

東北工業大学大学院 学生会員 ○高野将志

東北工業大学 正会員 村井貞規

東北工業大学 正会員 竹内健二

1. はじめに

近年、ガラス瓶に比べて PET ボトルの需要が非常に高まっている。これは、同じ容量のガラス瓶に比べて PET ボトルが約 1/7～1/10 程度と軽量であり、強い衝撃にも耐えられる為である。そしてなにより、流通過程での輸送コストおよび輸送時に発生する CO₂ の削減にも大いに役立っている。また、PET ボトルを減容化することで輸送効率を向上させ、リサイクルコストや消費エネルギーの低減につながる利点がある。このためガラス瓶の需要低迷によりワンウェイ瓶が余剰傾向にあり、再びガラス瓶として利用される機会を失っている。これら地域内余剰ガラス瓶をエッジレスに粉碎したガラスカレットを地域内舗装用骨材として代用することによって、枯渇化する天然骨材の節減および長距離輸送による CO₂ の排出削減を図れることからガラス混合舗装を採用する動きが広がっている。

現在、アスファルト舗装廃材を用いた再生骨材製造の際、打撃による破碎方法が殆どである。ガラスカレットが含まれた舗装廃材の破碎を行なう上で、破碎方法によってはエッジレスに加工されたガラスカレットが鋭角となり安全性への問題が懸念される。このため、本研究ではガラスカレット混合舗装廃材を打撃破碎（インパクトクラッシャー）および解砕（ロールクラッシャー）それぞれの破碎方法によるガラスカレットのエッジ発生率を比較し、ガラスカレットが含まれた舗装廃材の再利用に適合した破碎方法について報告する。さらに、ガラス混合アスファルト舗装を採用する際に所定の強度が必要とされるため、地域内舗装としての機能性を確認するためホイールトラッキング試験を実施し、締固め率及び動的安定度について実験考察した。

2. 研究概要

図-1の研究概要フローチャートに示した工程のように試験を実施した。打撃（以降 A と簡略）および解砕（以降 B と簡略）による、異なる破碎方法によって製造された再生骨材を用いガラスカレット入り実験混合物を作製する。作製した供試体を擬似アスファルト舗装廃材とし、再び A および B それぞれの破碎方法により砕き、ガラスカレット入りの再生骨材の骨材粒度を調べる。配合設計段階での骨材粒度とガラスカレット入り擬似舗装廃材での骨材粒度の細粒化率の比較をそれぞれ A・B について行なう。顕微鏡写真・走査電子顕微鏡（以降 SEM と簡略する）画像によって A・B によるガラスカレットのエッジ発生率（破損率）および破断面状況を比較する。作製したガラスカレット入りホイールトラッキング供試体（ホイトラ供試体）の動的安定度と一般骨材使用によるホイトラ供試体の動的安定度を比較する。

3. 実験結果

使用材料配合表を表-1 に示した。図-1 のフローチャートに示した、A および B それぞれの破碎方法によって破碎したガラスカレット入り擬似アスファルト舗装廃材（ガラスカレット入りホイールトラッキング供試体）について、ふるい分け試験によって骨材粒度を比較したものを表-2 および図-2 に示す。図より、A による方が B に比べて、ふるい目開き 2.36mm から 0.075mm の範囲で再生骨材が細粒化していることが推定される。これは、現在主に使用されている A による破碎方法においては、再生骨材が細粒化しやすいことを示している。

ガラスカレット入り擬似アスファルト舗装廃材の A および B による破碎方法についてガラスカレットの細粒化率を顕微鏡写真を用いて比較した。ふるい目開き 2.36mm から 0.075mm の各粒度別による骨材中に占めるガラスカレットの比率を表-3 に示す。表より、A による破碎方法では、ガラスカレットが細粒化している。つまり、A によりガラスカレット

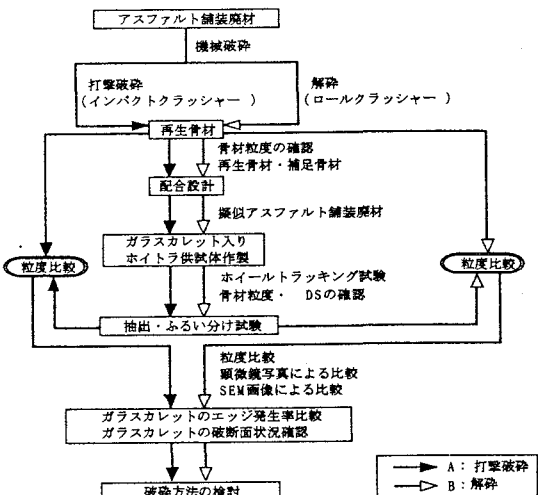


図-1 研究概要フローチャート

表-1 使用骨材配合表

項目	破砕方法	A (打撃破砕)	B (解砕)	C V密粒度	D R密粒度
各材料	再生骨材	70.0	90.0	—	75.0
	ガラス砂	10.0	10.0	—	—
配合率	6号砕石	13.0	—	36.7	15.0
	7号砕石	7.0	—	19.8	5.0
(%)	粗砂	—	—	31.4	5.0
	細砂	—	—	3.8	—
	石粉	—	—	6.2	—
合計	(%)	100.0	100.0	100.0	100.0
旧アスファルト量 RAs (%)		4.00	6.46	—	4.28
再生用添加剤 (%)		0.62	0.89	—	0.66
新アスファルト量 VAs (%)		1.38	—	6.72	0.99
設計As量 (%)		5.60	6.80	6.30	5.60

