

アスファルト

第4巻 第18号 昭和36年4月4日 発行

ASPHALT



社団法人 日本アスファルト協会

ASPHALT

目 次 第 19 号

アスファルト混合物内のフィラーの役割	2
サンド・マスチック流し込み工法の 試験工事について	篠原登美雄・狩野 正吉 6
瀝青乳剤による安定処理工法について	一瀬 哲 雄 11
品質および経済の両面から考えて 最適であるよう努力しなければならない.....	西川 栄 三 18
舗装用アスファルトについて・その1	井上 太 郎 20
表層クラッキング理論	菊地 栄 一 23
INTRODUCTION TO ASPHALT・連載第6回.....	工藤 忠 夫 27

読者の皆様へ

“アスファルト”第19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ありますが、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

ASPHALT

VOL. 4, No. 19 April 4, 1961

Published by THE JAPAN ASPHALT ASSOCIATION

アスファルト混合物内の フィラーの役割

The Role of Mineral Fillers in an Asphalt Mix

Asphalt Institute "Quarterly" January, 1961

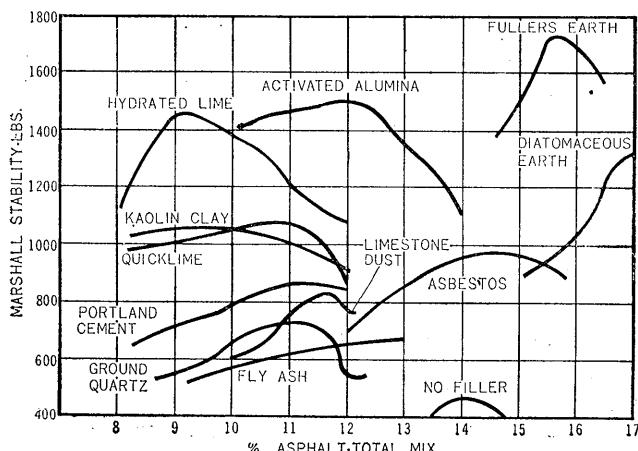
アスファルト工学の今日の問題は、急速に変りつつある諸条件のためかなり複雑になっている。舗装が絶えず大型化して行く輸荷重をうけていることは明らかであり、この傾向が続くであろうことは容易に想像される。今では1日に50,000台以上のそれも大部分が大型トラックの交通量をもつ道路も珍しくない。軍用の飛行場では条件は更にきびしく、荷重量とタイヤ圧は4半世紀も前には想像もされなかつたほどに大きくなっている。

このように、ますますきびしくなって行く条件のもとで満足に役立たせるためには、アスファルト工業と、舗装を設計し、建設する立場の技術者とが、舗装の優れた正しい設計法を見いだし、建設機械や施工法を改善し、また建設材料の古いものも新しいものも、よく理解して賢明に利用するように、絶えず研究を続けなければならないことは当然である。

本文はアスファルト舗装用混合物の通常“フィラー”といわれる骨材部分について論じている。フィラーは混合物のわずかな一部分ではあるが、完成した舗装の品質に対してきわめて重要である。

アスファルト舗装用混合物にダストを用いることは、

1. EFFECT OF FILLER TYPES ON STABILITY OF SHEET ASPHALT Regular Mixing and Testing



アスファルトが各種の用途に利用されていたように、以前から一般に行なわれていたことである。古代の文明諸国で使用され、今もヨーロッパの各国で広く使用されている天然アスファルトは、通常かなりの量のダストを含んでいる。一方、ほとんど独占的にこの地方と合衆国で使用されている石油アスファルトは原油の精製過程における産物であるが、このようなダストを含んでいない。したがって、技術者は自分の目的によく合ったダストを種類と品質の広範囲にわたって選択しなければならない。技術者の問題とするところは、ダストのはたらきを正しく理解することと、このはたらきを完全なものにするような材料を選択することである。

ダストのおもなはたらきは混合物中の粗粒骨材間の空隙を満すことであるように考えている技術者がある。この考え方から推察すればダストは混合物中のアスファルトとある量だけを置きかえるために使用されるはずである。

表面積理論をもとにした考え方では、ダストは表面積が大きいから、アスファルトで被覆すべき面積が多くなる余計にアスファルトが必要になるといえる。この考え方方が全く矛盾していることは容易にわかるであろうし、そしてどちらも全く正しくないようと思われる。事実は2つの考え方の中間にあるようであり、問題とするダストの特性により、どちらか一方の考え方につきづくのに違いない。

× × ×

アスファルト舗装用混合物は、粗骨材、フィラー（普通は混合物中にあるが、なければ設計のときに補なわれる。）およびアスファルトから成っている。これらの成分すべてがきれいに平衡を保っていると理窟通りに行けば最終的には理想的な舗装ができる。予想荷重に対する適切な厚さの設計、混合物の細かな生産と舗設、完全な締固めと舗装体の正しい排水などの条件はもちろん満足されなければならない。これらの条件のどれかがおそらくされると、混

合物を正しく設計したことが無駄になってしまふ。)

粗骨材部分の役割については舗装技術者はかなりよく理解している。細骨材部分についても同様である。当然、研究者の興味はフィラーに集中されることになる。

舗装混合物のこの部分はどんなはたらきをするだろうか。各種のフィラーはアスファルトどのように反応するのか、混合物フィラーの量をかえることによって、どうしたら各成分の平衡を乱せるのだろうか。解答をうるよりもはやく、次々と疑問が生じてきた。

1957年に開始した計画

Asphalt Institute では、すでに1957年この領域における室内研究計画を開始していたが、更にこの研究計画を押し抜けた。

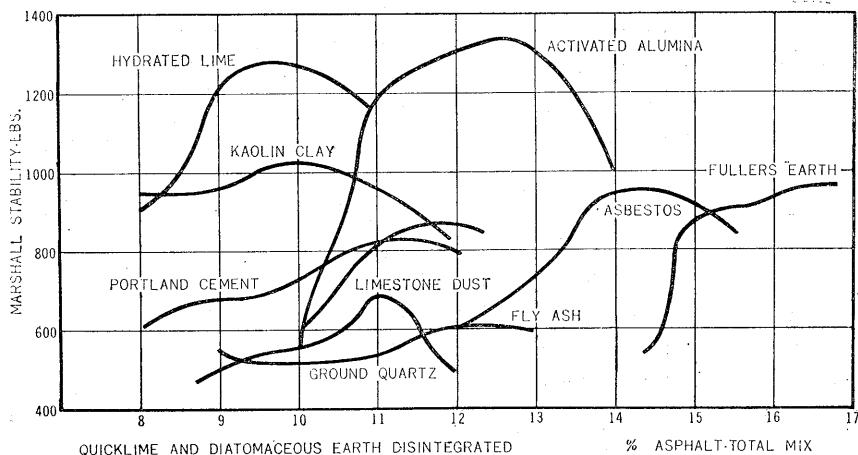
珪藻土、カオリン粘土、石灰石ダスト、およびボルトランドセメントについて始められた研究には、滑らかな石英砂、水化石灰、Fuller の土、アスペストの短いせんなども含まれるようになった。後には他のフィラーも加えられた。

最近のさし迫った問題は、軍用飛行場の舗装に作用するような非常に大きい輪荷重と、大きな接地圧による圧密作用に対して耐えられるような舗装をいかにして作るかということである。

舗装の設計に際して明らかなるように、圧密に対する大きな抵抗性はアスファルト量を減らすことによって得られる。しかしそのわりに舗装の耐久性がそれだけ失なわれてしまう。かさかさのもろい舗装は長く持たない。これに反して、アスファルト量の多過ぎる混合物は疲労に対して高い抵抗性を示すが、それに相当するだけの安定度を減少させる。大きな輪荷重をうけると波やくぼみといっしょにアスファルトのブリーデングやフラッシュを起す。

