

長期供用後の路面破損状況とアスファルト性状について

北川ヒューテック（株）技術研究所 ○本間 圭一
桶谷 達也

1. はじめに

北陸地方にある石川県は積雪地域ではあるが、寒冷の度合いはそれほど大きくはない。しかし、近年、極寒地域の道東で見られるような比較的間隔の揃った横断ひび割れ（写真-1）が見られるようになったと感じる。これには舗装の劣化が大きく影響していると考え、温度と劣化度の相対的関係をみるため2,3の実験を行った。この室内における各試験結果によると、アスファルト混合物（針入度60/80グレード）の供用直後に近いと言われる針入度55程度から相当劣化が進行した針入度15にまでアスファルト性状が変化すると、同等のコンシステンシーが得られる温度域に20℃前後の差が表れることがわかってきた。³⁾これは、最低気温が0℃前後の北陸地域においても劣化がかなり進行すると、-20℃以下になる極寒地域に発生することが多い“サーマルクラック（温度応力ひび割れ）”が発生する可能性が十分にあるということを示している。今回の報告では、現場採取した試料をもとにアスファルト性状試験を行った結果から室内試験の再現性を確認する。さらには、ここで得られた知見から今後の市町村道舗装について提案する。



写真-1 サーマルクラック

2. 室内試験（series1）による検討

2-1. 劣化アスファルトの製造

室内試験に用いるアスファルトは、ストレートアスファルト60/80をベースに、オープン加熱による熱劣化を加えて針入度を調整した試料（pen15、20、27、42、55）を製造した。これらを劣化アスファルトと称し、前段として、アスファルトの劣化に伴い性状がどのように変化するのか2,3実験を行った。また、劣化アスファルトを用いた混合物を作成して、混合物特性についても実験を行った。

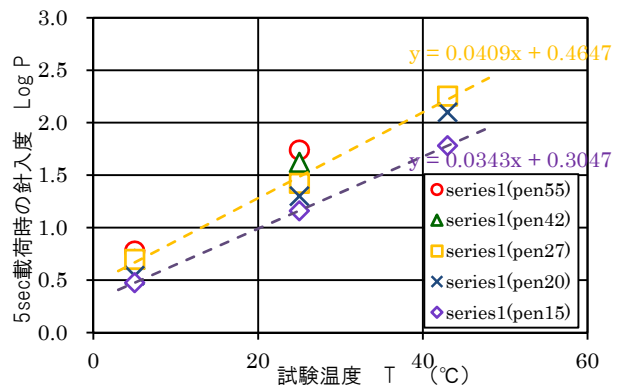


図-1 試験温度 T と針入度 log P

2-2. 温度と針入度に関する実験

はじめに、製造した劣化アスファルトを用いて針入度試験を行った。温度条件は、通常の25℃針入度をベースに、43℃（高温側）と5℃（低温側）に試験温度を上下に振って、相対的なアスファルト性状の変化を調べてみた。針入度 P と温度 t の間には、 $\log P = A t + B$ の関係（A, B : 定数）があるとされており、針入度の縦軸を log P に取ったものを図-1 に示す。

図中にはA, Cのアスファルトの近似式を表示した。全体の傾向としては劣化度が大きくなるにつれて近似式の傾きが少しずつ緩くなり感温性が小さくなる傾向がある。さらに針入度指数と劣化アスファルトの25℃針入度との関係を表したものが図-2である。劣化アスファルトの針入度値が小さくなるに従って針入度指数が大きくなる、すなわち感温性が低下する傾向となっている。

