

バインダの引張仕事量によるアスファルト混合物の総散逸エネルギー量推定に関する検討

交通工学研究室 吉田 裕

1. はじめに

従来のバインダ性状評価試験では、バインダの延性やコンシステンシー等の一側面しか評価できないため、レオロジー特性の異なる改質バインダの登場以降、多様化したバインダを包括的に評価することは困難であった。アスファルト混合物の構成材料が破壊しない(骨材の割れ)という前提条件において、外力によって変形するのはアスファルト混合物中のバインダのみであることから、アスファルト混合物の変形に対する抵抗性、疲労ひびわれ抵抗性に関してはバインダの性状評価試験の結果を適用できる可能性がある。

既往の研究¹⁾ではバインダ種に影響されない荷重測定型伸度試験 (Force Ductility Test: 以下, FDT) が提案されている。FDT の試験結果より求めた引張仕事量を FD 値と定義すると、曲げ疲労試験から得られる破壊回数との間に高い相関性を有することがわかっている。破壊回数は配合や試験条件に影響を受けるため、条件の異なるアスファルト混合物を一律に評価することができないが、試験時の総散逸エネルギーを用いることで、疲労ひびわれ抵抗性を一律に評価できるとされている²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾。これまでの検証により、総散逸エネルギーと FD 値との間に相関性が示唆されているが明らかにされていない。本研究では FD 値と総散逸エネルギーの関係性を検証し、バインダの FD 値より混合物の総散逸エネルギーを推定することで、疲労ひびわれ抵抗性を評価することを目的とした。

2. 荷重測定型伸度試験 (FDT)

FDT は、従来の伸度試験機⁶⁾にロードセルを搭載したもので、バインダが延伸される際の変

位と荷重を測定する試験である。試験方法は従来の伸度試験に準拠し実施した。本研究では、ストレートアスファルト (以下, ストアス) (60/80) とポリマー改質アスファルト II 型 (以下, 改質 II 型)⁷⁾を対象とし、マントルヒータを用いた熱による促進劣化を施した劣化程度の異なる計 12 種のサンプルを用意した。ストアスは荷重がピークに達した後、時間経過とともに低下し、改質 II 型は荷重がピークに達した後、低下し再び上昇する傾向を持つ。

改質 II 型を用いた促進劣化によるグラフ形状の変化を図-1 に示す。劣化の進行に伴い荷重の最大値が上昇し、変位量が低下する傾向にある。

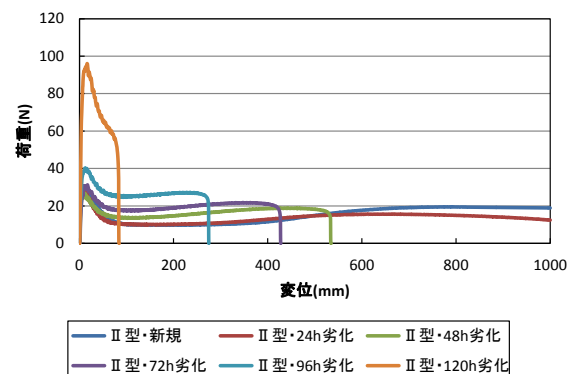


図-1 促進劣化によるグラフ形状の変化

3. 曲げ疲労試験

曲げ疲労試験⁸⁾は、密粒度混合物 (13) および密粒度混合物 (20), 砕石マスチックアスファルト (以下, SMA) を用い試験温度 15 °C・5°C, 載荷周波数 5 Hz, ひずみ 300 μ ・400 μ の条件においてひずみ制御で実施した。供試体作製には、劣化条件を同一にするためにも FDT に供したものと同一バインダを用いた。

4. 総散逸エネルギーの算定

物体に繰り返し载荷が加わった場合、1 サイクルに単位体積当たりで散逸されるエネルギーが単位散逸エネルギーであり、物体が破壊に至るまでの単位散逸エネルギーの総和が総散逸エネルギーである。総散逸エネルギーは式 (1), (2) で算出した。

$$w_0 = \pi \cdot \sigma_0 \cdot \varepsilon_0 \cdot \sin \phi \quad \dots \dots (1)$$

$$w_t = \sum_{N=1}^{N_f} w_0 \quad \dots \dots (2)$$

ここに、

σ_0 : 応力 (MPa), ε_0 : ひずみ (μ)

ϕ : 位相角 (rad)

w_0 : 応力 1 周期当たりの単位散逸エネルギー (MJ/m³)

w_t : 総散逸エネルギー (MJ/m³)

