

凍結融解作用を受けた舗装混合物に対する蛍光エポキシ樹脂含浸法による評価

国立研究開発法人土木研究所寒地土木研究所 正会員 ○丸山 記美雄
 同上 正会員 木村 孝司

1. 背景と目的

積雪寒冷地においては、舗装混合物は融雪水および凍結融作用によって、空隙率が大きくなる、チェーン等の打撃による摩耗抵抗性が低くなる、など物理性状面での変化が起こることが知られている¹⁾。しかし、混合物内部に実際にどのような空隙が発生しているのか、また、どの様に拡大進行していくのかなどの微視的な現象面での理解が十分に得られているとは言えない。そこで、コンクリートの微細ひび割れを観察する手法として用いられている蛍光エポキシ樹脂含浸法をアスファルト混合物に適用し、凍結融解に伴う混合物内部の変化を評価する新たな手法について検討を行った。

2. 調査の方法

(1) 蛍光エポキシ樹脂含浸法

蛍光エポキシ樹脂含浸法とは、手順を図-1 に示すとおり、超低粘度の蛍光エポキシ樹脂中に供試体を浸漬し、減圧脱泡装置にかけて減圧環境下で空隙や微細ひび割れ内部の気体を脱泡除去しながら蛍光樹脂を浸透・硬化させ、その後コンクリートカッタで供試体を切断して観察断面を露出させ、その観察断面に紫外線を照射することで内部のひび割れ等の発生状況等をカメラ撮影、記録、観察する手法である。コンクリートに対して開発された手法であり、コンクリート内部の微細なひび割れ、多孔質化、凍害による変化の詳細が観察できることが報告されている^{2),3),4)}。本稿では、アスファルト混合物が凍結融解作用を受けた結果、内部にどのような変状が発生しているのかを観察するために蛍光エポキシ樹脂含浸法の適用を試みた。アスファルト混合物への先行適用事例はなく、エポキシ樹脂の硬化反応に伴って発生する熱によってひび割れや空隙の閉塞や自癒等が引き起こされることが懸念されたため、減圧脱泡装置内に0℃程度の氷水を張り減圧脱泡を行い、脱泡後は氷水を張った断熱容器内で2~3日低温養生して発熱を抑制し、樹脂の硬化時間を長く取るよう配慮した。減圧時の気圧は260mmHg(0.34気圧)とした。

(2) 試験用供試体および凍結融解作用の付与

試験に用いた混合物の配合は、密粒度アスファルト混合物13Fで、針入度が80-100のストアスを使用、設計アス量5.4%、空隙率3.7%、F/A=1.7である。φ10cm、高さ6.35cmの円柱状供試体を6個作成し、そのうち3個に凍結融解作用を500サイクル与え(所要時間約3ヶ月)、残り3個を凍結融解サイクル500回に要する期間と同等の約3ヶ月間水浸状態に置いた。凍結融解を与える際は、円柱状供試体を図-2 に示すように一個ずつ個別容器に入れて容器内部を水で満たし、凍結融解装置のブライン(不凍液)に浸けて凍結融解作用を与えた。凍結行程は+4.5℃→-18℃で約2時間、融解行程が-18℃→+4.5℃で約1時間の計約3~4時間を1サイクルとして500サイクル繰返した。500サイクルに達した後の凍結融解後供試体2個および水浸供試体2個を、ひび割れや空隙内の水分を除去するために20℃程度の常温で2週間以上乾燥させ、図-1 に示す手順の蛍光エポキシ樹脂含浸法に供した。

キーワード：蛍光エポキシ樹脂含浸法、減圧脱泡、凍結融解、空隙率

連絡先 〒062-8602 札幌市豊平区平岸1条3丁目(国研)寒地土木研究所 TEL011-841-1747

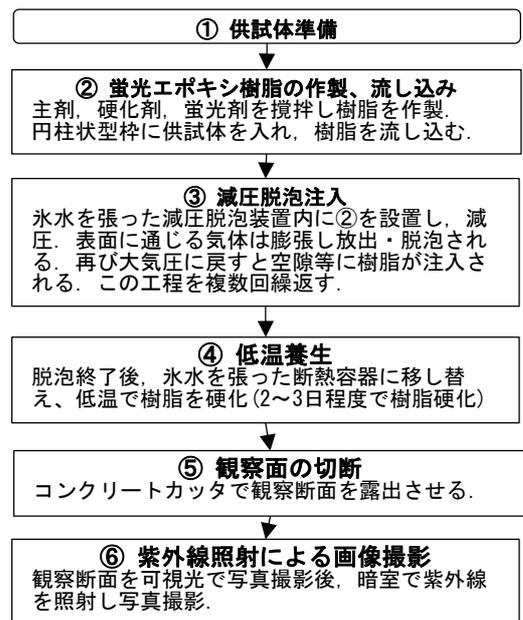


図-1 蛍光エポキシ樹脂含浸法の手順



図-2 円柱状供試体の凍結融解状況

(注：他目的の供試体を含む)

3. 結果と評価

(1) 空隙率の増加結果

水浸環境においた供試体と凍結融解環境においた供試体の空隙率測定結果を表-1 に示す。水浸環境においた供試体の空隙率が 3.9%であるのに比べて、凍結融解作用を 500 サイクル受けた後では、空隙率が 9.0%に増加していることが分かる。

