一般財団法人新潟県建設技術センター

令和元年度 研究助成事業活動結果報告

新潟県における規格外アスファルト再生骨材の有効利用技術に関する事業

令和 2 年 3 月 20 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

１. 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「令和元年度研究助成事業」に対する申請事業「新潟県における規格外アスファルト再生骨材の有効利用技術に関する事業」の研究成果を報告するものである．先の「平成 27 年度研究助成事業」である「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」[1)]では，新潟県内のアスファルトコンクリート（アスコン）再生工場にアンケート調査を実施して，各地区で排出されるアスファルト廃材の実状を調査するとともに，実際にアスコン再生骨材を入手して再生アスファルト混合物（再生混合物）を製造して物性を評価した．また，「平成 29 年度研究助成事業」である「品質基準を下回る再生骨材を使用した再生アスコンの配合条件に関する事業」[2)]では，現行の品質基準を満たした再生骨材（規格内再生骨材）を使用した場合と基準を下回った再生骨材（規格外再生骨材）を使用した場合を比較し，基準を下回る再生骨材の活用方法について検討した．その結果，再生骨材の混入率が多いほど再生アスコンのひび割れ抵抗性は低下し，その傾向は規準を下回る再生骨材を用いた場合においてより顕著であった．そして，基準を下回る再生骨材でも 20%を超えて混入しなければ，ひび割れ抵抗性には悪影響を及ぼさないことがわかった．

これまでの検討成果に基づき，令和元年度の本事業では，新潟県において事実上の標準となっている混入率 30%を保持しつつ，規格外再生骨材を有効利用して再生混合物を製造するための配合仕様について検討した．通常の再生混合物の製造では，新規骨材に規格内再生骨材を加えて骨材粒度を決定し，これに新規アスファルトと再生用添加剤を加えて加熱混合を行う. 本事業では, 新規アスファルトや再生用添加剤の品質に着目し, 規格外再生骨材を 30%混入しても通常の再生混合物と同等の物性が得られる仕様について調査した． 本事業の検討における具体的な目的を以下に挙げる．

① 再生用添加剤の使用は，旧アスファルトの硬化を促進することが知られている [3)]. そのため，再生用添加剤の添加量を抑える方策として高針入度バインダを使用し，その効用を確認する．

② 劣化程度の異なる規格外再生骨材を用いて，高針入度バインダおよび再生用添加剤で再生したアスコンに対して直接引張試験を実施し，ひび割れ抵抗性を評価する．そして，これらと新規アスコンおよび規格内再生骨材を混入した再生アスコンの性能を比較する．

③ 高針入度バインダおよび再生用添加剤を使用して再生したバインダに対して性状試験を実施し，再生方法の違いによる再生バインダの力学性能の差異について考察する．

④ 以上の検討結果を踏まえて，繰り返し再生を考慮した規格外再生骨材の活用方法に関する知見を得る．

本事業では，新規アスファルトと再生用添加剤に着目することから，検討プロセスでの性能比較については，アスコンレベルでの物性評価に加えて，バインダレベルでの性状評価も行った．アスコンレベルとしては直接引張試験によるひび割れ抵抗性の評価を，バインダレベルとしては荷重測定型伸度試験によるレオロジー特性の評価を行った．また，再生骨材については, 1 種類の規格内再生骨材および劣化程度が異なる 2 種類の規格外再生骨材の合計 3 種類を使用した．

２.使用した再生骨材とバインダ類

2.1 規格内および規格外再生骨材

表 2.1　再生骨材の物性及び旧アスファルトの性状

項　目		規格内	規格外		基準値
			劣化軽	劣化重	
旧アスファルトの含有量 %		4.76			3.8 以上
旧アスファルトの性状	針入度 1/10 mm	31	12	7	20 以上
	圧裂係数 MPa/mm	0.53	2.13	1.95	1.70 以下
骨材の微粒分量 %		3.8			5 以下

本事業では，規格内 1 種，および規格外 2 種の計 3 種類の再生骨材を用いて評価試験を実施した．既往の事業と同様に，新潟県内のアスコン再生工場から再生骨材を入手し，その基本物性を測定したところ，**表 2.1** の「規格外，劣化軽」に示す結果であった．旧アスファルトの針入度，圧裂係数とも品質基準の値を下回っているため，この再生骨材は規格外再生骨材ということになる．また，旧アスファルト抽出後の骨材に対するふるい分け試験の結果を**表 2.2** に示す．骨材粒度としては，密粒度アスファルト混合物 13 に近いが，ふるい目の開き 0.6 mm で粒度範囲を超えるものであった．

表 2.2　再生骨材の粒度分布

ふるい目の開き mm	通過質量百分率%	密粒度 13 の粒度範囲
19.0	100	100
13.2	99.3	95～100
9.5	84.9	---
4.75	60.6	55～70
2.36	46.2	35～50
0.6	34.2	18～30
0.3	20.3	10～21
0.15	9.9	6～16
0.075	6.7	4～8

この「規格外，劣化軽」の再生骨材を，110℃に設定した空気恒温槽内に 48 時間静置して，加熱促進劣化を施した．この再生骨材は「規格外，劣化重」と呼称し，その物性は同じく**表 2.1** に示すとおりであった．針入度がかなり低く，劣化による硬化がさらに進行している状況がわかる．

規格外再生骨材を使用した再生混合物の物性を客観的に評価するために，現行の標準的な再生混合物の物性と比較する必要がある．そのためには，確実に品質基準を満足し，かつ骨材粒度が上記の規格外再生骨材と近似している再生骨材が必要となる．そこで，本事業では，**表 2.2** 示した規格外再生骨材の粒度とほぼ同じになるように新規骨材を組み合わせ，新規アスファルト量を**表 2.1** に示した旧アスファルトの含有量として，新規アスファルト混合物を作製した．この新規アスファルト混合物を，締め固めない状態で 110℃に設定した空気恒温槽内に 12 時間静置し，針入度がおおむね 30 となるように加熱劣化させた．これを再生骨材とみなして，同様に基本物性を測定したところ，**表 2.1** の「規格内」に示す結果であった．針入度，圧裂係数とも品質基準の値を満足しており，このアスファルト混合物を本事業での規

格内再生骨材と見なした．

本事業では，以上のようにして骨材粒度がほぼ同じで，旧アスファルトの劣化程度が異なる合計 3 種類の規格内および規格外の再生骨材を調達した．上記において実施した加熱促進劣化は，研究代表者の研究機関が独自に仕様を決めて運用している手法で，既往のキャリブレーション結果に基づいて空気乾燥機での養生時間を設定した．

