

論文 アスファルト混合物の混入が再生コンクリートの物性に及ぼす影響

加藤 俊二*1・河野 広隆*2

要旨：現在、コンクリート副産物を破砕処理した再生処理材の大半は、舗装用路盤材として使用されているが、今後のリサイクル率の向上のためには、コンクリート用再生骨材としての利用の促進が必要である。しかし、現状の再生処理材には種々の混入物が含まれており、骨材として利用する際その影響が懸念されている。本研究は、混入率が高くかつ分別が困難なアスファルトコンクリート塊について、再生処理の程度および混入率の変化が、再生骨材を用いたコンクリートの品質に与える影響を検討したものである。

キーワード：再生処理, 再生骨材, 混入物, アスコン塊, 再生コンクリート, 品質基準

1. はじめに

現在稼働している再生処理プラントの大半は、アスファルトコンクリート塊（以下、アスコン塊）とセメントコンクリート塊（以下、コンクリート塊）の両者を受け入れ、混合して破砕処理を行っている「混合型」である。この他、両者を受け入れるが分別して破砕処理を行う「分別型」やコンクリート塊のみを受け入れて破砕処理を行う「単一型」の再生処理プラントもある。しかし、「分別型」のプラントは、その数も少ないが、何よりもアスコン塊とコンクリート塊を同じ機械で処理するため、アスコン塊の残分が混入する可能性がある。本来は「単一型」のプラントが理想であるが、このようなプラントはまだまだごく少数である。一方、再生処理材中の混入物の分別技術は進歩してきているが、アスコン塊の分別に関しては容易でない状況にある。このため、コンクリート副産物の再生処理材（以下、再生処理材）のほとんどにアスコン塊が混入しているのが現状である。これらをコンクリート用再生骨材（以下、再生骨材）として利用する場合、混入しているアスコン塊がコンクリートの品質に影響を及ぼすことが懸念されるため、その影響を把握しておく必要がある。そこで、処理程度の異なる再生骨材およびアスコン塊を用い、アスコン塊の混入が再生骨材を用いたコンクリート（以下、再生コンクリート）の品質に与える影響を強度特性および凍結融解抵抗性に着目し実験的に検討を行った。

2. 試験内容

2.1 試料調整

任意の「混合型」処理プラントより入手した原コンクリート塊（多種の受入材が混合しており性状は不明、アスコン塊の混入率24%）について、表-1に示す、低、中、高処理を行い、骨材寸法20~5mmの3種類の再生

表-1 コンクリート塊の処理方法

種類	破砕処理方法	吸水率の調整
低処理	「ジョークラッシャー」	5%以上
中処理	「ジョークラッシャー」+「インバククラッシャー」+「軟石除去機」	3~5%
高処理	「ジョークラッシャー」+「インバククラッシャー」+「軟石除去機(滞留時間:中処理の1.5倍)」	3%以下

*1建設省土木研究所材料施工部コンクリート研究室(正会員)

*2建設省土木研究所材料施工部コンクリート研究室室長、工修(正会員)

処理材を得た。なお、破碎処理機は実機を用いている。また軟石除去機は、再生骨材に付着しているモルタル分（以下、付着モルタル）の除去機として注目されており、再生骨材を機械内に滞留させて摺り合わせ作用により付着モルタルを除去し、滞留時間により除去量を調整することができるものである。また、再生処理材の吸水率の調整範囲は、「コンクリート副産物の再利用に関する用途別暫定品質基準（案）」（平成6年4月、建設省）に準じたものである。試料骨材は、これらの再生処理材からアスコン塊を分別除去したもの（以下、再生粗骨材）に、表-2に示すように、再度もともと混入していたアスコン塊で再生粗骨材を置換したものおよび比較用の硬質砂岩碎石（以下、碎石）に置換したものをを用いた。

表-2 粗骨材の置換

粗骨材種類	置換用アスコン塊	置換率
碎石	低, 中, 高処理材	質量比で 0, 5, 10% の3水準
低処理材	低処理材	
中処理材	中処理材	
高処理材	高処理材	

