

コンクリート舗装用補修材の輪荷重及び凍結融解に対する評価手法の検討

Study on the evaluation method for wheel load and freeze-thaw of repair material for concrete pavement

(国研)土木研究所 寒地土木研究所 寒地道路保全チーム ○正員 上野 千草 (Chigusa Ueno)
 (国研)土木研究所 先端材料資源研究センター 正員 加藤 祐哉 (Yuya Kato)
 (国研)土木研究所 先端材料資源研究センター 正員 川島 陽子 (Yoko Kawashima)
 (国研)土木研究所 寒地土木研究所 寒地道路保全チーム 正員 丸山記美雄 (Kimio Maruyama)

1. はじめに

コンクリート舗装はアスファルト舗装よりも耐久性が高く、長寿命化が期待されている。一方、破損した場合の維持修繕について懸念があり、コンクリート舗装の採用が進んでいないのが現状である。

現在、段差補修及び目地部の角欠け補修に用いられている材料は主にアスファルト混合物であり、写真-1のように補修のために施したパッチングは比較的短い期間で剥離し、耐久性が期待できないことから、これに替わる耐久性の高い補修材料が求められている。

本文では、コンクリート舗装用の補修材を選定・開発するための評価試験として、寒冷環境下における車輛走行時の耐久性を評価する一手法について検討した結果を報告する。

2. 検討内容

目地構造を再現した供試体を用いて、ホイールトラッキング試験により輪荷重を与え、補修材料の耐久性を評価する手法²⁾(以下、輪荷重試験)と、凍結融解試験を併用し、凍結融解作用後における車輛走行時の耐久性を評価する手法について検討した。

2. 1 試験対象

①補修材

今回、試験対象とした補修材は、舗装版の沈下に伴う段差すりつけ用、及び目地部の角欠け補修用とした。表-1、2 に使用した補修材の概要を示す。既存の材料として、アスファルト系材料を選定し、その他にコンクリート舗装用補修材として開発されたポリマーセメントモルタル、エポキシ樹脂モルタル、アクリル樹脂モルタルを対象とした。

②基板コンクリート

基板に用いたコンクリート版の材料及び配合は表-3、4 に示すとおりである。

基板コンクリートの補修材施工面は、試験条件を一定にするため、コンクリート打設 1 日後にディスクグラインダで軽く研磨して細骨材を露出させ、表面のきめ深さを $0.13 \pm 0.02\text{mm}$ に調整した。なお、表面のきめ深さは「砂を用いたコンクリート表面のきめ深さ測定方法(案)」³⁾ に準拠して測定した。

③供試体形状

輪荷重試験をホイールトラッキング試験機にて行うため、供試体サイズを $300\text{mm} \times 300\text{mm} \times 50\text{mm}$ とした。



写真-1 アスファルト混合物による補修箇所の剥離状況

表-1 段差すりつけ用補修材

| 補修材 | | 弾性係数* (Gpa) | 基板の吸水 防止処理等 |
|-------|-------------------|----------------|----------------|
| 記号 | 種類 | | |
| AsM | 常温硬化型アスファルトモルタル | — | なし |
| PCM-a | ポリマーセメントモルタル | 26.2 | 水湿し |
| PCM-b | ポリマーセメントモルタル | 29.8 | 水湿し |
| PCM-c | ポリマーセメントモルタル(柔軟型) | 3.8 | 水湿し |
| RM-a | エポキシ樹脂モルタル | — | エポキシプライマー |

*弾性係数は20℃封かん養生で材齢28日目に計測

表-2 角欠け用補修材

| 補修材 | | 弾性係数* (Gpa) | 基板の吸水 防止処理等 |
|--------|------------------|----------------|----------------|
| 記号 | 種類 | | |
| As(13) | 細粒度アスファルト混合物(13) | — | タックコート |
| PCM-b | ポリマーセメントモルタル | 29.8 | 水湿し |
| PCM-d | ポリマーセメントモルタル | 24.8 | 水湿し |
| RM-a | エポキシ樹脂モルタル | — | エポキシプライマー |
| RM-b | アクリル樹脂モルタル | — | なし |