2.2 新規アスファルトおよび再生用添加剤

再生骨材の混入率が 10%を超える再生混合物には，一般に再生用添加剤を添加する．すなわち，再生骨材の硬化した旧アスファルトを再生用添加剤で設計の硬さ（針入度）に軟化させる．そして，これに必要量の新規材料，すなわち骨材とアスファルトを加えて加熱混合したものが再生混合物である．本事業での着目点は，新規アスファルトに設計針入度のアスファルトを使用するのではなく，針入度が高い新規アスファルトを用いることにより，規格外再生骨材を混入し，かつ再生用添加剤の添加量を減らすことである．

以上により，本事業では新規アスファルトとして，新潟県で標準のストレートアスファルト（ストアス）60/80，および現時点で国内に流通しているストアス 80/100，ストアス 150/200 の 3 種類を使用した．また，再生用添加剤は，やはり新潟県内で標準的に運用されているものとした．これらの新規アスファルトおよび再生用添加剤の性能を**表 2.3** に示す．すべての材料が公益財団法人日本道路協会の要求性能を満足していた．

表 2.3　使用した新規ストアスと再生用添加剤の性状

項　目		ストアス			再生用添加剤（T-リバイブ）
		60/80	80/100	150/200	
針入度(25℃)	1/10mm	66	88	192	---
軟化点	℃	47.5	45.0	38.0	---
伸度(15℃)	cm	100+	100+	100+	---
トルエン可溶分	%	99.71	99.96	99.56	---
引火点	℃	356	366	348	269
薄膜加熱質量変化率	%	0.03	-0.03	---	-0.64
薄膜加熱針入度残留率	%	63.6	59.1	---	1.07(粘度比)
蒸発質量変化率	%	---	---	+0.01	---
蒸発針入度比	%	95	94	---	---
密度(15℃)	g/cm^3	1.038	1.033	1.026	0.911
動粘度(120℃)	mm^2/s	904	708	---	82.86
(150℃)		204	170	---	(80℃)
(180℃)		70.2	59.1	---	

３. 直接引張試験によるひび割れ抵抗性の比較

本事業におけるアスコンレベルの検討では，中央粒度を目標とした最大骨材粒径 20 mm の密粒度アスファルト混合物（密粒 20）を検討用のアスコン配合とした．再生アスコンのパフォーマンスとして重要なのは，ひび割れ発生に対して十分な抵抗性能を有していることである．本事業では，アスコンのひび割れ抵抗性評価法として力学的に最もシンプルな直接引張試験を実施して，各種配合の再生アスコンのひび割れ抵抗性を比較した．

3.1 試験用混合物の配合

直接引張試験では，新規の密粒 20 の配合設計結果に基づき，再生骨材の配合率は 0 %（新規アスコン）と新潟県の標準混合率である 30 %の 2 パターンとして検討用の混合物を配合した．供試体作製には，前章で調整した 1 種の規格内再生骨材および 2 種の規格外再生骨材を使用して再生混合物を配合を決定した．新規アスコンの合成粒度が予定粒度（粒度範囲の中央値）に近くなるように設定し，これを基本粒度とした．再生骨材を 30 %混入する配合は，新規アスコンの基本粒度を目標値として，分級した新規骨材の配合比を決定することで，配合率の違いによる骨材粒度の差を極力抑えた．

再生混合物の場合，実際に新規骨材と混合して合成粒度を組む際には，再生骨材を 0～4.75 mm と 4.75～13.2 mm の粒径に分級しておき，それらを合体したものが混入率 30%となるように調整した．分級せずにそのまま計量して混合してしまうと，供試体ごとに設計粒度と差異が生じてしまうからである．各種混合物の骨材粒度を**図 3.1** に示す，

また，新規アスファルトの配合量は，再生骨材に付着する旧アスファルトの量を考慮し，各種混合物においで総アスファルト量が新規アスコンの設計アスファルト量である 5.7 %となるように調整した．再生用添加剤はバインダの一部として計上するので，再生用添加剤を用いる場合は，新アスファルト，旧アスファルト，および再生用添加剤の総量が 5.7 %となるように配慮した．

