

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 (第2報)

道路研究室長 技 官 小 山 道 義
〃 副室長 技 官 河 野 文 弘
技 官 桑 島 隆

I. ま え が き

最近、北海道において新設される舗装道路は、殆んどすべてがアスファルト舗装であるが、開発局ではアスファルトについては本道特有の地域的条件を考慮して、特に厳格な規定を設けている。したがって、当然のことではあるが、プラントの管理にも細心の注意が払われている。プラント管理のうちで、最も厄介なのはネリ上つた合材中のアスファルト量の測定である。開発局の舗装現場で一般に行なわれている方法は、ASTM Designation : D 1097-54 T の遠心分離器を用いたベンゾールによる溶剤抽出方法である。この方法は、有害で危険なベンゾールを多量に使用するばかりでなく、試験結果が判明するまでに、多大の時間を要し、これが現場におけるプラント管理上の最大の難点となつている。

道路研究室では、アスファルト合材を燃焼させた際の、合材の燃焼率と、合材を構成するアスファルトと骨材のそれぞれの燃焼率が判れば、理論上は簡単に合材中のアスファルト含有率が計算できることに着目し、検討を加えていた。丁度そのころ、現場から合材中のアスファルト量を短時間で測定する方法がないかとの要望があつたので、昭和32年度ころから、本格的な予備実験を開始した。昭和33年春には、燃焼式による合材中のアスファルト量測定方法は、十分現場の要求を満足させることができるとの見通しを得たので、その概要を土木試験所月報第58号に発表した。

本報告は、その後の実験によつて、改良を加えた試験器具および試験要領について述べ、併せて実際の舗装工事現場で実施した燃焼法による合材管理実験の例を挙げたものである。

II. 試 験 要 領

燃焼法によつて、合材中のアスファルト含有率の真の値を求めるためには、合材とそれを構成する単体試料とを燃焼させる際、合材中のアスファルトおよび骨材の各燃焼率が、それぞれの単体試料の燃焼率と等しくなるような燃焼を行えばよい。予備実験の結果、燃焼さえ十分に行えば、ほぼこの目的を達することができそうであるということが判つた。したがって、燃焼炉および試験操作の改良は十分な燃焼を行なわせることに力を注いだ。その結果、暫定的ではあるが、現場の要求はほぼ満足できるものとして、現在本研究室は次のような試験器具および試験方法を推奨している。

1. 試 験 器 具

(1) 燃 焼 炉

合材試料、アスファルト単体試料および骨材単体試料を同一条件で、一様に燃焼させる目的で、いろいろ試作改良を加えた結果、図-1および写真-1に示すようなフタ付きの円形電熱炉とした。