*弾性係数は20℃封かん養生で材齢28日目に計測

表-3 基板コンクリートの使用材料

| 材料名 | 密度(g/cm ³) | 吸水率(%) |
|--|------------------------|--------|
| C 普通ポルトランドセメント | 3.16 | — |
| S 山砂 | 2.56 | 0.39 |
| G 硬質砂岩砕石 (5号と6号を質量比で1:1で混合、Gmax=20mm) | 2.97 | 1.79 |

表-4 基板コンクリートの配合

| W/C(%) | 単位粗骨材かさ容積 | s/a(%) | 単位量(kg/m ³) | | | |
|--------|-----------|--------|-------------------------|-----|-----|------|
| | | | W | C | S | G |
| 49.2% | 0.72 | 39.6 | 145 | 295 | 728 | 1158 |

供試体は模擬目地を有する特殊な構造となっており、供試体の下には目地部におけるたわみを再現するため、シリコンゴム（硬度 60°）を用いた。評価対象によって供試体形状を使い分け、「段差すりつけ時の薄層施工を模擬した供試体」と、「角欠け補修を模擬した供試体」の2種類を用いた。評価用供試体の概要を図-1、2に示す。図-1 はすりつけ補修を模擬した供試体であり、10mmの段差を補修する場合を再現しており、図-2 は角欠けの補修を模擬した供試体であり、目地部で発生した角欠けをゼロすりつけで補修することを模擬した形状とした。深さは供試体厚さの2分の1である25mmとし、ゼロすりつけ部に輪荷重がかかるよう幅190mmとした。

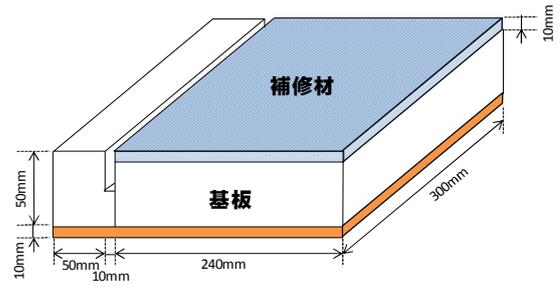


図-1 輪荷重試験用供試体（すりつけ）

2. 2 試験方法

試験手順を図-3に示す。凍結融解試験 50 サイクルと輪荷重試験 10 分(420 回載荷)を交互に 6 回行い、その後、付着強度試験を実施し破壊箇所と付着強度を確認した。

① 輪荷重試験

試験条件は、筆者らのこれまでの検討²⁾では 60℃水浸で試験を行ったが、本検討では、融解期における凍結融解作用を受けた後の耐久性を評価したいため、60℃の高温にはせずに常温（20℃程度）水浸条件で試験を実施した。輪荷重試験の荷重や走行速度などの条件は舗装調査・試験法便覧 B003 に準拠した。

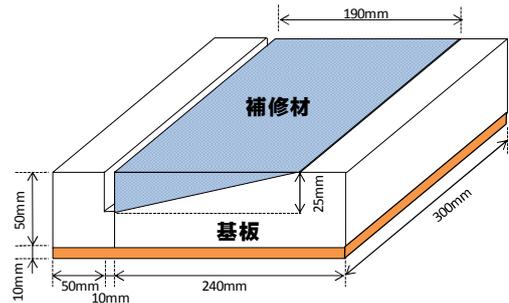


図-2 輪荷重試験用供試体（角欠け）

② 凍結融解試験

凍結融解試験は、JIS A 1148 の A 法に準拠して実施した。試験に用いる供試体は、材齢 28 日まで 20℃の環境で気中養生し、その後 28 日間 20℃水中養生し十分に水分が浸透した状態のものとした。凍結融解の温度サイクルは 5℃→-18℃→5℃の条件である。

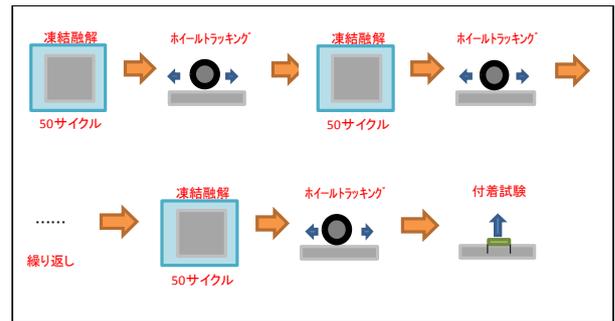


図-3 試験手順

③ 付着強度試験

凍結融解作用及び輪荷重が補修材の付着（引張）強度に及ぼす影響を評価するために、「断面修復材の付着強度試験方法（案）」³⁾を参考に、40mm×40mmの鋼製治具を用いて付着強度試験を実施した。

