

## 重点 24. 積雪寒冷地における道路舗装の予防保全に関する研究

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 23～平 27

担当チーム：寒地道路保全チーム

研究担当者：熊谷政行、丸山記美雄、  
谷口聡、星卓見

### 【要旨】

本研究では、積雪寒冷地での道路の損傷を早期に予測する道路診断方法と舗装の延命化のための予防的対策手法を確立し積雪寒冷地における道路舗装の維持管理の効率化に取り組む。

本年度は、舗装の予防保全のための診断手法の検討として、X 線 CT を用いアスファルト混合物内部の変位などを評価する技術について検討した。その結果、X 線 CT 撮影及びデジタル画像関連法を用いることにより、舗装体内の変形挙動を把握することができ、破壊メカニズムの解明につながると考えられた。また、舗装の予防保全手法に関しては、ひび割れシール材の低温時における変形性能や応力緩和性ならびに付着性能を評価できる新たな評価試験方法を開発し、低温時の応力緩和性や変形追従性および付着性に優れる寒冷地用ひび割れシール材も併せて開発した。

キーワード：予防保全、道路診断方法、予防的対策手法、X 線 CT、シール材、低温タフテナ試験

### 1. はじめに

道路予算の縮減に伴い、道路建設時のみならず維持管理時のコストダウンが強く求められており、既存のストックをより長く活用する技術が必要となっている。舗装の損傷をより早く把握することができれば、予防保全による効率的、効果的な資産管理が可能となるが、そのためには、道路舗装の損傷を初期の段階で診断する技術が必要である。また、舗装の修繕が必要となる前に、対応を取ることで延命化されコスト縮減が可能となる。

予防保全のための診断手法としては、FWD、レーダ探査技術、赤外線計測技術、X 線 CT 技術などが考えられるが、診断技術は開発途上にあり検討の余地がある。また、予防的な対応方法としては、ひび割れへのシール材注入や、既設舗装表面上に表面処理や薄層舗装をひび割れ抑制シートと併用しながら行うなどの予防保全工法がある。これらの工法によって損傷の進行を遅延できれば、舗装は延命化され、LCC の縮減が可能になると期待される。しかし、これらの予防保全工法の延命効果や耐久性に関しては評価が定まっておらず、検証が必要である。

そこで本研究では、道路の損傷を早期に把握する道路診断手法に関する検討と、積雪寒冷地における舗装の予防保全工法の効果や耐久性などに関する調査検討を行った結果について報告する。

### 2. 舗装の予防保全のための診断手法の検討

舗装の損傷に対して予防的に診断をする手法としては、目視によるもの、機器を用いるもの、非破壊で行うもの、破壊を伴うものなど、様々な手法があるが、本研究においてはこれまで、非破壊で舗装の損傷を早期の段階で検知する診断手法を主に検討を進めてきた。平成 23 年度は、FWD 散逸仕事量による舗装体の疲労度を診断する方法と、電磁波レーダによって橋面舗装内部の舗装混合物の状態や床版コンクリートの損傷状態を検知する技術について報告した。平成 24 年度は、ポットホールに代表される融雪期に顕著に見られる損傷箇所を、赤外線カメラによって事前に検知する手法に関する調査検討結果を報告した。

上述したような非破壊での調査手法を開発するにあたっては、ポットホールに代表される融雪期の損傷が、舗装表面のみならず舗装内部でどのように進行するのかを良く把握することも重要となる。そこで、平成 25 年度は舗装内部の挙動を把握し、破損のメカニズムを解明するための技術として注目される X 線 CT を用い、アスファルト混合物内部の変位などを評価する技術について検討した結果を報告する。

## 2. 1 試験の方法

本試験では、アスファルト混合物内部の変位などを評価するため、ホイールトラッキング試験前後に、供試体内部の状況を把握することが可能な X 線 CT スキャナを用いて、輪荷重下の断面を撮影した。また、得られた CT 画像から、混合物内部の変位をデジタル画像相関法 (Digital Image Correlation、以下、DIC) により解析を行った。

### (1) X 線 CT

X 線 CT は、様々な方向から影絵を測定し、計算機でデジタル処理を施すことにより、物体内部を可視化する手法である<sup>1)</sup>。本研究で用いた X 線 CT スキャナは、熊本大学が保有する産業用 X 線 CT スキャナであり、管電圧を 300kV、スライス厚を 1mm、撮影領域を直径 150mm、画像再構成マトリクス数を 2,048×2,048 ピクセル、空間分解能を 0.073×0.073×1.0mm<sup>3</sup>に設定した。図-1 に示すとおり、150mm×300mm×50mm のアスファルト混合物供試体前部 (y=250mm 付近)、中央部 (y=150mm 付近)、後部 (y=50mm 付近) の位置において、ターゲット骨材である電気炉酸化スラグ(密度=約 3.7g/cm<sup>3</sup>)が写るように撮影を実施した。

