

燃焼式による合材中のアスファルト量測定方法について

正員 北海道開発局土木試験所 小 山 道 義

正員 同 上 河 野 文 弘

同 上 桑 島 隆

I. ま え が き

燃焼法は、舗装用アスファルト合材中のアスファルト量を、現場において簡易に測定する方法として案出したものである。本文は、燃焼法の基本的な考え方、現在採用している試験要領ならびに今までの試験結果の概要について述べたものである。

II. 燃焼法の基本的な考え方

アスファルト合材を焼却すれば、合材を構成するアスファルトと骨材（ファイラーを含む）の可燃部分が燃える。その際、合材の燃焼による重量減は、アスファルトおよび骨材のそれぞれの燃焼による重量減の和と考えることができる。したがって、合材、合材中のアスファルトおよび骨材のおおの燃焼率を知ることができれば、合材中のアスファルト量は次式から求められる。

$$A = \frac{a-c}{b-c} \times 100 \quad (1)$$

ここに

A: 合材中のアスファルトの重量百分率 (%)

a: 合材の燃焼率

b: 合材中のアスファルトの燃焼率

c: 合材中の骨材の燃焼率

なお、燃焼率とは、次のように定義したものである。

$$\text{燃焼率} = \frac{(\text{燃焼前の重量}) - (\text{燃焼後の重量})}{\text{燃焼前の重量}} \times 100 (\%)$$

III. 試験要領

上に述べたように、燃焼法によつて合材中のアスファルト量を測定する場合は、まず燃焼率 a , b , c を求めなければならないが、これらのうち、 b , c は直接求めることができない。したがって、合材を燃焼する場合と同様の条件の下で、使用アスファルトおよび骨材をそれぞれ単体で焼却して求めた燃焼率を、上述の b および c に代えることとした。この際燃焼法の精度は、単体で焼却したアスファルトおよび骨材の燃焼率が真の b および c とどの程度合致するか主に主として支配されるものと考えら

れる。アスファルトモルタルとアスファルトコンクリートを対象に、実験室で作つた各種の合材試料に対して、予備試験を行なつた結果では、燃焼さえ充分に行なえば満足しうる精度が得られるようである。本実験は、昭和32年度から着手し、試験方法・器具などに漸次改良を加えてきたが、現在採用している試験要領は次のとおりである。

(1) 試験器具

a) 燃 焼 炉

合材、使用アスファルトおよび使用骨材を同一条件で一様に燃焼させるためには、これらを同時に収容できる大きさで、かつ炉内の温度差を少なくするように発熱体を配置した有蓋円形炉とするのがよいようである。図は、いろいろ試作改良を加えた結果、本実験で現在使用している燃焼炉である。発熱体一個の容量は500 W とし、入手、取替えが容易なことからニクロム線を使用することとしたが、燃焼効率を高めるために、保温と併せて発熱体について、まだ改善する余地があるようである。熱板には、家庭用電気コンロと同一のものを使用したか、消耗が激しいので、予めこれを三つ割にするか、耐火用熱板を使用するのがよいようである。

b) ハカリ

秤量および感量は、試料の量および燃焼法で得られる限界精度によつて決まるが、現在本実験で使用しているハカリは、秤量2 kg、検定感量100 mg、実感量10 mgの鉱山天秤である。

c) 燃 焼 皿

燃焼皿には、直径120 mm、容量200 ccの磁製平底蒸発皿を用いている。平底皿に試料を薄く均一の厚さに入れば、一様かつ十分な燃焼が行なわれるようである。丸底皿は、今までの実験の結果、燃焼皿としては不適当である。なお、平底磁製皿は温度の急激な変化に弱く割れやすいため、実験に支障をきたすことがあるので、その材質などについても今後検討を加える必要がある。

