

赤泥の道路舗装への活用について

久 保 宏* 中 村 俊 行**

1 ま え が き

赤泥は、アルミニウム製造工程で産出される産業廃棄物である。産出量としてはアルミニウム 1 ton 当たり 0.7~1.0 ton (乾燥基準) であり、従来から利用研究は数多く行われているが、経済面から有効に利用されておらず、埋立、海洋投棄などで処理されているにすぎなかった。しかし、発生時に水分を 40~50 % 含んでおり、特有の赤褐色を呈しているの、環境問題などからこの処理方法にも限界が生じてきており、国内はもとより世界中のアルミ工場とも苦慮している状況である。

アルミニウム苦小牧工場では、工場設置当時より、この赤泥の利用方法を研究していたが、北海道開発局でも産業廃棄物の有効利用および天然骨材に代わる新規材料の開発という観点から、この問題に取り組んできた。特に北海道のような寒冷地における、道路工事では凍上対策が必要であり、この対策として一般的には置換工法が採用されているが、凍上抑制層などに骨材を大量に使用すること、および天然骨材の不足から、新規材料の開発が望まれている。当初は生赤泥もしくは炉乾燥させた赤泥粉として、アスファルト混合物のフィラーやセメントコンクリートの添加材としての活用が考えられ、実際に試験も行われた。しかし、赤泥の粒子がきわめて微細で取扱いにくく、また需要面からも処理量が限定されていた。

昭和 47 年頃から、この赤泥を 1,200~1,250 °C で焼成すると、鉱物組成が変化して比重、強度が大幅に増加することが発見され、また脱水赤泥ケーキをキルンで焼成すれば、骨材を製造できる見通しがつき、実際に焼成用テストプラントでの製造が始まった。このため、この赤泥焼成物を道路の路盤材として活用するべく、室内での規格試験が行われ、その結果を踏えて、実際に国道での試験舗装が施工された。

その後、この赤泥焼成物の利用価値を高めるために、これを粉砕してアスファルト混合物のフィラーとして活用することが検討され、室内試験が行われた。この室内試験では、赤泥焼成物フィラーの規格試験とともに、赤泥焼成物フィラーを用いたアスファルト混合物が、赤泥

特有のレンガ色を呈し、カラー舗装としても利用できることが判明した。

昭和 51 年に国道の横断歩道部に、この赤泥焼成物フィラーを用いたアスファルト混合物が試験的に施工され、52 年にはカラー舗装としての利点を重視して、国立公園内の自転車歩行者道延長約 20 km の舗装に全面採用されることとなり、工事が始まった。

本文では、赤泥および赤泥焼成物の性質、赤泥焼成物の路盤材としての室内試験と試験舗装での調査結果、赤泥焼成物をアスファルト混合物フィラーとして用いるための室内試験と、この混合物を用いて施工された自転車歩行者道の調査結果について述べるものある。

2 赤泥とその焼成

(1) 赤泥

原鉱石ボーキサイトからアルミニウムを製造する工程は、ボーキサイトからアルミナ (Al_2O_3) を取りだすアルミナを取だすアルミナ工程と、熔融塩電気分解によりアルミナからアルミニウム (Al) を取りだす電解工程の二つから構成されている。赤泥はアルミナ工程で、ボーキサイトを粉砕し、苛性ソーダ溶液と混合し、加温加圧下でアルミナ分が溶液中に溶解する際に産出される残留物である。このときに一部溶液中に溶解した珪酸 (SiO_2) がアルミナ、ソーダと反応して不溶性のソーダライト

表-1 赤泥の化学組成、鉱物組成

化 学 組 成 (%)		鉱 物 組 成 (%)	
Fe_2O_3	42~44	ソーダライト	50±4
Al_2O_3	50~21	赤 鉄 鉱	32±3
SiO_2	13~14	針 鉄 鉱	
Na_2O	7.6~8.4	石 英	4±1
TiO_2	6.2~6.8	アナターゼ	5±1
CaO	2.0~2.8	石 灰 石	2±1
結 合 水	約 7.0		

*舗装研究室長 **前同室主任研究員 現建設省中国地方建設局広島国道工事事務所建設監督官

($3\text{Na}_2\text{O} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) を生成するが、赤泥はこのソーダライトと、もともとボーキサイト中にある酸化鉄を主成分としたものである。特に酸化鉄を大量に含んでいるため、赤褐色を呈している。表-1 に赤泥の化学組成および鉱物組成の一例を示す。

物理的な性質としては、乾燥後の粒度が $10 \sim 30 \mu$ 以下であり、真比重約 2.9、排出時には水分 40～50 % のフィルタケーキ状である。一般に海洋投棄、埋立処分にする場合は、フィルタケーキを稀釈して、 $200 \sim 700 \text{ g/l}$ の泥流状にして取扱っている。

(2) 赤泥フィラー

当初、この赤泥を 110°C 程度で炉乾燥して、舗装用フィラーとして使用することが考えられた。このため、赤泥のフィラーとしての規格試験およびこれを用いたアスファルトモルタルと細粒度ギャップアスコンの安定度、すりへり抵抗性などについて、フィラーとして通常使用する石灰石粉との比較検討を行った。使用した赤泥および石灰石粉の規格、性状を示したのが表-2 である。

表-2 フィラーの規格性状

種 別	産 地	比 重	フルイ通過重量 (%)		
			0.297 mm	0.149 mm	0.074 mm
石灰石粉	東鹿越	2.717	100	93	83
赤 泥	静岡県清水市	2.878		100	98

混合物に関する室内試験は、アスファルトモルタルで $F/A=1.0$ と 1.7、アスファルトコンクリートで $F/A=1.7$ の場合について、アスファルト量を変えた配合で検討した。その試験項目は、舗装要綱の方法による、マーシャル安定度、水浸マーシャル安定度、ラベリング、ホイールトラッキングの各試験である。実験結果の詳細については、当試験所報告に発表されているので省略する