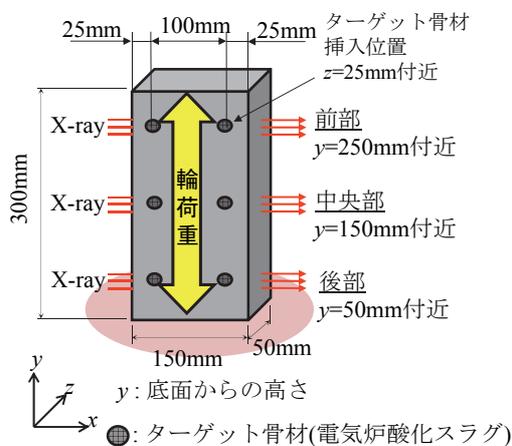


図-1 X 線 CT 撮影方法

### (2) ホイールトラッキング試験

今回の試験で使用したアスファルト混合物は最大骨材粒径 13mm でストレートアスファルト及びポリマー改質アスファルト II 型を用いた密粒度アスファルト混合物 (以下、W1 及び W2)、並びにポーラスアスファルト混合物 (以下、W3) の 3 種類である。ホイールトラッキング試験は『舗装調査・試験法便覧』<sup>2)</sup>に示される方法で実施し、試験温度は 60°C、載荷荷重は 49kN である。載荷は xy 平面上の表面

(z=0)でy軸と平行に行った。載荷回数は 600 回、2,400 回、6,000 回に設定し、それぞれの回数に到達した際に X 線 CT 撮影を実施した。なお、W2、W3 についてはホイールトラッキング試験による変形量が小さかったため 6,000 回での X 線 CT 撮影を実施しなかった。

### (3) DIC

DIC は、測定対象物のデジタル画像の模様を利用して、測定前後の変形量と方向を同時に求める手法である<sup>3)</sup>。本研究では、DIC 用の CT 画像サイズを 135.5mm×52.4mm(1,850×715 ピクセル)に設定した。また DIC の計算位置数を x 軸方向 264 個、z 軸方向 102 個、相関窓の一边の長さを 1.1mm(15 ピクセル)、検索窓の一边の長さを 2.2mm(30 ピクセル)に設定した。

## 2. 2 試験結果

### (1) CT 画像

各供試体の初期から 2400 回載荷後、W1 はさらに 6,000 回までの後部における CT 画像を図-2 に示す。なお、後部としたのは、CT スキャナのターンテーブルに最も近く、CT の回転のぶれが最も少ないためである。

載荷後の CT 画像は輪荷重下で黒い部分が多くなっていることから、輪荷重によるわだち掘れが発生していることが確認できる。また、W2 及び W3 は W1 に比べ輪荷重下の黒い部分が小さくなっていることから変形量が抑えられていることが確認できる。

なお、CT 画像中、白く写っているのは電気炉酸化スラグであり、通常の骨材(密度=約 2.7g/cm<sup>3</sup>)よりも密度が高いことによる。この骨材をもとに DIC に用いる画像を選定した。

### (2) デジタル画像相関法

供試体後部における DIC 変位解析結果を図-3 に示す。垂直方向の変位は下向きを+、上向きを-、水平方向の変位は右向きを+、左向きを-とする。図-3 では+は赤色に、-は青色に表示される。各供試体の変位特性をまとめると以下のとおりとなる。

#### i) W1(密粒度、ストアス)

0~600 回においては、下向きの大きな変位が表面部分に集中している。また、外側方向への移動が卓越したことから、図-2(a-1)の中央下部で見られた小さな空隙が図-2(a-2)のように大きくなった。