最も成功した耐久的な舗装は安定度を失なわずに、できるだけアスファルト量を多くした舗装であることが経験によって知られている。このような最大の安定度を持

2. EFFECT OF FILLER TYPES ON STABILITY OF SHEET ASPHALT Regular Mixing; Tested After 18hrs. Immersion at 140°F.



った舗装を作り上げるためににはフィラーが非常に重要であるということは、ヨーロッパで一般に使われているマスチックタイプの舗装が成功していることによってうかがわれる。

米国の技術部隊によって行なわれた非常に限られた野外調査の結果からも、さらに明らかにされている。それによると石灰石ダストを多く含んだ混合物は特にきびしい荷重条件のもとで十分供用に耐えている。

Asphalt Institute における室内研究はアスファルトと数種類のフィラーとの混合物、フィラーアスファルト混合物と骨材との混合物といった二つの領域で行なわれている。すべてのフィラーをシート・アスファルト混合物に、その多くを密粒度混合物に使用した。

室内研究ではデータを集め始めたが、それらは時には矛盾しているようであり、また非常に混乱しているようにも思われる。たとえば、研究の初期に、粘性の高いアスファルトとフィラーの混合物は通常高い軟化点を示すということが見いだされたが、時には逆のこともある。アスファルトとアスペストせんの混合物の77°Fにおける粘度は、Fuller の土や珪藻土と混合されたアスファルトの粘度よりも低い。しかしアスペストとアスファルトの混合物の軟化点は研究に用いた他のフィラーとアスファルトのどんな混合物よりも高かった。同様に、水化石灰とアスファルトの混合物は、カオリン粘土とアスファルトの混合物よりも高い粘性を示した。（しかし、軟化点は低い）

最終的な目的

何が解明されたかといえば解明されたものは何もない

3. EFFECT OF FILLER TYPES ON STABILITY OF SHEET ASPHALT

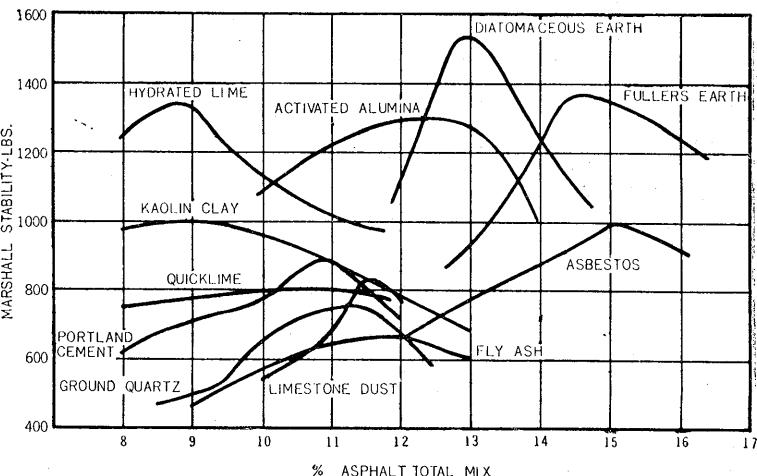
Pre-Mixed; Regular Testing

い。しかし、このように全くまとまりのない結果のために、最後に行き着く所を見つけ出すためには研究の範囲がせばめられなければならないことが確信された。この問題の滑らかな表面のどこかに足がかりとなるものがなければならなかった。恐らくその秘密は広範囲に吸着能の異なるこれらフィラーの表面積の中に隠されているのではないだろうか。

この領域の研究では興味深いけれどもあまり決定的ではないデータを提供するようなことになった。研究中の8種類の石粉については表面積は広範囲に異なっていることが知られた。たとえば活性アルミナは(グリセリン吸着試験において)滑らかな石英砂の約100倍のグリセリンを保持する。原則としてグリセリンを多く保持するフィラーはまたそれだけ多量のアスファルトを吸着するものである。

しかし統計的な集団の中には目立った例外があった。たとえばアルミナは最も多量のグリセリンを保持するが、アスファルトに対しては穏かな親和性を示すだけである。そしてカオリン粘土は活性アルミナのわずか約5分の1しかグリセリンを保持しないが、アスファルトに対してははるかに強い親和性を示した。さらに、グリセリンを保持させる試験方法は、石灰とポルトランドセメントの二種類のフィラーに対しては用いられないことがわかった。それらは化学反応を起こすために試験結果に誤差が生ずるからである。

フィラーのグリセリン保持量はある程度フィラーの吸湿量(水蒸気の吸着速度)に関係することがわかった。たとえば、吸湿性の高いフィラーを用いたシートアスフ



アルト・タイプの混合物は水浸すると急速に弱くなる傾向があった。それではフィラーの吸湿性は試験されなければならないだろうか。

試験の継続

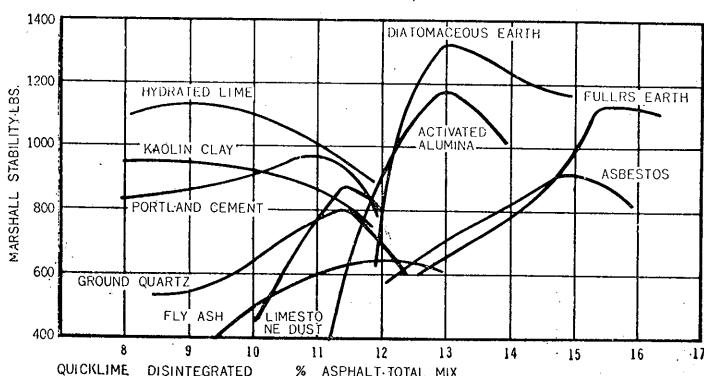
ところで調査は花が開くときのように、一枚一枚めくつて行くと、次々に考察され研究さるべき新しい領域がひらけてくるようであった。通常の混合物の試験に加えて、アスファルトとプレミックスされたフィラーを含んだ試料についても試験を行なった。この結果、興味あるデータが得られた。一般に、舗装用混合物の水に対する鋭敏性は、骨材と混合する前にフィラーをアスファルトとプレミックスしておくことにより減らせることがわかった。例えば珪藻土を用いた普通のシートアスファルト混合物は水浸するとくずれてしまうが、アスファルトとプレミックスすれば図—2—4に見るよう高い安定度を示すようになる。しかし、生石灰(水に対して非常に反応し易い)を用いた混合物ではどちらの場合も容易にくずれてしまう。

グリセリン吸着試験のデータによればフィラーの類別ができる。吸着性の高いフィラーとして、Fullerの土、アルミナ、酸化カルシウムおよびカオリン粘土がある。いくぶん低いものにポルトランド・セメント、アスベストせんい、水化石灰、および珪藻土があり、石英砂、石灰石ダストおよびフライ・ッシュは研究に使用したものの中で吸着性が最も低い。

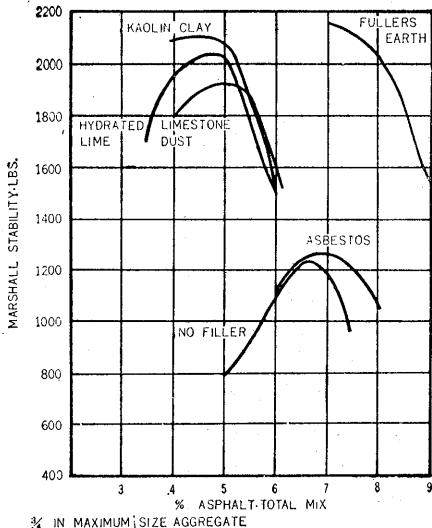
フィラーの表面積(吸着試験法により判定)とフィラー・アスフ

4. EFFECT OF FILLER TYPES ON STABILITY OF SHEET ASPHALT

Pre-Mixed; Tested After 18 hrs. Immersion at 140°F.



