

# アスファルト

第7巻 第40号 昭和39年10月4日 発行

## ASPHALT



社団法人 日本アスファルト協会

# ASPHALT

## 目 次 第 40 号

舗装用アスファルトの規格試験とその意義 .....	昆布谷 竹郎	2
アスファルト塗覆装鋼管について .....	関屋 圭三	7
積雪寒冷地のアスファルト舗装について .....	篠原 敏修	
これでよいのか .....	竹下 春見	13
INTRODUCTION TO ASPHALT (連載第22回) .....	明日 春人	20
	工藤 忠夫	23



### 読者の皆様へ

“アスファルト”第40号、只今お手許にお届け申し上げました。

本誌は当協会がアスファルトの品質改善を目指して、需要家筋の皆様と生産者側との技術の合流を果し、より一層秀れたアスファルトをもって、皆様方の御便宜を計ろうと考え、発刊致しているものであります。

本誌は隔月版発行ですが、発行毎に皆様のお手許へ無償で御贈呈申上げたいと存じております。

本誌が皆様の需要面における有力な参考資料となることを祈りつつ今後の御愛読を御願い致します。

社団法人 日本アスファルト協会

東京都中央区新富町3~2  
TEL 東京 (551) 1131



VOL. 7, No. 40 OCTOBER 1964

# ASPHALT

Published by THE JAPAN ASPHALT ASSOCIATION

Editor • Isamu Nambu

# 舗装用アスファルトの規格試験とその意義

昆布谷 竹郎

アスファルト舗装でのアスファルトの役割について、十分には知られていないし、現在発生している事故の大半は、アスファルトの性状に起因するとするより、むしろ施工において防ぎうるものと判断した方が妥当であって、アスファルトの良・不良について論議することは、時期尚早と考えられる。

規格試験は、品質の特性を調べるに十分なものであり試験の結果により品質の必要な区分ができることが望ましい。しかし、アスファルトの品質規格は、日本ばかりでなく世界的な傾向として、品質の適・不適を判定したり、品質に応じて分類したりする標準ではなく、製品として製造上の目安であり、また、使用者が各種製品を乱用するのを防ぎ、秩序を保つための標準を示しているにすぎない。

規格試験というものは、良かれ悪しかれ、歴史的な権威によって、その意義を認めねばならない試験ではあるが、現在のものが十分意義あるものかどうか、気付いた事柄を挙げた。それは

- (1) 規格試験および同様な試験は、かららずしもその試験目的とする性質を調べているのではない。
- (2) 試験結果を用いた規格や分類は、かららずしも妥当なものではない。

の2点であり、アスファルトの品質については、いたづらな試験値への執着を捨てて、より大局的な立場から見つめて行くべきではないかと考えている。

## (1) 鈎入度試験

アスファルトの相対的なかたさを針の貫入によって調べる試験で、JIS K 2530に規定されている。規定の温度・荷重・時間の条件（通常は $25^{\circ}\text{C} \cdot 100\text{ g} \cdot 5\text{ sec}$ ）で、標準針が垂直に貫入する深さを $1/10\text{ mm}$ 単位で表わす。

通常、アスファルトのかたさを針入度によって区分し、その区分によって使い分けしている。

しかし、条件を変えた針入度を求めてみると、表-1の例で2種のアスファルトの硬軟比較が難かしいように規定の針入度のみでかたさの比較はできない。また、同

一針入度級のアスファルトを比較してみると、表-2の例で SY80/100がNY60/80に近い性質を示しているよう、単なる針入度級のみでの区分では不十分である。

表-1

条件			アスファルト	
温度 $^{\circ}\text{C}$	荷重 g	時間 sec	セミブロン	ストレート
25	100	5	96	86
15	100	5	36	26
35	100	5	230	250+
25	50	5	60	61
25	200	5	143	128
25	100	10	125	120
25	100	20	156	168

表-2

アスファルト	SY <sup>80/100</sup>	NY <sup>80/100</sup>	NY <sup>60/80</sup>
針入度 $25^{\circ}\text{C}$ 粘性 $\tau = 16.7\text{ g/cm}^2$ Poises	91 $15 \times 10^5$	91 $8 \times 10^5$	67 $14 \times 10^5$
軟化点 $^{\circ}\text{C}$ 粘性100S.S.Fの温度 $^{\circ}\text{C}$	47 155	45 150	48 155

針入度は、任意の条件で求められた相対かたさにすぎず、アスファルトの稠度の本質にはふれていないようであり、そしてまた針入度級によるアスファルトのかたさ区分は、便宜的区分であると考えられる。

針入度は、かららずしも、アスファルトのかたさを示すものではない。

## (2) 軟化点試験

アスファルトがある軟らかさになる温度を球の落下により調べる試験で、JIS K 2531に規定されている。環に詰められた試料に球を載せ、 $5^{\circ}\text{C}/\text{min}$ の速度で周囲の水温を上げて行き、アスファルトに包まれた球が環を通して一定距離垂れた時の温度を $^{\circ}\text{C}$  ( $0.5^{\circ}\text{C}$ まで) で表わす。

通常、軟化点をアスファルトの軟化してしまう温度を考えたり、その温度を境に流动の性格が变化すると考えたりしている。

しかし、アスファルトには明らかな融点はなく、温度を上げると徐々に軟化してゆくもので、軟化点はある任意の条件下である稠度を示すときの水温である。軟化点試験において、アスファルトの実際温度は軟化点より約 $2^{\circ}\text{C}$ 低いといわれているが、加温速度を速くすれば、軟化点は高くアスファルト実際温度との差は大きくなり、加温速度を遅くすれば、軟化点は低くアスファルト実際温度との差は小さくなる。加温速度を2倍にすれば、軟化点でのアスファルト実際温度は $2^{\circ}\text{C}$ 程度高くなるといわれている。

また、軟化点温度は等稠度温度で、針入度ほぼ800、粘性ほぼ $10^4$ ストークス、ステフネス0.4秒載荷ほぼ $9 \times 10^4$ ダイン/cm<sup>2</sup>とかいわれる。しかし、軟化点は、アスファルトの比重・比熱・熱伝導度・界面張力・力学的諸性格などによって影響されるものであるし、稠度は一般に測定方法により異り、推定針入度600～1,000、推定粘性8,000～30,000ポアズといわれている。

軟化点はアスファルトの諸性質の影響の下で、任意の条件で定めた温度であって、条件により変化するものであり、また、軟化点温度でアスファルトが等稠度ともい難いと考えられる。

軟化点とは、アスファルトの軟化する温度ではなく、また、かならずしも、特異な意味をもつ温度でもない。

### (3) 伸度試験

アスファルトの粘さを引張り長さで調べる試験で、JIS K 2532に規定されている。標準寸法の試料を規定温度で5cm/minの速度で引張り、アスファルトが切断するまでの伸び長さをcmで表わす。

通常、ある特定の $10^{\circ}\text{C}$ とか $5^{\circ}\text{C}$ とかの低温での伸度が大きければ、低温域においてはすべて粘りであるものと考えられている。

しかし、条件を変えた場合を調べると、表一3の例のように、ある温度で伸びがよいかといつて、他の温度でも伸びがよいとは限らない。また、引張速度を $1\%$ にすれば温度約 $5^{\circ}\text{C}$ 上げた場合に比較するといわれ、引張速度によって伸度のあるなしの逆転も生ずる。

伸度は、任意の条件で求められた値であって、載荷形式や温度により変化するものであり、一定温度、一定引張速度での伸度の大小のみによって、アスファルトの品質に対する意見を述べることは難かしいと考えられる。

単なる伸度の大小は、かならずしも、アスファルトの粘りの有無を示していない。

表-3

アスファルト	S-80/100	M-80/100
針入度	86	88
伸度 25°C	100+	100+
15	44	100+
10	8	100+
5	4.5	0
0	2	0

### (4) 蒸発量試験

アスファルトに含まれる揮発性成分の量を求めるとともに、加熱による硬化度合いを調べる試験で、JIS K 2533に規定されている。試料を $163^{\circ}\text{C}$ の炉に5時間さらし、この間の重量損失百分率を蒸発量とし、また、加熱後の針入度の加熱前の針入度に対する百分率を蒸発後の針入度百分率とする。

この試験は、実際のアスファルト使用時の硬化とはほとんど関係がないと考えられ、近年の傾向として、後に述べる薄膜加熱試験に変りつつある。しかし、予期以上に極度に多い蒸発量や、極度の硬化を示すアスファルトが、異常なものであることに異論はない。

一般的にいえば、現在使用されている石油アスファルトに関する限りでは、この試験はほとんど意義のないものと思われる。

### (5) 引火点試験

裸火を近づけた時にアスファルトが瞬間に引火する温度を調べる試験で、JIS K 2274に規定されている。試料を $5^{\circ}\text{C}/\text{min}$ の速度で加熱し、表面に小さな火を近づけて瞬間に引火する温度を $^{\circ}\text{C}$ で表わす。

使用および貯蔵の際の火災の危険性を予測するため、また、蒸発性低沸点成分を検索するためなどに有用である。

引火はその時の状況や条件によるものであるので、一応の目安を与える数値として扱うのが適当と思われる。

### (6) 四塩化炭素可溶分試験

試料中の歴青含有量を調べる試験で、JIS K 2534に規定されている。試料を四塩化炭素に溶解させ、これを沪して残渣を秤り、可溶分の原試料に対する百分率で表わす。

一般的にいえば、現在使用されている石油アスファルトに関する限りでは、この試験は殆ど意義のないものと思われる。

### (7) 薄膜加熱試験

蒸発量試験の改良されたもので、A.S.T.M.D 1754 に規定されている。蒸発量試験との大きい相異は、試料厚さが2.08cmから0.32cmになったこと、容器直径が5.5cmから14cmになったことである。

試験は加熱混合プラントでの実際的条件に非常に接近していて、試験後の針入度低下は加熱混合による硬化について一つの指標を与えると考えられている。

しかし、実際の混合温度は種々異っているにかかわらず、それと無関係な任意の温度での試験であり、一般的には、軟質のものは硬質のものより激しい作用を受けることになる。なお、傾向的に、混合温度5°Cの上昇は回収アスファルトの針入度低下約2%を招くといわれるが混合物も混合方法も異なるほか、アスファルトの性状の相異もあり、これを混合温度による補正に用いことは適切でない。

また、表-4の数値は、Welborn等による材料温度や混合法を一定とした室内試験結果の一部を挙げたものであるが、針入度低下は、混合物の種類によって異なるし、薄膜加熱試験結果と関係もない。

表-4

記号	針入度 試験結果 (%)	回収アスファルト (%)		
		Sand Mix	Gravel Mix	Stone Mix
No. 13	88	62	70	75
69	88	61	60	69
100	90	49	60	66
196	127	50	—	72

薄膜加熱試験はある任意な条件での試験であって、アスファルトの高温硬化に関する性質から条件つけられたものではないので、実際上の硬化との関連を見出すことは難かしいと考えられる。

薄膜加熱試験によって、かならずしも、アスファルトの加熱硬化の割合を予測できない。

### (8) フラース破壊点試験

アスファルトのもろくなる温度を薄層を屈曲して調べる試験で、DIN U 6やIP 80などに規定されている。金属板にはほぼ0.5mm厚に塗布した試料を、1°C/minの速度で温度を下げて1°C毎に所定の屈曲を与え、きれつに入った時の温度を°Cで表わす。

通常、フラース破壊点はその温度でアスファルトのもろくなるぜい化点と考えられ、また、この温度の低いものを用いた舗装は低温でもたわみ性があると考えられている。

しかし、ぜい化点とは、試料に定められた変形を行わせるに要する時間が、試験方法の時間尺度に丁度等しくなる温度であって、変形方法に特別の意義がない限りは特別の温度を示していない。フラース破壊点試験の形式は、任意の厚さの層を任意の方法で曲げるものであり、層厚が薄くなるほど、屈曲速度が遅くなるほど破壊点温度は低くなる。

また、アスファルト舗装がもろくなるのも載荷形式によるものであり、温度低下過程で、通過交通に対し早くもろくなるものが、静止荷重に対し早くもろくなるとは限らない。フラース破壊点とは何等関係がなく、時には、フラース破壊点の低く得られ勝ちな粘弾性的性格の強いアスファルトでは、応力の集中を生じ勝ちであるので、かえって破壊し易いとも考えられる。

フラース破壊点では、アスファルトのステフェネス11秒載荷ではほぼ1100kg/cm²、粘性ほぼ $4 \times 10^9$ ボアズを示し、破壊点は等稠度温度の等一近似といわれる。しかし稠度は測定方法を異にすれば異った値を与えるものであって、かならずしも、等稠度温度と簡単に表わせない。

フラース破壊点は、任意の条件による結果であって、層厚や屈曲速度により異ってくるものであり、また、特別な等稠度温度ともいい難いと考えられる。

フラース破壊点は、アスファルトがもろくなる温度でなく、また、かならずしも、特異な意義をもつ温度でもない。

### (9) セイボルトフロール粘度試験

アスファルトの温度と粘度との関係を調べる試験で、A.S.T.M.E 102に規定されている。規定の各温度において、試料を規定の小孔より規定量流出させるに要する時間を秒(200秒以下は0.5秒まで)で表わす。

通常、アスファルトの使用温度は、1956年のアスファルトイnstiテュートの要請による散布および混合時の粘度、A.S.T.M.D 1959-60Tのマーシャル試験法における混合および締固め時の粘度などから推測して、特定の粘度において適正だと考えられている。

しかし、アスファルトの使用温度は、使用時の諸条件に左右されるものであり、単に使用アスファルトの粘性のみで律することはできる筈がない。散布時の粘度は散布目的や散布方法により異なるのが当然である。混合時の粘度にしても、フィラーの多い密粒度混合物以外は150S.S.F.以上でもよく、300S.S.F.に相当する混合温度で多くの混合物が成功裡に用いられているといわれる。締固めについては、混合によるアスファルトの硬化、混合物としての粘性、締固め厚、基礎の状態などのほか、締固め法が要因となり、マカダムローラー転圧に1,000C.S.

