

コンクリート舗装用補修材の輪荷重耐久性評価に関する検討

(国研)土木研究所 先端材料資源研究センター ○加藤祐哉
川島陽子
古賀裕久

1. はじめに

コンクリート舗装は耐久性が高いが、目地部などに損傷が生じた際のパッチング工法による補修箇所と比較的に早期に剥離に至る場合があるなど、適切な補修方法の確立が課題とされている。そこで筆者らはパッチング工法を対象とし、コンクリート舗装用補修材に求められる品質や、耐久性評価手法などの検討を行っている。

補修箇所が十分な耐久性を有するためには、補修材が輪荷重などの作用により容易に変形しないこと、補修材とコンクリート舗装版との付着が確保されているこ

となどが必要と考えられる。しかし、現状では、補修したコンクリート舗装版の耐久性について実験で検討した事例はほとんどなく、検証する方法も明らかになっていない。そこで、補修箇所に輪荷重を載荷した際の形状安定性や付着への影響などを評価する手法について検討した。

2. 輪荷重に対する耐久性の評価手法の検討

2.1. 概要

舗装が輪荷重を受ける際の耐久性（以下、輪荷重耐久性）を評価する既存の室内試験には、ホイールトラッキング試験や水浸ホイールトラッキング試験がある。前者は高温時にアスファルト混合物の輪荷重による流動のしやすさを、後者は水浸走行によるアスファルト混合物の剥離のしやすさを評価するものである。これらは60℃程度の高温で軟化するアスファルト混合物を対象とした試験であるが、接地圧0.63MPaの輪荷重を繰返し載荷させて疲労を蓄積でき、補修箇所の損傷を再現できる可能性があると考えられたため、ホイールトラッキング試験機を用いた輪荷重耐久性試験を検討した。

2.2. 予備検討

まずは、舗装調査・試験法便覧に記載されている標準的なホイールトラッキング試験方法で、予備検討を行った。予備検討には、表-1に示す常温硬化型アスファルト系（以下、アスファルト系）、ポリマーセメント系、エポキシ系の3種類の市販の補修材を用いた。供試体は、JIS A 5371 附属書Bに規定する寸法300mm×300mm×60mmのコンクリート平板を基板とし、表面をグラインダで研磨して各補修材を5mmおよび15mm厚で施工したものとした。供試体作製後、室内で3日間静置し、ホイールトラッキング試験を実施した。試験条件は表-2に示すとおりである。

試験後の供試体外観を表-3に、車輪走行位置中央部のわだち掘れ深さの経時変化を図-1に示す。アスファルト系補修材には顕著なわだち掘れが生じ、施工厚さが厚いほどわだち掘れ量も大きかった。また、補修材は完全に剥離せず、基板コンクリートに圧着しているような状態であった。一方、ポリマーセメント系およびエポキシ系補修材はわだち掘れ深さが非常に小さく、目立つ形状変化も生じなかった。60℃の形状安定性はアスファルト系に比べて非常に高かった。

表-1 予備検討に用いた補修材の性状と外観










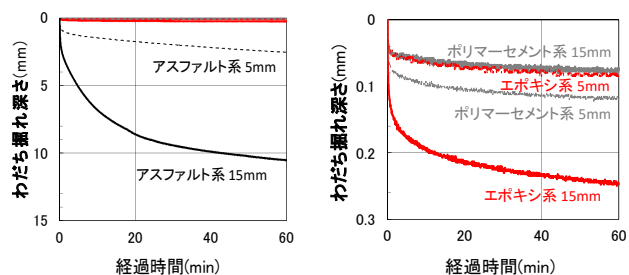
補修材の種類		アスファルト系	ポリマーセメント系	エポキシ系
下塗り等		処理なし	処理なし	プライマー
基本性状	圧縮強さ	—	2~4MPa	4MPa以上
	曲げ強さ	—	1~2 MPa	—
基板に施工後の表面外観				