が粉碎され、エッジが発生したといえる。また、Aの衝撃を受けエッジレスに加工されたガラスカレットの破砕断面が鋭角となり再度再生骨材として使用する際の安全性が懸念される。画像-1・2は、エッジレスに加工されたガラスカレットがAおよびBによって破砕されたSEM画像である。また、画像-3はガラスカレットの鋭角状況を見るために針入度用試験針を添付したものである。画像-1・3のガラスカレットと針入度用試験針の鋭角度を比較するとガラスカレットにエッジが発生したことが明らかである。このことから、ガラスカレットが含まれた舗装廃材の再生を行なう上では安全面から破砕方法の検討が必要である。

表-4に締固め率および動的安定度のデータ数値を示し、図-3にホイールトラッキング試験による動的安定度(以降DSと簡略)を示した。ガラスカレットを使用したAと使用しない密粒度アスファルト混合物13(以降Cと簡略)のDSを比較したところDSの差は620.7(回/mm)であり、共に1500(回/mm)以上である。これにより、L交通程度の地域内舗装には使用可能といえる。しかし、表-4のA・Bの同じ配合によるものでも締固め率95.0%のものと99.2%を比較するとDSは3.08倍、締め固め率97.5%のものと99.4%のものでは2.36倍も違うことが分かった。締固め率が異なれば同じ配合の舗装でもDSに大きな開きができることが判明した。また、Cと再生密粒度アスファルト混合物13(D)のDSを比較するとその差は1783(回/mm)も異なる結果が得られた。これは、再生骨材の強度に問題があるためではないかと思われる。このため、製造施工する際には締固め率および骨材の選定においても十分に考慮する必要がある。

4. 考察

廃ガラス瓶を舗装用骨材として地域内で資源循環することにより、天然骨材の節減・長距離輸送によるCO₂の排出削減を図れる。こうした背景から、資源の有効利用・廃棄物の縮減化等とともに循環型社会の構築・安全性にも配慮した技術の選択を考慮していく必要があるといえよう。

ガラス混合アスファルト舗装廃材をAおよびBという異なる破砕方法により破砕し再生骨材を製造した場合、Aによる破砕方法ではガラスカレットを細粒化させることが確認された。ガラスカレットが細粒化されエッジが発生したガラスカレットを再生骨材として使用する際には安全性が懸念される。再資源化に向けた取り組みがより一層必要である。

表-2 破砕別骨材通過質量百分率

破砕方法	基本粒度	A (打撃破砕)	B (解砕)
ふるい目開き(mm)		通過質量百分率(%)	
31.5	100.0	100.0	100.0
19.0	99.3	100.0	99.6
13.2	97.7	98.7	95.7
4.75	70.5	73.4	70.0
2.36	53.3	53.3	53.0
0.60	29.4	30.0	27.4
0.30	19.4	20.6	20.0
0.15	10.5	12.3	11.0
0.075	7.1	9.4	8.1

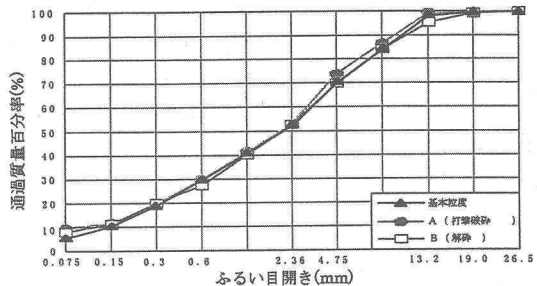


図-2 破砕別骨材粒度グラフ

表-3 骨材中に占めるガラスカレットの比率(写真中)

破砕方法	A (打撃破砕)	B (解砕)
ふるい目開き(mm)	ガラスカレット数 写真中の骨材 × 100(%)	ガラスカレット数 写真中の骨材 × 100(%)
2.36	1.5	3.2
0.60	23.3	27.1
0.30	31.3	23.5
0.15	19.1	15.8
0.075	19.0	9.7



画像-1 打撃破砕 画像-2 解砕 画像-3 針入度針

表-4 締固め率による動的安定度

混合物の種類および破砕方法	A 打撃破砕	B 解砕	C V密粒度	D R密粒度
旧コンパクターによる締固め率(%)	95.0	97.5	—	—
① DS(動的安定度)(回/mm)	529.4	231.7	—	—
新コンパクターによる締固め率(%)	99.2	99.4	100.7	99.2
② DS(動的安定度)(回/mm)	1630.6	547.9	2251.2	468.2
DS(動的安定度) ②/①(倍)	3.08	2.36	—	—

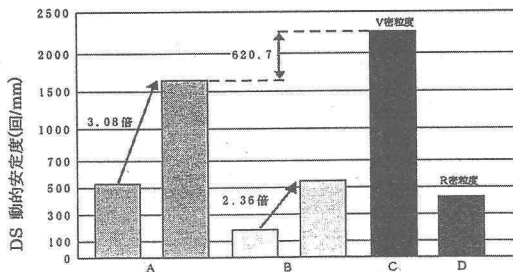


図-3 ホイールトラッキング試験による動的安定度