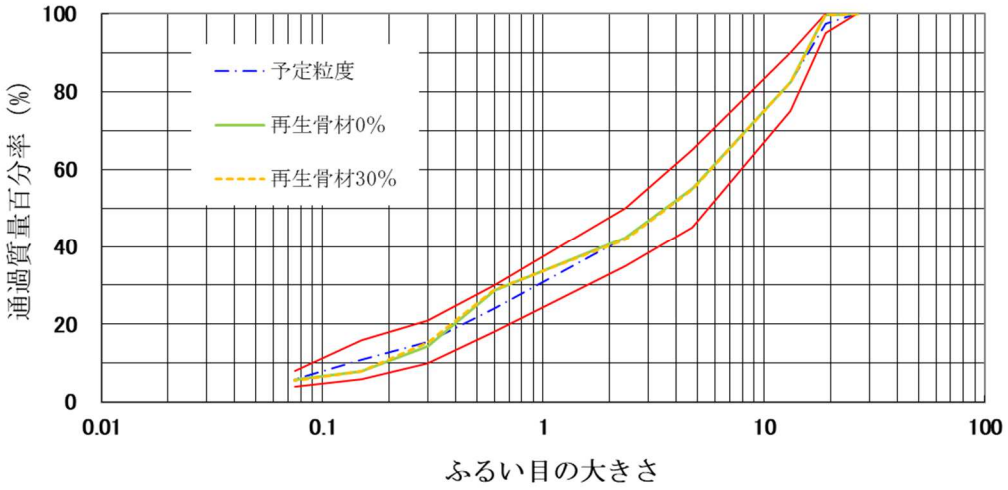


図 3.1　各種混合物の骨材粒度

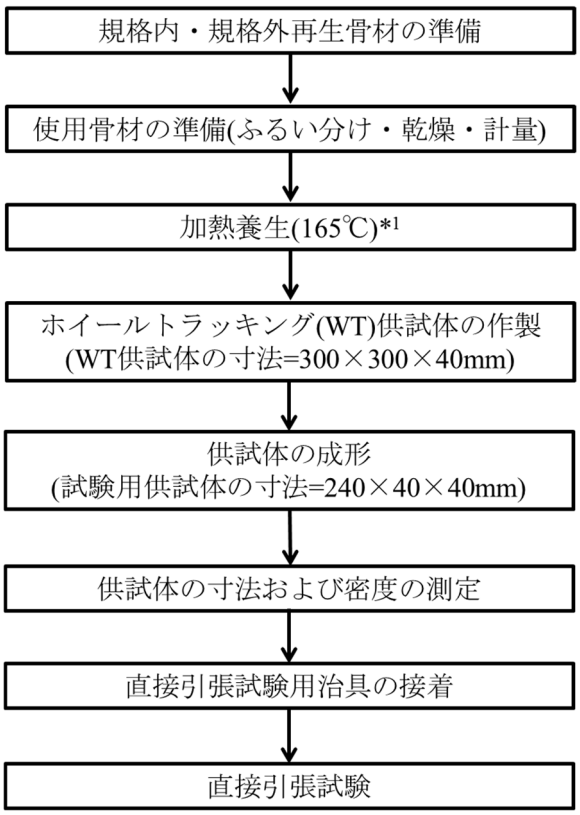
3.2 直接引張試験の要領

アスコンの引張作用に対する変形追従性，すなわち変形のしやすさを評価するためには，アスコン供試体に引張変形を与えて，ひび割れ破壊するまでにどれだけ変形できるかを計測する必要がある．各種再生アスコンの変形追従性を比較するため，ここでは直接引張試験を実施した．本試験は，供試体の長軸方向に強制的に引張変位を与え，その際の荷重をモニタする評価法である．試験要領は単純であるが，標準化されている試験法ではない．しかしながら，研究レベルでは多くの実績があり，評価試験としての信頼性は問題ない[4]．

本事業での直接引張試験の実施フローを**図 3.2** に示す．アスコン供試体の種類としては，すべて新規材料で混合した新規アスコン，3 種類の再生骨材をそれぞれ 30%混入した 3 種類の再生アスコンであり，再生アスコンについては，**表 2.3** に示した新規ストアスのグレードおよび再生用添加剤の添加量をいくつか変化させた．新規ストアスのグレードと再生用添加剤の添加量の組み合わせは，再生骨材の劣化程度に基づいて選定した．

ホイールトラキング試験の供試体を作製する要領で 300×300×40 mm のアスコンブロックを作製し，それから 240×40×40 mm のプリズム状供試体を 6 本切り出した．なお，母体アスコンブロックのローラコンパクタでの締固めは，新規アスコンの配合に対する基準密度での締固め回数を標準とし，全ての配合の供試体で同一の締固め回数とした．成形後の供試体を**写真 3.1** に示す．

240×40×40 mm の供試体の両端面に，**写真 3.2** に示すように引張用冶具をエポキシ樹脂系接着剤で貼り付け，恒温槽内に試験温度で 5 時間以上養生した．その後，**写真 3.3** に示すように一定の変位速度で供試体を軸方向に引き伸ばした．試験温度は 20℃，変位速度は 1.0 mm/min とした．



*1 過度の劣化を防ぐため，供試体作製の 3 時間前に開始

図 3.2 直接引張試験の実施手順

写真 3.1 直接引張試験の供試体

写真 3.2　直接引張試験用冶具の接着状況

写真 3.3　直接引張試験の実施状況

3.3 試験結果および考察

直接引張試験によって得られる出力データは，与えた変位量に対する荷重の値である．変位を供試体長さで除してひずみとし，荷重を供試体断面積で除して応力とした．このようにして得られる応力－ひずみ曲線の一例を**図 3.3** に示す．本事業では，応力のピーク値を破壊応力，このときのひずみを破壊時ひずみと定義した．破壊時ひずみの大きさは，変形作用に対する材料の追従性を示すもので，ひび割れに対する抵抗性を表す評価値の一つである．

再生骨材を 30 %混入した供試体に対して，3 種類の新規アスファルトと再生用添加剤の添加量を複数パターン組み合わせ，それぞれのアスコン物性を新規アスコンおよび規格内再生骨材を配合した再生アスコンのものと比較した．なお，新規アスコンにはストアス 60/80 のみを新規アスファルトとして使用し，規格内再生骨材を混入した再生混合物には，いずれも新潟県内で標準的に運用されているストアス 60/80 と再生用添加剤を 10 %併用する配合，およびストアス 80/100 と再生用添加剤を 5 %併用する配合の 2 パターンとした．

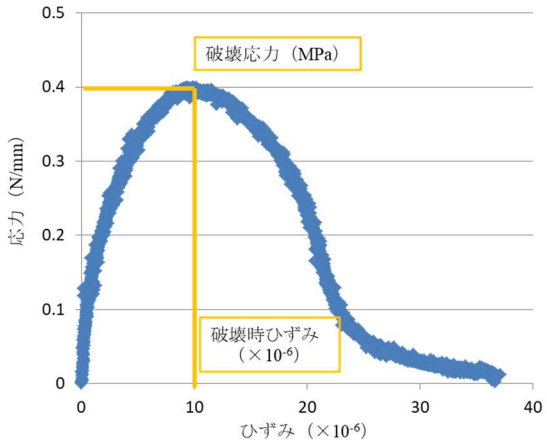


図 3.3　応力-ひずみ曲線の例

3.3.1 再生骨材の劣化程度での比較

使用した再生骨材の劣化程度の違いによるアスコンのひび割れ抵抗性を比較するため，規格内再生骨材および劣化程度の異なる 2 種類の規格外再生骨材を混入した供試体に対する試験結果を**図 3.4**，**図 3.5** に示す．なお，劣化程度の違いによるひび割れ抵抗性の差異を評価するため，2 種類の規格外再生骨材を混入した再生アスコンに対しても新潟県内で標準的な添加量の再生用添加剤を使用し，再生骨材の劣化レベル以外は同じ条件とした．

破壊応力は再生骨材の劣化が進行しているほど値が大きくなっており，破壊時ひずみは再生骨材の劣化程度が高いほど値が小さくなっている．これらの傾向は，いずれの新規アスファルトを使用した場合においても同様である．また，いずれの規格外再生骨材を使用した場合においても，ストアス 80/100 を使用したものはストアス 60/80 を使用したものよりも再生用添加剤の添加量が少ないものの，破壊時ひずみに大きな差異はない．

