

# アスファルト

第7巻 第41号 昭和39年12月 発行

## ASPHALT

41

社団法人 日本アスファルト協会

# ASPHALT

目 次 第 41 号

ヨーロッパ諸国の舗装工法について.....	村山柳太郎 中島彬博	2
加熱式アスファルトコンクリートの 過剰転圧と過剰締固めについて .....	関 勇三郎	14
Introduction to Asphalt 連載第23回 .....	工藤忠夫	18
まあしゃるてすと.....	明日春人	21
アスファルト剝離防止添加剤について.....	市川良正 邑上親由	25

読者の皆様へ \*\*\*\*

“アスファルト”第41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旨として，需要家筋の皆様と生産者側との技術の交流を果し，より一層秀れたアスファルトをもって，皆様方の御便宜を図ろうと考え，発刊致しているものであります。

本誌は隔月版発行であります，発行毎に皆様のお手許へ無償で御贈呈申し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ひ致します。

社団法人 日本アスファルト協会

\*\*\*\*

VOL. 7, No. 41 December 1964

**ASPHALT** Published by **THE JAPAN ASPHALT ASSOCIATION**

Editor • Isamu Nambu

# ヨーロッパ諸国の舗装工法について

村山 柳太郎  
中島 彬 博

## § 1. はしがき

今春（昭和39年5月初旬より7月初旬迄）約2ヶ月間、デンマーク、ドイツ、イギリス、フランス、オランダ、イタリア等欧州の道路や舗装工事を見学したり実習したりする機会を得、帰国後、舗装研究会より命ぜられ報告したものを、同研究会のすすめにより、まとめて発表することに致しました。

私共の様に語学力が不足で、唯漫然と短期間眺めて来た者の報告でございますから、その見た所は極めて皮相であり、その聞いた所は誤謬に満ちていることと思ひます。

先輩諸兄、御高覧の上御教示をいただければ幸これにすぐるものはないと思ひます。

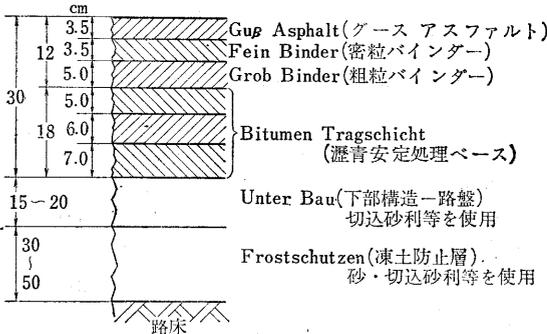
## § 2. 道路の構造について

### A 舗装体の構成について

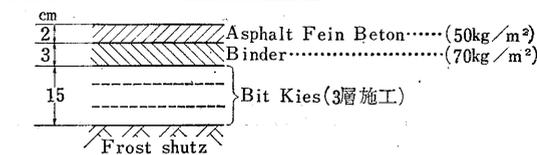
欧州諸国の自動車道路の構成の特異点は

- (1) 瀝青安定処理ベースが広く用いられていること。
- (2) 表層（耐磨耗層）は一般に薄く緻密なもの（例えばグースアスファルト、ホットロールドアスファルト）等が用いられていること。

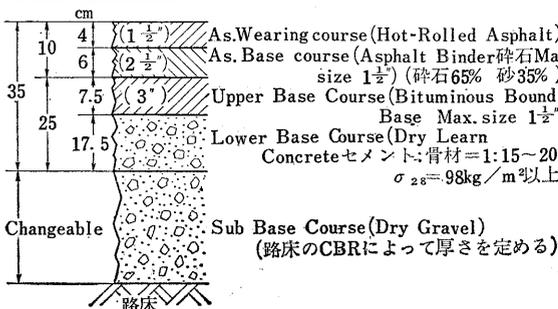
### ドイツ (Auto-bahn)



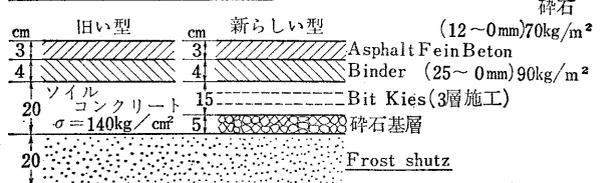
### ドイツの地方道 (Landstraße) の構造



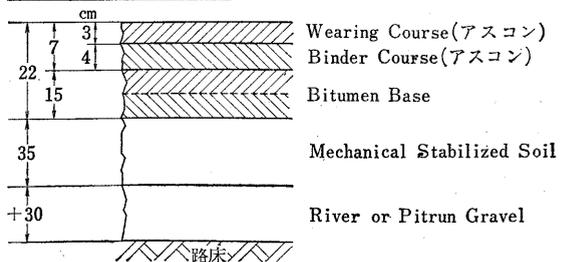
### イギリス (Motor-Way)



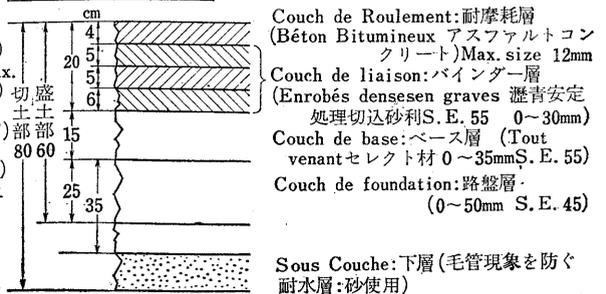
### ドイツの国道 (Bundesstraße)



### イタリア (Auto-Strada)



### フランス (Auto-Route)



(註) S. E. = Sand Equivalent (砂のよごれの程度を示す) 清浄な川砂80% よごれた川砂20%

(3) 道路の中央部、路肩部に於ける表面、路体の排水に特に意を用いていること。等が挙げられる。

図-1 は欧州各国の代表的自動車道路の構成図である。

註 1)

Guß Asphalt の配合 (一例)

碎石 (12~2 mm) .....	41%	(41)
砂 .....	25	(25)
ファイラー (0.09mm通過) .....	24	(25)
アスファルト (B-45) .....	8	(9)
Epuré (トリニダット・レーキアスファルト) .....	2	
100%		(100%)

(Epuré 中には Bitumen, Tiller 夫々50%含有)

Fein Binder (一例)

碎石 (18~12mm) .....	25%
" (12~8 " ) .....	15
" (8~5 " ) .....	20
" (5~2 " ) .....	10
砂 (自然砂) .....	25
ファイラー .....	5
100%	

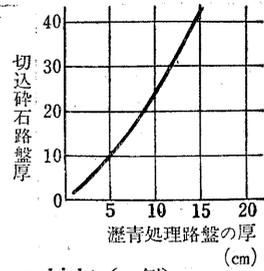
アスファルト (B-80) .....

Grob Binder (一例)

碎石 (25~18mm) .....	30
" (18~12 " ) .....	18
" (12~8 " ) .....	10
" (8~5 " ) .....	8
" (5~2 " ) .....	8
砂 (自然砂) .....	21
ファイラー .....	5
100%	

アスファルト (B-80) .....

図-2



Bitumen-Tragschicht (一例)

切込砂利を用い別名 "Bit-Kites" と呼ばれている切込砂利 (35mm~0 ) .....	61%
碎石 (25mm~12mm) .....	30
ファイラー .....	5
アスファルト (B-80) .....	4
100%	

但し下部の二層は切込砂利のみ

B アスファルト・ベースについて

欧州では広くアスファルト・ベースが用いられており、そのほとんどが地方骨材を利用した加熱混合式工法である。

これは瀝青安定処理ベースが次の如き長所を有するからである。

(1) 路床への圧力分布が良好で、交通による衝撃を吸収低減するので路盤厚を減ずることが出来る。

例 1) 米国ワシントン大学試験道路による実験結果; 瀝青処理路盤の碎石路盤との等価厚 (図-2 参照)

例 2) AASHO テストロードの実験結果: 相対強度係数

アスファルト安定処理基層 (砂利使用 粗粒度)	0.34
砂混じり砂利基層	0.07
碎石基層	0.14

(2) 現地産のセレクト材を使用出来るので経済的で

図-3

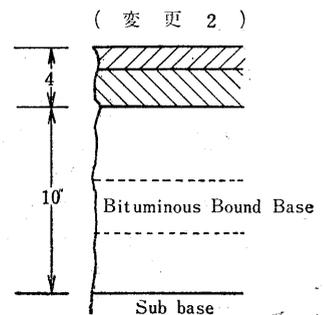
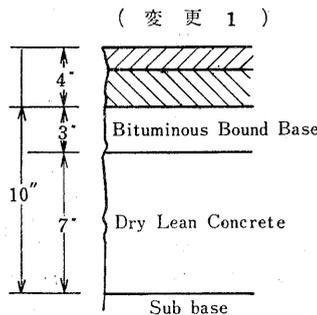
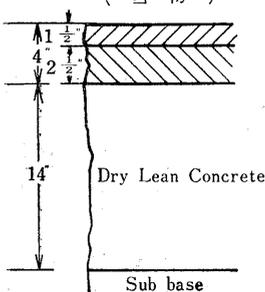


表-1 Bituminöser Unterbau (瀝青安定処理ベース) の規格

交 通 量	軽 交 通	中 交 通	重 交 通	極 重 交 通
マーシャル安定度 (60°C kg)	+ 200	+ 200	+ 300	+ 300
フロー (1/10mm)	10 ~ 40	10 ~ 40	10 ~ 40	10 ~ 40
空隙率 Type	A	B	C	A B C
VO 1%	2 ~ 20	2 ~ 16	2 ~ 12	2 ~ 16 2 ~ 12 2 ~ 10
抽出アスファルトの原アスファルトに対する軟化点 (R & B) の上昇 (°C)	8 以 内			
転圧: マーシャル供減体に対する比重の比	下部の層に対して	90%+		
	上部の層に対して	95%+		

	骨材の Max. size	アスファルト量 %	
		砕 石	砂 利
A: サンドアスファルト タイプ	—	4.8 ~ 6.0	4.5 ~ 6.0
B: 細粒, 密粒 タイプ	35mm	4.0 ~ 5.0	3.7 ~ 4.8
C: 粗粒 タイプ	35mm	3.8 ~ 4.8	3.5 ~ 4.2

ある。

- (3) 撓み性であり、路床、路盤の変形に順応出来、収縮クラックも出ない。

例) 英国の Motor way M-1) で当初セメント処理ベースを採用したが、収縮クラックが生じ表面まで Reflection Crack が出て来た為、瀝青処理ベースに変更された。(図-3 参照)

- (4) 耐水性の為に耐久的である。  
 (5) 表層用のアスファルトプラントを兼用出来るので、別にプラント設置費用は不要である。

尚、参考の為にドイツの瀝青安定処理ベースの規格を挙げておく。Taschen-Jahrbuch Straßenbau 1964 より抜萃 (表-1 参照)

C アスファルト・サーフェスについて

I. Guß Asphalt

ドイツでは Auto-bahn の表層には全面的にグース

- ・アスファルトを採用していた。
- ドイツに於ける舗装の単価は  
アスファルト・コンクリート

$$4,500\text{円}/\text{T} (50\text{D} \cdot \text{M}/\text{T})$$

グース・アスファルト

$$9,000\text{円}/\text{T} (100\text{D} \cdot \text{M}/\text{T})$$

と大体グースは一般アスコンの2倍の価格であるが

- (1) 空隙がなく、水密性が大きいので老化、透水性に対する抵抗性が大きく耐久性に富む
- (2) 耐磨耗性が大きい
- (3) 振動や衝撃に対する安定性が大きい
- (4) 舗装面はチップングされた砕石が程よくアンカーされて高度のすべり抵抗性を長期間持続する。

等の特徴の為に特に Auto-bahn 等の様に高速、

重交通量で補修工事が困難の所には最適であるとのことでした。グースの施工はドイツ連邦政府から出されている "Technische Vorschrift und Richtlinie für den Baubituminöser Fahrbahndecken" Teil 6 によるが、特に目新しく感じたことは、

- (1) Kocher (クッカー) は Wibau社, Linhof社, Hänne 社製のものが広く用いられているが、特に Linhof 社製の3.6~4 Ton のものが機構が簡単で頑丈でよいとのことであった。
- (2) Kocher の中で Guß を加熱している時間は大体45分~1時間位で温度220°C程度であった。
- (3) Kocher の容量は大体3.5 Ton で、グースを現場で出し終ると予め計量して各 Kocher 毎に積んで持って来ていた Epuré (トリニダットレーキアスファルト精製品) を70kg (全合材が3.5 Ton であるので2%に当る) Kocher の中に投入し、攪拌溶解しながらプラントに帰り、この上にグースの合材を投入していた。

Epuré は一般にドイツでは高価でアスファルトの2倍ぐらいするが (アスファルト価格130~150 D・M/T, Epuré 価格270 DM/T) Auto-bahn の表層グース用には必ず用いていた。効果としては

- a) 舗装体をねばり強くする
- b) 施工時の Workability を増し舗装し易くする

等が挙げられているが、a) に就いては実証がなく、唯単に施工し易くする為のみ慣習的に入れているようである。

- (4) Guß 舗設時の Finisher の通るレールは独乙国鉄規格のもので頑丈なものであった。その為、唯コンクリート縁石上においただけであり、十

図-4  
(当社のもの)

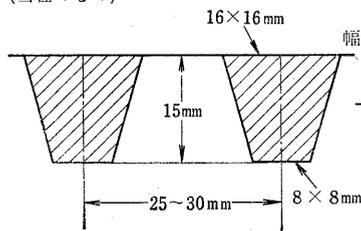


図-5

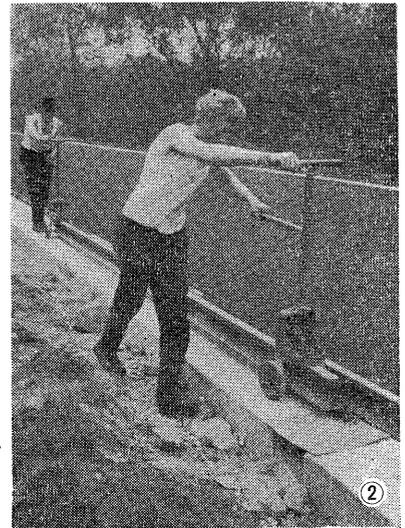
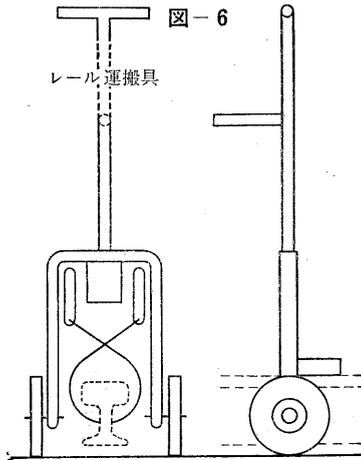
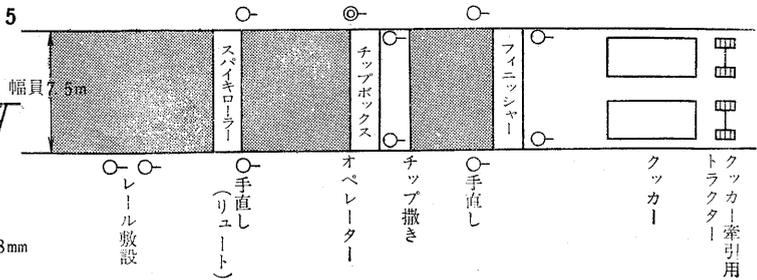