が、赤泥フィラーについて要約すれば、次のとおりである。

- 1) 粒度は細粒で、 0.074 mm ふるい通過率が大い。
- 2) アスファルト吸収性が大きく、石灰石粉の約 1.6 倍の値を示す。
- 3) マーシャル安定度、フロー値などマーシャル特性値に問題はない。
- 4) 混合物の最適アスファルト量は石灰石粉とほぼ同じである。
- 5) 水浸マーシャル試験による残留安定度は石灰石粉に比べて小さく、耐水性が劣る。特に細粒式ギャップアスコンにその傾向が強い。
- 6) すりへり抵抗は、石灰石粉より良い値を示す。
- 7) 混合物の流動性は特に問題がない。逆に長時間高温の中にあると動的安定度が大きくなる。

このうち、赤泥をフィラーとして用いるために問題となるのは、5) の耐水性である。ここで、水浸マーシャル試験結果を表-3 に示す。この段階では、耐水性の劣る原因の究明が必要とされ、対策としては、使用割合を小さくすることならびに石灰石粉との併用の二つの方法が考えられた。しかし、後述するように赤泥を $1,200 \sim 1,250^\circ\text{C}$ で焼成した赤泥焼成物フィラーを使用することにより、この耐水性の問題が解決されたため、赤泥そのものを、フィラーとして使用する実験は中断した。

(3) 赤泥の焼成

赤泥ケーキを加温してゆくと、 $200 \sim 500^\circ\text{C}$ で付着水分が放出され、 $1,000 \sim 1,100^\circ\text{C}$ で結晶水がほぼなくなり、焼結が開始される。焼結進行に伴って、ネフェリン ($\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$) またはカーネギー石 ($\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$) およびヘマタイト ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$) の回折ピークが増大し、焼結は $1,200 \sim 1,250^\circ\text{C}$ で完了する。

赤泥そのものを突き固めた場合、比重は $2.0 \sim 2.2$ 程度であるが、焼成により $2.6 \sim 3.7$ 程度まで上昇し、1 軸

表-3 水浸マーシャル安定度試験

種 別	混合物 フィラー F/A アスファルト量 (%)	アスファルトモルタル				細粒度ギャップアスコン	
		石灰石粉		赤 泥		石灰石粉	赤 泥
		1.0	1.7	1.0	1.7	1.7	1.7
		12.5	11.0	14.0	11.3	7.0	7.3
水浸マーシャル安定度 (kg)		275	384	250	310	614	499
非水浸マーシャル安定度 (kg)		280	387	277	420	582	730
残 留 安 定 度 (%)		98	99	90	74	106	68

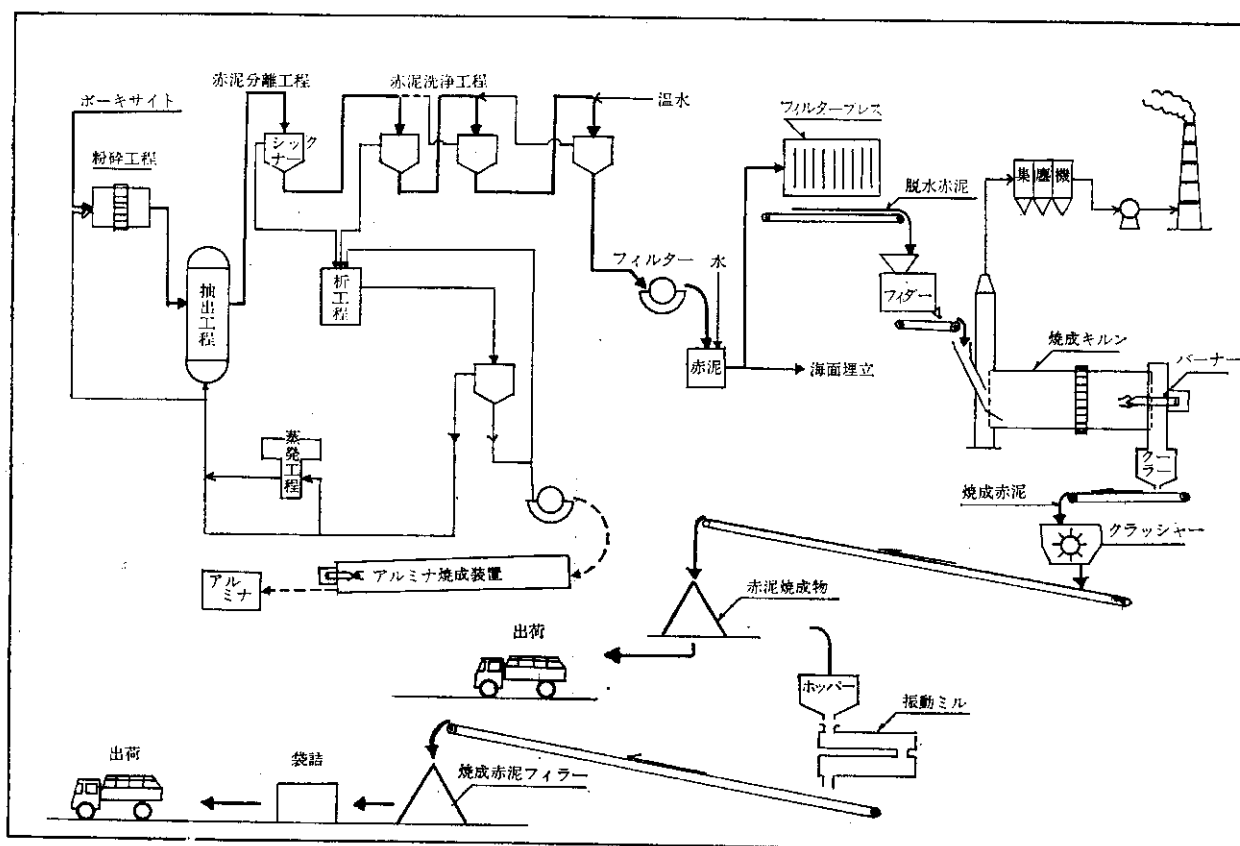


図-1 赤泥焼成物の生産工程図

圧縮強度についても数 10 kg/cm^2 が $1,000 \text{ kg/cm}^2$ を越すまでになる。また水中における崩壊やソーダの溶出もない、骨材として良好な特性を備えたものに変化することが判明した。

