

改質アスファルトコンクリートの疲労特性評価と疲労寿命予測に関する研究

長岡技術科学大学 交通工学研究室 齋藤 健治
指導教員 丸山 暉彦

1. 背景

わが国の道路舗装は、交通量の増加や車両の大型化に伴い厳しい条件下に置かれている。そのため、これまで以上に、供用初期の段階でのわだち掘れの発生やすべり抵抗性の低下が問題となっている。近年、その対策として、耐流動、耐磨耗、すべり抵抗性に優れた改質アスファルト型と改質アスファルト型(以下、改質型、改質型)が広く活用されている。また、さらに厳しい交通条件に対処するために超重交通用改質アスファルトが開発されている。これらの改質バインダは、一般に使用されているストレートアスファルト(以下ストアス)に比べ耐流動性に優れていることは知られているが、疲労特性に関してはあまり検討が行われていない。さらに、耐流動を向上させた改質アスファルトコンクリート(以下、改質アスコン)はひび割れが発生しやすくなり、耐久性の面で問題があると懸念されていた。

また、「舗装構造に関する技術基準」において、新しく舗装の性能指標として疲労破壊輪数が導入され、舗装の耐久性を量的に表すことが求められている。しかし、この指標はストアスを用いたアスコンの性能指標であり、疲労破壊輪数を実測することは不可能に近く、直接的に求めて評価することはかなり難しい。

このため、昨年度、佐藤らの研究により、改質アスファルトコンクリートの疲労特性の評価と疲労寿命の評価、およびアスコンの促進劣化方法の検討を行った。しかし、バインダの違いによる温度特性については考慮せず、促進劣化方法に関しても不十分な点があると考えられる。

2. 目的

本研究では、バインダにストアス、改質アスファルト型、超重交通用改質アスファルトを用いた密粒度アスファルトコンクリートを使用して、新規および促進劣化を施した各種アスコンに対して繰返し曲げ試験を行い、疲労破壊特性を評価する。特に、昨年度不十分であった各種アスコンの温度特性および劣化特性の評価に重点を置いて検討する。さらに、実舗装におけるFWD試験の結果と累積49kN換算輪数のデータを用いて、室内において評価した疲労特性を元に疲労寿命を推定する。疲労寿命の推定は、ストアスを基準として、相対的に改質型、超重交通用改質アスファルトのものを求める。

3. 検討方法

本研究における、疲労特性の評価および疲労寿命予測の検討フローを図-1に示す。

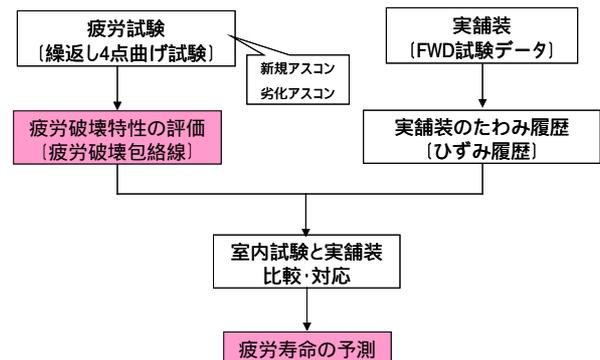


図-1 検討フロー

繰返し曲げ試験は、ひずみ制御による2点支持2点載荷方式とし、温度とひずみを変えたときのバインダの違いによるアスコンの疲労特性を評価した。また、各種アスコンに対して恒

温槽を用いて促進劣化を施し、これら促進劣化を施した各種アスコンに対しても繰返し曲げ試験を行って、劣化特性を把握した。さらに、そのアスコンから回収したバインダについて性状試験を行って、バインダの劣化程度を評価した。いくつか設定した加熱養生期間と、そのときのバインダの劣化程度に基づいて、この加熱養生期間と劣化程度の間を、実舗装の供用期間と劣化程度の間と比較することにより、室内における養生期間と実舗装の供用期間の時間的関係を推定した。