5. EFFECT OF FILLER TYPES ON DENSE-GRADED MIXTURES



アスファルト混合物の粘性との一般関係は確かめられた。表面積の大きいフィラーは多量のアスファルトを吸着する。混合物の粘性は必ずしもそうではないが、だいたいフィラーが細かになるとほど大きくなる。そしてフィラーの量が増すほど混合物の粘性は増し、非ニュートン流動を示すようになる。

二つの密接に関連している問題点、即ち、フィラーの表面積とアスファルトの吸着能に関しては十分考察した。この点に関しては恐らく極性が重要なものになってこようが、どの程度まで関係しているか今回はわからぬ。分光度測定や重量測定試験によって確かめられるが、さらに検討を加えた測定方法が必要であろう。

アスペストはすぐれている

この研究では非常に複雑な問題を深く詳細に調査したが、今まで得たデータによればアスペストせんいフィラーはすぐれていることがわかる。

このフィラーは少しの欠点もない完全な実用のフィラーの要求をほとんど満たすように思われる。カオリン粘土や水化石灰など他のフィラーはたいていの条件のもとでは望ましい性質を示した。

現場試験はいうまでもなくフィラーの品質を評価するための最終的な手段である。アスペスト・フィラーを含んだ密粒度混合物は、いくつかの地方の現場で目下試験中である。類似の現場試験をカオリン粘土や水化石灰を含んだ混合物についても行なわなければならない。実験

10ページのつづき

一コーンによる流動性測定は相当の誤差が入ると思われる。しかし現場に於ける目安をつけることは可能である。

ii) マスチックは長い間放置すれば温度が低下せず分離現象もないマスチックでも、パケットからのフローが悪くなることが考えられるので、現場に於ては攪拌装置より出たマスチックは速に流し込む必要がある。流し込み現場にクッカーがあるのが望ましい。

iii) マスチックの流動性は砂の粒度により相当変化する。

iv) 今後の研究にまたねばならないが、アスファルトを一定にしフィラーを増してゆくと流動性がよくなり遂にピークが出て、その後又流動性が悪くなつて(粘性が出る)更にピークがあるようと思われる。

4) 工法について

i) サンド・マスチックの固型化したものを現場でケットルにより再熔解する工法は採用しがたい。

ii) クッカーで再熔解する場合は良好なマスチックが得られるが、再熔解の時間が長すぎるので、次々に流し込んだマスチックどうしの粘着が悪くなる傾向がある。

室では比較的鋭敏でなかったが、管理された現場試験を行なうべきだといえるもう一つのフィラーは広く使用されており、容易に利用できるフィラー材料の石灰石ダストがある。

Institute の室内研究では塑性材料のカオリン粘土をかなり高く評価していることは興味深い。普通、塑性材料はこの様な目的に対して受け入れられていない。実際に示標ではフィラーは非塑性材料にきめているのが普通である。

これらの事実はすべて新しい道の道しるべであり、Asphalt Institute の室内研究班はこれらの道しるべから新しい方角を定めて、絶えず複雑化し、それだけに余計意欲的にされる問題に向って進みつつある。

小工事といえどもクッカーは2台以上を要する。

iii) 外国で施工しているようにプラントで混合し、クッカーで高温にして流し込むのが最良の方法であり、我国でも早くクッカーが普及するのが望ましい。

VII むすび

四日市港に於ける試験工事及び今回の試験工事により平面から1:1.5の勾配の捨石面については良好なマスチックを施工することが出来るという確信を得ることが出来たが、今後更にマスチックの性状を明らかにする基礎実験、及び施工法の改善のための試験工事を続けるつもりである。

今回の試験工事に際し、予備実験の御指導と工事に対する適切な助言をしていただいた北大の板倉教授、昭和化工の刈谷氏に対し特に記して深甚なる感謝の意を表わす次第です。

又実際の工事を担当された東亜港湾の方々、クッカーについていろいろ御配慮をいただいた日本舗道の中島、酒井両氏に対し厚く謝意を表します。(篠原氏:運輸省第二港湾建設局横浜調査設計事務所長 狩野氏:同所員)

サンド・マスチック流し込み工法の 試験工事について

I はしがき

「アスファルト」17号で四日市港に於ける試験工事について報告しましたが、昨年12月より今年の1月にかけて三港建京浜港工事各務所のケーソン製作所ドライドックに於て二回目の試験工事を行った。

この試験工事は次のことを目的として行ったものである。

1) 四日市港に於ける試験工事では、1:2~1:2.5の勾配については良好な結果を得ているが、平な捨石面についてはマスチックの被りが大きく、1:1の捨石斜面については捨石表面を走り過ぎる傾向があった。この工事の主目的は平面及び1:1の捨石面に流し込むマスチックの最良の流动性を見出すこと、及び最も経済的な捨込量を見出すことである。

2) パケットの形状、保温法がマスチックのフローに大きく影響するので、四日市港のときと異った形状寸法のパケットを二個作りバケットの良否を判定すること。

3) フロー・コーンからの流出時間を測定することにより、マスチックの流动性を測定し、現場施工の規準を作ること。

4) 現場より遠くはなれたプラントでマスチックを作り之を固型化し、これを現場に輸送し、ケトル又はクッカーで再熔解して流し込む工法を探った場合の問題点

篠原登美雄・狩野正吉
をさぐること。

II 工事概要

1) 数量：平面試験堤2ヶ所、1:1勾配を持つ試験堤1ヶ所(図-1参照)を、ドライ・ドックの中に作りドライ・ドックに水を入れて、この試験堤に22.2tのサンド・マスチックを流し込んだ。

2) 施工法

i) 材料試験

アスファルト	フィラー		砂		
	mm	Pass	mm	Pass	
Pen/25°C	61	2.5	100	2.5	99.7
TRdE	50°C	0.42	"	88.2	0.42 "
P I	-0.8	0.18	"	65.0	0.18 "
Duc 10°C	59.5	0.074	"	48.0	0.074 "
					比 重
					2.63

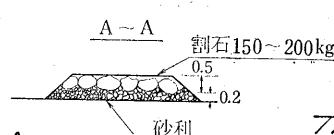
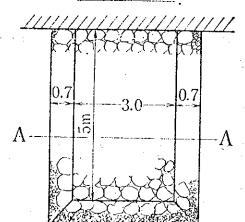
ii) 施工法及び配合

アスファルト・プラントでアスファルト15.5%、砂63.9%、石粉20.6%の配合でマスチックを製造し、これを固型化して施工現場に運び、これに不足分のアスファルトを加えてアスファルト量を全量の19~20%にしてクッカー又はケトルで再熔解した。再熔解したマスチックは温度を160~190°Cにしてバケットに(図-2参

表-1

アスファルト		フィラー		砂				
Pen /25°C	67	A	B	細目	中目	四日市		
TRdB	49.9°C	2.5 mm Pass	-%	25 mm Pass	99.9	98.8	98.6	
PI	-0.4	1.2 "	—	1.2 "	99.3	93.4	60.8	
Vis (135°C)	244.6 sec	0.6 "	100	100	0.6 "	94.8	76.6	5.8
Duc	22 cm	0.3 "	90.2	97.0	0.3 "	61.1	35.5	0.8
Lossen heating	0.02%	0.15 "	62.8	79.8	0.15 "	8.5	4.7	
Penafter heating	87.1 %	0.074 "	45.6	65.2	0.074 "	0.7	0.4	
Plash Point	316°C							
Specific Gravity	1.02							

