

一般財団法人新潟県建設技術センター

平成 27 年度 研究助成事業活動結果報告

新潟県で排出されるアスファルト廃材の実状調査と 有効利用に関する検討

平成 28 年 3 月 31 日



長岡技術科学大学大学院
環境社会基盤工学専攻

高橋 修



はじめに

本報告書は、一般財団法人新潟県建設技術センターからの「平成 27 年度研究助成事業」に対する申請事業「新潟県で排出されるアスファルト廃材の実状調査と有効利用に関する検討」の活動結果を報告するものである。本事業では、新潟県内の各地区で排出されるアスファルト廃材の物性を明らかにし、リサイクル材料としての性能を評価するとともに、地域性や今後想定される問題点について考察している。ここでのアスファルト廃材とは、アスファルト舗装の修繕工事等で排出されるアスファルトコンクリート（アスコン）塊を破碎して、再度利用できるように粒度調整したアスコン再生骨材のことである。再生骨材の性能は、現在、主に旧アスファルトの針入度で評価されているが、この物理指標のみでは不十分であることから、アスコン塊の実状に即した評価方法についても検討を行った。

当初の計画では、上越、中越、下越の各地区に所在する再生骨材工場からサンプルを入手し、物性を調査することになっていたが、予想以上に工場が多く、また同一工場でも品質のばらつきが大きいことから、広範なアンケート調査を実施して状況を把握した。いくつかの計画の見直しがあったが、おおむね当初計画の活動を実施してきたものと評価している。ただし、当初計画は単年度のものであり、年度内では十分な検討ができなかったことから、実際には本事業で得たデータや知見に基づいて平成 28 年度も検討業務を大学独自で継続することになっている。そのため、本報告書の内容は研究全体の成果に対する中間報告の域を脱し得ていないことを注記しておく。

1. アスファルト廃材の再生利用

我が国の道路は、高度経済成長期を迎えて以来、基本的かつ重要な社会インフラとして拡張し続けており、昭和 30 年当初は総延長が 2 万 km にも満たなかったが、現在では高速自動車国道、一般国道、都道府県道、市町村道およびその他道路の総延長が約 127 万 km に達し、そのうちアスファルト舗装道路の割合は 95%に及んでいる¹⁾。

道路舗装の拡張に伴う交通量の増加や車両の大型化などの諸条件が、舗装の劣化に与える影響は著しい。舗装技術は、我が国の社会的な要請に対応しながら着実に進化を続けているが、舗装の、特にアスファルト舗装の早期損傷に伴う維持修繕工事等の増加によって、舗装廃材の発生量は年々増加している。そして、埋立て等の処分地が少なくなった都市部を中心に舗装廃材の処分方法が地域社会の問題となってきた。

このような状況のもと、埋立処分の軽減と資源の有効活用の方策としてリサイクルが注目された。平成 3 年における「再生資源の利用の促進に関する法律」の施行に伴い、各分野でリサイクルの新しい取組が行われている。建設分野においてもリサイクルの動きは徐々に進展して、建設廃棄物の再生利用率は平成 7 年度以降着実に増加しており、平成 12 年には排出量全体の 48%を占めるに至った²⁾。その後、平成 14 年には「建設工事に係る資材の再資源化等に関する法律（建設リサイクル法）」が施行され、舗装廃材に関しても、廃材の適正処理および資源の有効利用を目指して、再生利用の実用化に向けた研究開発が積極的に行われている。我が国におけるアスコン塊・コンクリート塊の排出量および再資源化率の変動について

て図-1 に示す³⁾。法律の整備を契機に再資源化率は増加し、平成 12 年以降は廃棄物排出量が減少するとともに、再資源化率は 100%に近い値を保持している。

アスコン塊の再資源化の具体的な方策は、破碎，ふるい分けを行って再生骨材を製造し，その品質に基づいて再生アスファルト混合物や再生粒状路盤材の骨材の一部として活用することである。品質が著しく劣る場合は，路床材や埋設物の埋戻し材として利用される。建設廃材の再資源化により，再生骨材を使用した再生アスファルト混合物の生産も増加している。図-2 は，新規および再生アスファルト混合物の製造量とこれらの割合を経年変化で示したものである⁴⁾。最近では，製造されるアスファルト混合物の 70%以上がリサイクル材料である。

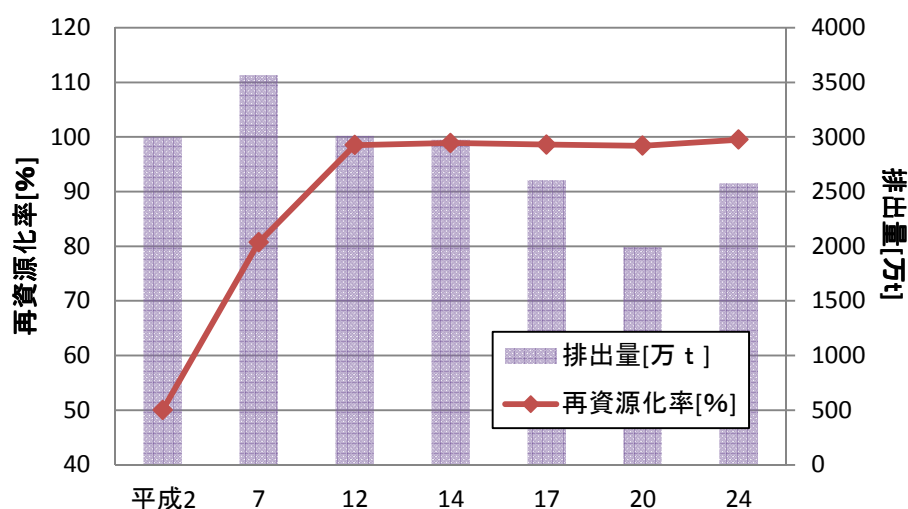


図-1 アスコン塊・コンクリート塊の排出量と再資源化率の推移

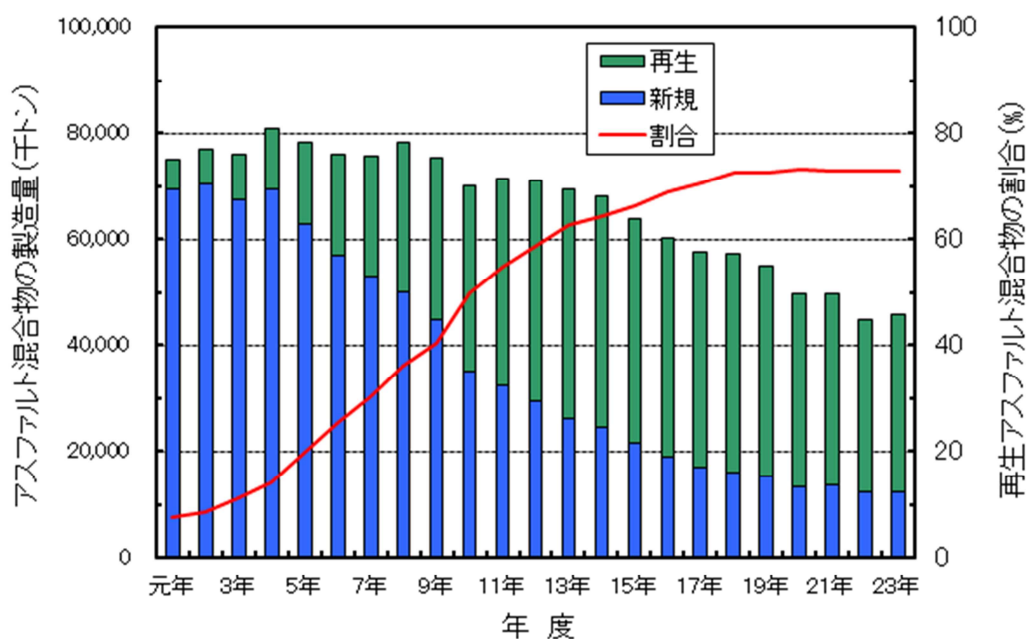


図-2 新規アスファルト混合物と再生アスファルト混合物の製造割合

新潟県においても建設廃材の再資源化には積極的に取り組んでおり、建設リサイクル法の制定後、施行に先立って平成 13 年に「新潟県建設工事に係る資材の再資源化等に関する法律施行細則」を定めている。そして、平成 14 年には「建設リサイクル法の実施に関する新潟県指針」を作成して、特定建設資材の分別解体や再資源化等の実施に関する新潟県の考え方を示すとともに、その考え方に基づく具体的事項を明確化している。