(約500S.S.F.) タイヤローラー転圧に 10,000C.S. (約5,000 S.S.F.) の使用アスファルト粘度の温度という例もある。

使用アスファルトの温度粘度関係を用いるにあたり、アスファルトの使用温度は、使用アスファルトの粘度のみにより定まるのではなく、使用方法・使用条件・混合物種類などにもよるものであり、また、混合物転圧温度も混合物としての性質、施工方法などによるものであると考えられる。なお、通常の舗装での経験的な例として、堅硬路盤上 5 cm 厚舗装で10トンマカダムローラー転圧の時、ローラー転圧可能最高温度（転圧は舗装に異常を生じない限りできるだけ高い温度で始めるべきである）は次のようである。

表-5

混合物のマーシャル安定度	混合物の転圧可能最高温度	
	使用アスファルトストレート	使用アスファルトセミブローン
250 kg	90°C	95°C
500	115	125
1,000	145	160

アスファルトの使用温度および混合物の転圧温度を、使用アスファルトのセイボルトフロール粘度から一概に決定することは、かならずしも、適当ではない。

#### (10) 針入度を用いた分類

一点法的試験の欠陥は、条件を変えた数点での値を得ることによって救われる。針入度がたさを示すのに不十分であるのは、それぞれのアスファルトの力学的性格が異っているからであり、試験条件の変化による針入度の変化の仕方は、アスファルトの力学的性格を示すことになる。ある点における稠度と、その力学的性格を知ることは、アスファルトの力学的挙動を知る上で、すくなくとも有効なことである。

感温性による分類は多くあるが、その一つは、

$$\log P = AT + K$$

A : 針入度, T : 温度, K : 定数

の実験関係を認め、

$$A = \frac{d \log P}{dT} = \frac{20 - P.I.}{10 + P.I.} \cdot \frac{1}{50} \quad (= \frac{\log P_1 - \log P_2}{T_1 - T_2})$$

P.I. : 針入度指数

の式で針入度指数を定義し、この感温性を表わす指数による分類である。これは、実際には  $\log P$  と T とは比例しないで、算出基礎の二温度をどこにするかで勾配は異り、針入度指数は異ってくる。

また、力学的特徴による分類は、

$$\log P = B \log t + K$$

P : 針入度, t : 時間, K : 定数

の実験関係を認め、この式の B という力学的特徴を表わす数値による分類である。これは、アスファルトのチキソトロピックな性格によるといわれ、断続測定と連続測定では異なるともいわれている。

以上はともに表-6 のように、アスファルトの流動の型式による区分に分類されている。

表-6

	P.I.	B
ニュートン流動 タールピッチ型	<-2	0.5
プラスチック流動	通常のアスファルト型	-2~+2 0.45~0.25
	ブローンアスファルト型	+2~+8 0.25~0.15

しかし、針入度試験は任意に選ばれた貫入試験であり針入時のアスファルトの流動変形は複雑であって、本質的な物理常数とか力学常数とかを求めるのに適した試験方法ではない。したがって、得られた結果を、載荷形式を異にする場合とか、高温および低温の場合とかに拡張応用するには困難があり、経験的取扱いを主とする針入度基礎の理論にはおのずから限度がある。

針入度を用いた分類は、一つの目安であって、それぞれ実用上の応用価値で妥当性を判断しなければならないと考えられる。

#### (11) 軟化点を用いた分類

針入度指数を求めるのに、軟化点温度における推定針入度を800と仮定し、次の式を用いる。

$$A = \frac{\log 800 - \log P}{T - 25} = \frac{20 - P.I.}{10 + P.I.} \cdot \frac{1}{50}$$

P : 針入度, T : 軟化点, P.I. : 針入度指数

ここで、軟化点における推定針入度は 600~1000 といわれるので、推定針入度に ±25% の変動があるとすると軟化点温度換算で ±2.5°C の変動で、通常の舗装用アスファルトを対象にして P.I. で約 ±0.7 の変動があることになる。これは非常に大きい値である。

ステフネスは次の式を基本にし、

$$S = \sigma / \epsilon$$

ステフネス表示の条件には載荷時間を与えれば十分としているが、一般には

$$\epsilon \alpha \sigma^n$$

であるので、ステフネスには  $\sigma$  または  $\epsilon$  の条件を与えなければ不十分である。このことも理由の一つであろうが、Poel 等のステフネスノモグラムによれば、針入度指数同一のすべてのアスファルトで、フラーク破壊点と軟化点との差は同一となる筈であるが、彼等の実測は約 ±5°C ちらばりを示している。

つぎの例は Traxler 等の報文からとったものであるが、同一針入度、同一軟化点で同一針入度数のものの比較で、粘性やコンプレックス流動度(力学的性格を示す)に差異のあることを示している。

表-7

アスファルト	3C	4C	W	Q
針 入 度	52	50	57	57
軟 化 点 °C	50.0	50.0	51.1	51.1
粘性 $25^{\circ}\text{C}$ $S=0.1\text{sec}^{-1}$ メガボイズ	23	2.9	2.45	4.3
FS = $1000\text{Erg sec}^{-1}\text{cm}^{-3}$	24	3.2	—	—
コンプレックス流動度 $25^{\circ}\text{C}$	0.95	0.95	0.90	0.85

しかし、要するに、針入指数は、一定操作で算出される感温性表示の指数であり、そして、感温性は内部組成や構造に關係あり、内部機構は力学的性格に關係があるので、針入度指数は力学的性格とある種の關係をもつことになる。ある点における稠度として軟化点を、力学的性格として針入度指数をとりあげて併用すれば、アスファルトの力学的挙動を知るに有力な手段となる。かくて実用上の価値について高く評価されることになる。だが、原油が異り、製造法が異なるなどの状況においては、感温性状がかならずしも力学的性状と関係しなくなり、針入度指数と力学的性格との関連は薄れてくる。

針入度指数による分類は、一つの目安であって、実用上の応用価値を過大評価することは、かならずしも、適当ではないと考えられる。

#### (12) 伸度を用いた分類

材料試験が道路の状況とは無関係な任意の形で行われても、品質の本質にふれており、品質の分類に役立てば意義あるものであるので、伸度試験について、試験の形式が実際道路での舗装破損から考えられる変形形式と異なることから、その価値を否認することは当を得ない。しかし、とにかく伸度試験の意義についての議論は多く、道路協会規格では有意義と認め、北海道開発局仕様では殆んど無視されており、欧州は一般に伸度より軟化点に、米国は軟化点より伸度に(A.S.T.M. 規格は伸度はあるが軟化点はない)重要性を認めているようである。

伸度はアスファルトの力学的性格と関連があり、種々の温度、種々の引張速度での伸度は力学的性格から説明され得るものといわれる。表-7の例は Traxler によるものであるが、伸度とコンプレックス流動度との密な関係を示している。なお、これはまた針入度指数では説

明困難な現象を与えるものである。

表-8

アスファルト	H	V	Y	O
軟化点 °F	137	143	135	139
針入度	64	32	64	17
粘性 $0.1\text{sec}^{-1}$ メガボイズ	6.8	36.0	5.0	38.0
伸度 $25^{\circ}\text{C}$	31	38	125	200+
コンプレックス流動度	0.75	0.85	0.85	1.00

表-8より、伸度は力学的性格と稠度に關係あるものと考えられ、ある温度での伸度による分類は、その温度での稠度と力学的性格との複合効果で分類していることになる。道路協会規格における分類は、針入度 100 以下と以上に分けて、前者は  $10^{\circ}\text{C}$ 、後者は  $5^{\circ}\text{C}$  の伸度で分類している。もし、力学的性格を主とするのであれば、感温性を考慮した針入度別の試験温度を選ぶべきでありもし、力学的性格と稠度とのある種の複合効果を主とするのであれば、同一温度での試験をすべきであり、もし力学的挙動に対する稠度および力学的性格の影響が知られないのであれば、少なくとも、針入度級につれて連続的な試験温度を選ぶべきであると思われる。

実際操作上から定めた任意の温度での伸度により分類することは、かならずしも、適當ではない考えられる。

[筆著：日本舗道株式会社技術研究所]

×

×

×

×

×

×

# アスファルト塗覆装鋼管について

関屋圭三 篠原敏修

## 緒言

最近わが国においては急激なる工業の発達と都市人口の集中により、水道ならびに工業用水道の使用量が増加している。地下に埋設される水道用鋼管は、水道水による管内面の腐蝕と、土壌による管外面の腐蝕が問題となるが、鋼管は目的に応じて比較的簡単に種々の防蝕法を講じ得ることが、その特長の一つであり、水道用鋼管はすべて防蝕措置を施して、内外面の腐蝕に耐え得るようにできている。

現在行われている防蝕法としては、他種金属による被覆（鍍金、メタリコン、合せ板、箔等）と非金属被覆（塗料、各種ライニング、化成被覆）とがあり、非金属被覆の代表的塗料としては、ブローンアスファルトとコールタールエナメルが主に使われている。

近時大口径管、とくに水道用コールタールエナメル塗覆装管の需要が顕著となりつつあるが、ブローンアスファルトによる塗覆装の歴史は古く、経済性の面から捨て難いものをもっており、最近の情報によるとヨーロッパ諸国では、コールタールエナメルは余り使われず、ブローンアスファルトによる塗覆装鋼管の製造が盛んに行なわれており、その理由は経済的に製造でき、過去において品質面に何等支障がなかったからであるといわれている。

水道用鋼管の防蝕に関する規格は、昭和15年に水道用

鋼管塗装規格が決定され、この規格は10年余りそのまま行われていたが、塗料成分、塗装方法、覆装方法、試験方法等に不備な点や改正すべき点があると認められ、昭和23年頃より水道協会が中心となって審議を重ね、水道用鋼管塗装方法ができる、その後JIS規格専門委員会によって改訂、日本工業規格 JIS G 3491として示され今日に至っている。

制定当時としては最良の防蝕方法として考えられていたが、その後における塗料、覆装材、塗覆装方法の進歩は著しいものがあり、更に改訂の必要に迫られて目下審議が進められている現状であるが、ここではアスファルトを使用した鋼管の防蝕について述べる。

アスファルトは3にのべる品質をそなえ水道用鋼管の防蝕用として適しているが、水道水に対する耐蝕性を調査するため行った試験成績の一例を示すと次のとおりである。

水道水を流しながら（川崎市）、鋳鉄（鋳肌付および鋳肌除去の2種類）と鋼管（黒皮除去およびアスファルト焼付の2種類）との腐蝕状況を比較した結果は図-1の如くである。この結果によると、鋼管にアスファルトを焼付けたものは試験中の重量の変化が殆どなく、鋳鉄あるいは塗装しない管材に比較して優秀な耐蝕性のあることをはっきり示している。

なお、鋳鉄は、鋳肌の保護作用があるが、鋳肌を除去した鋳鉄は黒皮を除去した鋼よりも腐蝕量が多くなっており、鋳鉄管ではある期間後、鋳肌がとれた後は急激に腐蝕の進行することが考えられる。

また、土壌に対する耐蝕性を調査するため東京都水道局において、城東区大島町の酸度の高い地下水中に1カ年以上浸漬して行なわれた試験では、アスファルトを焼付けした管は殆ど腐蝕を受けることなく優秀な成績を示した。

## 2. 鋼管の腐蝕

地下に埋設される水道管は、水道水による管

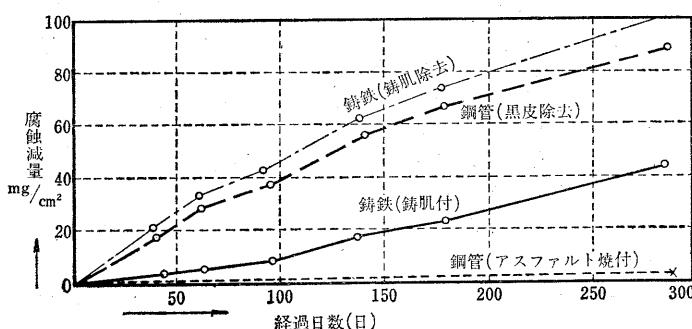


図-1 水道流水中の浸漬試験成績

内の面の腐蝕と、土壌による管の外面の腐蝕（湿蝕）が問題となる。一般に水や、水分を含んだ土に接触する鉄鋼の表面は、種々の原因により各部がそれぞれ異なった電位状態となり、鉄鋼表面より外部に電流が流出することにより腐蝕が起ると考えられる。この電流を腐食電流といい、この電流の大きい程腐蝕率が大きくなる。

この電流の発生する原因は大別すると次の2つに分類される。

- (イ) 鉄鋼自体が乾電池と同じ原理で図-2に示すように局部電池を形成し、その結果局部的に腐食電流が流れて陽極部が腐蝕される。

この原因としては、鉄と異種金属（真鍮等）の接触による（異種金属接触腐蝕）鉄鋼表面の部分的発錆、組織の差異等による鉄鋼表面の不均質、土質の差異（溶存酸素量の差異）によるもの、鉄鋼内部の応力の差異、温度差による電池の形成、その他バクテリアによるもの等がある。

電流の原因が内部にある場合で、迷走電流等により電触の起る場合

この原因は直流方式の電気鉄道のレールから漏れた電流が、近くに敷設されている钢管に集中して流れることにより、その流出個所に烈しい腐蝕を起すものである。

以上のように、腐蝕は電気的に起るのであるから、外部の水分および電流から钢管を絶縁してやらなければならず、このために、钢管は内外面ともにアスファルト又はコールタールエナメル等の優れた防蝕材で完全に塗覆装される必要がある。

### 3. 防蝕を目的としたアスファルトに要求される品質

普通埋設される水道用钢管の防蝕塗料としては、次のような諸性質が要求される。

- (イ) 耐水性があること
- (ロ) 化学的に安定で土壤、水分等の影響を受けないこと
- (ハ) 付着力が強いこと
- (ニ) 可撓性があること
- (リ) 温度変化に耐えること
- (シ) 十分な厚みがあること
- (ト) 電気の不良導体であること
- (チ) 取扱いが容易で修復し易いこと
- (リ) 安価であること
- (ヌ) 細菌に対する抵抗性を有すること

水道用钢管の塗料として、これを満足するものとしてはアスファルト、およびコールタールエナメルが主に使用されており、その密着を良くするためにそれぞれアスファルトプライマーおよびコールタールエナメルプライ

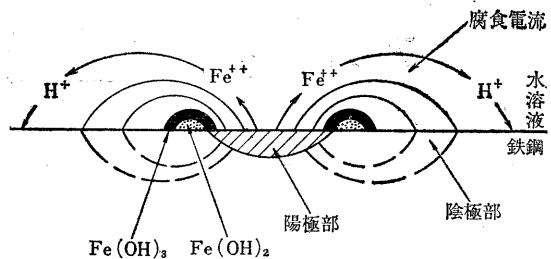


図-2 局部電池

マーが使用されている。

現在アスファルトの塗覆装が行われているのは1500～1600のぐらいまでの水道管に多い。

当所で使用しているのはブローンアスファルトであり、これで内外面の塗覆装を行っている。この品質特性は表-1に示すとおりである。

表-1 アスファルトの品質特性

項目	種類	10～20	20～30
針入度(25°C)	10をこえ～20以下	20をこえ～30以下	
軟化点 °C	90～110	80以上	
伸度(25°C)	1.5以上	2.0以上	
蒸発量 %		1.5以下	
蒸発後の針入度 %		85以上	
四塩化炭素可溶分 %		99.0以上	
感温比 46°C / 25°C		2.5以下	
引火点 °C		280以上	

以上の特性の検査は、抜取りで行っており、1ロットより一次試料としてロットの大きさに無関係に、ドラム3個を抜取り（1ロットがドラム3個以下の場合には全ドラムを一次試料としている）、二次試料として、各ドラムより2kgのアスファルトを抜取る。更に三次試料として、各2kgのうちより500gを採取して、これをJISの検査方法に従ってそれぞれの特性検査を行っている。この合否判定は表-1のすべての項目に合格した場合、そのロットを合格としており、不合格の場合には、そのロットは返却している。

### 4. 塗覆装方法

#### 4・1 アスファルト塗覆装手順

工場でアスファルトの塗覆装を行う場合は、大体次のような手順で行われている。

- ①管体清掃………塗覆装する原管は酸洗い、サンドブ

- ラストあるいはショットブロスト等により鋼管表面の油脂、スケール錆等の付着物を完全に除去する
- ②内外面下塗……耐蝕性のすぐれ、かつアスファルトとの密着性のよいプライマーをスプレーまたは刷毛で均一に塗装乾燥する。
- ③内面上塗塗装…管体を所定の速度で回転させながら（遠心塗装）加熱溶融したアスファルトを注加し（トラフ方式、またはフィードライン方式）、遠心力によって管内面に平均した平滑なアスファルト塗膜を形成させる。
- ④外面上塗塗装…アスファルト系下塗塗装の上に、管を回転させながら溶融したアスファルトを注加し均一な厚さに塗装する。（これが防蝕厚となる。）
- ⑤外面覆装……外面上塗塗装を終った管はさらにその上に、溶融アスファルトを含浸したビニロンクロスまたはジュートを均一な張力で引張りながら管に螺旋状に巻きつける。

