

規格外再生骨材を使用した再生アスファルト混合物の配合設計に関する研究

長岡技術科学大学大学院 環境社会基盤工学専攻 覚張 涼平

1. はじめに

我が国では、アスファルトコンクリート（以下アスコン）の再資源化が高い水準で推進され、全アスコン製造量に占める再生アスファルトコンクリート（以下、再生アスコン）の比率が年々増加傾向にある。再生アスコンの利用が推進される一方で、繰り返し利用される再生骨材が増加しつつある。再生骨材の繰り返し利用は、骨材に付着する旧アスファルト（以下、旧アス）の品質を低下させることが知られており、将来的に既定の品質規格を満足する再生骨材の減少が懸念されている。

既往の研究より、品質規格を満たさない再生骨材（以下、規格外再生骨材）を再生アスコンの材料として使用した場合、供用後のひび割れ率が増加することが知られている。しかしながら、規格外再生骨材の劣化程度や混入量が再生アスコンの物性へ及ぼす影響を力学的に評価した事例は少ないのが実状である。

そこで本研究では、規格外再生骨材が再生アスコンへ及ぼす影響を力学的に評価したうえで、その結果を基に利用方法に関する知見を得ることを目的として種々の検討を行った。規格外再生骨材の影響を評価する方法として、密粒度アスファルト混合物（最大骨材粒径 13mm）の配合設計結果を基に再生アスコン供試体を作製して直接引張試験を実施した。

2. 規格外再生骨材の作製

本研究では、新潟県内のリサイクルプラントから採取した再生骨材に加熱促進劣化を施して劣化程度の異なる3種類の規格外再生骨材を作製した。再生骨材の品質規格値を表-1に、作製した再生骨材の物性値を表-2に示す。表-1に示した規格値のうち、針入度と圧裂係数のいずれか一方でも満足した場合、再生骨材は規格を満足しているものとして扱われる。

表-1、表-2より、作製した再生骨材は、いずれも規格外再生骨材であることがわかる。また、96時間加熱促進劣化を施したものについては、旧アスの劣化が著しく、物性評価が不可能となった。

表-1 再生骨材の品質規格

項目	規格値
針入度 (1/10mm)	20 以上
圧裂係数 (MPa/mm)	1.7 以下

表-2 再生骨材の物性値

項目	劣化時間 (h)		
	0	48	96
針入度 (1/10mm)	17	12	
圧裂係数 (MPa/mm)	2.39	2.46	
品質	規格外	規格外	規格外

3. 直接引張試験によるひび割れ抵抗性の評価

本研究では、規格外再生骨材を使用した再生アスコンのひび割れ抵抗性の評価を行うため、直接引張試験を実施した。本試験では、供試体に一定の変位速度で引張荷重を加えてひび割れが発生するまでの応力とひずみを計測した。ひび割れ発生時の応力のピークを破壊応力、ひずみの値を破壊時ひずみとし、それぞれの値を基にひび割れ抵抗性の評価を行った。

4. 試験結果および考察

直接引張試験の結果について、破壊時ひずみを図-1、破壊応力を図-2 に示す。図-1、図-2 より、物性評価が可能な再生骨材（劣化時間 0h, 48h）を使用した再生アスコンは、再生骨材配合率が高くなるほど破壊時ひずみは低下し、破壊応力は増加する傾向が確認できる。一方、物性評価が不可能な再生骨材（劣化時間 96h）を使用した再生アスコンは、再生骨材配合率と破壊時ひずみに相関が確認されず、再生骨材配合率が高くなるほど破壊応力は低下する傾向が確認できる。これらの結果より、規格外再生骨材を再生アスコンに使用する場合、劣化程度によってひび割れ抵抗性に及ぼす影響に差異が生じることがわかった。