都道府県発注の工事におけるアスコン塊の発生状況は、平成 24 年度のデータ³⁾によると、新潟県では 116.5 千トンが発生し、その 97.9%が再資源化されている。富山県では 94.3 千トン、石川県では 104.7 千トンが発生しており、北陸 3 県のなかでは新潟県が最も多い。都道府県の発注工事でアスコン塊が最も多く発生しているのは東京都で、その発生量は 1290.0 千トンである。現在ではすべての都道府県で再資源化の割合が 98%前後に達していることから、新潟県ではアスコン塊の再資源化への取組が平均的かつ確実に実施されていることがわかる。

この状況は県発注の工事に対するアスコン塊だけでなく、国や市町村を含めた県内全体にも言えることである。北陸地域と関東地域におけるアスファルト混合物の製造量とその再生アスファルト混合物の割合を図-3 に示す⁴⁾。製造量の全体は関東地域のほうが 5～6 倍も多いが、再生アスファルト混合物の製造割合は北陸地域のほうが 10%ほど大きい。

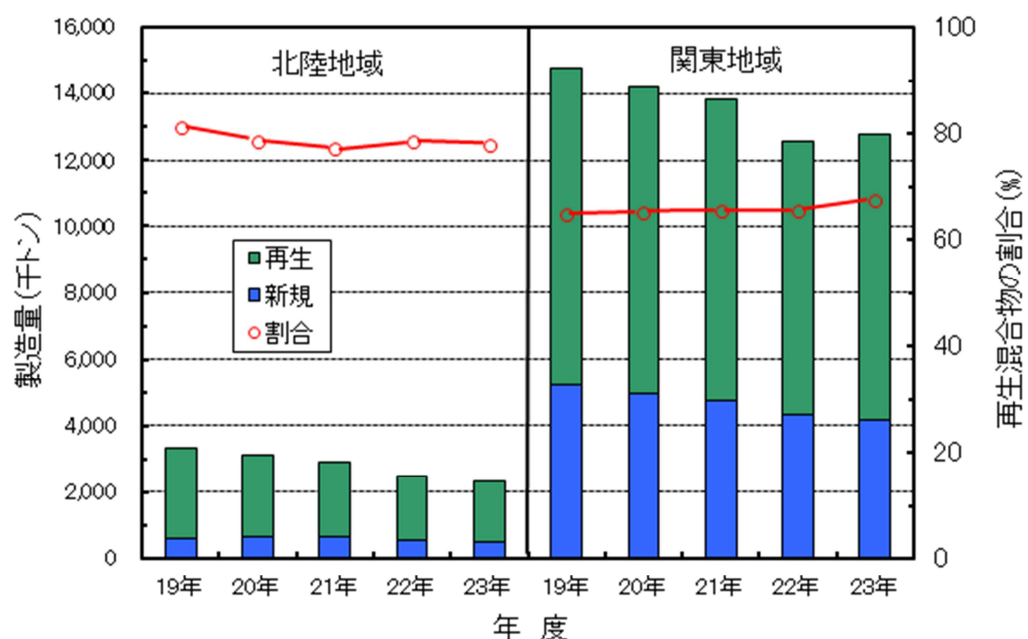


図-3 北陸地域と関東地域でのアスファルト混合物製造量の比較

2. 新潟県のアスファルト廃材

上記のとおり、新潟県発注の工事では年間 100 千トン以上ものアスコン塊が再資源として利用されている。その用途としては、ほとんどが再生骨材として再生アスファルト混合物に混入されている。再生アスファルト混合物に使用する再生骨材には要求性能が定められており、その性能を満たさなければ骨材やアスファルトの一部として配合することができない。

当然のことながら、再生骨材の性能は元のアスコン塊の物性に依存するものであるが、再生アスファルト混合物の製造者は元アスコン塊の物性をコントロールすることができない。また、元アスコン塊の物性は同一の発生路線であっても発生地点や発生時期、再生プラントでの仮置き期間等によって変動することから、再生骨材の性能も時間的にかなり変化する。したがって、再生プラントでは定期的に再生骨材の性能を把握しておく必要がある。

再生骨材の品質は、(社)日本道路協会の「舗装再生便覧」⁵⁾に規定されており、新潟県をはじめとする都道府県、市町村レベルにおいても同じ規準が運用されている⁶⁾。以下に、舗装再生便覧の規準を示すとともに、新潟県内の再生プラントで製造されている再生骨材の品質の実状調査について記述する。実状調査は、再生プラントに対する広範なアンケートによるものと、具体的に複数の某プラントから再生骨材のサンプルを提供してもらい実際に評価試験を行うものの2つの方法を採用した。このほかにも、関係者に対してヒアリングを実施し、再生骨材の製造方法や管理方法、再生アスファルト混合物製造時の配合率等についても情報収集を行った。

2.1 再生骨材の要求性能

再生骨材の品質は、付着している旧アスファルトの含有量とそのバインダ性状、および骨材微粒分の含有量について規定されている。舗装再生便覧に記載されている再生骨材の要求性能を表-1に示す⁵⁾。表中の数字は最低要件値であり、これらの要件をすべて満足しない再生骨材は原則として再生アスファルト混合物に用いることができない。ただし、表中の注7に記載してあるとおり、旧アスファルトの性状は針入度または圧裂係数のどちらかが規準を満足すればよい。

これらの物性値で特に重要なものが、旧アスファルトの針入度である。旧アスファルトの要求性能は針入度または圧裂係数のどちらかでよいが、古くから針入度が用いられてきた経緯があり、試験法も容易で再現性が高いことから、現時点では針入度がより広範に運用されている。再生アスファルト混合物の配合設計では、この針入度に基づいて再生骨材の配合量や再生用添加剤の有無、その量が決まることになる。

2.2 アンケートによる再生骨材の品質調査

近年では、アスファルト混合物の再生利用が積極的に行われており、再生アスファルト混合物の製造割合が増加している。これに伴って、再生アスコンの繰返し再生も行われるようになった。またその一方で、アスファルト舗装の耐久化や高機能化を目的として、改質アスファルトが数多くの開発メーカーによって製造され、多用されてきた。改質アスファルトは骨材粒子との付着強度を高くするため、新規製品であっても一般に粘度が高く、針入度が低い。これら繰返し再生や改質アスファルトの使用が日常的に行われることによって、結果的に再生骨材の針入度が低下傾向となっている。針入度の低い再生骨材が多くなっているということは、再生骨材の配合量を少なく抑える必要があること、および再生アスファルト混合物の製造に使用できない再生骨材が増えることに直結している。つまり、アスコン塊の再生利用が難しくなっているということである。