600~2,400 回においては下向きの変位が供試体下面まで分散している。また、外側方向への移動は

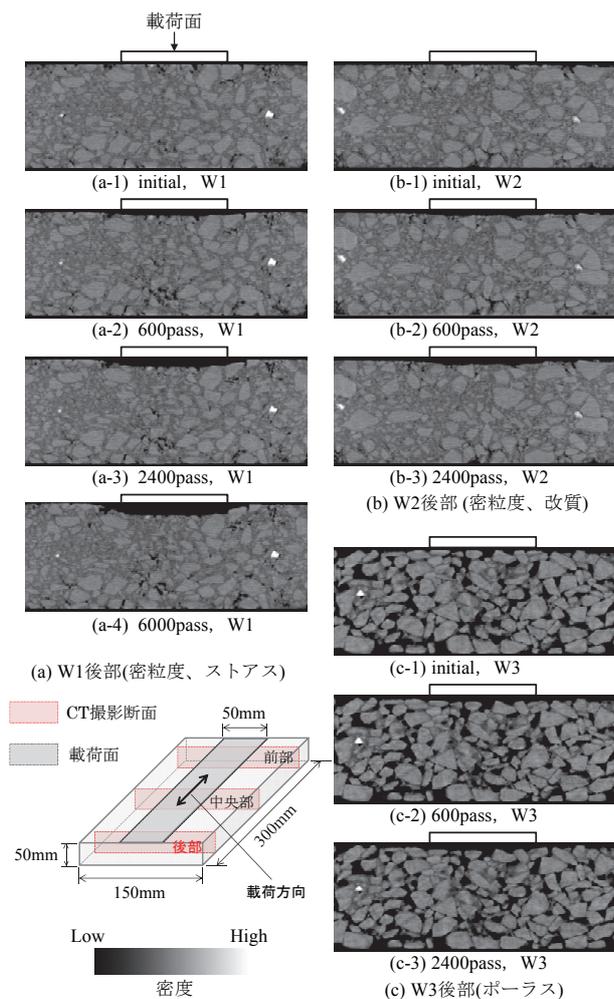


図-2 CT画像

0~600回に比べ小さく、図-2(a-2)で見られた空隙も押しつぶされる形になった。

2,400~6,000回においては、載荷面直下の下向きの変位の範囲が小さくなる一方、載荷面の外側で上向きの変位が大きくなっている。これは、2,400回までの圧縮で骨材がかみ合った密な状態になり、変形の拘束がない表面に盛り上がったためと考えられる。また、水平方向についても外側への変位が大きくなったため、供試体下部の空隙が大きくなったものと考えられる。

ii) W2(密粒度、改質)

0~600回においては、W1と同様に表面付近で下向きの変位が確認できる。水平方向については、局所的に大きな変位が確認できるものの、全体的には小さな変位量となっている。600~2,400回においては、鉛直及び水平方向ともに全体的に小さな変位量となっており、ポリマー改質アスファルトII型による耐流動の効果が現れたものと考えられる。

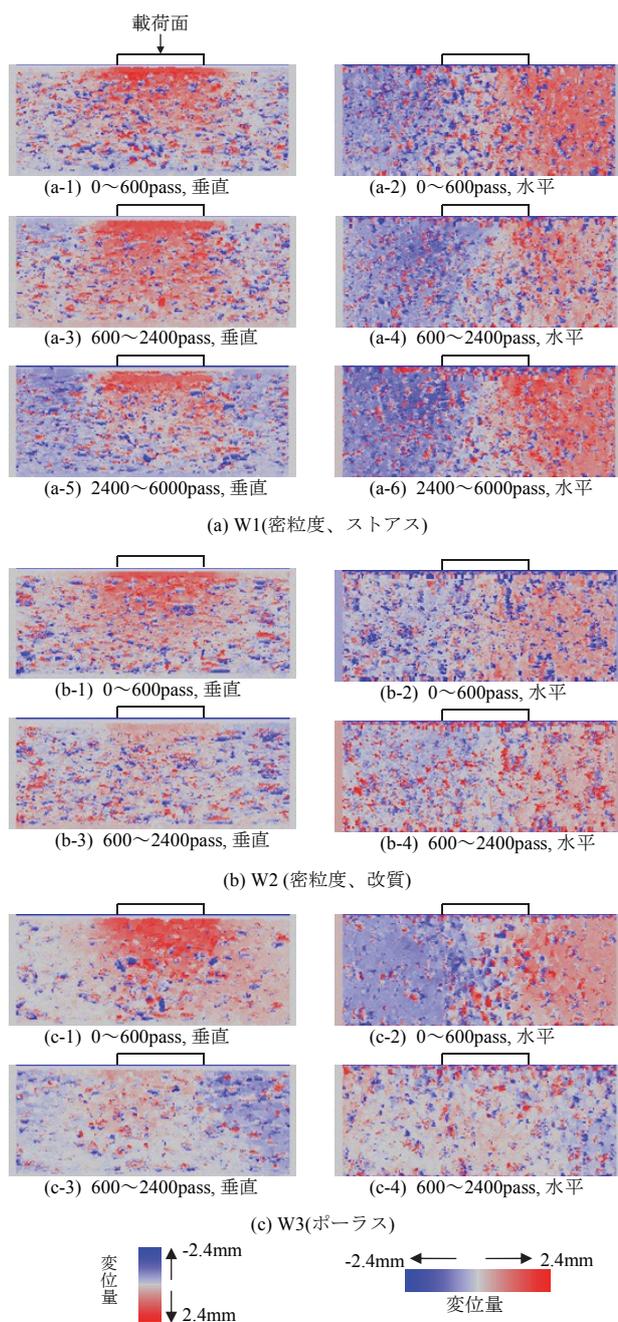


図-3 DIC変位解析結果

iii) W3(ポーラス)

0~600回においては、W1、W2と同様に表面付近で下向きの変位が確認できる。水平方向については外側への変位が卓越しており、近年問題となっているポーラスアスファルト舗装の側方流動<sup>4)</sup>の兆候が見られた。600~2400回においては、W2同様、大きな変位は見られなかった。これは、0~600回の変形後の骨材同士がよりしっかりとかみ合わされた効果、並びにポリマー改質アスファルトH型による耐流動の効果が現れたものと考えられる。

(3) まとめ

本研究は、ホイールトラッキング試験供試体に X 線 CT 撮影及び DIC 解析を用いることにより、舗装体内の変形特性の評価を行った。その結果、本手法は骨材の動きに伴う変形をステップ毎に確認できる点から非常に有効な手法であることが確認でき、破壊メカニズムの解明につなげる可能性を示すことができた。今後は、寒冷地特有の破損についても同様の手法で破壊メカニズムを解明していきたいと考える。