試験位置は図-4に示すように、輪荷重の影響のある走行部6箇所（B1～3、C1～3）と、輪荷重の影響の少ないと考えられる非走行部6箇所（A1～3、D1～3）とした。

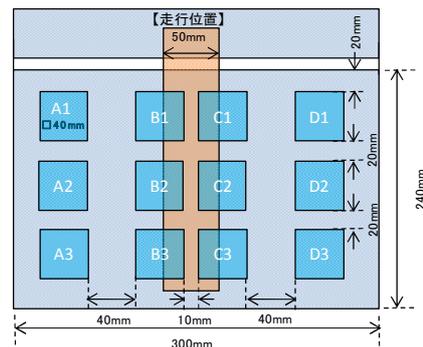


図-4 試験位置

2. 3 試験結果の評価方法

補修材は破損状態によっては、供用中に補修材が塊となって飛散し、道路利用者への被害につながる可能性があるため、破壊位置が重要となる。このため、付着強度の計測と併せて、破壊位置の確認を行い、図-5に示すように整理した。なお、破壊位置が混在する場合は、その割合も計測した。破壊位置の評価としては、基板(A)であれば母材以上の強度があり供用に問題ないと考えられ、界面(AB)及び補修材(B)及び、補修材(B下)であると補修材が塊で飛散する可能性があると考えられる。補修材(B上)の場合、補修材が薄層で剥がれるため、飛散による影響も少ないと考えられる。また、輪荷重試験のみを行った場合の付着強度及び破壊位置の結果との比較を行い、輪荷重試験に凍結融解作用試験を併用することによる試験結果への影響について評価した。

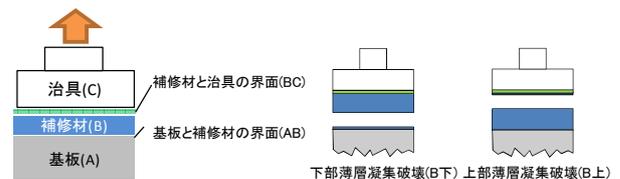


図-5 破壊位置の整理

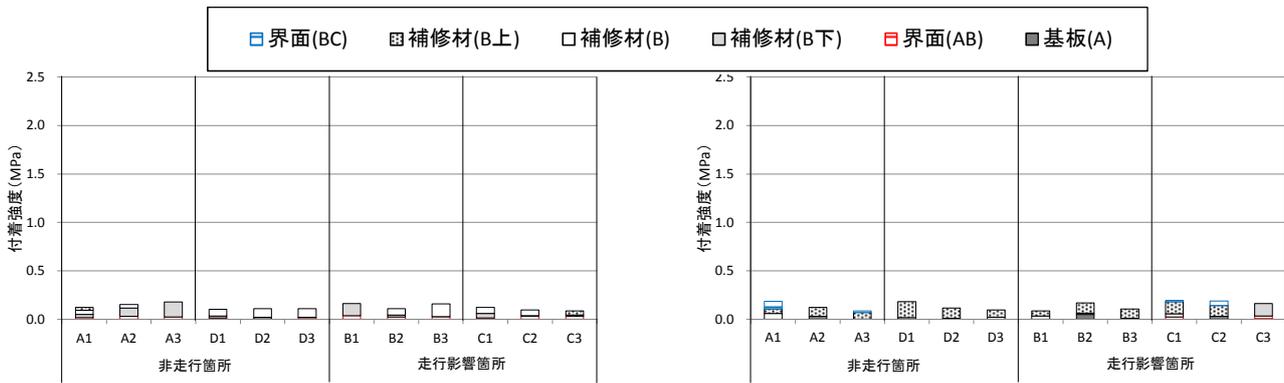


図-6 付着強度 (すりつけ用補修材: AsM)