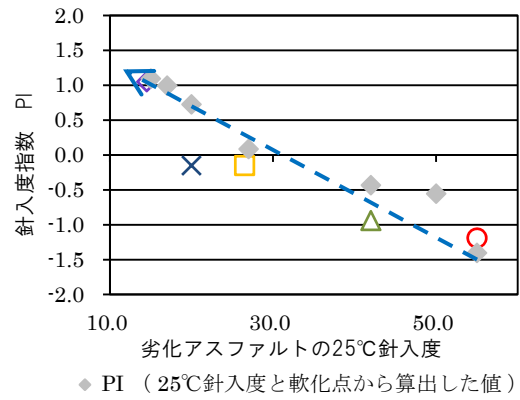


図-2 25℃針入度と針入度指数

2-3. 温度と貫入時間を変えた針入度試験

次に、製造した劣化アスファルトの粘性特性を評価するために、針入度試験の貫入時間を標準の5秒から、10秒、30秒と変え、さらに試験温度を標準の25℃から43℃（高温側）と5℃（低温側）で実施した試験結果を図-3に示す。△が試験温度5℃、○が25℃、◇が43℃の時の針入度試験値を表している。ここで劣化度が最も大きい針入度15のアスファルト（△）試験温度43℃は、劣化度の小さい針入度55のアスファルト（⊕）試験温度25℃時の結果とかなり近い値を示している。以上のように、針入度15と55のアスファルトは、温度にして約18℃程度の差で概ね同じ程度のコンシステンシーとなる傾向が見られる。

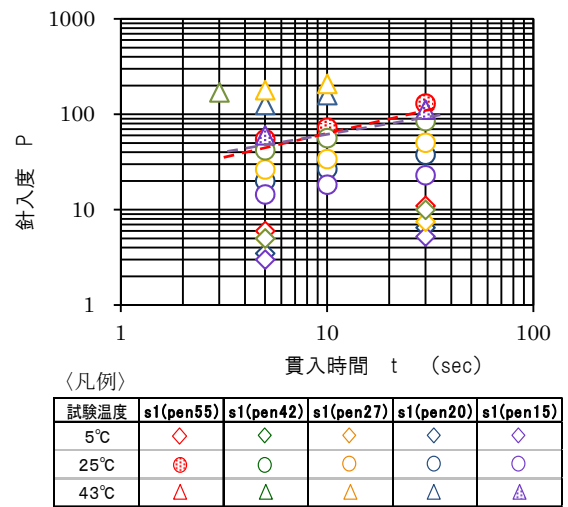


図-3 温度と貫入時間を変えた針入度

2-4. 圧縮応力緩和に関する実験

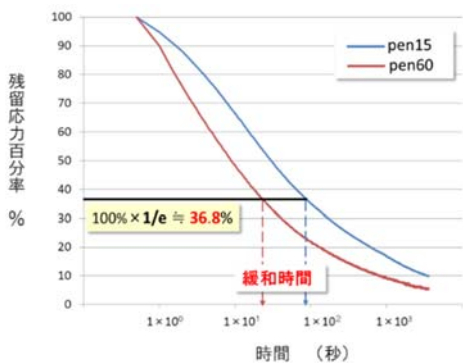


図-4 残留応力度の低下状況例

10℃での残留応力度の低下例を図-4に示す。さらに残留応力が圧縮停止時の1/eとなる緩和時間と針入度の関係(アスモル)を図-5に示す。

針入度50以上では、試験温度10℃以上の緩和時間にあまり差が見られない。しかし、試験温度0℃では、緩和時間が指数的に長くなる。針入度30以下では、試験温度30℃においても針入度の低下と相応して緩和時間が長くなり、かつ、試験温度の低下に相応して緩和時間が長く

劣化アスファルトを用いた混合物の試験として、角柱供試体(50×50×100mm)による一軸圧縮応力緩和試験を行った。圧縮ひずみを0.4%とし、この時点で載荷版を固定し、以後の荷重値を計測した。混合物は細粒(5)及びアスファルトモルタルの2種、試験温度は0、10、20、30℃の4条件とした。

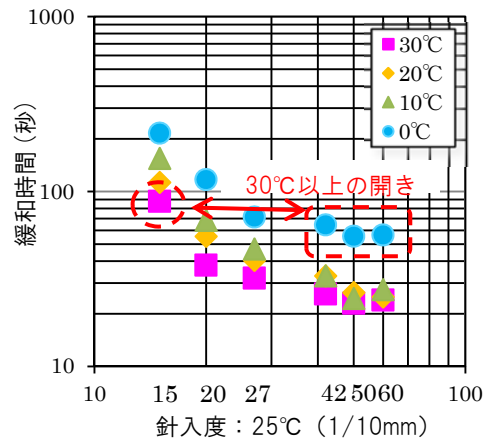


図-5 針入度と緩和時間の関係

(アスファルトモルタル)

