

各種古紙を有効利用した新しい舗装材料の開発の検討

福岡大学工学部 学生会員 田崎 逸人 西 将太郎

福岡大学工学部 正会員 佐藤 研一 藤川 拓朗 古賀 千佳嗣

㈱リアライズ

駒津 慎

1.はじめに 古紙は再生紙をはじめとした再生資源として貴重な資源である。現在、日本の紙生産量は年間約 2,600 万 t であり、回収された古紙の再利用は行われているものの、利用率は約 60% となっている¹⁾。一方、ドイツでは、舗装分野の技術である碎石マスタックアスファルト(以下、SMA と表記)を製造する際に、ダレ性状の改善を目的とし古紙を粉碎した解砕繊維が配合される²⁾。しかし、解砕処理に多額の費用がかかってしまうため、日本において SMA を敷設する際に使用される添加材は、植物繊維が主流となっている³⁾。そこで本研究では、現状の古紙を有姿のままアスファルト混合物の添加材として使用することによる、材料特性の向上を目的として検討を行う。しかし、有姿での古紙種類は多岐に分かれ、アスファルト混合物との相性や適合性等、現段階での選定は困難である。そこで、本検討においては、形状の異なる古紙を混合物内に混合し、その材料特性の変化から実験的に検討を行った結果について報告を行う。

2. 実験概要

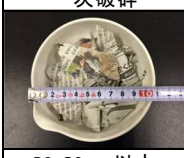
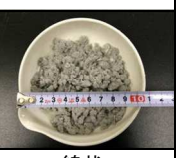
2-1 実験に用いた材料 本検討では、各種骨材を用いて密粒度アスファルト混合物(13mmTop)を作製した。表-1 に配合割合を示す。バインダにはストレートアスファルト 60/80 を用いた。アスファルト混合物として使用する添加材には一般的に多く解砕処理されている新聞紙の一次破碎、二次破碎を用いた。また、SMA をはじめとしたアスファルト混合物への添加材としては、植物性、化学性の繊維質添加材が大半を占めている。そこで今回の検討においては、有姿の古紙の中でも最も繊維質を多く含む解砕古紙についても添加材としての検討を行った。表-2 に添加材として用いた古紙の外観・形状を示す。

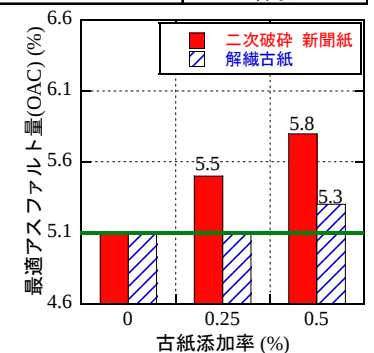
表-1 配合割合

材料種	配合率(%)
6号碎石	36.3
7号碎石	23.0
粗砂	23.0
細砂	10.0
石粉	7.7
計	100.0

2-2 実験方法 古紙の添加が混合物の材料特性に与える影響について評価するために、マーシャル試験及びカンタブロ試験を行った。マーシャル試験には、直径 101.6mm、厚さ 63.5±1.3mm の円筒形混合物供試体を作製し、60℃一定の恒温水槽内で 30 分間水浸させ、その後規定の載荷速度 50mm/min にて載荷を行い、密度、安定度、フロー値、飽和度、空隙率を求めた。カンタブロ試験では同様の供試体を使用し、ロサンゼルス試験機により回転・落下をさせ 0, 50, 100, 200, 300 回目で供試体重量を測定し、試験前後の供試体重量を比較することで得た骨材損失率から、古紙を添加した混合物の骨材飛散抵抗性について検討を行った。供試体作製の際、締固め回数は両面 50 回であり、アスファルト混合物の混合温度は 160℃、締固め温度は 140℃にて作製した。