3. 舗装の予防保全手法の検討

舗装の予防保全手法の代表的なものとしては、ひび割れへのシール材注入工法が挙げられる。一昨年の報告において、シール材をトップダウン型ひび割れに注入することで、舗装の破損が進行することを抑制する効果があり、2～3 年程度の延命効果が得られることを報告した。しかし、シール材の一部は冬期間にひび割れシール材自体の温度収縮による亀裂、ひび割れ部の動きへ追従できないためのひび割れシール材の亀裂や剥がれ、冬期の除雪によるひび割れシール材の飛散の発生等、補修の効果が早期に喪失するケースが見られ、シール材の材料面で改善の必要があった。また、寒冷地特有のひび割れ形態である横断ひび割れの補修に適したシール材の開発が必要であった。

上述したようなシール材の問題が発生する要因のひとつとして、低温時にひび割れシール材の応力緩和性や変形性および付着性が低下して、ひび割れシール材自体に発生した応力やひび割れ部の動きにひび割れシール材が追従できなくなることが考えられる。さらに、ひび割れシール材に求められる要求性能を評価する手法、さらにその基準値が明確には決まっておらず、低温時の性状が十分に把握されていない状況で適用されている現状も要因のひとつであるとも考えられる。

そこで、寒冷地域で適用するひび割れシール材の低温時における変形性能や応力緩和性ならびに付着性能を評価できる新たな評価試験方法を開発すべく検討を行った。同時に、低温時の応力緩和性や変形追従性および付着性に優れる寒冷地用ひび割れシール材の開発を試み、室内試験および試験施工で適用性や補修効果を検証した。以下に検討結果を報告する。

3. 1 寒冷地域におけるひび割れシール材の課題

アスファルト舗装のひび割れシール材には、ブローンアスファルトやコンクリート舗装目地材の加熱型注入材（以下、既存のひび割れシール材と称す）が主に用いられており、明確な要求性能および性能値がなく、メーカーの社内規格や表-1 に示すコンクリート舗装目地材の加熱型注入材の品質目標値が仕様として報告されている場合が多い。

表-1に示す引張量とは、低温時における変形性を評価する試験項目である。試験は、コンクリートブロック面に付着させた加熱型注入材を引き剥がす試験（温度-10℃、引張速さ0.1mm/6 分間）であり、コンクリート面から注入材が剥がれる、あるいは注入材にひび割れが発生した時点での伸び量を測定するものである。高弾性タイプの引張量の目標値は 10mm以上と、低弾性タイプと比較して3 倍以上であるが、寒冷地域においては、高弾性タイプであっても亀裂などの損傷が早期に生じるケースが多い。このことから、寒冷地域に用いるひび割れシール材としては、当該試験における引張量の目標値は不十分である可能性が考えられ、また試験方法が簡便ではないという課題もある。

このように、従来のシール材規格や評価試験方法では、寒冷地におけるシール材に必要な機能を適切に評価できていない部分があると考えられることから、寒冷地域のひび割れシール材に対する要求性能を的確に評価できる簡便な試験方法を開発することとした。併せて、低温域での耐久性を向上させた寒冷地用ひび割れシール材の開発も試みた。

表-1 コンクリート舗装目地材の加熱型注入材の品質目標値<sup>5)</sup>

試験項目	低弾性タイプ	高弾性タイプ
針入度(円すい針) (mm)	6以下	9以下
弾性(球針)	—	初期貫入量0.5～1.5mm 復元率60%以上
流動 (mm)	5以下	3以下
引張量 (mm)	3以上	10以上

3. 2 新たな評価試験方法の開発

寒冷地域のひび割れシール材に対する要求性能として、低温域での応力緩和性、変形追従性および付着性が重要であり、それら要求性能を同時に簡便に評価する試験方法として、アスファルトの把握力と粘結力を評価するタフネス・テナシティ試験<sup>6)</sup>を応用することが有用ではないかと考えた。

低温時におけるひび割れシール材の特性を評価する試験条件として、予備試験により以下の通りとした。

- 1) 試験温度を-10℃に変更
- 2) 試験速度を1mm/min に変更

上記条件における既存のひび割れシール材（低弾性タイプおよび高弾性タイプ）の試験（以下、低温タフテナ試験と称す）結果を図-1に示す。

低弾性タイプは、破壊荷重が大きく、変位は小さい。また、金属半球を引き抜く際に部材が割れるなど、脆性的な破壊を生ずる材料である。一方、高弾性タイプは、荷重500N 程度を保ったまま変位が15mm 程度まで延伸し、その後金属半球から剥がれる状況であった。

低温タフテナ試験では、試料が金属半球を把握しながら変形する際の抵抗性を評価することができ、付着性や変形追従性および応力緩和性などが評価できる。低弾性タイプは脆性的な破壊を生じることから変形追従性や応力緩和性に劣り、高弾性タイプは低弾性タイプよりも付着性や変形追従性および応力緩和性に優れるという特長を有すると考える。