本燃焼炉の構造、特に形状、発熱体の配置は、上記の各試料を同時に収容できるとともに、炉内の各点の温度差を極力小さくすることを考慮して定めた。

(2) ハ カ リ

秤量および感量は、主として1回の試験に供する試料の量および燃焼法によつて得られる限界精度または現

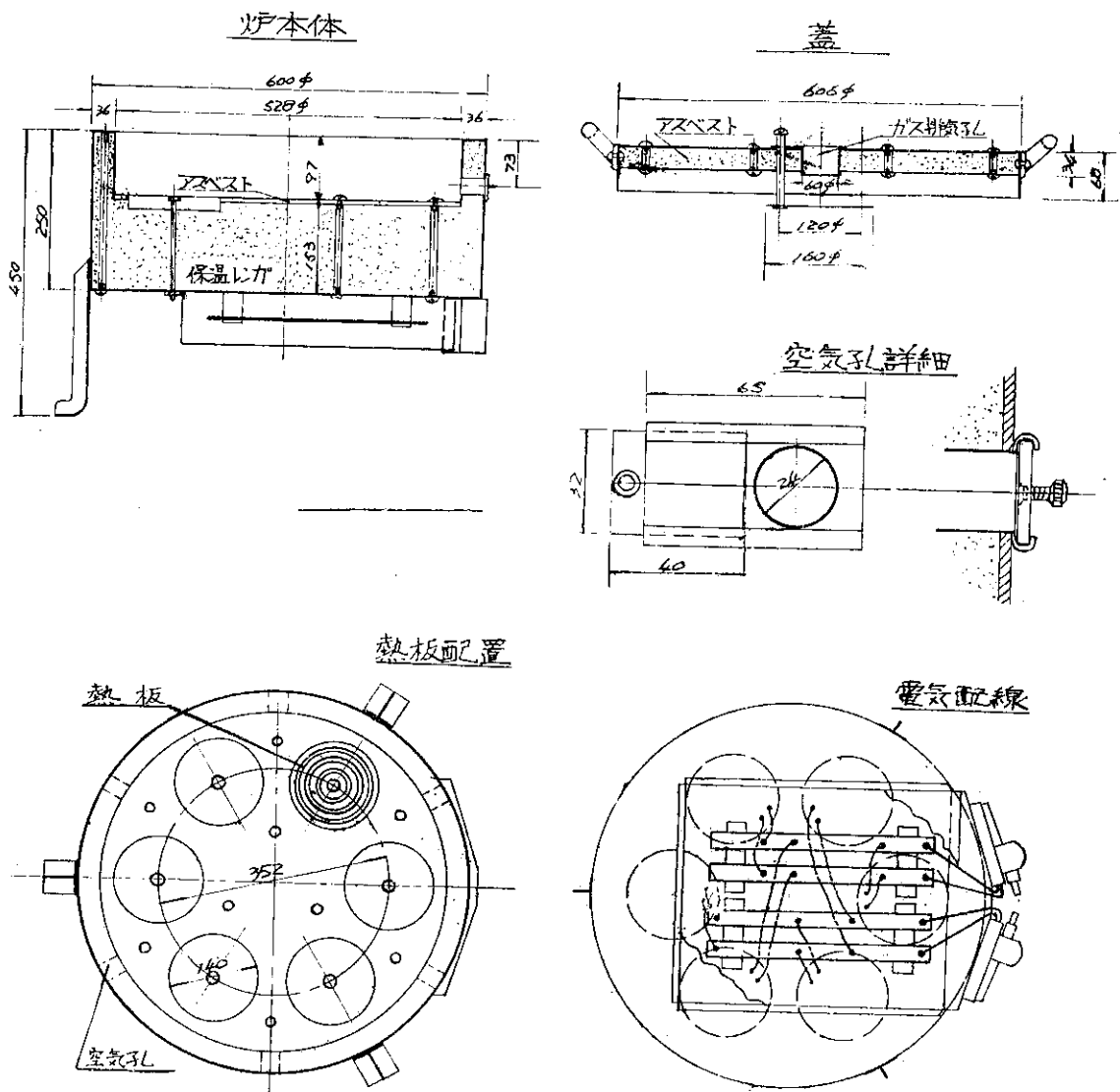


図-1 燃 焼 炉

燃 焼 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、熱板面如何なる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. ガス排気孔の下の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。

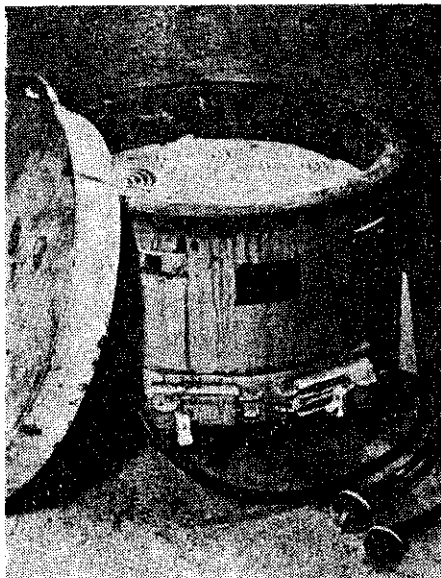


写真-1 燃 焼 炉



写真-2 鉦山天秤

場の要求精度のほか、現場操作が容易であることなども併せ考慮して決定しなければならない。現在のところ上述の限界精度および要求精度は共に不明であるので、まだ、秤量および感量を定めることはできないが、道路研究室が本実験に使用しているものは、秤量 2 kg、検定感量 100 mg、実感量 10 mg の写真-2 に示すような鉦山天秤である。鉦山天秤は構造が簡単で、堅牢に重きをおいて製作されたものであるから、感度がよいばかりでなく取り扱いが容易で、簡易分析天秤としては一般的なものであり、現場で使用するには適当な天秤と考えられる。しかし、さらにできるだけ堅牢で取り扱いの簡単なハカリを使用できるよう、目下検討中である。