表-1 アスコン再生骨材の品質規準⁵⁾

旧アスファルトの含有量 %		3.8 以上
旧アスファルト の性状	針入度 1/10mm	20 以上
	圧裂係数 MPa/mm	1.70 以上
骨材の微粒分量 %		5 以下
〔注 1〕 アスコン再生骨材中に含まれるアスファルトを旧アスファルト，新たに用いる舗装用石油アスファルトを新アスファルトと称する。 〔注 2〕 アスコン再生骨材は，通常 20～13 mm，13～5 mm，5～0 mm の 3 種類の粒度や 20～13 mm，13～0 mm の 2 種類の粒度にふるい分けられているが，本表に示される規格は，13～0mm の粒度区分のものに適用する。 〔注 3〕 アスコン再生骨材の 13 mm 以下が 2 種類にふるい分けられている場合には，再生骨材の製造時における各粒度区分の比率に応じて合成した試料で試験するか，別々に試験して合成比率に応じて計算により 13～0 mm 相当分を求めてもよい。また，13～0 mm あるいは 13～5 mm，5～0 mm 以外でふるい分けられている場合には，ふるい分けの前の全資料から 13～0 mm をふるい取ってこれを対象に試験を行う。 〔注 4〕 アスコン再生骨材の旧アスファルト含有量および 75 μm を通過する量は，アスコン再生骨材の乾燥質量に対する百分率で表す。 〔注 5〕 骨材の微粒分量は「JIS A 1103：2003 骨材の微粒分量試験方法」により求める。 〔注 6〕 アスファルト混合物層の切削材は，その品質が本表に適合するものであれば再生加熱アスファルト混合物に利用できる。ただし，切削材は粒度がばらつきやすいので他のアスコン発生材と調整して使用することが望ましい。 〔注 7〕 旧アスファルトの性状は，針入度または圧裂係数のどちらかが基準を満足すればよい。		

この傾向は建設廃棄物の再生利用を積極的に推進している自治体ほど深刻で，アスコン塊をクラッシング，ふるい分けしても，再生アスファルト混合物用の再生骨材としては使えない，有効利用できないという事態が生じている。そこで本研究では，新潟県内で再生アスファルト混合物を製造する，表-2 に示す 32 のプラントに対してアンケート調査を行い，製造した再生骨材の品質について検討した。

アンケート調査での設問は以下の 3 項目であった。

- a) 再生骨材の旧アスファルトの針入度
- b) 再生骨材の旧アスファルトの軟化点
- c) 改質アスファルト混合物の種類とその再生骨材配合率（複数回答可）

同一のプラントであっても，再生骨材に対するこれらの値はばらつきが大きいことから，代表的と判断される値を記入してもらうように依頼した。

表-2 アンケート調査の対象プラント一覧

会社名	混合所名	所在地	方式
糸魚川アスコン共同企業体	糸魚川合材工場	糸魚川市上刈7-3-14	熱交換
(株)植木組	柏崎アスファルトプラント	柏崎市安政町3番4号	加熱
さくらアスコン共同企業体		上越市大字東中島字三百歩2608	加熱
共同企業体魚沼アスコン		南魚沼市二日町606	加熱
大野プラント共同企業体	大野プラント	新潟市南区下塩俣1890	加熱
下越アスコン共同企業体	下越アスコン共同企業体	北蒲原郡聖籠町次第浜字長山4075	加熱
北川ヒューテック(株)	糸魚川合材所	糸魚川市梶屋敷1144-1	熱交換
佐渡舗材(株)	佐和田プラント	佐渡市八幡2029-1	熱交換
上越アスコン共同企業体	上越アスコン	上越市中郷区市屋647-1	熱交換
上越舗道(株)	津南工場	中魚沼郡津南町芦ヶ崎乙54番地	熱交換
大成ロテック(株)・前田道路(株)	共同企業体新潟アスコン	加茂市大字後須田2589-1	加熱
共同企業体荒川共同アスコン	荒川共同アスコン	村上市大津3318	加熱 熱交換
十日町舗材(株)		十日町市小泉1481番地	加熱
長岡アスコン共同企業体		長岡市下山町470-1	加熱
新潟舗材(株)	寺地工場	新潟市西区山田2553番地1	加熱
新潟舗材(株)	島見工場	新潟市北区島見町4628-16	加熱
新潟みらい建設(株)	石打アスファルトプラント	南魚沼市石打750	熱交換
新潟合材センター 日本道路(株)・(株)吉田建設共同企業体		新潟市秋葉区水田字蛇喰2261番地	加熱
日本道路(株)北信越支店	佐渡混合所	佐渡市相川下戸村574	熱交換
エイ・エックス(株)	紫竹工場	新潟市東区南紫竹1-3-56	加熱
共同企業体はまなす舗材	新潟東合材工場	北蒲原郡聖籠町次第浜長山4064-4	加熱
(株)NIPPO	小千谷合材工場	小千谷市片貝町寺社堀1547	加熱
共同企業体上越舗材	上越合材工場	上越市板倉区稲増523-1	加熱
(株)NIPPO	佐渡合材所	佐渡市新穂長畝402-1	熱交換
共同企業体ほたるアスコン	吉田合材工場	燕市下粟生津4092	加熱
福田道路(株)	上越合材工場	上越市杉野袋字日貫寺89番地	加熱
(株)北越舗道	川口合材工場	長岡市西川口4362-1	加熱
本間道路(株)	五泉舗材工場	五泉市論瀬字昭和8820	加熱
大林道路(株)・前田道路(株)共同企業体	阿賀野アスコン	阿賀野市分田内原村1093	加熱
村上舗材(株)	村上舗材合材工場	村上市宮ノ下1035番地	加熱
共同企業体直江津アスコン	共同企業体直江津アスコン	上越市石橋新田字湊749-1	加熱
共同企業体アステック長岡	長岡合材工場	長岡市浦3371番地2	加熱

アンケートの回答は30のプラントから得ることができた。プラントを所在地で上越、中越、下越（佐渡含む）の各地区に分け、その場合の針入度に対する回答結果を図-4に示す。上越地区で1プラントのみ60を超える回答があったが（勘違いと思われる）、それ以外は20～40の範囲であった。割合で考えると20～30の範囲のプラントが多く、再生骨材の針入度は全体的に低目と考えられる。各地域による差異は特に認められない。