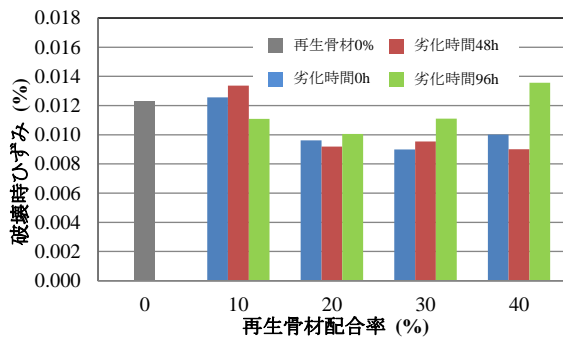


図-1 破壊時ひずみ－再生骨材配合率

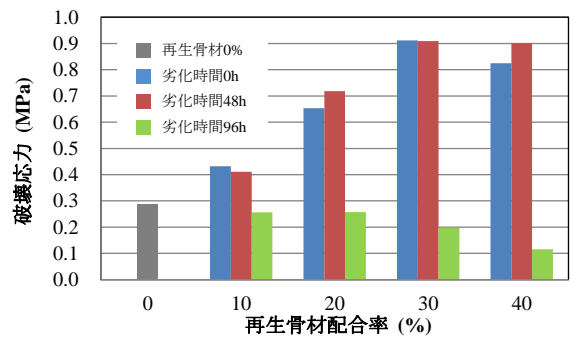


図-2 破壊応力－再生骨材配合率

5. 空隙率の評価

本章では、規格外再生骨材が再生アスコンの物性に及ぼす影響を評価するため、直接引張試験で用いた供試体の空隙率の評価を行った。各種供試体の空隙率を図-3 に示す。図-3 より、物性評価が可能な再生骨材（劣化時間 0h, 48h）を使用した供試体の空隙率は、再生骨材配合率が高くなるほど低下する傾向が確認できる。この結果から、再生アスコンは旧アスの影響によって固く密に締まることで応力は増加したが、変形追従性が低下したことで脆化したことが考えられる。

物性評価が不可能な再生骨材（劣化時間 96h）を使用した供試体の空隙率は、他の供試体と比較すると遥かに大きい値を示しており、再生骨材配合率が高くなるほどその傾向は顕著となっている。この結果から、劣化が進行し、バインダーの性状が失われた旧アスが混入したことでアスコンの締固め不良を招いたことが考えられる。

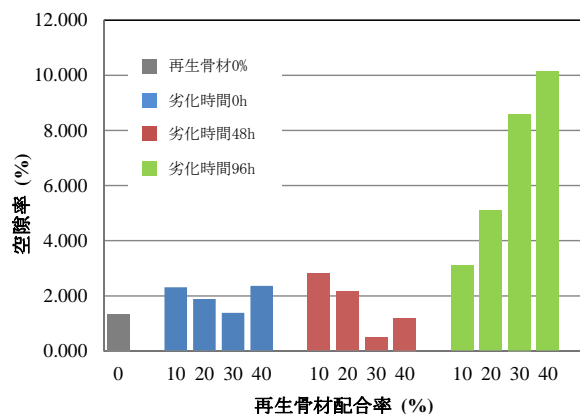


図-3 空隙率－再生骨材配合率

5. 規格外再生骨材の利用方法の検討

5.1 物性評価が可能な再生骨材 (劣化時間 0 h, 48 h)

直接引張試験及び空隙率の結果から、物性評価が可能な再生骨材 (劣化時間 0 h, 48 h) を使用した再生アスコンは、旧アスの影響で固く脆くなることでひび割れ抵抗性が低下することがわかった。本研究ではこの結果を踏まえ、アス量を通常より多く設計することによって旧アスの影響を緩和し、ひび割れ抵抗性の向上が可能となるか検討を行った。前章までに作製した供試体のアス量は、新規骨材の最適アス量に基づき 5.5 % を設計値としていた。ここでは新規アスの投入量を 0.2, 0.4% 増加し、アス量 5.7 %, 5.9 % の供試体を作製して直接引張試験を実施した。

直接引張試験の結果について、劣化時間 0 h の再生骨材を使用した供試体の破壊時ひずみを図-4、破壊応力を図-5 に示す。図-4 より、アス量が増加するほど供試体の破壊時ひずみは増加していることが確認できる。この結果から、アス量の増加によるひび割れ抵抗性の向上は可能と考えられる。図-5 より、アス量が増加するほど破壊応力が低下していることが確認できる。この結果から、アス量の増加により旧アスの影響が緩和されていることが考えられる。同様に劣化時間 48h の再生骨材を使用した供試体の破壊時ひずみを図-6、破壊応力を図-7 に示す。図-6、図-7 より、劣化時間 48h の結果についても劣化時間 0 h と同様の傾向が確認できる。