(3) 燃 焼 皿

燃焼皿の材質は、800°C 程度の高温でも、材質および質量が変化しないもので、温度の急激な変化に耐えられるものでなければならない。

燃焼皿には、写真-3 の左側に示すような、直径 120 mm、容量 200 cc の磁製平底蒸発皿を使用している。平底皿は、試料を薄く均一の厚さに入れることができるので、一様かつ十分な燃焼を行なわせるのに適している。丸底皿(写真-3の右側)は今までの実験の結果、試料を均一に薄く入れたまま燃焼を続けることができないので、試験成績が悪く、燃焼皿としては不適當である。

現在使用している磁製の平底蒸発皿は、温度の急激な変化に対する抵抗が弱いので、試験中に皿が割れて試料が散逸し、試験をやり直さなければならないことがある。したがって、試験操作中で直接燃焼皿に急激な温度変化を与えるようなところでは、特にこの点に留意する必要がある。今



写真-3 平底磁性蒸発皿(左)と丸底磁性蒸発皿(右)

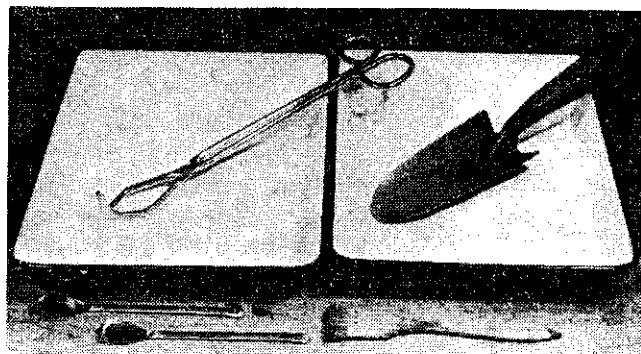


写真-4 パット、ルツボバサミ、ヘラ、スプーン、ハケ

までの経験では、燃焼皿が割れるのは、燃焼開始のとき、燃焼を終了した直後に炉から出した場合およびこれをデシケータに入れたときである。また、新しい燃焼皿は試験に先立つて1回煮沸し、徐々に冷却してから使用すれば、ほとんど破損しないようである。

(4) その他の付属器具

以上の主な試験器具のほか、試験操作の過程で使用する小道具類は、デシケータ、パット、スプーン、ルツボバサミ、刷毛、ヘラ等(写真-4参照)である。

2. 試料

(1) 試料の量

予備実験の結果、現在標準として1回の試験に使用している試料の量は、表-1のとおりである。

表-1 1回の試験に供する試料の量

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 g
骨材		約 100 g	約 200 g
アスファルト		約 10 g	約 10 g

1回の試験に供する合材試料の最大量は、1個の燃焼皿で都合よく燃焼できる最大量と、燃焼炉の皿の収容能力で決定される。表-1の合材試料の量は、主としてこの観点から割り出したものであるが、アスファルトモルタルについては、表-1を決定版としてもよいようである。ただし、特に良い試験成績を挙げたい時は、1回の試験に供する合材の量を、事情の許す限り多く採るべきである。アスファルトコンクリートについては、今少し検討を要するようである。

なお、現在使用している1個の燃焼皿で、合材を都合よく燃焼させることができる合材試料の最大量は、アスファルトモルタルでは約100gである。

(2) 試料の準備

燃焼試験に際して、燃焼試料を準備する要領は表-2のとおりである。

表-2 燃焼試料を準備する要領

試料	準備の要領
合材	プラントまたは舗設直前の合材から、代表的試料をパットに採取する。よく混合したのち、4分法によつて表-1に示す量を採り、アスファルトモルタルの場合は約100g宛、アスファルトコンクリートの場合は約200g宛、になるように燃焼皿に分け、おのおのを正確に秤量する。
骨材	細・粗骨材はプラントのストックビンから、フィ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、示方配合にしたがつて、その総量が表-1に示す量になるように、それぞれを正確に秤量し、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。

上表のうち、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。あらかじめ1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のが便利である。

3. 試験方法

現在道路研究室が推奨している、図-1および写真-1のような燃焼炉では、使用材料および示方配合が同じならば、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。その手順は次のとおりである。

(1) 試験準備

試験に先立つて、約15分間炉を予熱し、前項に述べたようにし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写真-5のように配置する。