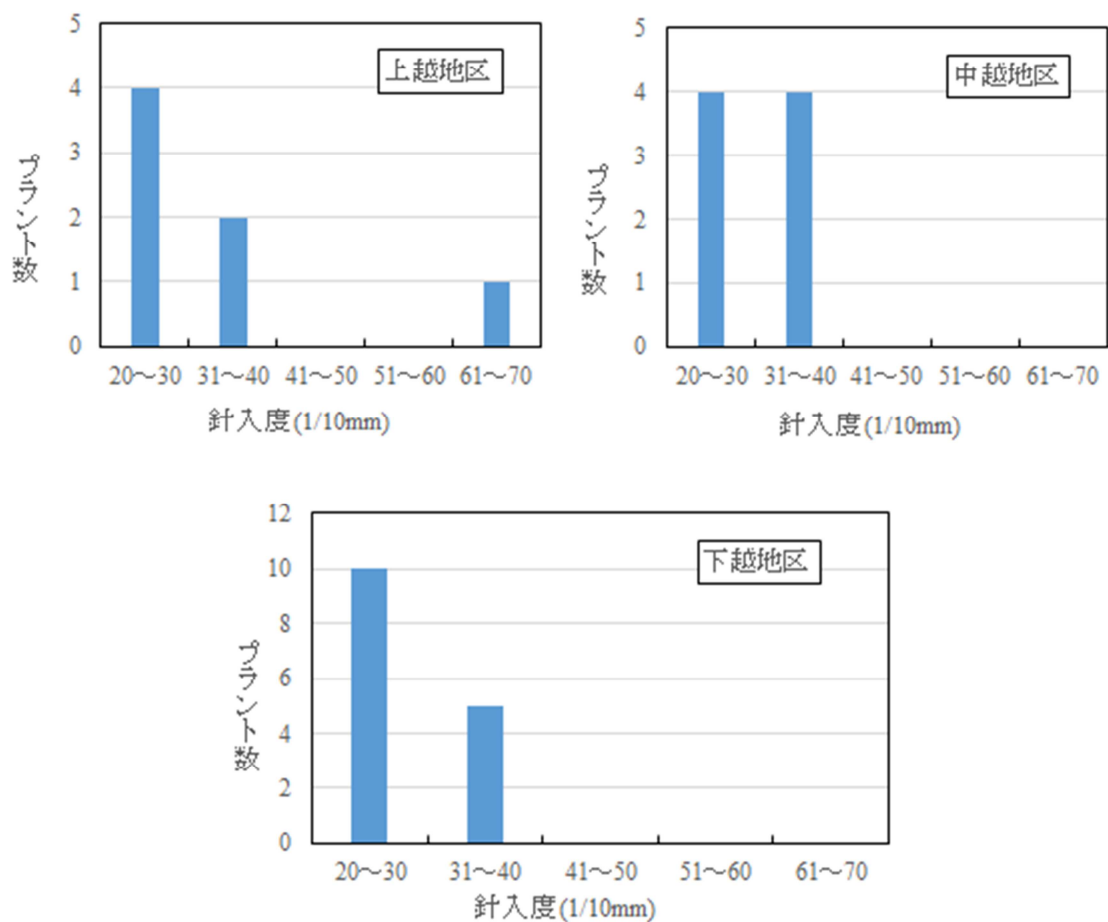


図-4 各地区における再生骨材の針入度の分布

軟化点については、管理基準の項目となっていないことから、測定していないという回答が多く、回答が得られた13のプラントからの値は47.0～63.5の範囲であった。また、改質アスファルトを使用した再生アスファルト混合物の種類は、4プラントを除いて密粒度アスファルト混合物（新20FH）であり、併せて密粒度アスファルト混合物（13FH）も出荷しているプラントも多くあった。この場合の改質アスファルトはⅠ型かⅡ型であり、再生骨材の配合率はすべて10%であった。舗装再生便覧によると、再生骨材の配合率が10%以下であれば、配合設計のプロセスで旧アスファルトの針入度調整を行わなくてよいとされている⁵⁾。新規バインダに改質アスファルトを使用する場合、旧アスファルトの性状を調整する指標として針入度は不適当であり、他に具体的な調整方法も提案されていないことから、北陸地方では配合率10%がデファクトスタンダードとなっている。

2.3 プラントからの採取試料の評価

アンケート調査はプラントからの申告データに基づくものであり、アンケートの性格上、表-1に示した規準値を満たさない回答は得られないと考えられる。また、再生骨材の品質はばらつきが大きく、針入度の値にはかなりの幅があるはずである。そのため、中越地区の3つの再生プラントから、敢えて針入度が低めと予想される再生骨材の試料を提供してもらい、

その物性値を測定した。

採取した再生骨材の評価試験結果を表-3に示す。データのサンプル数は3であり、表中の値はその平均値である。プラントAとプラントBの再生骨材は、明らかに改質アスファルトを含むアスコン塊から製造したもので、同じ路線から排出した。プラントCの再生骨材は、明らかにストレートアスファルト（ストアス）のみの使用で経年劣化がかなり進行したアスコン塊から製造したものであった。改質アスファルトの再生骨材は、針入度は表-1に示した規準値を満足しているものの、その規準値にかなり近い値であり、品質としては懸念が残る再生骨材と評価される。また、劣化が進行したストアスの再生骨材は針入度が規準値を下回っており、圧裂係数を測定してみたところ同様に規準値を下回っていた。したがって、プラントCの再生骨材は、表・基層用の再生アスファルト混合物には使えないということになる。

表-3 再生骨材の評価試験結果

採取プラント		プラント A	プラント B	プラント C
骨材の微粒分量 (%)		1.92	1.91	0.08
旧アスの性状	針入度 (1/10 mm)	26	23	18
	軟化点 (°C)	62.0	64.5	63.0
	圧裂係数 (MPa/mm)	—	—	1.61
通過重量百分率 (%)	26.5		100	
	19	100	99.7	100
	13.2	98.7	99.3	99.5
	9.5	92.6	92.3	91.9
	4.75	70.8	60.5	70.8
	2.36	51.4	43.3	55.1
	0.6	30.2	25.6	38.7
	0.3	17.8	15.0	21.9
	0.15	9.4	8.0	11.5
	0.075	5.3	4.4	7.8
旧アスファルトの含有量 (%)		5.51	4.99	5.79

3. 低品質アスファルト再生骨材の有効利用

3.1 再生アスファルト安定処理路盤材への適用

以上の文献調査、アンケート調査、および採取試料の評価試験より、新潟県ではアスファルト廃材の有効利用が適正に推進されているが、再生骨材の品質は低下気味ということが推測される。既往の研究やこれまでの実績によって、表-1に示した規準を満足する再生骨材であれば、新規と同等の再生アスファルト混合物を製造できることが認識されている。しかし、

表-3 に示したような低品質の再生骨材が多くなると、その再生骨材を使用した再生アスファルト混合物が新規のものと同等であるかどうか、信頼性が低下するものと考えられる。そのため、再生アスファルト混合物への再生骨材の配合量を抑制したり、再生添加剤を配合したりすることの必要性も予想される。

表-3 に示したプラント C の再生骨材は規準を満たしていないことから、通常の表・基層用アスファルト混合物には使用できない。この再生骨材の用途としては、再生アスファルト安定処理路盤材料か再生路盤材料の素材にすることができる。(新潟県の標準仕様書⁶⁾には、アスファルト安定処理路盤材料に対しては使用不可と判断される記述があるが、明確ではない。) プラント C の再生骨材は規準を大きく下回っているわけではないので、この場合は上層路盤のアスファルト安定処理路盤材料に活用することが妥当と考えられる。アスファルト安定処理路盤材であれば、表・基層のアスコンほど高いひび割れ抵抗性は要求されない。一般に、再生アスファルト混合物を締め固めたアスコンは、新規アスファルト混合物のものよりも塑性流動抵抗性が高いことが知られている。

ここでは、表-3 に示した 2 種類の再生骨材を使用して再生アスファルト安定処理路盤材を配合し、ひび割れ抵抗性について比較した。ひび割れ抵抗性の評価には静的曲げ試験を行い、主に破壊時のひずみについて着目した。静的曲げ試験は(社)日本道路協会の「舗装試験・調査法便覧」に規定されている方法⁷⁾を遵守して実施した。

3.2 再生アスファルト安定処理路盤材の配合設計

静的曲げ試験の実施に先がけて、供試体を作製するための配合設計を行った。再生アスファルト安定処理路盤材の配合設計は、北陸地方整備局 設計要領⁸⁾、および舗装再生便覧⁵⁾に準拠して実施した。配合設計のフローを図-5 に示す。再生骨材としては表-3 に示したプラント A とプラント C のものを別々に使用した。

北陸地方整備局の設計要領では、加熱方式プラントの場合、再生骨材の配合率は 50%以下とするように規定されている。しかしながら、再生骨材の品質と配合率の変化によるアスコン物性への影響を考察するため、プラント A の再生骨材の配合率は 10%、30%、50%、70%の 4 種類とし、プラント C の再生骨材は 30%と 50%とした。再生アスファルト安定処理材は粒度範囲を規定するふるい寸法の数少なく、その範囲も広い。そのため、東日本高速道路(株) (NEXCO 東

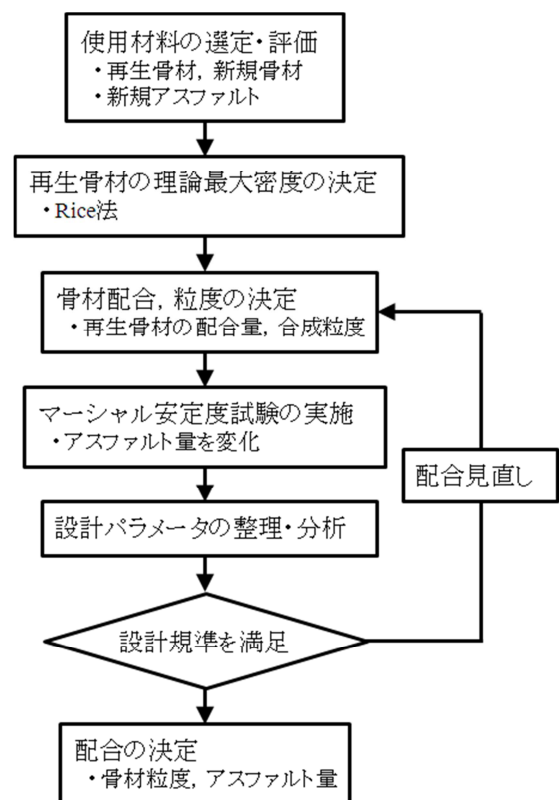


図-5 再生アス処理路盤材の配合設計フロー

日本)の規定⁹⁾も参考にして、粒度範囲の中央値を目標に骨材粒度を決定した。ここで使用した骨材の物性値を表-4に示す。なお、新規アスファルトにはストアス 60/80を使用した。

