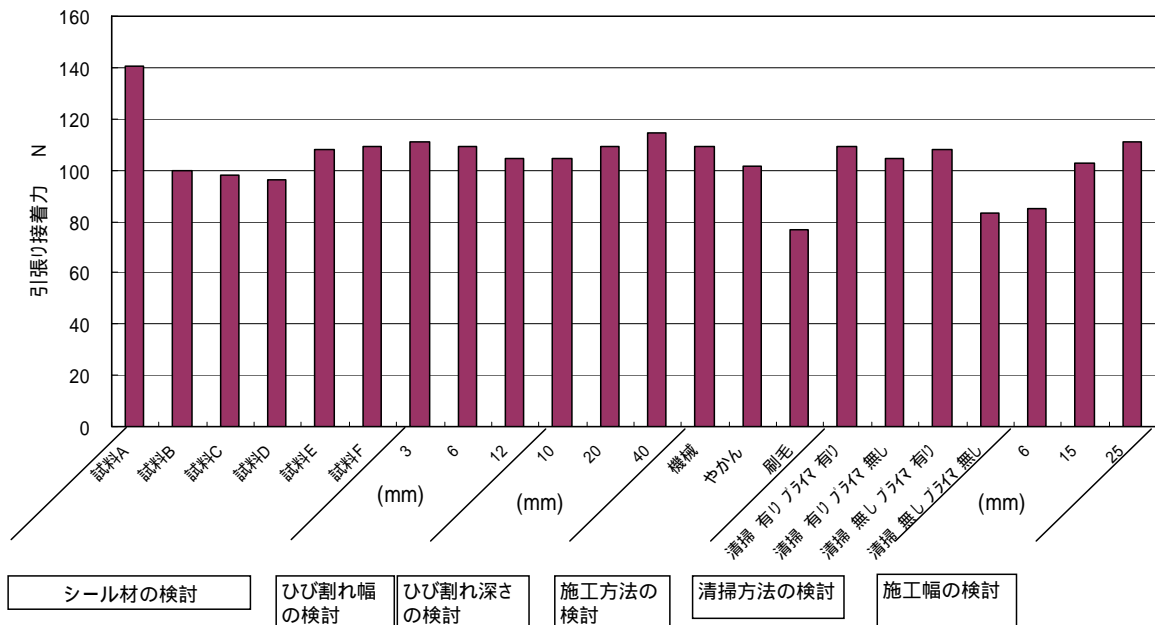


図 - 2 引張り接着力試験結果

(5) 清掃の検討

清掃とプライマーの両方を実施、もしくはどちらかを実施の場合の引張り接着力は、いずれも同程度であった。しかし、清掃もプライマーも行わない場合の引張り接着力は、8割程度と小さくなった。このことより、清掃とプライマーのどちらか一方は行うことが必要であることが分かった。

(6) 施工幅の検討

シール材をひび割れに注入後、表面をケレンですき取り成形する幅を3種類(0, 15, 25mm)変えて確認した。

シール材の幅が20mm以上の引張り接着力はいずれも同程度であったが、シール材の幅が10mmの引張り接着力は、20mmの8割程度と小さな値であった。このことより、シール材を施工する際は、20mm程度の施工幅の確保が必要と思われた。

2.2.3 透水量および透気量試験結果

シール材注入直後の透水量と透気量は、シール材、ひび割れ幅・深さ、施工方法、清掃、施工幅の検討のいずれの場合も0mL/15秒または不透気と問題ない結果であった。

しかし、荷重車 40 万輪分走行後では、試料Aのフィラー入りアスファルトの透気量が 100mL/15 秒程度、試料Dの低弾性目地材で浸透水量が 10mL/15 秒と透水し、透気量試験の結果も透気する結果となった。この原因として写真 - 12 に示すようにシール材に舗装材との界面またはシール材自体にひび割れが発生したためである。このひび割れは疲労ひび割れと思われる、このシール材は耐久性に問題あると思われる。

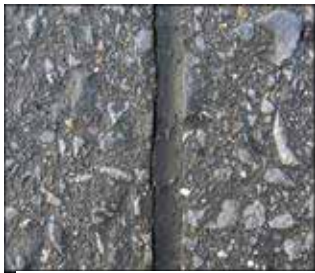


写真 - 12 シール材のひび割れ (30 万輪走行後)

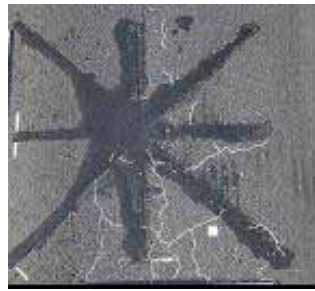


写真 - 13 舗装のひび割れ (30 万輪走行後)