(2) 無蓋燃焼

電源を入れ、燃焼炉側面の空気孔を開放したまま無蓋の状態で行なう。これは合材およびアスファルト単体試料の爆発的燃焼を防ぐためである。なお、無蓋燃焼の際は、多量の煙を排出するから、屋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。

(3) 有蓋燃焼

無蓋燃焼を約30分行なったら蓋をし、ガス排気孔を開いて燃焼を続ける。煙が出なくなったら、空気孔およびガス排気孔を閉じ、合材試料の可燃部分が十分燃却された状態になるまで燃焼を続ける。燃焼時間は、主として炉内温度によつて左右されるが、今のところ、試料が最も都合よく燃焼する炉内温度は600~700°C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分くらいでよいようである。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。写真-6の前列は左からアスファルト単体、アスモルの骨材単体、アスモルの合材、アスコンの骨材単体およびアスコンの合材の各試



写真-5 燃焼試験開始時の状態

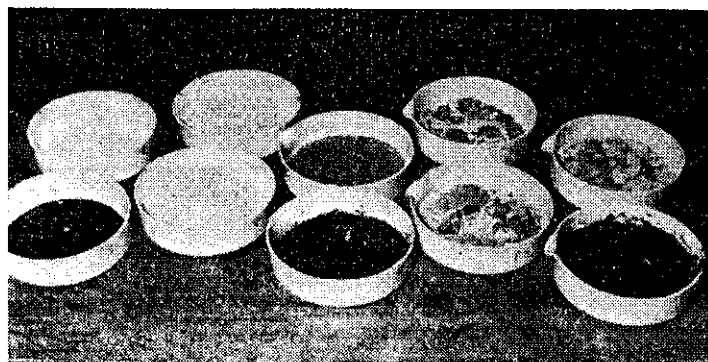


写真-6 燃焼前と燃焼後の試料

料の燃焼前の状態であり、後列はそれぞれの燃焼後の状態である。

(4) 秤量

炉のスイッチを切つて5~10分間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する。

(5) 計算

(1)式を用いて、合材および単体の各試料について、それぞれの燃焼率を求め、(2)式から合材中のアスファルトの重量百分率 A を計算する。

$$\text{燃 焼 率} = \frac{\text{燃焼前の重量} - \text{燃焼後の重量}}{\text{燃焼前の重量}} \times 100 (\%) \quad (1)$$

$$A = \frac{a-c}{b-c} \times 100 (\%) \quad (2)$$

- ここに a: 合材試料の燃焼率
 b: アスファルト単体試料の燃焼率
 c: 骨材単体試料の燃焼率

III. 現場における実施例

本実施例のうち、2例は旭川開発建設部および帯広開発建設部の御厚意により道路研究室から試験員が現地に出向いて、実際現場における合材の管理実験を行なったものである。他の1例は、土木試験所が施工した1級国道36号線千歳市上長都試験道路のシートアスファルトについて燃焼試験を実施したものである。これらの実施例は、いずれも主として、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ったものである。

試験要領は、前述の方法にしたがうのを原則としたが、実施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。

なお、各実施例とも、燃焼試験の成績を照査するため、同じ合材試料について ASTM Designation: D 1097-54 T の溶剤抽出試験を同時に行なった。1回の溶剤抽出試験に供した合材試料は、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である。

(1) 実施例-1

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200 gr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共に燃焼した。

骨材およびアスファルトの単体試料は次のようにして用意した。砂はストックビンから約500 gr、石粉は使

表-3 実施例-1

バッチ番号	試料番号	使用材料			試料燃焼率 (%)			瀝青含有率 (%)			
		アスファルト	砂	石粉	アスファルト試料	骨材試料 (粉石:砂=17.2:82.3)	合材試料	燃焼法によるもの	抽出法によるもの		
1	1	ストレート針入度 120 ~ 150	十勝川下音更および附近産	鹿越産	100	1.7	13.6	12.1	12.3		
	2				100	2.0	14.3	12.6	12.6		
2	1				100	2.0	14.3	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				十勝川下土幌東五線産		100	3.2	16.5	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

用中のものから約 200 gr を 1 日分として採取して、試験室に搬入し、試験のつど、砂と石粉を示方配合比にしたがつて、その総量が 50 gr になるように正確に秤量し、よく混合して骨材単体試料とした。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 を燃焼皿に採り、正確に秤量して単体試料とした。

