

繰返しねじりせん断試験による室内劣化アスファルト混合物の性状評価

神戸大学
鹿島道路（株）
阪神高速技術（株）
阪神高速道路（株）

正会員 ○横田 慎也, ロハニ タラニディ, 澁谷 啓
加藤 剣 , 鎌田 修
塚本 成昭, 久利 良夫
小瀬 詠理, 青木 康素

1. はじめに

アスファルト（以下、As）混合物は、供用に伴う様々な劣化因子の影響を受けて性状が変化するため、その性状を具体的に把握することは舗装の適切な維持管理を行う上で重要である。また、既設のAs舗装から採取した供試体から直接状態を把握できればより適切な評価が可能となると考えられる。筆者らは、これまで繰返しねじりせん断試験に基づいたAs混合物の性状評価手法を開発¹⁾し、当該試験からAs混合物の劣化評価に資する疲労破壊抵抗性や耐流動性などを評価できることを確認してきた。本研究では、室内試験にて供用中の混合物劣化を模擬した様々な負荷を与えた供試体を用いて繰返しねじりせん断試験を実施し、試験結果に与える影響について確認するとともに、併せて実施した各種試験結果との関係を確認することで繰返しねじりせん断試験から得られる各指標の有効性について考察した。

2. 室内劣化方法

室内劣化方法は、As 単体で劣化させる方法、As 混合物で劣化させる方法など様々な手法が存在するが、本研究では、現場の劣化と近い状況を再現することを目的に、締め固めた As 混合物での劣化方法を採用することとした。劣化の際には 300×300×50(mm)の板状供試体にて各種劣化を実施し、その後φ100×h50(mm)の切取りコアを採取した。

(1)熱劣化方法：熱劣化は、AASHTO Designation: R30-02 の Long-Term Conditioning を参考に、85℃の恒温乾燥炉にて 20 日および 90 日の養生を行った。乾燥炉に入れる際は、写真-1 のように、直接温風が供試体に当たらないようにアルミホイルで保護した。

(2)水劣化方法：水劣化は、既往の研究²⁾を参考に、真空ポンプで 24 時間の強制浸水（写真-2）を実施した後、60℃恒温水槽中に 7 日および 14 日の水浸養生を行った。

(3)トラバース走行：輪荷重走行による As 混合物の性状変化を確認することを目的に、未劣化あるいは上述の劣化を与えた供試体に、ホイールトラッキング（以下 WT）試験によるトラバース走行を実施した。試験温度は 60℃、走行時間は 6 時間とした。

3. 試験条件

As 混合物はポリマー改質 AsII型を用いた密粒度 As 混合物とした。As 量は 5.4%である。繰返しねじりせん断試験方法の詳細は既報¹⁾に示すとおりであり、試験条件は表-1 の通りとした。本試験は、図-1 に示す载荷回数と平均せん断ひずみとの関係が得られるが、本研究では破壊点での载荷回数（以下、破壊回数）および、流動直線の勾配の 2 つの指標を用いた。なお、破壊回数は As 混合物の長寿命性を、流動直線勾配は耐流動性を評価する指標である。また、繰返しねじりせん断試験結果と比較するために WT 試験および DSR 試験を実施した。なお、DSR 試験は舗装調査・試験法便覧 A062 に準拠するとともに、表-2 に示す試験条件で実施した。DSR 試験の試料は、各種劣化が終了した板状供試体から回収した As を用いた。本研究では、DSR 試験から得られる指標の内、物質の硬さを表す指標とされる複素弾性率の絶対値 $|G^*|$ と、動的安定度と相関性が高いと言われている $|G^*|/\sin\delta$ （ δ は位相角）を用いた。



写真-1 熱劣化養生状況



写真-2 強制浸水状況

表-1 繰返しねじりせん断試験条件

項目	内容	備考
トルク	42Nm	
载荷波形	ハーバーサイン波	载荷時間0.1秒 休止時間0.7秒
軸方向変位	拘束状態	初期軸荷重 20N
温度	60℃	水浸養生

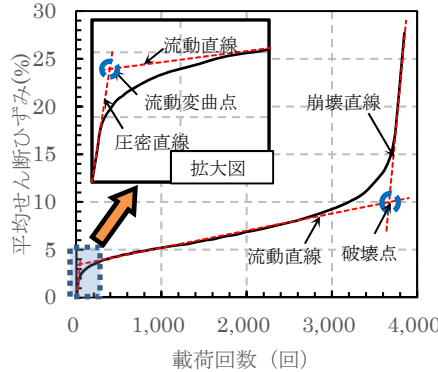


図-1 载荷回数-平均せん断ひずみ

Key words : 繰返しねじりせん断試験, アスファルト混合物, 熱劣化, DSR 試験, $|G^*|/\sin\delta$
連絡先 : 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1, TEL : 042-483-0541, FAX : 042-487-8796

4. 試験結果

(1) 繰返しねじりせん断試験における破壊回数および流動直線勾配

図-2 に繰返しねじりせん断試験結果を示す。熱劣化では未劣化に比べ破壊回数は多くなった。また、流動直線勾配は小さくなる、すなわち耐流動性が向上する傾向を示した。さらにトラバース走行を加えると、破壊回数は多くなり流動直線勾配は小さくなった。一方で、水劣化では未劣化に比べ破壊回数は少なくなり、流動直線勾配は大きくなった。また、水劣化にトラバース走行を加えると、破壊回数に大きな変化はなく流動直線勾配はやや大きくなる傾向を示した。

