

特殊アスファルトコンクリートの疲労破壊特性評価の検討

長岡技術科学大学 交通工学研究室 佐藤 陽一
指導教官 高橋 修

1. はじめに

近年舗装の長寿命化を図るために、改質アスファルトが広く運用されている。さらに、アスファルトバインダ（以下バインダと省略）のみに限らず、特殊アスコンによる長期寿命化が検討されている。

そこで本研究は、改質アスファルトを使用した密粒度アスコンおよび骨材粒度が特殊なアスコンに対して繰返し曲げ試験を実施し、それらの材料が有する疲労破壊特性を定量的に評価した。この場合、アスコンが置かれている実際の供用状況を考慮し、エージングについても検討した。

さらに、舗装の寿命を検討するにあたり、長い期間自動車の輪荷重などが舗装表面に絶えず繰返し荷重を作用することにより舗装構成層に応力が発生し各々の層が変形することによりひずみが生じる。このような繰返し载荷によって得られた変形履歴が連続作用することにより、徐々に疲労ひび割れが生じる状態に近づきひび割れが発生する。そこで、室内での繰返し曲げ試験の結果から実際の荷重履歴、ひずみ履歴に基づいた累積ダメージの推定を行い、通常のアスコンに対する舗装寿命と改質アスファルトおよびエージングを考慮した舗装寿命を相対的に比べることによって検討した。ここでは、交通荷重によってアスコン層（表層＋基層）下面の引張りひずみの挙動を推定し、舗装寿命を検討した。さらに、舗装の性能基準である疲労破壊輪数¹⁾は、全国的に数多く利用されている密粒度アスコンのストアスのみであった。そこで、新たな方法として改質アスファルトおよびエージング期間を考慮した舗装の疲労破壊輪数を推定する方法を検討した。以上より、道路を施工する前段階として舗装寿命および疲労破壊輪数を推定する方法を開発した。

2. 評価試験方法

2-1 繰返し曲げ試験

繰返し曲げ試験は、40×300×400mmのブロックから40×40×400mmのプリズム状の供試体を切り出した。使用骨材は、密粒度アスコン、SMA（Stone Matrix Asphalt）を使用した。バインダは、ストアス、改質型、改質型を使用して試験を行った。試験周波数は5Hz、試験温度を5℃で固定し、ひずみ振幅を200μから500μの間で4水準設定した。1条件につき供試体を4体使用した。

2-2 エージング期間における舗装年数

実際の舗装状態を再現できる屋外暴露試験を採用し、屋外暴露試験の針入度²⁾と暴露期間の関係にエージングを施したバインダの針入度を組み入れて、あるエージング期間における舗装年数を推定した。本試験のエージングとは、アスファルト混合物をバットなどに約20mm～30mmの高さで敷き慣らし恒温槽内を100℃で固定し、骨材とバインダの両者を熱劣化させ、その後供試体作製を施したものを示す。したがって、屋外暴露試験よりも早期に劣化させることができ、供試体内部まで劣化することができる。

2-3 実舗装データ

使用した実舗装データは、国道17号線長岡東バイパス³⁾のものである。舗装構成は、アスコン層（表層＋基層）、上層路盤、下層路盤、路床の4層構造であり、各層の厚さは、アスコン層251mm、上層路盤105mm、下層路盤161mmである。表層の使用材料は、密粒度アスファルト混合物である。

2-4 ダメージ推定

累積ダメージは、Miner 則^{4), 5)}に基づいて推定した。累積ダメージは、ある条件*i*における 49kN 換算輪数 n_i 回と繰返し曲げ試験によるそのときの発生ひずみに対する破壊回数 N_i 回とすれば、その条件におけるダメージは n_i / N_i で表され、これらを加えていったものがその舗装の累積ダメージ D となる。ただし、2-2 項の方法を用い、エージングを考慮した累積ダメージを検討した。以上の推定方法を図-1 に示す。

2-5 疲労破壊輪数

疲労破壊輪数は、性能指標である舗装計画交通量と疲労破壊輪数の基準値を用い推定を試みた。したがって、本研究では、大型車に換算した D 交通を舗装計画交通量、累積ダメージで推定した破壊年数およびひび割れ率から得られた破壊年数を性能基準の年数(10年)と置き換え改質アスファルトを使用した疲労破壊輪数を推定した。