その試験結果は表-3 のとおりである。なお、この試験に用いた天秤は、容量 5 kg、感量 200 mg である。

(2) 実施例-2

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管理実験を行なったが、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。これらの試料はそれぞれバッチ別に、アスモルは 100 gr 宛、アスコンは 400 gr 宛準備したものである。

表-4 は、このうち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。同表には、合材試料の燃焼残滓および溶剤抽出残滓について、細粗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。

表-4 実施例-2 (アスファルトコンクリートの場合)

試料番号	使用材料				試料燃焼率 (%)			歴青含有率 (%)		合材試料中の 2.38 mm 以上の含有率 (%)	
	アスファルト	砂	砂利	石粉	アスファルト試料	骨材試料 (石粉:砂: 砂利=4.2: 2.2:73.8)	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	ストリート 針入度 120 ~ 150	石狩川 当麻町 宇園別 産	石狩川 当麻町 宇園別 産	鹿越産	99.82	1.27	4.57	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	73.0	77.29
4							4.19	2.8	3.4	79.74	75.34
5					100	1.33	6.85	5.6	4.8	67.6	63.31
6							6.17	4.9	4.9	71.0	64.69
7					99.73	1.64	5.6	4.0	3.3	71.48	65.34
8							5.02	3.4	3.1	72.65	70.17
9					99.72	1.7	5.11	3.5	5.6	78.29	64.4
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	68.1
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	70.1
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

(3) 実施例-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、骨材等とともに道路研究室に搬入し、数カ月を経て試験室において燃焼試験を行なったものである。

本例では、燃焼試験用の合材試料は約 300 gr とし、これを 3 個の燃焼皿に均等に配分して正確に秤量し、骨材およびアスファルトの単体試料とともに燃焼した。

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。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、デンケータ内で冷したものを、示方配合比にしたがつて、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。

表-5 はその試験結果である。

表-5 実施例-3

試番 料号	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	N 142	花川 群砂 産		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		16.76	14.5	12.9
11	N 70	勇 鹿 産	鹿	99.8	2.69		16.35	14.1	12.4		
12	N 91			100	3.28		18.4	15.6	14.4		
13	N 120			99.8	3.98		17.19	13.8	12.6		
14	N 148			弘 越 産	越	100	4.14		16.39	13.5	11.7
15	I 138					99.8	2.89	14.9 : 85.1	15.82	13.3	12.1
16	N 143					99.9	3.58		17.17	14.1	13.3
17	P 162					100	3.83		16.93	13.6	12.2
18	P 141					100	3.93		16.72	13.3	12.5
19	P 133					99.9	2.48		15.18	13.0	12.7
20							100	3.38		14.32	11.3
21	N		100			4.72		16.24	12.1	11.2	
22	142		99.8			4.3	18.5 : 81.5	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 ナフテン基 I 中間基 P パラフィン基
数字は針入度を示す

IV. 考 察

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の燃焼率、および合材中の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のもの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自から異なり、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、適切な炉内温度によつて、ほとんど消去できるようになるはずである。

前節に挙げた3現場実施例は、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るのでおのおの実情に即した試験操作を行なつたものであるが、これらの実施例について、それぞれの試験成績を考察すると次のとおりである。

アスファルトの灰分は、0.1% 程度で多い場合でも0.3% より少ないのが普通である。したがつて、各実施例のアスファルト単体の燃焼率は、いずれもほとんど完全にアスファルトが燃焼しつくしていることを示し、アスファルトに関する限り、本文に述べた燃焼条件で十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、本実施例で見ると、いずれも最小値の間に1~2%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。

アスファルトモルタルに関しては、現在のプラント設備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られると考えられる。アスファルトコンクリートについては、1回の試験に供する試料の量、燃焼炉内の適切な温度等に検討を加え、今少し精度を上げなくてはならないと考えている。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であるが、参考までに現場における実施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50gr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と燃焼時間については、燃焼炉に多少の改良を加える等、目下、室内実験によつて検討中である。

参 考 資 料

小山道義：アスファルト量検定のための燃焼法について、北海道開発局土木試験所月報，第58号，1958年5月。

小山，河野，桑島：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，第13回建設省直轄技術研究発表会，昭和34年11月。