d) そ の 他

デシケータ、パット、スプーン、ルッポバサミ、刷毛ヘラ等。

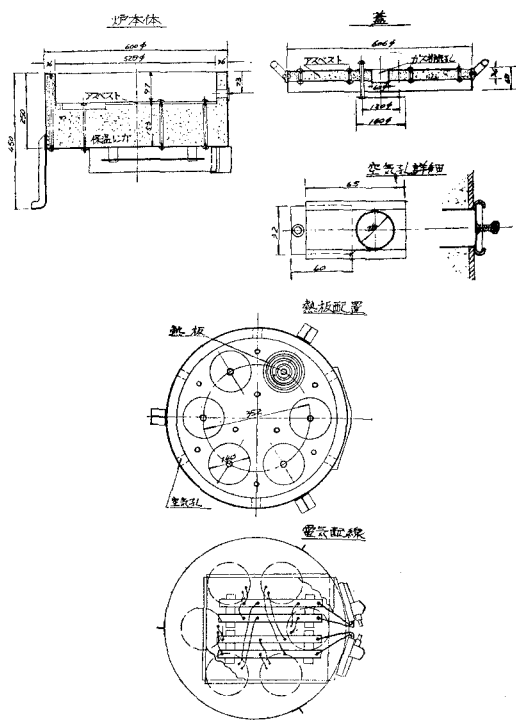


图-1 燃 烧 炉

燃燒炉製作仕様書

本炉は燃焼法によるアスファルト量測定に用いるものであるから、下記仕様書にしたがって製作すること。

1. 炉内の温度は約 800°C 程度、且つ、一様でなければならない。
2. 熱板一個の容量は 500 W とし、ニクロム線を使用すること。
3. 各熱板のニクロム線の配線は熱板面どのような箇所でも一様な温度を得られるようにすること。
4. (1) 熱板への配線は各々独立させ、三個で一つのスイッチに連絡すること。
(2) 二つのスイッチを一つにして使用できる装置とすること。すなわち、電源が炉の全容量よりも小さく、その半分よりも大きいものが二つある時はそのまま使えるが、全容量よりも大きいものが一つしかない時はスイッチ二つを一つにして使用できるようにする。
- (3) なお、原則として二つのスイッチを各々 20 A とし、一つにした時は 40 A として配線すること。
5. コードは熱および上記容量に対して強いものを使用すること。
6. 蓋の内と外の鉄板は、アスベストや内板が動かないようにボルトで緊結すること。
7. ガス排気孔の下鉄板はその高さを自由に加減できるようにすること。ただし、炉内の試料に触れない高さまでである。

2. 熱板一個の容量は 500 W とし、ニクロム線を使用すること。

3. 各熱板のニクロム線の配線は熱板面どのような箇所でも一様な温度を得られるようにすること。

4. (1) 熱板への配線は各々独立させ、三個で一つのスイッチに連絡すること。

(2) 二つのスイッチを一つにして使用できる装置とすること。すなわち、電源が炉の全容量よりも小さく、その半分よりも大きいものが二つある時はそのまま使えるが、全容量よりも大きいものが一つしかない時はスイッチ二つを一つにして使用できるようにする。

(3) なお、原則として二つのスイッチを各々 20 A とし、一つにした時は 40 A として配線すること。

5. コードは熱および上記容量に対して強いものを使用すること。

6. 蓋の内と外の鉄板は、アスベストや内板が動かないようにボルトで緊結すること。

7. ガス排気孔の下鉄板はその高さを自由に加減できるようにすること。ただし、炉内の試料に触れない高さまでである。

(2) 試料

a) 試料の量

予備実験を行なった結果、暫定的ではあるが、現在標準として採用している試料の量は表-1のとおりである。

表 1-1

試 料	合 材 の 種 類	
	アスファルト モ ル タ ル	アスファルト コンクリート
合 材	約 100~300 gr	約 400~500 gr
骨 材	約 100 gr	約 200 gr
アスファルト	約 10 gr	約 10 gr

合材試料の量のうち、アスファルトモルタルについては、上記の量程度ではほぼ満足できる精度を得られるようであるが、アスファルトコンクリートの場合は更に検討を要する。

b) 試料の準備

試料の準備の要領は表-2のとおりである。

表 2

試料	準備の要領
合 材	プラントまたは鋪設直前の合材から代表的試料をバットに採取する。よく混合した後、4分法によつて表-1に示す量を、アスファルトモルタルについては約 100 gr 宛を、アスファルトコンクリートについては約 200 gr 宛を、それぞれ燃焼皿に採り、おのおのを正確に秤量して試料とする。
骨 材	細、粗骨材はプラントのストックビンから、ファイラーは使用中のものから、それぞれ代表的試料を採取するこれらの代表的試料を示方配合比に従つて、その総量が表-1に示す量になるように、それぞれ正確に秤量し、よく混合して試料とする。
アスファルト	プラントのケツトルまたはアスファルト投入容器から代表的試料を採取し、よく攪拌しながら表-1に示す量を燃焼皿に採り、正確に秤量して試料とする。

上記のうち、骨材試料の準備に際して、試験のつど細・粗骨材をストックビンから採取することは困難である。予め一日の所要量を見込んでストックビンから採取し、デシケータに保存しておく方が便利である。