試験堤 I 平面図



図一 1

照) 移し潜水夫と電話連絡しながら所定の場所に流し込んだ。

実際施工した配合は次の通りである。

場所別	熔解器械	アスファルト	石粉	砂
平面	ケットル	18.9%	19.8%	61.3%
	クッカー	19.9%	19.5%	60.6%
1:1勾配	クッカー	19.1%	19.7%	61.2%

iii) 投入量

投入量は 500kg, 1,000kg, 1,500kg の 4 段階にする積りであったが、予備実験としてバケットからの流出時間を測定した際 500kg では少なすぎることがわかったので 3 段階とすることとした。

iv) 施工温度

マスチックの施工温度は 160°~190°C の間で施工することとした。

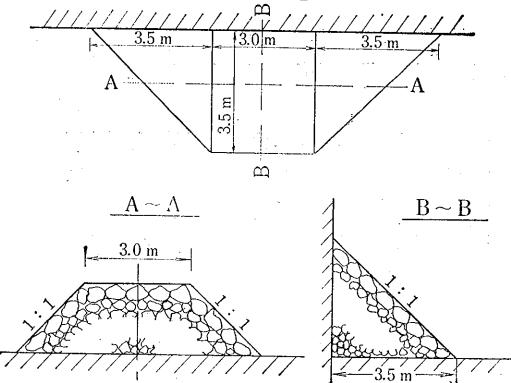
III 予備実験

フロー・コーンからの流出時間を測定することによりマスチックの流動性を判定するため、図-3 に示す実験装置によりサンド・マスチックの流動性測定を行った。

表二 フローアンプル試験結果

記号	比重 (計算値)	重量配合 %			フローアンプル試験結果	
		アスファルト	フィラー	砂		
A-1	2.05	18.0	A 9.6	細 72.4	180°Cで出ない	スロープ流れず
A-2	2.04	18.8	A 9.5	細 71.7	181°Cで最初だけ出る	"
A-3	2.02	19.6	A 9.4	細 71.0	断続して落ちたが落ちきれず	"
A-4	2.00	20.4	A 9.3	細 70.3	"	"
B-1	2.05	18.0	B 10.7	中 72	183°Cで18秒で流出	
B-2	2.05	18.0	B 12.9	中 70	①180°Cで67秒 ②182°Cで58秒 ③185°Cで35秒	スロープの流れは巾22~27長90~100cm
B-3	2.05	18.0	B 15.0	中 68	182°Cで26秒で停止拳大落下して後おちず	
B-2'	2.05	18.0	B 12.9	細 70	185°Cで60秒	
C-1	試験工事用サンド・マスチックにアスファルト A-3 の配合にしたもの				188°Cで80秒途中で断続して残り多い。	スロープの広りは21 cm 長72 cm

試験堤 II 平面



i) 材料実験

アスファルト、フィラー、砂の試験成績を表-1 に示す。

ii) 配合及び試験結果を表-2 に示す。

石粉の200番篩通過の量を以てフィラーの量とし、200番篩残分は砂に加えて配合を示してある。

以上の試験結果から次の事が言える。

i) 砂の粒度で著しく流動性が変る。即ち細砂を使用したAグループでアスファルト量を18%から20.4%に増加するより、中目の砂を使用したBグループでアスファルト量18%のものの方が流動性がよい。

ii) Bグループで分るようにフィラー/アスファルトの値で流動性にピークがあるようである。

iii) Aグループの実験の際気がついたものであるが、マスチックはThixotropyの現象を呈し、攪拌して放置すると流動性が悪くなるので十分攪拌してすぐflowさせる必要がある。

iv) フローコーンを流動性測定に用いるためには、形状寸法、保温法、及びflowに到る途中の規格について研究する必要がある。

v) 今回使用するサンドマスチックのブロックは表-1 の細砂を使用しているので、アスファルト量は平面捨

石に対し20%とすべきである。

IV 施工中及び施工後の調査について

1) 再熔解について

i) ケットルで固型化したマスチック400kgを再熔解し、マスチックの温度を180~190°Cにあげるために2時間要する。更にこの位の量になると手による攪拌は相当困難であり、温度の不均一、ケットルに直接接する部分の過熱によるアスファルトの劣化、及び材料の分離の傾向がみられ良好なマスチックは得られない。この工法を強いて採用するとすれば多数のケットルで少量づつ熔解し、これらをバケットに移し替えて施工しなければならない。このようにしても移し替え中の温度の低下、材料の分離が考えられ工法としては採用しがたい。

ii) クッカーで再熔解したものは流动性があり又見ためも粘性のあるものが出来た。クッカーはドイツ製のWIBAU 製で容量は1.8m³のものである。

クッカーで熔解するには、一部投入して熔解した後残

量を投入した方が熔解し易く、又熔解したマスチックは全量を放出せずに一部クッカー内に残しておいて固型マスチックを投入した方が熔け易い。今回の試験工事については攪拌によるアスファルトの硬化を考えて、再熔解したマスチックは全部放出した。

クッカー内のマスチックの温度は放出口と中央と奥とでは10~25°C位の温度差があり、この温度差の大きいときは捨石に流し込むとき flow 及びマスチックの出来具合に悪影響を与えるので改良することが望ましい。

再熔解の時間は拳大に粉碎した固型マスチック1.5tを再熔解するのに1.5~2.5時間要した。(気温は3°~10°C) 又クッカーからバケットに流し込む時間は2~4分を要する。

クッカーで再熔解したものは粘性のある良好なマスチックが得られたが、再熔解の時間が長すぎるので、次々に捨込んだマスチックどうしの粘着が悪いので、小工事といえどもクッカーは2台以上を要する。

表 - 3

No.	捨石 勾配	型 バ ケ ット	気温	水温	配 合			流込量	流込直前直後のマスチックの状態						
					A s	S	F		クッカー の温 度	水深 m	バケット 口の高さ cm	流出 時間 秒	広がり m × m	被り cm	
2	平 面 捨	I	14.8	12.0	18.9	61.3	19.8	871	—°C	8.0	—	39	1.5×2.0	—	
3			10.8	11.6	"	"	"	758	—	7.6	70	16	1.3×1.2	60	
4			9	11.1	19.9	60.6	19.5	792	170	7.8	70	57	1.5×1.2	10~40	
5			10.9	10.8	"	"	"	11,055	180	8.25	85	80	1.8×1.6	15~63	
6			9.8	10.6	"	"	"	1,583	175	8.0	75	60	2.0×1.6	10~23	
7			7.9	10.8	"	"	"	180	7.9	80	98	2.2×1.8	8~20		
8	石 堤	II	6.7	9.1	"	"	"	792	185	7.15	95	94	1.7×1.45	6~25	
9			9.0	11.2	"	"	"	1,583	170	7.9	95	102	1.6×2.1	12~23	
10			2.7	10.5	"	"	"	"	165	7.2	75	21	1.6×2.25	7~21	
11			1.4	11.0	"	"	"	"	165	7.9	90	34	1.85×2.0	11~25	
12			—	11.5	"	"	"	"	170	8.0	90	131	2.0×1.63	63	
13	1 : 1 勾 配	II	2.6	11.0	19.1	61.2	19.7	1,045	190 170 185 170	182 — 165 200 175	9.95	80	—	—	
14			4.9	12.0	"	"	"	1,567	160	10.5	90	58	40×1.6	21	
15	捨石堤	I	9.5	11.0	"	"	"	"	180 165 200 175	175 11.0 155 10.3	—	150	112	2.9×2.1	
16			6.7	10.3	"	"	"	"	—	—	42	—	4.3×2.0	24	
1	水面附近でバケットからの流出時間測定の 予備実験を行った(I及びII型)			2688kg											
							計	22,200							