写真-3 舗設現場に到着、グース排出の順番を待つ Kocher 群

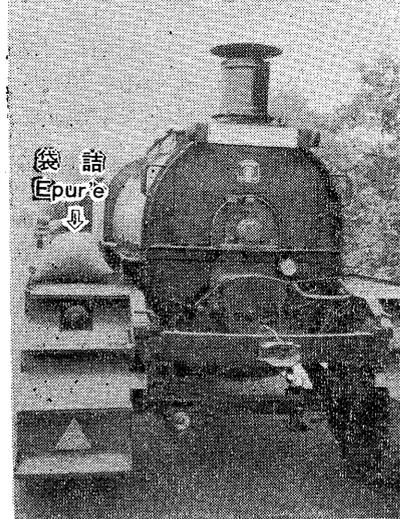


写真4 各 Kocher は 70kg (35kg詰袋を2袋) の Epure を持参、グース排出が終れば Kocher 中に投入アシテイトしながらプラントへ帰る

分平担な仕上がりが期待出来るようであった。レールを移設するのに図-6の如き運搬器を工夫してうまく処理していた。

(5) Chips は Moräne (8~2mm) 70%, Synopal (8~5mm) 30%の混合物でアスファルト 0.8%の Premix 処理したものを 8~11kg/m<sup>3</sup> 撒布している所もあった。その中 2~3kg/m<sup>3</sup> はとぶので交通開放前に Sweeper で清掃する

Chips は Stachel walze (又は Riffelwalze とげつきローラーのこと) で Guß の中に押込むのではなく自重で入る様に施工しなければならぬと云っていた。

尚、孔の深さは12~10mm ぐらいであったものが、最近では 6~4mm と浅くなって来る傾向にあるとのことであった。(日本のもの図-4 参照)  
(9) 舗設の人員配置は図-5の如くであった。

1日の舗設面積 4,500m<sup>2</sup>(12hrs/day)

合 材 400T/day

Kocher 13台

(7) Guß Asphalt 施工上の注意事項として現場監督が次のことを挙げていた。

- a) 故障の Kocher を見込み、十分な数の Kocher を用意すること。
- b) Guß の温度管理を十分にやること。
- c) Riffelwalze での Chip 押込みが一樣に行く様に注意する。
- d) 作業員は十分な数を投入する。
- e) Kocher の 2台目から sampling して直に品質管理をはじめる。
- f) 作業終了時に Kocher にのこった Guß は一旦出して翌日の作業のときに各 Kocher に少しづつ分けて投入する。
- g) Kocher の整備員を専門につける。(以上 図-6, 写真1~4 参照)

## II. Hot Rolled Asphalt

Hot Rolled Asphalt は一口に云えば細目の砂のアスファルトマチックの中に単粒の砕石の入った様な混合材を敷き均し、転圧前に precoat したチップス(20~10mm級)を撒布し、転圧、圧入して仕上げた工法であり、特徴としては、

- (1) 非常に緻密な舗装であるので耐水的であり、従って耐久性がある。湿潤な気象条件の所に適する。
- (2) プレコートした大粒のチップス(20~10mm)を転圧、圧入してあるので、表面がすべらない肌目を呈する。

等が挙げられているが一部では英国では粒度のよい砂がなくなり、海岸の細目砂しか利用出来ないのかかる工法が発達したとも云われ、亦アスファルト使用量が多いので舗装業者が喜ぶとも皮肉な技術者もある。一般にアスファルトとして Pen 40/60の硬いアスファルトを使うことから見て、英国の様な涼しい所でもこんな硬いアスファルトを使わねば波の恐れがある程、安定度に難点があるので、日本の様な暑い地方には向かないと思うと忠告してくれる英国人もいる。何れ日本に導入する場合にはそれ相当の改良、修正を加える必要はあると思われるが、寒冷、湿潤な地方に適する特質は高く評価すべきであると思われる。

Hot Rolled Asphalt の施工は英国規格協会の B.S 594 : 1950 に規定されているが実際に見たものに就いて以下に略述する。

### 1. 粒 度

図-7

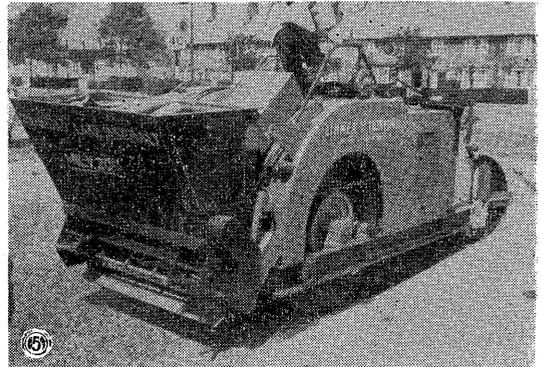
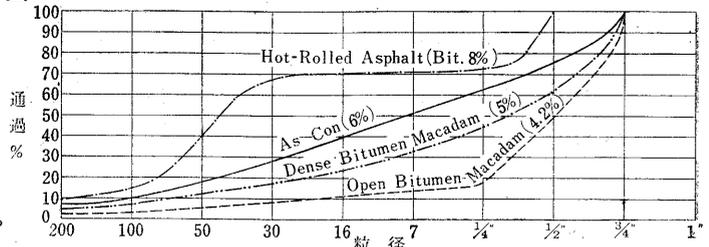


写真-5 チップスブレッダーボックス付のローラー

図-8 金網(目3×5cm)

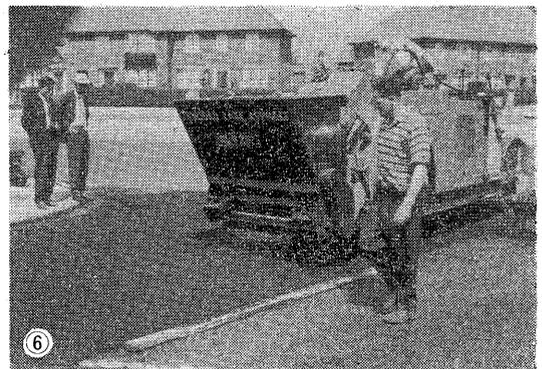
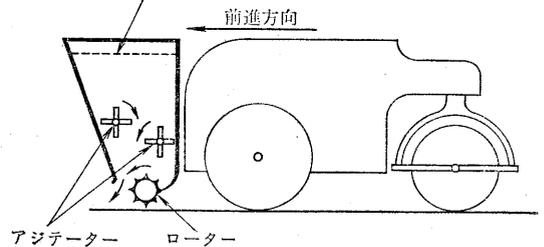


写真-6 チップスを撒布しながら転圧して行く

Hot Rolled Asphalt の代表的粒度は図-7の如く他の舗装工種に比べ極めて特異な Gap grading を示す。

## 2. アスファルト

Hot Rolled Asphalt に用いるアスファルトは一般に

- a) 石油アスファルト (針入度 40/60)
- b) 石油アスファルトと Epuré (トリニダットレーキアスファルト精製品) と (針入度190/210) を60:40の比率で混合し、針入度60/40の硬さにしたもの。
- c) Pitch Bitumen : 石油アスファルト (針入度60/40) とタールピッチを80:20の比率に混合したもの。

が使われている。

Pitch Bitumen は Epuré を混合するのと同じ効果があると称されているが実際には英国が余剰タールを海外に輸出する為の宣伝的国策に沿ったもので、Bitumen 単体の方がむしろよいのだと云う技術者も多い。

英国 (Leicester の付近の現場) でのアスファルトの価格は次のようである。

石油アスファルト	14,500円/T
Pitch Bitumen	15,500 "
Epuré	19,500 "

## 3. 舗 設

Hot-Rolled Asphalt (加熱混合式、フィニッシャー舗設通常 Wearing course としては1 $\frac{1}{2}$ ''厚) を舗設し、転圧する前に precoat したチップス (通常 $\frac{3}{4}$ ''程度の大粒のもの) を手撒き亦はローラの前にスプレッドボックス (写真-5, 6 参照) をつけたもので10~12kg/m<sup>3</sup>程度撒布し転圧、圧入して仕上げる。

Precoat chips は通常

砕石 (花崗岩を使用) $\frac{3}{4}$ ''径	
アスファルト	1.5~2.0%
ファイラー	1.5~2.0%

表-2

	軽交通	中交通	重交通	備 考
砕石 (3 mm以上)	46.5%	51.2%	56.0%	Max size は厚さにより異なる
スクリーニングス (3~0 mm)	41.5	37.2	32.8	
ファイラー (炭酸カルシウム石粉)	5.0	5.0	5.0	
タール	0.7	0.7	0.7	
アスファルト (pen700)	6.05	5.65	5.30	重交通の場合は pen 300又は100~200を使用
オイル (重質フラックス・オイル)	0.25	0.25	0.20	オイルは寒冷時のみ使用
計	100.00	100.00	100.00	



図-9

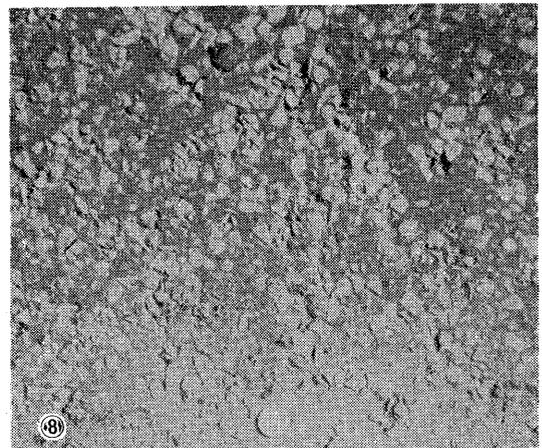
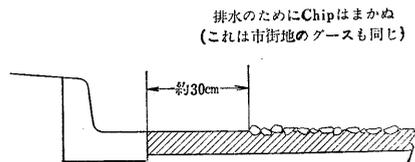


写真-8 交通にサービスした後、Chips を Coat したアスファルトが剝離し、骨材 (花崗岩) の肌目が出た。Hot Rolled Asp の表面

をこの順序でプラントで加熱混合したもので、chips 同志がくっつかない様に混合後、ダンプトラック上で注水冷却して居た。舗設時にも注水してローラのスプレッドボックスに投入していた。(写真-5~8, 図8, 9参照)

図-10 Rolling Test Machine

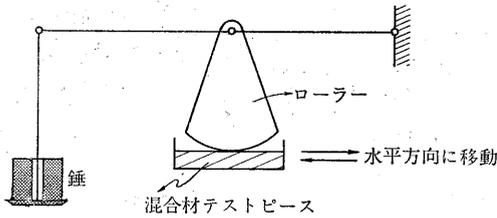
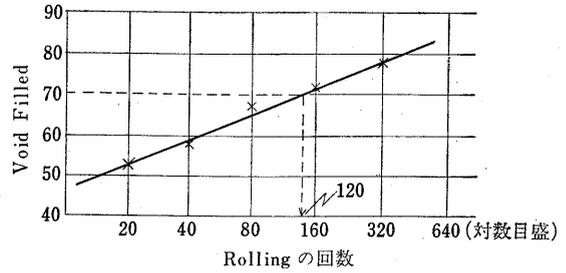


表-3

交通量	骨 材 粒 径								
	0 / 3 mm	0 / 5	0 / 6	0 / 8 mm	0 / 10	0 / 12 mm	2-5 5-10	3-6 6-12	3-8 8-12
重交通	150 < n 70 < 300	300 < n 70 < 600			400 < n 70 < 800		600 < n 70 < 1,000		
中交通	80 < n 70 < 150	150 < n 70 < 300			200 < n 70 < 400		300 < n 70 < 600		
中軽交通	40 < n 70 < 80	80 < n 70 < 150			100 < n 70 < 200		150 < n 70 < 300		
軽交通	20 < n 70 < 40	40 < n 70 < 80			50 < n 70 < 100		80 < n 70 < 150		

図-11



(III) Carpet-coat

デンマークは海岸線にとみ、土質も砂質の良質材よりなり、交通も一般に軽交通が多いので道路はカーペット・コート (Carpet-coat) と呼ばれる1.5~2.5 cm 厚程度の薄層舗装を採用しており、かかる低廉(250円/m<sup>2</sup>程度)のもので全国の道路がほとんど舗装され尽くしていたことは、この国が自国独自の舗装政策をもち、成功を収めていることを物語るもので大いに見習うべきものと思われた。

- 1 配合 (一般的標準) (表-2 参照)
- 2 配合設定の方法
  - 1) 使用アスファルトの Pen. が 300 以下の場合には「マーシャル試験」による方法を採用、大体の規準として Void..... 2%, stability.....500~600kg となっている。
  - 2) 使用アスファルトの Pen が 300 以上の場合には「Rolling Test」による方法を採用している。(図-10参照)

(備考: このRolling Test Machine はデンマークの“OLUF HANSENS MASKIHFABRIK”社で製造している。)

このRolling Test Machine でテストの結果、rolling の回数とそのときの混合材の Void Filled の関係を図-11の如く表す。

このときの Void Filled の値が70% のときの転圧回数(n 70) が表-3 の範囲にある様に配合設定する。

3. 施工について
  - (1) カーペット・コートの混合順序は碎石にタールをまぶし、スクリーニングス、ファイラーを投入、最後にアスファルトを投入する。
  - (2) 表層の仕上り厚は30~45 kg/m<sup>2</sup> (15~25mm程度) が普通。
  - (3) 骨材の Max size は厚さにより 3, 5, 8, 10 12mmがある。



- (4) 転圧温度は80°C前後である。  
 (5) アスファルトは一般に Pen 700, 重交通には 300又は100~200を用いている。  
 (6) 舗設はフィニッシャー、グレーダー、スプレッダー等を用いている。(以上、写真9~10参照)  
 Carpet Coat の一種に既設舗装の overlay 用としての薄層舗装 Tapisable がフランスで盛んに行なわれている。

Tapi とは Carpet, Sable とは sand と云うフランス語で, Tapisable とは Sand Carpet Coat と云う意味である。  
 一層の厚さは平均1.5cm (0.6~2.4mm)である。

1) Tapisable の配合

- Crushed sand (3~0mm) .....40%  
 Natural sand (5~0mm) .....60%

100%

Bitumen (180/200) 6.85 } 7.4% for Total  
 Dopé 0.55 } aggregates

2) 施工

(i) 加熱混合式工法

仏国 Ets Lassailly Bichebois 社で開発したものの, 特許工法ではないが Dopé は同社の特許製品である。

(ii) 混合温度は130~135°C, 舗設温度は90~110°Cである。

(iii) Tack-Coat は不要, 但し side だけ乳剤で Tack-Coat を行う。

(iv) 1 m<sup>2</sup> 当り 240円/m<sup>2</sup> (3.2 F/m<sup>2</sup>, (混合材 1 t 当り 7,500円/T (1,000 F/T) である。

(v) フランスでは毎年約60万ton 程度施工している。(以上写真11~13 参照)

(vi) Surface-dressing

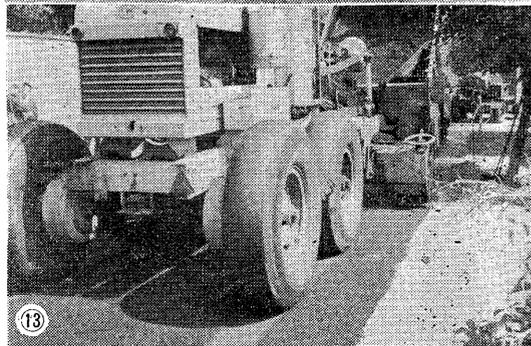
英国は道路の舗装普及率が 100 %の国である。地方の Secondary road で高級舗装をやっていない所は全部この Surface dressing を行なっている。(以上写真 14, 15. 図-12参照)