2.2 試験方法

(1) 骨材試験

破碎処理の違いによる、再生処理材、再生粗骨材、アスコン塊の物性の変化を見るために、以下に示す試験を行うこととした。

- ・骨材のふるい分け試験 (JIS A 1102)
- ・粗骨材の比重・吸水率試験 (JIS A 1110)
- ・アスコン塊混入率試験

再生処理材5kg中に混入しているアスコン塊の質量比をアスコン塊の混入率とする。

- ・モルタル付着率試験

再生粗骨材を塩酸で溶解処理し、5mmふるいに留まったものをものを原粗骨材、それ以外の通過したものおよび溶解したものをモルタル分として、溶解処理を行う前の試料の質量に対するモルタル分の質量比をモルタル付着率とする。

- ・アスファルト付着率試験

アスコン塊を溶剤で溶解処理し、ろ紙に留まったものを原骨材、通過したものをアスファルト分として、溶解処理を行う前の試料の質量に対するアスファルト分の質量比をアスファルト付着率とする。

(2) コンクリート試験

コンクリート試験には、試料粗骨材、天然細骨材（表乾比重2.62、吸水率1.61%、粗粒率2.74）、普通ポルトランドセメントおよびAE減水剤標準形を用いた。碎石のアスコン塊置換率0%の場合のコンクリートの配合条件を表-3に示す。この条件で配合を決定し、アスコン塊の置換を行ったものおよび再生粗骨材を用いたものについては、同じ配合とした。コンクリートの品質確認として、次の試験を行うこととした。

表-3 コンクリートの配合条件

粗骨材 最大寸法 (mm)	目 標 スランプ (cm)	水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	目 標 空気量 (%)
20	8.0±2.5	55, 65	45	4.5±1.5

①フレッシュコンクリートの試験

次に示す試験を行い、アスコン塊の混入がフレッシュ性状に与える影響を確認する。

- ・スランプ試験 (JIS A 1101)
- ・空気量試験 (JIS A 1128)

②硬化コンクリートの試験

次に示す試験を行い、アスコン塊の混入がコンクリートの強度に与える影響を確認する。

- ・圧縮強度試験 (JIS A 1108)
- ・引張強度試験 (JIS A 1113)
- ・静弾性係数試験 (JSCE-G502)

また、水セメント比55%で、粗骨材に高処理および中処理の再生粗骨材をアスコン塊で0, 5, 10%置換したものを用いた6配合のコンクリートについて凍結融解抵抗性試験(JSCE-G501)を行い、アスコン塊の耐凍害性への影響を確認する。

3. 試験結果

3. 1 骨材試験結果

再生処理材、砕石および再生粗骨材、アスコン塊の主要物性値を、それぞれ表-4~6に示す。

再生処理材の粒度分布は、図-1に示すように高処理により若干細くなるものの、処理程度による違いはほとんどなかった。再生処理材中のアスコン塊の混入率は、処理程度を高めると減少するが、ほぼ半減してからは変化していない。これは、図-2に示すように、処理程度を高めるとアスコン塊の粒度が、アスコンに用いた骨材の粒度に近づき、5mm以下の細粒分が分離するためと考える。

再生粗骨材は、高処理をすることによりモルタル付着率が減少し、吸水率も改善されている。再生処理材の物性値と比較すると、若干大きめの値となっている。

アスコン塊も同様に、高処理をすることにより吸水率やアスファルト付着率が減少し、品質が改善されている。

表-4 再生処理材の主要物性

	表乾比重	吸水率 (%)	アスコン塊混入率 (%)	粗粒率
低処理	2.44	5.27	20	6.62
中処理	2.55	3.59	10	6.56
高処理	2.59	2.82	11	6.56

表-5 砕石及び再生粗骨材の主要物性

	表乾比重	吸水率 (%)	モルタル付着量 (%)	粗粒率
砕石	2.67	0.40	—	6.55
低処理	2.40	6.88	44	6.58
中処理	2.52	4.32	30	6.57
高処理	2.56	3.39	24	6.53