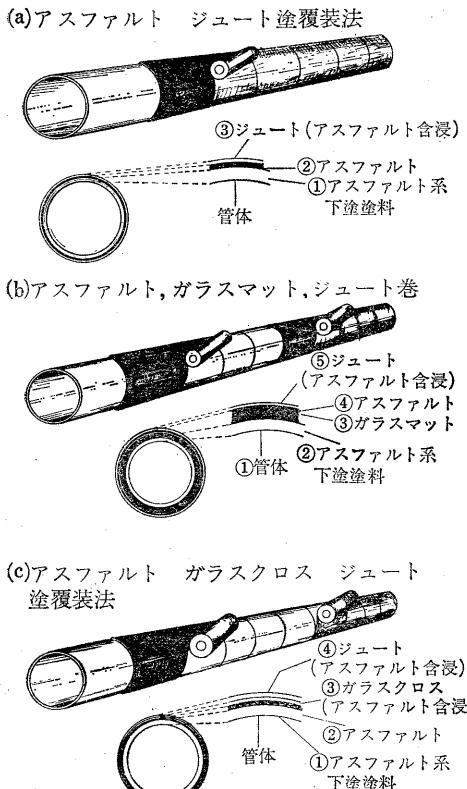


図3 アスファルトによる外面塗覆装の例

- 旋状に巻きつける。さらに土質等周囲の環境によりアスファルト、ビニロンクロスまたはジュート2重巻、またはアスファルトの上にガラスマットを巻き、その上にアスファルト含浸ビニロンクロスを巻くアスファルト、ガラスマット、ビニロンクロス巻等の覆装ある。（図3参照）
- ⑥外面上塗装……④と同様に管を回転させながらアスファルトを注加し覆装材の露出を防止する。
- ⑦仕上げ………管端部の塗装仕上げ、および外面上の手直しを行う
- ⑧検査………塗厚、外観、ホリデーデクター、剝離の有無について検査する
- ⑨ホワイトウォッシュ………検査に合格した管の塗覆装表面にホワイトウォッシュを塗装する
- ⑩梱包………輸送中における管の変形防止、塗覆装の保護のために梱包を行う

#### 4・2 遠心塗装について

上記手順のうちで、技術的に重要な意味をもっているのは③の内面上塗塗装（遠心塗装）であり、これの良否によって水道管としての価値が決定される。

この遠心塗装は云うまでもなく、溶融したアスファルトを管の内面に流し込み、これを遠心力で管の内面に密着させる方法である。この流し込みの仕方によって、遠心塗装は大体次の3つの方式に分類される。

##### (a) 流し込み方式

これは最も原始的な方法であり管を静止させて置き、両側から半円形の蓋をかぶせておいて、規定量のアスファルトを流し込んでから、それを回転させる方法である。

##### (b) フィードライン方式

これは管を回転させておいて、その中にノズルを挿し込んでいき、このノズルから溶融アスファルトを噴出させて行う方法で、この場合ノズルからの噴出量とノズルの進行速度によって塗厚が決る

##### (c) トラフ方式

これは管を回転させておき、その中にトラフ（桶）を挿し込み、トラフ内に規定量の溶融アスファルトを流し込み、このトラフを回転することにより塗料を管内面に注加する方法である。

これ等の方式はそれぞれ長所、短所はあるが（a）の方式が多少劣るとみなされている程度で（b）（c）においては品質的には何等差異がないとみなしている。

（a）の方式は、トラフ、またはノズルが挿入出来な

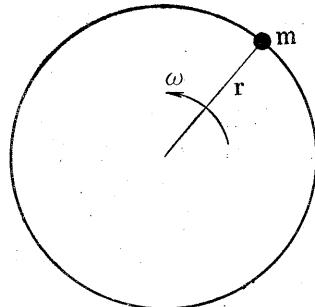
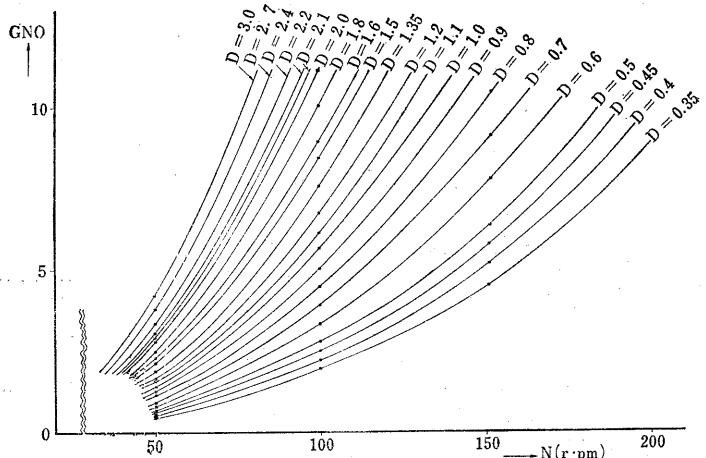


図-4 (上図)

図-5 (右図表) GNO-N 曲線



いような径の小さい管の場合にのみ行っている。

#### 4・2・1 遠心力

この方法で塗装する場合、当然遠心力をどのくらいにしたらよいかということが問題となり、又それによって回転数を決定すべきである。

普通この遠心力を表わすのに、遠心力そのものでは分りにくいので、重力との比 (GNO) をとっている。

$$\text{遠心力} = m\gamma\omega^2 \dots \dots \dots (1)$$

$$\text{重 力} = mg \dots \dots \dots (2)$$

$$GNO = \text{遠心力} / \text{重力} = \gamma\omega^2 / g \dots \dots \dots (3)$$

図4の如く質量mの物体が、角速度 $\omega$ で、半径 $r$ の円運動をする場合の遠心力および重力は、(1)および(2)式のようになり GNO は(3)式のようになる。

そこで GNO を決定するためには、 $r$ と  $\omega$  が決まればよいのであるが、これを更に実用的に管径 ( $Dm$ ) と回転数 ( $N_r$  Fm) の式に変形すると、

$$r = \frac{1}{2}D(m)$$

$$\omega = 2\pi N(\text{r/min})$$

$$g = 9.8 \text{m/sec}^2 = 35,300 \text{m/min}^2$$

$$GNO = DN^2 / 1780$$

となり、この関係を図示すると、図-5のごとくなる。適正な GNO を、アスファルトの遠心塗装において、どのくらいにとったらよいかということは、難しい問題であるが、一般には 4—8 がよいとされており、当所では 5 近辺がよいと見なしている。

#### 4・2・2 アスファルトの溶融および温度管理

塗覆装に使用されるアスファルトは溶融槽内において適正温度に保持していかなければならない。この加熱方式には種々あるが、現在使用しているのは電熱ヒーターによる直接加熱方式、および重油バーナー（ロータリーバーナー）による方式である。

この温度の管理は自記温度記録計により記録しており作業者は絶えずこれによりコントロールしている。さらに 1 日 5 回 QC 担当者がこの温度をチェックするという方式をとっているので現在塗装温度に関するトラブルは全くない状態である。

#### 4・2・3 塗装厚

塗装厚（とくに内面）はその品質を決定する大きな要因であり、当然検査の対象とされるところでもある。

そこで遠心塗装を行った場合に、それが先に述べた何れの方式であるにせよ規定量の塗料を投入した場合、その塗装厚が許容範囲内になければならない。従って、塗装厚のバラツキをつかんでおかなければ、この投入量を決定することもできないわけである。

それでは、一体どのような原因で塗装厚はバラツキか、これには次に示すようなことが考えられる。

- (1) 管の歪によるもの
- (2) GNO に起因するもの
- (3) GNO と歪……回転数と歪により、回転中に管がおどり出す（共振）
- (4) 塗装温度によるもの
- (5) トラフの場合はトラフの撓みによるもの
- (6) etc

しかし、これらが一体どのくらいの比率でアスファルトの塗装厚に影響を与えているかということは残念ながら現在のところ、はっきりとつかめていない。

例えば(1)の管の歪によるものであるが、この歪というものが不明瞭なもので、管体が大きく歪んだ場合と局部的に歪んだ場合とでは全く質的には異り、これを定量的に表現すると、管径の誤差または真円度（その管の最大径と最小径の差の呼ビ径との比率）で表すことになり同じものになってしまう。従ってこのような関係をつかむべくいろいろデーターを集めてはみたが、現段階では

歪がどのように塗装厚に影響を与えるかということについては結論出来ない。但し局部歪はそのまま塗装厚に影響するということははっきりしている。

次に塗装厚のバラツキの例を示すと、図-7、図-8のようになる。計測位置は図-6に示す塗装端である。

1100φの塗装厚については、 $\bar{x}=4.89$ であり $\sigma$ (標準偏差) = 0.87であるから  $\pm 3\sigma$ の範囲をとってみれば、塗装厚のバラツキの範囲は、7.50~2.28ということになり、この仕様は3.0mm以上ということであるから、 $\bar{x}$ が(3.00-2.28=) 0.72mmだけ高くなるようにアスファルトの量を増加している。

1200φの場合、 $\bar{x}=5.14$ であり、 $\sigma=0.68$ であるので、 $\bar{x} \pm 3\sigma$ は、7.18~3.10となり、仕様塗装厚は3.0mm以上であるから塗装厚に関しては品質が満足されている状態を示すものである。

参考までに、前記の歪と塗装厚の関係をみるために、図-10、図-11に1100φ、1200φの径の誤差(径の誤差をパラメーターとして、歪の状態を表現した)を示す。この径の誤差は図-9に示すような位置を計測し、その管の自重による撓みを補正したものである。

これにより塗装厚の $\sigma$ と歪の $\sigma$ を比較してみると

$$\text{塗装厚 } \sigma_{1100} = 0.87 \text{ 歪 (径のバラツキ) } \sigma_{1100} =$$

$$2.34 \quad \sigma_{1200} = 0.68 \quad \sigma_{1200} = 2.75$$

となり、径のバラツキと塗装厚のバラツキは逆になっており、このようにして表わされた歪(局部歪、または大きな歪)は塗装厚には、あまり関係がないか、または径のバラツキが必ずしも管の歪を表わしていないことになるかも知れない。このように塗装厚を左右する諸要因と塗装厚を結びつける適当なパラメーターは今後の研究に期待される。

##### 5. 鋼管の長期埋設実施例

鋼管が地中に埋設された際の耐用年数が問題とされるが、钢管製造の歴史は、国内においては当社が大正初年より製造を開始したのが最初であるため、約55年の歴史であり、55年以上の埋設実施例はないが、長期に埋設使用された管を模様替工事の際に試料をとり調査した結果によると、55年以上の耐用年数を示すものも数多いということが出来る。

地下埋設管の技術の進歩は、钢管の防蝕法の進歩によって左右されてくるが、昭和20年頃以前の管は、当時としては優れた防蝕法をとっていたのであろうが、戦後の塗覆装方法の進歩した現在よりみると非常に簡易な技術的に欠点の多い塗覆装であった。たとえば外面覆装は、管体の上にアスファルト含浸ジュートが直接巻かれている状況で、そのため、長期の埋設後に管表面に点触を感じている。現在は管表面に十分な防蝕層をつくり、その

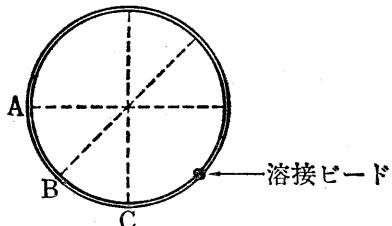


図-6 塗装厚計測位置

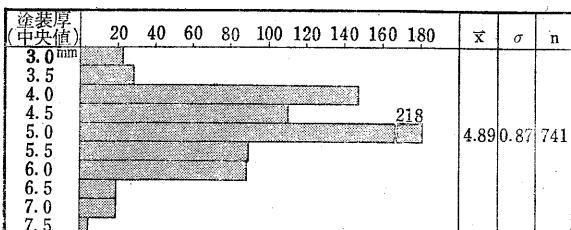


図-7 1100φの管の塗装厚ヒストグラム

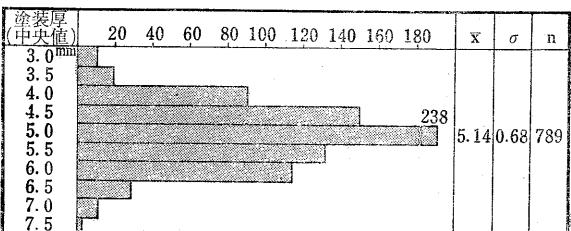
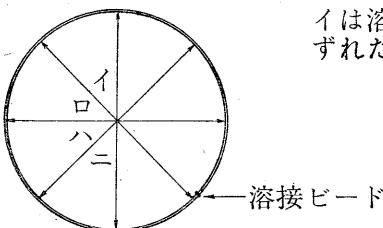


図-8 1200φの管の塗装厚ヒストグラム



イは溶接ビードを  
ずれた位置

図-9 管径計測位置

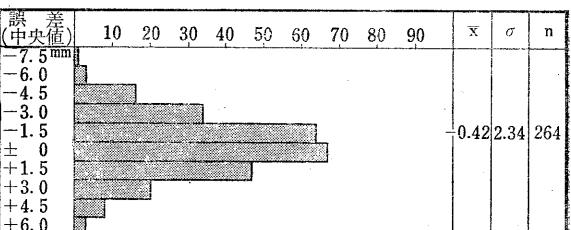


図-10 1100φの管の管径誤差ヒストグラム

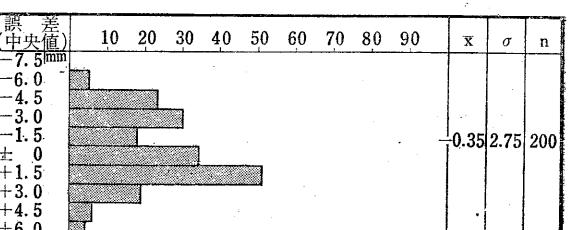


図-11 1200φの管の管径誤差ヒストグラム

表-3 長期埋設実施例

布設地	埋設年月	調査年月	埋設期間	呼び径	管種	接手	塗覆装	内面腐蝕状況	外面腐蝕状況	備考
川崎市	昭和9年	昭和31年	22年	内径100mm	アーク溶接	ベル型	アスファルト・ジューート巻 内面アスファルト焼付	全面約2mmの厚さの錆でおおわれている。 錆の下にはアスファルトの残存している部分もある。 錆コブの高さ2~4mm 最大侵蝕孔深さ0.85mm 最大侵蝕度0.005mm/年	アスファルト・ジューート巻 厚さ平均5.3mm 大部分はホリデーデテクターでもピンホールは発見されない。部分的にピンホールのあった所は赤錆発生。 ピンホールの下の孔蝕深さ0.1~0.3mm 最大侵蝕度0.014mm/年 (写真1参照)	N K K 製
横須賀市	昭和8~9年	昭和35年	26~7年	600mm	アーク溶接	ベル型	内面アスファルト 外表面アスファルトジューート巻	全面約3~4mmの錆コブ発生 侵蝕深さ平均1.58mm 最大侵蝕度0.07mm/年 (写真2, 3参照)	アスファルト・ジューート巻 の厚さ3~6mm アスファルトの密着のよい部分はほとんど変化なく、管表面は平滑であった。部分的な孔蝕の部分は平均1.45mmの侵蝕、空孔なし、埋設地は比抵抗126~486 ohm-cmで腐蝕性土壤であった。 (写真4参照)	N K K 製
横浜市	昭和5年	昭和28年	24年	1100mm	アーク溶接 (水道管)	一	内面アスファルト 外表面アスファルトジューート巻	アスファルトの附着良好で錆がところどころにある程度	アスファルトジューート巻良好	N K K 製