3. 試験結果と考察

図-2 に密粒度アスコン、図-3 に SMA、図-4 にエージングを施した密粒度アスコンのそれぞれの供試体に対する破壊時ひずみと破壊回数の関係を示す。破壊時ひずみと破壊回数の関係が座標面の右側に位置しているほど、疲労破壊抵抗性に優れていることになる。したがって図-2 では、破壊ひずみの小さい (200×10^{-6}) ストアスを基準として改質型と比較すると約 6.5 倍、破壊ひずみが大きい (500×10^{-6}) と約 4.7 倍改質型の方が耐久性に優れている。同様に改質型では、破壊ひずみが小さいと約 12.2 倍、大きいと約 7.0 倍ストアスよりも耐久性に優れている。したがって、改質アスファルトを使用することにより疲労破壊特性が向上する。図-3 も同様に比較すると、破壊ひずみが小さい改質型は約 5.2 倍、破壊ひずみが大きいと約 11.3 倍改質型のほうが耐久性に優れている。改質も同様に比較すると、破壊ひずみが小さいと約 9.8 倍、破壊ひずみが大きいと約 16.0 倍ストアスよりも耐久性に優れている。したがって、破壊ひずみが大きくなるにすぎないが耐久性が向上する結果を得た。つまり、密粒度アスコンと反対の結果となった。そのため、SMA のほうが大きいひずみに耐えることより、密粒度アスコンよりも耐久性に優れているといえる。図-4 に示す 3days はエージング 3 日、7days はエージング 1 週間、14days はエージング 2 週間を示している。エージング 1 週間およびエージング 2 週間を施した改質型は、ストアスよりも耐久性が大きい。したがって、改質アスファルトを使用すると疲労破壊特性に優れる。

表-1 に密粒度アスコンのストアスのエージング期間における舗装年数を示す。ただし、屋外暴露試験に使用した供試体は密粒度アスコンのストアスのみである。そのため、改質型においては、屋外暴露試験のストアスを参考にして舗装年数を推定した。

図-5 に累積 49kN 換算輪数とアスコン層下面の引張りひずみを示す。路面温度が高くなるにしたがいアスコン層下面の引張りひずみが大きくなる。

図-6 に密粒度アスコンのストアス、図-7 に密粒度アスコンの改質型、改質型の舗装が受ける累積ダメージを示す。図-6 では、供用開始後約 6 年の春から夏にかけて破壊する。通常ひび割れ率が 20% で破壊と定義されているため約 8 年で破壊されると推測される。

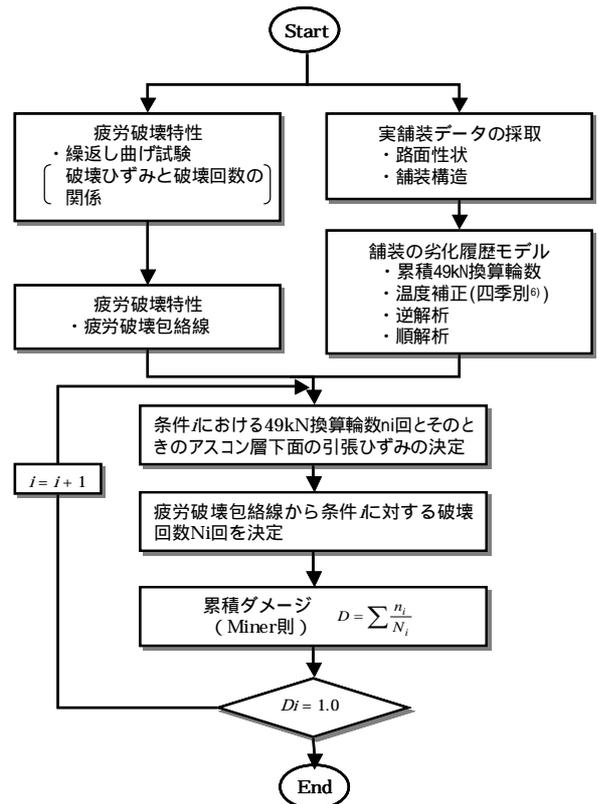


図-1 累積ダメージ推定方法

図-7の改質型および改質型は、実舗装データがないためストアスの実データを参考にして累積ダメージを描いた。したがって、改質型は、供用開始後約10年の春に破壊される。改質型では、供用開始後から約18年の秋から冬にかけて破壊される。ただし、改質型は室内試験データがないためエージングを考慮していない。表-2に密粒度アスコンの疲労破壊輪数の推定結果を示す。累積ダメージから推定した疲労破壊輪数は、ひび割れ率より早く破壊される。原因は、本研究で使用した試験温度以外を推定したためと思われる。