⑪

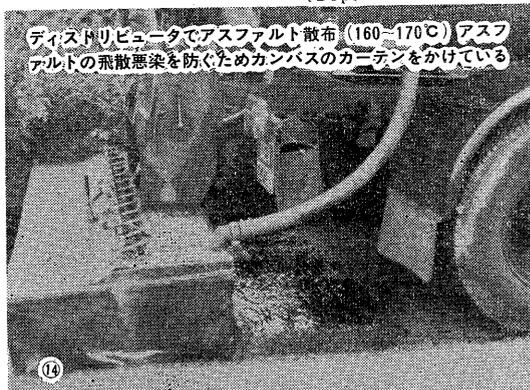
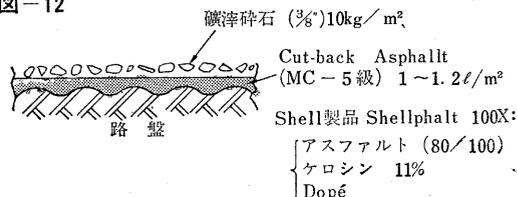


⑫



⑬

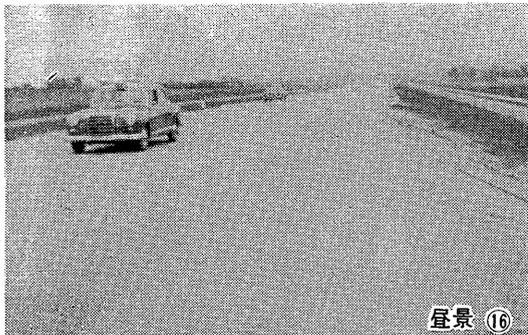
図-12



⑭



⑮



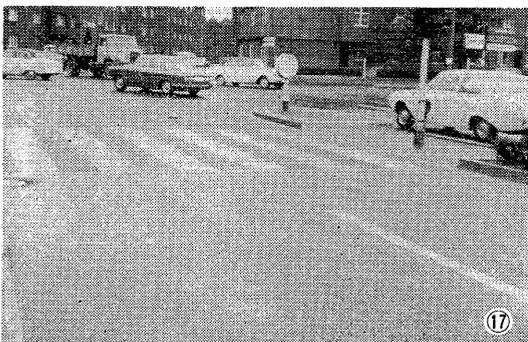
昼景 ⑬



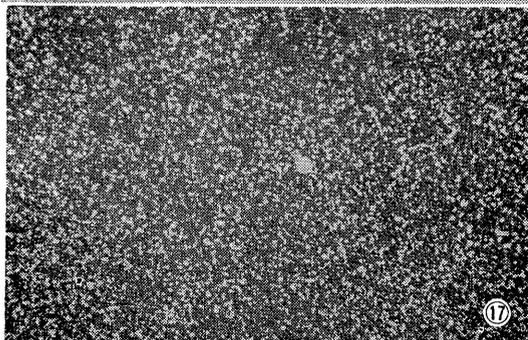
夜景 ⑬

写真—16 デンマーク・コペンハーゲンの近郊の  
Jyceimgeuej (ユーリンブ街) のシノパール舗装  
の昼景と夜景

配合 { シノパール (8~3 mm) 30%  
砕石 (花崗岩 8~3 mm) 37%  
砕石 (花崗岩 2~0 mm) 33%  
のカーペットコート舗装



⑭



⑭

写真—17 (上) アルミニウム粒による路面明色化  
舗装、ゼブララインの手前がアルミ粒撒布したも  
の (下) アルミ粒を撒布した路面

### § 3. 路面の明色化について

アスファルト舗装面を明色化して照明効果を挙げ、路面の障害物を早期に発見し、道路交通の安全を確保することは、自動車の性能が向上し、道路が改良され、道路交通が高速化されるにつれて、必要欠くべからざるものとなってきている。

我国でも近年、東亜合成KKより導入せられた白色人工骨材シノパールの試験施工が、各地で小規模ながら行われ、その効果が認められつつあるが、まだ一般には「路面の明色化」に対する認識は低調である。

デンマーク、ドイツの道路を見て彼等が、この路面の明色化に想像以上の努力を傾注していることに驚かされた。アスファルト舗装の骨材に、デンマークで生産されているシノパールやルクソビット等を骨材に混ぜて使っている他に、これらの製品が輸送費の関係で割高になる地方では、天然の白色骨材を選定して一般骨材に混ぜて使用することを規定されているし、また我々の常識では高価と思われるアルミニウムの粒を路面に撒布圧入してまで路面の明色化に意を用いている現状を見て、改めて路面の明色化ということがそんなに高速交通に対して必要なものかを痛感させられた次第です。

現在デンマーク、ドイツ等で用いられている路面明色化の方法について見て来た2~3の例について紹介する。

#### a) ルクソビット (Luxvite)

デンマークで初期に開発された白色の人工骨材で、天然の珪砂土を焼成して得たものである。通常5mm~0mmの粒度で舗装骨材の25~40%まで使用する。舗装が供用開始されると表面がすりへって白色のルクソビットが露出し、良好な明色化効果を挙げる。

但し欠点として

- i) 粒度が不定で粉末分が多いと混合材の安定度が悪く波をうつし、品質管理が困難である。
- ii) 肌目が Porous でアスファルトを吸収するのでアスファルト分がよけいに必要である。等が挙げられている。

#### b) シノパール (Synopal)

ルクソビットの欠点を是正した新しい白色人工骨材で珪砂、ドロマイト、チョーク等を2回に亘り溶融焼成したもので、粒径別に、0~3mm、2~5mm、5~8mm、8~12mmと篩分け市販している。デンマークのシステッドという町に工場があり、年間約75,000屯を生産し、広く欧州各国に輸出している。白色の結晶化した極めて堅硬な人工骨材

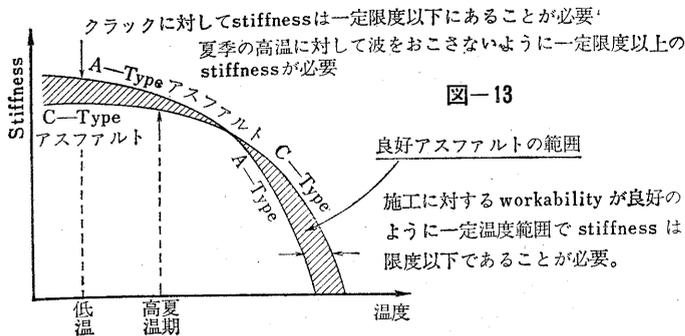


図-13

で、舗装に他の骨材の中に25~40%混ぜて施工すると舗装表面の摩耗につれて純白の肌目を現わし、光を乱反射して、舗装面の明色化に極めて効果的であるばかりでなく、Porousで堅硬な肌目は高いすべり抗抵性を示す。

価格は北寄ドイツ地方で、1屯当りLuxviteが約6,000円、synopalが7,200円程度であった。

(写真-16参照)

#### c) アルミニウム粒

ドイツのデュッセルドルフ市のメクム街に延長約300mに亘ってアルミニウム粒による明色舗装が1962年に施工され、いまなお良好な路面明色状況を呈していた。その後、駅前やその他にも試験舗装が施工されて好評を得ている様である。

この工法は、アルミニウム粒(5~2mm)をアスファルトコンクリート舗設後、約1kg/m<sup>2</sup>程度撒布して、ローラで転圧、圧入する工法で、工費は1m<sup>2</sup>当り約400円程度とのことである。(写真-17参照)

#### d) 白色天然骨材の利用

西ドイツの首都ボン近くのアウトパン(ケルン

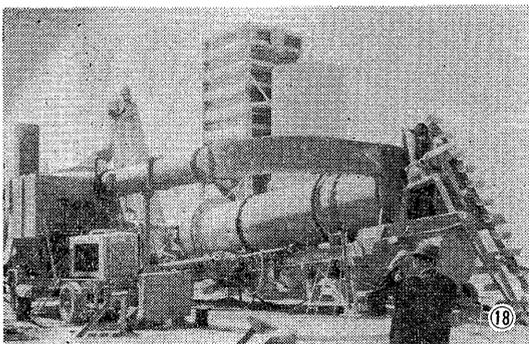


写真-18 2種のフィラーサイロをもったアスファルトミキシングプラント  
中央四角の塔が消石灰用サイロ、その右の円形塔が炭酸カルシウム石粉用サイロ

フランクフルト線)の補修工事現場を見学したが、表層の密粒アスコンを施工する際に白色の破碎砂利を混入していた。

これは前記の白色人工骨材が、南部ドイツでは運賃が高く不経済となるので、ライン河の砂利の中、白色のものを破碎して表層の場合、全骨材量の約20%程度混入することを規定してあるためだとのことであった。路面の明色化はこうしてまでも達成されねばならぬ近代道路の要素であるのかと今更ながら驚かされた。

#### § 4. その他の興味ある工法、資材について

##### a) アスファルトの性質改良について

一般に舗装の締結材としてのアスファルトは骨材によく附着する adhesion (附着力) と、一旦くっついたら変形に対するそれ自身の抗抵性 cohesion (凝集力) が大きいことが必要であるが、アスファルトは熱可塑性の物質であり、温度に対して性質が変化するので、次の様な性質が要求される。

- i) 高温において：施工に対して Workability が良好でないと、どんな良質のアスファルトでも施工が困難では良質の舗装はできない。即ち実用的な加熱温度の範囲内で混合、舗設ができる或る限度以下の stiffness—粘性が必要である。
- ii) 日照温度において：舗装面が太陽の直射日光により上昇する温度において、アスファルトは車両の輪荷重下において波を起こさないだけの stiffness—弾性係数が必要である。
- iii) 低温において：冬期の低温において輪荷重の衝撃に対してクラックが生じない様に低温の stiffness—剛度は或る限度以上に高くしないことが必要である。(図-13参照)

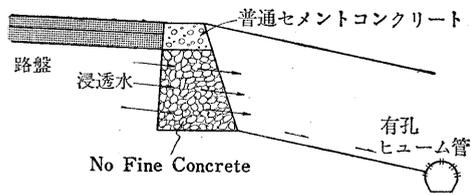
このためにアスファルトの製造過程において PI (Penetration Index) の改良処置が、特別にとられていた精油所もあるくらいで、欧州におけるアスファルトが単なる石油精製のカスではなく、舗装資材という製品であると考えられていることは羨やましいことであった。

この他にアスファルトの品質改良の方法として dope (界面活性剤) Epuré, Tar Pitch 等の添加やフィラーとして炭酸カルシウム石粉の他に消石灰の併用等が行われている。

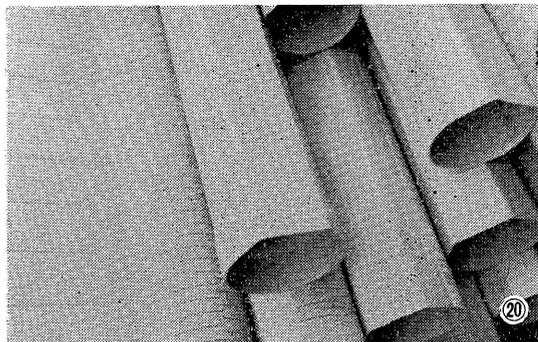
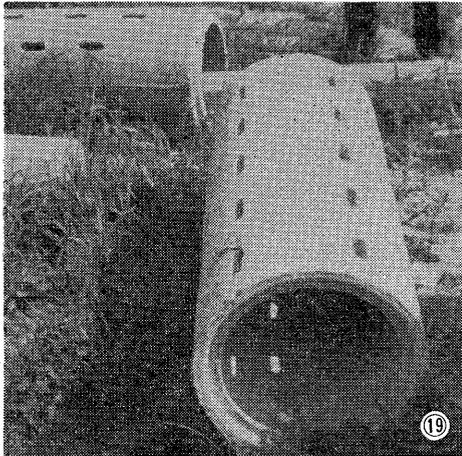
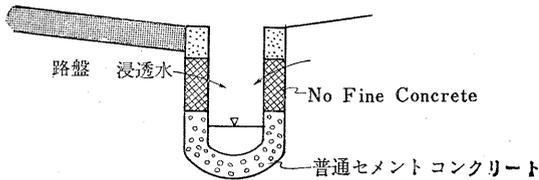
##### Pitch-Bitumen

英国では英国独自の表層 Hot-Rolled Asphalt 工

図-14 使用例-1 (舗装止緑石)

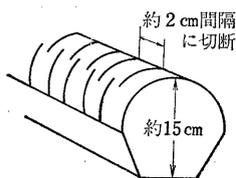
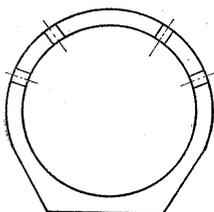


使用例-2 (U型側溝)



コンクリート集水管

ビニール集水管



法に Pitch-Bitumen と称する。タールピッチ 20~25%とストレートアスファルト80~75%を混合したバインダーが用いられている。合成した Pitch-Bitumen の針入度に一般に 40~60 で、トリナダットアスファルトを混合したものに性質が似て来るといわれていますが、一部には英国が自国のタールを外国に売る為の国策で、性質は却って悪くなった上に値段は高くなると悪口をいっている英国技術者もいた。

因みに英国の中部でストレートアスファルト 1 屯当り 14,500 円, Pitch-Bitumen 15,500 円, Epuré は 19,500 円とのことであった。

**Epuré**

トリナダット・レーキ・アスファルトを精製したもので、一般に Epuré として独乙のグースアスファルト用のアスファルト、英国のホット・ロールド・アスファルト用のアスファルト等の添加物として欧州ではアスファルト（欧州では我々が米国式にアスファルトと呼んでいるものは、ピチューメンと呼び、ピチューメンと鉱物質フィラーとの混合物をアスファルトと呼んでいるが、ここでは我国の慣例に従う）の性質改良剤として広く用いられている。

i) Epuré の成分

一般的に次の様な組成から成る

ピチューメン (CS <sub>2</sub> に可溶分)	54.0%
鉱物質	36.5%
試験中に消失する鉱物質	
鉱物質に吸着されて分離出来ないピチューメン	
鉱物質の結晶水	
有機質物	
等不確定物	9.5%

ii) Epuré の性質

比重	1.4
モース硬度	1~2
針入度 (25°C, 100gr, 5 sec)	2
軟化点 (R&B法)	95°C
フラース脆化点	14°C
蒸発減量 (163°C 5 時間)	1.1%

iii) Epuré の使用法

グース・アスファルトの場合は前に述べたので、ここでは Hot-Rolled Asphalt の場合について述べる。針入度 (190~210) のアスファルト 60%に Epuré 40% の比で Stürrer と称するタンクに入れて加熱攪拌して、針入度 40~60 の合成バインダーを製造し、これを普通のアスファルトの様にして用いる。

