

シール材注入工の耐水性について

About water resistance of construction to inject seal materials

三田村 文寛 稲田 昇*1

要 旨

舗装表面のひび割れからの浸透水を防止するため実施されるシール材注入工は、各メーカーから種々の材料が開発・製造されていることや、最近ではシール材の充填性を高めるためクラックカット工法が併用されていること等、多種の材料と工法があることから現場での適正な選択が必要となっている。

本研究ではシール材注入工の性能規定化を進めるため、福井県内で入手可能な注入材全てを対象に施工を行い、経過観察を行った。また、クラックカット工法の併用を想定した供試体を作成し耐水性についての試験・評価を行った。

その結果、試験値の信頼性が低く、引続き性能規定を進めるためには、試験方法にいくつかの改良を要することが分かったが、施工直後の経過観察の結果や加熱型常温型に関わらず樹脂系材料の一部が通常よりかなり高い試験値を示していること等、常温型樹脂系材料やクラックカット工法併用の有効性についての示唆を得た。

キーワード：シール材注入工、クラックカット工法、耐水性

1. はじめに

道路の維持管理費の縮減からここ数年、オーバレイ工に変えてシール材注入工（写真-1 参照。）の採用が多くなっている。



写真-1 シール材注入工施工状況

同工法の一般的な目的は舗装表面のひび割れから浸透する水分により、アスファルト混合物の



写真-2 クラックカット状況

剥離が進行するのを未然に防止することである。

しかし従前からのシール材注入工は、注入後のシール材が剥離したり再度ひび割れが生じたりするケースが多いなど耐久性に乏しいことから、最近では、シール材を路面温度の変動幅に応じて選択することや材料の充填性を高めるため既存のひび割れを切削により一定幅に拡げるクラックカット工法（写真-2 参照。）を併用して浸透性および付着性を高める工法が導入されている。

しかし、それらの効果については不明の部分が多く、現場では材料および工法の選択に苦慮しているのが現状である。そのため、シール材注入工において早急に適正な性能を規定する必要がある。そこで今回は、材料による性能の差異やクラックカット工法の有効性を調査するため、福井県内で汎用的に入手可能なシール材の全てを対象に、実際にひび割れ率 20%程度のひび割れ補修が適当な現場で施工及び経過観察を行った。

更に、後者を確認するため、クラックカット工法の併用を想定した供試体を作成し、マーシャル安定度試験を行った。以上、シール材注入工の性能規定を進めるために必要な試験・評価を行ったので報告する。

2. 材料の選定

材料は福井県内で今後も継続的に入手可能なものを選定した。シール材には加熱・溶融して使用する加熱型と常温のまま使用する常温型がある。加熱型の材料は樹脂系であるが、常温型の材

*1 木村興業株式会社

料については乳剤系と樹脂系に区分される。常温型は主材に固化材を混合（写真－3 参照。）する工程が増えるが、常温で取扱うため簡単な器具のみで施工が可能である。（写真－4 参照。）



写真－3 固化材の投入状況



写真－4 常温型材料の施工状況

一方、加熱型は材料混合を要しないが加熱装置が必要である。なお、常温型の樹脂系材料の製品には C 社製もあるが県内ではほとんど取扱われないことから除外した。選定した材料を表－1 に示す。

表－1 選定したシール材

種類	材料
加熱型	A 社製①、②、B 社製、D 社製
常温型(乳剤系)	B 社製、C 社製
常温型(樹脂系)	B 社製、D 社製

3. 現場の選定

調査・評価を行うには大型車交通量の影響を考慮して様々な交通量区分の路線を対象に行うことが望ましいが、県管理道路は N_4 、 N_5 の交通量区分の路線が多いことや補修の必要な箇所が多

いことから選定が難しく、実際に補修の必要なひび割れ率 20%程度のひび割れ補修が適当な現場を選定した。選定路線と交通量区分を表－2 に示す。

表－2 選定路線と交通量区分

路線	交通量区分	舗装計画交通量 (単位：台/日・方向)
A	N_4	100 以上 250 未満
B	N_4	100 以上 250 未満
C	N_5	250 以上 1,000 未満
D	N_5	250 以上 1,000 未満