表-2 ホイールトラッキング試験の条件

試験温度	輪荷重	走行速度	試験時間
60℃	686±10N	42回/分	60分

表-3 ホイールトラッキング試験後の外観

施工厚さ	アスファルト系	ポリマーセメント系	エポキシ系
5 mm			
15 mm			



※(i)の縦軸0~0.3mmの部分の拡大図

図-1 経過時間とわだち掘れ深さの関係

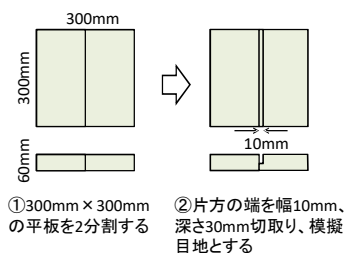


図-2 模擬目地を設けた平板

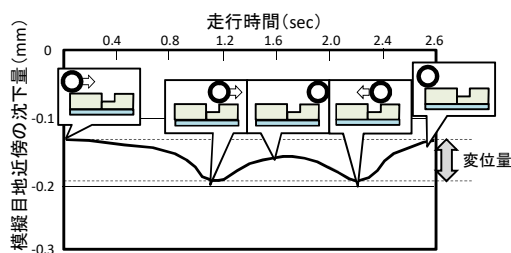


図-3 平板の模擬目地近傍の沈下量と車輪の位置の関係

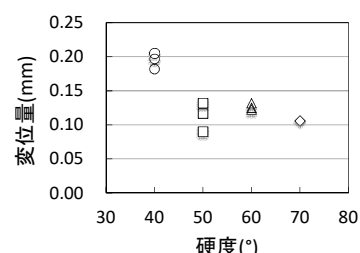


図-4 シリコンゴム板の硬度と変位量の関係

2.3. 模擬目地を有する供試体の検討

コンクリート舗装の角欠けや段差などの損傷は目地部に発生し、車両通過時の目地部のたわみなども補修材に影響を及ぼすと考えられる。そこで、目地や輪荷重による目地部のたわみを考慮する必要があると考えられ、模擬目地のある供試体や適切なたわみの発生する条件を検討した。

図-2 に示す幅 10mm の模擬目地を設けた平板を準備し、厚さ 10mm で硬度が 40、50、60、70° の 4 種類のシリコンゴム板を底に敷き、輪荷重荷重を行って模擬目地近傍の沈下量をレーザー変位計で測定した。シリコンゴム板は、硬度の耐熱性に優れる (225°C72 時間において硬度の変化が 2°) ものをを用いた。輪荷重を荷重した場合の模擬目地近傍の沈下量と車輪の位置の関係は図-3 に示すとおりとなるが、沈下量の最大値と最小値の差を模擬目地部に生じる変位量として扱った。

20°Cで輪荷重荷重を行った場合のシリコンゴム板の硬度と変位量の関係を図-4 に示す。硬度が大きい (硬い) ほど変位量は小さくなる傾向を示した。坂本らの研究¹⁾では、ダウエルバーとタイバーで連結した普通コンクリート版を模した解析モデルに、縦目地中央部に輪荷重 49kN (5tf) および外側に輪荷重 49kN の計 98kN の軸荷重を荷重させた場合、縦目地部の最大鉛直変位が 0.15mm 程度となった解析結果が得られている。今回の実験条件では、硬度 50° または 60° のシリコンゴム板を用いた際に 0.15mm 程度の最大鉛直変位が得られた。また、長時間 (24 時間) の繰返し荷重が沈下量に及ぼす影響を確認した結果を図-5 に示すが、硬度 60° の方が長時間の荷重による沈下量の変化が少ないため、今後の検討では、硬度 60° のシリコンゴム板を用いて目地部の変位を模擬することとした。

以上の結果を基に、以降の輪荷重耐久性試験の検討を行う際には、2つの基板、硬度 60° のシリコンゴム板からなる図-6 に示す供試体を用いることとした。なお、模擬目地を片側に寄せたのは、輪荷重荷重が補修材の付着に及ぼす影響を評価するための付着試験を行う場所を広く確保するためである。

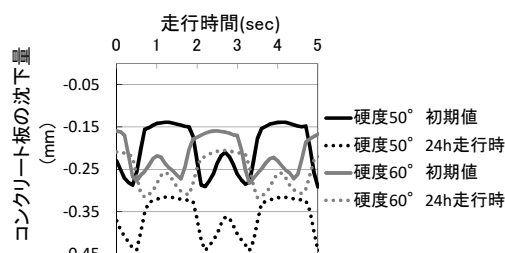


図-5 24h 荷重時の沈下量の変化

2.4. 試験条件の検討

(1) 輪荷重載荷時間の検討

アスファルト系以外の補修材を用いた場合は標準的なホイールトラッキング試験では形状変化が生じず、材料ごとの耐久性を適切に評価できない恐れがあることから、輪荷重載荷時間の延長を検討した。表-4 に示すポリマーセメント系の補修材を用いて図-6 の供試体を2体作製した。作製した基板コンクリートの材料、配合、性状をそれぞれ表-5、表-6、表-7 に示す。基板は型枠底面側を上側とし、材齢28日以上経過後に補修材施工面をグラインダで研磨して補修材を施工した。補修材施工後、28日以上20℃で気中養生を行い、1体を60℃1時間走行（標準）、もう1体を60℃24時間走行させた。