図-15 イタリア

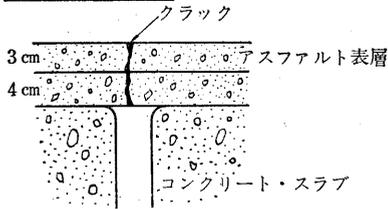
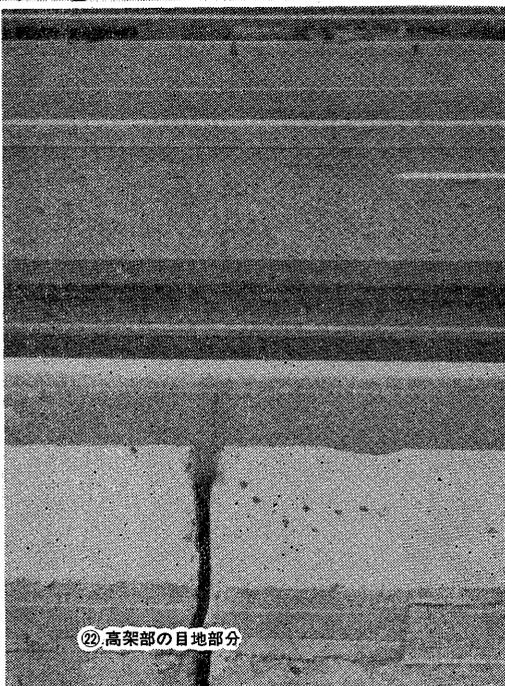
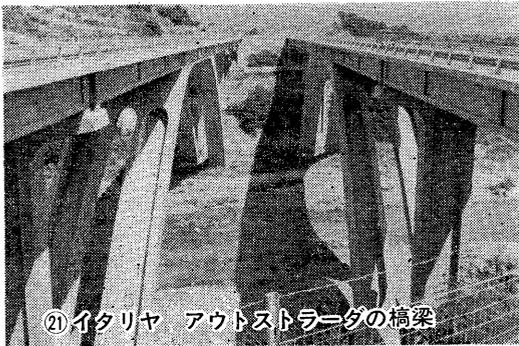
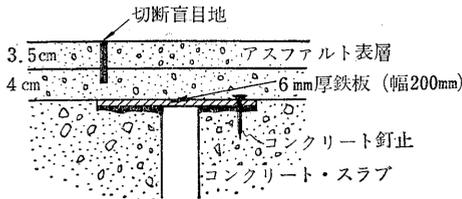


図-16 日本の 研究中的のもの



iv) Epuré 添加の効果として次のことが挙げられている。

1. すべり抗抵性が増大する
2. 耐久性が増し、維持修繕が少なくてすむ
3. 舗装の色が明るくなる。
4. 安定度が増し波が打ち難くなる。

a) 消石灰フィラーの添加

フランスのオート・ルート（高速自動車道）ではアスファルト舗装のフィラーとして炭酸カルシウム石粉— $\text{CaCO}_3$  に消石灰— $\text{Ca}(\text{OH})_2$  を2%程度、併用してアスファルト合材の耐水剝離性を補強している。ほとんどのプラントが二種のフィラーの為に異形の二種のフィラーサイロを準備していた。

フランスでは消石灰の値段は炭酸カルシウムの値段（3,700円/吨）より僅かしか高くなく、Dope を使うより経済的だとのことであった。（写真-18参照）

b) 透水性コンクリート“No Fine Concrete”について

英国では道路路盤、路床の排水を良好にする為に“No Fine Concrete”と称する細骨材なしの Porous なコンクリートを路肩の縁石や舗装止やU型側溝に用いていた。

これは { セメント ..... 1  
 破碎砂利20mm単粒 ..... 5

の配合のもので4週圧縮強度が約  $70\text{kg}/\text{cm}^2$  とのことであった。（図-14参照）

c) 集水管について

色々の異形の集水管が作られて使用されていた。（写真-19, 20とその下図参照）

d) 高架橋コンクリートスラブ上のアスファルト舗装の目地について

イタリアの高速自動車道 Auto-Strada (Firenze-Rome間) の高架橋で、コンクリートスラブ上のアスファルト舗装は目地なしで仕上げ、何等の処置も行っていなかった。

従ってコンクリートスラブの目地の部分のアスファルト舗装には一直線にクラックが入っていたが、別に交通には障碍とならず、フィニッシャーで連続施工の為、却って平坦で乗り心地がよかった。

（図-15, 写真21, 22参照）

日本でも図-16の如き高架橋上の舗装の目地が試作研究されていたときだけに興味深く思っ見て来た。

〔村山氏；日本舗道(株)業務部。 中島氏；同社技術部〕

# 加熱式アスファルトコンクリートの過剰転圧 (Overrolling) と過剰締固め (Overcompaction) について

.....Mr. Albert Love の見解

関 勇 三 郎

## 1. はじめに

名神の本格的工事がそろそろ着工されるという頃、現場の若い監督員や試験を担当する技術者達と、Mr. Love を囲んで、それぞれの業務に対する心構えや、過去の経験から、技術上特に問題になった点、およびその解決策などについて意見をお聞きしたことがあった。たまたま話題が“加熱式アスファルトコンクリート (以下、単に混合物という) の転圧方法”になったとき、ある担当員が“加熱式アスファルトコンクリート舗装 (以下、単に舗装という) の過剰締固めとその影響について”質問するにおよんで、計らずも“舗装の過剰転圧と過剰締固めについて、彼の見解を得ることができた。彼の見解は、特に、アスファルト関係の舗装工事に直接従事している技術者にとって、参考になる点があるのではないかと思われるので、内容を、あまり固苦しくなく質疑応答形式で紹介してみよう。

(文中、\* の項は筆者の註)

混合物の配合設計を検討するとき、技術者はよく、“舗装の密度が高過ぎる (空隙率が低過ぎる) と、舗装が不安定になり、その結果、波が発生し (waving)、わだちがつき (rutting)、押し動かし (shoving) が生じたり、アスファルトが表面ににじみ出たり (bleeding) する”という注意を受け、また一方、舗装方法の検討になると“混合物をできる限り完全に締固めるように、ただし混合物を過剰に転圧してはいけない”と注意される。

若い技術者達には、このような考えが、しばしば矛盾したものとしか思えず、かえって混乱してしまい、彼等は当然次のような質問をしてくる。「ある程度の空隙が必要なら、なぜ転圧によってできる限り高い密度を得る必要があるか？ 締固めが過剰になり、過剰密度を得る危険性があるのではないか？ また逆に、混合物をできる限り、完全に締固めるのが本当に望ましいことだとしたら、過剰転圧などあり得るだろうか？」と。

## 2. 密度について

内容を良く理解していただくためには、密度という言葉

葉から説明しなければならない。

密度は通常、gm/cc で表わされる物質の単位容積重量を示す。しかし、混合物の配合設計や施工に関連して使われる場合は、その使い方に応じて色々と違った特別の意味を表わす。

便宜上、ここで使用する用語を次のように定義して混乱をなくしたいと思う。

a. 密度百分率 (Density (%)) または % Density: 理論的最大密度 (gm/cc) に対する百分率で表わされた密度 (gm/cc)

当然この密度 (%) は空隙率の補充値である。例えば、密度98%の舗装は空隙として2%あることを示している。

b. 舗装の最終密度 (Ultimate Density): 舗装完成後、その供用期間を通じて、交通、歳月、温度変化の周期等の総合的影響が舗装に与える密度 (%)

どのような舗装でも、交通開放後は幾分密度を増加することが解っているが、その増加する割合は、交通量、交通荷重、最大温度と温度変化の範囲、混合物の性質、舗設時の混合物の締固め度等、多数の不定要因のかん数であるから公式化することはできない。さらにある舗装が、ある期間に得る最高密度はどの程度か、正確にいえる人は誰もいない。したがって「最終密度 (Ultimate)」という言葉は辞典的な意味ではなくて、実際の、近似的な意味にとらなければならない。

c. マーシャル密度 (Marshall Density): 標準マーシャル試験法で作った供試体の密度 (理論的最大密度に対する%, または gm/cc)

舗装の最終密度を規定することはできないので、一般に、標準試験法で締固めた供試体の最大密度を規定している。この測定は迅速にできるので、施工中、混合物の密度を簡単に調整することができる。マーシャル密度が97%、またはそれ以下 (空隙率が3%、またはそれ以上) の混合物で造られている舗装では、最終密度が高くなり過ぎて安定性を欠いたり、アスファルトがにじみ出たりすることはないということが、室内試験資料と長期

にわたる舗装の実働状態との相関性から解っている。ただし、この97%という値は、高速道路上に予期される輪荷重と、タイヤ圧には当てはまるが、どのような交通条件の場合にも適用できる一定の基準と考えてはいけない。

d. マーシャル密度百分率(Density (% of Marshall)) : マーシャル密度 (gm/cc) に対する百分率で表わされた舗装の密度 (gm/%)

仕様書には、一般に舗装の密度が、少なくともマーシャル密度の何%\* でなければならないかを規定している。この規定の目的は、ローラーによる十分な締固めの保証であって、上方限界は規定していない。

\*名神では、舗装の締固め率を、マーシャル密度(両面50回突固め)の96%以上と規定している。

e. 設計密度 (Designed Density) : 混合物の配合設計によって舗装に与えられる密度 (%)

混合、舗設、転圧の方法が一定であれば、仕上がり直後の舗装密度は混合物の配合設計に影響される。例えば、他の設計要因がすべて一定だとすると、使用アスファルト4%で密度が91.0%、使用アスファルト5%で密度が93.5%、使用アスファルト6%で96.0%の密度といったようなものである。

f. 転圧密度 (Roller Density) : ローラーが舗装に与える密度 (%)

混合物の配合設計が一定で、混合、舗設方法が同じであると、仕上がり直後の舗装密度は、転圧方法に影響される。例えば、同じ混合物であっても、ローラーの機種、接地圧、転圧回数、転圧温度等によって、舗装の密度は90%、93%、96%といった密度に転圧される。

### 3. 質 問

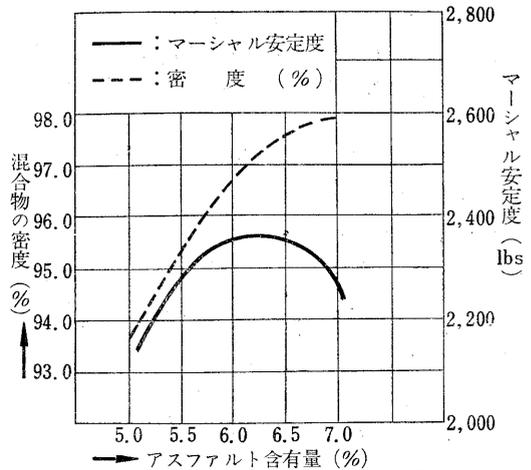
質問その1 : 何故できる限り完全に混合物を締固めようと努めなければならないか? 締固め過ぎて過度の密度を得る危険性があるのではないか?

註 : 本題の目的が、過剰転圧と過剰締固めの差異を明確にすることであり、今問題にしているのは過剰密度の場合だけである。したがって、ここでいう“適切に設計された混合物”というのは、密度が高くなり過ぎない混合物のことで、不十分な密度とは関係なく、これは全然別問題である。

a. 質問の前半に対して : 混合物の配合設計が適切であり、舗装の最終密度が高くなり過ぎないような混合物の場合、できる限り完全に締固めることにより次のような結果が得られる。

- (1) 最大安定法
- (2) 最大不透水性
- (3) 交通による表面変形が最少

図一 混合物のアスファルト含有量、密度 (%) とマーシャル安定度の関係



(1) 設計密度がある点を越えて増大すると、安定性は減少する。(上図参照)しかし設計密度が高過ぎない場合には、ローラー密度の増大と共に安定性は増大する。

(2) 透水性は舗装の耐久性にとって重大な因子である。アスファルトを酸化する空気の流通や、舗装の剝離飛散 (ravelling) の原因となる水の侵入を最少限にいく止めることが望ましい。交通によって密度が増大するのはもちろんだが、名神のように、仕上がった道路が開通するまでには若干の時間があり、その間の舗装の密度は、施工で得た密度だけであることを考えなければならない。交通はアスファルトを“生き生きした (alive)”状態\* に保つきわめて大きな要因であり、無交通はアスファルト舗装にとって、非常に悪いので、この無交通期間に、より良い耐久性を得るため、できる限り転圧密度が得られるように努力をするべきである。

(3) 路面一帯に均一に交通がゆきわたることは少ない。たいていの車はある程度同じコースを通るのが普通である。転圧密度が舗装最終密度よりはるかに低い所では、同じコースを多くの車が通ると、表面に縦方向の“みぞ”や“くぼみ”が生じる結果、舗装の走行性が悪くなるばかりか、横方向の排水も阻害されてしまう。したがって、こうした表面の凹凸を最少限に止めるためには、転圧密度をできる限り舗装の最終密度に近づける必要がある。

\*アスファルトはコロイド的な構造をもっているといわれており、このためにアスファルトがもつシキソトロピーな性質<sup>1)</sup>によるといわれている。シキソトロピーは、機械的な方法で惹起される集動的な“sol (液体状) → gel (固体状)”可逆変換と考えられる。シキソ

トロピーをもつ gel は外力の作用や振動によって簡単に液体状の sol になるが、そうして生じた sol は乱さないで静置しておくと、再び固化して gel にもどる。

したがって、余り交通が少ないと、sol→gel 現象のみが強く表われ、舗装の老化が早くなる。sol⇌gel 現象の卑近な例は、海辺などの砂面（細粒砂）を足や手で振動を与えた場合によく見られる現象である。

b. 質問の後半に対して：転圧方法とは無関係に、舗装の密度は年月や交通のために増加するものである。換言すれば、例え完全といえる程転圧したとしても、仕上げ直後の舗装の密度は、最終密度よりわずかながら低い、混合物の配合設計が適切ならば、最終密度が高くなり過ぎることはない。したがって“過剰締固め (Overcompaction)”を“過度の密度を得ること”と定義すると、設計が適切な混合物の場合には、過剰の締固めの心配はあり得ないといつてよいだろう。

c. 要約：舗装の密度が高過ぎるときには、混合物の設計に欠陥があるのであって、転圧方法が悪いのではない。“高過ぎる”とはどれ位か？ マーシャル密度何%といった値を持出すより、舗装自体を直接眺めることにしよう。舗装の密度が98%（空隙率が2%）を越えることが明確な場合、私ならば、混合物の再設計を真剣に考えるだろう。この値では一寸低過ぎるかもしれない。（この場合、現場密度、理論的最大密度の測定方法に何の間違いもないこと、またその値が代表的なものであることがもちろん必要である。）

質問その2：できる限り完全に混合物を締固めることが望ましいなら、転圧のし過ぎということがあり得るか？

a. まず第一に：“過剰締固め”と“過剰転圧”の2語を区別する必要がある。ここで使用する場合、この2語は全然異なった言葉である。“過剰転圧”は、使用ローラー固有の目的を達成するために必要な転圧回数より以上に混合物を転圧する結果、直接、あるいは間接の害を舗装が受けることと定義される。ここでいう“害”は“過剰密度”と無関係である。

b. この害とは、どんなものでどうして起るか：普通高速道路の転圧順序は次のとおりである。初期転圧はマカダムローラーで行ない、二次転圧はタイヤローラーを使用して、密度や締固め度を高める。次いで仕上げ転圧として、タンデムローラーを使用して、タイヤローラーではできなかった小さな凹凸を除き、滑らかで、平坦できちとした表面にする。順序を逆にしていくと、

(1) 上記の転圧順序で使用する場合、タンデムローラーの転圧回数は余り問題にならない。もちろん法外に転圧回数が多いのは望ましくないが、今の問題点から考え

ると、タンデムローラーではいくら転圧してもさしつかえないといつて良いであろう。

(2) もし舗装面一帯が均一に転圧されるならば、タイヤローラーの過剰転圧により舗装層が受ける直接的な損害は、通常たいしたものではなく、混合物の粒子がたえずタイヤで持ち上げられること位である。しかし間接的に、タイヤローラーの過剰転圧は、舗装の品質に大きな影響を与える。それはタンデムローラーによる転圧が遅れるからである。タイヤローラーの性質上、舗装面に生じた小さな凹凸を、タンデムローラーで滑らかにし、表面に取り残された粒子を、またしっかりとはめ込むためには混合物が十分熱くなければならぬ。したがってタンデムローラーによる転圧の目的を達成できなくなるまで、タンデムローラーによる転圧を遅らせないという条件であるなら、タイヤローラーで何回転圧しても、それ程悪影響は無いと言えよう。