表-2 添加材として用いた古紙の外観・形状

新聞紙		解砕古紙
一次破碎	二次破碎	
		
30×30mm以上	10~30×10~30mm	綿状



2-3 最適アスファルト量 (OAC) の算出 実験条件の設定にあたり事前検討として二次破碎新聞紙及び解砕古紙の OAC を算出した。図-1 に各種古紙添加による OAC の変化を示す。二次破碎新聞紙は古紙添加率の増加に伴い増加する傾向にあり、OAC は最大で 0.7%増加した。添加率 1.0%の配合時にはアスファルト混合物としては脆性的になり、材料特性を満足出来なかったため除外した。解砕古紙は場合は、添加率 0.25%の配合時には OAC が変化せず、添加率 0.5%の配合時には 0.2%増加した。

図-1 古紙添加による OAC の変化

表-3 実験条件

添加材の種類	古紙添加率 (%)	アスファルト量 (%)	検討試験項目
一次破碎 新聞紙	0	5.1	マーシャル試験 カンタブロ試験
二次破碎 新聞紙	0.25		
解砕古紙	0.5		

2-4 実験条件 表-3 に実験条件を示す。各種の古紙添加率は 0, 0.25, 0.5% の 3 条件にて評価を行った。アスファルト量の設定量は、アスファルト量の増加による混合物のコストを考え、古紙無添加時の OAC である 5.1%とした。検討試験は同様の供試体を用いるが、事前に算出した OAC を用いることで、解砕古紙の添加材としての効果を横断的に評価することを目的とした。

3. 結果及び考察

3-1 材料混合時間における作業性への影響 図-2 に古紙添加率と材料混合時間の関係を示す。材料の混合が完了するまでの時間は目視により均一に混合できた時の時間とした。材料混合時間において、一次破碎は二次破碎と比較すると、古紙添加率が増加するに伴い材料の混合時間が大きく増加し、一次破碎新聞紙は約2分増加した。一方、二次破碎新聞紙と解繊古紙は古紙添加率の増加に伴う作業時間は1分弱長くなったもののその差は小さかった。このことから、二次破碎新聞紙と解繊古紙はアスファルト混合物との適合性が非常に高いことが分かった。

3-2 古紙添加による密度への影響 図-3 に古紙添加率と供試体の密度の関係を示す。一次破碎、二次破碎新聞紙を添加した場合は、古紙添加率の増加に伴い大きく低下した。これは混合物中に比重の小さい古紙が混入したことにより、十分な締固めが難しくなり供試体の密度が低下したと考えられる。解繊古紙を添加した場合は、一次破碎、二次破碎新聞紙と比較し綿状で細かく、アスファルト中に溶け込みやすいため古紙添加率の増加に伴う密度の低下はほとんど見られなかった。

3-3 古紙添加による安定性への影響 図-4 に古紙添加率と安定度の変化を示す。一次破碎、二次破碎新聞紙の配合条件において、安定度は16~18kN付近で一定であることから、古紙の添加による安定性への影響が小さいことが分かった。一方、解繊古紙を添加した場合は、古紙添加率に伴い低下する傾向を示した。しかし、いずれの古紙においても規定値4.9kNを大きく上回っており、安定性に問題は無いことが分かった。

3-4 古紙添加による骨材飛散抵抗性への影響 図-5 (a) (b) に古紙添加率毎の骨材損失率の関係を示す。カンタブロ試験より得られた骨材損失率は、一次破碎、二次破碎新聞紙においては、古紙を添加することで若干の損失程度の増加が見られた。これは3-3で述べた古紙添加率の増加に伴う密度の低下により、空隙率が増加し材料間の付着力の低下が原因であると考えられる。また、一次破碎、二次破碎新聞紙の供試体の密度の差が骨材損失率の差に影響すると考えられる。しかし、いずれの配合条件においても規定値の20%以下を十分に満足しており、古紙の添加による混合物の凝集性の低下は小さいことがわかる。解繊古紙を添加した場合は、無添加の検体より低い骨材損失率を示し、骨材飛散抵抗性の向上がみられた。解繊古紙はほぼ全てが繊維質により構成されるため、アスファルト混合物との適合性が非常に良好であり、古紙添加率の増加に伴う密度の低下もほとんど見られず、締固め性の低下が発生しなかったのではないかと考えられる。