註 1) No. 1 No. 1'にはフロー・コーンに依る予備実験で使用した量を含む

2) No. 4 よりNo.16迄はクッカーで、No.2 No.3はケットルで再熔解した。

3) クッカー内の温度は平均温度を示す。No.13~No.16はクッカーの口と中央と奥との温度を表示してある。

4) ケットルの温度は場所により相当異なるが No. 2 は160~230°Cの間 No. 3 は170~190°Cであった。

2) 再熔解後パケットで流込む直後の状況

クッカー及びケットル内のマスチックの温度及びフローバケット内の温度を測定すると共に、パケットからの流出に要する時間、捨石上のパケットの口の高さ、マスチックの広がり及び被り厚を潜水夫により調査した。

表一3に其の結果を示す。

3) 施工後ドックの水を排水してマスチックの状況を調査した結果

施工後8日間はドック内に水を入れたまま放置し、1月6日よりドックの水を排水し、各捨石堤を破壊しながらマスチックの出来具合、貫入状況、被り厚の測定を行った。(図-4参照)

No.2, No.3; この二つのみケットルで再熔解して施工したものである。

マスチックはケットル内での温度が不均一となり、又混合不充分のため材料が分離し、ケットルに接した面はアスファルトが過熱のため劣化し甚しく不良であった。このため流し込んだものもボーラスでもろく、石の間に入ったもの及び石に接した面のみやや良好という状態であった。被り厚も大きいところで50cmあった。

No.4, No.5; 捨込量が少いために表面にボタボタと冷却されたものが後から落ちて堆積し、この部分はボーラスである。しかし石の間に入ったもの及び石に接した部分はちみつで良好なものが出来ていた。

最高の被りは31cmである。

No.6, No.7; 最良の出来で上部は熔岩を流したように波をうち、ボーラスなものは全くなしと云えるほどで被り厚は3~12cmであった。石の間に貫入したのも緻密で硬いものが出来ている。

No.8; 捨込量少いため表面にボタボタと堆積しているが石の間によく入りこみ緻密である。

No.9, No.10; No.6, No.7に次ぐもので表面内部共に緻密であるが、温度が少し低めのため被り厚は10~20cmになっている。

No.11; 少し山型になっていて、山型の部分は表面ボーラスであるが、5cm位入った内部は緻密で良いものが出来ている。内部には充分入っている。

No.12; 山型になり広がり悪い。内部は緻密である。

これはマスチックの温度が所により大きな差を示している結果と思われる。即ち平均170°Cであったが150°C以下の部分が相当あったためと思う。

No.13; クッカーからパケットに流し込んでから捨石上にあけるまで相当の時間があったため、パケットの口の蓋を開いてもマスチックは流下せず、パケットを捲き上げた際に口から流れおちたので失敗したものである。

図-2. パケット略図

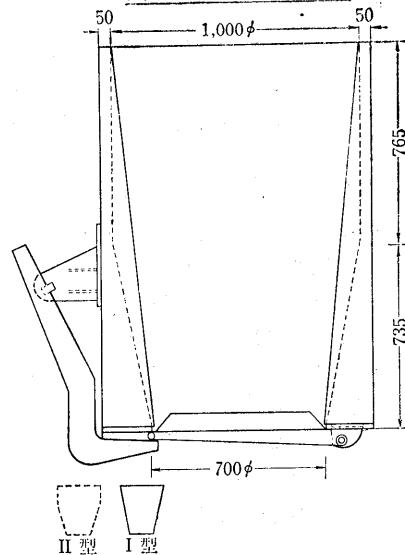
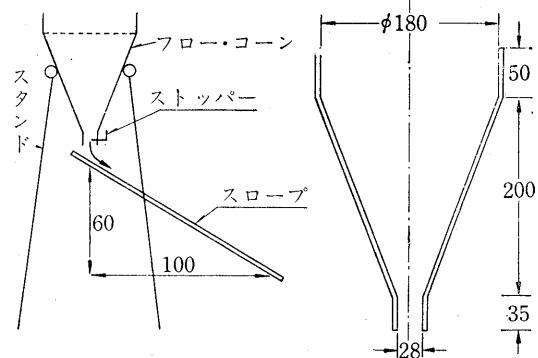


図-3 フロー・コーン



山型になって斜面を流れおちなかった。

No.14, No.15, No.16; 流れがよすぎたためか1:1の法面を走って流れおち全体的にボーラスである。No.15, No.16, のうち石の間に入ったものはやや良好である。石の間には入っていたがマスチックで石を抱え込むまでではない。

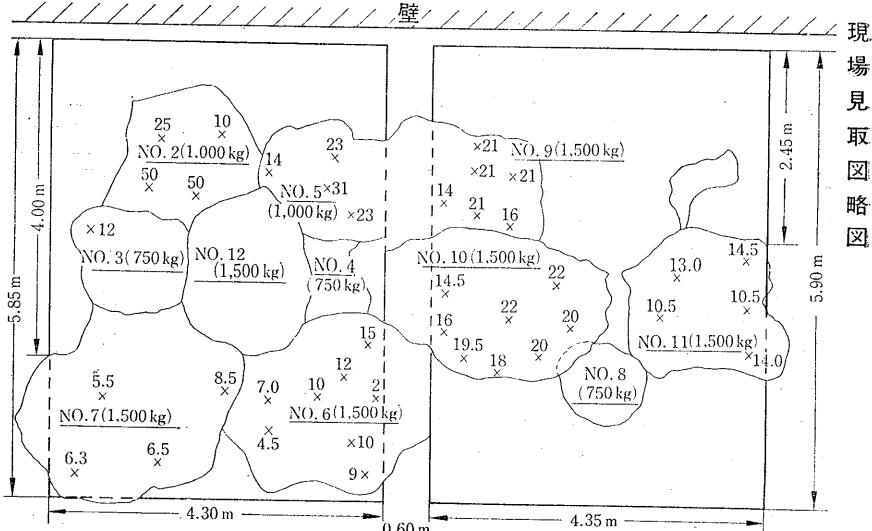
2) 3) の調査結果から次のことが云える。

i) 1:1の捨石斜面にマスチックを流し込むのは施工上むずかしい。コンシスティンシーが薄いと石の表面を走って流れおち、石のvoidに入らずボーラスになり、濃くすれば石の表面をゆっくり流れ落ちるが、これまた石の間にに入るまでに流动性を失ってしまう恐がある。

1:1の斜面には流动性があり、しかも粘性のあるマスチックを施工するように工夫すべきである。

この試験工事でもアスファルト量を19%に減ぜずにアスファルト量は20%にして、このとき最大の粘性を与えるようにフライヤーで加減すべきだったと考えられる。

図-4. 被り厚測定図



ii) 平な捨石面に流し込む場合は一回の流し込み量は1.500kgが適当である。1.000kg以下では全体の量に対して冷却される部分の割合が多く、流し込んだ表面にこの冷却されたものが堆積して被り厚が大きくなり不経済である。

今回使用したバケットの口の大きさは径が70cmであり、

四日市港の試験工事で使用したバケットの口径40cmより大きく、この径のバケットを使えば1回に1.500kg流し込んで被り厚10cm以下に仕上げることが可能であり、広がりも最小、2.0m×1.8mにはなると考えられる。

マスチックの流动性は予備実験で使用したフロー・コーンを使い下時間30秒～50秒のものを使用すべきである。即ちこの試験工事に使用したアスファルト、砂、石粉では配合を20:60:20前後で温度180°Cで流し込んだものが最良である。

4) 比重及び安定度試験

各バケット毎に採取した試料についての比重及び安定度試験の結果は表-4の通りである。

測定温度は25°Cであり、載荷速度は曲げ、圧縮共に25mm/minである。

表-4

バケットNo.	比重	曲げ	圧縮	バケットNo.	比重	曲げ	圧縮
2	{2.00 (1.93)	7.5 6.8	21 20	10	1.94	11.5	29
3	{2.02 (1.92)	15.9 13.3	25 26	11	1.90	10.1	21
4	2.04	9.8	16	12	1.97	13.3	24
5	1.98	16.8	29	13	1.97	15.9	31
6	1.92	10.3	21	14	1.94	13.1	27
7	1.92	11.9	23	15	1.94	14.5	30
8	1.99	11.5	22	16	1.91	10.3	25
9	1.93	12.6	26				