アルミニウム苫小牧工場では、昭和49年より月産約100 tonのパイロットプラントを設置し、路盤材およびフィルターを製造している。これは赤泥泥しょうをフィルタープレスでろ過、脱水して厚さ40 mm、水分約30%のフィルターケーキとし、ロータリーキルンで $1,200 \sim 1,250^\circ\text{C}$ まで加熱焼成する。その後、クラッシャーで破碎しフルイを通して粒度調整することにより路盤材が、破碎したものをさらに振動ミルによって粉碎してフィルターが製造される。図-1に赤泥焼成物の生産工程図を示す。

3 路盤材としての赤泥焼成物

(1) 室内試験

赤泥焼成物を道路舗装の路盤材料として使用するために、物性試験、規格試験を行った。表-4が物性試験結果である。この表から、安定性を除く比重、吸水量、すりへり減量の各物性が焼成温度の影響を受けていることがわかる。路盤材用であれば比較的低い焼成温度でよく、

また温度を高くすることによって、規格値の高いアスファルト混合物用の骨材も製造できる。色調も焼成温度によって赤褐色から黒色まで変化する。

次いでこの赤泥焼成物の粒度分布と修正 CBR 試験結

表-4 赤泥焼成物の物性試験結果

焼成温度	比重	吸水量	ロサンゼルスすりへり減量	安定性
$1,245^\circ\text{C}$	3.140	2.9%	20.2%	1.2%
$1,230^\circ\text{C}$	2.991	4.4%	22.9%	0.2%
$1,225^\circ\text{C}$	2.776	10.1%	27.0%	1.0%

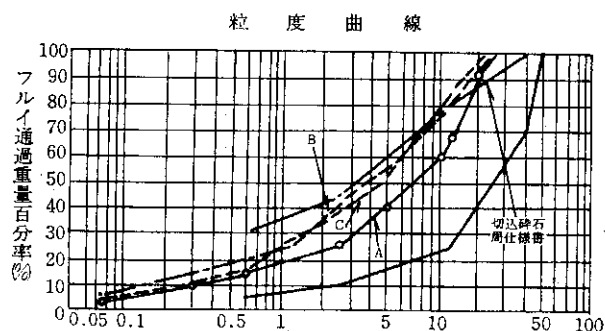


図-2 赤泥焼成物の粒度分布

表-5 赤泥焼成物の修正 CBR 試験

焼成温度	最 含 水 比	最 大 乾 燥 密 度	修 正 CBR	図-2 粒 度 分布の記号
1,245 °C	6.0%	2.47g/cm ³	89%	A
1,235 °C	6.3%	2.46g/cm ³	87%	B
1,225 °C	13.0%	1.99g/cm ³	32%	C

果をそれぞれ図-2、表-5に示す。ここで赤泥焼成物は、微粒子を焼結して塊状にするため、最大粒径を大きくするのがむずかしく、特にパイロットプラントの場合は、焼成工程の関係で最大粒径が25mmとなり、北海道開発局道路工事仕様書（以下仕様書という）に示す40mm級切込碎石の粒度範囲から、10~20mmのところを細粒側にはずれる。修正 CBR 値も、物性同様焼成温度の影響を受け、焼成温度が高いほど大きな値を示している。

北海道のような積雪寒冷地では、路盤材として赤泥焼成物を使用する場合には、凍上試験および凍結融解後の CBR 保存率の確認が必要である。まず5mm以下の試料について、0.074mm以下の含有率を5%から40%まで変化させ、凍上試験を行った。この試験結果によれば、切込碎石で規定されている0.074mm以下含有率15%

以下では、問題のないことが判明した。また、凍結と融解を2サイクル実施した後の CBR 保存率は約50%とな

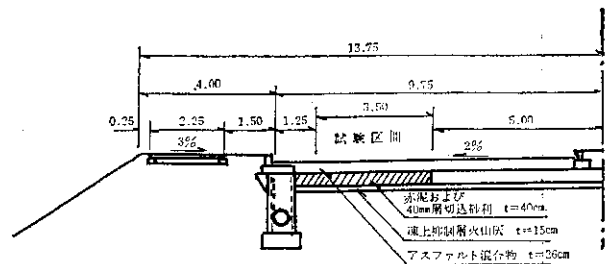


図-3 試験舗装断面図

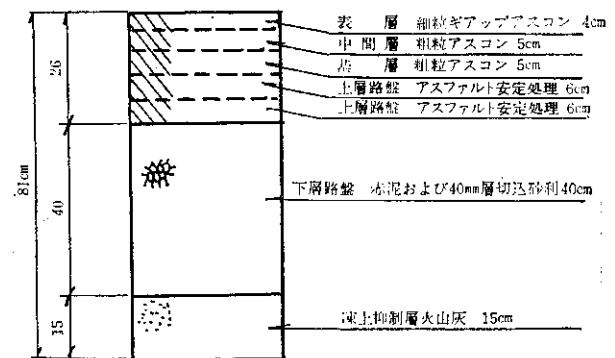
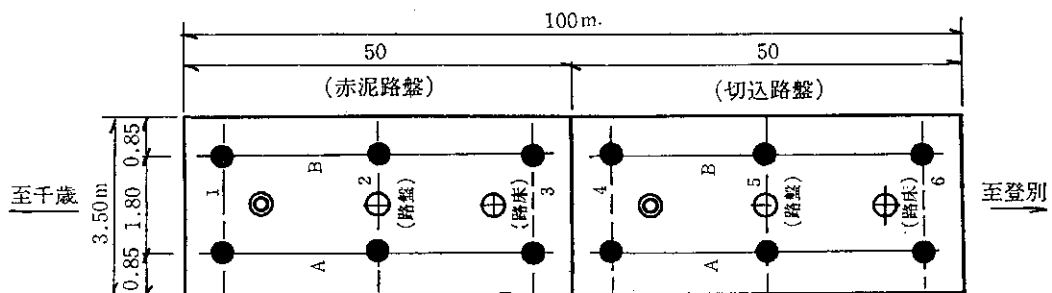