N_f : 破壊に至るまでの载荷回数 (回)

N : 载荷回数 (回)

5. 総散逸エネルギーと破壊回数の関係

総散逸エネルギーを混合物に適用するにあたり、試験条件による影響の検討結果を図-2 に示す。試験条件により破壊回数は変動するが、総散逸エネルギーを用いることで、混合物の疲労ひびわれ抵抗性を一様に評価することができる。

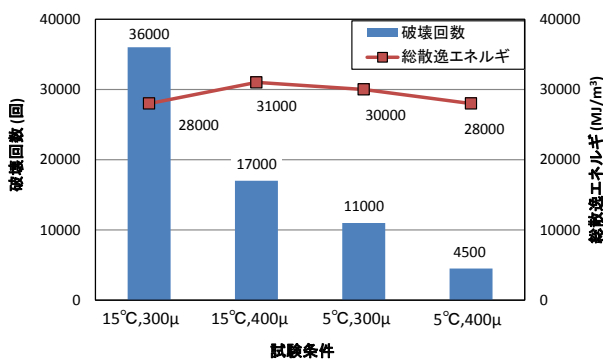


図-2 総散逸エネルギーと破壊回数の関係 (試験条件別)

密粒度混合物 (13) の配合において、バインダ性状の異なる供試体を用いた総散逸エネルギー

と破壊回数の関係を図-3 に示す。ストアスを用いた混合物は低エネルギー域に位置し、改質 II 型を用いた混合物は高・中エネルギー域に位置することがわかる。両者は直線状に載り、高い相関性があることが確認された。

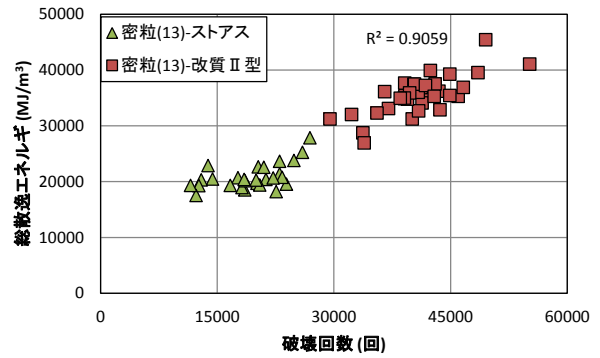


図-3 総散逸エネルギーと破壊回数の関係 (バインダ種別)

密粒度混合物 (13) および密粒度混合物 (20), SMA (13) を対象とした骨材配合の違いによる総散逸エネルギーへの影響を検討した。検討結果を図-4 に示す。配合条件、バインダ性状の違いに影響されることなく、両者は直線状に載り、高い相関性があることが確認された。

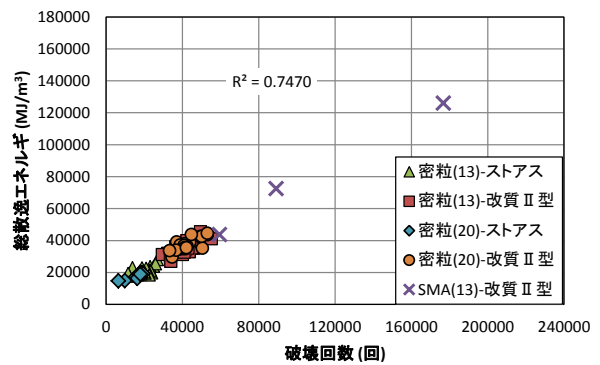


図-4 総散逸エネルギーと破壊回数の関係 (配合条件別)

これらの結果より試験条件、バインダ種や劣化程度、配合条件に関係なく、総散逸エネルギーと破壊回数に高い相関性があることが認められた。

6. 総散逸エネルギーと FD 値の関係

密粒度混合物を基本配合とした、FD 値および総散逸エネルギーの関係を図-5 に示す。総散逸エネルギーと FD 値の関係において、両者に良好な相関性が確認されたことにより、FD 値による総散逸エネルギーの推定が可能であることがわかった。

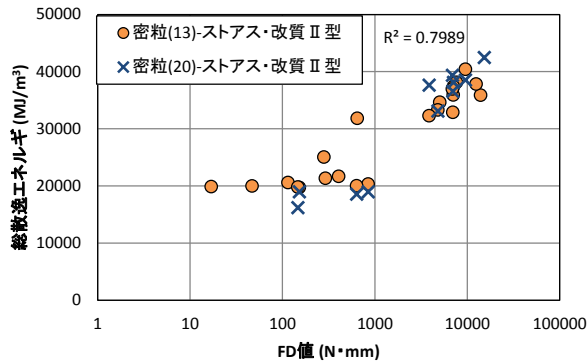


図-5 総散逸エネルギーと FD 値の関係 (密粒度)