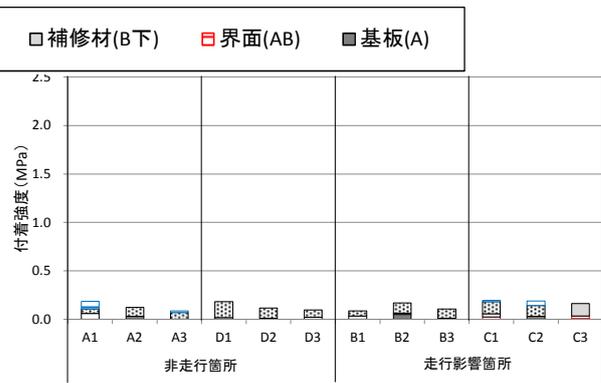


図-10 付着強度 (角欠け用補修材: PCM-b)

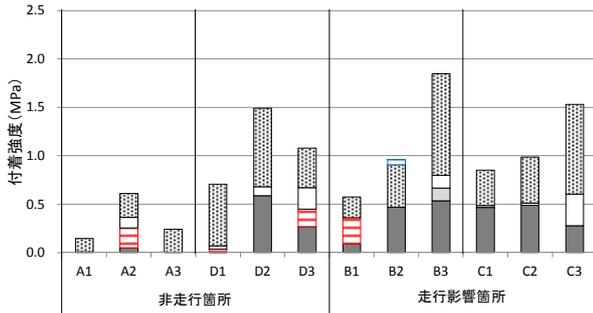


図-7 付着強度 (すりつけ用補修材: PCM-a)

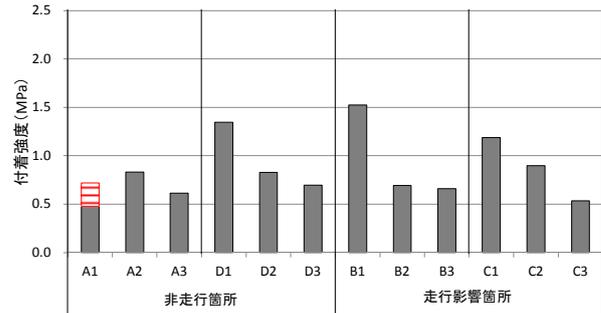


図-11 付着強度 (角欠け用補修材: PCM-d)

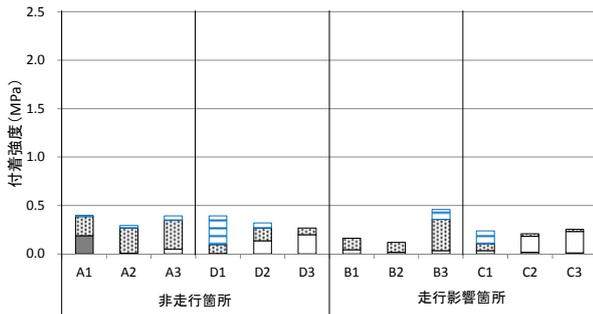


図-8 付着強度 (すりつけ用補修材: PCM-b)

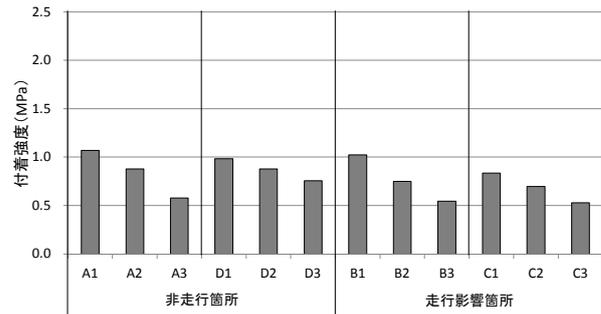


図-12 付着強度 (角欠け用補修材: RM-a)

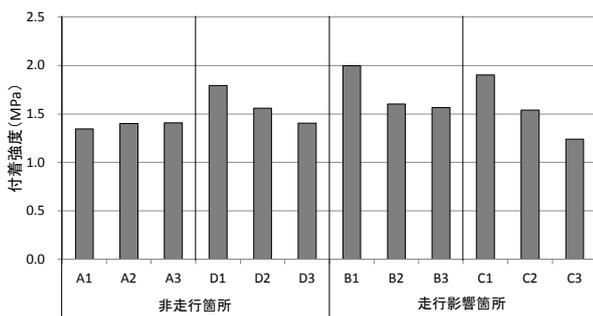


図-9 付着強度 (すりつけ用補修材: RM-a)