4. 耐水性に係る評価の試験方法

加熱アスファルト混合物の耐水性の評価は、一般的にマーシャル安定度試験による方法とホイールトラッキング試験による方法が行われているが、経済性から前者が広く行われている。

マーシャル安定度試験はアスファルト混合物の配合を行うために必ず実施する試験であり各プラントでマーシャル安定度試験機(写真－5)を用いて行う。



写真－5 マーシャル安定度試験機

耐水性の評価は、現場で舗装体のコアを抜き、これを供試体を用いて標準状態の安定度(kN)を計測し、次に標準で用いたコアの極力近傍で抜いたコアを供試体を用いて、水浸状態(60°Cの水に48時間浸す。)の後に安定度を計測し、その残留安定度(%)(水浸マーシャル安定度/標準マーシャル安定度×100)を算定して行う。

シール材注工の効果を確認するには、施工前と施工後で前述の残留安定度を算定し、比較評価を行う。当初は、実際にひび割れの入った舗装体のコアを抜き、供試体として用いる予定であったが、

実際のひび割れは疲労破壊によるものがほとんどで、下から上に向かって、すなわちアスファルト舗装下面から同表面まで達していることが多く(写真-6参照。)、マーシャル安定度が計測



写真-6 ひび割れの状況

できないかまたは、計測できても既に破壊しているものを荷重ヘッドで支えて、別の部分を破壊させるため計測そのものに意味がない。そのため、今回はひび割れの入っていない舗装体に予め、実際のクラックカット工法に等しい幅13mmと深さ19mmの溝を切り、これをコア抜きし施工前の供試体として用いた。(図-1参照。)更に溝部にシーリング材を注入した後同様にコア抜きを行い、これを施工後の供試体として用いた。各々残留安定度を算

出し比較を行った。

表-2 試験方法

試験方法	マーシャル安定度試験 ASTM D 1559 標準、水浸 水浸は60℃の温水に48時間浸す。
供試体	標準仕様に幅13mm、深さ19mmの溝切りをしたもの。 図-1参照。N=3
試験機	マーシャル安定度試験機

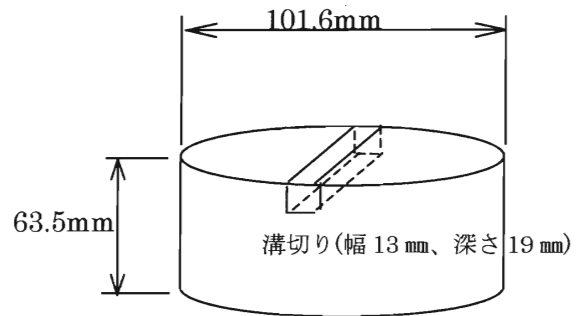


図-1 供試体の概略図

5. 試験結果

実際の補修工事を活用したため、供用を急ぐ必要があることから1路線3~5種類の材料を用いることに留まった。(D路線は、交通量が多いため早期に施工を行う必要があり例外的に1種類。)試験結果を表-3に示す。

表-3 シール材料とマーシャル試験による残留安定度

(単位: kN、%)

項目 路線	補修前			加熱型A社製①			加熱型A社製②		
	標準	水浸	残留安定度	標準	水浸	残留安定度	標準	水浸	残留安定度
A	9.71	9.71	100.0	12.87	12.05	▼ 93.6	12.29	12.17	▼ 99.0
B	9.48	8.54	90.1	10.06	6.32	▼ 62.8	6.79	7.49	△ 110.3
C	8.89	9.36	105.3	8.89	6.32	▼ 71.1	5.73	5.38	▼ 93.9
D	8.19	7.19	87.2				12.17	11.58	△ 95.2
平均	9.07	8.69	95.8	10.61	8.23	▼ 77.6	9.25	9.16	△ 99.0

項目 路線	加熱 B 社製			加熱 D 社製			常温型(樹脂系)B 社製		
	標準	水浸	残留安定度	標準	水浸	残留安定度	標準	水浸	残留安定度
A				9.38	9.24	▼ 94.0			
B	10.18	7.84	▼ 77.0				8.89	9.59	△107.9
C									
D									
平均	10.18	7.84	▼ 77.0	9.38	9.24	▼ 94.0	8.89	9.59	△107.9