密粒度混合物および SMA 混合物を対象とした総散逸エネルギーと FD 値の関係を図-6 に示す。ギャップ粒度である SMA は連続粒度である密粒度と同一の線上に載らない結果となった。

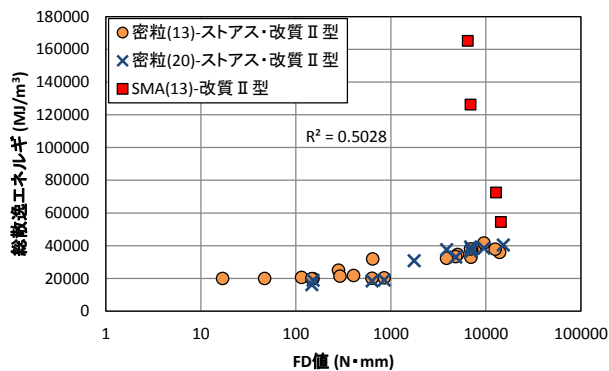


図-6 総散逸エネルギーと FD 値の関係 (SMA)

密粒度混合物の総散逸エネルギーに対し SMA 混合物の総散逸エネルギーが高い値を示した結果を受け、曲げ疲労試験時の破壊時応力に着目した。混合物種の違いによる破壊時応力の推移を図-7 に示す。同一のバイнда条件において、

SMA 混合物は密粒度混合物よりも高い値を示しており、SMA 混合物は密粒度混合物と比較し骨材のかみ合わせ効果が大きく働いていることが確認された。

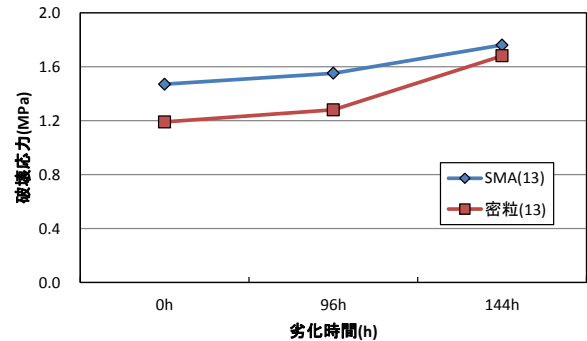


図-7 混合物種の違いによる破壊時応力の推移

7. まとめ

総散逸エネルギーは、連続粒度の密粒タイプであれば混合物の疲労ひびわれ抵抗性の評価に用いることが可能であることを確認した。本研究より、連続粒度の密粒度混合物であれば FD 値を用いた総散逸エネルギーの推定が可能であり、バイнда性状による混合物の疲労ひびわれ抵抗性を評価できることがわかった。

参考文献

- 1) 中村健, 藤井正人: 新たな評価指標に基づく改質アスファルト混合物の再生手法に関する検討: 建設図書「舗装」, pp15-19, 2011.4
- 2) 丸山暉彦, 渡辺隆, 吉原一彦: アスファルト混合物の疲労破壊包絡線, 土木学会論文報告集第 306 号, pp71-78, 1973.7
- 3) 姫野賢治, 渡辺隆, 丸山暉彦: 低ステイフネス状態におけるアスファルト混合物に疲労破壊特性に関する研究, 土木学会論文集第 366 号/V-4, pp143-151, 1986.2
- 4) 姫野賢治, 渡辺隆, 丸山暉彦: アスファルト混合物の拡張された疲労破壊基準に関する研究, 土木学会論文集第 378 号

/V-6 , pp259-268, 1987.2

- 5) 丸山記美雄, 田高淳: 温度が混合物の疲労破壊特性に与える影響に関する一考察, 土木学会第 63 回年次学術講演会 5-108, pp35-36, 2008.9
- 6) (社) 日本道路協会: 舗装試験法便覧, 伸度試験方法, pp132-139, 2007.6
- 7) 鈴木とおる: 舗装の性能向上に貢献するポリマー改質アスファルト, 改質アスファルト第 39 号, pp12-18, 2012.7
- 8) (社) 日本道路協会: 舗装試験法便覧, アスファルト混合物の曲げ疲労試験方法, pp166-175, 2007.6