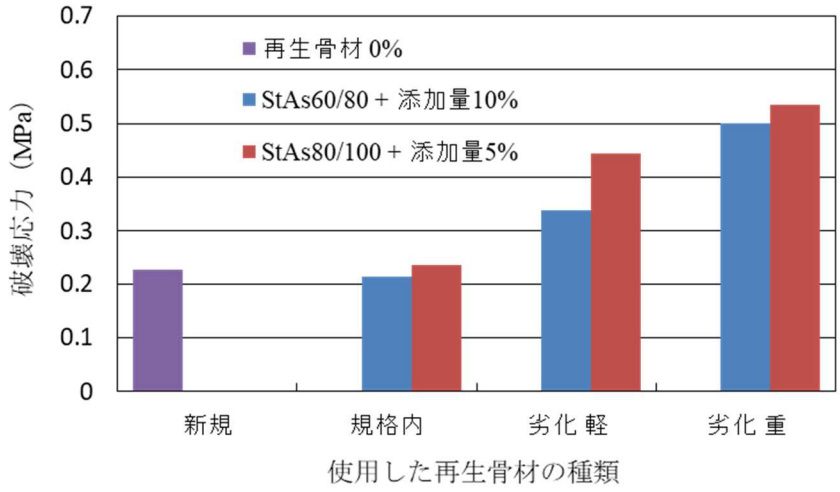


図 3.4　再生骨材の劣化程度と破壊応力の関係

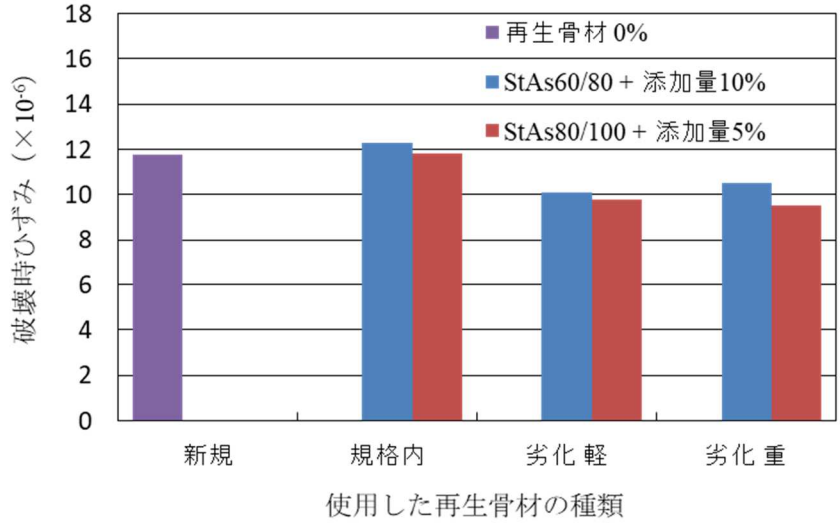


図 3.5　再生骨材の劣化程度と破壊時ひずみの関係

これらの結果より，劣化が進行した再生骨材を混入することで破壊応力は大きくなり，変形作用に対する追従性は低くなることが認められる．また，高針入度バインダを使用して再生用添加剤を減量すると，再生骨材の劣化程度が同等であれば破壊時ひずみに差がないことから，再生用添加剤の添加量を減らす方法として，高針入度アスファルトを使用することは効果的であると考えられる．

3.3.2 再生用添加剤の添加量での比較

再生用添加剤の添加量の違いでアスコンのひび割れ抵抗性を比較するため，新規アスファルトにストアス 80/100 を使用し，再生用添加剤を 0～15 %の範囲で 5 %毎に変化させた供試体に対する試験結果を**図 3.6**，**図 3.7** に示す．なお，再生骨材には 2 種類の規格外再生骨材を使用し，新規アスコンの新アスファルトにはストアス 60/80 を使用している．

破壊応力は，再生用添加剤の添加量が増加するほど小さくなっている．また，破壊時ひず

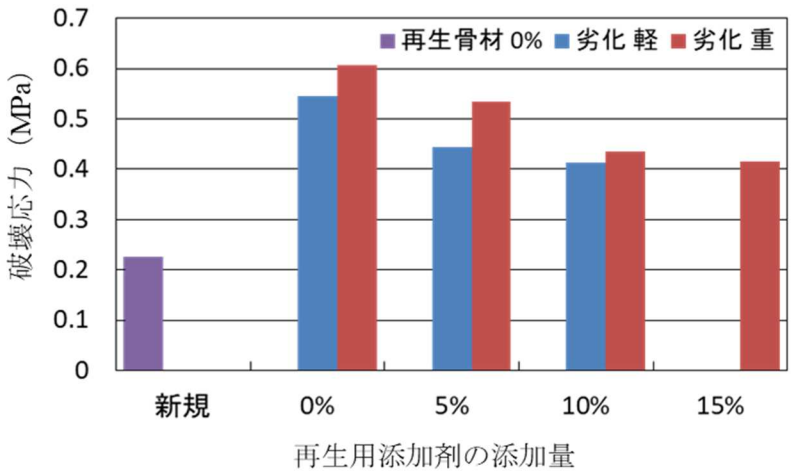


図 3.6　再生用添加剤の添加量と破壊応力の関係

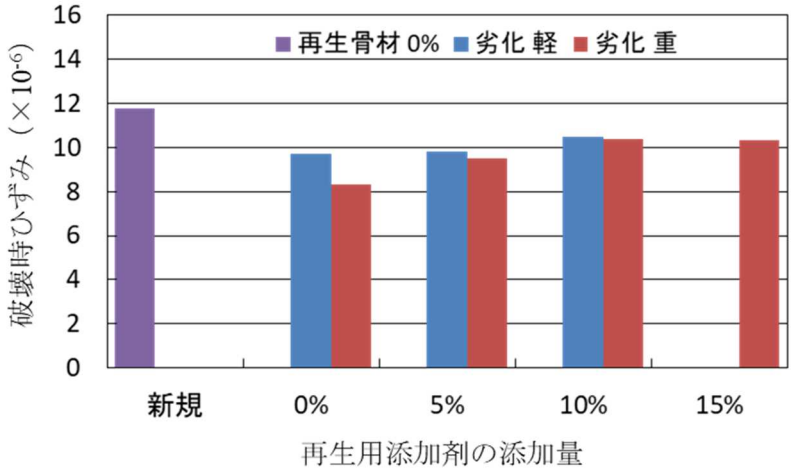


図 3.7　再生用添加剤の添加量と破壊時ひずみの関係

みは，再生用添加剤の添加量が増加するほど，わずかであるが大きくなっている．この傾向は，いずれの規格外再生骨材を配合した場合においても同様である．また，「劣化軽」の破壊時ひずみにおいて，添加量 10 %と新規アスコンで同等であり，かつ「劣化重」と比較しても，添加量を 5 %毎に変化させた場合における差異が小さい．