上に防蝕層を保護する目的でアスファルト含浸ジューートを巻いているので、防蝕力は格段に相違する上、覆装材もビニロンクロス、ガラスマット、ガラスクロス、等々優れた性能のものを使用しているので、当時の塗装に較べ非常に長期の耐久力を示すことは確実である。

また、取扱い上の不注意で生じた傷が原因で孔蝕を起した例もあるが取扱い方法の進歩している現在、この危険は非常に少くなっている。

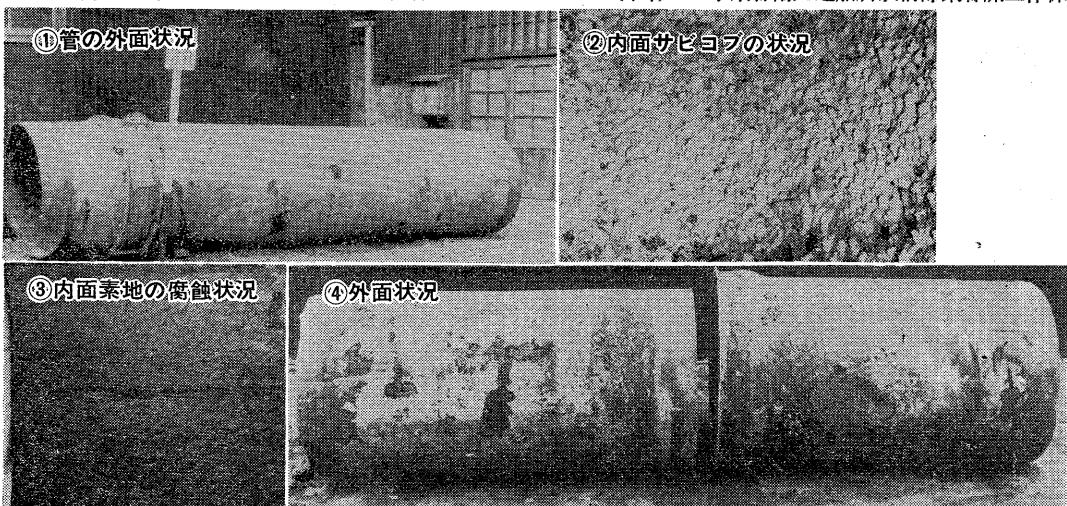
内面についても、当時の塗装は管を溶融アスファルトに浸漬(ドブ漬)して引上げたのみで(アスファルト焼付と呼ばれている)あるので、厚さも1mm以下で、厚さの不同も多い。現在は遠心塗装により小径管で1.5m

m以上、大径管では3mm程度の均一な塗装が行われているので内面の防蝕力も極めて優れたものとなっている。鋼管の長期埋設実施例を表3及び写真1, 2, 3, 4に示す。

## 6. 結び

アスファルト塗覆装鋼管の歴史が示すように、現在最も良の防蝕方法であると思っても、優秀な塗料、覆装材の出現により今後も改良が加えられていくであろう。従来より兎角の批判を受けながらも今日まで水道用鋼管の塗料として君臨して来たアスファルトの実績に敬意を表し、今後更に飛躍するためには、今まで以上の陣痛に見舞われるであろうが、それに耐えることを期待したい。

〔筆者：日本钢管鶴見造船所鉄構部钢管課工作係〕



# 積雪寒冷地のアスファルト舗装について

竹 下 春 見

## まえがき

積雪寒冷地方においては、道路構築上問題点が多い。路床路盤に関しては、冬期の凍土、春期の融雪、融解、アスファルト舗装においては、冬期の低温時における合材の脆化現象、およびタイヤ・チェーンによる表層の磨耗などがあげられる問題であろう。

現在雪寒地方においてアスファルト舗装が多く用いられているのはつぎの事情によるものであろう。

①コンクリート舗装はアスファルト舗装にくらべて、路床その他が同一条件であれば、舗装合計厚は小さくてよいはずである。したがって路盤厚はずっと小さくてもよい。しかし、雪寒地方においておこる凍土融解を考えると、合計厚は支持力によりきまるよりも、凍結深さによって支配されることが多い。凍結深さだけの合計厚をとるとすれば、コンクリートの舗装とアスファルト舗装とが同一厚さとなり、コンクリート舗装は経済的に不利となる。

②コンクリート舗装はアスファルト舗装よりも不等凍土に弱いのではないかという想像がある。この想像は必ずしも当たってはいないが、同じ程度のヒビワレが入ったとすれば、アスファルト舗装の方が修理が簡単である。

③日本では、まだタイヤ・チェーンをつけた車両が通るので、タイヤ・チェーンによる表面の磨耗後の補修には、アスファルト舗装の方が簡単である。

## 1. アスファルト舗装の破壊

車両の通行により、道路構造の各部においては小さな永久沈下がおこり、それが累積されて表面の過度の沈下の原因になる。沈下は各層の材料が必ずしも理想的な均一材料ではないから、不等沈下を生ずることになる。充分注意して設計施工された道路構造においては、沈下の主たる原因是路床表面の圧縮沈下であろう。というのは、路床の材料が強度的に一番信頼性が少なく、路床の沈下は表面に近づくほど大きな沈下となってあらわれるからである。

簡単のために一様地盤の場合を考えてみよう。

Boussinesqによれば、ポアソン比を0.5として、地中の沈下量は

$$A_z = \frac{3pa}{2E} \cdot \frac{1}{\left[1 + \left(\frac{z}{a}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}}}$$

$A_z$ ：深さ  $z$  における沈下量、  $p$ ：載荷荷重強度、

$a$ ：タイヤの等価半径、  $E$ ：地盤の弾性係数、

$z$ ：地表面からの深さ

地表面における沈下量  $A_0$  は  $z = 0$  として、

$$A_0 = \frac{3pa}{2E} \quad (2)$$

深さ  $z = a$  においては、

$$A_a = \frac{3pa}{2E} \cdot \frac{1}{(1+1)^{\frac{1}{2}}} = \frac{3pa}{2E} \times \frac{1}{\sqrt{2}} \quad (3)$$

②と③とにより、

$$\frac{A_a}{A_0} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} = 0.707$$

したがって、深さ  $a$  における沈下量 0.707mm は、表面では 1 mm 沈下することになる。

アスファルト混合物の層のヒビワレは、繰返し作用する交通荷重の下での繰返し曲げによっておこるであろう。

このヒビワレが生ずるのは、アスコンの層の下側における引張り応力によって支配される。

構造的には、

路床面における垂直圧縮ヒズミ

アスファルト層の下側の引張りヒズミによってヒビワレが支配されることになる。これらのヒズミをある限度内におさめることができることが設計上必要になる。

雪寒地方においては、アスファルト混合物は、夏期には相当の高温になるし、冬期には相当の低温になる。夏期においては安定度が不足すると波うつようになり、冬期には混合物が余りに固くなると高速車両の衝撃などによりもろくなっているヒビワレが入るようになる。

わが国の特殊事情として、タイヤ・チェーンによるラベリング(Raveling)あるいはフレッティング(Fretting)現象がおこり、舗装表面が磨損されたり、とくにアスマカ系統において見られるように、混合物から骨材が分離

して抜けて失われる現象がおこる。

## 2. 合計厚

わが国での東北地方における経験によれば、凍結深さ $z$ は近似的に、

$$z = 2.94\sqrt{\Omega} \quad (4)$$

$\Omega = 10t$ .  $\Omega$ : 凍結指數 deg C·days  
 $\theta$ : 0°C 以下の大気温度  
 $t$ : 日平均温度が 0°C 以下の日数

粒状材料により路盤をつければ、路盤材料は一般に路床材料よりも熱を伝えやすいから、凍結深さは路盤をつくる前よりも深くなる。アスファルト混合物あるいはセメントコンクリートはローム質土の路床土と同じ程度の熱伝導率をもつから、断熱材と考えることはできない。

Corps of Engineers によれば、凍上を完全に防止するためには、舗装合計厚を

$$z' = 4.8\sqrt{\Omega} \quad (5)$$

とする必要があるとしている。

$$z'/z = 4.8/2.94 = 1.63$$

であるから、現地盤を掘さずして凍上を完全に防止するためには、凍結深さの 63% 増しの合計厚としなければならない。しかし、それでは余りに合計厚が大きくなりすぎるから、アスファルト舗装要綱においては、CBR の設計曲線よりきまる合計厚と凍結深さを比較して、大なる方を舗装合計厚とされている。その主旨は舗装合計厚が凍結深さによりきめられたとしても、多少の凍上はまぬかれないであろう。しかし、それによる被害は維持補修で片づけられる問題であるとしているのである。

北海道においては、合計厚は凍結深さの 80% で、60cm 以上としている。しかし路床が軟弱なときには 20~40cm 増しの合計厚としている。80% をとるという意味は地中の霜柱は凍結深さの 60~70% 以内の深さまでに顕著にあらわれているという現場観察の結果からきているが、多少の修理は覚悟しているという意味がふくまれている。

## 3. 路床

どのような土が凍上をおこしやすいかということは土質力学よりみて興味ある問題であるので、各々機関において広く研究されている。しかし実際に凍上が大きいか小さいかは土質に地下水と気温とがからんでくるから実際には、なかなか困難な問題である。

ごく簡単には  $74\mu$  通過量が 15% 以上で、 $20\mu$  通過量が 3% 以上の土は一応警戒する必要がある。図-1 は簡単に便利に利用できる図表である。<sup>2)</sup>

## 4. 路盤

雪寒地方においては凍上の有無にかかわらず、路盤排水については十分注意する必要がある。冬期には地中は暖かく路面はつめたい。<sup>3)</sup> 土中水は高温部より低温部へ

図-1 凍上性の判定のための図表 (A.I)

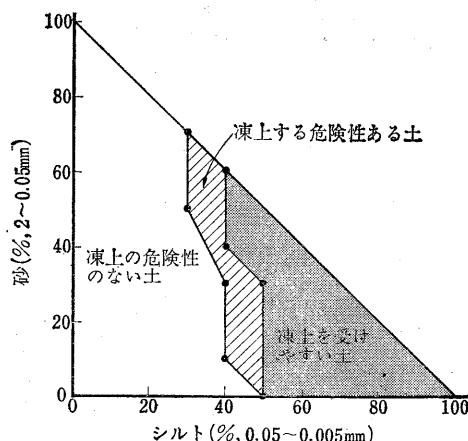
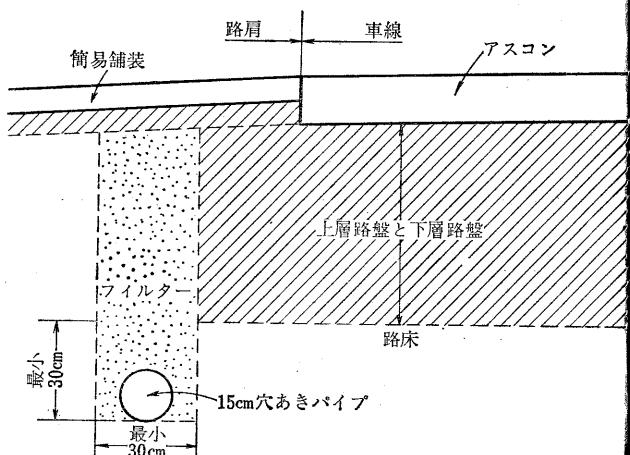


図-2 路盤排水の一例



と移動するから、冬期にはたとえ凍上がなくても路面付近には地下水より水が上昇してくる。早春になると雪どけ水や雨水が表層のヒビワレや路肩から侵入してきて冬期に地下よりあつまった水と一緒にになって路床路盤の支持力を低下させる。

路盤排水の一例は図-2 に示すようであるが、排水の原則は路盤が水で飽和してから、自由水の 50% が 10 日以内に排水されることである。

表-1 季節による舗装の破壊の割合

	アスファルト舗装	コンクリート舗装
春	80%	22%
夏	6%	27%
秋	5%	40%
冬	9%	11%

参考までに AASHO 試験道路の結果によれば、表 1 に示すように、アスファルト舗装の破壊の大部分は春におきている。これがコンクリート舗装とちがう大きな点であろう。

#### 4・1 遮断層

路床が軟弱なときには路床の上に 15cm 以上の厚さで砂層をおくのが原則になっている。これは路床土が路盤中に侵入するのを防止するのが目的であって、地下水よりの上昇水を遮断するものではない。

上昇水を遮断しようとすれば、砂層の上からタールまたはアスファルト乳剤を十分に浸透させて、十分に締め固めておくのがよい。歴青材料を十分浸透させておけば締め固めやすくなる。

砂は  $74\mu$  が 6% 以下で、路床の CBR が 3.5 以下のときには砂層の厚さは 20cm 以上としたい。この場合砂層は合計厚の外に出す方が安全である。つまり舗装合計厚を砂層だけ厚くとるわけである。

#### 4・2 下層路盤

粒度は  $74\mu$  通過量が 10% 以下で、PI は 9 以下の材料を用いるべきである。できうれば、下層路盤にソイルセメントを使用したい。ソイルセメントの上に 20cm(8 t 輪荷重の接地半径) 以上の厚さがあれば、表層にレフレクション・クラックが生じないし、水の影響をなくし、荷重分散上非常に有利である。

#### 4・3 上層路盤

上層路盤には水締めマカダムがよく利用されている。水締めマカダムには  $74\mu$  以下が 5% 以下で、PI が 6 以下のチップを使用すべきで、ローム質の土は絶対にいけない。ローム質の土をまぜたとしたら、税金をドブに捨てたと思ってもよい。

いわゆる機械的安定処理あるいは粒度改良路盤という場合でも、 $74\mu$  以下は 8% 以下で、PI は 6 以下でなければならない。

シルト質がある程度ないと締まらないという疑問に対してあらわれたのがソイルセメント、アスファルトによる安定処理である。ある程度の機械がそろえばソイルセメントが一番便利であろう。

ソイルアスファルトについては大分誤解があるようである。たとえば AASHO の試験道路の結果によれば、

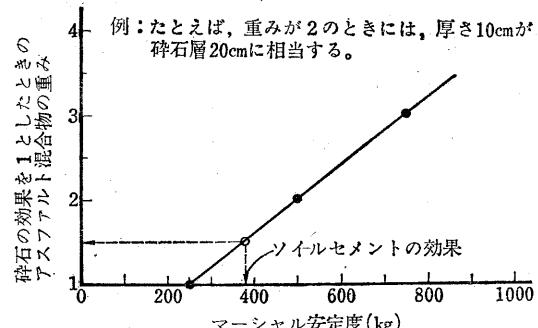
碎石ベース 13 in

ソイルセメント・ベース 8 in

歴青処理ベース 6 in

が同じ効果であることになっている。しかしこのときの歴青処理ベースはマーシャル安定度が 750kg もある加熱混合の砂利アスコンであるということを忘れてはならない。参考までに AASHO 試験道路で利用されたアスフ