図-4 試験舗装断面構成



調 査 教 量			
1 ブ ロ ッ ク 分		2 ブ ロ ッ ク 分	
名 称	摘 要	測 定	合 計
縦 断 凹 凸	44m × 2	88m	176m
横 断 凹 凸		3線	6線
ベンケルマン		6点	12点
平 板 載 荷		2点	4点

調 査 個 所 凡 例	
凡 例	名 称
—	縦 断 凹 凸 測 定
---	横 断 〃
●	た わ み 量 測 定
⊕	平 板 載 荷 試 験
◎	メチレンブルー凍結深度計

図-5 試験舗装調査項目

り、切込砕石なみであった。

(2) 試験舗装

室内試験で、赤泥焼成物を路盤材として使用できる目やすがついたので、実際の施工性、支持力特性、路面性状への影響の経年変化などを調査する目的で、昭和49年に一般国道36号苫小牧市錦岡の拡幅工事の一部に、試験舗装を行った。図-3、図-4が試験舗装の断面図である。下層路盤厚40cmを延長50mについて赤泥焼成物(焼成温度 $1,230\sim 1,240^{\circ}\text{C}$)とし、比較のために隣接した40mm級切込砕石の一般路盤のうちで、延長50mを調査区間とした(以下切込路盤という)。図-5は本試験舗装で行った調査項目を示している。それぞれ延長50mの赤泥焼成物路盤と切込路盤について、メチレンブルー凍結深度計による凍結深さを冬期間、路床・路盤支持力、たわみ量、縦断・横断凹凸量を凍結前の10~11月と融解期の4~5月に測定し、昭和53年まで継続調査を行った。

赤泥焼成物の施工性については、粒度分布が前述のように細粒側にはずれること、製造工程から細粒分に丸みが多く、当初はシルト分が少なかつたため、締固めに多少問題があった。しかし、その後シルト分を適度に多くすることにより、いくぶん改善された。写真-1、2に赤

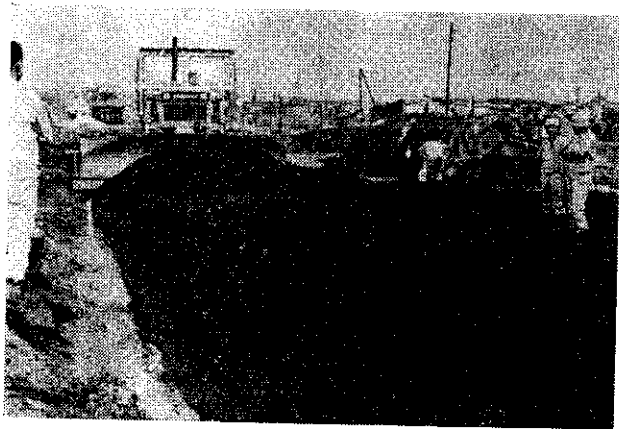


写真-1 赤泥焼成物路盤の敷均し

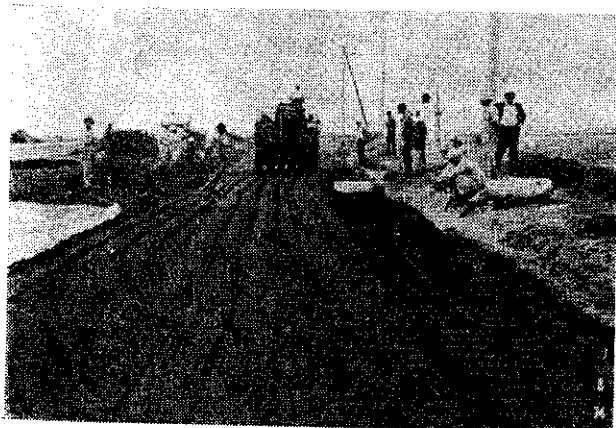


写真-2 赤泥焼成物路盤の転圧

泥焼成物路盤の施工状況を示している。

支持力測定は路床面、路盤上面にそれぞれ直径30cmの載荷板を埋込んでおき、年2回行った。支持力の経年変化を図-6に示す。ここで支持力値の動きは、赤泥焼成物も切込砕石も大差なく、融解期には値が低下しているのがわかる。昭和51年の測定値は、赤泥焼成物路盤で切込路盤より小さくなっているが、これには路床部の支持力の差も影響しているものと考えられる。

ベンケルマンビームによる復元たわみ量は、舗装上面で複輪荷重5.0ton、タイヤ空気圧 6.5 kg/cm^2 の条件で測定した。結果を図-7に示すが、赤泥焼成物、切込両路盤とも復元たわみ量はほぼ一定であり、両者にあまり差