これらの結果より，再生骨材に付着する旧アスファルトの針入度をストアス 80/100 と再生用添加剤の併用によって回復することで，規格外再生骨材を混入した再生アスコンの変形作用に対する追従性を向上できると考えられる．また，「劣化軽」を使用したアスコンの破壊時ひずみは，再生用添加剤の添加量の違いで顕著な差は確認されなかったことから，劣化が著しくなければ，ストアス 80/100 と少量の再生用添加剤を併用することで使用できる可能性がある．なお，「劣化重」を使用したアスコンにおいて，破壊応力，破壊時ひずみともに添加量が 10 %と 15 %で同等であり，再生用添加剤の効果がほとんど発現していない．再生用添加剤の過度な使用は，再生骨材の品質低下に繋がることが知られているため，使用の際は添加量に留意する必要があるといえる．

3.3.3 新規アスファルトに使用したバインダ種での比較

劣化程度の異なる 2 種類の規格外再生骨材にストアス 150/200 を使用した再生アスコンのひび割れ抵抗性について，ストアス 60/80 を使用した新規アスコンおよび規格内再生骨材を混入した再生アスコンと比較した結果を**図 3.8**，**図 3.9** に示す．規格内再生骨材を混入した再生アスコンは，ストアス 60/80 と再生用添加剤 10 %の併用，およびストアス 80/100 と再生用添加剤 5%の併用とした．

図 3.8 および**図 3.9** より，規格外再生骨材を混入し，ストアス 150/200 のみを使用した再生アスコンは，再生骨材の劣化程度に関わらず，新規アスコンや規格内再生骨材を配合したものとほぼ同等の破壊応力，破壊時ひずみとなっている．

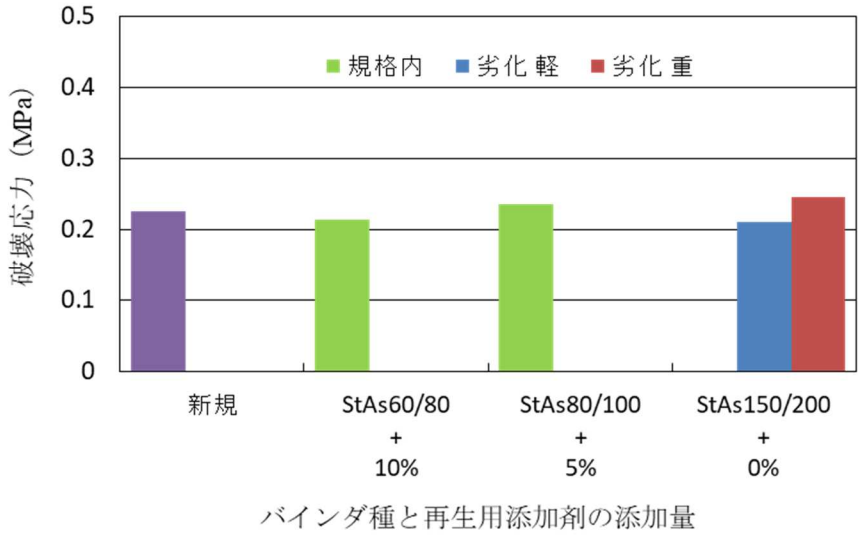


図 3.8　新規バインダと再生用添加剤の組み合わせと破壊応力の関係

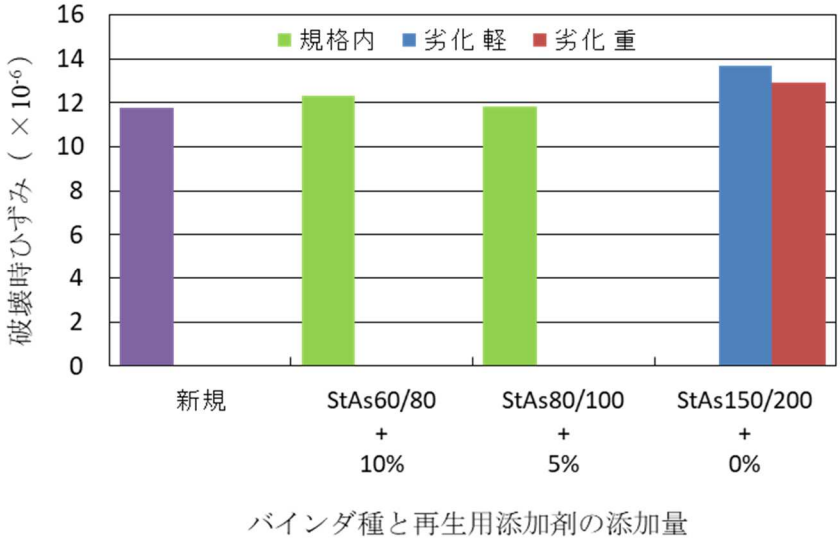


図 3.9　新規バインダと再生用添加剤の組み合わせと破壊時ひずみの関係

以上より，一般的に運用されているストアス 60/80 よりも針入度の高いバインダを新規アスファルトに用いることで，規格外再生骨材を混入した再生アスコンであっても，新規アスコンや規格内再生骨材を配合したものと同等のひび割れ抵抗性が得られると考えられる．さらに，現行の規格を大きく下回り劣化が大幅に進行した再生骨材であっても，高針入度アスファルトを用いることで，再生アスコンの性能低下に影響を与える再生用添加剤を使用しなくても，新規アスコンや規格内再生骨材を混入した再生アスコンと同等のひび割れ抵抗性が得られることが期待される．したがって，高針入度アスファルトの使用は，再生用添加剤の添加量を低減し，再生アスコンのひび割れ抵抗性を向上する効果があると考えられる．

４. 荷重測定型伸度試験によるバインダ性状の比較

アスコンレベルでの直接引張試験によるひび割れ抵抗性の比較では，すべての混合物で骨材粒度が同じになるように配慮した．骨材素材および骨材粒度がほぼ同じであれば，アスコンパフォーマンスとして発現する差異は，バインダの性能および骨材とバインダの付着状態の違いに起因するものと考えられる．再生混合物では，後者の骨材とバインダの付着状態は極めて複雑で検討が難しいことから，ここでは前者のバインダ性能について注目し，バインダレベルでの性能比較を行った．

再生混合物を製造する場合，再生骨材の硬化した旧アスファルトを新規バインダや再生用添加剤と混合することによって，低下した針入度を回復させている（あくまでも理念として）．針入度はアスファルトバインダのコンシステンシを断片的に評価する一つの評価法で，粘結力や粘着力などのレオロジー的な性能を評価することができない．そこで本事業では，荷重測定型伸度試験（Force Ductility Test：FDT）[5]によってバインダ性状を比較した．

現行の運用基準において混入が不可な規格外再生骨材の旧アスファルトを，高針入度バインダおよび再生用添加剤で再生したもの（混合バインダ）の力学性能を評価する．そして，

これらの混合バインダを新規アスファルトおよび混入可能とされている規格内再生骨材に含まれる旧アスファルトの混合バインダと比較することで，規格外を含む再生骨材の繰り返し利用に適した再生方法について検討を行った．