No.4はクッカー内に重油が少し残っていたためマスチックはカットバックされたので低い強度を示している。

尚流し込んだ後の試料を採取し分析した結果は表-5の通りである。

V 引抜試験

あらかじめ捨石中に80kg前後の引抜試験用コンクリートブロックを埋めておき、施工後引抜試験を行った。ブロック上のマスチックの被り厚は15cmであったが、3.150kgの引抜力で全然引抜き出来ずクレーンの能力を

表-5

	篩目	No.5	No.6
通過量	2.5	99.4	99.6
重量百分率	1.2	97.9	98.2
通重量	0.6	92.6	93.1
過重量	0.4	81.1	82.5
通過百分率	0.3	77.7	61.9
過百分率	0.18	26.1	29.2
過百分率	0.15	20.5	21.4
過百分率	0.074	11.2	12.4
アスファルト		18.9	21.4
マスチックの比重		1.95	1.94

越えるので中止した。

VI 結論

- 1) 平面捨石に対しては
 - i) 口径70cmのバケットを使い
 - ii) フローコーンによる流出時間は30～50秒前後の流动性を持つように配合温度を選び
 - iii) 一回の流込量を1.5tにする。
そのときのマスチックの広がりは2.0m×1.8mになり被り厚は10cm以下になる。
- 2) 1:1の勾配の捨石面に対してはマスチックの流动性に対して更に検討を要する。
- 3) バケットの形状について
 - i) 2つの異った型のバスケットの優劣は判定出来なかった。
 - ii) 四日市港で使用したバケットと比較すると今の方がマスチックのバケットからの流出状況及び捨石上の広がり共に良い結果を得た。
 - iii) 流し込むときのバスケットの口の位置は捨石面上75～90cmでも良好なマスチックが得られる。
- 4) マスチックの流动性について
 - i) マスチックはThixotropyの現象を呈し攪拌して放置すると流动性が悪くなるのと、フローコーンの側壁附近のマスチックの温度低下により、フローペンシルへ続く

瀝青乳剤による 安定処理工法について

瀬 哲 雄

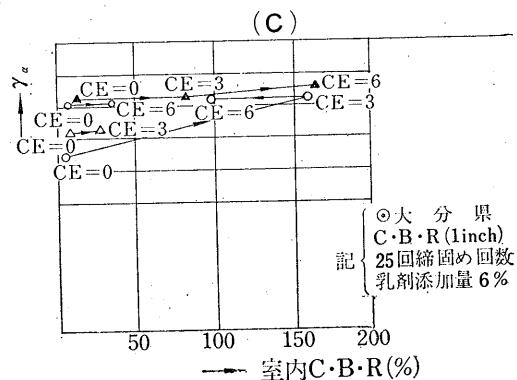
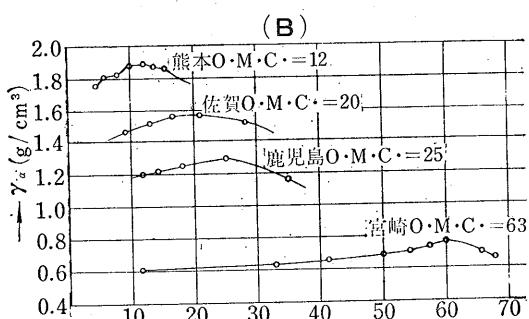
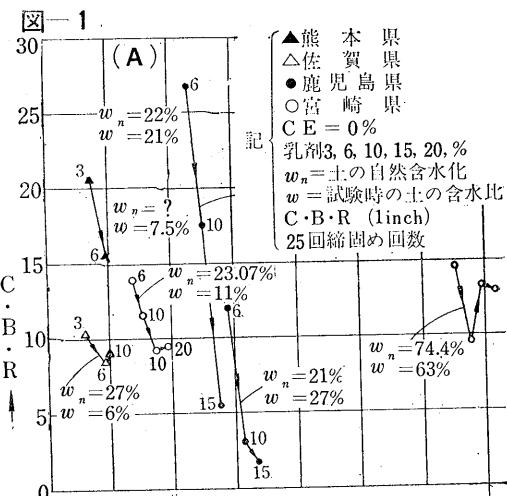
(I) 概要

現地土にアスファルト乳剤、カットバックアスファルト、タール或はアスファルト乳剤にセメント、消石灰等を併用添加して安定処理する方法はセメントによる安定処理工法と共に、近代土木界において脚光を浴びようとしている。

然しながらわが国の如き年間を通じて自然含水比の高い土に対しては、歴青剤の形でさらに液体を加えることになるので、未だ一般に高温で自然含水比の低いような土に、限定されているようである。そこでアスファルト乳剤にセメントを併用し乳剤の分解を早くし、土中の余分な自由水を水利作用で吸収させて、処理後の土の圧縮強度を増すことが考慮されなければならない。又乳剤の性質を変えるような成分改良等をも研究すべきである。第2次大戦中英國は飛行場建設のため、Wet-Sand-Mix工法(湿った砂に(消石灰1~2%+カットバックアスファルト)を添加する方法)により消石灰を歴青剤4~10%の接着増加剤として用いた例がある。更に米国の大道路局の路盤施工基準にあっては、すでに歴青系の路盤工として散厚(締固厚)7.5cm(7.5cm以上は2層締固め)を採用しておる現状である。わが国においても砂質土壤にアスファルト乳剤等を添加して路盤施工を行なった例があるが、成功の反面、失敗しかけた例を聞いている。ここに以下主としてアスファルト乳剤による安定処理工法を室内実験結果に基づいて検討する試案である。

(II) 設計基準について

道路の路盤工の設計基準として、米国においては Corps of Engineers の設計曲線は路盤と舗装の全厚と輪荷重及び設計 C.B.R との関係を与えているが、我国においても、同様な方法を採っており、輪荷重3.5, 5, 及び 8t はそれぞれ計画交通量 2000台/日以下、2000~7500台/日、7500台/日以上に相当するとみている。アスファルトで安定処理をする場合においても、交通量別(輪荷重別)に C.B.R 値を定める機運になりアスファルト要綱案中で上層路盤に対し 2000台/日以下で C.B.R 値 = 45%, 2000台/日~7500台/日で C.B.R 値 = 60%, 7500台/日以上が C.B.R 値 = 70% 以上と定められている。以



下この基準を論の対象とする。

(III) 歴青乳剤による安定処理試験結果

(i) 実験ファクター

各工事々務所により蒐集した。乱れてい
る試料土を J・I・S 1211に従って締固め
た供試体を 3日間室内放置後、一日水浸養
生による（勿論供試体は養生中シールしな
い）C・B・R 試験を行った。主な実験要素
は次表のとおりである。

表—I 室内実験諸元

A : 試料土の物理試験

- ①現地土の自然含水比 ②比重 ③粒度分析 ④遠心
含水当量 ⑤LL, PL, PI ⑥有機物含有量

B : 安定処理土の力学試験 (I)

- ①試験時の含水比 ②土の締固め試験 (10, 25, 40, 50
回の即日及び 1週間養生後の一軸圧縮強度) ③膨張圧
(10, 20, 30, 40, 55回締固めた供試体) ④添加配合
割合 (石灰, セメント, フライアッシュリグニン, ポ
ブリス, アスファルト等) ⑤混合時の含水比 ⑥乾燥
密度 ⑦吸水率 ⑧水浸一軸圧縮強度 ⑨弾性係数
⑩即日作成の外 Premixing を行う。