(2) 動的安定度と繰返しねじりせん断試験結果との関係

図-3にWT試験の動的安定度（DS）と、繰返しねじりせん断試験の流動直線勾配との関係を示す。DSが大きくなると流動直線勾配が小さくなる、すなわち耐流動性が向上する傾向にあり、動的安定度と有意な相関があることが確認された。なお、破壊回数とDSに有意な相関があることも確認しているが、当該試験は、载荷過程において疲労や塑性変形、はく離などが複合して進行し破壊に至ると考えられることから、疲労破壊抵抗性の指標としている破壊回数とDSにも相関が認められたものと考えている。

(3) DSR試験と繰返しねじりせん断試験結果との関係

図-4に $|G^*|$ と破壊回数との関係を、図-5に $|G^*|/\sin\delta$ と流動直線勾配との関係を示す。ここで、それぞれの図中には、試験結果全体の近似曲線および、水劣化を除いた際の近似曲線を併記している。

図-4より、 $|G^*|$ が大きくなると破壊回数が多くなる傾向となり、両者には有意な相関が認められた。また図-5より、DSと相関が高いと言われている $|G^*|/\sin\delta$ が大きくなると流動直線勾配は小さくなる（耐流動性が大きくなる）傾向が得られ、流動直線勾配が耐流動性の評価指標として有効であることが改めて確認できた。

ここで、水劣化に着目すると、本研究の範囲においては、 $|G^*|$ や $|G^*|/\sin\delta$ が未劣化供試体とほぼ同じであるにも関わらず、破壊回数は小さくなり、流動直線勾配は大きくなっている。また、近似曲線は水劣化を除いた場合の相関係数が比較的高い傾向を示していることもわかる。これは、熱劣化はAsの性状変化が疲労耐久性や耐流動性などの力学性状に直接影響するのに対し、水劣化はAs混合物中の骨材とAsとはく離現象と考えられることから、Asの性状変化がAs混合物の力学性状に与える影響は熱劣化に比べ小さいことを示唆しているものと思われる。

5. まとめ

本研究により、室内で様々な負荷を与えたAs混合物の力学性状を繰返しねじりせん断試験で評価できることが確認できた。今後は、実道から採取したコアを用いて路面性状との関係を把握し、具体的な劣化評価指標を検討していきたい。なお本研究は、神戸大学、阪神高速道路、阪神高速技術、鹿島道路の共同研究成果の一部である。【参考文献】1)横田他：繰返しねじりせん断試験を用いたアスファルト混合物の評価手法に関する基礎研究、土木学会論文集E1（舗装工学）、Vol.75, No.2（舗装工学論文集第24巻）、I_185-I_193, 2019 2)東ほか：アスファルト混合物のはく離抵抗性評価方法に関する研究、道路建設、No.672, pp.32-38, 2004.1.

表-2 DSR 試験条件

項目	条件
プレートタイプ	平行円盤
プレート直径	25mm
試料厚さ	2mm
試験温度	60℃
周波数	1.0rad/s
ひずみ	1.0%

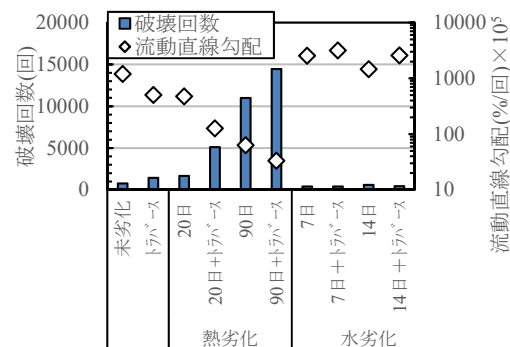


図-2 繰返しねじりせん断試験結果

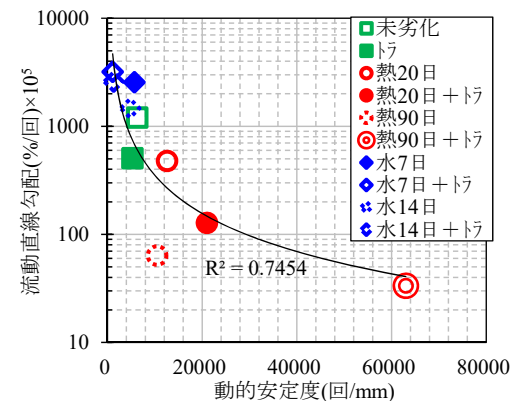


図-3 動的安定度と流動直線勾配との関係

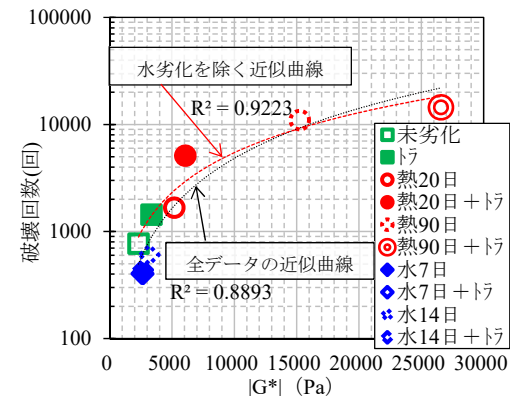


図-4 $|G^*|$ と破壊回数との関係

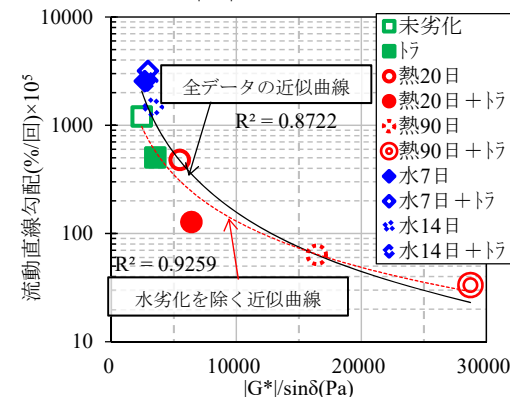


図-5 $|G^*|\sin\delta$ と流動直線勾配との関係