

アスファルト混合物発生材の再生資源化に関する研究

日大生産工（院）○町田 栄一 日大生産工（院）加納 陽輔
日大生産工（院） 土井 啓徳 日大生産工 栗谷川 裕造

1. はじめに

現在，わが国では環境保全や資源の枯渇化・最終処分場の逼迫などの観点から，あらゆる分野で資源の有効利用が強く望まれている．道路舗装の分野においても例外ではなく，維持・修繕工事に伴って大量に発生するアスファルト混合物発生材（以下，発生材）の適正処理および有効利用を積極的に進めていかなければならない．過去の研究から再生アスファルト混合物（以下，再生アス混）の性質として，流動抵抗性の向上効果，耐水性の向上効果などが確認されているが，一方では旧バインダーの硬化現象によりひび割れ抵抗性に欠け，長期供用下においての耐久性に課題があることが指摘されている．本研究では，以上のことを踏まえ室内劣化発生材・供用劣化発生材を配合した再生アス混（30%，50%，70%）に対して，改良・修繕工法の一つである舗装用強化シート（以下，シート）を用いて各種工学的試験を実施し，再生アス混に対するシート工法の有効性および的確な発生材混入率についての検討を行った．

2. 供試体

2-1. アスファルト混合物

本研究に用いた混合物はアスファルト舗装要綱に記載されている StAs60～80，最大粒径 13mm の密粒度アスファルト混合物で，発生材は供用中の物性劣化と針入度指標において同程度とするため，室内で強制熱劣化（70 で 7 日間）させた発生材と実際の現場から採取した供用劣化発生材を重量比で 30%，50%，70% 混入させたものを用いた．なお供試体の構成および名称は表 - 1 に示す通りで，混合物（新骨材のみ，室内劣化発生材混入，供用劣化発生材混入）に対し，それぞれシート挿入・非挿入の計 14 種類である．各試験用供試体の作製は舗装試験法便覧に準じて行った．

2-2. 舗装用強化シート

舗装用強化シートは再生アスファルト混合物の破断

表 - 1 供試体構成および名称

供試体名	配合材料名	発生材混入率	強化シート
V-N	新骨材	0%	×
V-S			○
S30-N	室内劣化発生材	30%	×
S30-S			○
S50-N		50%	×
S50-S			○
S70-N		70%	×
S70-S			○
K30-N	供用劣化発生材	30%	×
K30-S			○
K50-N		50%	×
K50-S			○
K70-N		70%	×
K70-S			○

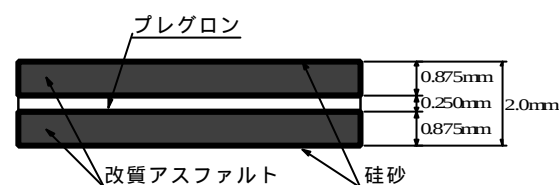


図 - 1 APR シートの構成

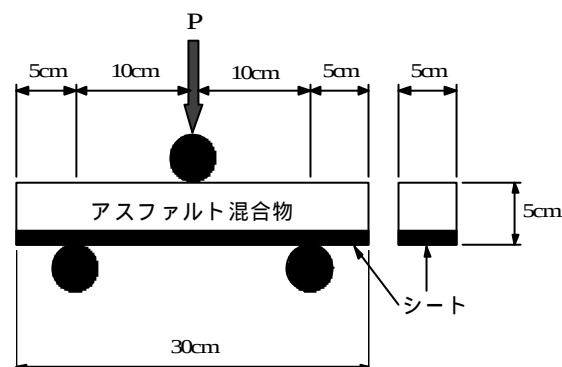


図 - 2 単純曲げ試験概略図

表 - 2 単純曲げ試験条件

制御方法	位置制御
載荷速度(mm/min)	50
試験温度()	-10,0,5,10,15,20,30
養生時間	6時間以上

時のひずみを考慮して、破断強度が高く、破断ひずみの小さい APR シートを用いた。シートの構成は図-1 に示す通りであり、直角方向に引きそろえたガラス長繊維ポリプロピレンシートの両面に改質アスファルトを塗工した複合シートである。

3. 試験方法

3-1. 標準・水浸マーシャル安定度試験

基本的な混合物単体での安定度の比較評価および耐水性に関する比較評価を標準・水浸マーシャル安定度試験より行った。試験方法および試験条件は、舗装試験法便覧に準じて実施した。

3-2. 針入度推定試験

再生骨材中の旧バインダーの性状判定方法として、マーシャル安定度試験を応用した針入度推定試験を行った。試験方法および試験条件は、プラント再生舗装技術指針に準じて実施した。