図-3 碎石と比較したアスファルト混合物の路盤材料としての効果（筆者提案）



アルト混合物を示すと表 2 のようである。

表-2 AASHO 試験道路のアスファルト混合物

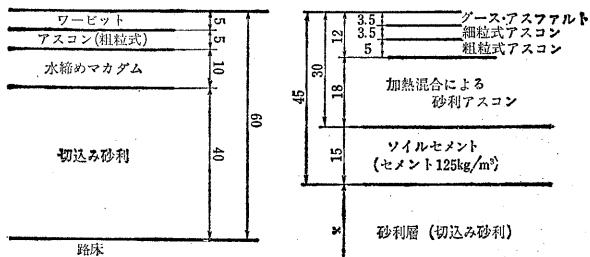
試験項目	示方範囲	平均値	標準偏差
アスファルト 定 定 处 理 混 合 物 (砂利使用)	安定度 (kg)	748 !!!	109
	フロー ( $1/100\text{cm}$ )	25	4.3
	密度 $\text{g}/\text{cm}^3$	2.38	0.02
	空隙率 %	6.2	0.8
中間層 (碎石使用)	飽和度 %	64.7	3.1
	安定度 (kg)	680~1130	800 !!!
	フロー ( $1/100\text{cm}$ )	25~40	28
	空隙率 %	4~6	4.8
表 層 (碎石使用)	飽和度 %	70~80	68.2
	安定度 (kg)	680~1130	900 !!!
	フロー ( $1/100\text{cm}$ )	25~40	28
	空隙率 %	3~5	3.6
	飽和度 %	70~85	77.9

A. I. で提案している基準はつぎのようである。<sup>2)</sup>

表-3 各層の重み

	重 み
砂 利 層	0.74
碎 石 層	1
砂 利 アスコン(加熱)	2

ドイツの路盤用アスコンはアスファルト量を 4~5% として、重交通の時には安定度 350kg 以上、フロー 45 以下、簡易舗装の場合には安定度 250kg 以上、フロー 50 以下と規定している。ドイツの例では失敗したものは安定度が 200kg 以下であったと報告されている。AASHO の結果、A.I. の基準値、ドイツの報告などを考慮して図示するとマーシャル安定度とアスファルト混合物の重み (Gravel Equivalent) との関係は暫定的に図-3 に示すようである。



(a)青森における例(建設省)

(b)ドイツのオート・バーンの例

図-4 雪寒地方における典型的な舗装構造の例

## 5. 雪寒地方の舗装構造

現在雪寒地方における代表的な例は図-4に示すようである。なおわが国における数例を示すと付図(P.19に掲載)に示すようである。

## 6. アスファルト混合物

アスファルト混合物は感温性があり、また載荷速度によりその強度特性が変化する。

### 6・1 スティフネス (Stiffness) について

アスファルトまたはアスファルト混合物の強度特性をあらわすのに、Van der Poel はスティフネスなる量を提案している。引張り応力の引張りヒズミに対する比をスティフネスとし、 $S_E$  であらわす。スティフネスは応力の大きさには無関係であるが、載荷時間と温度により変化する。つまり時間と温度に関するヤング係数を考えることができる。セン断によるスティフネスを  $S_G$  とすると、材料を非圧縮性と考えて

$$S_E = 3S_G$$

載荷時間が短かく、かつ低温のときには  $S_E$  は弾性係数と同じになる。

### 6・2 高温時におけるアスファルト混合物

アスファルト混合物の安定度は通常マーシャル試験により測定される。そのときの温度は  $60^{\circ}\text{C}$  である。マーシャル試験の結果から  $S_E$  を出すには、

$$S_E = 16 \frac{P}{f} \quad (7)$$

ここに  $P$  は安定度 ( $\text{kg}$ ) で、 $f$  はフロー ( $1/\text{100cm}$ ) である。 $S_E$  は  $\text{kg}/\text{cm}^2$  であらわされる。マーシャル試験の載荷時間とスティフネスの関係を推定すると図-5のようになる。

Nijboer はブレーキをかけたタイヤにより舗装表面に加わるセン断力はタイヤ圧の 0.4 倍で、その応力は約  $1/3$  秒間働くものと考えた。また繰返し荷重のもとで永久変形を防ぐためには、いかなる荷重のもとにあっても、

$$\text{ヒズミ} < 1\%$$

であることが必要であると考えた。ヒズミが 1% 以下なら永久変形はおこらない。

$$\text{セン断応力} = 0.4 P$$

とすれば、

$$S_E = 3S_G = \frac{3 \times 0.4 P}{0.01} = 120 P \quad (8)$$

(7)は載荷時間が 5 秒のときであるから、 $1/3$  秒のときには図-5 より

$$S_E = 2 \times 16 \frac{P}{5} = 32 \frac{P}{f} \quad (7')$$

となる。したがって(7')と(8)とより、

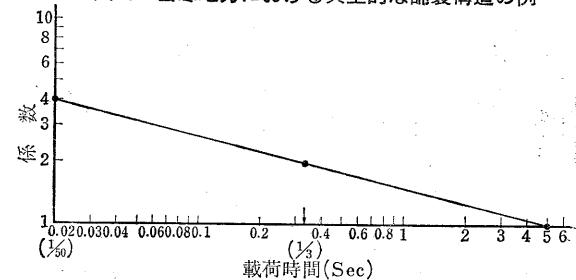
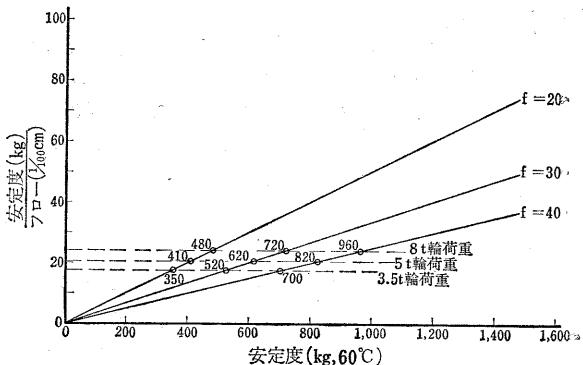
図-5 載荷時間による Stiffness の変化を示す  
图表(密粒度アスコンに関する推定線)

図-6 波の発生しない限界

$$\frac{32P}{f} > 120 p$$

$$\frac{P}{5} > 3.75 p = \frac{15}{4} p \quad (9)$$

であれば、ブレーキによる波は発生しない。(図-6)。

温度による  $S_E$  の変化は図-7に示すようである。

### 6・3 低温時におけるアスファルト混合物

ヨーロッパにおける研究によると、低温時に高速車両が通行するときには、アスファルト混合物はそのスティフネスが  $80,000 \text{ kg}/\text{cm}^2$  をこすとヒビワレが発生しやすくなるようである。

図-7より温度が  $60^{\circ}\text{C}$  より  $-10^{\circ}\text{C}$  に低下すれば、アスコンの場合には、スティフネスは 24 倍となり、図-5 より載荷時間が 5 秒から  $\frac{1}{24}$  秒にかわれば、スティフネスはさらに 4 倍となる。したがってマーシャル試験より求めたスティフネスは、 $-10^{\circ}\text{C}$ 、 $\frac{1}{24}$  秒の条件においては、

$$24 \times 4 = 96$$

96倍のスティフネスになる。よって、

$$\frac{80,000}{96} = 833$$

となるから、60°Cにおけるスティフネスが833kgをこえなければアスコンの場合にはヒビワレの可能性は少ない。

$$16 \frac{P}{f} = 833$$

とおけば、

$$P = \frac{833}{16} f = 52f$$

$$= \begin{cases} 1040\text{kg} & (f=20\text{のとき}) \\ 1560\text{kg} & (f=30\text{のとき}) \\ 2080\text{kg} & (f=40\text{のとき}) \end{cases}$$

以上のマーシャル安定度がえられるアスコンでは、冬期にヒビワレの可能性があるであろう。

-10°Cよりも低温で、しかもタイヤチェーンの衝撃が加わるときには、さらに小なるスティフネスあるいはマーシャル安定度が要求されるであろう。

#### 6・4 望ましいアスファルト混合物

寒冷地舗装用としてのぞましいアスファルト混合物はどのようなものかという問題に対しても、夏期においては流れにくく、冬期においてはヒビワレが発生しにくい混合物であるといえば簡単であるが、実際問題としてはいろいろな問題が加わってくる。たとえばわが国の特殊事情かも知れないが、まだタイヤにチェーンをまきつけている。

##### (i) アスファルトとフィラー

舗設されたアスファルト混合物のアスファルトは年数がたつにしたがって老化する。その状態の一例は図-8に示すように、老化の状態はアスファルトの性質および骨材の空隙率、アスファルト量、さらに気象条件により変化する。

アスファルト混合物にフィラーを入れる意味は、フィラーが活性充填剤として働くのを期待しているのか、単なる充填剤と考えられているのかよくわからないが、多分活性剤としての効果を期待しているのであろう。アスファルトにフィラーを入れた結果の一例は図に示すようである。

##### (ii) 寒冷地方のアスファルト混合物

寒冷地方と考えられる国において、文献などにあらわれているアスファルト混合物には、ドイツのグース・アスファルト、イギリスのロールド・アスファルト、ソ連のアスコンなどがある。このうちグース・アスファルトは特殊なものであるので省略して、英國流のロールドアスファルトとソ連流のアスコンの粒度を示せば図-10に示すようである。図で分るように英國流のロールド・ア

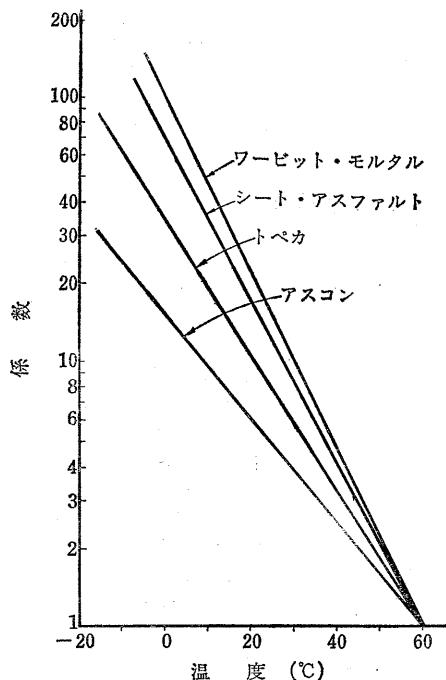


図-7 温度によるスティフネスの変化（推定線）

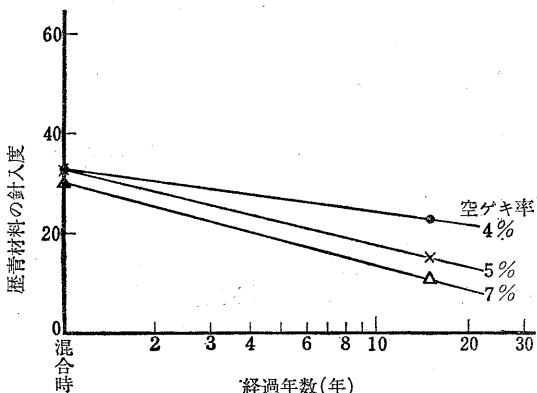


図-8 経過年数によるアスファルトの硬化  
(shell のデータより)

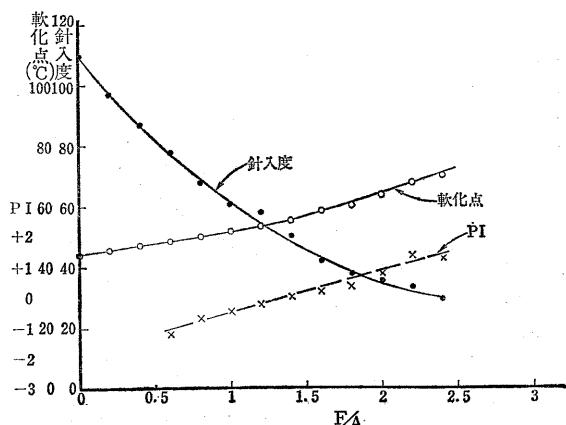


図-9 F/A とコンシスティンシーの関係（小山）

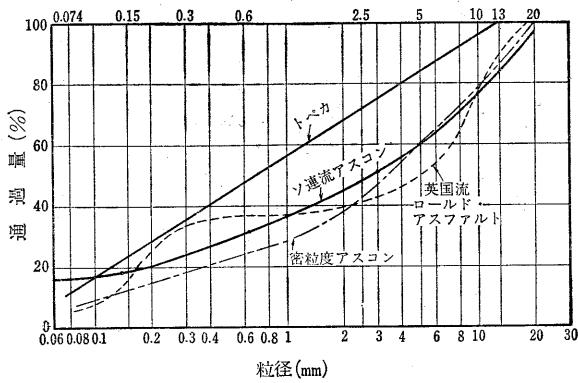


図-10 各種混合物の粒度

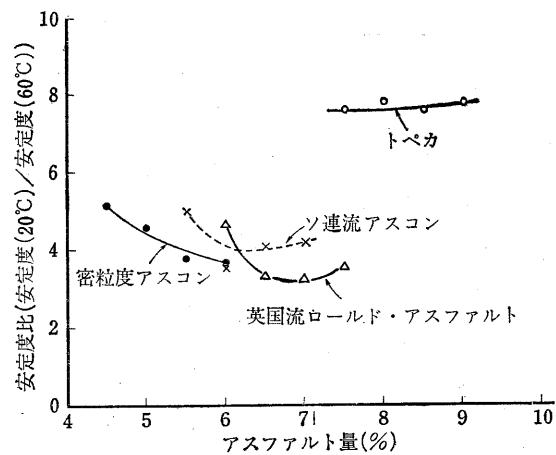


図-13 各種混合物の安定度比

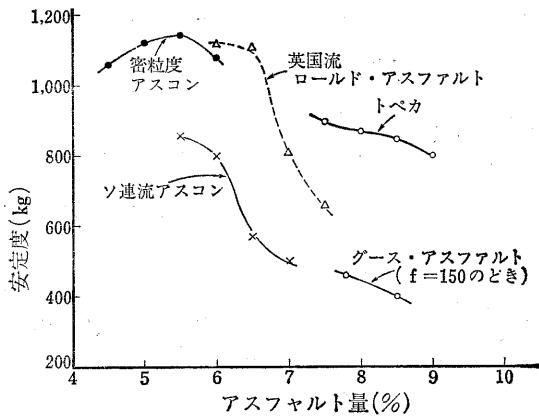


図-11 各種混合物の安定度

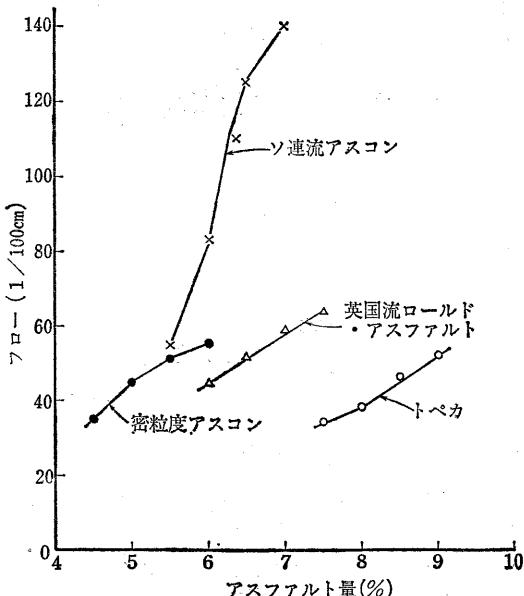
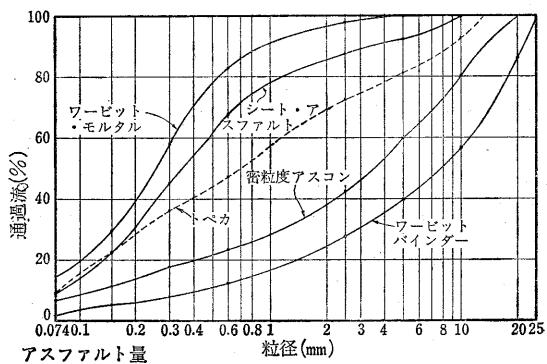