(3) マカダムローラーで転圧し過ぎると、舗装がはなはだしく損傷されることが多い。直接的な損傷は舗装面に表われる無数の小さなキレツである。この状態は普通“羽毛状キレツ (feather cracking)”と呼ばれ、その原因や対策を完全に理解している人はいない。縦方向のときもあるが、通常横方向のキレツである。このキレツの深さはまちまちで、はっきりしないのが普通である。タイヤローラーで直るように見えるときもあれば、タイヤローラー、タンデムローラーをかけた後も、はっきり残っているときもある。こうしたキレツが果して完全に直るかどうかは疑わしい。このキレツは小さな弱面 (weak plane) として残り、舗装の総合的強度を弱め、水や空気の通路になる。また間接的にも、マカダムローラーの過剰転圧は舗装の品質に悪影響を与える。すなわちタイヤローラーの転圧を遅らせるからである。マカダムローラーの目的は、タイヤローラーが混合物に余りわだちを付けずに転圧ができるように、滑らかに、平坦に層を締固めることである。タイヤローラーの目的は密度、締固めを高めることにあるが、これは混合物が十分熱くないと不可能であるから、タイヤローラーの転圧が不必要に遅れることは望ましくない。

c. 要約：マカダムローラーによる過剰転圧は、① 羽毛状キレツを引起す、② タイヤローラーの転圧が遅れる、の2点から望ましくないことである。タイヤローラーによる過剰転圧は、タンデムローラーの転圧を遅らせるという点で望ましくない。

質問その3：マカダムローラーの転圧回数ほどの程度が良いか。

マカダムローラーによる過剰転圧は、ときに重大な問題になり得る。羽毛状キレツが最初の1回目、または2

回目の転圧で生じる混合物もあれば、何度転圧してもキレツが入らない混合物もある。(1回転圧とは、ローラーがスプレッダーの方向に動き、また戻ってくる都合一往復の転圧を指している)

仕様書に規定されていることは余りないが、マカダムローラーの動輪 (bull-wheel) による転圧を、1回転圧に抑えるのを原則としている機関もある。(初期ストレートエッジテストによる矯正が指示されている所を除いて) また2回転圧に抑えているものもあれば、3回転圧に抑えているものもある。私の意見は次のようなものである。

(1) 1回目の転圧で、ひどくキレツが入る混合物がある。その場合に、とるべき適切な処置をあらかじめはっきり述べることはできない。それぞれ個々の場合に応じた判断を下すべきである。しかしこのような混合物に対しては、マカダムローラーの転圧を除去して、初期転圧にタイヤローラーを使い、すぐ直後に、重いタンデムで転圧するという思い切った方法を採用している機関も中にはあることに注目しても良いだろう。

(2) 2回目の転圧でキレツが入る混合物もある。この場合も、(1)と同様に、まえもってとるべき処置を決定すべきではないと思う。キレツの程度によって対策を考えねばならない。

(3) キレツが入らない場合とか、ほんのちよとしたキレツしか入らない場合には、2回転圧が最適である。マカダムローラーの転圧の目的は、2回転圧で十分果た

されたと思う。2回以上の転圧は不必要であり、キレツが入る危険性がある。

(4) キレツが入らない場合、3回転圧に対して異存はないが、これを最大限と考えるべきである。当然次のような疑問が生じる。「3回以上転圧してもキレツが入らないとしたら、それ以上転圧してもよいか?」

まず第一に、マカダムローラーによる転圧の目的は、3回転圧で十分果たされている。第2に、3回以上の転圧はキレツ発生を促す危険性がある。第3に、3回以上の転圧は、タイヤローラーの転圧を不必要に遅らせることになる。

#### 4. 要 約

混合物の配合設計が適切であれば、過剰締固めの心配はないが、過剰転圧の問題は起る可能性がある。

Mr. Love の永い経験に基づいた“舗装の締固め”について紹介しましたが、本文は、飽くまでも高速道路を対象として述べられておりますので、あるいは、彼の考え方が、ある点で適用できない、といった条件の舗装現場もあろうかと思われることを、最後に断っておきます。

以上

#### 参考文献

- 1) 竹下春見：アスファルト系舗装について、道路建設 1958年7月

〔筆者：日本道路公団高速道路試験所〕

# Introduction to Asphalt

連載第 23 回

工 藤 忠 夫 訳

## C 供試体の準備

### 16.09 概説

ビームの方法によって配合設計をするには、前記 CKE 法により定めた最適アスファルト量を基準として、アスファルト量を加減した数個の供試体を準備する。普通  $\pm 0.5\%$  の 3 種を作る。基準アスファルト量が少ない配合と考えられる場合であれば  $-0.3\%$ ,  $\pm 0\%$ ,  $+0.3\%$ ,  $+0.6\%$ ,  $+0.9\%$  の 5 種を作る。吸収性の大きな骨材を用いている場合は  $\pm 1.0\%$  の 3 種とする。

Stabilometer test では各アスファルト量に対し夫々 1 個の供試体でよく、各アスファルト量に対する stabilometer 値をプロットすればスムーズな曲線が得られる。しかし swell test は選定した最適アスファルト量に対し 2 個の供試体が必要であるから、普通 stabilometer test 用 3 個と Swell test 用 2 個合計 5 個の供試体を準備する。1 個当り 1,200 g の骨材が要るから、照査の為の試験も考えると全体として少くとも 40 lbs (18 kg) の骨材を用意しなければならない。

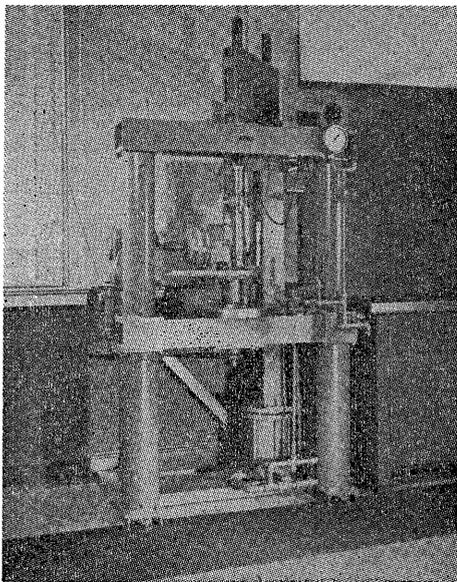


図 XVI—7 Mechanical Kneading Compactor

### 16.10 器具

- a. 鍋 直径 10" (25.4cm), 深さ 2" (5.1cm) のもので細骨材を 4 分したり、混合するに用いる
- b. 鍋 直径 8" (20.3cm), 深さ 1 3/4" (4.4cm) のもので 1 バッチの骨材を入れ加熱するに用いる
- c. 鍋 直径 12" (30.5cm), 深さ 2 1/2" (6.4cm) でアスファルトと骨材を混合するに用いる
- d. 鍋 11" (27.9cm)  $\times$  7" (17.8cm)  $\times$  1 1/2" (3.8cm) の大ききで合材を養生するに用いる
- e. 試料区分へら 大きなもので細骨材を混合し 4 分するに用いる
- f. 加熱板 18" (45.7cm)  $\times$  12" (30.5cm) の大きさ。骨材、アスファルト、器具を電氣的に加熱する
- g. オープン 大きなもので温度は 230° F (110° C) 迄上昇することが出来且調節可能なもの
- h. オープン g と同じものであるが温度は 140° F (60° C) 迄上げる
- i. オープン 乾燥と予熱用に使うもので温度は 325° F (163° C) 迄上げられるもの
- j. シャベル 大きなもので加熱骨材の取扱いに用いる
- k. ビーカー 800ml 入りのもの、アスファルトを加えるに用いる
  1. 温度計 壊れないように保護されたもので 100° F (38° C) から 400° F (205° C) 迄測定出来るもの
- m. 天秤 感度 1.0gm で 20kg 迄測定出来るもの、骨材及びアスファルトを計量する
- n. 混合用コテ 大きな先の尖ったもの
- o. 混合用スプーン 大きなもの
- p. 動力ミキサー 随意なもの
- q. Mechanical compactor (動力搗固め機) 図 XVI—7 参照, 材料を搗き固めるもの。直径 4" (10.2cm) の円弧状のラムが絶えず位置を変え乍ら動き、「こねる」作用をしつつ材料を搗き固める。(図 XVI—8 参照)

タンパー脚部の下で 500 psi (35kg/cm<sup>2</sup>) の圧力を与えるもので次の付属物を供える。

2 個のモールド支持器。

18" (45.7cm) × 4" (10.2cm) × 2 1/2" (6.4cm) の箱形フィーダーと箱に合わせたパドル。

直径 3/8" (0.95cm) 長さ 16" (40.6cm) の円い頭を持つ鉄棒。

以上の規格に合う Compactor は次の会社が販売している。

August Manufacturing Co., 1466—36th Avenue, Oakland 1, California

r. モールド 内径 4" (10.2cm) 高さ 5" (12.7cm) 壁厚 1/4" (6.4mm) の鋼製のもの

s. 円形紙 厚い紙で直径 3 15/16" (10.0cm) のもので、搦固めする間モールドの底に敷いておく

t. 圧縮装置 水圧で 50,000 lbs (22.5 t) の能力を有するもの

u. 手袋 レザーかアスベスト製で加熱された器具を取扱うもの

v. その他 16.04と16.15の必要な付帯器具の事項を参照されたい

#### 16.11 1バッチの計量

a. 粒度組成が出来た混合骨材の1回分を計量する。この手順については次章に述べる。

b. swell test (膨潤試験) の供試体の骨材は乾燥重量で 1,000 gm である。stabilometer test の供試体では 1,200 gm であるが骨材の平均比重が 2.8 又はそれ以上の時は 1,300 gm が必要である。

#### 16.12 1バッチの合材の準備

a. 適当な鍋の中で累積計量方法 (次章参照) によって粒度別骨材毎に乾燥重量を測定する。

b. バッチの骨材を完全に混合し、オープンの中に入れ、所要の混合温度迄予じめ加熱する。使用するアスファルトの針入度に応じ、アスファルト及び骨材の加熱温度は下記の通りとする。

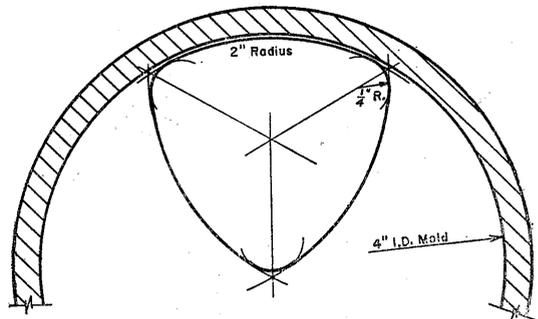
使用アスファルトの針入度	骨材及びアスファルトの加熱温度
60~70	325° F (162° C)
85~100	300° F (149° C)
120~150	275° F (135° C)
200~300	275° F (135° C)

但しアスファルトは如何なる場合でも 350° F (176° C) 以上に加熱してはならない。

c. 骨材とアスファルトが上記の混合温度に達したならば、骨材の中程に穴を作り、アスファルトを注入し累積パッチ計量の方法に従って計量する。

d. 計量のすんだ鍋を加熱板の上に置いて温度を保持

図 XVI-8 Mechanical Kneading Compactor のタンパー脚部の図形



させる。先の尖ったコテで完全に混合する。動力で混合してもよるしい。材料を加熱し過ぎぬよう注意を要する。

e. 混合し終れば、混合物を平らな鍋に移し、オープンの内に入れて 140° F ± 5° F (60° C ± 2.8° C) で 15 時間養生する。オープン内では換気が行われるよう設備されねばならない。

f. 養生が終れば合材を別なオープンに移し、230° F (110° C) に再加熱する。これで搦き固めの準備が完了したことになる。

#### 16.13 搦き固め

供試体は動力搦き固め機で搦き固めるが、所謂「こね作用」による。前述の 4" (10.2cm) 直径の円弧状の面を有するラムで圧密する。ラムの圧力は 500 psi (35kg/cm<sup>2</sup>) である。供試体はインパクトを受けずに 3.1sq. in (20.0cm<sup>2</sup>) の面積に亘り、「こね作用」によって圧密される。1回のこね作用における圧力の継続時間は 2/5秒である。搦き固めの手順の詳細は次に記す通りである。

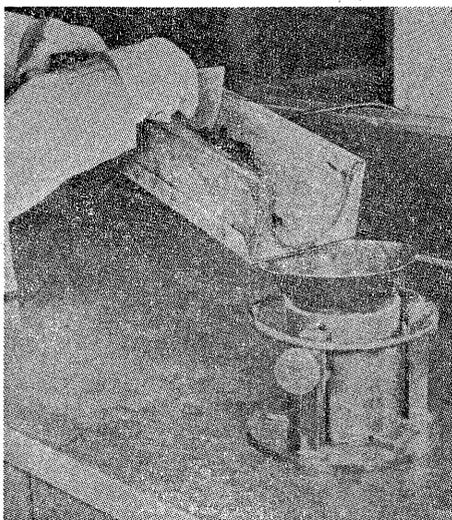
#### swell test (膨潤試験) 用供試体の場合

a. テストの浸水期間中水が供試体とモールドの間隙より脱け出すのを防ぐ為に、普通の包紙にパラフィンを滲み込ませた帯をモールドの内側に張る。紙帯の巾は 3/4" (1.9cm) で、張る部分は底面から 1/2" (1.3cm) 乃至 3/4" (1.9cm) 迄である。紙帯は溶解したパラフィンの中に漬けて、暖かい内に張りつける。モールドをこの供試体の製作に際し加熱しない。

b. compactor の脚部を適当な温度に加熱し、合材が付着しないようにしておく。この温度は可変変圧器によって調節しておく。

c. モールドをモールド・ホルダーの中に置く。ホルダーの底板の上に直径 4" (10.2cm) の紙板を挿入する。モールドの底の下に厚さ 1/4" (0.6cm) 巾 3/4" (1.9cm)

図 XVI-9 フィダー箱よりモールドへ混合物を移す



長さ  $2\frac{1}{2}$ " (6.3cm) の鋼製の「はさみ金」を一時的におく。これは搗き固め作業中底板を取外し自由なプランジャーとして作用させる為である。

d. 予じめ  $230^{\circ}\text{F}$  ( $110^{\circ}\text{C}$ ) に熱しておいた  $1000 \pm 1\text{gr}$  の混合物を断熱フィーダー箱の中に入れる。箱も  $230^{\circ}\text{F}$  に加熱しておくものとする。

e. 混合物をフィーダー箱の中に均一に敷き均らす。箱の形にピッタリ合うように作ったヘラで約  $\frac{1}{2}$  の混合物をモールドに移す。(図 XVI-9 参照)