(3) 試驗方法

図のような燃焼炉では、示方配合および使用材料が同

じならばアスファルトモルタルでは1~4 試料， アスファルトコンクリートでは1~2 試料を同時に試験 することができる。

試験手順は次のとおりである。

① 試験に先立つて，約 15 分間炉を予熱し， 前述の要領にしたがって準備したアスファルトおよび骨材の各単体試料ならびに合材試料を熱板の上に配置し， 空気孔を開放したまま無蓋の状態 で燃焼を行なう。 約 30 分経過したら蓋をし， ガス排気孔を開いて燃焼を続け 煙が出なくなつたら， 空気孔およびガス排気を閉じ， 合材試料の可燃部分が充分焼却された状態になるまで 燃焼を続ける。

(注) 燃焼時間は，主として炉内温度によつて左右さ れる。今のところ，合材が最も都合よく燃焼する 炉内温度は，600~700℃ 付近のようである。この 際の燃焼時間は蓋をしてから約 60 分間位でよい ようであるが，炉内温度がこれよりも低い時は更 に 30 分程度燃焼時間を延ばす必要がある。

試験の初めに，無蓋燃焼を行なうのは，合材お

よびアスファルト単体の爆発的燃焼を防ぐため である。しかし，無蓋燃焼の際は，多量の煙を排出 するから，室内で試験を行なう場合は，適当な換 気装置を設ける必要がある。

② 炉のスイッチを切つて 5~10 分試料をそのまま放置 した後，デシケータに各試料を移し，秤量できる程度 まで自然に冷却してから，おのおのの残存重量を正確 に秤量し，燃焼率を算定する。

③ 各試料の燃焼率から，基本式を用いてアスファルト の重量百分率 A を計算する。

IV. 現場における試験例

ここに述べる現場の試験例は，いずれも施工管理を目的としたものではなく，主として本試験方法が現場事情 やその試験設備の下で，どの程度の効果を挙げることが できるかを確認するために行なつたものである。また， 各試験例とも同時に，アスファルトモルタルの場合は 500 gr，アスファルトコンクリートの場合は 1,000 gr の

表-3-a 試験例-1 (アスファルトモルタルの場合)

試料 番号	試料燃焼率 (%)			歴青含有率 (%)	
	アスファルト 試料	骨材試料 (石粉：砂 =17.1：82.9)	合材試料	燃焼法 によるもの	抽出法 によるもの
1	99.9	3.64	14.04	10.8	11.1
2			—	—	—
3			14.55	11.3	11.0
4			11.12	7.8	7.9
5	100	3.42	13.23	10.2	10.4
6			13.61	10.6	10.0
7			13.39	10.3	10.2
8			14.48	11.5	11.3
9	99.85	4.22	19.33	15.8	14.5
10			19.76	16.3	14.1
11			15.53	11.8	11.3
12			15.65	12.0	11.0
13	99.64	3.6	12.95	9.7	9.8
14			13.70	10.5	8.7
15			12.86	9.6	7.4
16			12.68	9.5	7.8
17	99.93	4.2	13.21	9.4	10.3
18			12.73	8.9	10.0
19			14.21	10.5	11.3
20			14.43	10.7	11.5
21	99.92	4.44	13.67	9.7	10.7
22			14.16	10.2	10.4
23			12.84	8.8	9.2
24			12.92	8.9	9.1

表-3-b 試験例-1 (アスファルトコンクリートの場合)

試料番号	試料燃焼率 (%)			歴青含有率 (%)		合材試料中の 2.36mm 以上の含有率 (%)	
	アスファルト試料	骨材試料 (石粉:砂:砂利 73.8:4.2:22.2)	合材試料	燃焼法によるもの	抽出法によるもの	燃焼法によるもの	抽出法によるもの
1	99.82	1.27	4.51	3.3	3.1	74.38	75.83
2			4.11	2.9	3.2	76.12	78.02
3	100	1.4	6.0	4.7	3.0	73.00	77.29
4			4.19	2.8	3.4	79.74	75.34
5	100	1.33	6.85	5.6	4.8	67.60	63.31
6			6.17	4.9	4.9	71.00	64.69
7	99.73	1.64	5.60	4.0	3.3	71.48	65.34
8			5.02	3.4	3.1	72.65	70.17
9	99.72	1.70	5.11	3.5	5.6	78.29	64.40
10			5.36	3.7	4.6	77.38	71.65
11	99.93	0.81	6.07	5.3	4.3	75.07	67.19
12			6.09	5.3	4.7	74.69	68.10
13	99.92	1.89	6.58	4.8	4.9	70.31	65.33
14			5.96	4.2	5.3	73.64	63.71
15	99.91	2.05	5.11	3.1	4.5	73.94	64.13
16			6.38	4.4	4.2	66.35	67.06
17	99.67	2.16	8.99	7.0	5.1	61.96	70.10
18			7.58	5.6	4.9	67.44	72.75
19	99.83	2.92	6.13	3.3	3.9	74.58	72.69
20			7.02	4.2	3.9	70.34	77.77