項目 路線	常温型(樹脂系)D 社製			常温型(乳剤系)B 社製			常温型(乳剤系)C 社製		
	標準	水浸	残留安定度	標準	水浸	残留安定度	標準	水浸	残留安定度
A 路線	11.58	11.12	▼ 96.0						
B 路線				12.40	11.47	△ 92.5			
C 路線							10.18	8.89	▼ 87.3
D 路線									
平均	11.58	11.12	△ 96.0	12.40	11.47	▼ 92.5	10.18	8.89	▼ 87.3

△は補修後残留安定度の増加したもの。▼は補修後残留安定度の増加が見られないもの。

残留安定度(%)

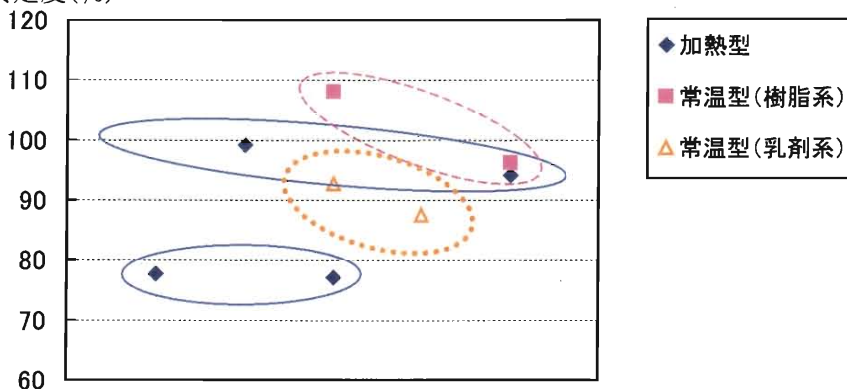


図-2 シール材料とマーシャル試験による残留安定度

残留安定度が 100%を超えることは理論上ありえないことから試験値の信頼度は低いと思われる。そのため今後、試験方法を改良する必要があり、これについては後述する。(8. 今後の試験方法参照。) 以上を踏まえた上で今回の試験結果から読み取れる傾向は次のとおりである。

(1)加熱型の材料は、残留安定度が一般的な舗装の密粒度アスファルト混合物(通常約 80~90%)より高いグループと低いグループにはっきりと区分される。

(2)低いグループの材料はゴム状等の溶融残が見られ、材料自体がよく混練されていないことによる材質の偏りが耐水性低下の原因であると考

えられる。

(3)常温型では、樹脂系のものが乳剤系のものより大きい値を示し、前者の耐水性が大きい。

6. 施工後の経過観察

施工 2~3 箇月後に経過観察を行った。材料ごとの傾向は次のとおりである。

(1)加熱型の残留安定度が低い材料は現場においても一部不良箇所が見られた。(写真-7、8、9、10 参照。)



写真-7 B路線の加熱型材料施工後の状況①



写真-8 写真-7の拡大

施工後、通過車両が原因で潰れたような状態になっている。(軟化点が低く流動している。)



写真-9 B路線の加熱型材料施工後の状況①

(2) 加熱型の残留安定度が高い材料でもクラックの中までシール材が浸透せずに再びクラックが浮かび上がっている箇所が見られた。(写真-11、12 参照。)



写真-10 写真-9の拡大

施工後、クラックへ材料の浸透が進行し全体的に窪んでいる。



写真-11 C路線の加熱型材料施工後の状況



写真-12 写真-11の拡大図

C路線の施工箇所、全域に渡ってシール材のクラックへの浸透不足で、再度クラックが開いている。

(3) 加熱型の残留安定度が高い材料を用い、クラックカット工法を併用した箇所においては通常のクラック箇所は特に変化はなかった。(写真-13 参照。)



写真-13 A路線のクラックカット工法併用施工箇所の状況

(4) 常温型乳剤系の材料を用いた箇所の内、クラック幅の大きい箇所において、施工後に再度クラックが発生した箇所が多く見られた。
(写真-14、15、16 参照。)