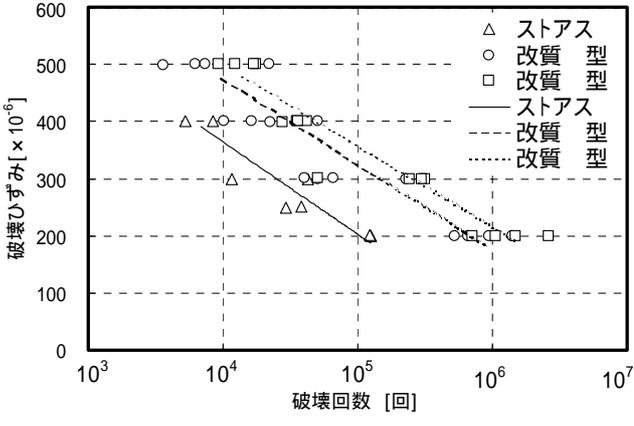


図-2 繰返し曲げ試験 (密粒度アスコン)

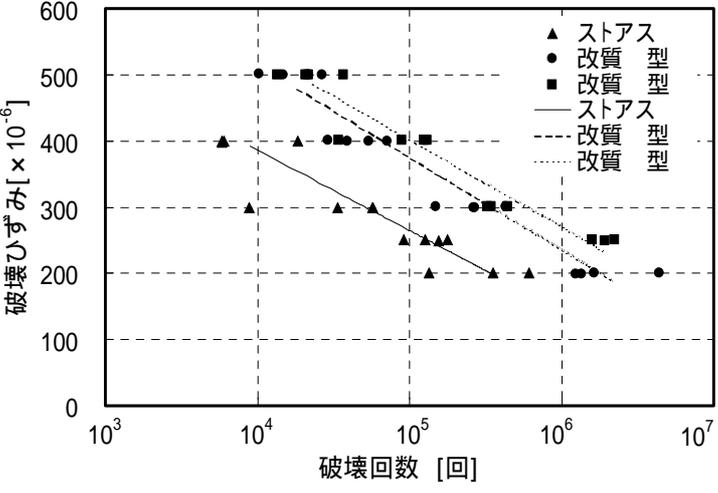


図-3 繰返し曲げ試験 (SMA)

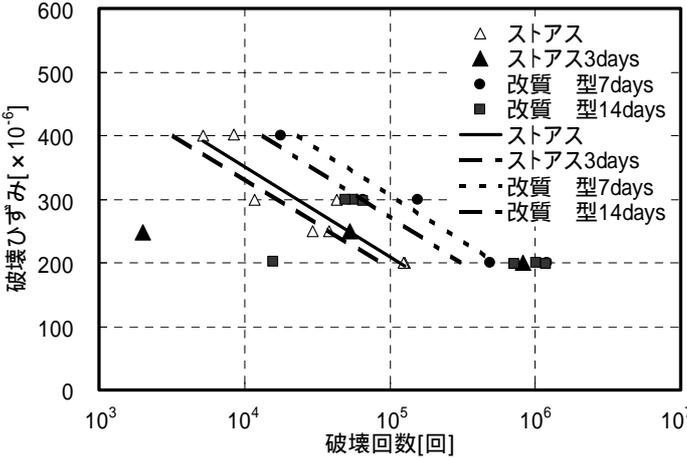


図-4 繰返し曲げ試験 (密粒度アスコン - エージング)