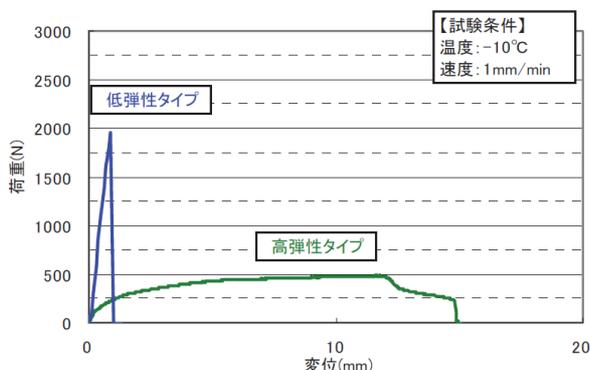


図-4 低温タフテナ試験結果

### 3. 3 寒冷地用ひび割れシール材の開発

寒冷地域では付着性や変形追従性および応力緩和性に優れる高弾性タイプをひび割れシール材に用いても、早期に亀裂などの損傷が生じるケースがある。

そのため、早期に損傷が生じない寒冷地用ひび割れシール材としては、更に低温時の変形追従性や応力緩和性を向上させることが必要と考え、シール材の開発を行った。

道路舗装のリフレクションひび割れ抑制対策で実績のある特殊改質アスファルト<sup>7)</sup>をベース材料とし

て粘度調整を行ったシール材を作成することで、高弾性タイプより低温時の変形追従性や応力緩和性を向上させたシール材が得られると考えた。開発したひび割れシール材（以下、開発品と称す）の性状を、高弾性タイプの目標値と合わせて表-2に示す。開発品の針入度（円すい針）は14.2mm、弾性（球針）の初期貫入量は3.8mm で高弾性タイプの目標値と比べて大きい。また、高温時の安定性を表す流動は1.9mmで高弾性タイプの目標値3mm以下である。

表-2 開発品の性状例と高弾性タイプの目標値

試験項目	開発品	高弾性タイプの目標値
針入度(円すい針) (mm)	14.2	9以下
弾性(球針) 初期貫入量(mm)	3.8	0.5~1.5mm
流動 (mm)	1.9	3以下

### 3. 4 ひび割れシール材の性状評価

開発品および既存のひび割れシール材（低弾性タイプ、高弾性タイプ）に関して、各種性状試験を実施した。

性状試験は、低温タフテナ試験のほか、ベンディングビームレオメータ試験、直接引張り試験、および剥がれ疲労試験とした。

また、当所が所有する苫小牧寒地試験道路（実物大の周回道路、周回延長2,700m、幅3.5m×2 車線）において、アスファルト舗装に発生した温度応力ひび割れ部に各種ひび割れシール材を試験的に施工し、冬期間の耐久性を評価するとともに、破損の現象やひび割れ部の開きなど、実路における低温下での供用状況を確認した。

各種試験の概要、試験方法、試験結果を以下に示す。

#### (1) 低温タフテナ試験

##### a) 概要

低温域での応力緩和性、変形追従性および付着性を同時に簡便に評価する試験方法として、前述した低温タフテナ試験で評価を行った。

##### b) 試験方法

「舗装調査・試験法便覧A057 タフネス・テナシティ試験方法」に準拠して実施するが、寒冷地のひび割れシール材性能を評価する目的に合うよう、試験温度は-10℃に、試験速度は1mm/min に変更している。

c) 試験結果

試験結果を図-5に示す。低弾性タイプは脆性的な破壊を生じることから変形追従性や応力緩和性に劣り、高弾性タイプは付着性、変形追従性および応力緩和性に優れる。そして、開発品は高弾性タイプと同程度の変形追従時に荷重500Nを有しつつ、変位量は高弾性タイプの4倍にあたる60mmと大きい。このことから、開発品は低温時の付着性、変形追従性および応力緩和性が高弾性タイプと比較して更に優れていると判断される。

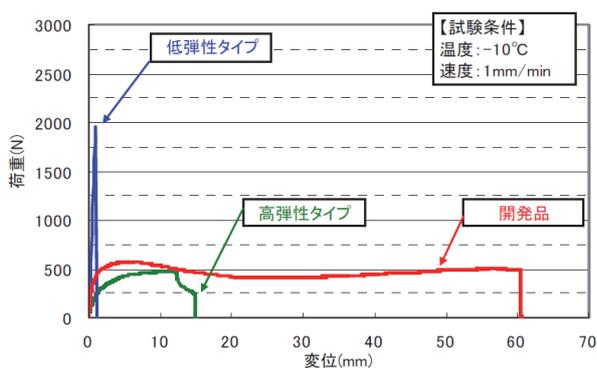


図-5 低温タフテナ試験結果

(2) ベンディングビームレオメータ試験

a) 概要

ベンディングビームレオメータ試験（以下、BBR試験）によって、曲げクリープスティフネスを測定することで、低温時の応力緩和性などを評価できると考えた。

b) 試験方法

「舗装調査・試験法便覧A060 ベンディングビームレオメータ試験法」に準拠して実施した。

c) 試験結果

試験結果を図-6、図-7に示す。開発品と高弾性タイプは同程度のS値（低温時に収縮して発生する応力）とm値（発生した応力を緩和する能力）を示し、低弾性タイプと比較してS値が小さく、m値が大きい。なお、開発品と高弾性タイプは温度-10℃、-15℃においても変形性能と応力緩和性能が高すぎて通常の試験が成立しなかった。このことから、開発品と高弾性タイプは、低弾性タイプと比較して低温時に発生する応力が小さく、また応力緩和性が優れていると判断される。