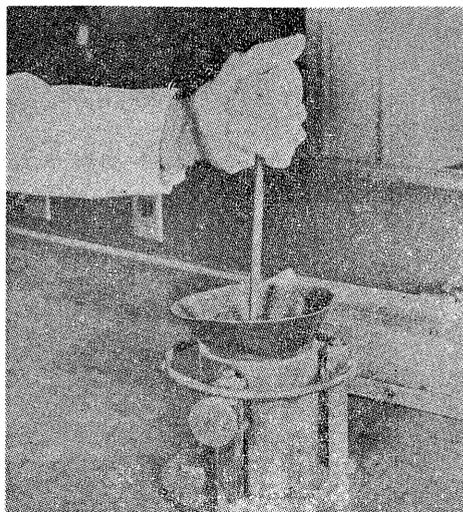
f. 牛頭状の端部の付いた直径  $\frac{3}{8}$ " (9.52mm) 長さ 16" (40.7cm) の鉄棒でモールドの中の混合物を中央部で20回、モールドの縁に沿って20回搗く。次いで残りの半分を入れ同様な手順を繰返す。(図 XVI-10参照)

g. モールドに付属物を組立ててメカニカル・コンパクターの中にセットし、 $250\text{psi}$  ( $17.5\text{kg}/\text{cm}^2$ ) の圧力で約20回タンピングし、混合物を半搗固め状態にする。これで全荷重の  $500\text{psi}$  ( $35\text{kg}$ ) をかけても混合物が甚だしく乱されないようになる。この締固めの正確な回数を目で観測して決める。材料のタイプによって10回より50回程度迄変化する。場合によってはこのコンパクターで締固めの出来ないこともある。それはこのコンパクターの脚下で混合物が適切でない動きをするからである。このような場合には、ダブル・プランジャー法によって、 $40,000\text{lbs}$  ( $20,000\text{kg}$ ) の静荷重を載せる。即ちサンプルの上と下とにプランジャーを配置し静的に締固める。

h. 半搗き固めが終れば、はさみ金を取り去って、モールドを固定させていたネジを緩め、モールドが上下に動けるようにする。

i. コンパクターの中で締固めを完了させる為、脚

図 XVI-10 混合物を搗き棒で搗き固める



の圧力を  $500\text{psi}$  ( $35\text{kg}/\text{cm}^2$ ) 迄上げ、150回タンピングをする。

j. コンパクターからモールドと試料を取り外し、モールドを逆さにして、試料を押し出す。これは  $1,000\text{psi}$  ( $70\text{kg}/\text{cm}^2$ ) の荷重を加える。載荷板の速度は  $0.05$ "/分 ( $1.27\text{mm}/\text{分}$ ) とする。予じめ試料の下に厚板を置いたのは試料の底面を傷付けぬ配慮からである。試料の厚さを測定し記録する。

#### スタビロメーター用供試体の場合

a. モールドを混合物の締固め温度迄予じめ加熱しておく

b. 膨潤試験用供試体をパイロット・サンプルとして用いるが、スタビロメーター・テスト用として  $2.5$ " ( $6.35\text{cm}$ ) 高さの供試体を得る為に材料の計量を次式で調整する。

$$\text{調整した混合物重量}(\text{gr}) = \frac{2.5 \times 1000}{\text{膨潤試験用供試体の高さ}}$$

c. 次の事項を除く以外は凡て前項に同じ手順による。即ち

コンパクターで締固めを完了した時、モールドと供試体を  $140^{\circ}\text{F}$  ( $60^{\circ}\text{C}$ ) のオープンの中に  $1\frac{1}{2}$  時間存置する。その後前述と同じく  $1000\text{psi}$  ( $70\text{kg}/\text{cm}^2$ ) の荷重を  $0.05$ "/分 ( $1.27\text{mm}/\text{分}$ ) の速度で、ダブル・プランジャー法で載荷し、モールドより供試体を抜き出す。

註：モールドより供試体を抜き取る方向を間違えぬよう注意しなければならない。

〔訳者：世紀建設株式会社 専務〕

# まあしゃるてすと

明日 春 人

「ある高名な政治家が

エチケットをエケチットと云ったとか。  
だとすると、マーシャルのことは  
コマーシャルと云うのだろうか。  
しかし、他人事ではないのではないか——。」

Q アスファルト舗装要綱によるとアスファルト混合物のアスファルト量は、マーシャル安定度試験により決定するように定めてあるにも拘らず、現実には試験によらずにアスファルト量を決めている例が多いようだが、一体“これでよいのか”ね。

A これはどうも、お株をとられたかたちだな。試験をしない場合は、何によるかと云えば経験さ。

マーシャル試験はアスファルト量決定の優れた方法であることには違いないが、ただ現場における用い方が問題だ。試験のやり方が下手だと、とんでもない値を示すことがあるから、十分慎重にやらないといけな。

したがって試験に自信のない現場では、経験による方が正しい場合さえある。それで現場にはマーシャル試験に対する不信感というものもないわけではない。

Q 試験に相当な熟練が必要なことは判った。そして経験の豊富なところでは、その経験によってよいということだね。

A そうなんだ。それから例えば工事延長500m以下というような小規模な工事では、一々マーシャル試験をやる必要はなさそうだよ。交通量の多少にもよるが、小規模工事を行なう所では一般に交通量も少ないし、ましてわが国で用いられている碎石や砂は極端に性質の異なるものも少ないから、このようなところでは経験によるアスファルト量でもよい場合が多いと思われる。

Q それじゃ逆に、国道工事などでマーシャル安定度試験でアスファルト量をきめるべきであると考えてよいのだろうかね。

A そのように云える。しかし、マーシャル試験に頼り切るのも考えものだ。とんでもない試験をして、その値を取られたら困るからね。従来の経験とよくかみ合せて用いるべきだ。

たとえば密粒度アスコンに7.5%アスファルトを入れるなんて設計があることもある。これでも交通量の少ない平坦地だと流動を起こさない場合もある。流動さえ起こさなければ、アスファルト量が多いほどアスファルト舗装は長もちする。アスファルトをどこまで多くできる

か。またどのようにすれば多くアスファルトを入れられるかなどの点は、混合物設計の中で技術のふるい処だろう。

マーシャル試験は重要だし、必要な試験なのだが、試験結果の判断にはまだまだ経験がものを云う。要綱をよく勉強して、それにプラス経験ということできたい。

Q ところでマーシャル安定度試験が、混合物の配合設計に用いられるようになった経緯といったものを、簡単に説明してくれないか。

A この試験法は、マーシャルというアメリカ人が今から25年ほど前に考案したものだ。当時はアスファルト混合物の設計にいろいろな方法が用いられていた。おなじみのハーバードフィールド試験などもその中の一つである。ところが戦争中に米軍が飛行場などの混合物設計にCBR試験と同じ器具でできるマーシャル試験を採用した。この採用にあたっては、かなり多くの試験を行なった。それで経験が最も豊富で信頼性の大きなものであると判断されて、現在米国では一番多く用いられている試験になっている。

Q それで日本でも採用したわけか。

A そうだ。アスファルト舗装要綱が出来た当時は、混合物の設計に何か試験方法が必要と考えられてはいたけれど、数多くの試験方法のうちどれが正しいものか、わが国の条件に合うものか判らなかつた。しかし当時マーシャル安定度試験は一応普及していたし、試験器具も簡単なもので、これを採用することに決めたわけさ。したがって試験法そのものにも、また応用の方法にも多くの疑問は残されていたが、徐々に解決して行こうということ踏切ったわけだ。

Q それじゃ、今でも完全なものではないのだね。

A その通り。しかしこのような点は、アスファルト舗装要綱全体についてもいえる。そもそも2~3年の経験で完全なものが作れるわけがない。だから現場が判断に迷う場合も少なくないんだね。

話がちょっと横道にそれたが、マーシャル試験の目的は最適アスファルト量を決定することにある。つまりマーシャル試験で求められたアスファルト量では、混合物は流れだして波をうったり、わだち掘れを生ずることがなく、また剝離やスクーリングをおこすことも少ないということだ。

Q ひびわれの方はどうかね。

A ひびわれに対しては、アスファルト量が多い程よい。つまり、たわみ性が大きくなる。しかしそうかといって多量のアスファルトを混合すれば、流れ出してしまう。アスファルト混合物では最適ということが最も大切で、この点がセメントが多い程良く（もちろん限度はあるが）、また強度が大きければ大きいほど良いコンクリートの配合設計と全く異なる。

Q ところで、その最適アスファルト量なるもので、施工されたアスファルト舗装でも、施工後僅かの間で破壊に至るものもあるようだ。

A たしかにそれは現実として認めざるを得ないだろうね。その原因にはいろいろあるけれども、マーシャル安定度試験については、試験の精度や試験値より最適値を選び出す方法などに問題がありそうだ。

Q 試験の精度についてはどうだろう。

A よく現場のデーターで安定度や密度の山が2ヶ所にあらわれたり、フロー値の曲線がでこぼこしていたり、常識的に不合理と思われるものがある。慎重な試験ではほとんどこのようなことがないのだが。

マーシャル安定度試験で一番大切なことは、試験に際して温度の管理、つまり混合時の骨材、およびアスファルトの温度、突き固め時の混合物の温度、載荷試験時の温度などの管理が非常に大切だ。少なくとも試験室では決められた温度の±0.5°C以内には完全に保つべきだ。またモールドやミキサー容器などの温度もほぼ一様でないといデータが出ない。人力で混合するときの混合時間や、突き固める時の個人誤差も大きい。それで、これらはできるだけ機械を用いるのが望ましく、自動突き固め機を用いると試験の精度は数段向上するのだが現場によってはそうもいかないのが現実だ。

また突き固めるときの床の状態も大切だ。ASTMでは木製の台を用いるようになっていたので、今後この形式が普及すればよいと思う。コンクリートの床とは、かなり違った結果を示すよ。とにかく載荷試験も試験者をきめておくことが大切だね。要するに良い加減な試験で誤ったデータを出すくらいなら、やらない方がましだということさ。

Q 最適値の選び方について一寸ふれてくれないか。

A 現在、交通量の多い処では、突固め回数75回を用いているが、これは50回の方がよさそうだ。その理由はあまり混合物をよく締固めると最適アスファルト量が小さくなり、もろいたわみ性の小さい混合物を設計することになるからだ。大体マーシャル安定度試験の密度は、交通開放後1~2年の密度を示すようになってい。施工時には設計値の95%程度であった混合物の密度も、交通転圧により1~2年後には100%になるということだ。

このように混合物自体の状態が変化することもコンクリートとは大きく異なるところで、むしろ土の締固めに似ている。混合物をよく締固めると骨材の間隙が小さくなり、アスファルトの入る余地が少なくなるわけで、したがって最適アスファルト量も小さくなる。この状態は混合物の種類によっても異なるが、一般的にいえることだ。

それから混合物の空隙率の計算には骨材の比重を用いなければならないが、この骨材の比重の測定が大変やっかいな問題だ。しかしわが国の骨材では、見掛比重を用いて、それほど誤差を生じないようだ。

見掛比重というのは次の式であらわす。

$$S_{app} = \frac{A}{A-C}$$

ここで  $S_{app}$  : 見掛比重

A : 骨材の空中重量

C : 骨材の水中重量

ところが、この見掛比重は、JIS規格にはないので、新しく付加すべきだね。従来はJISにある表乾かさ比重を用いていたが、試験誤差も大きく面倒だから。

よく現場では、安定度の大きな混合物ほど良いようにいわれるが、これは必ずしも正しくはない。安定度の大きい混合物でも流動をおこすもの、ひびわれの生じやすいものなどいろいろだ。極端な例ではブローンアスファルトを用いると安定度は3,000kg以上も出ることがある。しかしこのような混合物は、もろくて舗装には使えない。流動に対しては安定度の大小よりもむしろ空隙率や飽和度の方が大切だという人もい。コンクリートの強度とアスファルト混合物の安定度とは違うのだ。要するにマーシャル安定度試験では試験により求められる安定度、密度、空隙率、飽和度、フロー値などを平等に評価して最適アスファルト量をきめる必要がある。

それからマーシャル試験のいま一つの問題点は、基準値としてどんな値をとるかということだ。アスファルト舗装要綱に示されているのは、アメリカの基準値を参考に、やや日本的に直したものだ。しかし交通量の分類などが適当なものかどうかは、今後の資料にまたねばならない。アスファルト混合物が流動を起こす原因には、交通量の他に、道路の幾何構造や基層の種類なども大きく関係するから、例えば坂路に舗装する混合物はその上を通る車両がブレーキをかけるので流動しやすいから、少々たわみ性が小さくても流れ出さないようなものでなければならない。つまりアスファルト量をやや少な目に設計し、そのかわり基層はがっちり造る必要がある。マーシャル試験の基準値としては、やや空隙率が大きくなるようにすべきだと思われる。坂路ばかりでなく、交差点、曲線部、パストップ、コンクリート上のオーバーレイ

などすべて同様だ。しかし具体的に数字をあげるとなると、現状ではなかなかむづかしい問題だ。

Q なんだか判ったような解らないような説明だが、要するに技術的にも過渡期の問題が多いということか。

ところでアスファルト混合物の品質管理の問題だが、現状はどうなのだろう。

A 何しろ人手の不足はひどいものだから、やりたくても十分にできない場合が多いのではないだろうか。とくに品質管理ともなれば、技術的にもかなり高度の判断が要求されるから、技術を身につけた人が必要なんだが、このクラスの人材は工事量に比して、ぐんと少なくなっている。

Q だといって、施工上の理由で数年を経ずしてこわれる舗装を造るのでは困る。何とかならんのかね。

A 対策は大ありだ。まず品質管理試験をごく必要なものだけにしぼること、また自記できるようなものではなく、できるだけ自記記録計で求めること、施工業者の現場作業員に十分な教育をほどこしておくこと等が考えられる。

アスファルト舗装要綱に示されている管理試験を、忠実にすべて行なうためには、50t以上のプラントを用いても採算のとれるような工事でないが無理だろう。このような現場は非常に少なく、20t程度のプラントの工事が最も多い筈だ。舗装要綱が作られたときは、品質管理試験をなるべく数多くやって、皆で勉強しましょうということだった。だから文章のほとんどが“望ましい”調で書いてある。現場で不可能であると判断されたら、特記仕様書に必要項目を改めて明示し、これについては完全に実施するとよい。

完全実施とは、単に試験をするということではない。試験はもちろん、その結果によって誤りを正すという操作がもう一つ加わらねばならない。現場では品質管理といえば、試験をすることだと考えている向もあるようだが、試験結果を応用してできるだけ良い舗装を造るのが品質管理の目的であることはいまでもない。だから現場監督者は毎日のデータによく眼を通しておき、その都度適当な指示を与えるべきだ。

Q それならば必要な管理項目とは何だろう。

A まず骨材粒度の分析とアスファルト量、混合・舗設温度および密度については必ず行なわねばならない。骨材の粒度分析を1日に2回程度やることは、それほど無理なことではない。ホットピンを対象に行ない、さらにおかしいときは搬入されるものについても行なえばよい。もっとも慣れてくれば1日1回程度でも十分目的を達することができるようになる。アスファルト量は抽出試験をやらないと求められないと考えている人がいるが、もし試験が行なえない場合は、舗設した混合物の量とア

スファルトの使用量を毎日チェックすることによって、一応目的が果せる。また計量機も1日2回ぐらいチェックしておく必要がある。プラントによっては面倒なものもあるので、予め準備しておかねばならないが。このようにすれば、1日2回の抽出試験を1日1回あるいはそれ以下に少なくできる。要綱を杓子定規に解釈しないで、要するに良い混合物を得るようにもっていくのが品質管理だ。骨材やアスファルトの温度は、これからはすべて自記させるようにするとよい。温度の自記計などは舗装工事費に比べれば安いものだ。ローラーにもタコグラフぐらい取りつけるべきだね。そして休みなく転圧させることだ。ヘヤクラックなどの出ない範囲では転圧すればする程良い混合物が舗設できる。

Q なるほど、だけども君のいうことは舗装要綱と差異があるようだが。

A そういわれると弱いだが、これもアスファルト舗装の最近の歴史、すなわちここ数年の間に少しずつ判ってきたことなんだ。まだ他に意見のある人も多いことだろうから、それらの意見がまとまって、やがては要綱の修正ということが予想される。