輪荷重載荷後の補修材は、両条件ともわだち掘れや目地部の破損などの目立った変化は生じなかった。次に走行部において付着性評価を行った。付着性は、図-7 に示す3箇所にグラインダで研磨後に治具を接着し、土木研究所資料第4343号の断面修復材の付着強度試験方法（案）²⁾を参考に、40mm×40mmの鋼製治具を用いて行った。破壊位置は、図-8 のように分類した。

付着試験の結果を図-9 に示す。付着強度は載荷時間1時間では2MPa程度だが、24時間では目地に近い1番目が低く、それ以外は3MPa以上を示した。破壊位置は、目地に近い1番目が補修材(B)で、2、3番目は基板(A)（24時間の3番目は補修材(B)）であった。なお、24時間の1番目は表層のごく薄い層で破壊した。

以上より、目地に最も近い位置は、補修材に影響が生じた可能性が考えられる。それ以外の位置では、24時間までの範囲では、基板と補修材の密着性が高まる結果となった。

(2) 試験温度および水浸の検討

高温時に軟化しないポリマーセメント系などの補修材では、常温でも評価できる可能性があると考えられたため、20℃の試験を行った。

また、雨天時を想定した60℃水浸1時間による試験を検討した。水浸条件は雨天時を想定することから、水面を供試体上面の位置とし、トラバース走行とせず、他の条件と同様に常に同じ位置で走行させた。使用した補修材や養生条件は前項と同様とした。

輪荷重載荷後の補修材は、20℃、60℃、60℃水浸（各1時間）のいずれもわだち掘れや目地部の破損などの目立った変化は生

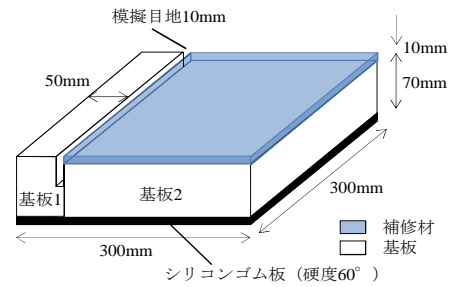


図-6 模擬目地を有する供試体

表-4 試験条件の検討に用いた補修材


補修材の種類		ポリマーセメント系
下塗り等		水湿し処理
基本性状	28日圧縮強さ	33.4MPa
	28日曲げ強さ	5.95 MPa
基板に施工後の表面外観		

表-5 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 硬質砂岩碎石 (5号と6号を質量比1:1で混合、Gmax=20mm)	2.67	1.79

表-6 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

表-7 基板コンクリートの性状

目標スランプ*	5.0cm
目標空気量*	4.5%
圧縮強度 (28日)	49.0MPa
曲げ強度 (28日)	5.60MPa

※適宜、AE減水剤、AE剤を添加して調整した。

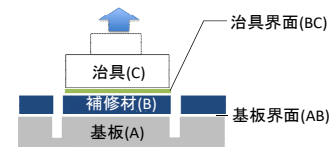


図-8 破壊位置の分類

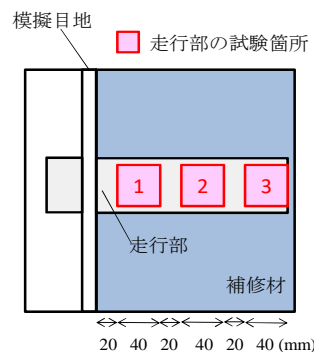


図-7 付着試験位置(1)

