

弾性回復率を用いたアスファルトバインダの 応力緩和性状の評価

長岡技術科学大学 建設工学課程 交通工学研究室 中原和哉
指導教員 高橋 修 中村 健

1. はじめに

現在アスファルトコンクリート(以下アスコン)は舗装や空港など様々な用途で用いられている.そのほとんどが公共事業として施工されるためにより効率的であり,耐久性の高いことが求められている.アスコンの破壊には,主にひび割れによるものと塑性変形によるものの2種類に大別される.

アスコンのひび割れ抵抗性に関しては,直接引張試験や曲げ疲労試験にて評価されるのが一般的である.しかしサーマルクラックのようなひずみ速度が低く载荷休止期間のある現象では応力緩和が生じていると推察されて,実現象に対して上記の試験結果では破壊時ひずみといったひび割れに対する抵抗性を過小評価していることとなる.応力緩和は粘弾性体が有する特徴のひとつに挙げられるが,アスコンがその機能を有するのはアスファルトバインダが粘弾性体であるからで,アスコンに外力が採用した際に実際に変形するのがバインダであるからだ.

そこで本研究では,試験の再現性や簡便性の高い幾つかのバインダ性状評価試験に着目した.当研究室によって提案されている荷重測定型伸度試験(Force Ductility Test : 以後, FDT)は従来の伸度試験機にロードセルを搭載し,供試体延伸時の荷重と変位を測定する試験である.また,米国試験材料協会(ASTM : American Society for Testing and Materials)に規定された Elastic Recovery Test(以下 ERT)も従来の伸度試験機を流用しており,試験結果から弾性回復率が指標値として得られる.弾性回復率は改質アスファルト製造時にポリマーの添加量を決める指標であったり,塑性変形抵抗性を評価する指標として用いられているが,応力緩和性状との関連性も示唆されてきた.もし弾性回復率と応力緩和性状との間に相関性が確認されれば,ERTを用いて容易に応力緩和性状を評価可能となる.

すなわち本研究では,弾性回復率を用いて間接的に応力緩和性状の評価を行うことを目的とし,ERT実施時に FDT の試験装置を流用することで供試体延伸時の荷重-変位曲線,延伸停止後の荷重低下の様子を記録し,これを基に実際の応力緩和時間を求め弾性回復率との比較を実施した.さらに FDT の結果と比較することで疲労ひび割れ抵抗性と弾性回復率,応力緩和性状との関係について検討を行った.

2. 試験方法及び条件

使用するアスファルトバインダは現在一般的に使用されている以下の2種類のアスファルトを検討対象とした.また,ポリマー含有量の違いによる差を検討すべく,両者を7:3, 5:5, 3:7の割合で混合し,計5種類のバインダを用意した.

ERT と FDT は図-1 に示すように供試体作製に用いる型枠の形状は異なるものの,伸度試験機は FDT と供用で一般的な伸度試験と異なりロードセルを搭載した荷重測定型伸度試験機を用いて実施する.そのため変位と併せてバインダ延伸時に発生する荷重を測定する.

以下に ERT と FDT の試験条件を示す.

表-1 ERT の試験条件

試験温度(°C)	15
試験速度(mm/分)	50
養生時間(分)	90
試験数	N=3

表-2 FDT の試験条件

試験温度(°C)	10
試験速度(mm/分)	50
養生時間(分)	90
試験数	3



図-1 試験に用いる型枠

3. 結果及び考察

表-3 に ERT 及び FDT よりえられた値を示す.

ポリマーの含有量が増加するに伴い,アスファルトにはより高い粘性と粘結力が付与され弾性回復率が高くなることが認められた.その逆に応力緩和時

間は応力を緩和しにくくなりポリマーの含有量が増加に伴い緩和時間は長くなる傾向にある。

表-3 各試験結果

検討項目 配合割合	弾性 回復率 (%)	応力緩和 時間(s)	FD 値 (N・mm)
StAs	18	13	381
StAs:MAAs II 7:3	38	20	2418
StAs:MAAs II 5:5	49	23	3819
StAs:MAAs II 3:7	55	24	5261
MAAs Type II	65	36	7389