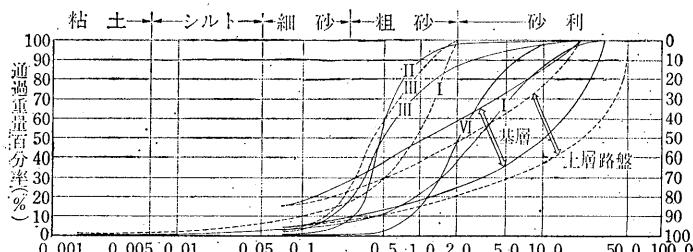
C : 安定処理土の力学試験 (II)

- ①添加配合割合 ②上及び (土+薬品) の含水比 ③
乾燥密度 ④吸水率 ⑤C・B・R (25, 及び 55回締
固め供試体を貫入量 1インチ 2インチ)

D : 安定処理土の凍結融解試験

図—2

- I 宮崎工事々務所 (ボラ砂)
II 佐賀工事々務所
III 熊本 (砂)
IV 延岡工事々務所



B・S式の試験方法とした。
①添加配合割合 ②土
(土+薬品) の含水比 ③試験時の乾燥密度 ④水浸
続行と凍結融解による供試体の一軸圧縮強度割合。

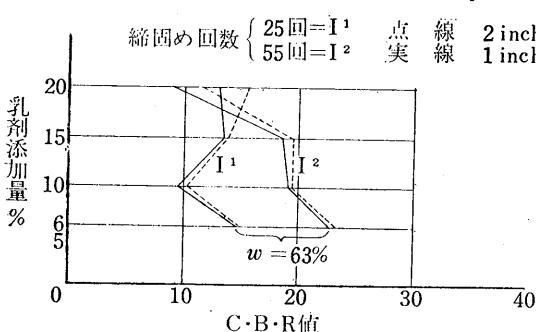
註) 乳剤による安定処理試験には A, C が採用される
尚使用乳剤の種類は S S—I (A・S・T・M分類)
を主に使用したのであるが、これは土壤混合用のME—
3に近いもので濃度は57~62% (ME—3 60%以上)
であり、単価は19.5円/l (ME—3, ME—2, ME—1
はそれぞれ19.5, 18.5, 17.5円/l 但し東京近辺では約1
円安) である。これらは下表のとおりである。

表-II

項目	種類	ME—1 (粗骨材 (混合用))	ME—2 (粗骨材 (及び細 骨材混 合用))	ME—3 (土壤混 合用))
比 粘 度 (25°C)	20以下	30以下	40以下	
フルイ残留物 (1190μ)%	0.3以下	0.3以下	0.3以下	
貯蔵安定度 (5日) %	5以下	5以下	5以下	
骨材被膜試験 (40°C, 5分)	合 格	合 格	—	

図—3

ボラ砂 (宮崎工事々務所・都城出張所)



図—4

シラス (鹿児島川内国道市末地先)

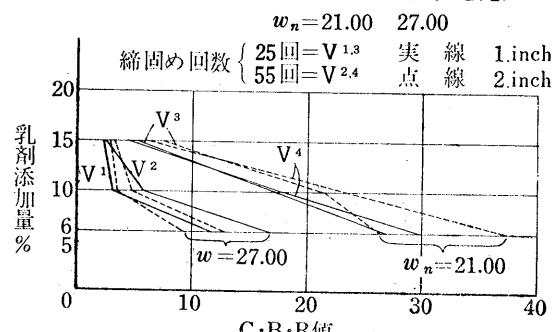


図-5
佐賀工事々務所(砂)

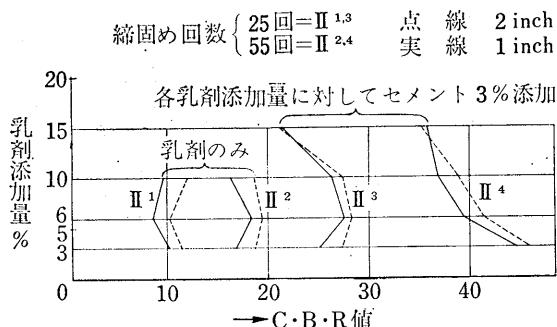
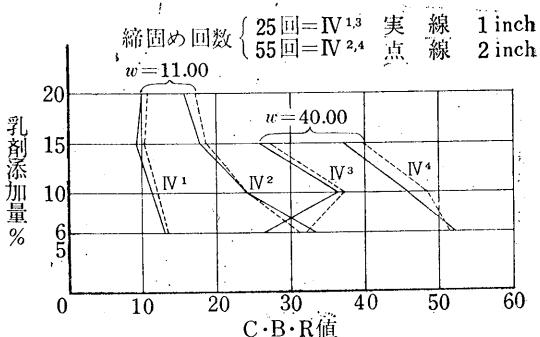


図-6
軽井沢(軽石)



	合 格	合 格	合 格
低温安定度 (-5°C)			
粗骨材混合試験	合 格	—	—
細骨材混合試験	—	合 格	—
セメント混合試験残留物 %	—	—	2 以下
破壊度 (N/10 casl ₂ 溶液) %	55以上	57以上	60以上
針入度 (25°C)	100~200	100~200	100~300
伸度 (15°C)	80以上	80以上	80以上
四塩化炭素可溶分 %	97以上	97以上	97以上
残 留 物			

(ii) 現地土の性質

J.I.S.によりコンパクションテストを行なった結果図-1(B)の如くである。同じ砂と云っても締り具合と含水比は非常に違つておる、熊本の砂はO・M・C = 12%最大乾燥密度1.9g/cm³に対し宮崎の砂ではO・M・C = 63%最大乾燥密度0.77g/cm³となっている。粒度も粒径一定しているような悪い砂もあるから路盤材料選定には注意を要することになる。現地土の粒度曲線を20mm

以下でふるった場合と、全粒径についてふるった結果は図-2の如くである。

(iii) 歴青乳剤の効果

一般に無機質で自然含水比の低い砂質土であれば歴青乳剤で安定処理可能であるが、更にセメント等と併用すればその効果は倍加されるようである。(第5回道路会議においても砂利道表層を乳剤で処理するときには乳剤量7.5%以上にセメント3%加えるとよく、特に効果があると云う論文があった。)然しながら乳剤の添加量については従来云われているように7~8%が適量と云うことについては疑問があり、今回の室内試験結果からは、3%添加の場合の方が高い支持力を示しております(図-3~11参照)、更にセメント量についても多量に添加併用されるに従つて支持力が増すようである。(図-11参照)歴青乳剤を土に添加すれば土の毛管作用に対し防水性を發揮すると共に付着力により骨材を結合させることになるが、これを実験値より検討すれば下記のとおりである

(a) 防水効果(図-1, 3参照)

図-7
熊本工事々務所(砂)