(2) 蛍光エポキシ樹脂含浸法の結果

水浸後と凍結融解サイクル 500 回後の供試体に蛍光エポキシ樹脂含浸法を施した切断面の撮影結果の一例を写真-1, 写真-2 に示す。青白い部分が蛍光エポキシ樹脂が表面から浸入した部分である。黒く見える部分のうち暗色が濃い部分が粗骨材、暗色が少し薄い部分がアスファルトモルタルである。写真-1 に示す水浸後の供試体は、表面から 1cm 程度以内の空隙にまばらに蛍光エポキシ樹脂が浸入している程度である。一方、写真-2 に示す凍結融解作用を 500 サイクル受けた供試体は、樹脂が浸入して蛍光を発している範囲が広がっており、表面から 3cm 程度の深さまで樹脂が浸入していることが分かる。拡大部分に着目すると、粗骨材の周囲に蛍光エポキシ樹脂が回っており、粗骨材とアスファルトモルタルの境界面にすき間が発生していたことが鮮明に確認できる。凍結融解作用によって、空隙が増加することは既知事項であるが、その空隙は、アスファルトモルタル内部だけでなく、粗骨材とアスファルトモルタルの境界面に沿っても形成されている点が特徴的である。これは、骨材とアスファルトモルタルの付着が損なわれる、いわゆる”はく離”が凍結融解作用によって引き起こされていることを示唆するものと推定されるが今後検証していく必要がある。

4. まとめ

蛍光エポキシ樹脂含浸法はアスファルト混合物に対しても適用が可能であり、凍結融解作用に伴う空隙の増大など内部状況の変化を視覚的に評価確認できる有用な手法と考えられる。なお、本手法は凍結融解に伴う変化の観察に留まらず、微細なひび割れやはく離、層間付着の悪化を確認する場合にも適用可能と推測される。

本稿では室内作成した密粒度混合物供試体に対して室内で凍結融解作用を与えて観察したが、今後は、現場での損傷箇所から採取した供試体や、様々な種類の混合物に対する凍結融解の影響なども評価していく予定である。

参考文献

- 1) 丸山記美雄・高橋守人・早坂保則：表層用アスファルト混合物の凍結融解作用に対する抵抗性，土木学会第 55 回年次学術講演会，2002。
- 2) 岩城圭介・加藤淳司・平間昭信・塩谷智基：微視的断面観察による酸劣化したコンクリートの微細構造の評価，コンクリート工学年次論文集 Vol26, No.1, 2004。
- 3) 手塚喜勝・朝倉啓仁・中村眞一・佐々木元茂：蛍光エポキシ樹脂含浸法によるコンクリートコアサンプルの微細ひび割れの可視化手法，土木学会北海道支部平成 16 年度論文報告集(第 61 号)，2008。
- 4) 近藤悦郎・関下裕太・朝倉啓仁・手塚喜勝：蛍光エポキシ樹脂含浸法による微細ひび割れ観察の適用事例，土木学会第 65 回年次学術講演会，V-367, 2014。

表-1 空隙率測定結果

水浸約3ヶ月後	500サイクル後 (約3ヶ月)
3.9%	9.0%

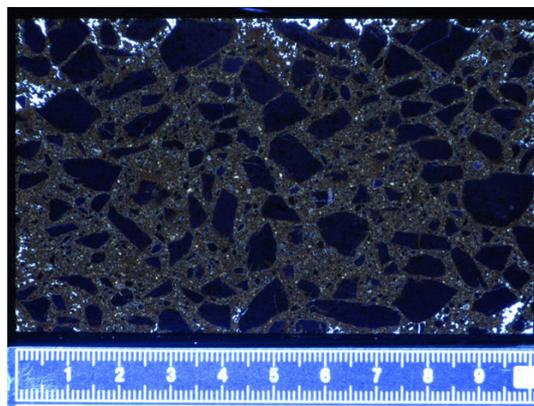
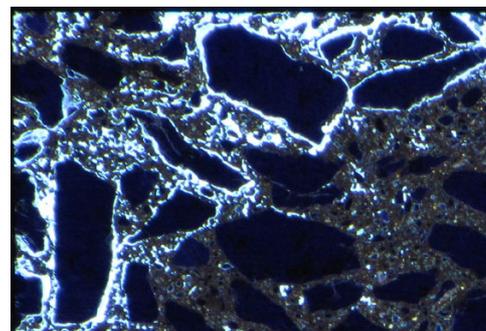


写真-1 水浸後のアスファルト混合物に対する蛍光エポキシ樹脂含浸試験結果例



部分拡大

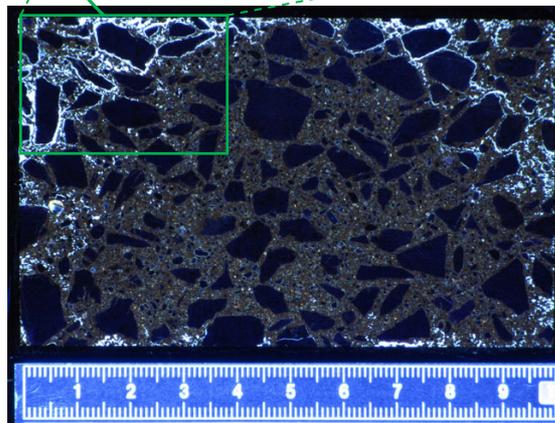


写真-2 凍結融解作用を受けたアスファルト混合物に対する蛍光エポキシ樹脂含浸試験結果例