4.1 FDT の実施要領

FDT では，伸度試験機にロードセルを搭載した荷重測定型伸度試験機を用いる．本試験は，バインダが延伸される際の荷重と変位を測定することで DR 値と FD 値を算出し，バインダの変形抵抗性と粘結力を求めることができる．既往の研究において，密粒度アスファルト混合物 13（最大骨材粒径 13 mm）の場合，本試験で得られる FD 値は対象となるバインダ種を問わず，アスコンの疲労破壊抵抗性との間に高い相関性を有することが確認されている [6]．また，既往の研究においていくつかの温度条件で FDT を実施をした結果，15℃が適当であることが確認されているため，本事業における試験温度も既往の研究に基づき 15 ℃とした．バインダを延伸する速度は，通常の伸度試験と同じ 50 mm/min とした．

試験用供試体は，再生骨材から旧アスファルトを回収し，これに新規ストアスや再生用添加剤をブレンドしたものではなく，第 3 章で実施した直接引張試験の供試体（試験後のもの）から回収したバインダとした．したがって，実際の再生プラントや室内試験室で加熱混合した再生混合物の状態とは異なり，旧アスファルト，新規バインダおよび再生用添加剤がかなり均質に混ざり合た状態の混合バインダであった．

FDT は，舗装調査・試験法便覧［第 2 分冊 A043］[7]に記載されている伸度試験に準拠して実施した．本試験に使用した供試体作製用の型枠を**写真 4.1** に，試験実施状況を**写真 4.2** にそれぞれ示す．

写真 4.1　供試体作製に使用した金属板および型枠

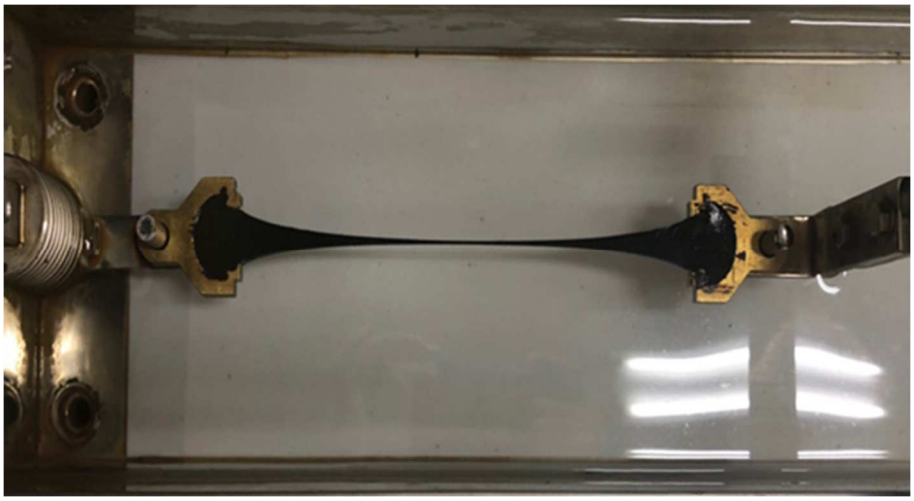


写真 4.2　FDT 実施状況

4.2 FDT のデータ処理方法

FDT での評価指標は DR 値と FD 値であり，これらは試験によって得られる荷重と変位の関係から求める．FDT で得られる荷重－変位曲線の一例を**図 4.1** に示す．DR 値は，伸長開始からピーク荷重に達するまでの荷重曲線の面積である．DR 値はバインダの変形抵抗性を表すものであるが，単に「硬さ」を表すものではない．この場合，最大荷重に達するまでの変位量も併せて考える必要があり，その変位まで引き伸ばす仕事量と捉えられる．

FD 値は以下の手続きのよって求めた．最大荷重以降に傾きが大きく低下した部分の荷重曲線に対してその接線を求め，この接線と変位軸との交点を確定する．そして，これらの接線，荷重曲線，変位軸で囲まれた面積が FD 値である．FD 値は，アスファルトバインダのタフネス・テナシティ試験のテナシティに相当する物理量で，バインダの粘結力の程度を表すものと捉えられる．

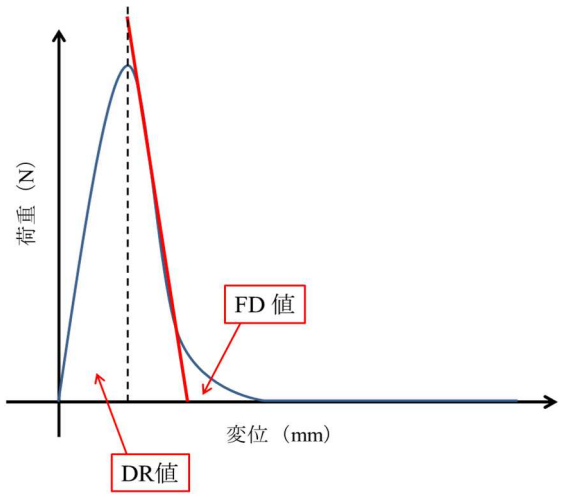


図 4.1　FDT 試験で得られる荷重－変位曲線の一例

4.3 試験結果および考察

FDT では, 第 3 章のアスコンレベルの検討と同様に, 旧アスファルトが混合バインダの 30 % を占めるサンプルとし，3 種類の新規ストアスと再生用添加剤の添加量を複数パターン組み合わせた場合に，新規アスファルトおよび規格内再生骨材に含まれる旧アスファルトを使用した混合バインダとの比較を行う．混合バインダに含まれる旧アスファルトは，第 2 章で調節した 3 種類の再生骨材に付着しているものを用いた．また，混合していない新規アスファルトはストアス 60/80 とした．なお，規格内再生骨材に含まれる旧アスファルトを使用した混合バインダには，いずれも新潟県内で標準とされているストアス 60/80 および再生用添加剤 10 %を混合したもの，ストアス 80/100 および再生用添加剤 5 %を混合したものの 2 種類を採用した．

劣化程度が低い規格外再生骨材を混入した場合の試験結果を**図 4.2** および**図 4.3** に，劣化程度が高い規格外再生骨材を混入した場合の試験結果を**図 4.4** および**図 4.5** にそれぞれ示す．また，FDT の試験結果に対応する各サンプルの針入度の一覧を**表 4.1** に示す．