なっている。特に針入度15では、対数時間軸に対しても突出した長さとなっており、30℃においてさえ、針入度50以上の試験温度0℃の緩和時間より長くなっている。以上の応力緩和試験結果より、針入度50～60程度から針入度20以下にまで劣化が進行してくると、緩和時間が同程度となる試験温度域が約20～30℃程度高くなる傾向が見て取れる。

2-5. アスファルト（単体）と混合物の曲げ試験

文献2)によれば、アスファルトは10℃伸度の試験値に幅があり、10℃付近に粘性から脆化への分岐点があるとしている。そこで劣化アスファルト(単体)で作成した曲げ供試体により、試験温度10℃で曲げ試験を行った。結果を図-6（上）に示す。全体的に針入度の低下に伴って曲げ荷重が上昇傾向にあるが、針入度30付近を境に大きく変化することが分かる。続いて、アスファルトモルタルの曲げ試験（0℃）を行った時の試験結果を図-6（下）に示す。アスファルト単体の時と同様に、針入度25付近を境に曲げ荷重が上昇傾向にある。

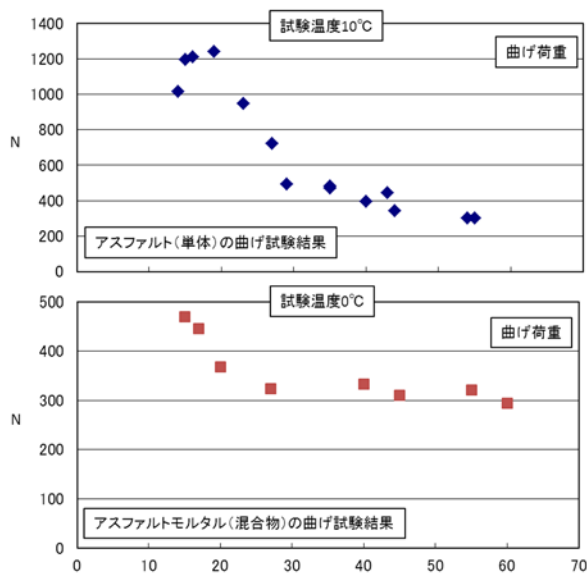


図-6 針入度と緩和時間の関係

3. 現地調査（Series2）による検討

3-1. 試料採取した現地の状況



写真-2 現場Cの路面状況



写真-3 現場Hの路面状況

表-1 加賀地区、能登地区の路面性状調査結果

地域	現場	経過年数	As層厚	わだち掘れ	ひび割れ率	CBR値
加賀	A	21年	6cm	6mm	45%	7.9
	B	33年	11cm	8mm	40%	12.6
	C	33年	6cm	10mm	60%	13.0
	D	31年	6cm	11mm	90%	1.8
	E	25年	10cm	4mm	50%	14.1
	F	21年	16cm	11mm	35%	7.2
能登	G	43年	5cm	22mm	90%	26.3
	H	37年	5cm	14mm	60%	18.8
	I	26年	15cm	8mm	35%	16.4

現地調査を行った箇所は、石川県内において舗装構成や過去の補修履歴等が分かり、ストレートアスファルト（再生材含む）で施工された市町村道を選定している。調査対象エリアは、気象条件や災害特性などから加賀地区と能登地区に分け、加賀地区から6現場、能登地区から3現場である。加賀地区（現場C）、能登地区（現場H）の路面状況を写真-2、3に示す。また、これらの現場の調査結果を表-1に示す。路面性状調査結果から、調査対象とした現場はいずれも前回の施工から20年以上が経過しており、40年以上が経過した現場も存在する。また、路面状況は年数の経過に伴ってひび割れ率が高くなる傾向が見られる。さらに、これらの現場に共通した特徴として、路盤以下の支持力は比較的良好であり、わだち掘れによる影響がそれほど大きくないことである。

3-2. 針入度と載荷時間を変えた試験結果（現地から回収したアスファルトの性状）

室内試験結果（Series1）では、オープンによる熱劣化を加えて作製した劣化アスファルトは、劣化度合に伴って針入度指数が大きくなり、感温性が低下して弾性的性質を強く示すようになる。