3-3. ホイルトラッキング試験

流動抵抗性に関する比較評価として、室内シミュレーション試験の一つであるホイルトラッキング試験（以下、WT 試験）を行った。本試験でのシート挿入位置は供試体底面とし、試験方法および試験条件は試験法便覧に準じて実施した。

3-4. 単純曲げ試験

単純曲げ試験における破壊時の曲げ強度および曲げひずみより、ひび割れ抵抗性による比較評価を行った。試験概略図ならびに試験条件は図-2、表-2 に示す通りである。

3-5. 繰返し曲げ試験

疲労特性に関する比較評価として片振りによる繰返し曲げ試験を実施した。供試体ならびに試験装置は単純曲げ試験と同様のものを用い、試験温度 10℃、荷重制御により 5Hz の h-sin 波形を 載荷した。試験概略図ならびに試験条件は図-3、表-3 に示す通りである。

4. 試験結果および考察

4-1. 標準・水浸マーシャル安定度試験

標準・水浸マーシャル安定度試験結果を図-4、図-5 に示す。グラフより、室内・供用劣化発生材ともに混入率増加に伴うマーシャル・水浸安定度の上昇傾向が確認された。また、残留安定度に関しては両発生材ともに 50%混入までは上昇傾向が見られたが、混入率 70%にお

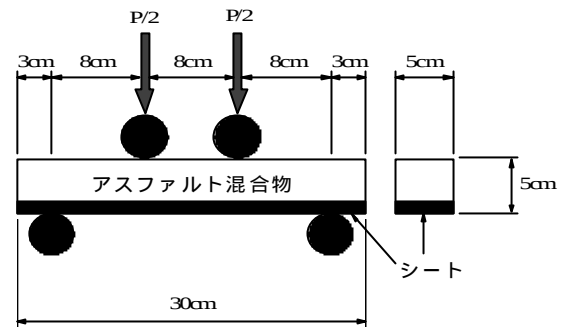


図-3 疲労試験概略図

表-3 疲労試験条件

制御方法	荷重制御
波形	h-sin波形
周波数(Hz)	5
試験温度(℃)	10
養生時間	6時間以上

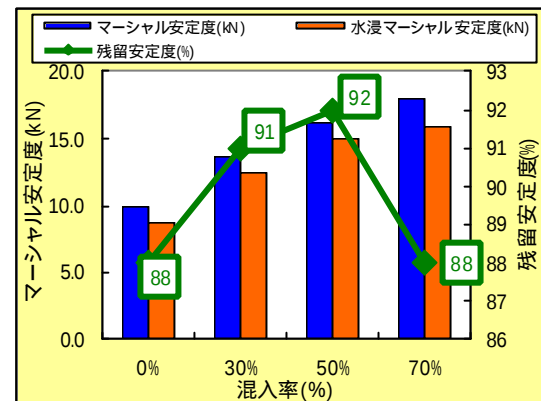


図-4 標準・水浸マーシャル安定度（室内発生材）

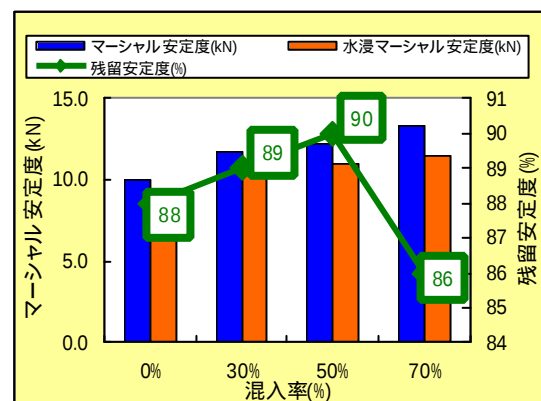


図-5 標準・水浸マーシャル安定度（供用発生材）

いて低下することから，再生混合物のバインダーの硬化現象により靱性が低下することが考えられる．ただし，残留安定度の基準値である 75%以上は十分満足している．

4-2. 針入度推定試験

発生材混入率と針入度の関係を図-6 に示す．グラフより双方の発生材ともに発生材混入率の増加に伴う針入度の減少傾向が認められ，再生バインダーの硬化現象が確認された．

4-3. ホイルトラッキング試験

図-7，8 は各供試体の動的安定度（以下，DS）および圧密変形量を示したものである．DSを基準供試体である V-N を 1 として比較すると 室内発生材では約 1.7 ～ 3.0 倍，供用では約 3.1 ～ 6.8 倍の増加が確認され，さらにシートを挿入することで約 1.5 倍程度の増加となった．また，圧密変形量について同様に比較すると，発生材混入率の増加に伴い変形量が減少傾向になることが確認された．