使用した実舗装データは、供用中の舗装に対して毎年 FWD 試験を行ったものであり、得られたたわみ履歴を用いて舗装のアスコン層下面の引張ひずみ履歴を推定する。そして、室内試験により評価した疲労特性と、実舗装におけるアスコン層下面の引張ひずみ履歴を元に累積ダメージの計算を行い、ストアスを基準として相対的に改質型、超重交通用改質アスファルトの疲労寿命を予測する。

4. 評価試験

(1) バインダ性状試験

アスファルト混合物の劣化程度を評価するために、新規のアスコンと促進劣化を施した各種アスコンからバインダを回収して、針入度試験、軟化点試験、伸度試験を行い、劣化状況を把握した。

促進劣化方法は、実舗装の劣化が表面から生じることに着目し、混合して締固めた後、型枠ごと 120 に設定した恒温槽内で養生することによって行った。また、このときの養生期間と劣化程度の間を、既往の研究により得られた、実舗装の供用期間と劣化程度の間と比較することにより、室内による養生期間と実舗装の養生期間の時間的関係を推定する。

(2) 繰返し曲げ試験

載荷は、正弦波の強制両振り変位を与えた。温度条件は、新規アスコンにおいては -10、0、5、15 の 4 条件とし、劣化アスコンにおいては 0 とした。設定ひずみは、新規アスコンにおいては 200 μ ~ 600 μ の間で 4 水準、劣化アスコンにおいては 200 μ ~ 600 μ の間で 3 水準設定した。また、使用した混合物は最大粒径 13 mm の密粒度アスコンである。供試体寸法は、40 × 40 × 400mm である。

(3) 実舗装データ

ここでは、国道 17 号長岡東バイパスのデータを用いた。データとしては、FWD 試験によるたわみの経年変化と累積 49 kN 換算輪数を使用した。また、疲労寿命を推定する際に四季ごとに舗装体の平均温度を設定し、それぞれの温度条件におけるダメージ計算を行った。長岡における四季の温度は、実測値に基づいて春は 15、夏は 30、秋は 20、冬は 5 とした。

(4) 疲労寿命予測

Miner 則を用い、式(1)より累積ダメージの計算を行い、疲労寿命を予測した。繰返し曲げ試験により評価したひずみと繰返し載荷回数を元に、実舗装のひずみ履歴とその地域の四季の平均温度から破壊回数 N_i を推定し、実際の交通量 n_i と比較して寿命を予測した。

$$D = \sum \frac{n_i}{N_i} \dots (1)$$

D : 累積ダメージ
 n_i : 49kN換算輪数(回)
 N_i : 疲労破壊回数(回)

このとき、累積ダメージが 1 になったときを破壊と定義した。

5. 試験結果および考察

(1) バインダ性状試験

アスファルトは劣化すると、硬化して脆くなる。このため、針入度と伸度は低下し、軟化点は上昇する。図-2~図-4 より、改質アスファ

ルトは ,ストアスに比べ初期の値に対する変化率は小さい .つまり ,耐久性に優れているといえる .