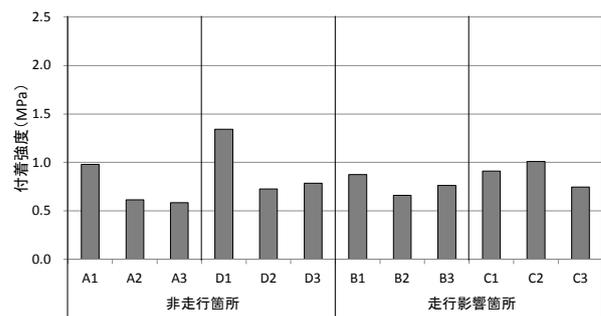


図-13 付着強度 (角欠け用補修材: RM-b)

3. 試験結果

3.1 すりつけ用補修材の試験結果

付着試験結果を図-6～9に示す。PCM-cが凍結融解試験中に剥離したが、その他の補修材は、凍結融解累計300サイクル+輪荷重試験累計60分後も基板への付着が確認された。

AsMは付着強度の平均が0.14MPaと他の補修材よりも小さく、破壊位置は補修材(BまたはB下)であった。

PCM-bは付着強度の平均が0.29MPaとAsMに次いで低く、破壊位置は補修材(B上)と界面(BC)の割合が高かった。PCM-aは付着強度の平均が0.92MPaであり、破壊位置は基板(A)または補修材(B上)の割合が高く、RM-aは付着強度の平均が1.56MPaであり、破壊位置は全て基板(A)となった。

以上より、補修材料によって付着強度及び破壊位置の違いが現れることを確認した。

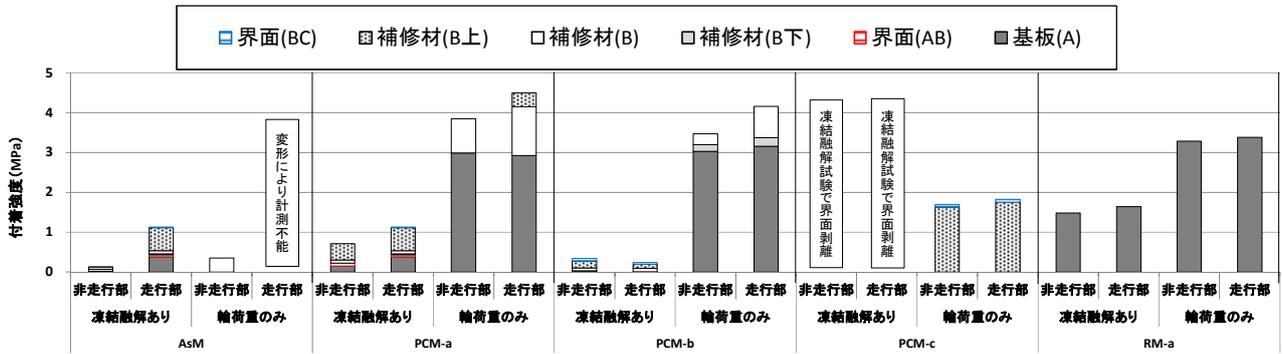


図-14 付着強度の比較 (すりつけ用補修材)

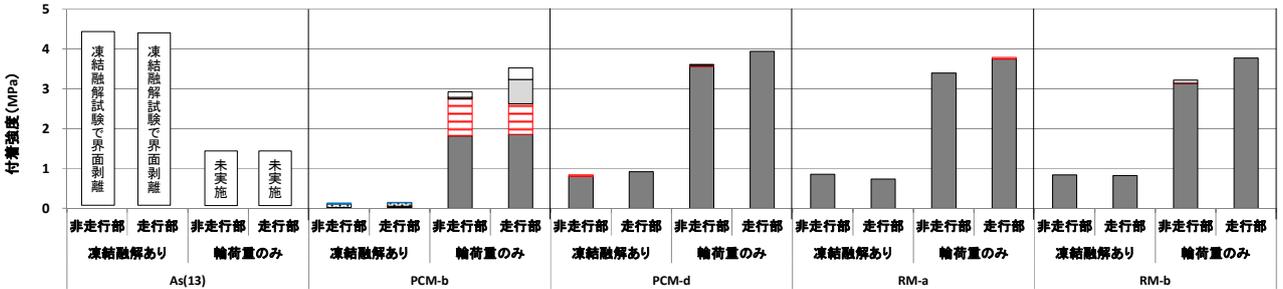


図-15 付着強度の比較 (角欠け用補修材)