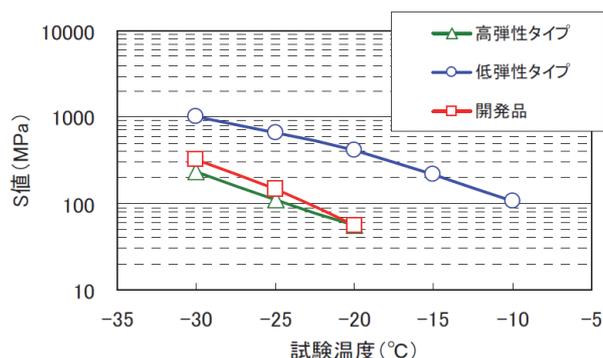


図-6 温度とS値の関係

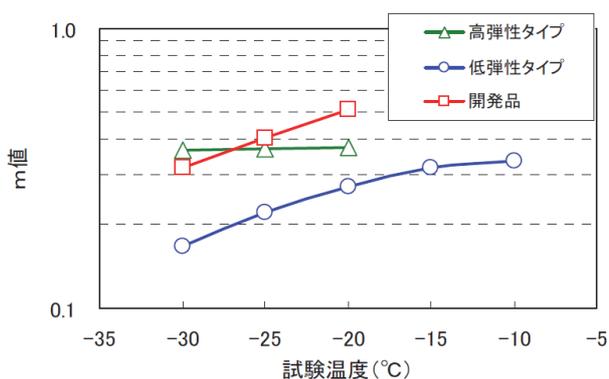


図-4 温度とm値の関係

(3) 直接引張り試験

a) 概要

アスファルト混合物とひび割れシール材の付着性を直接引張り試験で確認した。

b) 試験方法

直接引張り試験の供試体は、図-8に示すように2個の円柱供試体（φ10cm、厚さ5cm、アスファルト混合物）の間にひび割れシール材を塗布して作製したものである。

試験はインストロン万能試験機を用いて、温度-10℃、引張り速度1mm/minの条件下で行った。なお、ひび割れシール材は円柱供試体表面に直接塗布した後2個の円柱供試体を押し付けて、0.1mm程度の薄い塗布厚とした。

c) 試験結果

直接引張り試験結果を図-9に示す。全てのひび割れシール材が最大荷重3~3.5MPa程度で同等の値を示した。いずれのシール材も、供試体表面とシール材付着面の境界面で破断しており、アスファルト混合物とシール材の付着力は概ね本試験で得られた3MPa程度であると考えられる。

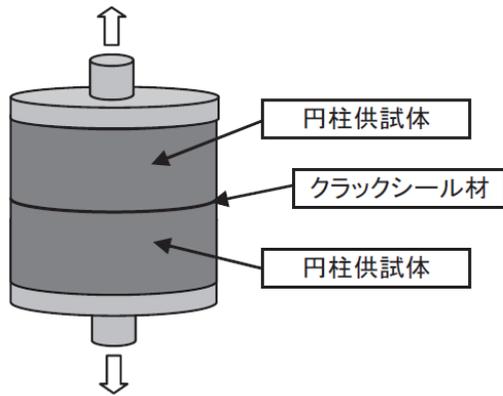


図-8 直接引張り試験概要図

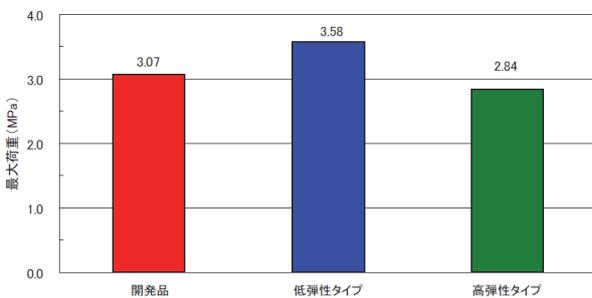


図-9 直接引張り試験結果

#### (4) 剥がれ疲労試験

##### a) 概要

アスファルト混合物とひび割れシール材の繰返し交通荷重による界面剥離の抵抗性を剥がれ疲労試験で確認した。

##### b) 試験方法

剥がれ疲労試験は、寺田らが提案した試験方法<sup>8)</sup>を参考に、4点曲げ荷方式によるひずみ制御とした。試験治具の構造を図-10に、試験条件を表-3に示す。

なお、供試体は図-10に示す角柱供試体 (40×40×410mm) とし、供試体中央部10mmをひび割れシール材とした。

##### c) 試験結果

剥がれ疲労試験結果を図-11に示す。剥がれ疲労試験終了後の供試体の破壊は、全て付着界面における付着の剥がれであった。低弾性タイプは、荷回数8,000回程度に明確な破壊点が見られた。しかし、開発品および高弾性タイプは荷回数80,000回程度から応力の低下傾向が見られるものの、明確な破壊点は確認できなかった。このことは、開発品と高弾性タイプは低弾性タイプと比較して、付着界面の剥

