

長岡技術科学大学 正会員 渡辺 暉彦
東京工業大学 正会員 渡辺 隆

1. 概説 鋳物材料は砂をバントナイト等の粘結剤、カーボン等の添加剤、水によって練り固めた型枠に、約1500℃の溶鉄を注入して製造される。このとき熱影響を受けて崩壊・微細化した砂がダストとして集じん装置により廃出される。現在全国の鋳物工場が集じんされているダストの量は年間約50万トンと推定され、将来は鋳物砂の再生処理等に伴いさらに増加するものと考えられる。現在これらは投棄処分されているが、埋立地の制約等により処分が次第に困難となってきた。鋳物ダストの主成分は SiO_2 (約70%) であり、 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 をそれぞれ約10%、カーボン約10%、及び微量のアルカリ金属酸化物を含む。その粒度分布はアスファルト舗装用のフィラーに比較的近く、これを舗装用材料として再利用できるか否かを検討した。本研究では鋳物メーカー6社から提供された12種のダストについて以下の検討を行った。

2. 有害物質の検定 環境庁告示48年13号(改正:49年22号, 65号)を適用し、鉱滓としての有害物質溶出試験を実施した。測定項目はカドミウム、鉛、全水銀、6価クロム、砒素、シアン、有機磷、アルキル水銀の8項目であるが、いずれの試料からもこれらの有害物質は全く溶出しないうち、溶出したとしてもその量はきわめて微量で、基準値から判断すれば無視しうる量であった。

3. フィラーとしての規格試験 鋳物ダストに対し、アスファルト舗装要綱に記されている石粉の規格試験(粒度、塑性指数、加熱変質、モルタルフロー、浸水膨張、はく離)を実施した。粒度は0.15mm以上をカットすれば問題なく、団粒も全くない。塑性指数とモルタルフローについてはダストと水とのなじみが非常に悪く、信頼できる判定結果は得られなかった。加熱変質、はく離については問題なかったが、浸水膨張についてはばらつきが大きく、規格値を越えるものもいくつかあった。

4. フィラービチューメンのマーシャル安定度試験 フィラーはアスファルト混合物中では重量で数%を占めるのみであり、一般の混合物による試験では数%のフィラーの品質の差がそれ程大きく出るとは考えられず、試験誤差が、フィラーの品質の差によるのかの判定が困難である。それ故、フィラーとアスファルトのみの混合物を作成し、これによるマーシャル試験を実施し特性を検討した。通常のフィラー材料として CaCO_3 を選び、 CaCO_3 を100%用いたフィラーアスファルト混合物と、フィラーとして鋳物ダスト100%のもの、及び両者を種々の比で混合したものについてアスファルト混合物を作成した。この結果、一般に鋳物ダストは水浸による強度低下が CaCO_3 に比べてかなり大きく、また材料によっては60℃の水浸を1時間行なうことにより分解して成形状態を保ち得ず、マーシャル試験を実施できないものもあった。マーシャル試験を実施できたものと、できなかったものとをわけて、それぞれ原材料の特性を比較したのが表1である。試験を実施できなかったものは Na_2O を多く含み、PHが高い。また浸水膨張率もやや大きい傾向がある。 Na_2O を多く含むものは、鋳物砂の粘結剤として水ガラスを使用しているものである。

表-1 鋳物ダストの特性値の比較

	試料	PH	浸水膨張率	モルタルフロー値	塑性指数	Na_2O 含有率
マーシャル試験を実施できなかったもの	A	7.8	1.1 %	48.8	17.5 %	1.86 %
	D	8.1	0.2	80.0	8.4	0.14
	J	9.7	1.0	57.9	8.9	0.04
マーシャル試験を実施できたもの	F	10.8	4.8	87.5	5.8	5.48
	H	11.4	1.8	87.0	4.6	3.66
	L	12.2	2.5	28.8	4.1	6.57

5. 密粒混合物の水浸マーシャル試験 前章ではダストAによるフィラービチューメンは CaCO_3 フィラーによるものと同程度の安定度を示したのに対し、ダストHによるものは水浸だけでぐずりてしまった。ここでは差の大きかったこれら2つと通常の CaCO_3 を選んで、これらをフィラーとした密粒混合物を作成し、最大8日間(192時間)60℃の水浸を行ってマーシャル残留安定度を求めた。図1の各点は3個の試験の平均を示す。 CaCO_3 フィラーを用いたものは192時間の水浸を行っても安定度は全く低下しない。ダストHによるものの安定度は48時間後には約半分に低下し、その後水浸により低下する。ダストAを使用したものは48時間水浸により残留安定度は56%に低下するが、その後はあまり変化せず500kg以上を維持している。