4-4. 単純曲げ試験

図-9，10，11，12 は各供試体における破壊時の曲げ強度および，ひずみと温度の関係を示したものである．室内劣化発生材および供用劣化発生材ともに発生材混入により 5 程度の破壊温度の上昇が確認され，グラフの傾向より再生混合物は感温性が低くなることが確認された．以上より，再生アス混単体ではひび割れ抵抗性に欠け，たわみ追従性に劣るということが認められたが，シート挿入により各温度で 2 ～ 7Mpa 程度の曲げ強度の増加ならびに曲げひずみの向上効果が確認された．

4-5. 繰返し曲げ試験

図-13 は繰返し曲げ試験における破壊回数と破壊時の累積変形量を示したものである．V-N，V-S の比較より，シート挿入により破壊回数が増加することからシート工法の有効性が認められた．また，両発生材ともに，シート非挿入供試体では発生材混入率の増加に伴い破壊回数と累積変形量の減少傾向が確認されたが，シート挿入供試体では双方の発生材ともに混入率 50% までは破壊回数が増加することが確認された．しかし，混入率 70% において破壊回数が減少する傾向となることから，発生材混入率の増加に伴う靱性の低下が認められるが，V-S と比較して同等以上の値を示している．

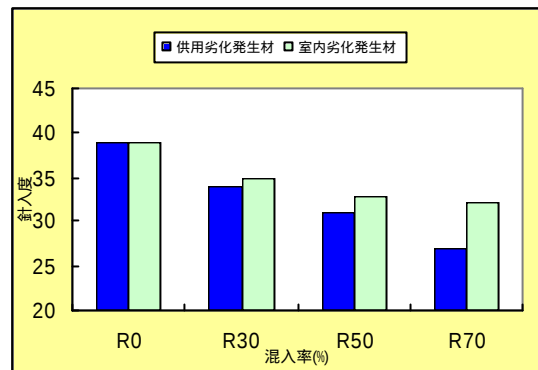


図-6 推定針入度

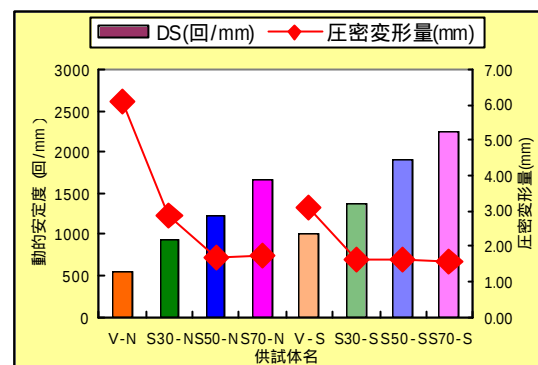


図-7 動的安定度および圧密変形量
(室内劣化発生材)

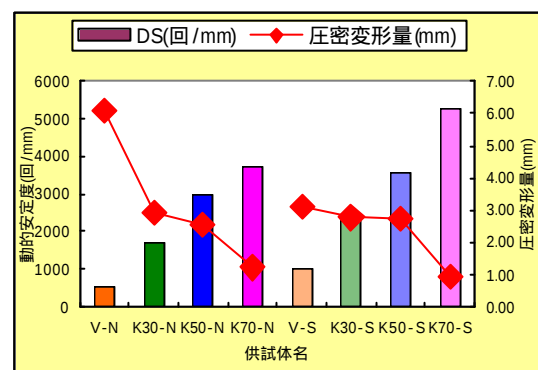


図-8 動的安定度および圧密変形量
(供用劣化発生材)

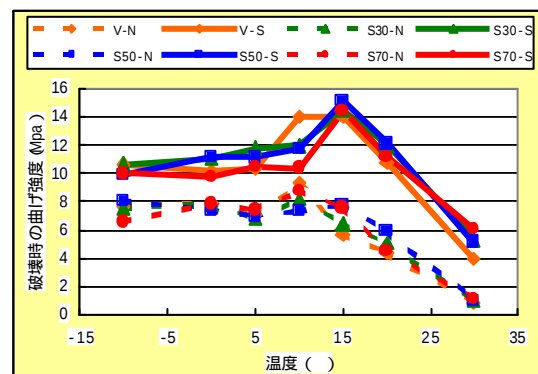


図-9 曲げ強度と温度の関係
(室内劣化発生材)

5. まとめ

(1)標準・水浸マーシャル安定度試験および針入度推定試験より，室内・供用劣化発生材ともに旧バインダーの硬化現象による針入度の低下ならびに安定度の増加傾向が認められた．また，混入率 70%においては残留安定度が小さくなることが確認された．(2)WT試験より，発生材の混入およびシート挿入による流動抵抗性の向上効果，圧密変形量の抑制効果が確認された．(3)単純曲げ試験より，シート挿入による再生アス混の曲げ強度の増加ならびに，ひび割れ抵抗性の向上効果が確認された．(4)繰返し曲げ試験より，シート挿入による耐久性の向上効果，ひび割れ抵抗性の改質効果が確認された．しかし，混入率 70%においては破壊回数が減少傾向になることから靱性の低下が大きいと考えられる．