がれの発生が遅く、また発生した剥がれは一気に進行せず徐々に進行することを意味している。以上のことから、開発品と高弾性タイプは低弾性タイプと比較して、界面剥離抵抗性に優れていると判断した。

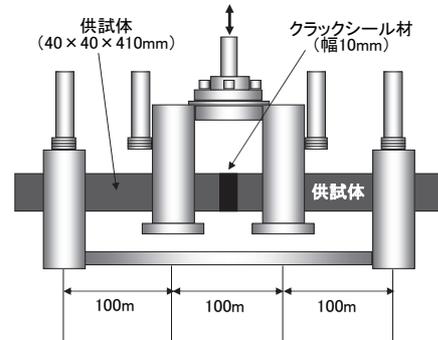


図-10 剥がれ疲労試験 (試験治具の構造)

表-3 剥がれ疲労試験条件

項目	条件
荷方式	両端固定2点荷、ひずみ制御
寸法	40×40×410mm (クラックシール材10mm)、スパン長300mm
温度、周波数、ひずみ	-10°C、5Hz、サイン波、200μ

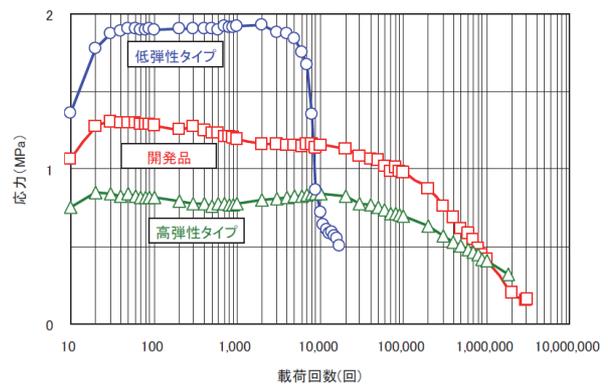


図-11 剥がれ疲労試験結果

#### (5) 試験施工での検証

##### a) 概要

寒地土木研究所の苫小牧寒地試験道路において試験施工を実施した。冬期間の耐久性を評価するとともに、破損の現象やひび割れ部の開きを確認する目的で、11月に施工を行い、1冬経過後の3月に観察することとした。

##### b) 試験方法

苫小牧寒地試験道路の既設アスファルト舗装に発生している幅5~15mm程度の温度応力ひび割れ箇所において、開発品および既存のひび割れシール材 (低弾性タイプ、高弾性タイプ) を施工した。一般的な施工に準じて、ひび割れ部のごみやほこりは高

圧空気で除去した後で加熱したシール材を注入した。5箇所温度応力ひび割れ箇所、同一のひび割れに開発品と既存のひび割れシール材1種類をそれぞれ1.5m程度ずつ行い比較することとした。また、ひび割れ幅の季節変動を確認するために、ひび割れ部を挟んだアスファルト舗装体の両端に観測ピンを埋め込んで変動幅を計測することとした。既設アスファルトのひび割れ箇所を写真-1に示す。

### c) 試験結果

1 冬経過後の3月にひび割れシール材の観察を実施した。なお、苫小牧市の11月～3月の最低気温は $-16.2^{\circ}\text{C}$ 、日平均気温は $-1.6^{\circ}\text{C}$ （気象庁データより）であった。

また、観測ピンの計測で、ひび割れ部の日々の変動は計測できていないものの、1冬経過後には幅が2～5mm程度広がっていることが確認された。高弾性タイプの1冬経過状況を写真-2に、低弾性タイプの1冬経過状況を写真-3に、開発品の1冬経過状況を写真-4に示す。

高弾性タイプおよび低弾性タイプは、写真-2、写真-3のように既設アスファルト舗装との境界面に、亀裂や付着が剥がれてできた開口部が更に拡大してできた大きなすき間が見られ、既設アスファルト舗装とシール材の付着がなくなり、剥がれたことがうかがえる。施工延長に対する損傷の無い延長の割合を示す残存率は、高弾性タイプは3箇所計7.2mの施工延長に対して44.1%、低弾性タイプは2箇所計3.8mの施工延長に対して35.5%であった。このことは、苫小牧寒地試験道路の冬期において、高弾性タイプと低弾性タイプの付着性、変形追従性および応力緩和性が不十分であったことを意味する。

一方で、開発品は一部すき間が発生した箇所もあったものの、残存率は5箇所計10mの施工延長に対して92.8%と良好であった。開発品の大部分は写真-4に示すようにすき間が無い良好な状態を保っており、苫小牧寒地試験道路の冬期の気象条件においても、優れた付着性や変形追従性および応力緩和性を有し、冬期のひび割れ幅の変動に対しても追従できていることが確認された。