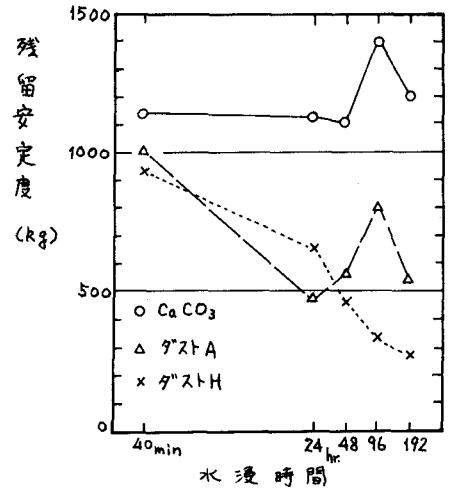


図-1 密粒混合物の60℃水浸による残留安定度と水浸時間の関係

6. 消石灰混入による耐水安定性の改善

アスファルト舗装におけるはく離現象を防止するために消石灰やセメントをフィラーに添加した試験舗装が実施され、効果をあげている。本研究では消石灰混入によるアスファルト混合物の耐水安定性の向上を検討するために、鈣物ダストを用いた密粒混合物についてそのダストの一部を消石灰で置換し、水浸-軸圧縮試験と水浸ホイールラッキング試験を実施した。

水浸-軸圧縮試験はダストA、ダストHをフィラーとして用いた密粒混合物、それ以外のダストの半分を消石灰で置換した密粒混合物、及び通常の CaCO_3 フィラーによる密粒混合物を60℃、48時間水中養生し、試験温度は0、20、40、60℃の4段階、変位速度60mm/minで-軸圧縮試験を行なった。供試体は径5cm、高さ10cmの円筒形である。試験結果を図2に示す。Na含有量の小さいダストAに対しては消石灰混入の効果はあまりないが、Na含有量が大きく、耐水安定性の悪いダストHには消石灰混入効果がよく現われており、40℃以上の高温領域でその効果は大きい。なお水浸しない供試体の-軸圧縮強度はいずれの試料を用いたものでも大きな差はない。

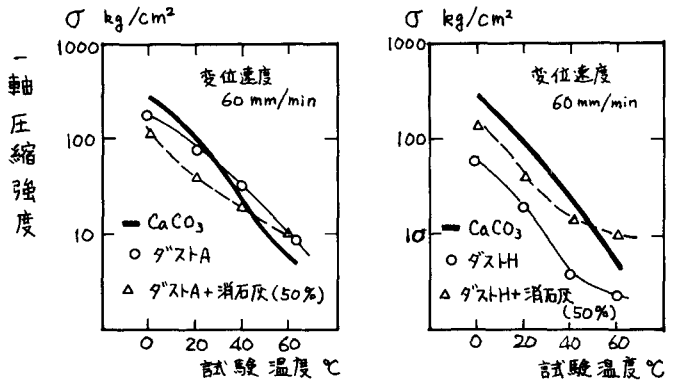


図-2 60℃、48時間水浸供試体に与える消石灰混入の効果

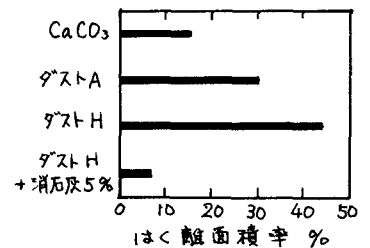


図-3 水浸ホイールラッキング試験結果

7. 水浸ホイールラッキング試験 ダストA、ダストH、通常の CaCO_3 、及びダストHの5%を消石灰で置換したもの4種類をフィラーとして密粒混合物を作成し、60℃、5時間の水浸ホイールラッキング試験を実施した。試験終了後供試体を数カ所が割って骨材からアスファルトのはく離している部分の面積率を測定し、はく離率とする。図3は2枚ずつの試験結果の平均であるが、消石灰5%程度の混入でも骨材の耐水安定性が大きく改善されている。数カ所の鈣物工場内で実施されている試験舗装も結果は良好である。