2.2.4 たわみ量測定結果

荷重車 40 万輪分走行後の D_0 たわみ量の測定結果を図 - 3 に示す。この結果、注入直後の D_0 たわみ量に比べ、すべての検討項目とも D_0 たわみ量は大きくなっていった。中でも特に D_0 たわみ量が大きくなった検討項目の箇所があるが、これは、写真 - 13 に示す例のように舗装にひび割れが発生した箇所であった。試料 A はシール材がひび割れたため舗装にひび割れが発生した可能性があるが、それ以外の舗装にひび割れが発生した箇所は、シール材の損傷はなく、シール材の影響ではなく、舗装自体の破損と思われる。今後、耐久性試験を継続して原因を確認する必要がある。

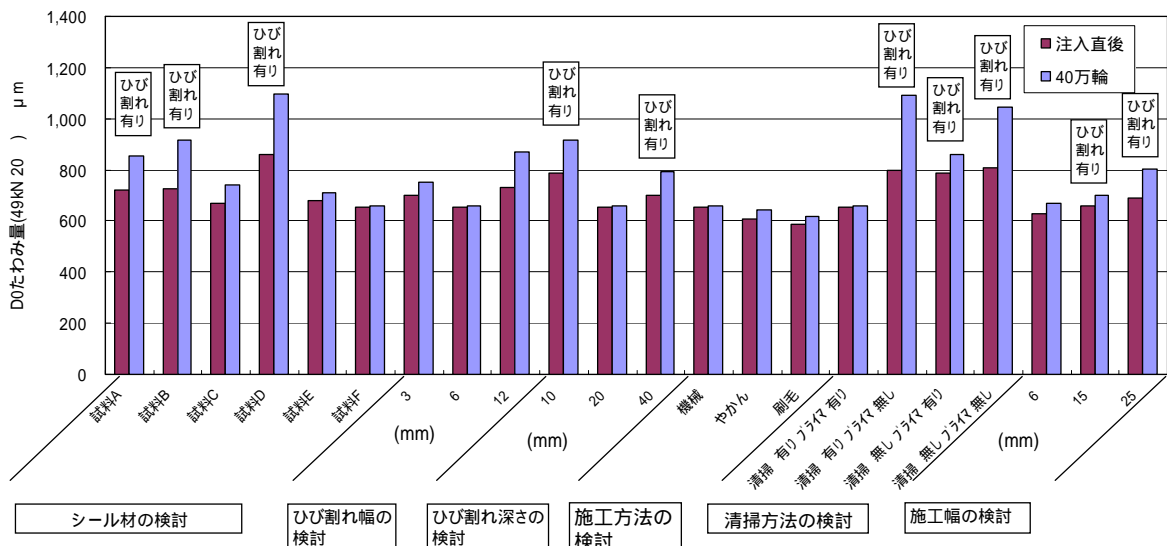


図 - 3 たわみ量 (D0) 試験結果

3 排水性舗装の破損に対する補修材料の施工性、耐久性に関する実験

近年、排水性舗装が普及してきているが、その破損形態は骨材飛散によるもの等、密粒度舗装とは異なることが明らかになっている。排水性舗装は、舗装体自体に機能性を有しているため、路面が破損した場合でもその機能を損なわない補修を行うことが望ましい。そこで、排水性舗装の補修材について施工性、耐久性を調べる目的で土木研究所舗装走行実験場において、排水性舗装に発

生したわだち掘れの補修に排水性舗装用補修材(以下、補修材)を使用し、その施工性および耐久性について確認を行った。

3.1 補修材料の仕様

(1) 適用箇所

主に補修材は、以下に示す用途として利用される。

- ・車輪走行部のわだち掘れの補修
- ・舗装の段差修正
- ・骨材飛散箇所やポットホール補修

(2)性状

今回用いた補修材は、常温タイプと加熱タイプである。補修材の性状を表 - 2 に示す。加熱タイプは、排水性舗装用混合物と比較して同程度の性状を有している。常温タイプは、エポキシ樹脂で硬化させることにより安定度、動的安定度とも高い性状を有している。

表 - 2 排水性舗装用補修材の性状

項目	加熱タイプ	常温タイプ	排水性混合物
最大粒径 (mm)	5	8	13
密度 (g/cm ³)	1.990	1.915	
空隙率 (%)	19.4	22.0	20.2
マーシャル	安定度 (kN)	5.0	43.1
	フロー (1/100cm)	31	28
カンタブロ損失率 (20)	0.6	9.1	10.4
動的安定度 (回/mm)	5,760	10,000以上	5,200