写真-1 既設アスファルト舗装のひび割れ箇所

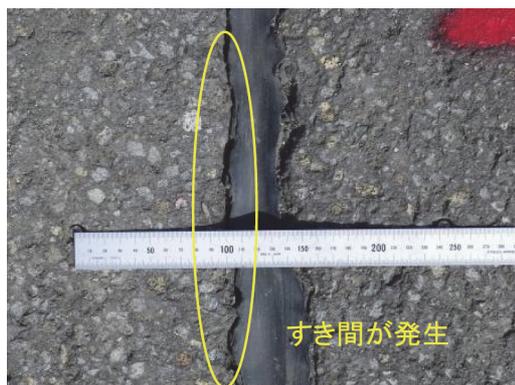


写真-2 高弾性タイプの1冬経過状況



写真-3 低弾性タイプの1冬経過状況



写真-4 開発品の1冬経過状況

## (6) 考察

開発品は、苫小牧寒地試験道路（実物大の周回路）における冬期間の検証によって、一部すき間が発生した箇所も見られたが、既存のひび割れシール材（高弾性タイプ、低弾性タイプの残存率は40%程度）と比較して、残存率は92.8%と優れた性能を有していることが確認された。また、新たに開発した低温タフテナ試験はこの冬期の残存率との関連が高いと考えられる。

これまでに用いられてきたひび割れシール材よりも寒冷地における性能が高いひび割れシール材の低温タフテナ試験の目安値としては、今後設定に向けた検証を進める予定である。現時点では、図-5の試験結果と試験施工結果から判断して、最大荷重は700N程度以下、破断時変位は可能な限り大きい方が良いと考えられるが、夏場の流動破壊等を踏まえて、高弾性タイプの破断時変位15mmの2倍量にあたる30mm以上を暫定的な目安値と考えている。

## 4. まとめ

### 4. 1 舗装の予防保全のための診断手法の検討

本研究は、ホイールトラッキング試験供試体にX線CT撮影及びDIC解析を用いることにより、舗装体内の変形特性を明らかにすることができ、破壊メカニズムの解明につなげる可能性を示すことができた。今後は、寒冷地特有の破損についても同様の手法で破壊メカニズムを解明していきたいと考える。

### 4. 2 舗装の予防保全手法の検討

寒冷地用ひび割れシール材を評価する一つの試験方法として、低温タフテナ試験を提案した。この試験は簡便で汎用性があり、また寒冷地用ひび割れシール材の要求性能である応力緩和性や変形追従性および付着性を総合的に評価することができる。また、低温時の付着性や変形追従性および応力緩和性に優れる寒冷地用ひび割れシール材を作成し、その優れた寒冷期における性能を室内試験および苫小牧寒地試験道路で検証を行った。

## 参考文献

- 1) 高木幹雄、下田陽久：画像解析ハンドブック、東京大学出版会、平成16年9月
- 2) 日本道路協会：舗装調査・試験法便覧(第3分冊)、平成19年6月

- 3) 内野正和、佐川康貴、尾上幸造：デジタル画像相関法を用いたコンクリート供試体のひずみ計測、日本機械学会年次大会講演論文集(1)、平成18年9月
- 4) 早川博、阿部義孝、山本貴司：排水性舗装施工箇所における側方流動わだちについて、平成19年度北陸地方整備局管内事業研究会、平成19年9月
- 5) (社)日本道路協会：舗装施工便覧(平成18年版)、pp.46～48、2006.
- 6) (社)日本道路協会：舗装調査・試験法便覧〔第2分冊〕、pp[2]-244～250、平成19年6月.
- 7) 島崎勝、紺野路登、高橋光彦：応力緩和性能を改善したSMAによるリフレクションクラック抑制工法、道路建設、pp28～34、2009.11.
- 8) 寺田剛、渡邊一弘、久保和幸：ひび割れ注入材の品質規格の提案に向けて、第28回日本道路会議、pp77～78、2009.

## A STUDY ON PREVENTIVE MAINTENANCE OF PAVEMENTS IN COLD, SNOWY REGIONS

**Budgeted** : Grants for operating expenses general account

**Research Period** : FY2011-2015

**Research Team** : Road Maintenance Research Team

**Author** : KUMAGAI Masayuki

MARUYAMA Kimio

TANIGUCHI Satoshi

HOSHI Takumi

**Abstract** : This study was conducted to establish a road diagnosis method for early prediction of damage and deterioration of roads in cold, snowy regions and a precautionary method for prolonging the service life of the pavement on such roads.

In 2013, we examined methods for evaluating the displacement of aggregates inside asphalt pavements by using X-ray computed tomography (CT). It was found that X-ray CT imaging and digital image correlation may elucidate the behaviors of aggregate in the pavements. These methods were evaluated in terms of their ability to reveal the rupture mechanism occurring in the pavements. Furthermore, we developed a new testing method for evaluating the ductility, stress relaxation and adhesiveness of materials for sealing pavement cracks under low temperatures, and then we developed a new seal that is highly tolerant to cold weather and that provides with excellent ductility, stress relaxation and adhesiveness at low temperatures.

**Key words** : Preventive maintenance, road diagnosis method, precautionary method, X-ray computed tomography, sealing, toughness and tenacity test