配合設計によって決定した骨材の合成粒度および設計アスファルト量を表-5に示す。再生骨材の配合量を優先させて骨材粒度を決めたため、各配合によって合成粒度、設計アスファルト量とも多少の差が見られる。プラント A の再生骨材を 70%配合したもの(A70%)は、他に比べて粒度が細かい。また、50%配合したもの(A50%)はアスファルト量が比較的多い。

3.3 曲げ試験の結果および考察

静的曲げ試験は温度 15℃の条件で実施した。温度養生を施した供試体を支点間長 200 mm の治具にセットし、変位速度 50 mm/min で載荷した。載荷時の状況を図-6に示す。

表-4 使用骨材の物性値

試験項目	材種	新規骨材						再生骨材	
		5号	6号	7号	粗砂	細砂	石粉	プラントA	プラントC
通過質量百分率 (%)	26.5 mm	100						100	
	19.0 mm	98.1	100					99.3	100.0
	13.2 mm	0.5	98.9	100				59.5	99.5
	4.75 mm	0	1.3	98.6		100		38.5	70.8
	2.36 mm		0.2	2.1	100	99.9		28.7	55.1
	0.6 mm		0	0.1	52.7	83.0		18.1	38.7
	0.3 mm			0	23.7	16.8	100	11.9	21.9
	0.15 mm				8.7	0.9	97.9	7.6	11.5
	0.075 mm				3.2	0.7	91.5	5.4	7.8
かさ密度 (g/cm ²)		2.628	2.640	2.585	2.566	2.631	2.7	-	-
見かけ密度 (g/cm ³)		2.688	2.714	2.678	2.649	2.553	-	-	-
理論最大密度 (g/cm ³)		-	-	-	-	-	-	2.745	2.488
旧アス含有量 (%)		-	-	-	-	-	-	5.51	5.79
吸水量 (%)		0.854	1.035	1.342	1.22	1.16	-	-	-

表-5 配合設計の結果

材料名		プラントA				プラントC		粒度範囲 (40mmの場合)
混入率 (%)		10	30	50	70	30	50	
通過質量百分率 (%)	37.5 mm	100	100	100	100	100	100	95~100
	26.5 mm	100	100	100	100	100	100	70~100
	19.0 mm	98.7	99.3	99.3	99.7	99.2	99.3	55~90
	13.2 mm	54.5	74.0	59.5	80.7	52.0	57.9	-
	9.5 mm	44.5	60.1	53.9	70.6	46.1	51.9	30~70
	4.75 mm	29.1	36.2	38.5	49.8	33.3	37.5	17~55
	2.36 mm	26.9	21.5	28.7	40.8	21.7	29.6	10~42
	0.6 mm	15.9	15.1	18.1	27.1	16.6	21.4	5~28
	0.3 mm	11.6	11.3	11.9	16.5	11.6	13.0	3~22
	0.15 mm	8.9	8.8	7.6	9.4	8.3	7.7	-
	0.075 mm	7.2	7.3	5.4	6.4	6.9	5.7	1~10
設計アスファルト量(%)		3.3	3.5	5.5	4.5	4.3	3.6	4.0~6.0

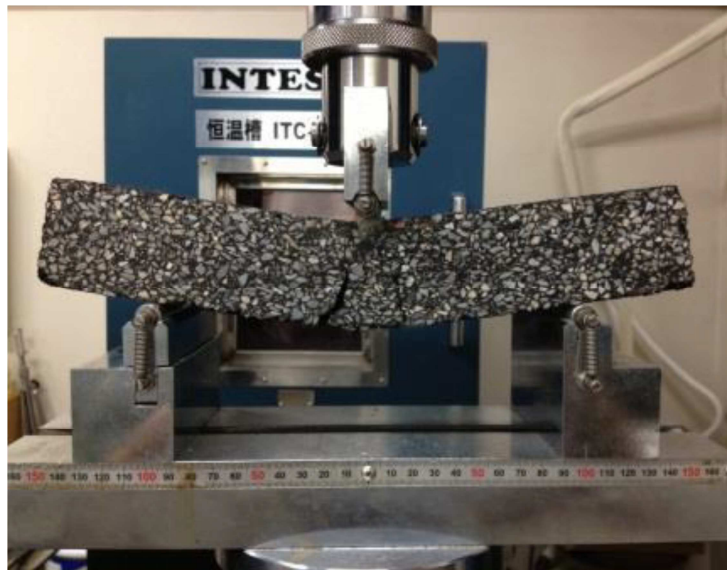


図-6 静的曲げ試験の実施状況

静的曲げ試験の結果として、各再生アスファルト安定処理路盤材に対する曲げ強度を図-7に、破壊時のひずみを図-8にそれぞれ示す。曲げ強度の値はばらつきが大きく、配合の違いによる明確な傾向は確認できない。しかし、旧アスファルトが改質アスファルトのプラントAの再生骨材は、配合量を多くしても曲げ強度は大きく変化しないが、旧アスファルトがストアスのプラントCの再生骨材は多く配合したもののほうが曲げ強度はかなり大きくなっている。A50%の配合は設計アスファルト量が多いためか、曲げ強度の値がかなり大きい。