6. 総合評価

本研究より，室内および供用劣化発生材の対比において同等の試験結果が得られ，再生アス混に対してシート工法が有効であることが推察でき，実路においての有効性が大いに期待できる．しかし，発生材の混入率を多くしていくことにより靱性の低下が懸念されることから，カンタブロ試験やラベリング試験等により骨材飛散抵抗性，磨耗抵抗性等を考慮した混入率の検討がさらに必要であると考えている．今後の課題として，実路を考慮した試験条件によるデータの蓄積と解析，再生添加剤あるいは各種改質アスファルトでの比較検討，舗装発生材の再々利用対しての検討が必要である．

<参考文献>

- 1)(社)日本道路協会：アスファルト舗装要綱，舗装試験法便覧，プラント再生舗装技術指針
- 2)Y,KURIYAGAWA:Aproposal for the Application of Reinforcement Sheeting to Ensure Effective Use of Reclaimed Asphalt Pavement, Journal of Pavement Engineering, JSCE VOL.8, pp 107-114, 2003
- 3)吉野正弘：アスファルト混合物発生材の再資源化に関する研究，土木学会第 59 回年次学術講演会，2004，5-652
- 4)栗谷川裕造：「繰返し曲げ試験による舗装用混合物の材料定数推定に関する研究」土木学会論文集，第 564 号，V-35，pp211-220, 1997

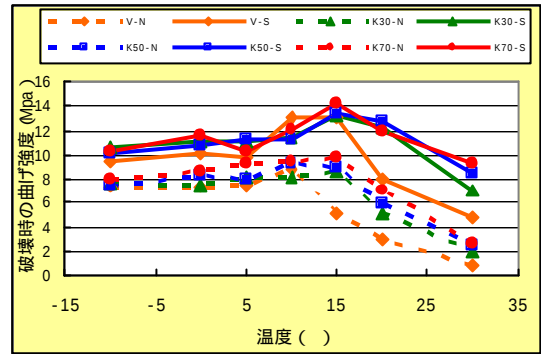


図-10 曲げ強度と温度の関係
(供用劣化発生材)

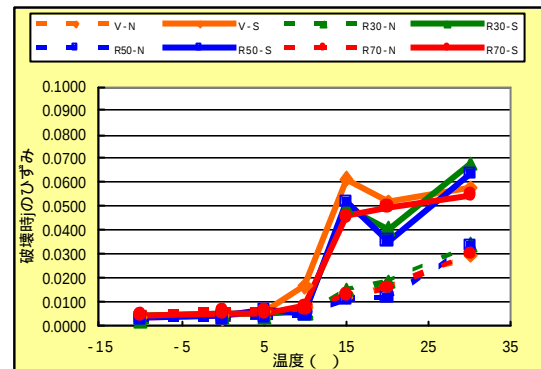


図-11 ひずみと温度の関係
(室内劣化発生材)

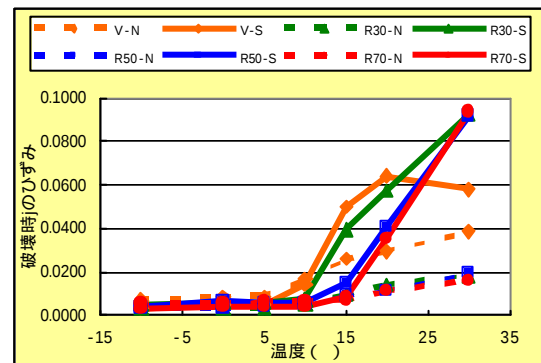


図-12 ひずみと温度の関係
(供用劣化発生材)

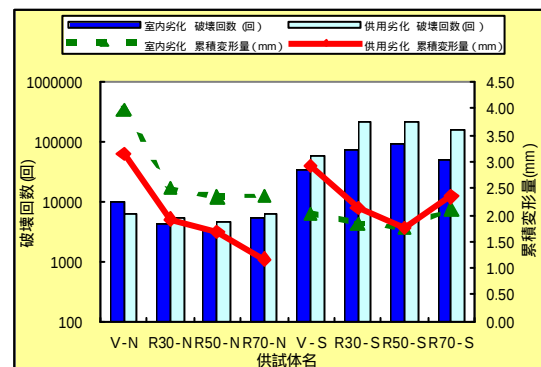


図-13 破壊回数と累積変形量