表-6 アスコン塊の主要物性

	表乾比重	吸水率 (%)	アスファルト付着量 (%)	粗粒率
低処理	2.46	0.97	16	6.53
中処理	2.54	0.94	8	6.39
高処理	2.56	0.86	5	6.35

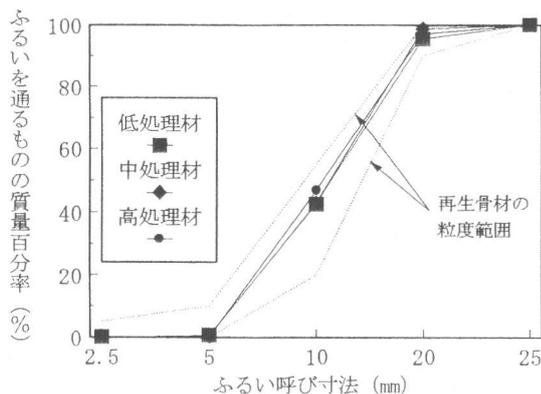


図-1 再生処理材の粒度分布

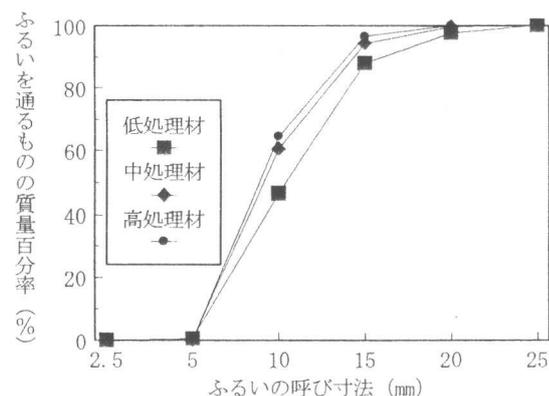


図-2 アスコン塊の粒度分布

アスコン塊との置換による骨材中のアスファルト混入率を表一七に示す。以下、アスファルト混入率とはアスコン塊との置換による骨材中のアスファルト混入率を指す。

表一七 アスコン塊との置換による骨材中のアスファルト混入率

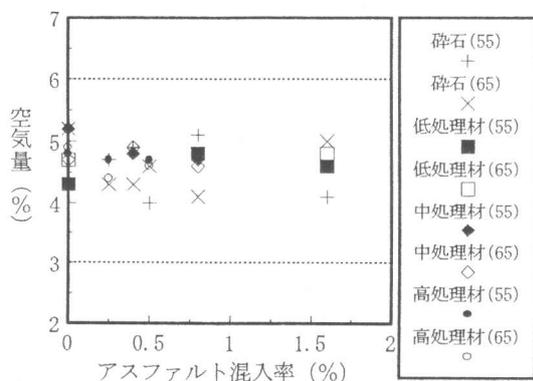
種類	低処理材			中処理材			高処理材		
	0	5	10	0	5	10	0	5	10
アスコン塊置換率(%)	0	5	10	0	5	10	0	5	10
アスファルト混入率(%)	0	0.8	1.6	0	0.4	0.8	0	0.25	0.5

3. 2 コンクリート試験結果

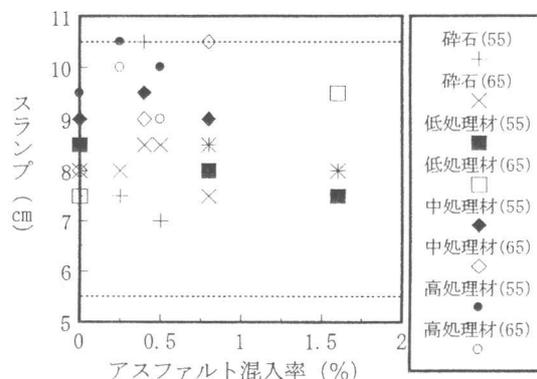
(1) フレッシュコンクリートの試験結果

アスファルト混入率と空気量との関係およびスランプとの関係を図一三および図一四に示す。フレッシュコンクリートの性状は、空気量およびスランプのいずれも目標とした範囲内に入っていた。アスコン塊の混入によりコンクリート中にアスファルトが供給され、空気量やスランプが大幅に変化することが懸念されているが、今回の試験では全く影響はなかった。これは、アスファルト分が十分に劣化していたことで、コンクリート中に油分が供給されなかったためと考える。