Q つぎにアスファルトそのものの試験、すなわち針入度とか伸度の試験だが、これらは現場でやる必要があるのだろうか。

A アスファルトの物理試験は、現場では難しい試験だ。本誌の38号にも藤井氏が書いておられるように、一流の試験所でやっても間違いも出る。針入度ぐらいはできると思うが、現場によってはあてにならない所もあるだろう。伸度試験は現場では完全に無理だし、またその必要もなかる。現在、アスファルトの品質の変動は昔に比べ小さくなっている。大体供給が安定して一定のものができるようになった。日本アスファルト協会などでも熱心に指導しておられるようだが、セメントとまではいかないが、一応石油業者のデーターを用いてよいのではないかと考えられる。何よりも信頼できるメーカーを選ぶことだが、一度ぐらいはメーカーの試験に立会うぐらいの熱意がほしいものだ。アスファルトの問題点はABC型うんぬんよりもむしろ、針入度を規格に合わせるために、軽質のオイルでカットバックしたものが時たまあることだ。アスファルトの物理試験は一応信頼できるメーカーのデーターを信用し、各工事につき1回は立会いの物理試験を行なうことではよいのではないか。すべての工事について50tに1回試験を行なうことは大変な労力だし、その必要もないと思う。先日聞いた話だが、ある試験室では忠実に50tに1回、各工事現場よりのサンプルの試験を行なっているが、人手が間に合わないのので、試験法を省略して行なっているとのことであった。

これなど本末転倒であって、十分正しい試験が行なえなければ、むしろ数をへらした方がよい。なお、その試験所では、混合物に対する試験は行なっていないそうであるが、わが国の現状ではアスファルトの物理試験より、むしろ混合物の試験の方が大切であろう。

Q ところで混合物の管理について、マーシャル安定度試験を応用することはどうなのだろう。

A マーシャル試験の主目的は、前にも云ったように、配合設計において最適アスファルト量を求めることにある。この試験の発案者マーシャル氏は、品質管理にも応用でき、とくに骨材粒度の変動をみつけるには有効だといっている。しかしどうもマーシャル試験は変動が大きく、その結果から、混合物の異状をみつけることは難しい。それでむしろマーシャル試験をやるより、混合物の品質に直接的なアスファルト量や密度などにより管理していく方が有効だろう。

第7回日本道路会議においても品質管理試験として、マーシャル試験を用いることには否定的だった。マーシャル試験を品質管理の手段に用いるかどうかは、アスファルト舗装要綱を作るときにも随分問題になったが、設計のできる試験で管理できないのはおかしいではないかとの意見もあり、それじゃ一応入れましょうということになった。一応理屈は正しいのだが、現実的により良い方法があれば、それを用いた方がよい。ただマーシャル試験を現場の混合物に対して行なっておけば、その密度を用いて転圧状態の管理の基準として用いることができる。たとえばマーシャル供試体密度の95%以上転圧せよ、などというふうに用いる。したがって毎日1回ぐらい突固め試験を行なうことは有用だ。ただしこの場合の試験方法に十分注意しなければならない。

Q なるほど。しかし舗装より切取ったコアに対してマーシャル試験を行なうことがあると聞いているのだが、それはどうなのだ。

A 本誌の40号で指摘しておいたように、コアのマーシャル試験は意味がない。理由はいろいろあるが、コアの切取りに際して乱されること、側面も平滑にならず、また骨材が露出して拘束条件がかわること、直径が一定にならぬこと、密度が室内試験と異なること、高さの補正係数に問題があること、などが主な点だ。コアの場合一般に安定度は室内試験における値の半分以下となってしまう。半分以上の混合物は一応よいものといえそうだが、それにもかなり問題があろう。コアについては密度と厚さの検査を行なうとよい。転圧時の混合物密度については、一般の関心が案外薄いようだが、密度が0.05増加すると、その舗装の寿命が倍になるくらいに考えてもよいほどだ。早く壊れる舗装は、大体密度が小さい。

毎日3個ぐらいコアを取って密度検査をすれば、それだけでもかなりの品質管理になると思うね。また小規模な工事があちこちに数多くある場合には、一つの工事区間について3個以上コアの密度を試験することで、かなり施工の良否が判定できる。できればこのコアの抽出試験を行なえば一層よい。このようにコアの検査を利用すれば、不良業者の取締りにもなり、業者の熱意も相当大きくなると思うのだが。つまり最終品質の検査だけで判断するという責任施工方式となるわけだ。

Q その抽出試験だが、方法がまちまちで、精度も疑わしいものが多いそうではないか。

A 御説の通り抽出試験にもいろいろの方法がある。よく遠心抽出が良いか、ソックスレーによるのが良いかなどと聞かれるが、精度についてはそれほど差があるとは思えない。ただ操作の面倒さや、誰がやっても精度よく出来るなどの点について差が生ずるわけだ。

遠心抽出は手取りばやい試験だが、必ず人がついて試験しなければならないのと、フィラーの定量が少々つかいだ。容器のフタの締め具合により流出するフィラー分が異なり、極端な場合は砂分まで流出してしまう。流出分量が常に一定ならばよいのだが、そうもいかない。それで抽出液の全量を加圧濾過器というものの中に入れて濾過すると十分精度がよくなる。一応この加圧濾過器を用いることを推奨したい。

ソックスレーは、円筒濾紙を用いて1個について1日ぐらいの時間をかければ、フィラーの流出もなく、それだけで精度のよい試験ができる。時間はかかるが、その間、人がついていない必要がないから案外手間がかからない。誰でも精度よくとなると、この方法ぐらいかな。まずこれ以外は、抽出液を全量濾過するのが早道だ。とにかくフィラーの定量の正確でない抽出試験は意味がない。

Q 大体わかったが、要するにアスファルト舗装は技術的に発展途上にあるということだな。それにしてもっと技術を大切にすべきだね。

A その通りだ。日進月歩のアスファルト舗装技術の中であって、設計の面でも、施工の面でもまだ解決していない問題が沢山ある。研究室での研究はもとより全国各地で行なわれるアスファルト舗装工事での体験や調査の結果を積み重ねていって、問題を一つ一つ根気よく解決してゆく必要があるわけだ。

「A little knowledge is a dangerous thing.」

# アスファルトの剝離防止添加剤について

市 川 良 正  
邑 上 親 由

## まえがき

アスファルト舗装が盛んに施工されるようになったが、我が国のように降雨量が多く、また多湿な気候では、骨材とアスファルトとの付着性が悪く剝離をおこしやすい。この付着性および剝離性を改善する為に剝離防止添加剤が用いられているが、これらの添加剤を使用して道路舗装を施工するにあたり、かなり高温に加熱される事があり、その為性質が変化し、その効力が減退する事が当然考えられるので、現在市販されている数種の剝離防止添加剤についての熱安定性に関する効果について述べたいと思う。

また我が国の如く四面海に囲まれている国においては、護岸工事が極めて重要である。現在我が国においてアスファルトを用いた護岸工事の例は比較的少ないが欧米では古くから広く実施され、殊にオランダの如きは海面の干拓を行っているため土地が低く護岸工事には力を注ぎ、アスファルトの使用例も多く、数年前の北海の、暴風雨の際無償で残ったのはアスファルトによる護岸のみであったといわれる。今後我が国においても護岸工事にアスファルトの利用が重要となる事は必至であろう。このようなアスファルトによる護岸工事にあたっては、道路舗装におけるアスファルト施工実情と異り、海水に浸されているため、濡れによる剝離の諸問題が考えられ、現在道路舗装用として剝離防止添加剤が使用されているがこの剝離防止添加剤を海水に浸される護岸工事に果して使用できるか否かを検討する意味において電解質を含む水溶液中にアスファルト被覆骨材（剝離防止添加剤添加）を浸漬して剝離状況を調べ、電解質の付着する骨材、即ち海岸より採取した骨材の場合、剝離防止添加剤の効果が期待できるか否かについてのデータを得るために行った実験である。

## 1. 剝離防止添加剤の熱安定性

### 1-1 概要

現在市販され、広く用いられている舗装用アスファルトの剝離防止添加剤、A, B, C, D, E, F, の6種

の熱安定性に関するテストを、日本道路協会、舗装要綱による、「アスファルト被膜の静的剝離試験」の方法に準じて行った。「アスファルト被膜の静的剝離試験」の概要は下記の通りである。

(1) あらかじめよく洗滌され、十分乾燥された試料骨材 100g を採り、その骨材粒数を数えて広口カンに入れ

130°C に保たれている恒温乾燥炉中で30分以上加熱する

(2) 試料アスファルト 5g を130°C 中で5分間加熱溶解し、恒温乾燥炉中で加熱した試料骨材に加え、手ばやく攪拌棒またはヘラで十分に攪拌して試料アスファルトが完全に骨材表面を被覆するようにする。この攪拌時間は3分間以内とする。

(3) 試料アスファルトで被覆された骨材をガラス板上に拡げ、骨材粒が互いに接触しないように並べて約1時間放置し室温まで冷却する。

(4) ガラス板上に並べたアスファルト被覆骨材を80°C に保った恒温水槽の温水中分間浸漬放置する。

(5) 30分後にアスファルト被覆骨材を温水中より引き上げ約10分間放冷した後、アスファルト被膜の剝離している骨材粒数を数える。

(6) 次式により剝離率を求める。剝離率が5%以下であれば可とする。

$$\text{剝離率} = \frac{\text{剝離を認められた骨材粒数}}{\text{使用した骨材の総数}} \times 100$$

〔註1〕 使用骨材は普通、アスファルト被膜の剝離試験においては、標準骨材の代りに試験せんとする骨材を用いる。

〔註2〕 この実験においては、その実験目的によって乾燥炉の温度、浸漬水の状態等を適宜に変えて行った。詳細は実験方法に記す。

### 1-2 試料

(i) 剝離防止添加剤：市販のA, B, C, D, E, F の各種剝離防止添加剤を用いた。これらの赤外吸収スペクトルを図1に示す。

(ii) 試料アスファルト：日本石油のカリフォルニヤ、サンノウキン、ナフテンベース、ストレートアスフ

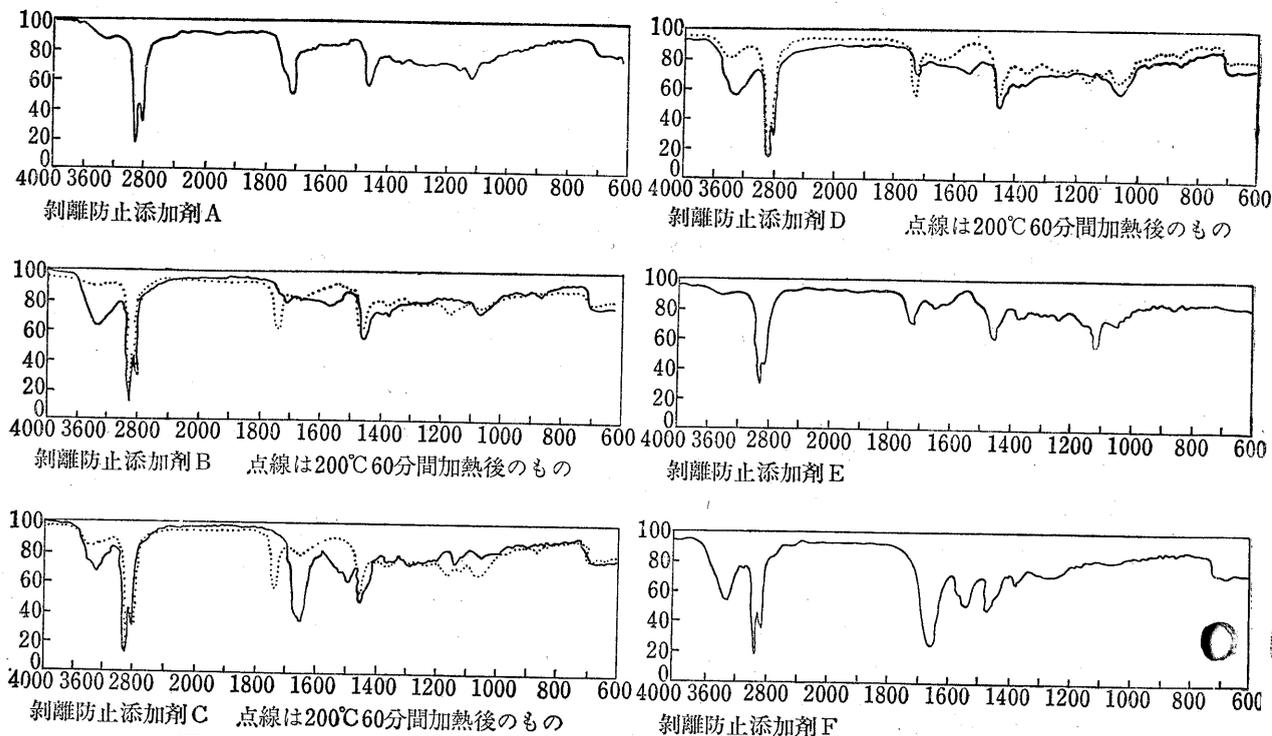


図-1 剝離防止添加剤の赤外吸収スペクトル  $CCl_4$  5%セル0.5mm

アルト 80-100 を用いた。その性状を表 1 に示す。  
(iii) 使用骨材：岩手県森山産の 6 号碎石を使用した。

表 1 試料アスファルトの性状

日本石油, カリフォルニア, サンノウキン  
ナフテンベース, ストレートアスファルト 80-100.