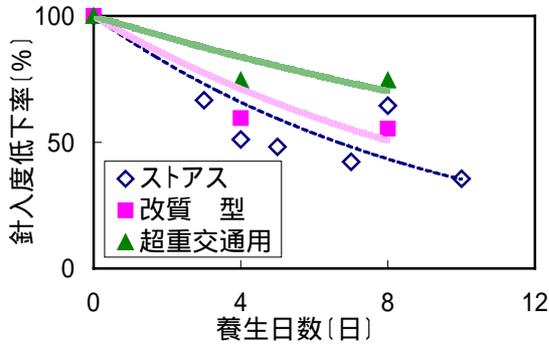


図-2 針入度低下率と養生日数の関係

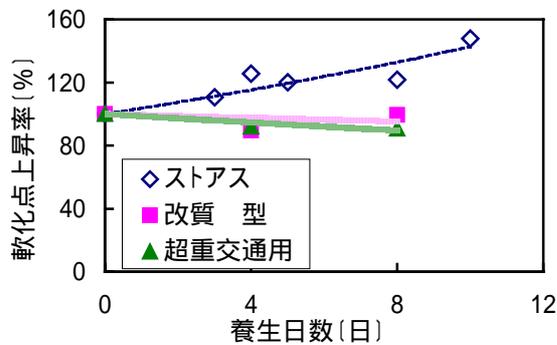


図-3 軟化点上昇率と養生日数の関係

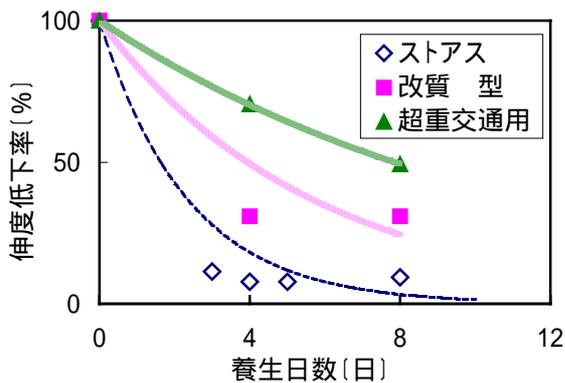


図-4 伸度低下率と養生日数の関係

(2) 繰返し曲げ試験

新規の各種アスコンに対して試験温度-10と5で行った結果を図-5と図-6に示す .

図では ,回帰直線が右に位置するほど疲労寿命が長いことを意味する .いずれの温度条件に

おいても ,超重交通用改質アスファルトを使用したものが他のバインダを使用したものよりも疲労寿命が長い . 温度が-10 の場合はストアスを使用したものと改質型を使用したものは疲労寿命に大きな差が認められないが ,試験温度が5 の場合においては ,ストアスを使用したものと改質アスファルトを使用したものの差が明確で ,改質型のアスコンはストアスを使用したものよりおおむね5倍程度破壊回数が多く , 超重交通用を使用したものは10倍程度破壊回数が多い .ストアスを使用したアスコンに比べて改質アスコンは ,高温条件下でかなり疲労寿命が長くなるものと考えられる .

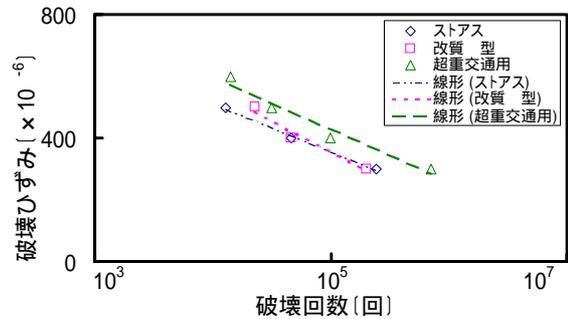


図-5 試験温度-10 (新規アスコン)

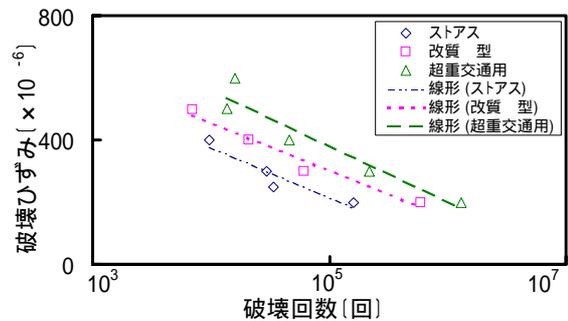


図-6 試験温度5 (新規アスコン)

また ,8日間加熱養生したアスコンに対して試験温度0で繰返し曲げ試験を行った結果を図-7に示す .加熱養生を8日間行った場合のアスコンの劣化程度は ,バインダ劣化の評価より ,供用7年間の劣化程度に相当することが分かった .すなわち ,供用7年における各種アスコンの疲労特性は ,図のように ,ストアスを