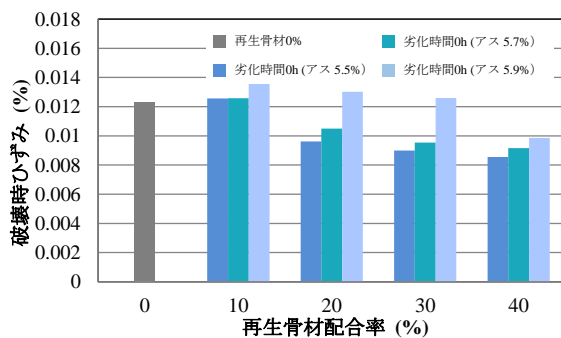


図-4 破壊時ひずみー再生骨材配合率 (劣化時間 0h アス量変化)

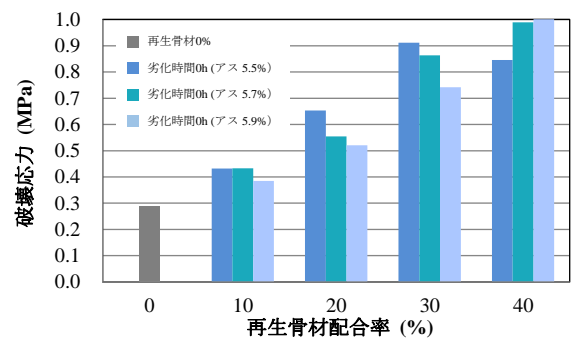


図-5 破壊応力ー再生骨材配合率 (劣化時間 0h アス量変化)

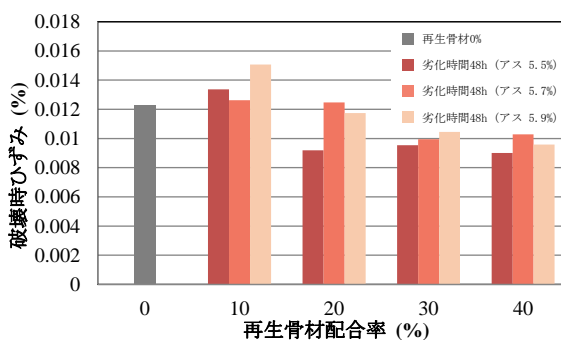


図-6 破壊時ひずみー再生骨材配合率 (劣化時間 48h アス量変化)

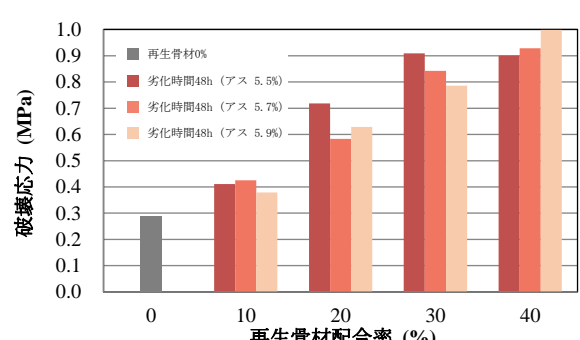


図-7 破壊応力ー再生骨材配合率 (劣化時間 48h アス量変化)

5.2 物性評価が不可能な再生骨材（劣化時間 96h）

直接引張試験及び空隙率の結果から、物性評価が不可能な再生骨材（劣化時間 96 h）を使用した再生アスコンは、バインダーとしての性状が失われた旧アスが混入したことによって締固め不良となったことが考えられる。本研究ではこの結果を踏まえ、旧アスにバインダーとしての機能を要求せず、骨材の一部として扱った場合、締固めの問題を解消することが可能か検討を行った。

再生骨材を再生アスコンに配合する場合、通常の方法では骨材に付着する旧アスを抽出した後に骨材粒度を計測し、その結果に基づいて配合設計を行う。本検討では、劣化時間 96h の再生骨材について、旧アスを骨材の一部として扱うため、敢えて旧アス抽出のプロセスを経ず、旧アスが骨材に付着した状態で骨材粒度を計測して配合設計を行った。