合材試料を採り、ASTM, Designation: D 1097-54T に準じた溶剤抽出による試験を行ない、燃焼試験の成績を照査した。

なお、試験要領は前述の方法に従うのを原則としたが、試験例中にも述べてあるように、現場の実情に応じて、それぞれ多少の変更を加えたところもある。

(1) 試験例-1

本例は、現場のアスファルトプラントに燃焼炉を持ち込んで試験を行なった場合である。ここでは、アスファルトモルタルおよびアスファルトコンクリートの両者について試験を行なったが、1回の試験に対して、アスモルの場合は4合材試料を、アスコンの場合は2合材試料を同時に燃焼した。なお、これらの試料はそれぞれバッチ別にアスモルは100gr宛、アスコンは400gr宛準備したものである。

表-3-a および 表-3-b は、それぞれアスファルトモル

タルおよびアスファルトコンクリートに対する試験結果を示したものである。表-3-b には合材試料の燃焼残滓および溶剤抽出残滓について、細粒のフルイ分け試験を行なった結果も参考までに併載した。

(2) 試験例-2

本例は、アスファルトプラントから試料を搬入するのに比較的便利な位置にあり、かつ一応の設備を備えた試験室において燃焼試験を行なったものである。試験はアスファルトモルタルだけについて行ない、燃焼試験用の合材試料はプラントから試験室に搬入した代表的試料を約100°Cの乾燥炉で温め軟かくしてから、よく混合し1代表的試料から200grを準備した。この合材試料を正確に秤量して4個の燃焼皿に均等に配分し、骨材およびアスファルトの単体試料とともに燃焼した。骨材試料は1日分として、砂はストックビンから約500gr、石粉は使用中のものから約200grを採取して試験室に搬入し、

表-4 試験例 - 2

バッチ 番号	試料番号	試料燃焼率 (%)			歴青含有率 (%)	
		アスファルト試料	骨材試料 (石粉:砂=) (17.2:82.8)	合材試料	燃焼法によるもの	抽出法によるもの
1	1	100	1.7	13.60	12.1	12.3
	2	100	2.0	14.30	12.6	12.6
2	1	100	2.0	14.30	12.6	12.1
	2	100	2.5	14.93	12.7	12.2
3	1	100	2.5	14.58	12.4	11.9
	2	100	2.5	14.73	12.5	11.7
4	1	100	3.2	16.50	13.7	13.0
	2	100	2.5	15.83	13.7	13.1
5	1	100	2.1	15.33	13.5	12.9
	2	100	2.8	15.98	13.6	13.3
6	1	100	3.0	16.38	13.8	13.1
	2	100	2.9	16.13	13.6	13.3

表-5 試験例 - 3

試料 番号	使用材料			試料燃焼率(%)				歴青含有率(%)	
	アスファルト	砂	石粉	アスファルト試料	骨材試料	(石粉：砂)	合材試料	燃焼法によるもの	抽出法によるもの
1	N142	花野産 (川砂)	鹿	100	4.38	20.5：79.5	15.22	11.3	11.8
2				99.8	5.81	22.4：77.6	18.14	13.1	12.8
3				99.9	5.6	18.5：81.5	15.61	10.7	11.1
4				99.8	2.75	26.1：73.9	11.17	8.7	9.5
5				99.8	2.57	16.7：83.3	11.55	9.2	9.6
6				99.8	3.81	18.5：81.5	13.45	10.1	10.5
7				99.8	4.56	20.5：79.5	16.93	13.0	11.9
8				99.8	2.9	12.4：87.6	12.92	10.3	10.5
9				99.8	2.23	13.6：86.4	13.48	11.5	11.0
10				99.8	2.73	14.9：85.1	16.76	14.5	12.9
11	N 70	弘産 (海砂)	越産	99.8	2.69		16.35	14.1	12.4
12	N 91			100	3.28		18.40	15.6	14.4
13	N120			99.8	3.98		17.19	13.8	12.6
14	N148			100	4.14		16.39	13.5	11.7
15	I 138			99.8	2.89		15.82	13.3	12.1
16	N143			99.9	3.58		17.17	14.1	13.3
17	P162			100	3.83		16.93	13.6	12.2
18	P141			100	3.93		16.72	13.3	12.5
19	P133			99.9	2.48		15.18	13.0	12.7
20	N142			100	3.38	18.5：81.5	14.32	11.3	10.9
21				100	4.72		16.24	12.1	11.2
22				99.8	4.3		15.73	12.0	11.0
23				100	5.95		16.79	11.5	11.3