一方、骨材の処理程度の高いものほどスランプが大きくなっているが、これは骨材同士がすり合わされることにより粒径が改善されたためと考える。



図一三 アスファルト混入率と空気量の関係

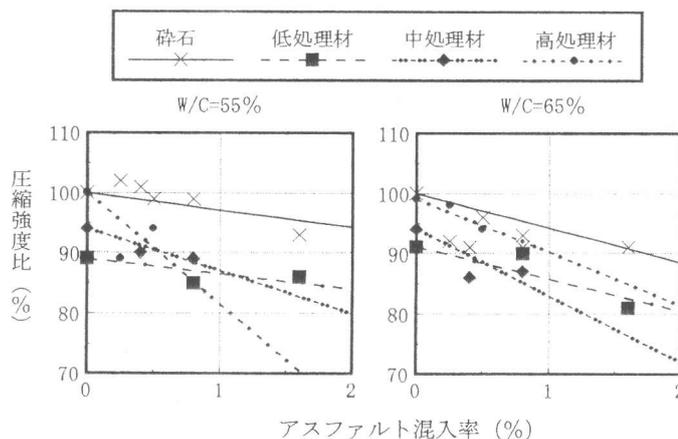


図一四 アスファルト混入率とスランプの関係

(2) 硬化コンクリートの試験結果

アスファルト混入率と圧縮強度の関係を図一五に示す。なお、ここでは、砕石を用いたコンクリート（以下、砕石コンクリート）のアスコン塊置換率0%の試験値を100とした場合の強度比を取っており、以下比で示すものは全て同様である。

砕石コンクリートの圧縮強度は、水セメント比に関わらず、アスコン塊の混入により圧縮強度の低下が認められ、強度の低下率はアスファルト混入率にほぼ比例している。アスファルトの比重は1.1程度であるので、アスファルト混入率はコンクリート中のアスファルトの容積率とほぼ等しく、アスファルトの容積が1%増加すると圧縮強度が5%程度低下していると言える。一般に空気量（空隙）



図一五 アスファルト混入率と圧縮強度の関係

が1%増加すると圧縮強度は5%程度低下する傾向があるので、アスファルトの容積は空隙と見なすことができる。再生コンクリートの圧縮強度は付着モルタルの影響を受け、碎石コンクリートと比較すると小さくなるが、高処理を行うことにより改善されている。一方、アスコン塊の混入による影響は、碎石コンクリートと同様の傾向を示しているが、高処理の再生骨材を用いたものほど、アスファルト混入率に伴う強度低下率が大きくなる傾向が見られる。これは、再生骨材にはモルタルが付着しているため、再生コンクリート中の真の骨材量が減少してコンクリートの耐力が低下するが、高処理の再生骨材を用いたものは強度が高いためアスファルトの影響が顕著となり、低処理のものももとの強度が低いためその影響も小さくなる。と考える。

アスファルト混入率と引張強度の関係を図-6に示す。碎石コンクリートでは、水セメント比に関わらず、アスコン塊を混入しても引張強度の大きな低下は認められなかった。一方、再生コンクリートでは、アスコン塊の混入率の増加に伴い強度が低下する傾向が認められた。その傾向は、圧縮強度と同様に、高処理のものほど影響が大きくなっていた。

圧縮強度と引張強度の関係を図-7に示す。この関係にはアスコン塊の混入による影響は認められず、一般と同様の傾向を示している。

アスファルト混入率と静弾性係数の関係を図-8に示す。碎石コンクリートでは、水セメント比に関わらず、アスファルト混入率の増加に伴い、静弾性係数が低下する傾向が認められた。一方、再生コンクリートの静弾性係数は、碎石コンクリートより小さく、使用した再生骨材の品質に影響されているようで、低処理のものを用いたものほど小さくなっている。また、アスコン塊の混入による静弾性係数の低下は認められず、その値は一定もしくは逆に大きくなる傾向を示している。この現象は、再生粗骨材のモルタル付着率とアスコン塊のアスファルト付着率の関係によるもので、前者の方が大きい値であるため、図-9に示すように再生処理材中の真の骨材量が増加し、アスファルトによる静弾性係数の低下を相