作製した供試体の空隙率を図-8 に示す。図-8 より、本検討において作製した供試体の空隙率は、通常の方法で作製した供試体より値が小さくなっており、締固めが良好になっていることがわかる。

直接引張試験の結果について、破壊時ひずみを図-9、破壊応力を図-10 に示す。図-9 より、本検討で作製した供試体は、通常の方法で作製した供試体とは異なり、破壊時ひずみと再生骨材配合率に相関があることが確認できる。また、新規アスコンと同程度かそれ以上の値を示していることから、ひび割れ抵抗性が高いことがわかる。図-10 より、破壊応力は新規アスコンと同程度の値を示していることがわかる。これらの結果から、物性評価が不可能な段階まで劣化が進行した再生骨材は、旧アスを骨材の一部として扱うことによって再生アスコンへの使用が可能となると考えられる。

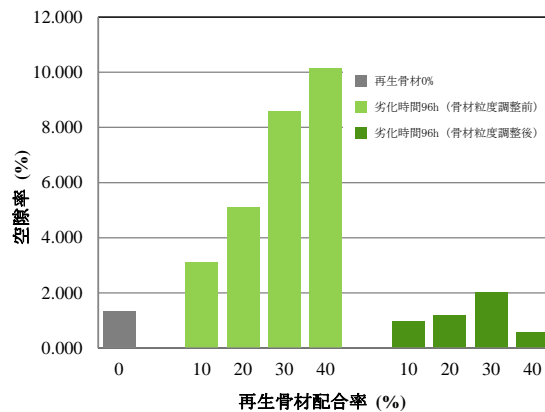


図-8 空隙率—再生骨材配合率（劣化時間 96h）

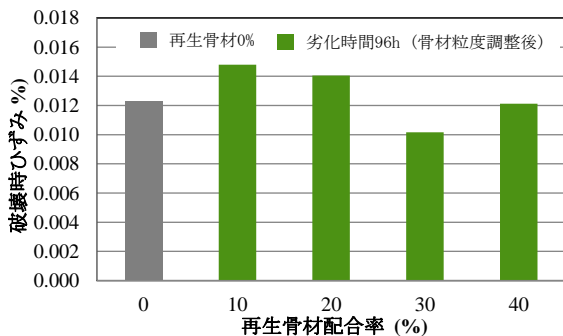


図-9 破壊時ひずみ—再生骨材配合率（劣化時間 96h 粒度調整後）

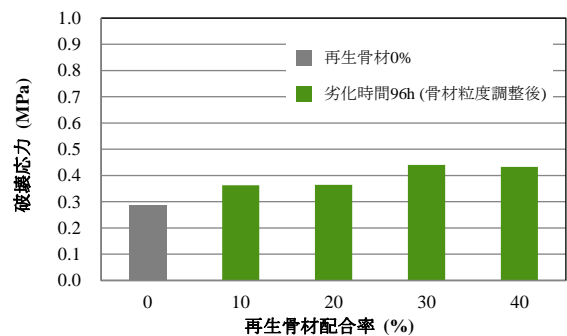


図-10 破壊応力—再生骨材配合率（劣化時間 96h 粒度調整後）

6. まとめ

本研究によって得られた知見を以下にまとめる。

- (1) 物性評価が可能な劣化程度の規格外再生骨材を再生アスコンに使用すると、旧アスの影響でアスコンが固く密に締まる一方、ひび割れ抵抗性は低下することがわかった。
- (2) 物性評価が不可能な規格外再生骨材を再生アスコンに使用すると、バインダーとしての性状が失われた旧アスが締固め不良の要因となり、性能が低下することがわかった。
- (3) 物性評価が可能な劣化程度の規格外再生骨材を再生アスコンに使用する場合、新アス量を多く設計することで旧アスの影響を緩和し、性能を確保できることがわかった。
- (4) 物性評価が不可能な規格外再生骨材を再生アスコンに使用する場合、旧アスを骨材の一部として扱うことにより再生アスコンの性能を確保できることがわかった。