写真-14 B路線の常温型乳剤系材料施工後の状況



写真-15 写真-14の拡大
施工後、乳剤がクラックに浸透して再度クラックが見えている。



写真-16 C路線の常温型乳剤系材料施工後の状況

施工後、材料が舗装の撓みに追従できず再度表面にクラックが生じている。

(5) 常温型樹脂系の材料を用いた箇所は、施工後も良好な状態であった。
(写真-17、18 参照。)



写真-17 C路線の常温型樹脂系材料施工後の状況



写真-18 写真-17の拡大
クラック部への浸透良好で、剥離がない。

(6) 施工後の経過観察のまとめ

1)マーシャル安定度試験の結果、残留安定度の低い加熱型の材料は、施工後に粘性の小さい部

分が抜けて窪みができたり、軟化点の低い部分が流動したり材質に偏りがあることが明らかである。

2) 残留安定度の高い加熱型の材料でも、現場ではクラックへの浸透性が悪く、施工後再度クラックが開いた箇所が見られた。

3) 常温型乳剤系の材料は施工後にクラックに浸透して防水効果がなくなっているか、舗装の撓みに追従できず再度表面にクラックが生じている箇所が多く、防水性の効果として信頼性に乏しい。

4) 常温型樹脂系の材料は施工後剥離がなく良好な状態であった。

5) 残留安定度の高い加熱型の材料でクラックカット工法を併用した箇所は施工後剥離がなく良好な状態であった。

7. まとめ

(1) 今回の室内試験および施工後の経過観察結果、耐水性および撓み追従性は加熱型樹脂系の一部、常温型樹脂系の材料が優れていた。

(2) 加熱型樹脂系の材料は残留安定度の高いものでも施工時の粘度が高いため、クラックカット工法を併用したものが現場では良好な結果であった。

(3) 常温型樹脂系の材料は室内試験、施工後の経過観察共に良好であった。今後はクラックカット併用の有効性について検討を行う必要がある。

8. 今後の試験方法

試験結果から今後の試験方法の改善点と必要な試験は次のとおりである。

8. 1 材料の評価

① 今回の供試体は、劣化の進んだ舗装体で行う方がシール材注入工の効果が顕著に表れると考え現場切取供試体を用いたが、近傍であっても試験データのばらつきが大きく舗装材の性状が場所によってかなり異なることが分かった。そのため新規材料による室内作成供試体で実施する必要がある。

② 溝切り部の体積が小さく、水浸試験を行うに当り接水面積にあまり差がない(5.9%)ことから結果を明確にするために溝の深さを大きくすることが有効である。

③ マーシャル安定度試験は

載荷ヘッド(供試体の覆い、写真-5参照。)の締付けの影響で試験値に明確な差が出にくいと考えられることから載荷ヘッドの覆い部を取除いた圧裂試験(引張試験、写真-6参照。)に変更し、圧裂強度比で評価することが有効と考える。

④ 材料注入後の耐水性は舗装のひずみに対する追従性とアスファルト混合物との接着性に大きな関連があると考えられるため、これらの評価は高粘度アスファルト材料の評価に用いられる曲げ試験による曲げ強度とスティフネスによる評価が有効である。



写真-6 圧裂試験

8. 2 クラックカット工法の有効性の評価

実際のひび割れは骨材の間隙を抜くようになっており曲折がある。(写真-5参照。)したがって、路面からシール材を注入することは簡単ではないことからクラックカット工法は有効であると思われるが、室内試験では実際のひび割れ状況を再現することはできない。したがって同一現場、同一材料の複数の供試体でクラックカットの有無により強度試験を実施し、比較・評価を行う方法が有効であると考え。合わせて、材料の浸透性との有意性を求めるため、半たわみ性舗装用浸透用セメントミルクの流動性試験方法(Pロート法)を用いることが有効である。

謝辞

研究を行うにあたりエムケービルド株式会社 北野社長、(株)NIPPO コーポレーション 福井営業所 桂所長、福井合材工場 井上工場長、池田係長、島氏、(株)日本道路福井営業所 古川所長、ニチレキ株式会社 福井営業所 米田所長、木村興業株式会社 片岡専務、マツイグミ株式会社 松井社長、濱出工場長、三国土木事務所 坂田 G リーダー、小林技師他関係者の方々には多大な御指導と御協力をいただいたことを記し謝辞とする。