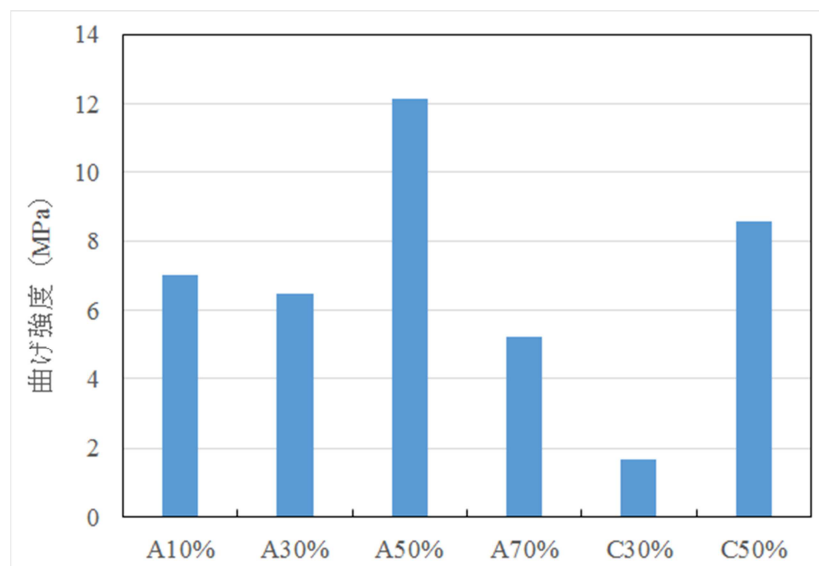


図-7 曲げ強度の比較

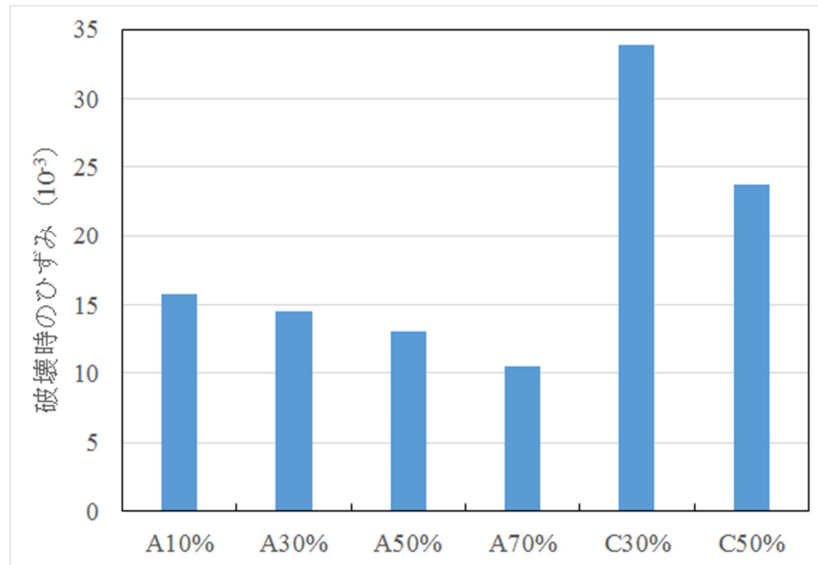


図-8 破壊時のひずみの比較

破壊時のひずみについては、どちらの再生骨材とも配合量が多いほどひずみ値は小さくなっている。プラント A の再生骨材を使用した配合は、再生骨材の配合量が多いほど設計アスファルト量が多い傾向にあるが、破壊時のひずみはその逆の傾向となっている。また、プラント C の再生骨材を使用した配合は、再生骨材の配合量が多いほうが設計アスファルト量は少なく、破壊時のひずみも小さいことから、プラント A の再生骨材を使用した配合とは異なる傾向となっている。当初は、旧アスファルトが改質アスファルトで、かつ針入度の高いプラント A の再生骨材を使用した配合のほうが、破壊時のひずみは大きいものと予測していたが、実際の結果はプラント C の再生骨材を使用した配合のほうがかなり大きかった。

以上の結果を踏まえて、低品質アスコン再生骨材の再生アスファルト安定処理路盤材への適用性について考察する。ここでの配合のうち A10%、A30%、および A50%の配合が再生アスファルト安定処理材の現行規準を満足していることを考えると、C30%、C50%の配合でもひび割れ抵抗性については問題がないと評価される。ただし、ここでの検討では、静的曲げ試験でしか評価していないので、配合設計の条件（粒度あるいはアスファルトの統一）も含めてさらに広範の評価試験を実施し、追加の評価・分析が必要である。

4. 旧アスファルト性状の評価法に関する検討

アスコン再生骨材の旧アスファルト性状は表-1 に示したように、針入度あるいは圧裂係数によって評価される。針入度はアスファルトの硬さ（コンシステンシ）を相対的に表す、断片的な見方による指標であり、圧裂係数は一種の変形係数を表す指標であるが、物理的意味が鮮明ではない（よくわからない）。アスファルトは、骨材粒子のバインダとしての性能である「骨材を相互に結び付けて離れさせない能力」を評価すべきである。

ここでは一つの試行として、ストアス 60/80 とポリマー改質アスファルト II 型（改質 II 型）のバインダに対して荷重測定型伸度試験（Force Ductility Test）を行い、引張性能を比較・評価してみた。一般に、アスファルトバインダの劣化は熱や紫外線、雨水、繰返し载荷等の作

用によって生じる。まず、劣化の進行によって針入度がどのように変化するか確認し、次に劣化程度の異なる各バインダに対して荷重測定型伸度試験を実施し、結果を比較した。

4.1 アスファルトの劣化と針入度の変化

ストアス 60/80 および改質Ⅱ型に対して、強制加熱による促進劣化を施し、劣化の進行による針入度の変化について検討した。140℃で加熱融解した試料をステンレスビーカーに移し、回転式攪拌羽根で攪拌しながらヒーターで加熱、180℃を保持するよう温度調節した。その状態で12時間毎に試料をサンプリングし、針入度試験を実施した。ストアス 60/80 の場合は0から120時間までの11回分、改質Ⅱ型の場合は0～132時間までの12回分、それぞれ針入度試験を実施した。

ストアス 60/80 および改質Ⅱ型に対する加熱劣化時間と針入度低下の状況を図-9に示す。改質Ⅱ型は初期の針入度が40程度であるが、20に低下するまで約110時間の加熱を要している。これに対してストアス 60/80 は、初期値の70から約70時間の加熱で20に低下している。バインダ種類によって、劣化の仕方もかなり異なることがわかる。ここでの促進劣化の程度と実際の現場での劣化状況との対応が重要であり、今後の課題の一つと指摘される。

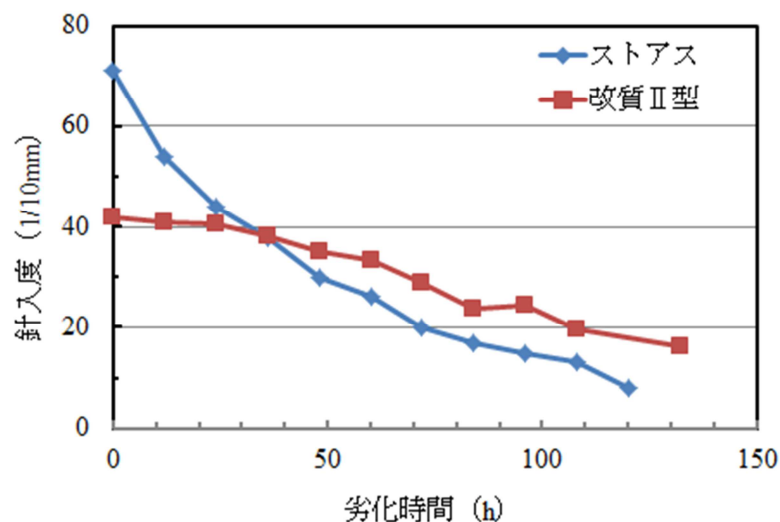


図-9 加熱劣化時間に対する針入度の推移

4.2 荷重測定型伸度試験の概要

荷重測定型伸度試験は、基本的には通常の伸度試験と全く同じ要領で実施する。ただし、供試体を延伸する際に荷重を測定する必要があるため、延伸用治具にロードセルを付加し、延伸の変位とそれに対する荷重を同期させてデータを記録する必要がある。本研究では、試験開始から終了までデータロガーによって荷重値を記録し、変位速度と経過時間によって変位と荷重を同期させてこれらの関係を求めた。試験は、舗装調査・試験法便覧「A043 伸度試験方法」の記載¹⁰⁾に準拠して実施した。

上記の加熱促進劣化を施したバインダの各劣化程度においてサンプルを採取し、荷重測定

型伸度試験を実施した。サンプル用アスファルトを延伸兼成型用の型枠に流し込み、表面を成型して供試体を 3 つ用意した。成形後の供試体の状況を図-10 に示す。そして、型枠ごと供試体を試験温度に設定した延伸用水槽に入れて温度養生した。その後、側壁型枠を外し、試料保持金具の付いた供試体を延伸装置にセットし、延伸を開始した。延伸時の状況を図-11 に示す。試験温度は 15℃、延伸の変位速度は 50 mm/min であった。

横軸に延伸変位 (mm)、縦軸に荷重 (N) をとった座標軸に試験結果を表示した場合、第 1 ピークを迎えて荷重が低下した以降の横軸と荷重 - 変位曲線の面積を「FD 値」と定義し¹¹⁾、これを特性値として結果を整理した。FD 値は、タフネス・テナシティ試験でのテナシティに相当する量で、一種のエネルギー値である。FD 値のイメージを図-12 に示す。