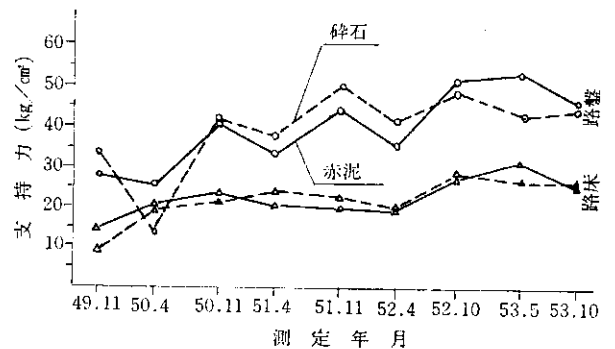


図-6 路床・路盤支持力の経年変化

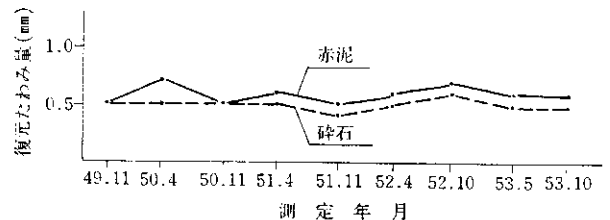


図-7 復元たわみ量の経年変化

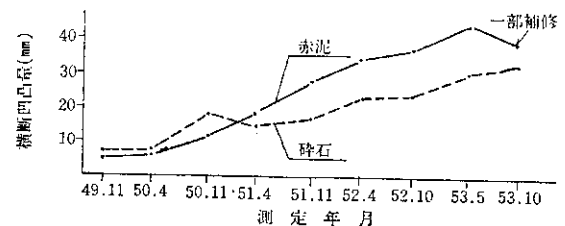


図-8 横断凹凸量の経年変化

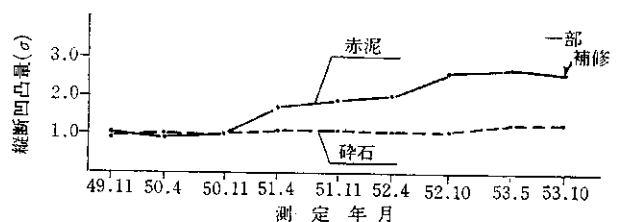


図-9 縦断凹凸量の経年変化

異がない。

縦断凹凸は3mプロファイルメーター、横断凹凸は横断プロファイルメーターで測定した。図-8、図-9にそれぞれの結果を示す。ここで縦断凹凸、横断凹凸とも昭和51年の測定値から、赤泥焼成物で大きくなり、特に横断凹凸では40mm以上にも達している。これは図-5の赤泥焼成物ブロックのうちで千歳寄り、横断凹凸測定1の部分で極端に悪く、平均での横断凹凸量を大きくしているからである。縦断凹凸でも千歳寄りの値が大きく、全体としての値が大きくなっている。この原因としては、赤泥焼成物ブロックは千歳側より施工しており、前述したように赤泥焼成物の粒度、形状などから、施工当初締固めに苦労したことが考えられる。その後、登別側へ施工が向かうに従ってシルト分を増やして、この点を改善しながら施工した。このため、千歳寄りの一部だけ路盤の流動が生じて、縦断・横断の凹凸性状が悪くなったと考えられる。

(3) 赤泥焼成路盤に関する考察

赤泥焼成物を道路舗装の路盤材として活用するための室内試験、試験舗装について述べたが、試験舗装の観測は、施工後4年経過した昭和53年で一応終了した。

室内試験結果からは、赤泥焼成物が粒度を除いては、道路用路盤材料の規格を満足しており、寒冷地用材料として必要な凍上量の規定、凍結融解後の支持力についても問題のないことが判明した。

試験舗装の観測結果のうち、支持力、たわみ量については、切込碎石と大差のないことがわかった。縦断・横断凹凸の路面性状は、シルト分不足の一部赤泥焼成物路盤で流動が生じて悪化したが、粒度を改善することにより締固めが良くなり、路面性状も切込碎石なみとなった。

道路舗装用の路盤材料は、需要が大量であり、天然骨材の不足もあって、赤泥焼成物の活用面からは、コスト面で採算がとれれば、将来非常に有望である。今回の試験から、一応の目安が得られたが、今後は本格プランで最大粒径を大きくし、それを砕いて粒度調整するか、下層路盤の下部もしくは凍上抑制層として使用するのが好ましいものと考えられる。

4 アスファルト混合物用フィラーとして用いた赤泥焼

成物

(1) 室内試験

アスファルト混合物のフィラーとして赤泥焼成物の粉末（以下赤泥フィラーという）を用いた場合の諸性状を検討し、その適否を判断するための室内試験が、北海道舗装事業協会研究所で、昭和51年に実施された。

室内試験の項目は、赤泥フィラーの規格試験、アスファルトとフィラーの混合物であるフィラービチューメンの針入度、軟化点試験、フィラービチューメンを結合材としたアスファルトモルタルの安定度とすりへり抵抗性を調べるためのマーシャル試験およびラベリング試験である。なお、フィラービチューメンとアスファルトモルタルの試験については、フィラーとアスファルトの量重比F/Aを1.7、2.0、2.3の3種として実施した。

本実験に使用したのは、丸善石油スレートアスファルト80～100、砂は勇払郡厚真町浜厚真産粗砂および伊達市黄金産細砂である。赤泥フィラーと比較のために用いた石粉の規格試験成績を表-6に示す。表から明らかなように、石灰石粉と赤泥フィラーとでは、大きな比重差がある。

フィラービチューメンの針入度（試験温度25℃、35℃、45℃の3種）、軟化点および針入度勾配から求めた針入度指数とF/Aとの関係を図示したのが図-10～12である。これらから、フィラービチューメンの各物理性状とも、石灰石粉と赤泥フィラーでは大差なく、ほぼ同じ傾向を示していることがわかる。

アスファルトモルタルに使用した細骨材は、細砂と粗

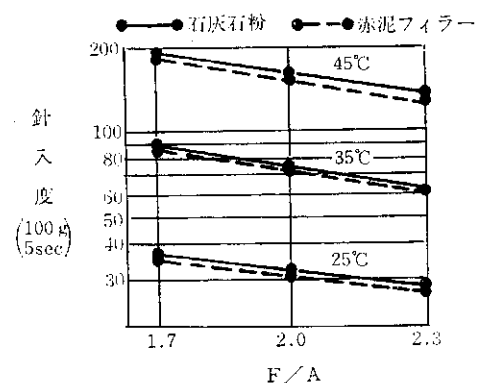


図-10 F/Aと針入度

表-6 フィラーの規格試験成績

種 別	比 重	P I	フ ロ ー (%)	浸水膨張率 (%)	剝離抵抗性	粒 度 (%)		
						0.297mm	0.149mm	0.074mm
富士フィラー石灰石粉	2.778	N P	25.4	1.25	合 格	100	98	89
苫小牧赤泥フィラー	3.679	N P	25.5	1.44	合 格	—	—	100

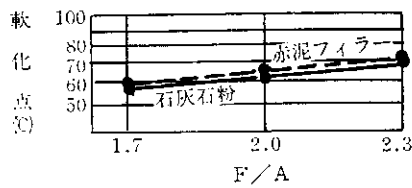


図-11 F/A と軟化点

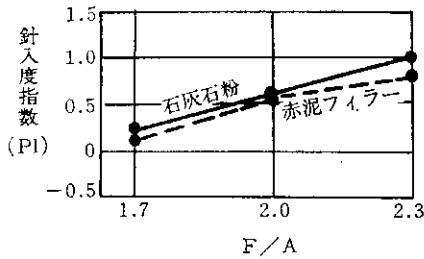


図-12 F/A と針入度指数

砂を 50 : 50 の割合で混合した合成砂である。始めにアスファルトモルタルの安定性を調べるために、アスファルト量を 9.0 ~ 12.5 % まで 0.5 % 刻みに 8 種の配合で F/A の異なるそれぞれのアスファルトモルタルについてマーシャル試験を実施した。F/A が異なる一連のマーシャル試験結果から、それぞれの F/A で最大安定度を示したアスファルトモルタルについて水浸マーシャル試験とラベリング試験を実施した。図-13、図-14 は一連のマー