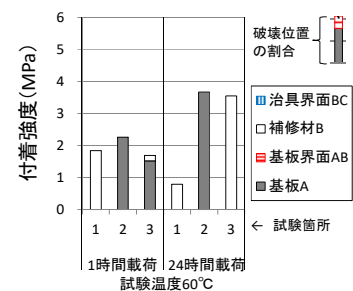


図-9 走行部の付着試験結果

じなかった。次に、図-10 に示す位置で付着試験を行った。今回は、非走行部での付着試験も行い、輪荷重載荷が付着に及ぼす影響を評価した。なお、前項の結果より、試験位置全体が走行部に含まれる場合は影響が少ない可能性があることから、走行部中心を避け、輪荷重による補修材の側方への動きが若干生じることを想定し、側方にずれた位置の「走行影響部」で付着試験を行った。

図-11 に非走行部、図-12 に走行影響部の付着試験の結果を示す。20℃と60℃を比較すると、非走行部、走行影響部共に1.5～3.0MPa程度の付着強度が得られ、基板(A)または補修材(B)で破壊した。非走行部と走行影響部の間には、20℃では走行影響部の付着強度が若干小さいが、60℃ではあまり差がなかった。また、走行影響部では目地に近い1番目の付着強度が小さい傾向を示した。非走行部でも60℃は1番目の付着強度が小さいが、今回設定した非走行部は走行部に近く、影響を受けた可能性がある。

一方、60℃水浸では、走行影響部のみならず、非走行部も低い値で基板界面(AB)で剥離したのや、試験前に基板界面で剥離したのが見られるなど、ばらつきが大きく、付着に明確な影響が出た。付着試験後に試験箇所周辺をハンマーで軽く叩くと、基板界面(AB)で剥離した箇所の周辺は音が響かず、付着がほぼ失われていたものと考えられる。水浸で試験を行うことで、基板界面に水が浸入し、補修材の剥離が生じやすくなったものと考えられる。

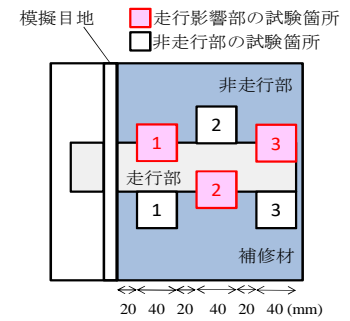


図-10 付着試験位置(2)

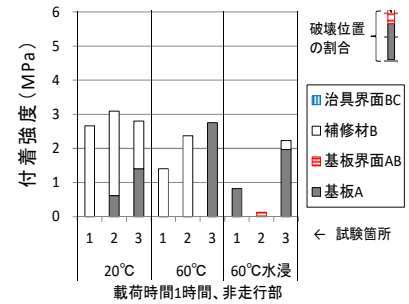


図-11 非走行部の付着試験結果

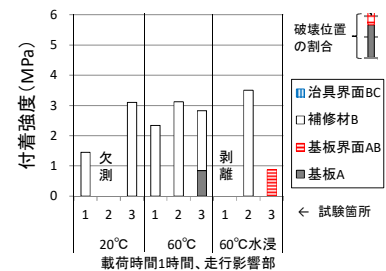


図-12 走行影響部の付着試験結果

3. まとめと今後の課題

- (1) 目地や目地部のたわみを模擬した輪荷重耐久性試験を検討した結果、今回試験したポリマーセメント系やエポキシ系の補修材では、形状変化の影響はほとんど認められなかったが、輪荷重による付着への影響は生じる可能性があった。
- (2) 長時間の輪荷重載荷は、目地近傍では輪荷重による付着強度の低下をより顕著に評価できる可能性があるが、目地から離れた位置では却って付着強度が増加する結果となった。
- (3) 今回用いたポリマーセメント系補修材では、60℃水浸1時間の輪荷重載荷で、基板界面の剥離が生じやすくなるなど、輪荷重による付着への顕著な影響が生じる可能性があった。
- (4) 今後の課題として、室内の輪荷重耐久性試験結果と実際の車両による輪荷重耐久性の関係を明らかにする必要がある。そのため、更なる条件の検討やデータの蓄積に加え、補修材を施工した試験路面を荷重車に走行させる実物大実験を行い、比較検討を行う。

なお、本研究は東京農業大学、太平洋セメント、太平洋マテリアル、秩父コンクリート工業、日本道路、大成ロテック、三菱マテリアル、コニシ、セメント協会との共同研究で行ったものである。

【参考文献】

- 1) 坂本康文、他：コンクリート舗装の目地部段差量推定式の検証と精度向上に関する検討、土木学会論文集E1(舗装工学)、Vol.67、No.3(舗装工学論文集第16巻)、pp.I-181～I-187、2011
- 2) (国研)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-45～III-48、2016