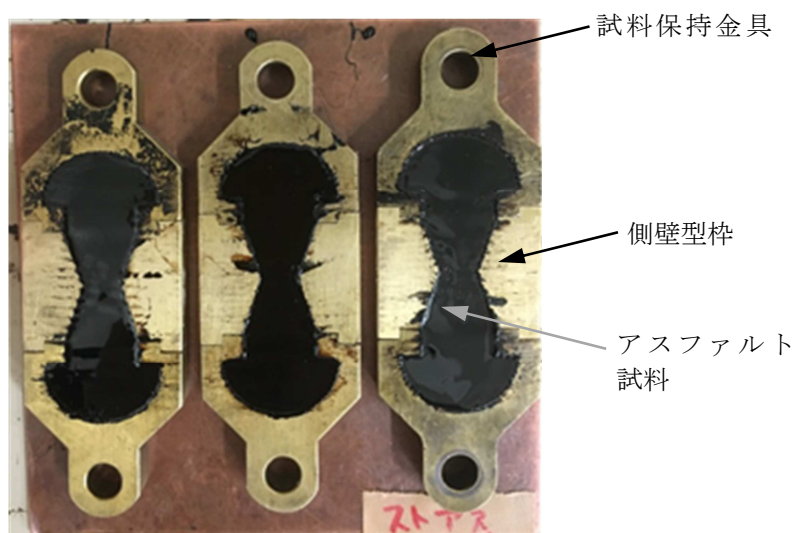


図-10 成型後供試体の状況（ストアス 60/80）



図-11 荷重測定型伸度試験の実施状況

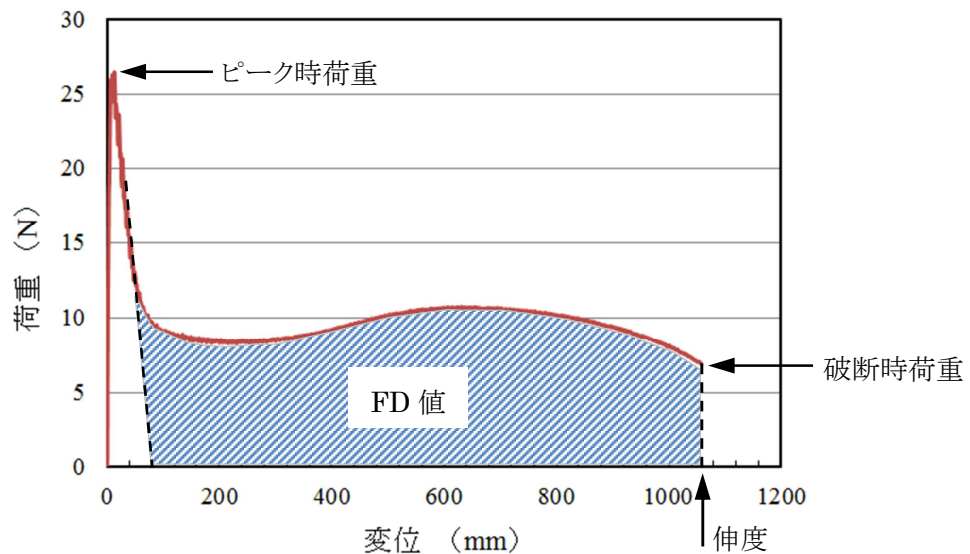


図-12 荷重測定型伸度試験における FD 値の定義

4.3 荷重測定型伸度試験の結果および考察

ストアス 60/80 に対しての、各劣化段階における変位と荷重の関係を図-13 に示す。3つの供試体のうち平均的なものだけを描画している。劣化程度 48 時間のデータが欠損している。荷重値のピークが最も小さく、その後緩やかに低下している曲線が新規（劣化なし）の結果で、劣化時間が長くなるにつれてピーク荷重が大きくなり、その後の低下が激しくなっている。劣化程度が最も大きい 108h 劣化の結果は、ピーク荷重の 92 N に達すると急激に荷重が低下し、6 mm 程度の変位で荷重がほぼゼロとなっている。

また、図-14 に改質Ⅱ型に対する各劣化段階の変位－荷重曲線を示す。劣化程度 120 時間のデータが欠損している。横軸のスケールが図-13 と大きく異なることに注意して、ストアス 60/80 の結果と比較してみる。荷重が第 1 ピークを迎えていったん減少してから、再度荷重が徐々に増加する状況が認められる。このように大きく延伸しても引張に抵抗する荷重が発生するのがポリマー改質アスファルトの特徴であり、ストアスとの大きな違いである。しかしながら、劣化の程度が大きくなるに従って、再度荷重が保持される変位が短くなり、132h 劣化のものは荷重がピークを迎えた後、そのままゼロまで低下している。各劣化段階に対するピーク荷重の値については、ストアス 60/80 の結果とほぼ同じである。

図-13 および図-14 に示した変位－荷重曲線から FD 値を計算し、3つの供試体に対する平均値を求めた。各劣化段階におけるそれぞれのバインダの FD 値を図-15 に示す。ストアス 60/80 の結果は、劣化の進行に伴ってピーク荷重が大きくなり、FD 値も徐々に大きくなっている。劣化時間 96h を超えたところで FD 値が急激に低下しており、骨材を粘り強く結合する性能が消失している状況がうかがえる。これに対して改質Ⅱ型の結果は、劣化の進行に伴い、ピーク後の荷重を保持する部分が短くなって、結果的に FD 値が減少している。ここでは劣化時間 132h までの検討であったが、さらに劣化を進行させれば、ストアス 60/80 の結果のように FD 値が急激に低下する状況が見られるものと推測される。