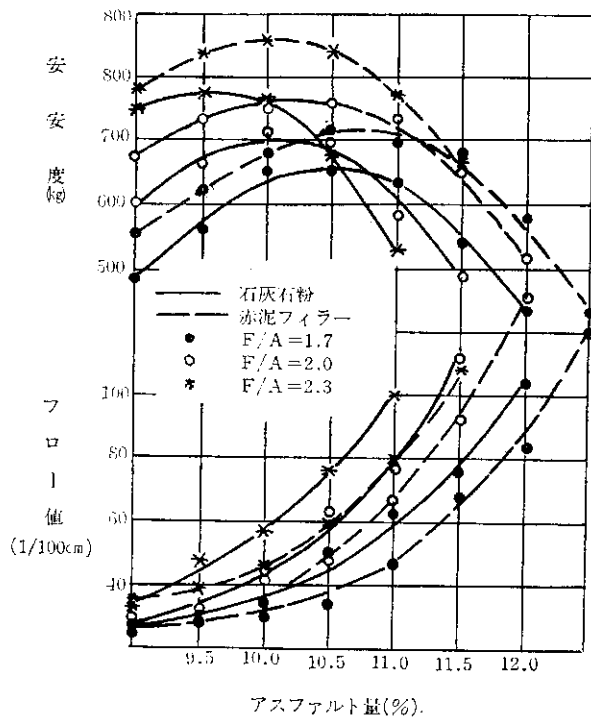


図-13 アスファルト量によるマーシャル安定度およびフロー値の変化

シャル試験結果を、F/A およびフィラー種類別に図示したものである。各 F/A における最大安定度は、赤泥フィラーの場合が大きく、フロー値は小さい。最大安定度を示すアスファルト量は、赤泥フィラーの方が若干多いことがわかる。

すりへり抵抗を調べるラベリング試験は、当所の方法（試験温度 -10°C 、試験時間両面 3 時間）に準じて行った。F/A の最大安定度および固定点すりへり量を示した図-15 から明らかなように、赤泥フィラーを用いたアスファルトモルタルの方が、石灰石粉を用いたものより、同一の F/A では固定点すりへり量が小さく、すりへり抵

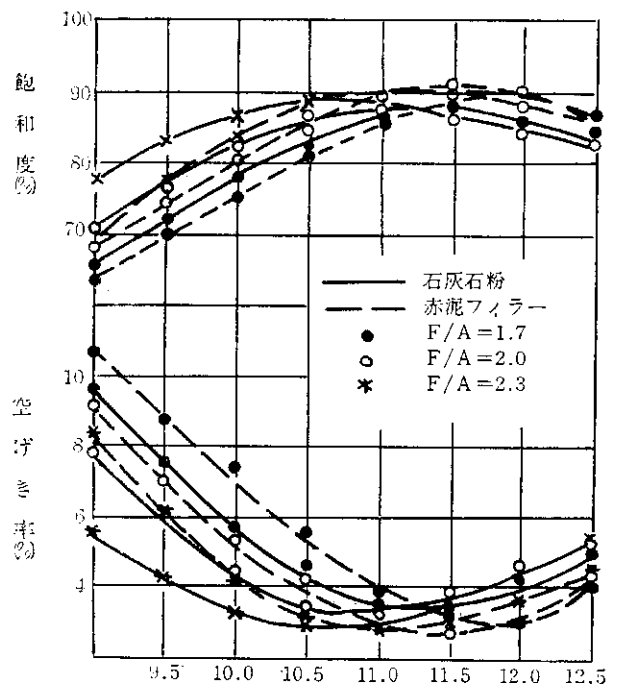


図-14 アスファルト量による飽和度および空げき率の変化

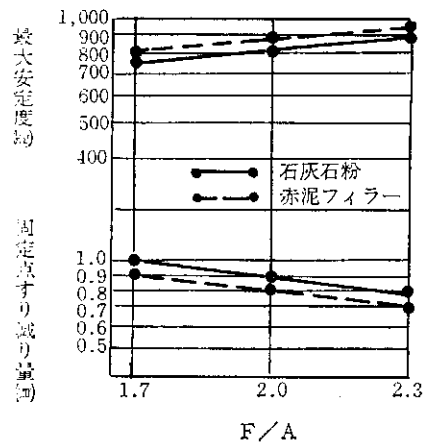


図-15 F/A と最大安定度および固定点すりへり量

表-7 水浸マーシャル試験結果

フィラー種別	F/A	アスファルト量 (%)	残留安定度 (%)	吸水率 (%)
石灰石 フィラー	1.7	10.5	102	0.3
	2.0	10.1	97	0.5
	2.3	9.6	98	0.4
苦小牧 赤泥フィラー	1.7	10.7	96	0.5
	2.0	10.2	107	0.5
	2.3	10.0	104	0.4

抗性にすぐれていることがわかる。

前述の、炉乾燥させた赤泥をフィラーとして使用した場合の実験で問題となった耐水性については、焼成した赤泥フィラーでは、アスファルトモルタルで水浸マーシャル試験を行った。この結果を表-7に示すが、残留安定度はいずれも95%以上であり、吸水率も0.5%以下となっており、石灰石粉との間に有意差は認められない。1,200～1,250℃に焼成することによって、この赤泥をフィラーとして用いたアスファルト混合物の耐水性の問題は解決されたといえる。

以上、赤泥焼成物粉末をフィラーとして用いた場合のフィラービチューメンの物理性状と、これを用いたアスファルトモルタルの安定性およびすりへり抵抗について実験が行われたが、この実験結果から、赤泥フィラーについては以下のことが判明した。