図-12 各種混合物のフロー



: 密粒度アスコン→4.5~7.5%, トペカ→7.0~9.5%  
シートアスファルト→9.5%~12.0%, ワーピット・モルタル→12~15

図-14 各種混合物の粒度

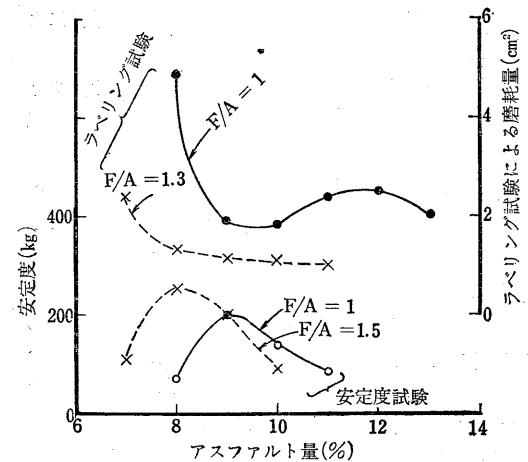


図-15 アスファルトモルタルの安定度とラベリング試験結果(小山)

スファルトはギャップ・グレーディングで、ソ連流のアスコンはフィーラー量が非常に多いのが眼につく。

英国流とソ連流にわが国で使用しているトペカと密粒度アスコンを加えて、マーシャル試験をした結果が図-11、図-12、図-13に示してある。アスファルト量はそれそれぞれの混合物について示してある示方範囲において試験をしたものである。

図-11によると、密粒度アスコンは安定度が大きい。ロールド・アスファルトはアスファルト量のある範囲内では密粒度アスコンに匹敵する安定度をもっているが、アスファルト量が少し多くなると安定度が急速におちる。ソ連流のアスコンは安定度は余り大きくないうようであるが、その傾向はロールド・アスファルトに似ている。図-12によると、ソ連流のアスコンはフローが他の混合物にくらべて大分大きい。

図-13は20°Cにおける安定度と60°Cにおける安定度の比を示すもので、感温性の大小を示すものと考えてよいであろう。これによると感温性という点からみると、この程度の温度の範囲では、とくに差はないようである。

現在わが国で用いられている寒冷地用のアスファルト混合物の代表的な粒度は図-14に示すようである。また図-15は北海道において試験されたアスモルの磨耗試験結果を示すものである。これによると、F/Aは1.5以上がのぞましいようである。

表-4は舗装要綱などを参考にして、寒地用として良好なアスファルト混合物と思われるものの諸元を表示したものである。

表-4 良好なアスファルト混合物

表-4 良好なアスファルト混合物

	密粒度 アスコン	修正 トペカ	トペカ	シート	ワーピットモルタル
最大粒径 mm	20	13	10	5	5
2.5mm 以下 %	45±5	55±5	65±5	90±5	98±2
74μ 以下 %	6±2	7±2	9±2	12±3	15±5
VMA %	18±2	20±2	24±2	32±2	30±2
密度の代表値 g/cm³	2.35	2.3	2.25	2.1	2.15
空隙率の代表値 %	4	5	6	9	2
飽和度 %	80	78	75	70	90~95
アスファルトの針入度	90	75	60	45	45
アスファルト量 %	6	6.5	7	8.5	13
F/A の代表値 *	1	1.15	1.3	1.4	1.5
S/F の代表値	6.5	7	6	6.5	5.5

\* 寒冷地方においては、耐チェーン用として

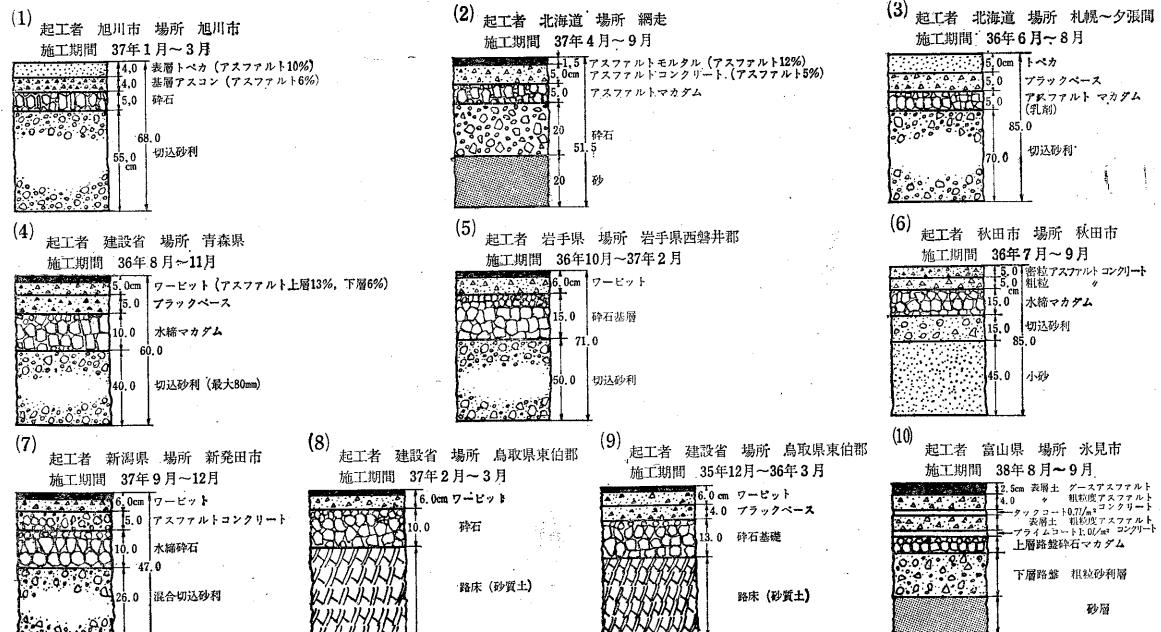
F/A=1.5~2がのぞましいかもしない。

### 参考文献

- Colin Harris: Stage Construction Based on Layered System Theory, I.R.F 第2回太平洋地域会議東京会議, 1964
- The Asphalt Institute: Thickness Design, Manual Series No. 1, 1963
- Dormon G. M., Jarman, A. W.: Some Factors Influencing The Behaviour of Bitumen Road Surfacings, Shell Bitumen Reprint No.10, 1958

〔筆者: 日本舗道株式会社 技術研究所長〕

### 附 図



# これでよいのか

「やるべきことは、やらなければならない。

できないことまで、やることはない。

意味のないことは、やめるべきである。

お互いに忙しいのだから——。」

東京から大分離れた或る県を通過した時のことである道路の舗装工事が行なわれていた。ご存知水締めマカダムによる上層路盤工事である。主骨材の敷きひろげがおわると転圧が始まるのかと思っていたら、ローラーはエンジンを停止したまま、遙か彼方の路側に休んでいる。ダンプトラックがやって来て、締めてない主骨材の上にいきなり砂をまき始めた。面白いので立止って見ていると、やがてローラーがやって来たが二往復もしたら元の場所に帰ってしまった。すこぶる事務的な感じである。いやはや、あっけにとられたが、ローム質の土をまいていないのでせめてもの慰めであった。

少し前の話であるが、ある大先輩が日本の道路屋は水締めしか知らないと云われたことがあるが、これでは水締めマカダム工法をもご存知だとはいえそうにない。クサビ石だとチップだとかはどの本にも書いてあるし、それがない設計書は見たことがないのだが、この現場ではそんな面倒なものはすべて省略しているらしい。それが無知によるものか、あるいは横着でそうしているのかは確かめそびれたが。

マカダム工法は締まりにくいということをよく聞くのだが、締っているか締っていないかはおかまいなしに、ローラーを何回かかけばそれでよいのだと割り切るのなら、こんな便利な工法はまたとあるまい。実際水締めマカダムを、教科書通りに施工している現場にはめったにお目にかかるない。確かに正式?に施工するとなると案外側で、締固めも難かしいためかとかくローム質の土をませたがるようである。これは地方工事ばかりでなく堂々たる直轄工事でも、マカダムの上に赤土のようなものを置いて平氣でいるのを今でも時折見かける。その結果は例外なく失敗しているのであるが、施工業者ばかりでなく監督側にも、シルト質土を入れるとよく締まって成績がいいと本気で思っている人がまだ相当にいるらしい。路盤が出来上った際支持力があれば、その後何年経ってもそれが維持されると思っているのであろうか。あるいは悪いのを承知の上で、カシ担保期間が過ぎさえすれば、後は知ったことかという気分なら論外である。

わが国の路盤の設計には、どうしてマカダム工法が多

明日 春人

いのだろうか。一説には骨材の関係からだと云う人もあるが、ごまかしがきいて取敢えずどうやらもちそうだから、というのでなければよいがと疑いたくなる。シルト質土を混ぜると当座はよく締まったように見えても、あととのために良くないから、締まり易く、骨材に粘着性を与えて、しかも水の影響を受けにくいという意味で安定処理工法が発達したのではなかろうか。ましてやこの現場のように、ろくに締めもしないマカダムというのに意味があるのだろうか。マカダムはよく締め固めてはじめて価値があると思うのだが。

水締めマカダムの隣ではアスファルト表層が施工されていた。ブラックベースは既に施工済だが、これがあのマカダム路盤の上に舗設されたかと思うと、ブラックベースが一寸かわいそうになってきた。運ばれてきたアスファルト混合物は密粒度アスコンで、見たところアスファルト量は6%は入っていない感じである。前年度施工されたらしい隣接地を歩いてみてもその感が深い。もっともローラー転圧の不足のせいもあるかも知れないが。

監督者に会ってそれとなく聴きたいと思ったが、相憎く不在とのことであった。作業員にきくと週1回くらいは廻ってこられるとの由で、開いた口がふさがらなかつた。責任施工が確立されていない現在、監督者がいない現場というものがあつてもよいものだろうか。工事が県内に点々と細分化されているために、監督者の手が廻りかねることは事実であろう。しかしこの工事は、県としては一流の工事だろうと思われる。監督者の手が廻らないといえば、請負業者の方も人手不足で、一人の現場主任が數カ所の工事を受け持つことが常識になっているようである。もっとも最近ヨーロッパから帰朝されたA氏の話では、ドイツあたりでも監督者は1日に1~2回見廻りにくる程度の所が相當に多いようである。しかし1週間に1回程度しか見廻れないというのは極端である。官民ともに責任者がいなくても道路は出来ていく。

あとで県庁に寄った際に聞いたところでは、その現場は交通量は少ないが、積雪地方であるために、アスファルトは7.5%使いの設計になっているとのことであった。これは後日のことであるが、記念のためにこぼれていた混合物を持ち帰って試験をしてみたところ、アスファルト量は5.7%しかなかった。フィラーの量も設計よ

りは足りない。交通量が少ないので、アスファルトを抜いても、施工がいい加減でももっているのであろう。アスファルト量7.5%といえば、普通の骨材では密粒度アスコンとして、規定の空隙率や安定度を出すのに苦労するほど多量のアスファルト量であろう。試験をして決めたアスファルト量とは思えない。

イギリスのロールド・アスファルトはギャップ・グレーディングで、アスファルト量が多いので有名である。前述のA氏の話によると、施工に際して、設計ほどにはアスファルトを使用していないとのことである。つまり混合物にそんなにアスファルトがはいらないので、設計と施工との量の差は業者の利益になるのだそうである。大國イギリスにおいては、どこやらの国の会計検査院のごとく、小さなことで、やれ国損だなどとつまらぬことを云わないことになっているのだろう。

また、こんな話もある。アスファルト乳剤の使用量等は、設計量の90%程度であれば良心的な方であるといふ。もっともこれには意識的に材料を浮かすつもりは無かったものの、施工業者にしてみれば材料の喰込みを恐れ乍ら仕事をしているうちに、何となく余ってしまい今更どうすることも出来ないといったケースもあるのであろう。しかしひどいになると設計量の僅か60~70%しか乳剤を用いない例があるそうだ。高速道路の資材運搬路の乳剤舗装を、何れも著名な数社が分割して請負っていた。路床条件が均一であったので、設計も当然同一であった。しかしに施工後意外に早く破壊した工区と、數カ月経ても亀裂一つはいらない工区とが歴然としてきた。念のため乳剤使用量をチェックしてみたら、後者は設計量とほぼ等量で、前者には設計量とかなり大巾な相違がみられた。これで舗装が壊れて「お前のところの材料は品質不良でアル」と濡れ衣を着せられたのでは、材料屋も立つ瀬がなかろう。

現場を歩いてみると、アスファルト舗装といつても、いろんな型のものが使用されており、変化に富んでいる。舗装要綱にもいろいろな種類の混合物がのせてあるが、どれを使えとは書いてない。わが国でも高級舗装が施工されだしてから相当に年月が経ったから、もっと混合物の種類を減してもよいのではなかろうか。骨材の問題もあるかも知れないが、種類を制限して統一した方が建設省でも査定をするのに便利であろうし、現場でも慣れた混合物で何時も施工できるから安心であろう。もっとも特殊な個所は別であるが、そのような個所でも数少ない種類のものに絞れる筈である。混合物に限らず一般に、どうもいたずらに新奇をてらう気がしないでもない。

このような云い方に対しては、当然反論があろう。即

ち絶えざる新知識の吸収と、これによる改良なくしては、技術の進歩は期待し得ないのであると——。確かに新しい設計施工には、知識とあるときは勇気さえ必要とする。既存資料を解析し、種々の試験を実施して設計を決定するのは容易な仕事ではない。それが技術者のるべき態度とは云え、その努力に対しては大小を問わず敬意を表せざるを得ない。しかし設計者の意図するところが現場の施工において生かされるかどうかが問題であろう。業務組織の不備のためか、設計した者と現場監督や施工業者との間に十分な意志の疎通が果してあるのかと思われる例を数多く見受けた。現場では何の為にそうするか、その結果がどうなるか皆目判らずに——いな何も気にしないで仕事が進められるしたら、やれドイツでは、やれアメリカではと、ひね繰り廻した折角の研究もナンセンスとなろう。けだし問題は設計と施工の間にある。

話は別であるが、最近は調査と管理がやかましい。これは支持力係数K値の測定が要求されたした当時のことであるが、建設省の補助金を貰うためには、その路線に亘っての支持力係数の測定値が必要であった。某県においてはK値の測定器機が一台しかなかったにも拘わらず、全県下のあらゆる路線に亘って何百箇所ものKの測定値が報告されていた。まさに器械の使用能率のよいこと神業である。業者に手伝わせたかも知れないが、当時の業者の手持ち器械もそろ多くなかった筈である。