針入度	20.0 [0°C] 87.0 [25°C]
軟化点	43.3°C
伸度	150 以上 [0°C]
蒸発減量	0.10 %
蒸発減量後の針入度	88.3 [25°C]
引火点	262°C
比重	.016

### 1-3 実験方法

1-2 に述べた試料アスファルト 5 g に対し、市販の A, B, C, D, E, F, なる各種剝離防止添加剤を、0.5 g 添加したものを 130°C 中に 5 分間加熱した後、十分攪拌して 1-1 に記した試験方法中 (2) 項の加熱溶解温度を 130°C, 160°C, 180°C, 200°C, の 4 水準として、それらの温度水準における加熱時間を 5 分間, 30 分間, 60 分間, として各々のアスファルト被膜の剝離状況を調べ、試料アスファルトの加熱温度に準じて使用骨材の加熱温度も 130°C, 160°C, 180°C, 200°C とした。

また剝離防止添加剤を 200°C 中に 60 分間加熱したものの赤外吸収スペクトルを図 1 に示した。また剝離防止添加剤を無添加の場合の試料アスファルトの剝離試験も行い、これによって得られた結果を表 2 に示す。また剝離

防止添加剤無添加の試料アスファルトを 200°C 60 分間加熱した場合の剝離試験結果を表 3 に示す。

表 2 試料アスファルトの剝離試験結果 [130°C 5 分間]

骨材数	剝離数	剝離率	平均剝離率
187	187	100 (%)	100 (%)
165	165	100 (%)	

表 3 試料アスファルトを 200°C 60 分間加熱した場合の剝離試験結果

骨材数	剝離数	剝離率	平均剝離率
150	98	65.3 (%)	64.8 (%)
163	111	64.2 (%)	

### 1-4 結果及び考察

以上の実験により使用した各剝離防止添加剤の結果は図 2 ~ 図 7 に示す。

これらによると現在市販されている各種の剝離防止添加剤は熱的に不安定なものが多いことがわかる。

今回の実験に用いた剝離防止添加剤の中で比較的熱の影響が少ないものは、B, D, E, であり、やや熱の影響を受けると考えられるものは A で、また熱の影響が著しかったものは C, F であった。

ここに興味ある現象として D および E の剝離防止添加剤が挙げられる。前者は加熱温度の上昇に伴って剝離が減少する傾向が見られ、後者は温度剝離曲線が 180°C 付近で極少に達している事である。殊に後者 (E) については、この剝離防止添加剤が市販にあたり何かの溶媒で希釈されているのではないかと考えられる。

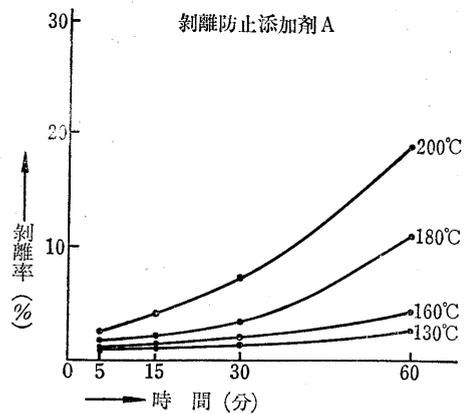


図-2 剥離防止添加剤 A の熱安定曲線

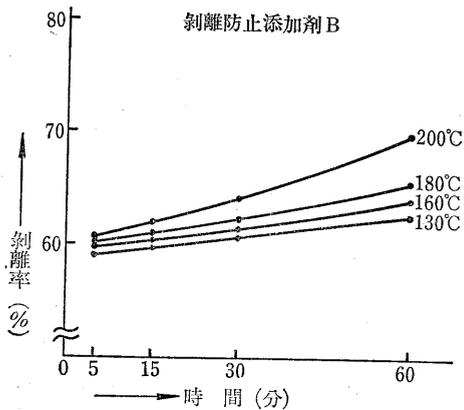


図-3 剥離防止添加剤 B の熱安定曲線

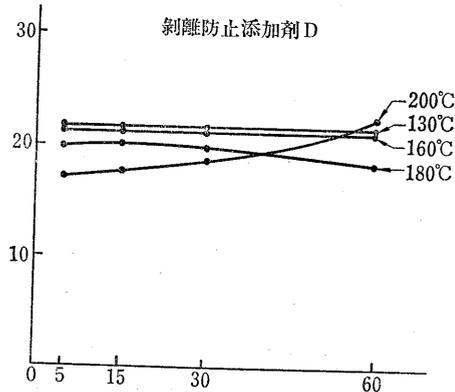


図-5 剥離防止添加剤 D の熱安定曲線

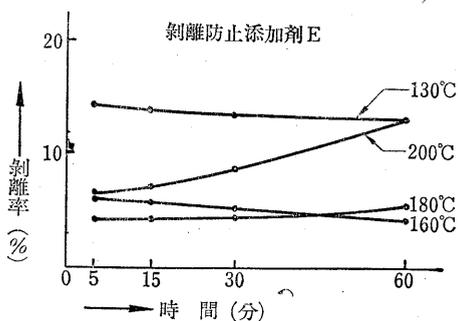


図-6 剥離防止添加剤 E の熱安定曲線

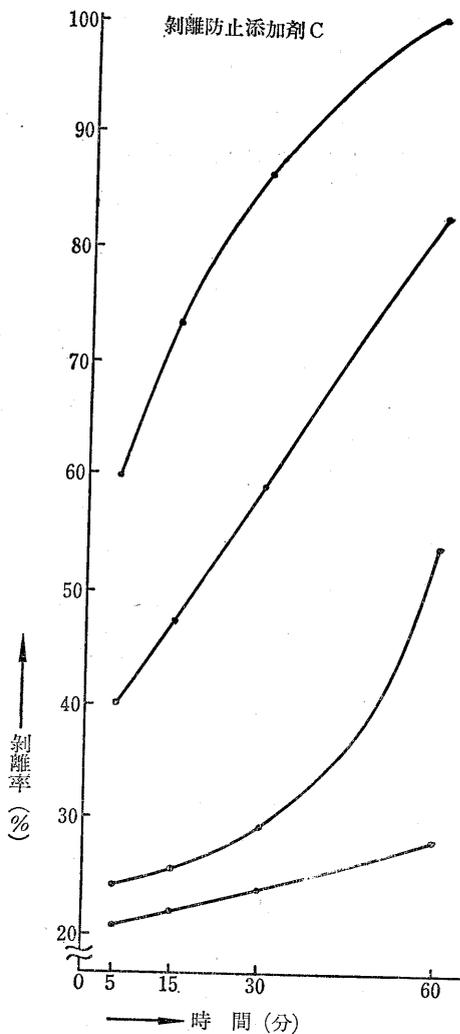


図-4 剥離防止添加剤 C の熱安定曲線

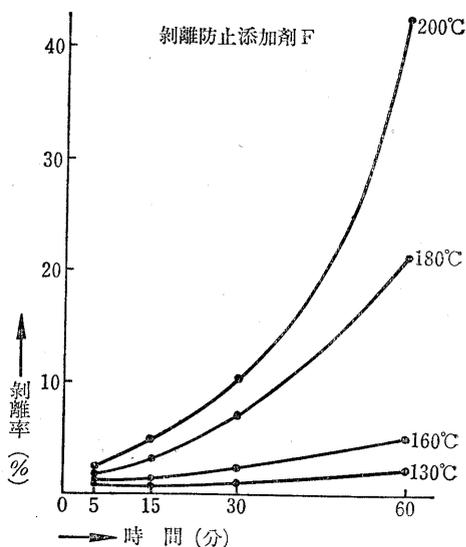


図-7 剥離防止添加剤 F の熱安定曲線

各種の剝離防止添加剤は図1に示した赤外吸収スペクトルによりアミンおよびアミドの類と考えられ、200°Cで60分間加熱による赤外吸収スペクトルによればN-Hの伸縮振動と思われる3400cm<sup>-1</sup>近辺の吸収の減少が顕著に見られ、剝離防止効果を示すグループはこのグループと思われる。

なお剝離防止添加剤A, E, F, は200°Cで60分間加熱処理により一部が四塩化炭素に不溶となったため、赤外吸収スペクトルをとる事ができなかった。

## 2 剝離防止添加剤の電解質による影響

### 2-1 概要

現在市販されている剝離防止添加剤が電解質によって如何なる影響を受けるかを調べる意味から次のような実験を試みたのでその結果をここに報告する。

- (a) アスファルト被膜が電解質溶液に接する場合の剝離防止添加剤の添加効果はどうか？
- (b) 前述したように使用する骨材に電解質が付着している場合、剝離防止添加剤は如何なる影響を受けるか？

以上2つの実験を1-2に記した日本道路協会の舗装要綱による「アスファルト被膜の静的剝離試験」の方法に準じて行った。

### 2-2 試料

本実験に使用した試料として次なるものを用いた。

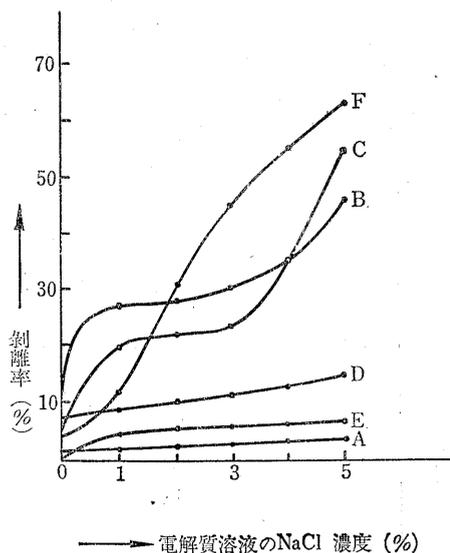


図-8  
電解質溶液に浸漬した場合の剝離曲線

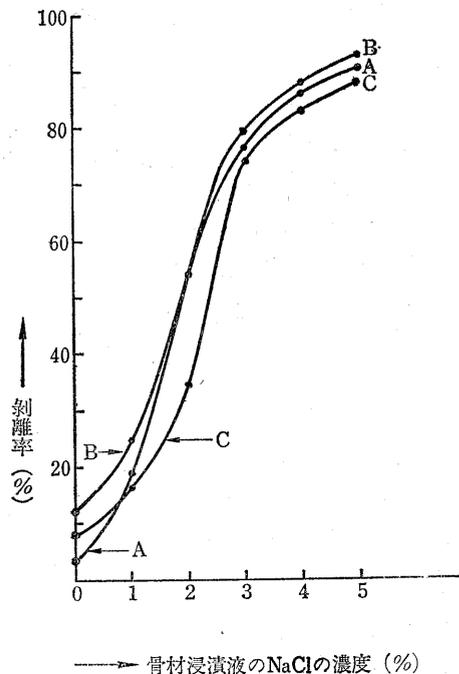


図-9 電解質附着骨材の剝離曲線

- (i) 使用骨材：栃木県安蘇郡苗生町産の石灰石系6号砕石。
- (ii) 試料アスファルト：日本石油のカリフォルニヤ、サンノウキン、ナフテンベース、ストレートアスファルト80-100。〔1と同様=表1参照〕
- (iii) 剝離防止添加剤：市販のA, B, C, D, E, Fの6種〔1と同様〕を試料アスファルト5gに対して50mgを添加し添加率1%とした。

### 2-3 実験方法

- (a) アスファルト被膜が電解質溶液に接触した場合、剝離防止添加剤の添加効果を調べるために、前述1-1の試験方法の中で恒温水槽の温水に電解質として塩化ナトリウムを溶解し、その濃度は海水中の塩化ナトリウムの含量である約2.72%とほぼ同量の3%とし、参考の為に1%および5%の溶液に浸漬した場合も同時に調べた。
- (b) 骨材に電解質が付着している場合の剝離防止添加剤の効果を調べるために使用骨材を1%, 3%, 5%の各塩化ナトリウム溶液に1昼夜浸漬した後、完全に溶液をきり、108°C~110°Cに保ってある恒温乾燥器中に1時間乾燥させ、室温近くまで放冷した後、前述1-1に概要を記した方法で試験を行った。

### 2-4 結果及び考察

実験(a)の結果は図8に示す如く、この実験に使用

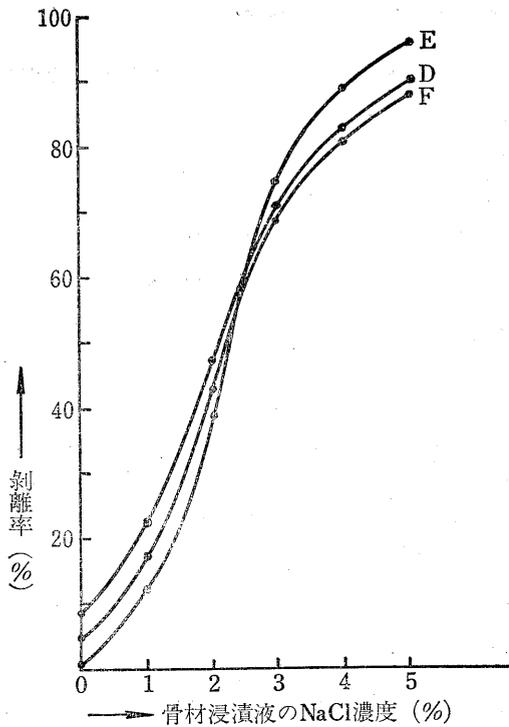


図-10 電解質附着骨材の剥離曲線

した剥離防止添加剤の中A, D, Eの3種は電解質の影響をほとんど受けず, B, C, Fは電解質が剥離に及ぼす影響が大であると認められた。

この結果により, 付着作用に相異があると考察される。実験(b)の結果を図9および図10に示す。これによれば, 本実験に使用した剥離防止添加剤のいずれもが, 3%以上の濃度の電解質溶液に浸漬された骨材では剥離防止効果がほとんどない。

従って一般に使用骨材が濃度3%以上の電解質溶液(塩水等)に浸されていると, 剥離防止添加剤の効果はあまり期待できないと思われる。

むすび

現在市販されているアスファルトの剥離防止添加剤の中には, 熱安定性の良いものも悪いものもあり, また今回のテストは海水等電解質溶液をかぶった山砕石に対して行ったものであり骨材の形状が海中より採取した骨材の場合に比較して鋭角の稜を多く有しているため, アスファルトの付着性が異なるため厳密な意味において海中より採取した骨材に適用できないが一応の目安としてここに報告した次第である。

最後に本実験に御協力戴いた, 浦野勝彦氏, 学生諸氏に厚く感謝します。

(筆者: 日本大学理工学部 教授)

☆編集委員☆

高橋国一郎	井上 孝	大島哲男	松野三朗
竹下春見	工藤忠夫		
多田宏行	高見 博	近藤 浩	近藤茂夫
☆顧問☆			
谷藤正三	板倉忠三	西川栄三	市川良正

アスファルト 第7巻 第41号 昭和39年12月発行 非売品

発行人 南部 勇  
 社団法人 日本アスファルト協会 発行  
 東京都中央区新富町3-2  
 TEL東京 (551) 1131-4

印刷・光邦印刷株式会社

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  
出光興産株式会社(211)5411  
昭和石油株式会社(231)0311  
シエル石油株式会社(212)4086  
アジア石油株式会社(501)5351

富士興産株式会社(581)6841  
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

朝日瀝青株式会社	東京都千代田区外神田3丁目12番9号	(253) 1111
恵谷産業株式会社	東京都港区芝浦2丁目4番1号	(453) 2231
恵谷商事株式会社	東京都港区芝浦2丁目4番1号	(453) 2231
富士鉱油株式会社	東京都港区芝新橋5の20	(432) 2891
富士商事株式会社	東京都港区麻布10番2の22	(451) 2793
泉石油株式会社	東京都千代田区丸の内1の2	(271) 1231
株式会社木畑商会	東京都中央区西八丁堀2の18	(551) 9686
三菱商事株式会社	東京都千代田区丸の内2の20	(211) 0211
マイナミ貿易株式会社	東京都港区芝田村町1の7	(503) 0461
株式会社南部商会	東京都千代田区丸の内3の4	(212) 3021
中西瀝青株式会社	東京都中央区八重洲1の3	(272) 3471
新潟アスファルト工業(株)	東京都港区芝新橋1の18	(591) 9207
日米礦油東京支店	東京都中央区日本橋室町2の4	(270) 1911
日商株式会社	東京都千代田区大手町1の2	(231) 7511
日東商事株式会社	東京都新宿区矢来町61	(260) 7111
日東石油販売株式会社	東京都中央区銀座4の5	(535) 3693
瀝青販売株式会社	東京都中央区日本橋江戸橋2の9	(271) 73P1
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	(833) 0611

大協  
シエル  
三石  
丸善  
富士興産  
出光  
日鉱  
三石  
シエル  
日石  
日石  
昭石  
昭石  
昭石  
シエル  
出光  
三石

◎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
清水瀝青産業株式会社	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
東新瀝青株式会社	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	ア ジ ア
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	(583) 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
朝日瀝青名古屋支店	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
中西瀝青名古屋営業所	名古屋市中区園井町1の10	(23) 0501	日 石
名古屋シエル石油販売株式会社	名古屋市西区牛島町107	(54) 6757	シ エ 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 三油商会	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
北陸ピチュメン株式会社	金沢市有松町2の36	(41) 6795	シ エ ル
朝日瀝青大阪支店	大阪市西区南堀江5の15	(531) 4520	大 協
桜松商事株式会社	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	シ エ ル
株式会社 清友商会	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	丸 善
三菱商事大阪支店	大阪市東区高麗橋4の11	(202) 2341	三 石
中西瀝青大阪営業所	大阪市北区老松町2の7	(341) 4305	日 石
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)シエル石油大阪発売所	大阪市北区宗是町1	(441) 6631	シ 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丁目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・シエル
丸菱株式会社	福岡市上土居町22	(2) 2263	シ エ ル
畑礦油株式会社	北九州市戸畑区明治町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

---

M E M O

---