表-1 エージング期間と舗装年数の関係

ストアス	
エージング期間(日)	舗装年数(年)
3	3.8
4	5.0
7	5.6
10	6.1
14	6.5

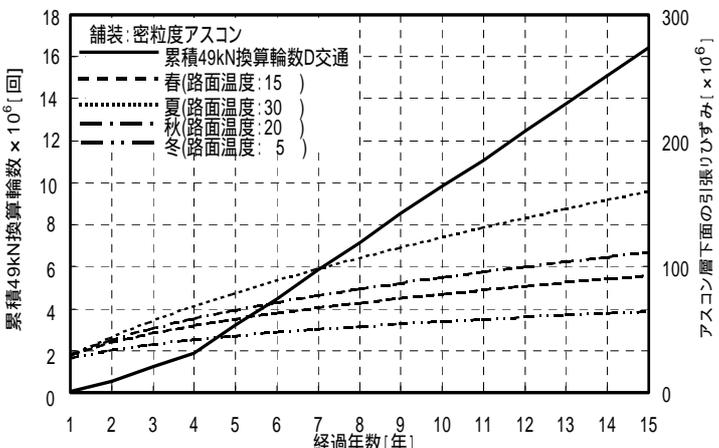


図-5 累積 49kN 換算輪数とアスコン下面の引張りひずみの履歴

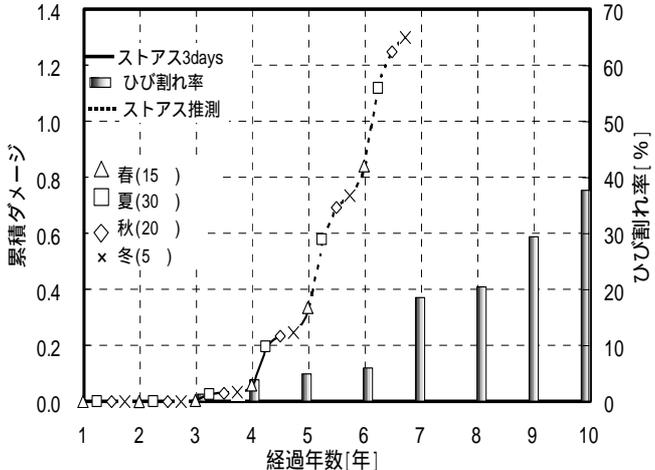


図-6 舗装が受けるダメージとひび割れ率の推移 (密粒度アスコン-ストアス)

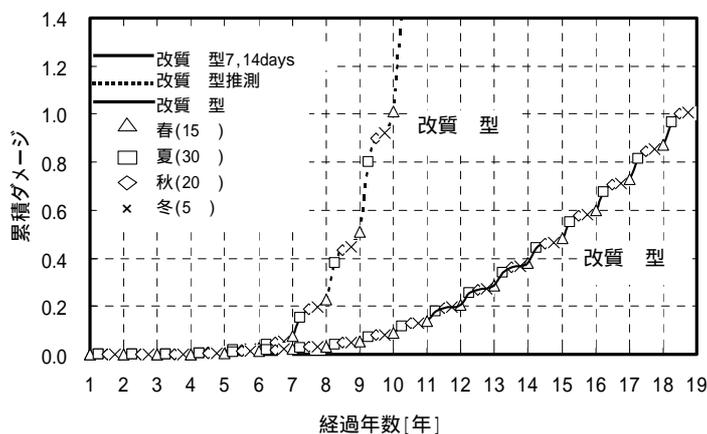


図-7 舗装が受けるダメージの推移 (密粒度アスコン-改質 型, 改質 型)

表-2 推定疲労破壊輪数 (密粒度アスコン)

バインダ	疲労破壊輪数 (回/年)	
	累積ダメージ	ひび割れ率
ストアス	21,000,000	28,000,000
改質 型	35,000,000	
改質 型	63,000,000	

4. まとめ

- ・ 通常のアスコンよりも改質アスファルトおよび特殊アスコンを使用したほうが疲労破壊特性に優れている。
- ・ 屋外暴露試験のアスファルト性状試験よりエージング期間を考慮した舗装寿命を推定できた。
- ・ 累積ダメージにエージングを含むことにより舗装が受ける疲労寿命の推定方法を構築できた。
- ・ 累積ダメージ (推定) およびひび割れ率 (実舗装) の破壊年数から疲労破壊輪数を推定できた。ただし、繰返し曲げ試験における各試験温度は推定より評価したため、疲労寿命予測の信頼性においては、これらを改める必要がある。

参考文献

- 1) (社)日本道路協会: 舗装構造に関する技術基準・同解説, pp.55~58, 2001.7.
- 2) 平方和幸: 舗装用再生混合物の評価方法の開発に関する研究, 長岡技術科学大学修士論文, 2001.
- 3) 舗装性能評価小委員会: 舗装性能評価法暫定案について疲労破壊輪数の評価方法, 2002.
- 4) 葛西康幸: 格子パネルを用いた埋設ジョイントの疲労特性に関する研究, 長岡技術科学大学修士論文, 1997.
- 5) 河野宏: 舗装工学, pp.49~54, pp.71, pp.116~119, pp.129, 1995.2.
- 6) ザイナル アビディン: アスファルト混合物層の温度評価に関する研究, 長岡技術科学大学修士論文, 1992.