使用したアスコンに比べて改質アスファルトを使用したものは疲労寿命が長い。よって、長期供用性があるといえる。

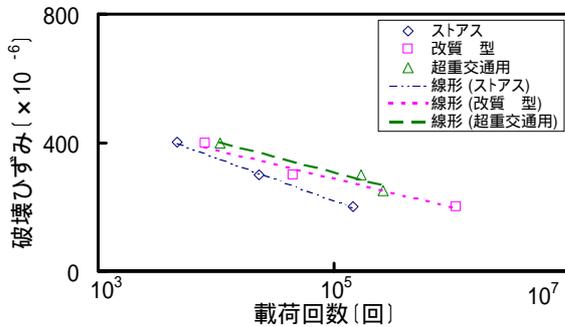


図-7 試験温度 0 (8日間養生)

(3) 実舗装のひずみ履歴

国道 17 号長岡東バイパスの測定たわみから推定したひずみ履歴は図-8 のようになった。この地域での各季節のひずみ履歴は、回帰線で示す傾向が得られた。

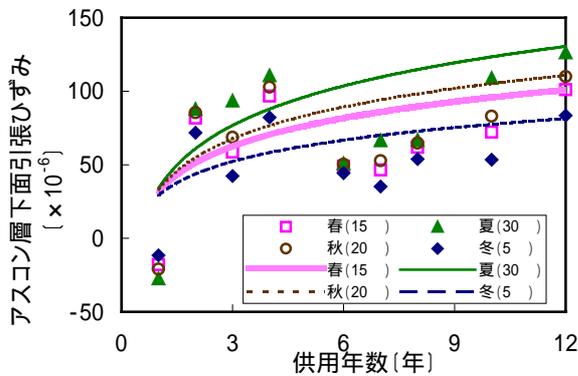


図-8 アスコン層下面の引張ひずみ履歴

(4) 疲労寿命予測 (累積ダメージ)

累積ダメージは図-9 のようになり、バインダの違いによるアスコンの疲労寿命の差は大きいものとなった。表-1 は、ストアスを基準に、破壊時までの累積 49 kN 換算輪数と供用年数をそれぞれ比較したものである。この結果からストアスを基準とすると、表-2 より、供用年数は、ストアスに比べ改質アスファルト

型は 7 倍、超重交通用改質アスファルトは 10.8 倍長い結果となった。

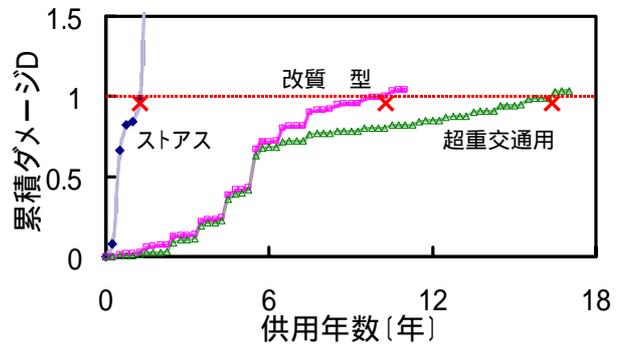


図-9 累積ダメージ

表-1 供用年数および疲労破壊輪数

	供用年数〔年〕	疲労破壊輪数〔回〕
ストアス	1.5	3,880,440
改質型	11	19,411,994
超重交通用	16	22,400,680

表-2 ストアスを基準とした供用年数の比較

	供用年数〔年〕	ストアス比較(供用年数)
ストアス	1.5	1.0
改質型	11	7.0
超重交通用	16	10.8

6. まとめ

改質アスファルトはストアスよりも耐久性に優れていた。さらに、改質アスコンの疲労寿命はストアスを使用したアスコンよりも長いことが分かった。このことから、改質アスコンは、ストアスを使用したアスコンよりも長期供用性があるといえる。

参考文献

- (社)日本道路協会:舗装構造に関する技術基準, 2001.
- 森永教夫, 川野敏行:舗装技術の質疑応答 第7巻(上), 建設図書, 1997.
- 佐藤陽一:改質アスファルトコンクリートの疲労破壊特性評価に関する検討, 長岡技術科学大学修士論文, 2004.