これらの値の関係性を図-2, 図-3 に示す。

弾性回復率と応力緩和時間との間には良好な相関性が確認でき、より取得の簡便な弾性回復率を用いることで供試体の有する応力緩和性状を間接的に評価可能といえる。また、ポリマーの含有量増加に伴い混合物の疲労破壊抵抗性が向上することが知られており、FD 値も高くなる。また ERT の結果より、ポリマーの含有量が増加すると弾性回復率は高くなる傾向にあり、両者との間には何らかの関連性があると推測でき、FD 値と弾性回復率との間には高い相関性が認められた。

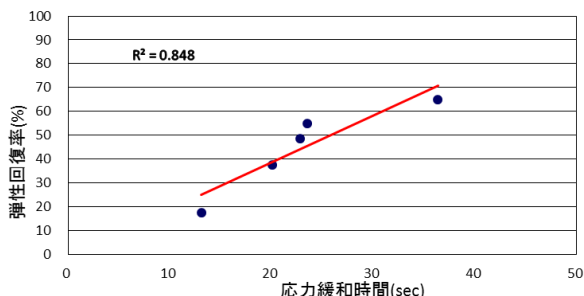


図-2 弾性回復率と応力緩和時間の関係

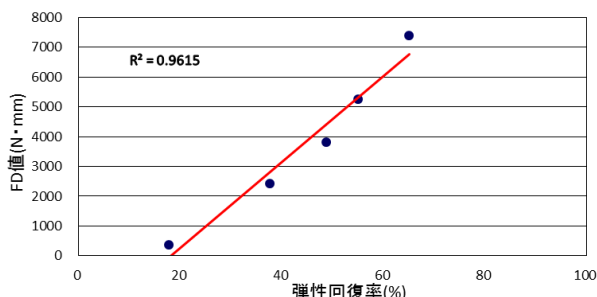


図-3 弾性回復率と FD 値の関係

実現における応力緩和の寄与率や、応力緩和を考慮した破壊に至るまでのメカニズム等は明らかとなっていないが、以下に疲労破壊抵抗性および引張強度の発現に関して考察する。ポリマーが添加され

ることでアスファルトにはより高い粘性と粘結力が付与され、その結果として、外力に対して高い変形抵抗性を発揮し破壊時強度が向上する。残留応力が高いのは延伸時に高い復元力を発揮するためあるが、それと同時に高い粘結力も付与されているため、長期間に亘って高い残留応力に曝されても破断に至ることなく、かつ応力を緩和し続けるため、結果として高い耐久性を発揮すると推測される。

ひずみ速度の遅いサーマルクラックなどでは、十分な応力緩和が期待できる一方、高い粘結力を有する材料の方が長期間に亘って高い残留応力に曝されても破壊せず耐えるため、ポリマー含有量が多く高い粘結力を有する材料の方が耐久性に優れる結果となる。

4. まとめ

本研究では比較的ひずみ速度の小さい変形作用によって生じるひび割れ抵抗性への応力緩和性状の影響を評価するためにアスファルトバインダを用いた試験を行った。

ERT 試験を実施することで弾性回復率を求めそれが応力緩和時間と高い相関関係にあり、ERT の試験結果である弾性回復率からアスファルトの応力緩和性状を間接的に評価可能であるという結論に達した。

ポリマーを多く含む材料においては高い復元力に加えて高い粘結力も付加されるため、弾性回復率が高く耐久性も高い。一方で高い復元力は残留応力が高くなることにもつながり、応力が緩和しにくくなることも確認された。

本研究で対象としたのは新規のアスファルトバインダのみである。経年劣化によって硬化した材料は延伸時に要する荷重が高くなり、見かけ上弾性回復率が高くなることが推測されるが、脆化が進行しているため早期に破壊に至ることが予想される。

劣化に伴い硬化した材料の試験は困難であるため、試験温度やひずみ速度を変更しマスターカーブを作製する等、幅広い材料に対応できるよう、またその妥当性について検証する必要があるが、今後の課題としたい。

参考文献

- 1) 阿部頼政：アスファルトの粘弾性,道路技術者のアスファルト講座,Vol.17.No.95 pp53-57
- 2) 間山正一,菅原照雄：エポキシアスファルト混合物の応力緩和性状について土木学会論文報告集 第 275 号,pp113-pp121,1978
- 3) 岩野幸太：荷重測定型伸度試験におけるデータ処理方法の提案,長岡技術科学大学卒業論文 2014