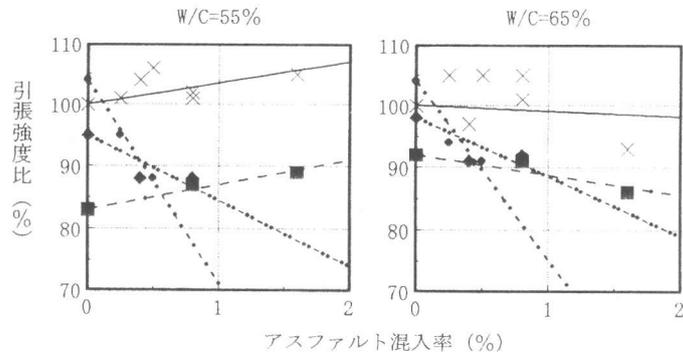


図-6 アスファルト混入率と引張強度の関係

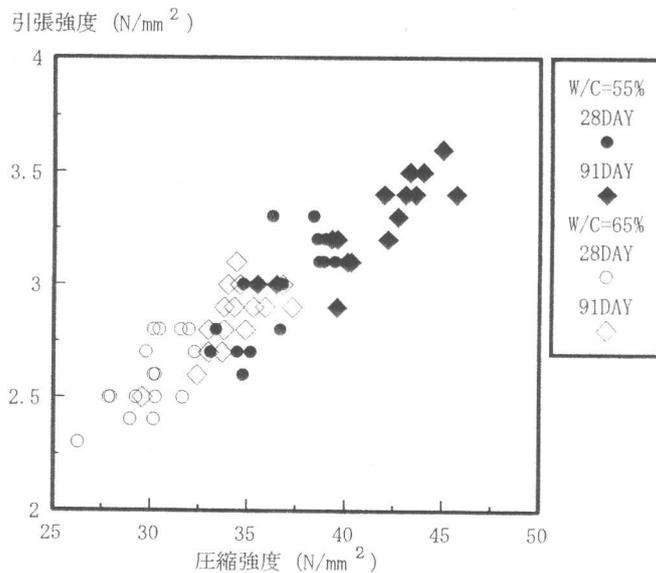


図-7 圧縮強度と引張強度の関係

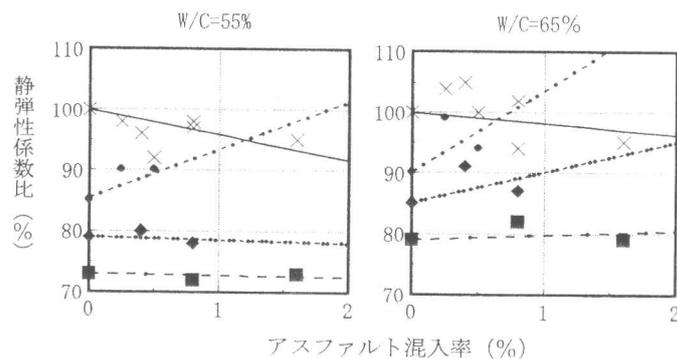


図-8 アスファルト混入率と静弾性係数の関係

殺するか、それ以上に向上させるためと考える。

圧縮強度と静弾性係数の関係を図-10に示す。圧縮強度と静弾性係数の関係は、概ね一般的な傾向を示しているといえる。しかしながら、破線で囲んだ部分でみると、水セメント比を小さくして強度を上げた場合の静弾性係数の増加率は、砕石コンクリートと比して再生コンクリートでは小さくなる傾向が見られる。この傾向は再生骨材の処理程度に依存しているようである。