- 1) 火成岩類の石粉の規定に合格する。
- 2) 比重は焼成方法などによって変わるが、3.5以上と大きい。
- 3) フィラービチューメンの物性は石灰石粉と同じ傾向を示す。
- 4) マーシャル試験については、石灰石粉に比べて安定度は大きく、フロー値は小さい。

5) ラベリング試験結果から、固定点すりへり量は石灰石粉より小さい。

6) 残留安定度は、石灰石粉と差がなく、良好な耐水性を示す。

などであり、赤泥焼成物粉末は、アスファルト混合物用フィラーとして十分に使用可能であることが認められた。また、赤泥焼成物フィラーを用いた場合に、赤泥特有のレンガ色のアスファルト混合物ができることも確認されたので、カラー舗装の観点から実際の舗装への利用が期待されるにいたった。

(2) 赤泥焼成物フィラーを用いた舗装の自転車歩行者道への施工

室内実験における成果を踏まえて、昭和52年に一般国道276号（苦小牧～支笏湖間）の丸山自転車歩行者道の舗装に、赤泥焼成物フィラーを使用したアスファルト混合物が用いられた。この丸山自歩道は延長21.2kmであり、一部国立公園内を通過することから、周辺の景観との調和を考え、赤泥フィラーを用いたアスファルト混合物の着色、すなわち、カラー舗装として計画したものである。図-16に横断面図を示すが、幅員は3mであり、歩道細粒アスコン $t=3\text{cm}$ に赤泥フィラーを用いて、昭和52年に延長約5km施工した。

本工事に使用したアスファルト、赤泥フィラー、骨材の規格試験結果を表-8～10に示すが、赤泥フィラーについては室内試験で用いたものより、比重が小さく、粒度は粗めになっている。

試験としては、主に赤泥フィラーの着色性に注目し赤泥フィラーの配合比率が、マーシャル試験やカラー舗装の発色にどの程度影響を与えるか、また施工性の優劣について調べた。

アスファルト混合物の設計法に従って、初めに仕様書の粒度範囲の中央を目標粒度として、図表法によって骨材配合率を設定した。その後アスファルト量を6.0～8.0%まで0.5%刻みで変えてマーシャル試験を行い、全基

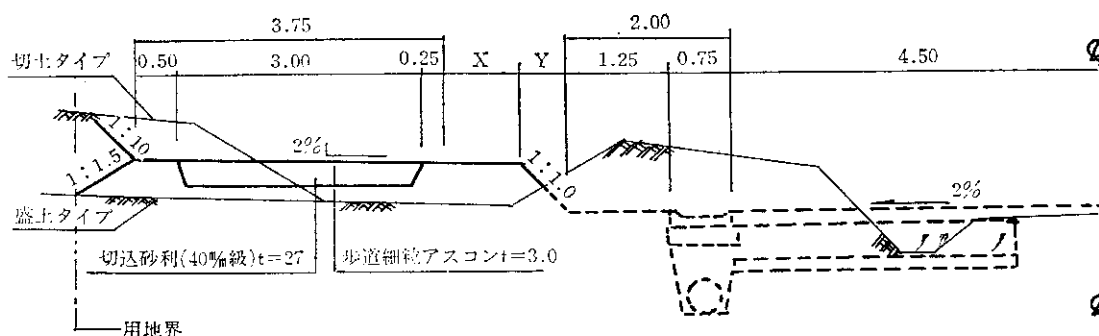


図-16 丸山自転車歩行者道横断面図

表-8 アスファルト規格試験表

種 類	針入度 25℃ 100g 5秒	軟火点 ℃	伸 度 (15℃) cm	蒸 発 減 量 %	蒸発後の針入 度 (原針入度 に対して) %	蒸発後の針入 度 比	薄膜加 熱減量 %	薄膜加熱 後の針入 度 %	四塩化炭 素可溶分 %	引火点 ℃	比重25℃ (25℃)
ストレート アスファルト	92	45.5	100	0.01	87	98	0.08	59	99.9	380	1.027

表-9 赤泥焼成物フィラー規格試験表

石 粉	産 地	比 重	通 過 重 量 百 分 率 (%)		
			0.3 mm	0.15 mm	0.074 mm
赤 泥	苫 小 牧	3.526	100.0	99.0	89.0

表-10 骨材品質規格試験表

種 別	産 地	比 重	吸水率 (%)	ロス* 減量 (%)	安定性 (%)	通 過 重 量 百 分 率 (%)							マーシャル試験	
						13	5	2.5	0.6	0.3	0.15	0.074	混合時	締固め時
細 砂	浜厚真	2.936	0.98					100.0	85.5	34.5	5.0	1.0	149~157 (153)	139~142 (140)
ダスト	恵 庭	2.682	4.39					100.0	54.0	35.5	20.5	12.0		
砕 石 13~2.5	恵 庭	2.725	2.19	12.9	2.4	100.0	33.0	8.5	1.0	0				

* ロサンゼルスすりへり減量

準値を満足する共通範囲を中央値付近をとり、設定アスファルト量は7.0%とした。しかし、この配合率ではレンガ色のカラー舗装として発色が十分でなかったため、アスファルト量を一定として、赤泥フィラーの量および