4. まとめ 1) 古紙の添加率増加に伴いOACが増加し、その変化幅は古紙の形状が大きいほど大きく変化することが示唆された。2) アスファルト混合物への古紙の添加による安定性の影響は低い。しかし、紙の比重の小ささから、密度低下をはじめとした空隙率の低下が著しく、混合物としての性能を満足するための古紙の添加率は、0.5%以下が限界であることが示唆された。3) 解繊古紙を添加したアスファルト混合物が、骨材飛散抵抗性の向上を示した。したがって、添加材として用いる古紙は、できるだけ繊維質状に解砕することによりアスファルト混合物との適合性が良好になり、アスファルト混合物の耐久性を向上させることが示唆された。

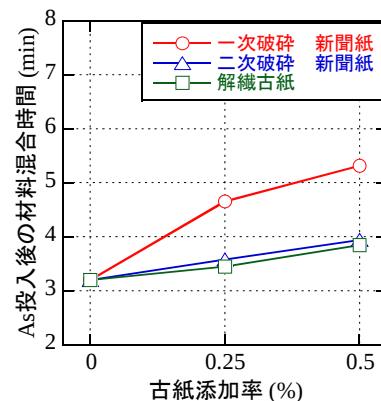


図-2 材料混合時間の変化

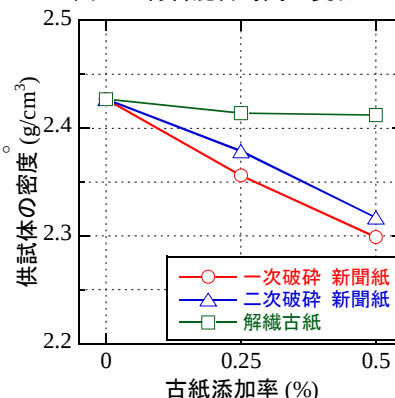


図-3 古紙添加による密度の変化

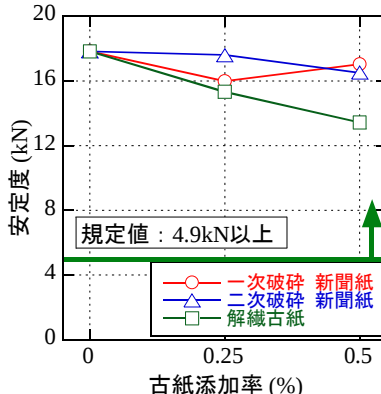


図-4 古紙添加による安定度の変化

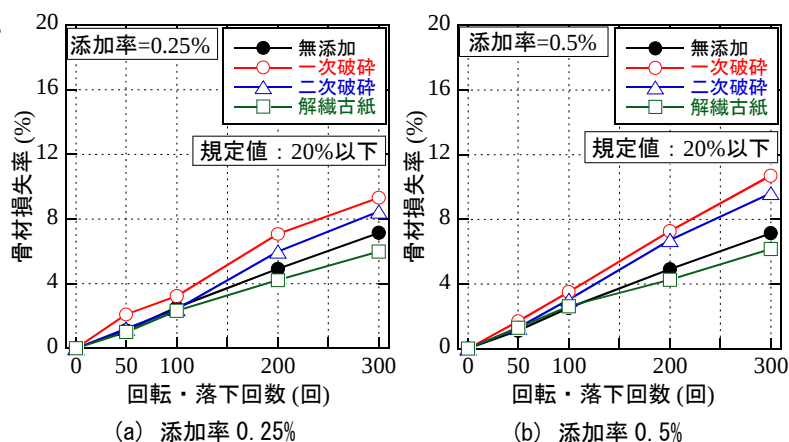


図-5 古紙添加による骨材損失率の変化