表中アスファルトはストレートアスファルト

記号 N: ナフチン基 I: 中間基 P: パラフィン基

数字は針入度を示す

試験のつど、砂と石粉を示方配合比に従つて、その総量が 50 gr になるように正確に秤量し、よく混合して単体試料とした。またアスファルト試料は、1 日分として、プラントのアスファルト投入容器から 200 gr 程度を採取し、試験のつど過熱しない程度の温度で熔融しよく攪拌しながら約 10 gr を正確に秤量して燃焼皿に採り、単体試料とした。その試験結果は表-4 のとおりである。

なお、この試験に用いた天秤は、秤量 5 kg、検定感量 200 mg である。

(3) 試験例—3

本例はアスファルトモルタル舗設中の工事現場から、舗設直前の合材を採取し、使用アスファルト、骨材などとともに道路研究室に搬入し、数ヶ月を経て燃焼試験を行なつたものである。

合材試料は、100°C の電気恒温乾燥炉で温めて軟くし、よく混合してから 4 分法によつて、燃焼試験用試料と溶剤抽出試験用試料を準備した。本例では、燃焼試験用の合材試料は約 300 gr とし、これを正確に秤量して 3 個の燃焼皿に均等に配分し、骨材およびアスファルトの単体試料とともに燃焼した。

砂および石粉は、それぞれを 150~160°C の電気恒温乾燥炉で 24 時間以上乾燥して、デシケーター内で冷したものを、示方配合比に従つて、その総量が 200 gr になるように正確に秤量し、これをよく混合して 2 個の燃焼皿に均等に分けて骨材単体試料とした。

アスファルトの単体試料は 10 gr とした。

表-5 はその試験結果である。

(4) 現場試験の結果に対する考察

ここに挙げた 3 現場試験例は、アスファルトプラントと試験箇所との関係事情がそれぞれ異なつていたので、おのおのの実情に即して試験操作を行なつたものである。

燃焼法においては、合材試料中のアスファルトとアスファルト単体試料の燃焼率、および骨材と骨材単体試料の燃焼率が等しくなるような燃え方をした時、理想の精度が得られる。これらの燃焼率が等しいかどうかを確認することは、事実上不可能であるが、少なくとも主として炭水化物からなるアスファルトは、100% 燃焼させれば合材中のものと単体試料の燃焼率とは等しいと仮定して差支えないと考えられる。

骨材は主として無機物質であるから、高温加熱による重量変化は、その酸化による重量変化と結晶水の分離に

よる重量減との合成されたものと考えられる。このうち無機物質の酸化による重量変化は、大気に曝露された骨材単体と合材中のそれとは、おのずから異なり、これが、合材中の骨材と骨材単体の燃焼率の誤差の大きな原因と推察される。この誤差は炉内温度を適切にすれば、ほとんど消去できるようになるのではないかと思われる。

上の 3 試験例について、それぞれの試験成績を考察すると、アスファルト単体試料の燃焼率は、いずれもほとんど 100% の値を示し、アスファルトに関する限り、本文に述べた燃焼条件で充分満足できるようである。

骨材単体試料は配合比およびそれらの産地ならびに乾燥状態が同一ならば、理論上は温度条件さえ一定にして燃焼すれば、燃焼率は常に一定になるはずであるが、本試験例でみるといずれも最小値と最大値の間に 1~3% の開きがある。この開きは計算上アスファルトの重量百分率の値に、おおよそ 1~2% の開きを与えるものである。アスファルトモルタルに関しては、現在のプラントの性能を考え併せるとき、この程度の誤差の欠点よりも、短時間で迅速な合材管理ができるという利点の方がより勝つていふと考えられる。

また、燃焼炉内の温度と燃焼時間は本試験の精度に大きな影響を与えるものと考えられる。参考までに現場試験例の炉内温度と燃焼時間を示せば、表-6 のとおりである。

表 — 6

現場試験	炉内温度	燃焼時間	備 考
例—1	約 500°C	無蓋 30 分 有蓋 90 分	電圧降下により炉内温度不十分のため、有蓋燃焼時間を 90 分とした。
例—2	500~550°C	無蓋 30 分 有蓋 60 分	炉内温度不十分のため、燃焼皿 1 個の合材試料の量を 50 gr とした。
例—3	600~700°C	無蓋 30 分 有蓋 60 分	

本試験法の精度を最も高め得る炉内温度は、高過ぎても低過ぎても不適当と考えられ、適切な炉内温度については、目下、適切な燃焼時間と併せて検討中である。