ダストと細砂の割合を変えた配合率を、表-11に示すように6種類決定して現場試験を行った。なお、この配合でのマーシャル試験結果を表-12に示す。

この6種類の配合率のアスファルト混合物で、発色、

表-11 細粒アスコン配合表

配 合	配 合 1		配 合 2		配 合 3		配 合 4		配 合 5		配 合 6	
	骨材配合率	全混 合率	骨材配合率	全混 合率	骨材配合率	全混 合率	骨材配合率	全混 合率	骨材配合率	全混 合率	骨材配合率	全混 合率
アスファルト	—	7.0	—	7.0	—	7.0	—	7.0	—	0.7	—	0.7
赤泥フィラー	7.5 (9.3)	8.6	7.5 (9.4)	8.7	7.5 (9.6)	8.9	13.0 (16.1)	15.0	13.0 (15.8)	14.7	13.0 (15.7)	14.6
砕石 (13~25)	26.5 (25.3)	23.6	26.5 (25.6)	23.8	26.5 (26.2)	24.4	25.0 (23.8)	22.1	25.0 (23.6)	21.9	25.0 (23.4)	21.8
ダ ス ト	33.0 (31.1)	28.9	44.0 (41.9)	39.0	66.0 (64.2)	59.7	41.5 (38.9)	36.2	31.0 (28.8)	26.8	20.5 (18.8)	17.5
細 砂	33.0 (34.3)	31.9	22.0 (23.1)	21.5	—	—	20.5 (21.2)	19.7	31.0 (31.8)	29.6	41.5 (42.1)	39.1
ダスト対細砂	50 : 50		67 : 33		100 : 0		67 : 33		50 : 50		33 : 67	
骨 材 の 合 成 粒 度 (%)	13	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	5	82.2	82.2	82.2	82.2	83.3	83.3	83.3	83.3	83.3	83.8	83.8
	2.5	75.8	75.8	75.8	75.8	77.1	77.1	77.1	77.1	77.1	77.1	77.1
	0.6	53.8	50.4	43.4	53.2	56.5	59.9	59.9	59.9	59.9	59.9	59.9
	0.3	30.6	30.7	30.9	34.8	34.7	34.6	34.6	34.6	34.6	34.6	34.6
	0.15	15.9	17.5	20.9	22.4	20.9	19.2	19.2	19.2	19.2	19.2	19.2
	0.074	11.0	12.2	14.6	16.8	15.6	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5

表-12 マーシャル試験結果

項 目	基準値	配合					
		1	2	3	4	5	6
空隙率 (%)	3~10	6.2	5.8	5.2	4.8	5.4	5.8
安定度 (kg)	350以上	589	590	691	794	744	653
フロー値 (1/100 cm)	80以下	22	32	25	31	26	32

施工性を調査するために現場試験を行った。この結果、配合1~3は、レンガ色の発色が十分に表現されなかったが、赤泥フィラーの量を13%に引き上げた配合4~6については赤泥、フィラー特有の発色が十分達成されていると考えられた。施工性については、配合4および配合5は、フィニッシャー敷均し直後の状態が硬質な状況であり、ローラーマークが消えなかった。

以上の結果から、実際の施工には配合6のアスファルト混合物が用いられることになった。写真-3、4に舗設状況と完成時の様子を示す。

丸山自歩道の舗設に先立ち、昭和51年には一般国道36号苫小牧市内の横断歩道個所で、歩行道の安全を図るため、車道舗装の表層（細粒度ギャップアスコン）3cmに赤泥フィラーを用いたカラー舗装が試験的に施工された。ここではF/Aに留意して赤泥フィラーの量を決めたので、発色は十分とはいえなかったが、一般のアスフ



写真-3 フィニッシャーによる舗設状況



写真-4 完 成 時

ルト舗装との識別の役割は果たしており、その後の状態も車道部の舗装としての機能を保っている。

また昭和53年には、日本道路公団の道央自動車千歳〜苫小牧東間美沢パーキングエリアの舗装に、カラー舗装として赤泥フィラーを用いたアスファルト混合物が使われ、好評を博している。

5 あとがき

以上産業廃棄物である赤泥について、主にこれを焼成した赤泥焼成物としての活用について述べてきた。赤泥焼成物は現在までの実験調査から、粒度およびシルト分の割合さえ考慮すれば、道路用路盤材としては十分に切込砕石なみの機能を果たすることが実証されている。しかし現在のところ、試験プラントで焼成していることもって製造コストが天然骨材に比較して10倍近くと高くつき、工場での赤泥処理コストを考慮しても、この面からは不利である。今後焼成プラントの改善により製造コストが引き下げられるか、環境問題などから現行の処理方法が不可能になった場合には、路盤材としての使用はその需要が多く大量処理が可能なので有望になるものと思われる。

赤泥焼成物を粉砕して、アスファルト混合物のフィラーとして用いることは、赤泥焼成物の付加価値を高めることである。これを用いたアスファルト混合物は、一般的にフィラーとして利用されている石灰石粉を用いたアスファルト混合物に比較して、なんらそん色なく、むしろ若干ながらすりへり抵抗性や安定度が優れていることが実験からわかった。また、赤泥焼成物フィラーの配合率によって、鮮やかなレンガ色を呈してカラー舗装となることが認められた。赤泥焼成物フィラーの製造コストは、工場からの出荷量により大きく異なるが、年間10tonの出荷になると10,000円/ton（昭和53年）であり、石灰石粉フィラーと比較して若干高い程度である。しかしカラー舗装として考えれば、他のカラー舗装が非常に高価格なことから、今後非常に有望な活用分野と考えられる。例えば自転車道・歩道の舗装、バス専用レーンや道路駐車帯のように他車線との識別を要する部分の舗装、駐車場や構内舗装とその利用範囲は広いといえる。

現在までの試験調査から、赤泥の有効利用については一応の成果が得られたと考えている。

最後に本報文のとりまとめにあたり、貴重な資料の提供やご指導、ご助言頂いた北海道舗装事業協会研究所 佐々木所長および北海道開発局室蘭開発建設部苫小牧道路事務所、日本軽金属苫小牧工場の関係者の皆様に深く謝意を表する。

参 考 文 献

- 1) 聳城 修；赤泥による道路用骨材（路盤材）の製造，化学工場，Vol. 18, No. 7, 1974 年 7 月
- 2) 斉藤幸俊；特殊フィラーを用いたアスファルト混合物に関する実験，土木試験所報告 No. 61, 1974 年 3 月
- 3) 中村俊行，久保 宏；路盤材として用いた赤泥焼成物について，土木学会第 32 回年次学術講演会講演概

要集，第 5 部門，1977 年 10 月

- 4) 佐々木政男，西村忠秋；赤泥焼成粉末をフィラーとして使用したアスファルト混合物の性状試験，舗装 Vol. 11, No. 11, 1976 年 11 月
- 5) 堀田政機ほか；赤泥フィラーを利用した舗装について，第 21 回北海道開発局技術研究発表会論文集，1978 年 2 月

*

*

*