最近はCBRの測定が要求されている。建設省に対する報告書には数多くの柱状図と共にCBRの測定値が報告されている。予算時期になると本省では全国の設計書を審査するわけであるが、中央の役人は一騎当千の士ばかりなので、短時間の間にこれに全部目を通すらしい。

ところであるいくつかの県では毎年2月頃になると、県の方から各業者にそれぞれの路線調査が命ぜられる。コンサルタントに頼めば高くつくし、自分のところでは調査する余力がないというが主たる原因のようで、中には調査ばかりでなく設計も業者にまかせるという心臓の強いのがあると云う。この時期は業者にとって、年度末の追い込みで一番忙しい時である。おかしなことは、どの教科書にも舗装は冬期間の施工を避けるように書いてあるにも拘わらず、冬が工事の最も忙しい時なのである。それはともかくとして業者にしてみれば、調査をさせて頂くということが、その路線の仕事を貰う一番手取とり早い手段になりかねないので、出血覚悟で喜んで引き受ける。会社は喜んでも、実際に仕事をするのは現場の人間である。明らかに損な仕事に労力をかけることを好むわけではない。しかも専門業者といっても試験関係のペテランは極く少ないのである。そのためいきおい要求され

た調査の一部だけをすませて、あとは適当に作ってしまふことがあるらしい。そうだとすると適当にメーリングされたデーターが堂々と建設省をまかり通うことになる。もし中央の役人がこの実情をご存知なければ、大変結構なデーターだと思って予算がつけられる。いざ予算が無事に通り、調査した請負業者が談合（ダンゴウと読んでは語感が悪い。ハナシアイと云うのだそうだ）の結果工事を獲得して施工するとなった時、自分の調査がでたらめであったために、とんだ失敗をやらかすといったことが皆無とは云えないだろう。

調査といえば、コンサルタントに頼むのが常態であろうが、ダムや橋梁関係には立派なコンサルタントがあるようであるが、道路関係のコンサルタントはお粗末なもので、調査には全くの素人の集まりである。施工業者の方がまだしもしというものが現状であるとの説がある。

いったい1つの県で年間どれだけ責任補修の件数があるかの調査資料があれば大変興味深いものであろう。責任補修を分析すれば、調査不十分に基く設計の不備と、設計は良いが施工が下手だった場合とに分類できるであろう。もっとも設計まで業者がしているのだから、業者が責任をとって補修すべきだというにおいては、われまた何をか云わんやである。責任補修あるいはカシ担保については、是非一定の基準をもうける必要があるであろう。このためには、調査は施工業者にやらすべきではない。ご希望の数字を出しますと云われたのでは、何のための調査か判らなくなる。

施工管理という言葉がポピュラーになってきた。管理というからには、現在施工している工事にプラスの面があってこそ、その役割が果たせると思うのだが如何なものであろう。また管理はその性質上、監督者側が直當であるいは第三者としてのコンサルタントに代行せしめるべき筈のものである。しかし現状は管理試験をはじめ、その整理まで業者がやっている。欧米各国では施工業者は試験機器等は殆どもっていない。まして施工管理を業者がやっているなどというのは日本くらいのもので、この点わが国は珍らしくオリジナルな方式を編出したものである。しかし業者が試験をして、明らかに不利なデーターを好んで提出するほど、皆がみな良心的であろうか。また場合によっては監督側も困ることになりかねない。

管理試験の項目はできるだけ減して、是非必要なものだけにするのがよいと考えるのだが、示方書などを見ると学生の実習と感違ひしているのではないかと思われるほど、盛り沢山の項目がならんでいる。例をアスコンの管理試験にとってみよう。日本人は力学試験が好きなのか、管理試験にマーシャル試験を要求しているのが相当に多い。マーシャル試験で管理ができると思っているの

だろうか。役にも立たない試験まで要求するものだからかえって会計検査院あたりの素人に突込まれて、官民ともに迷惑しているというのがおちである。

ある所で検査院の要求により、舗装された現場からマーシャルのテストピースを切取って安定度試験をさせられた。その結果は安定度不足ということになって、テキに絶好の材料を提供してしまった。切り取供試体で舗装の厚さや密度を調べるというのなら話はわかる。どういう切取り方法をしたかは知らないが、安定度にどれだけの意味をもたせたいのであろうか。大体会計検査院あたりに嗜みつかれておたおたするようでは、技術屋としてのプライドが保てまい。

最近は監督側も自分達の作った筈の示方書を読んでいないし、業者も示方書を読まずに仕事をしているという現場が、決して稀ではないらしい。もっとも示方書の内容に設計書と喰違ったことが書いてあるというのもある。そうだから、示方書は設計書の単なるオマケで、施工管理のデーターは所長さんや課長さんが講演されたり、雑誌に投稿されたりするときのアクセサリーと考えれば、腹は立たないかも知れない。

忙しくて滅多に現場にも来られない所長さんや課長さんが、業者の試験データーを整理させ、中には文章まで業者に書かせて、雑誌などに発表されている。御本人は自分の名前で出ている文章の内容をご存知ないという愉快な話もある。現在はPR時代だから、雑誌に名前が出ると、その方面的エキスパートとして、出世のために役立つらしい。そのためには新しい工事をやりたがる。何か新奇な工法はないかと目を皿のようにしがちになる。したがって工事報告は多い。しかしその後の経過なり、数年後の結果の判定なりに関する報告は極めて少ない。新工法を施工された所長さんは最近の早くなつた移動の波にのって、どこかへ栄転されているからである。

それもよかろう。しかし高級技術者がイギリスのロード・リサーチ・ラボラトリーの研究によれば云々…と講釈している一方、現場には修正CBR 100以上の路盤材料（実際に試験したものか、どうかは知らないが）を用いれば、転圧などそれ程問題でないと誤解している監督がいる。このようなギャップを埋めなくて、道路技術の進歩があるだろうか。

「キミ、特異な例を挙げて、どれもそうであるかの如き誤解を、世間に与えかねないではないか。いささか軽卒だよ。」

「あるいはそうかも知れない。しかし例外中の例外であるとしても、ボク自身の体験やあちこちからの情報を総合すると、全国では毎日何処かで、このようなことが繰返されているのではないかと疑問を抱いたのだ。なすべき大切なことを、皆で考えたいと思うほか、他意のないことをお断りしておきたい。」

# Introduction to Asphalt

連載 第22回

工 藤 忠 夫 訳

## 第16章 ビームの配合設計法

### A 概説

#### 16.01 開発の経過並びに適用

本法は California Division of Highway の Material & Research 技師 Francis N Hveem 氏によって開発されたものである。長年に亘り改良されたり附け加えられて来たもので、アスファルト道路舗装について膨大な研究をした結果、この試験の手順と適用が開発されて来たものである。ここに述べる配合設計の方法と設計の標準は1961年以降 California Division of Highway で実際に使用されている。

この方法は骨材の最大粒径 1 吋 (25.4mm) 以下の加熱合材であればストレートでもカットパックにでも適用できる。但しカットパック・アスファルトの場合は試験方法を若干修正する必要がある。今日迄のところでは主として密粒型合材の設計に用いられて来ている。試験室内での設計用と共に現場品質管理用としても役立つものでマーシャル方法との点同じである。本法は ASTM D-1560 「ビーム法によるアスファルト合材の変形に対する抵抗と凝集力」及び ASTM D-1561 「California Kneading Compactor によるアスファルト合材の供試体の準備」で標準化されている。

#### 16.02 試験法の概略

まず供試体の準備からであるが、必要な事項は次の通りである。

a 使用材料は工事仕様書に合格するものでなければならない

b 各骨材の粒度も又仕様書に規定されたものでなければならない

c 骨材を乾燥し各寸法のものに分類しておくこと

これらの事項は普通の試験法、実験技術と共に、特定の試験法に限られた要求ではない。但し特に骨材最大寸法が 1 吋 (25.4mm) を超過してはならないことに注意する必要がある。もし仕様書に規定されている使用骨材が 1 吋 (25.4mm) を超えている時は、25%迄のオーバーサイズ分は筛って除去しても stabilometer の値には影響を与えない。

標準供試体の寸法は、高さ  $2\frac{1}{2}$ " (6.3cm) 直径 4" (10.2cm) で、規定の方法に従いアスファルトと骨材の混合物を加熱し混合し締固めて造る。ビーム法の主たる特徴は骨材に対する Centrifuge Kerosene Equivalent test (C.K.E) で、stabilometer test, cohesiometer test, swell test と density-void analysis をして最終判定を下すものである。stabilometer test は特殊な三軸試験器を用いて、締固められた合材が垂直荷重を受けたとき、横方向への変位に対する抵抗を測定するものである。cohesiometer test は凝集又は引張の抵抗を測るもの、swell test は水の作用に対する合材の抵抗を測るものである。stabilometer と cohesiometer test の際は供試体温度は 140°F (60°C), swell test では室温である。

#### B Centrifuge Kerosene Equivalent 法によるアスファルト量の判定

##### 16.03 概 説

本法の第1段階は、C. K. E 法による最適アスファルト量の判定である。単粒骨材又は合成粒度骨材について表面積を計算し、C. K. E 法で係数を出し、図表より最適アスファルト量を求める。後に図表は使用例をつけて示す。

##### 16.04 使用器具

最適アスファルト量を決定するために必要な器具と材料は次の通りである。

a 試料採集器 小型のもので細骨材の代表的資料を採取するもの

b 試験鍋 直径  $4\frac{1}{2}$ " (11.4cm) 深さ 1" (2.5cm) のもの

c ケロシン 1ガロン (3.78l)

d SAE NO. 10油 潤滑油 1ガロン (3.78l)

e ビーカー 1500 ml

f 漏斗 直径  $3\frac{1}{2}$ " (8.9cm)

g ストップ ウオッチ

h 遠心分離器 手動のものでカップ付き、400g (g は 重力加速度) を出せるもの (Emil Greiner Co., 22 North Moore St., New York 13, N.Y. のカタログ

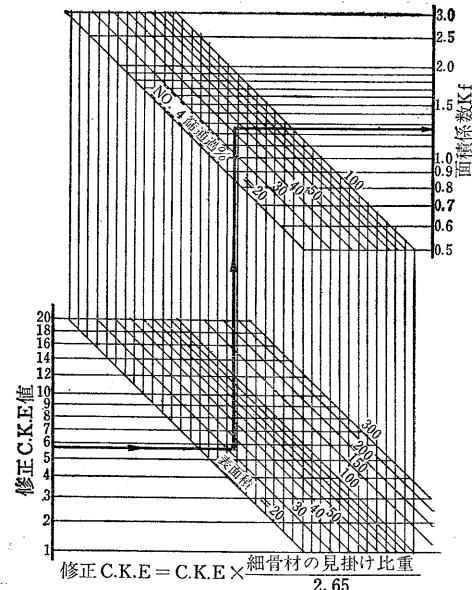
グ番号 CE-8535 又は同等品) 手動の代りに動力を用いてもよい

i 漏紙 直径 5.5cm (NO. 611, Eaton-Dikeman Co., Mt. Holly Springs, Pennsylvania 又は同等品)

j 附属器具 16.10 及び 16.15 を参照されたい

#### 16.05 表面積

合材に用いる各粒度別骨材又は混合骨材の表面積を計算するには、各寸法の篩を通過するパーセントに次表の表面積係数を乗じた数値を合計する。この合計値は sq ft/lb で表わしたサンプルの等価表面積 (equivalent surface area) である。計算する際には規定の篩目に対応する係数の全部を用いることが必要であるから、異なる目的の組合せを用いた場合は係数も亦違ってくるので注意を要する。



註: 本図の修正 C.K.E 値と図 XVI-5 のスケール E とは別個のものであるから混同せぬよう注意されたい

図 XVI-2 細骨材の面積係数 Kf を求める図表

表 XVI-1 表面積係数表

通過篩目	3/4"(19.1mm)	3/8"(9.5mm)	# 4	# 8	# 16	# 30	# 50	# 100	# 200
表面積係数			2	4	8	14	30	60	160

次表は計算例である

篩目	3/4"(19.1mm)	3/8"(9.5mm)	# 4	# 8	# 16	# 30	# 50	# 100	# 200	合計表面積 sq.ft/lb
通過量 (%)	100	90	75	60	45	35	25	18	10	
表面積係数	—	—	2	4	8	14	30	60	160	
表面積		2.0		1.5	2.4	3.6	4.9	7.5	10.8	48.7

#### 16.06 C.K.E の試験手順

a NO. 4 篩通過材料の代表的な乾燥試料正味100gmを計量し、底に篩と円型の漏紙を取り付けたタール塗りの遠心分離カップに入れる。

b カップの底をケロシンの内に浸し、カップの内の

骨材を飽和させる。

c 飽和したサンプルに 400g の遠心力を 2 分間加える。これはハンドルを 45 回/分 回転させるとよい。

d 遠心分離した後サンプルを計量し、ケロシンの残量を乾燥骨材重量の % で表わす。この値を C.E.K とする

サンプルは必要量の 2 倍を用意し、測定を 2 回繰返し、大差がないときはその平均値を探るが、差が大きければ試験をやり直す。

#### 16.07 粗骨材の表面積容量 (surface capacity)

a  $\frac{3}{8}''$ (9.5mm) 篩通過、No. 4 篩止りの乾燥骨材(この粒度範囲の骨材を合材中の粗骨材を代表するものと考える) 正味 100gm を計量し、直径約  $3\frac{1}{2}''$ (8.9cm) の硝子漏斗の中に入れる。

b SAE NO.10 の潤滑油の中にサンプルを漏斗と共に 5 分間浸す。温度は室温とする。

c サンプルと漏斗を引き上げ、 $140^{\circ}\text{F}$ (60°C) で 15 分間乾燥する。

d サンプルの重量を計り、残留油量を乾燥骨材の % で表わす。2 倍のサンプルを用意し、測定は 2 回行い、値に大差ないときはその平均値を探る。差が大きければ

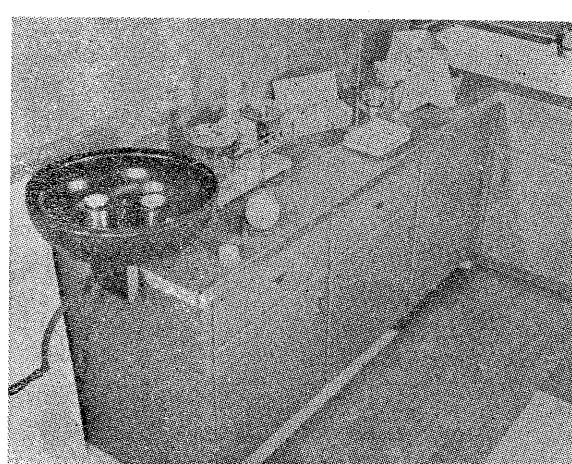


図 XVI-1 ピーム C.K.E 試験装置

C.K.E の場合と同じく試験をやり直す。

#### 16.08 最適アスファルト量の評定

a C.K.E 値を用い図 XVI-2 より細骨材の面積係数 Kf を決める。

b 残留油量%と図 XVI-3 より粗骨材の面積係数 Kc を決める。

c 求めた Kf, Kc 及び図 XVI-4 より粗細合成骨材の面積係数を決める

d 次に合材のアスファルト量を決定する。これは  $60^{\circ}\text{C}$  でセイボルト・フロール粘度が 100~500 秒である液状 アスファルト (liquid asphalt) を基礎としたアスファルト量である。次に述べる I の場合と II の場合によって 2 つの方法がある。

e I の場合は細粗両骨材の表面状態と吸収特性が類似している時である。即ち Kf と Kc の値の差が小さい場合である。この方法は又一般に現物で採用せられ、中央試験所ではサンプルの大部分 (85%以上) が No.4 篩を通過する場合に限って用いている。液状アスファルトを基礎にしたアスファルト量は、No.4 篩通過量骨材の% と、見掛け比重に対するように修正された C.K.E 値及び図 XVI-5 の ABC のスケールを用いて決定される

f II の場合は合材の細粗両骨材の表面状態と吸収特性が類似していない時である。即ち Kf と Kc が著しく相違する時である。しかし中央試験所では No.4 篩通過量が 85%より少ない場合は凡てこの方法を用いるべきである。液状 アスファルトを基礎としたアスファルト量は、サンプルの表面積、骨材の平均見掛け比重、表面積係数 Km 及び図 XVI-5 の DB スケールを用いて求められる。

g 合材に用いるアスファルト量を決定するには、使用アスファルトの針入度による修正をしなければならない。それにはサンプルの表面積、アスファルトの針入度及び図 XVI-5 より求めた油比 (oil ratis) を用い、図 XVI-6 から求める。