図 4.2 および**図 4.3** より，「劣化軽」を使用したものは，いずれの新規ストアスと添加量の組み合わせにおいても，新規アスファルトや規格内再生骨材を使用したものと比較して DR 値が大きく，FD 値が小さくなっている．また，FD 値に関しては，より高針入度のストアスを用いて再生用添加剤の添加量が少ないほど値が大きく，新規アスファルトとの差異が小さくなっている．これは，高針入度バインダを用いることで，アスファルトの性状に変化を及ぼす再生用添加剤の使用量を低減させたことによるものと考えられる．

図 4.4 および**図 4.5** より，「劣化重」を使用したものは，いずれの新規ストアスと添加量の組み合わせにおいても，新規アスファルトや規格内再生骨材を使用したものと比較して DR 値が大きく，FD 値が小さくなっている．なお，ストアス 80/100 を使用したものは，他のサンプルよりもかなり DR 値が大きく，FD 値が小さい．また，ストアス 150/200 を使用したものは，劣化程度が低い再生骨材を使用した場合と同様に，FD 値は新規アスファルトや規格内再生骨材を使用したものとほぼ同等である．

表 4.1 より，規格外再生骨材を使用したものは，いずれのサンプルにおいても新規アスファルトや規格内再生骨材を使用したものよりも DR 値が大きく，FD 値が小さい．ストアス 150/200 を使用した 2 つのサンプルは，規格外再生骨材を使用した他のサンプルと比べて，針入度は多少低くなっている．しかし，DR 値は新規アスファルトや規格内再生骨材を使用したものよりも値が大きいが，FD 値においては，新規アスファルトや規格内再生骨材を使用したものと大きな差異は見られない．したがって，ストアス 150/200 を新規バインダとして用いることで，再生用添加剤で再生するよりもバインダ性状における粘結力の低下を抑制することができる．