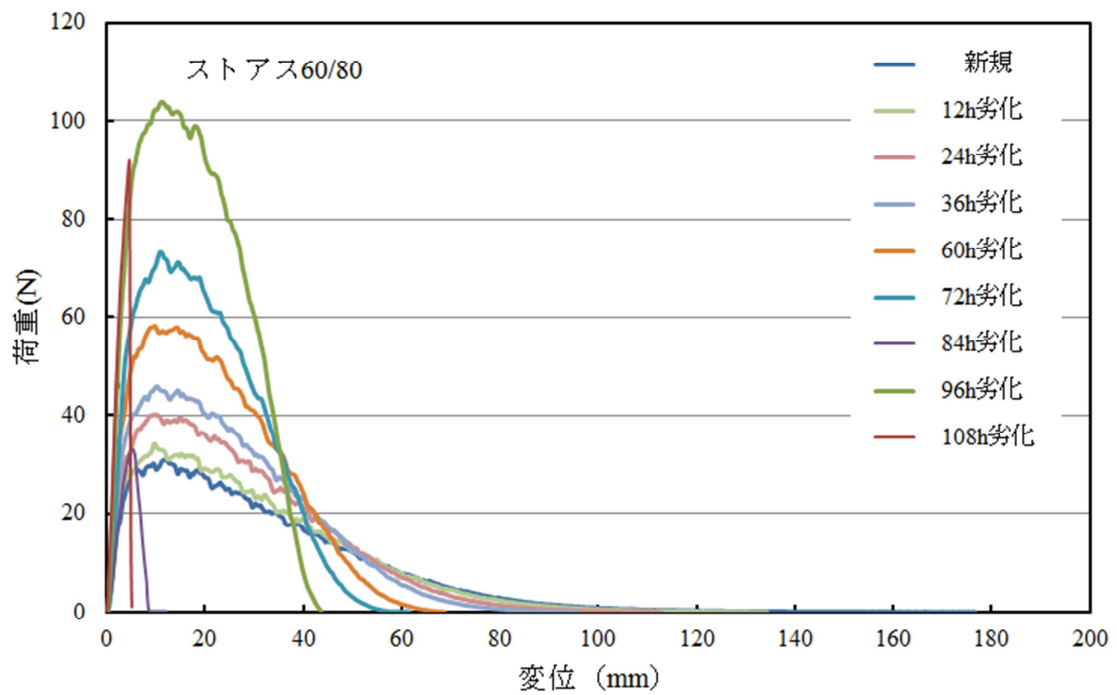


図-13 各劣化段階における変位と荷重の関係（ストアス 60/80）

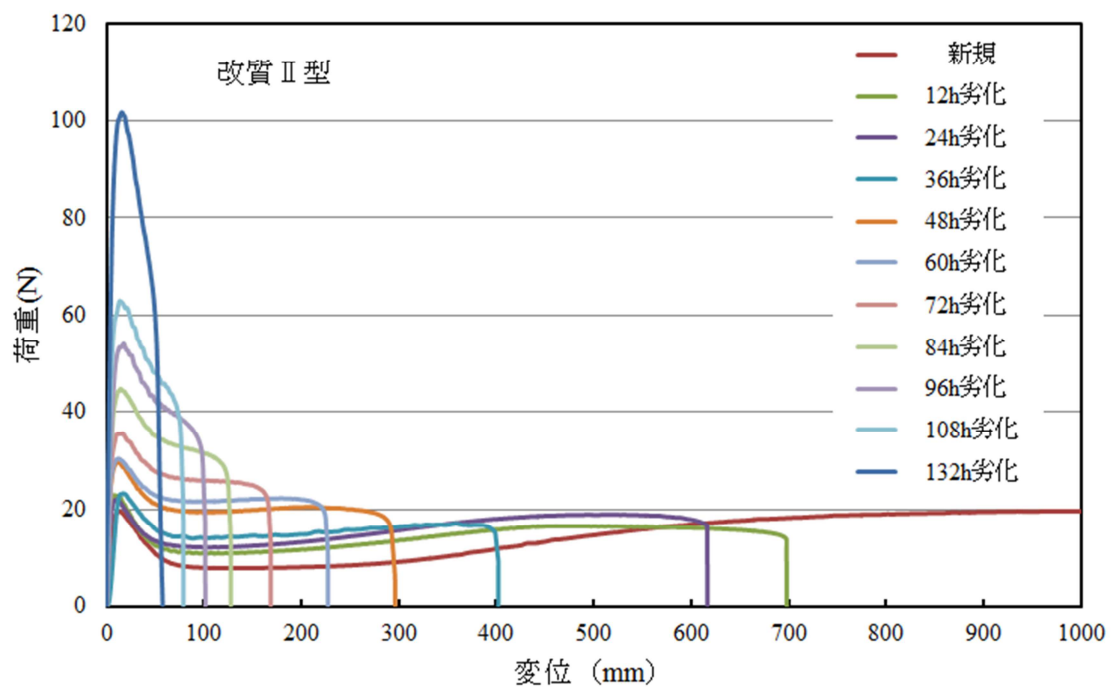


図-14 各劣化段階における変位と荷重の関係（改質Ⅱ型）

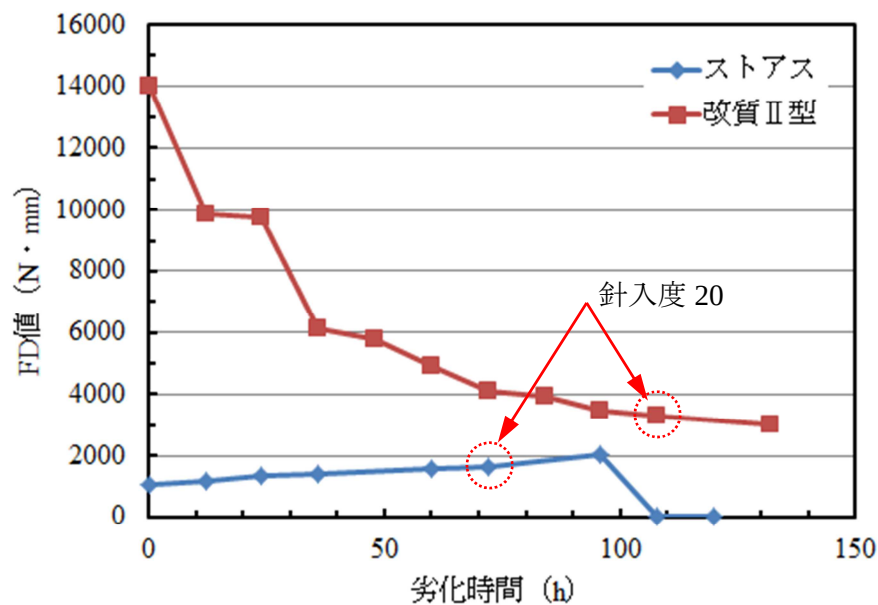


図-15 加熱劣化時間に対する FD 値の推移

また、図-15 には、針入度が規準値の 20 にほぼ近い劣化時間に対する FD 値についてマーキングしている。改質Ⅱ型の FD 値のほうがストアス 60/80 の値よりも 1.8 倍ほど大きな値で、改質Ⅱ型のほうが引張抵抗は大きいと評価される。このことは、図-13、14 に示した荷重－変位曲線のそれぞれの形状を比較しても確認できる。このように FD 値は針入度とは異なり、バインダの引張強さ、および粘り強さを評価できることから、より妥当性の高い指標になり得ると考えられる。

まとめ

本申請事業「新潟県で排出されるアスファルト廃材の実状調査と有効利用に関する検討」では、新潟県内で排出されるアスファルト廃材の物性を調査し、アスコン再生骨材としての性能を評価するとともに、再生アスファルト安定処理路盤材の素材として使用した場合の物性について検討した。また、一つの試みとして、再生骨材の旧アスファルト性能を荷重測定型伸度試験によって評価することについても検討を行った。事業の成果として、本検討によって得られた知見は以下のとおりである。

- 新潟県内でもアスコン塊の再資源化への取組が着実に実施されており、再資源化率は全国平均と同じ約 98%である。
- 新潟県内における再生骨材の品質は低下気味であることが推測され、針入度が 20～30 の範囲のものが多く、県や市町村の工事からは、改質アスコンの廃材はあまり排出していないが、国道関連の工事からは排出されている。この場合、再生骨材の配合率を 10%に設定して再生アスファルト混合物を製造している。
- 現時点において、新潟県内での再生骨材の配合率は 30%が標準となっている。配合設計

での針入度の調整は、再生用添加剤を使用することが多い。

- 旧アスファルトの針入度が規準値の 20 を下回っている再生骨材でも、再生アスファルト安定処理材であれば使用が可能で、ひび割れ抵抗性については問題がない。
- 荷重測定型伸度試験によって求められる FD 値は、バインダの引張強さや粘り強さを評価できることから、針入度よりも妥当性が高い評価指標になり得る。

本研究助成事業により、以上のような研究成果を得ることができた。ここに、本事業における支援に対して深く感謝するとともに、関係各位のご理解にお礼申し上げる。ここでの検討は平成 27 年度の単年度のものであり、年度内では十分な検討ができなかった事項もあることから、引き続き次年度以降も本検討業務を大学独自で継続することを予定している。

参考文献

- 1) 道路統計年報 2014: 国土交通省, <http://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-data/tokei-nen/2014tokei-nen.html>, (2015 年 3 月現在)
- 2) 我が国における廃棄物・リサイクル等の現状: 経済産業省, 産業構造審議会環境部会, 2003, (http://www.meti.go.jp/committee/summary/0001864/pdf/001_03_01.pdf, 2015 年 3 月現在)
- 3) 建設副産物実態調査: 国土交通省のリサイクルホームページ, <http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/region/recycle/fukusanbutsu/jittaichousa/>, (2015 年 3 月現在)
- 4) アスファルト合材統計年報: 日本アスファルト合材協会, 2012.
- 5) 舗装再生便覧: (社)日本道路協会, 2004.
- 6) 新潟県土木工事標準仕様書 その 1: 新潟県土木部, 2014.
- 7) B005 曲げ試験方法: 舗装調査・試験法便覧, 第 3 分冊, (社)日本道路協会, pp.[3]-69-73, 2007.
- 8) 北陸地方整備局 設計要領 (道路編), pp.8-31-45, 2012.
- 9) 設計要領 第一集 舗装編: 東日本高速道路株式会社, 2014.
- 10) A043 伸度試験方法: 舗装調査・試験法便覧, 第 2 分冊, (社)日本道路協会, pp.[2]-132-139, 2007.
- 11) 中村 健, 藤井政人: 新たな評価指標に基づく改質アスファルト混合物の再生手法に関する検討, 舗装, 46 巻, pp.15-19, 2011.