ここでは、現地で採取したアスファルト混合物からアスファルトの回収を行う。回収したアスファルトから貫入時間と試験温度を変えた針入度試験を行い、アスファルト感温性について室内試験結果と比較を行い図-7に示す。

現地混合物から回収したアスファルトでは、現場B、Cの試験温度43℃時と劣化アス針入度55の試験温度25℃時の値が同様の推移を示しており、室内試験と同様の傾向が見られることが分かる。この他にも同じような傾向を示す温度域が2箇所見られ、これらはいずれも18~20℃の差として表れている。

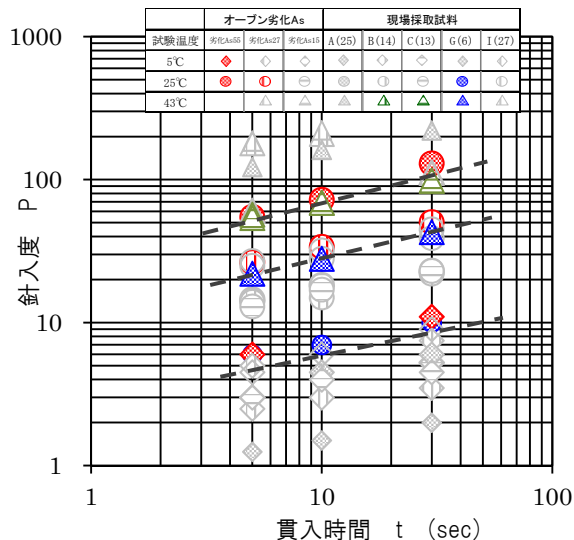


図-7 針入度Pと貫入時間tの関係

3-3. 経過年数と回収アスファルトの25℃針入度

現場で回収したアスファルトの性状試験結果(25℃針入度)と経過年数との関係を図-8に示す。20年以上が経過した舗装路面では、加賀地区、能登地区に関わらず一様に針入度が低下する傾向にあり、10年で針入度10程度低下していることが読み取れる。また文献4)によれば、混合物の練落とし直後の針入度は、原アスの針入度に対してストアス60/80で80%低下すると言われている。施工直後（0年）の25℃針入度は、近似式から49程度にあることから見て、評価数が9現場と少ない割に、比較的その傾向を表している結果であると思われる。

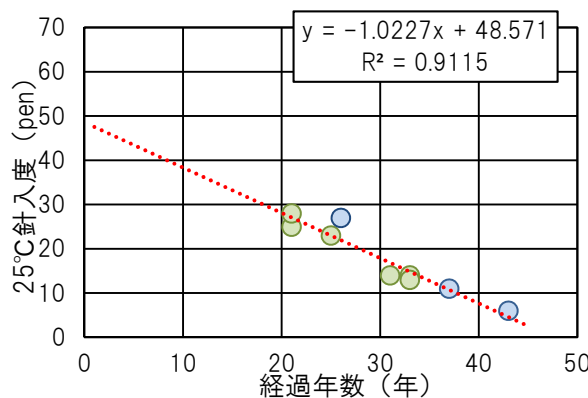


図-8 25℃針入度と経過年数の関係

4. まとめ

室内試験（Series1）結果から、各性状値の変曲点が針入度20前後にあり、この辺りまで劣化が進行してくると針入度特性から見た感温性に20℃以上の差が生まれるようである。また現場調査（Series2）結果からも、経過年数に伴う針入度低下や室内試験と同様な感温特性が確認できている。

以上より、舗設後20年以上が経過し、針入度が20程度まで低下している市町村道舗装では、わだち割れや疲労ひび割れのような交通荷重による疲労破壊もさることながら、サーマルクラックに由来するひび割れに留意する必要がある。今後の市町村道の長寿命化対策においては、舗装の経年劣化後のサーマルクラック発生を制御することが重要となる。

- < 参考文献 >
- 1) 「アスファルトのレオロジー的性質の工業的測定」福田ほか, 油化学 第7巻 第8号
 - 2) 「舗装用ストレートアスファルトの性状調査」伊藤ほか, 土木技術資料 29-3
 - 3) 「アスファルト及び混合物の劣化性状に関する2, 3の実験」本間ほか, 第31回 日本道路会議
 - 4) 「アスファルトの劣化」谷口ほか, ASPHALT Vol. 33 No. 164