3. 2角欠け用補修材の試験結果

付着試験結果を図-10～13 に示す。As(13)が凍結融解試験中に剥離したが、その他の補修材は、試験終了後も基板への付着が確認された。PCM-b は付着強度の平均が 0.14MPa と他の補修材と比較して値が小さく、破壊位置は補修材(B 上)が大半を占めた。その他の PCM-b、RM-a、RM-b は付着強度の平均が 0.8MPa 程度であり、破壊位置は基板(A)となった。角欠け用補修材においても、補修材料によって付着強度及び破壊位置に違いが確認された。

3. 3輪荷重の影響比較

すりつけ用及び角欠け用補修材の付着強度を走行箇所と非走行箇所と比較した場合、同じ箇所でも多少のばらつきはあったが、両者に明確な差は見られなかった。

3. 4凍結融解の影響

凍結融解作用の影響を確認するため、過去に行った凍結融解を行わない輪荷重試験結果²⁾と比較した。試験結果を図-14、15 に示す。すりつけ用補修材 RM-a、角欠け用補修材 PCM-d、RM-a、RM-b は、破壊位置が基板(A)と違いはないものの付着強度に違いが見られた。これは、凍結融解作用により基板コンクリートの引張強度が低下したためと考える。一方、すりつけ用補修材 PCM-a、PCM-b、角欠け用補修材 RM-b においては凍結融解作用の有無による破壊位置にも違いが見られた。また、PCM-c については、輪荷重のみでは剥離が生じないが、凍結融解作用によって剥離が生じた。

凍結融解作用の有無によって、補修材の破壊位置が異なる場合があることが確認されたことから、寒冷地域を対象とする補修材には凍結融解後の評価が必要と考える。

3. 5補修材の評価

すりつけ用補修材 RM-a、角欠け用補修材 PCM-d、RM

-a、RM-b は基板(A)での破壊であり、凍結融解を受ける環境下において補修材の付着性能に問題ないと考えられる。また、PCM-a、PCM-b については、補修材(B 上)での破壊のため、一度に大きな塊となって剥がれることはなく、すり減りが顕著でなければ適用できると考える。一方、凍結融解のみで剥離したものや、補修材(B または B 下)で破壊した補修材は、塊となって飛散する可能性があり、凍結融解作用を受ける環境下に適さないと判断される。

なお、凍結融解ありの基盤コンクリートの引張強度が大きく低下している傾向があり、補修材の付着強度を適切に評価するためには、基板コンクリートの凍結融解抵抗性の確保が重要と考える。

4. まとめ

輪荷重試験と凍結融解試験を併用することにより、輪荷重試験のみの場合とは異なる位置で破壊が生じる場合があることが確認されたことから、凍結融解作用を受ける環境下に用いる補修材の評価に本手法は有用となると考える。今後、凍結融解試験単独実施の場合との比較を行い、寒冷環境下における評価試験手法を提案したい。

参考文献

- 1) 磯田卓也、上野千草、安倍隆二、木村孝司：積雪寒冷地における既設コンクリート舗装の破損および補修の現状、土木学会平成 28 年度全国大会 第 71 回年次学術講演会、V-015、2016.9
- 2) 加藤祐哉、若林由弥、川島陽子、古賀裕久：コンクリート舗装補修箇所の輪荷重に対する耐久性評価、コンクリート構造物の補修、補強、アップグレード論文報告集、第 18 巻、pp.173～178、2018.10
- 3) 土木研究所：コンクリート構造物の補修対策施工マニュアル (案)、土木研究所資料第 4343 号、pp.III-41～48、2016.8