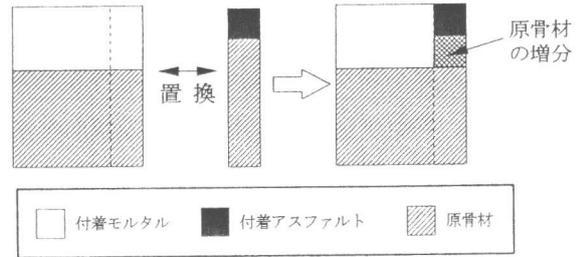


図-9 再生骨材の置換モデル

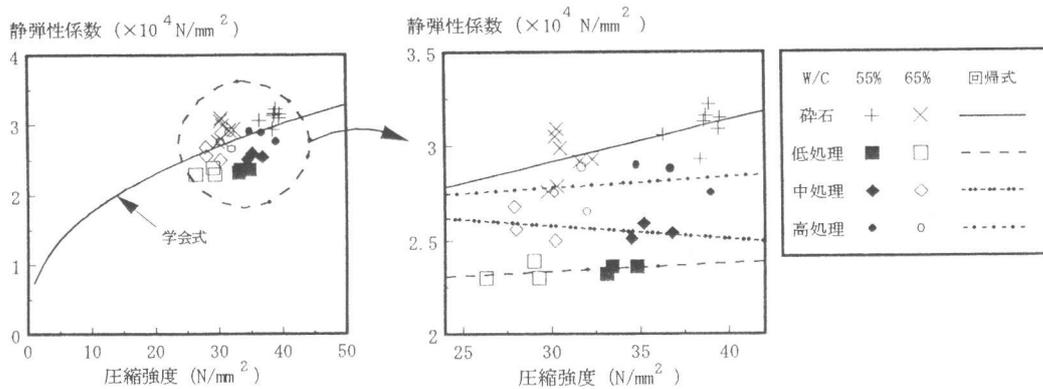


図-10 圧縮強度と静弾性係数の関係

凍結融解抵抗性試験結果を図-11に示す。アスコン塊の有無に関わらず、いずれも耐久性指数が85%程度となり、アスコン塊の影響は認められなかった。

4. まとめ

再生骨材中のアスコン塊は、高処理によりアスファルト付着率および混入率が改善される。しかし、コンクリートに用いた場合、圧縮および引張強度はその混入率の増加に伴い低下し、高処理の再生骨材を用いたものほどアスファルト混入率の影響を大きく受ける。一方、静弾性係数および凍結融解抵抗性に関しては影響はほとんど受けない。総合的に見ればできる限り混入しないことが望ましいが、アスコン塊が混入したものをを用いる場合には、要求される強度に応じてその混入率に配慮が必要である。特に、高処理を行ったものは、利用用途にも配慮が必要である。

なお本研究は、建設省総合技術開発プロジェクト「建設副産物の発生抑制・再生利用技術の開発」の一環として行ったものである。

なお本研究は、建設省総合技術開発プロジェクト「建設副産物の発生抑制・再生利用技術の開発」の一環として行ったものである。

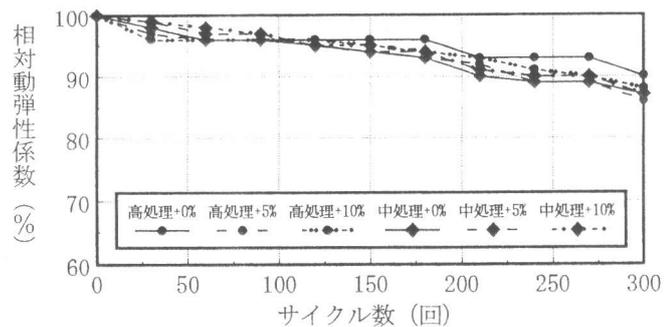


図-11 凍結融解抵抗性試験結果

参考文献

[1] 小林裕二, 河野広隆, 加藤俊二: 再生骨材に含まれるアスファルト混合物がコンクリートの物性に与える影響、土木学会第50回年次学術講演会講演概要集V-5、pp.194-195、1995.9