3.2 施工

舗装走行実験場のわだち掘れの補修として、両方の補修材を施工した。施工のフローを図 - 4 に、加熱タイプの施工状況を写真 - 14、15 に、常温タイプの施工状況を写真 - 16、17 に示す。

3.3 既存舗装の損傷状況

今回、補修を行った加熱タイプの既存舗装の損傷状況は、わだち掘れ量は最大 8mm、ひび割れ率 57%、常温タイプの既存舗装の損傷状況は、わだち掘れ量は最大 24mm、ひび割れ率 15%であった。



図 - 4 施工フロー



写真 - 14 加熱タイプ敷均し 写真 - 15 加熱タイプ締固め状況



写真 - 16 常温タイプ混合状況 写真 - 17 常温タイプ敷均し状況

3.4 試験結果

3.4.1 施工性の結果

(1)加熱タイプ

平均施工厚さ 10mm であり、通常のアスファルト混合物と施工性は変わらなかった。

(2)常温タイプ

平均施工厚さ 20mm であり、硬化剤投入後、常温で可使用時間は 130 分であった。少量ずつ製造、施工すれば施工性に問題はなかった。

3.4.2 供用性試験結果

耐久性の確認を行うため補修後、荷重車（軸重 12t × 3 軸）を加熱タイプは N₄ 交通 8 年相当、常温タイプは N₄ 交通 10 年相当（累積 49kN 換算）走行させ、荷重車走行後の耐久性を調査した。調査結果を表 - 3 に示す。また、荷重車走行後の加熱タイプの路面の状況を写真 - 18 に、常温タイプの状況を写真 - 19 に示す。

荷重車走行後のわだち掘れの発生は、加熱タイプおよび常温タイプとも見られなかった。また、どちらもひび割れは見られず、大規模な骨材飛散、ポットホールも見られなかった。しかし、加熱タイプは走行部および既設路面との境界付近で一部骨材飛散が見られた。これは、薄層でオーバーレイしたことによる既設舗装との接着不足が原因と思われた。

透水機能については、常温タイプは機能低下しておらず、加熱タイプも極端な空隙つぶれは見られなかったため、著しい透水機能の低下はないと思われる。

表 - 3 荷重車走行後の調査結果

項目		加熱タイプ	常温タイプ
補修箇所		わだち掘れ・ひび割れの補修	わだち掘れ・ひび割れの補修
交通量		N ₄ 交通8年相当	N ₄ 交通10年相当
わだち掘れ		0mm	0mm
ひび割れ		なし	なし
骨材飛散	車両走行部中央	一部あり (写真 - 18)	なし
	既設路面との境界	一部あり (写真 - 18)	一部あり
透水量			1,283(cc/15sec)



写真 - 18 加熱タイプの荷重車走行後路面



写真 - 19 常温タイプの荷重車走行後路面

4.2 排水性舗装の破損に対する補修材料の施工性、耐久性に関する実験

排水性舗装の破損に対する補修材料の施工性、耐久性に関する実験を実施した結果、施工性は問題なかったが、耐久性については、骨材飛散が発生した材料があり、材料の選定に注意するとともに骨材飛散を評価する試験が必要なことがわかった。

今後は、舗装走行実験場での荷重車の走行による耐久性試験を継続するとともに、国土交通省直轄国道において試行的に実施している予防的修繕の追跡調査結果と合わせ、クラックシール材および排水性舗装用補修材に要求される性能や延命効果を明らかにした上で、その品質規格を提案する予定である。

参考文献

- 1) 国土交通省道路局国道・防災課：直轄国道の舗装における「予防的修繕」工法の導入について、道路8月号、36-39、2006年8月
- 2) (社)日本道路協会：舗装調査・試験法便覧、2007年6月

4.まとめ

今年度の検討結果をまとめると以下のとおりである。

4.1 クラックシール材の耐久性に関する実験

密粒度舗装上のクラックシール材の耐久性に関する実験を実施した結果、クラックシール材の種類によって耐久性に差があることを把握した。

A STUDY ON MAINTENANCE MENDING TECHNIQUE OF EFFICIENT PAVEMENT

Abstract : Efficient management of the road structure is requested. It is necessary to promote the decrease of the life cycle cost by the selection of an appropriate repair industrial method including maintained industrial method etc. also in the pavement field.

The experiment concerning the durability of the crack seal material was executed in FY 2006. As a result, the difference was understood to be in durability depending on the kind of the crack seal material. Moreover, the construction of the repair material in the drainage pavement and the experiment concerning durability were executed. As a result, it was unquestionable for construction. However, durability is the material where the aggregate dispersion is generated, and notes the material choice. And, it has been understood that the examination that evaluates flaking off is necessary.

Key words : Pavement, maintenance mending, crack seal, Repair material, and preventive mending