#### 例題

$$\text{粗骨材比重 (見掛け)} = 2.45$$

$$\text{細骨材 (見掛け)} = 2.64$$

$$\text{No.4 篩通過量} = 45\%$$

$$\text{骨材平均比重} = \frac{100}{\frac{55}{2.45} + \frac{45}{2.64}} = 2.53$$

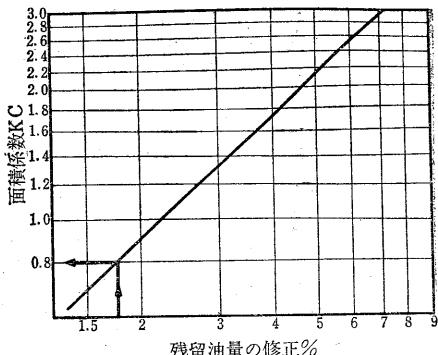
$$\text{合成粒度骨材の表面積} = 32.4 \text{ sq.ft/lb}$$

$$\text{C.K.E} = 5.6$$

$$\text{粗骨材の残留油量} = 1.9\%$$

と仮定し、アスファルトの針入度は 85~100 とする。

a 図 XVI-2 を用いるについて



使用材料:  $\frac{3}{8}$ " 通過、No.4 篩止りの骨材 SAE 10 潤滑油  
残留油量の修正% = 残留油量 ×  $\frac{\text{粗骨材の見掛け比重}}{2.65}$

図 XVI-3 粗骨材の面積係数 Kc を求める図表

註: もし  $(Kc - Kf)$  が負数であるならば  $Kf$  に対する修正値は負とする。  
 $Km = Kf + Kc$  に対する修正値

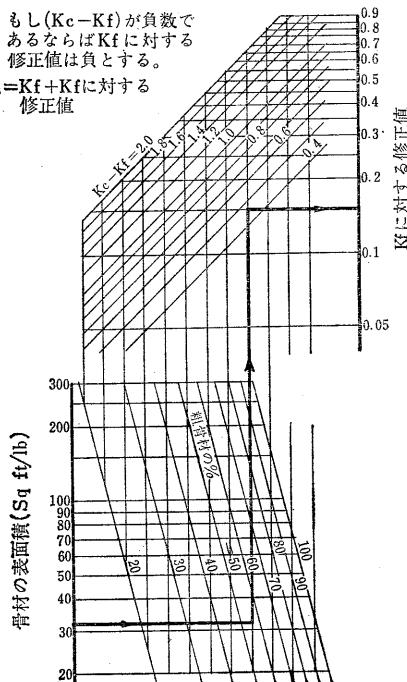


図 XVI-4 Kf と Kc より合成骨材に対する面積係数 Km を求める図表

$$\text{修正 CKE} = \text{CKE} \times \frac{\text{粗骨材の見掛け比重}}{2.65}$$

$$= 5.6 \times \frac{2.64}{2.65} \div 5.6$$

$$\text{表面積} = 32.4 \text{ sq.ft/lb}$$

$$\text{No.4 篩通過量} = 45\%$$

より

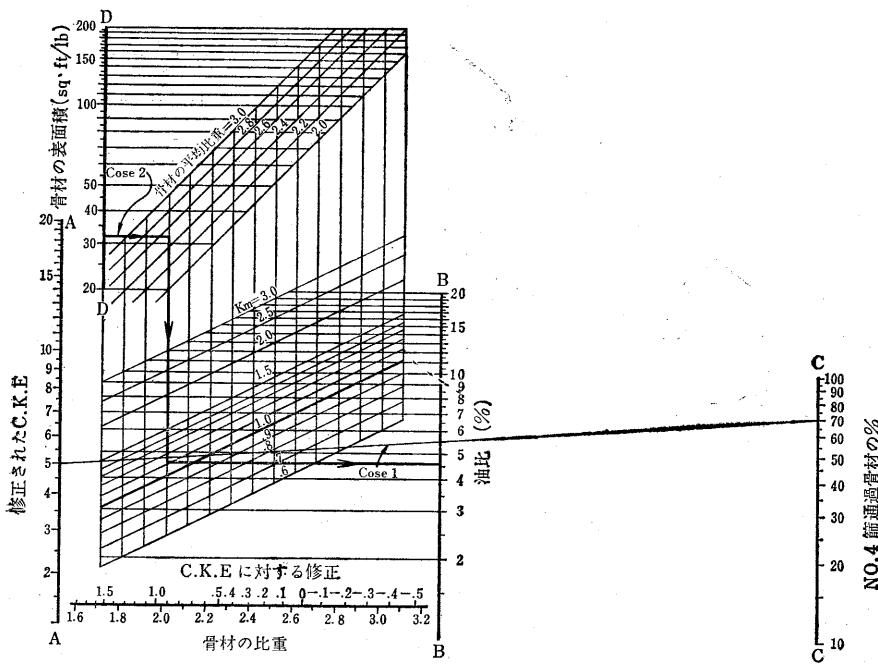
$$Kf = 1.25$$

となる。

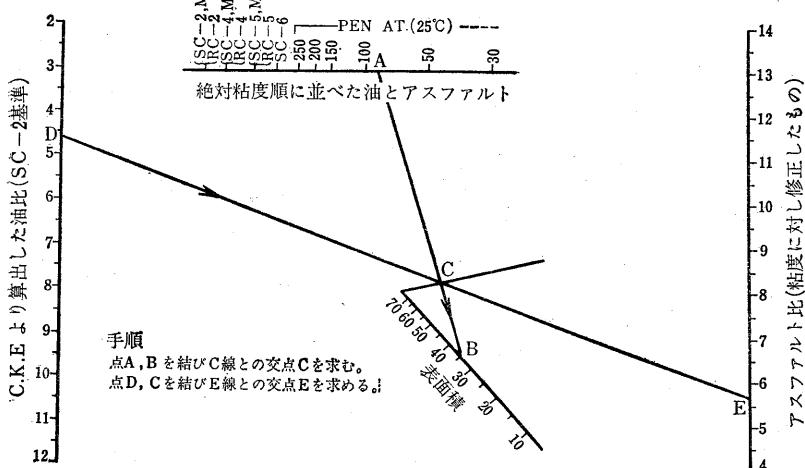
b 図 XVI-3 において

$$\text{修正残留油量} = \text{残留油量} \times \frac{\text{粗骨材の見掛け比重}}{2.65}$$

$$= 1.9 \times \frac{2.45}{2.65} = 1.7\%$$



図XVI-5 密粒度混合物の油比を求める図表



図XVI-6 SC-2に対する油比を使用アスファルトの粘度により修正したアスファルトを求める図表

より

$$Kc = 0.8$$

c 図XVI-4において

$$\text{表面積} = 32.4 \text{ sq. ft/lb}$$

$$\text{粗骨材量} = 100 - 45 = 55\%$$

$$Kc - Kf = 0.8 - 1.25 = -0.45$$

を用いて

$$Kf \text{に対する修正値} = -0.15$$

従って

$$Km = Kf - 0.15 = 1.25 - 0.15 = 1.10$$

d 図XVI-5において

$$\text{表面積} = 32.4 \text{ sq. ft/lb}$$

$$\text{平均骨材見掛け比重} = 2.53$$

$$Km = 1.10$$

より

液状アスファルトに対する油比 = 4.6%

を得る。ここでは  $Kc$  と  $Kf$  が著しく相違するから II の場合を適用する。

e 図 XVI-6において

$$\text{油比} = 4.6\%$$

使用アスファルト針入度 = 85

$$\text{表面積} = 32.4 \text{ sq. ft/lb}$$

より

乾燥骨材重量に対するアスファルト重量比 = 5.7% を得る。(次号につづく)

[訳者; 世纪建設(株)専務]

# 社団法人 日本アスファルト協会会員

## アスファルトの

御用命は  
本会加盟の  
生産／販売会社へ

優れた生産設備と研究から  
品質を誇るアスファルトが生み出され  
全国に信用を頂いている販売店が  
自信を持ってお求めに応じています

定評あるアスファルトの生産／販売会社は

すべて本会の会員になっております

## 賛 助 会 員

大協石油株式会社(561)5131  
丸善石油株式会社(201)7411  
三菱石油株式会社(501)3311  
日本石油株式会社(502)1111  
  
富士興産株式会社(481)6841  
出光興産株式会社(211)5411  
昭和石油株式会社(231)0311  
シェル石油株式会社(212)4086

亜細亜石油株式会社(501)5351  
日本鉱業株式会社(582)2111  
三共油化工業株式会社(281)2977  
三和石油工業株式会社(270)1681  
  
昭和化工株式会社(591)5416  
ユニオン石油工業(株)(211)3661  
  
昭和石油瓦斯株式会社(591)9201

## 正 会 員

朝日滝青株式会社	東京都千代田区神田旅籠町1の11	(252) 1111	大 協
恵谷産業株式会社	東京都港区芝浦2丁目4番1号	(453) 2231	シ エ ル
恵谷商事株式会社	東京都港区芝浦2丁目4番1号	(453) 2231	三 石
富士鉱油株式会社	東京都港区三田四国町18	(452) 2476	丸 善
富士商事株式会社	東京都港区麻布10番2の22	(451) 2793	富士興産
泉石油株式会社	東京都千代田区丸の内1の2	(271) 1231	出 光
株式会社木畑商会	東京都中央区西八丁堀2の18	(551) 9686	鉱 石
三菱商事株式会社	東京都千代田区丸の内2の20	(211) 0211	三 石
マイナミ貿易株式会社	東京都港区芝田村1の7	(503) 0461	エ ル
株式会社南部商会	東京都千代田区丸の内3の4	(212) 3021	石 石
中西滝青株式会社	東京都中央区八重洲1の3	(272) 3471	日 昭
新潟アスファルト工業(株)	東京都港区芝新橋1の18	(591) 9207	昭 石
日米礦油東京支店	東京都中央区日本橋室町2の4	(270) 1911	昭 石
日商株式会社	東京都千代田区大手町1の2	(231) 7511	昭 石
日東商事株式会社	東京都新宿区矢来町61	(260) 7111	昭 石
日東石油販売株式会社	東京都中央区銀座4の5	(535) 3693	エ ル
滝青販売株式会社	東京都中央区銀座6の7	(541) 6900	石 出
菱東石油販売株式会社	東京都台東区上野5丁目14番11号	(832) 6671	光 石

◎アスファルトの御用命は日本アスファルト協会の加盟店へどうぞ◎

株式会社 沢田商行	東京都中央区入船町1の1	(551) 7131	丸 善
清水瀬青産業株式会社	東京都渋谷区上通2の36	(401) 3755	昭石瓦斯
三共アスファルト株式会社	東京都千代田区丸の内1の2	(281) 2977	三共油化
東新瀬青株式会社	東京都中央区日本橋江戸橋2の5	(271) 5605	日 石
東京アスファルト株式会社	東京都港区芝田町6の12	(452) 4981	亞 細 亞
東京通商株式会社	東京都千代田区大手町1の6	(231) 8251	日 石
東洋国際石油株式会社	東京都中央区日本橋本町4の9	(270) 1811	大協・三和
東光商事株式会社	東京都中央区八重洲5の7	(281) 1175	三 石
梅本石油東京営業所	東京都港区麻布10番1の10	(481) 8636	丸 善
株式会社 山中商店	横浜市中区尾上町6の83	(68) 5587	三 石
朝日瀬青名古屋支店	名古屋市昭和区塩付通4の9	(85) 1111	大 協
株式会社 名建商会	名古屋市中区宮出町41の2	(24) 2817	日 石
中西瀬青名古屋営業所	名古屋市中区園井町1の10	(23) 0501	日 石
名古屋シェル石油販売株式会社	名古屋市西区牛島町107	(54) 6757	シ ル
株式会社 沢田商行	名古屋市中川区富川町3の1	(36) 3151	丸 善
株式会社 三油商會	名古屋市中区南外堀3の2	(23) 7721	大 協
三徳商事名古屋営業所	名古屋市中村区西米野1丁目38番地の4	(48) 2070	昭 石
北陸ビューメン株式会社	金沢市有松町26番地	(41) 6795	エル
朝日瀬青大阪支店	大阪市西区南堀江5の15	(531) 4520	大 協
枝松商事株式会社	大阪市北区葉村町78	(361) 5858	出 光
富士アスファルト販売(株)	大阪市西区京町堀3の20	(441) 5195	富士興産
平和石油株式会社	大阪市北区宗是町1	(443) 2771	エル
株式会社 清友商會	大阪市北区梅田町7の3	(361) 1181	三 石
丸一石油株式会社	大阪市福島区鷺洲本通1の48	(451) 7601	丸 善
松村石油株式会社	大阪市北区絹笠町20	(361) 7771	丸 善
丸和鉱油株式会社	大阪市東淀川区塚本町2丁目22番地の9	(301) 8073	善 善
三菱商事大阪支店	大阪市東区高麗橋4の11	(202) 2341	石 石
中西瀬青大阪営業所	大阪市北区老松町2の7	(341) 4305	三 日
日本建設興業株式会社	大阪市東区北浜4の19	(231) 3451	日 石
(株)シェル石油大阪発売所	大阪市北区宗是町1	(441) 6631	エル
三徳商事株式会社	大阪市東淀川区新高南通2の22	(391) 1761	昭 石
東京通商大阪支店	大阪市東区大川町一番地	(202) 2291	日 石
梅本石油株式会社	大阪市東淀川区新高南通1の28	(392) 0531	丸 善
山文商事株式会社	大阪市西区土佐堀通1の13	(441) 0255	日 石
株式会社 山北石油店	大阪市東区平野町1の29	(231) 3578	丸 善
北坂石油株式会社	堺市戎島町5丁32	(2) 6585	シ エ ル
川崎物産株式会社	神戸市生田区江戸町89	(39) 6511	昭石・大協
株式会社 小山礦油店	神戸市生田区西町33	(3) 0476	丸 善
入交産業株式会社	高知市大川筋90	(3) 4131	富士・シェル
丸菱株式会社	福岡市上土居町22	(2) 2263	シ エ ル
烟礦油株式会社	北九州市戸畠区明治町5丁目	(87) 3625	丸 善
共栄石油株式会社	福岡市天神3丁目4番地3号	(75) 7634	昭 石