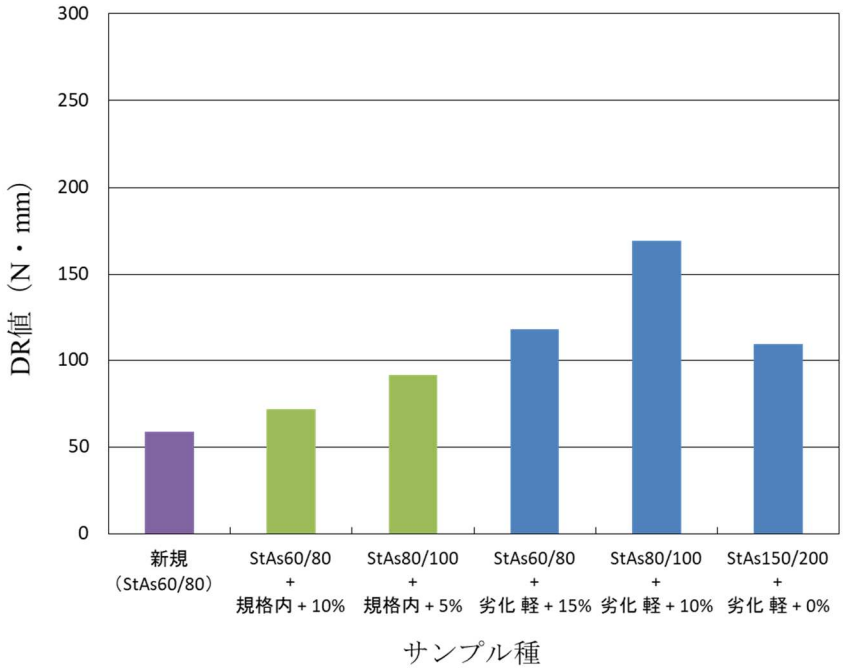


図 4.2「劣化軽」を混入した混合バインダの試験結果（DR 値）

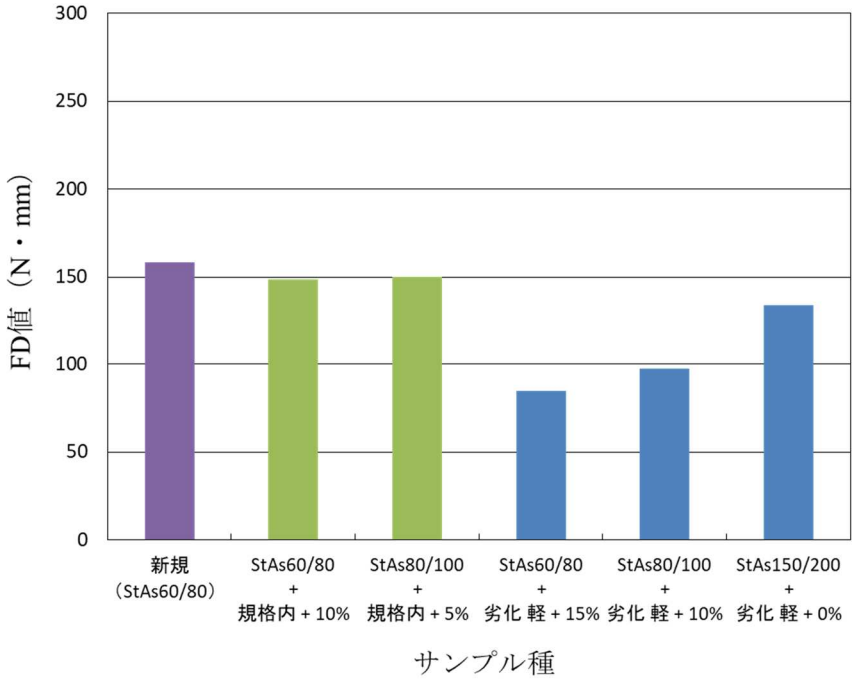


図 4.3「劣化軽」を混入した混合バインダの試験結果（FD 値）

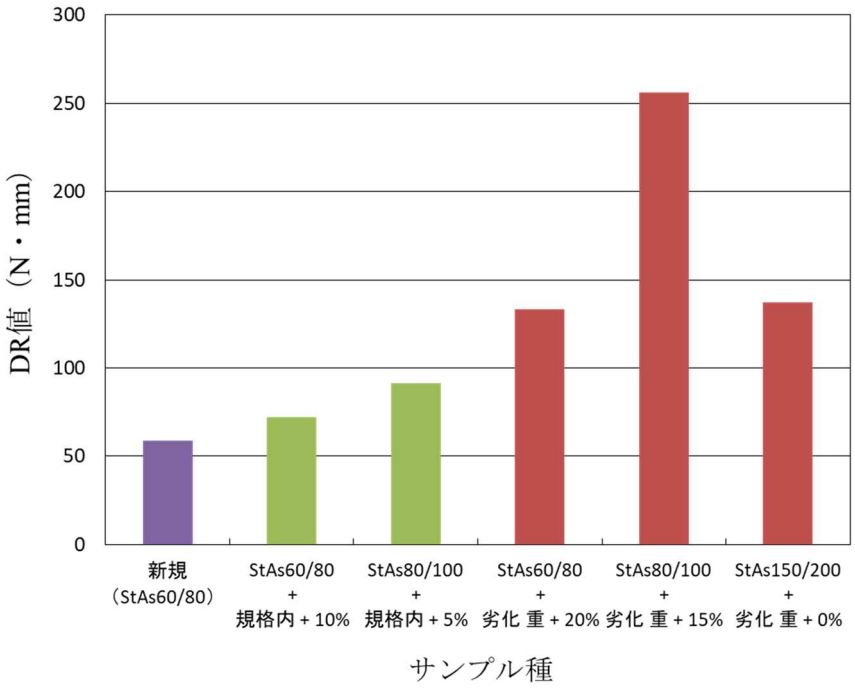


図 4.4「劣化重」を混入した混合バインダの試験結果（DR 値）

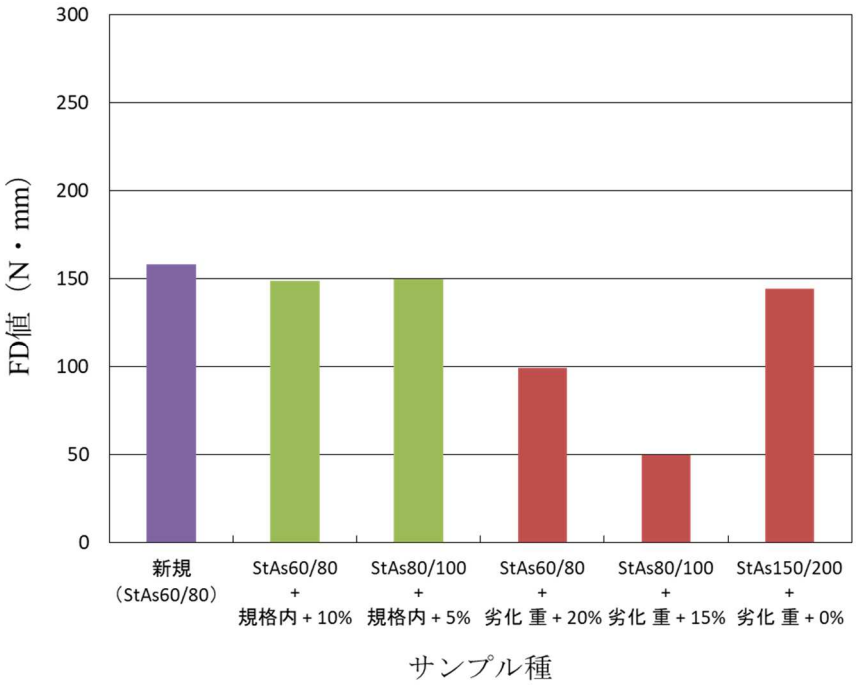


図 4.5「劣化重」を混入した混合バインダの試験結果（FD 値）

表 4.1　各混合バインダの FDT 試験結果と針入度

サンプル種（新アス ＋ 添加量）		FDT試験結果		針入度（1/10mm）
		DR値（N・mm）	FD値（N・mm）	
StAs60/80（新規）		58.9	158.6	69
規格内	StAs60/80 + 10%	71.8	148.8	73
	StAs80/100 + 5%	91.3	150.0	72
劣化 軽	StAs60/80 + 15%	118.4	84.7	53
	StAs80/100 + 10%	169.2	97.4	70
	StAs150/200 + 0%	109.4	134.1	63
劣化 重	StAs60/80 + 20%	133.4	99.1	63
	StAs80/100 + 15%	256.1	49.8	61
	StAs150/200 + 0%	137.4	144.6	54

５. まとめ

本事業では，再生骨材の繰り返し利用に適するアスコンの再生方法について知見を得るため，劣化レベルの異なる 2 種類の規格外再生骨材を配合し，高針入度バインダおよび再生用添加剤を使用して作製したアスコン供試体に対して直接引張試験を実施した．また，再生方法の違いによる再生バインダの力学性状についても比較するため，バインダレベルでの評価も行い，配合の違いによるバインダ性状の差異について考察した．本研究で得られた知見を以下にまとめる．

(1) 直接引張試験の結果，規格外再生骨材を混入した再生アスコンには，新規アスファルトにストアス 80/100 を使用すれば，再生用添加剤の添加量を減らしても新規アスコンと同等の性能が得られることがわかった．また，劣化が著しく進行した再生骨材であっても，より軟質なストアス 150/200 を用いることで，再生用添加剤を併用せずに新規アスコンと同等の物性が得られることを確認した．

(2) バインダレベルで評価した結果，旧アスファルトの劣化レベルに関わらず，ストアス 150/200 を用いることで，新規のストアス 60/80 と同等の性状を得られることが明らかになった．しかし，アスコンレベルで効果がみられた高針入度バインダと再生用添加剤を併用する方法は，混合バインダの性状が低下する傾向が認められた．

(3) 規格外再生骨材に対して高針入度バインダを用いる方法は，再生用添加剤の添加量を抑制することが可能で，アスコン物性およびバインダ性状ともに新規のものと大きな差異はない．したがって，規格外再生骨材に高針入度バインダを使用する方法は，繰り返し利用に適した再生方法であり，再生用添加剤を添加する際には使用量に留意する必要がある．

参考文献

1) （一財）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」（長岡技術科学大学大学院 高橋修），http://www.niigata-ctc.or.jp/kyoryoku/jisseki/jisseki02.html，2016.
2) （一財）新潟県建設技術センター：平成 29 年度研究助成事業活動結果報告「品質基準を下回る再生骨材を使用した再生アスコンの配合条件に関する事業」（長岡技術科学大学大学院 高橋修），http://www.niigata-ctc.or.jp/kyoryoku/jisseki/jisseki04.html，2018.
3) （社）日本道路協会：再生用添加剤の品質，舗装再生便覧（平成 22 年版），pp.13-14，2010.
4) 吉田隆輝，高橋正一：アスファルト混合物の直接引張試験について，土木学会第 49 回年次学術講演会講演概要集，第 5 部，pp.66-67，1994.
5) AASHTO Designation : Standard Method of Test for Force Ductility Test of Asphalt Materials, T300-00, 2004.
6) 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方法に関する検討，舗装 Vol.46，No.4，pp.15-19，2011.
7) （社）日本道路協会：伸度試験方法，舗装調査・試験法便覧〔第 2 分冊〕，pp.132-139，2007.