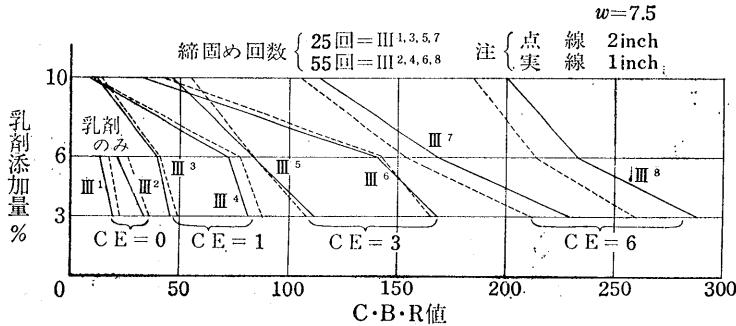


図-8
宮崎県延岡工事々務所

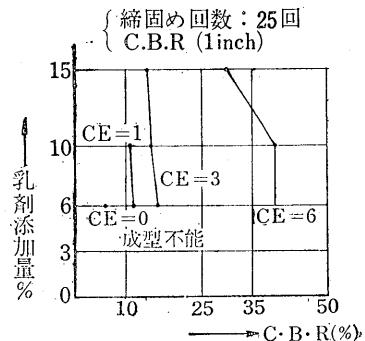
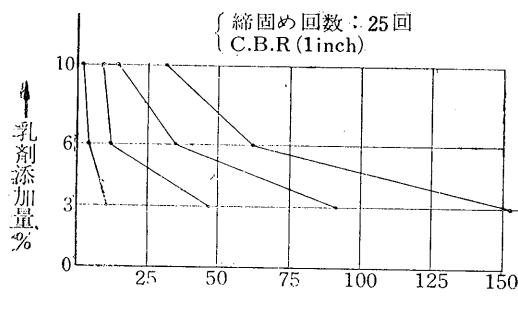


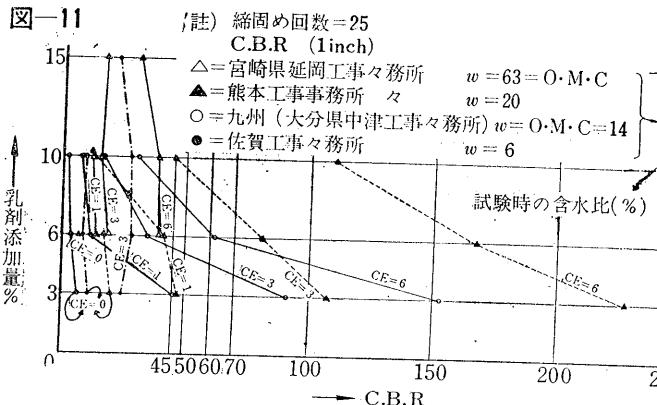
図-9
九州（大分県中津工事々務所）



乳剤の添加割合が増すにつれ著しく吸水率が低下し防水性となる。この防水程度は土性により異なっており、熊本土は特に効果顕著である。但し支持力を増加する絶対的主要原因とはならないようである。（図-12も参照、セメント（CE=O）添加しない場合でも含水比は小さくなるがC B R値はそれ程増加していないのである。）

(b) 接着力（図-12参照）

歴青剤の量を過度に増加すると（土+添加剤）の含水比が大きくなりC B R値が低下する。これはまたあまり潤滑の効果が過ぎると土をプラスティックにし、締固めを妨げることも一要素となる。そこでセメントを併用することにより、土中の余分な自由水を吸収させれば（結局セメントが接着効果を与える）支持力を増加させることが出来る。尚セメントを併用すれば締固め密度も増加す



るが乳剤6%にセメントを添加した場合は図-1(C)に示してある。最近カチオゾールと云う乳剤が市販されているが、これは従来の乳剤がアニオン系であるのに対しカチオン系に処理したもので、これにより骨材は負(-)に帯電しているのでカチオゾールを撒布又は混合すると水分をはき出して接着する。このとき電気的作用が加わって分解を早め水分をはじき出すので蒸発が促進され蒸発養生期間が短縮されると云う利点があると云われているので、この添加剤或はレヂン系統の添加剤についても研究する必要があろう。

(c) 歴青乳剤の添加量について

わが国において乳剤による安定処理を行う場合には土性と気象条件により、その工法と施工時期（低温例えば5°C以下ではソイルセメントと同様望ましくない）とを

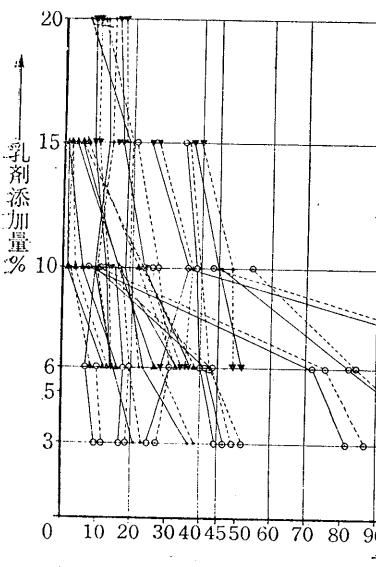


図-10

(註) ● 宮崎県ボラ砂
▲鹿児島県シラス
○佐賀県
▼長野県
●熊本県
{ 点線 2 inch
{ 実線 1 inch

図-12

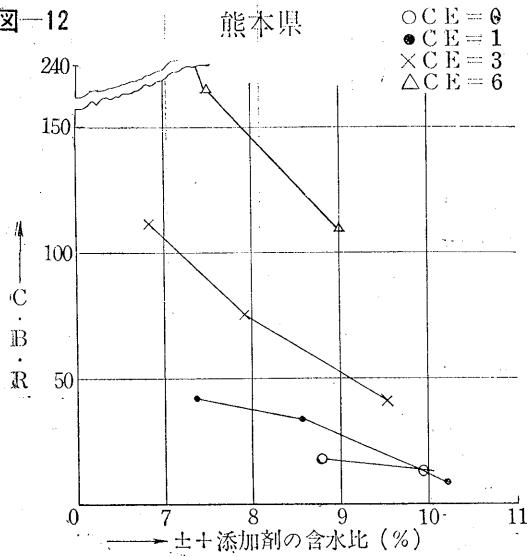
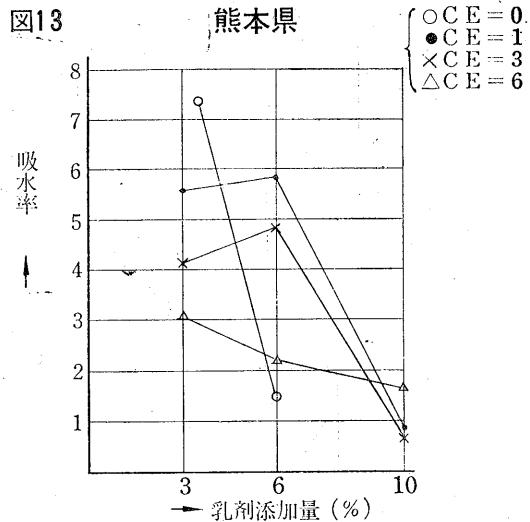
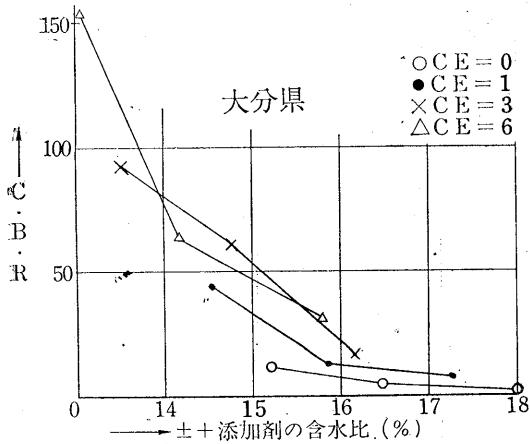


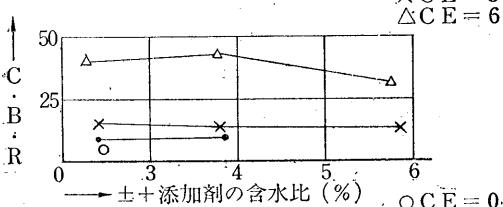
図13



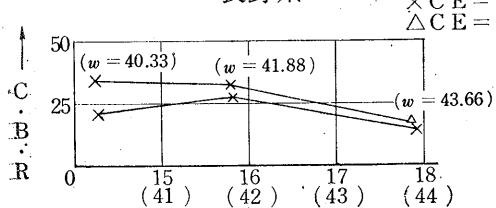
大分県



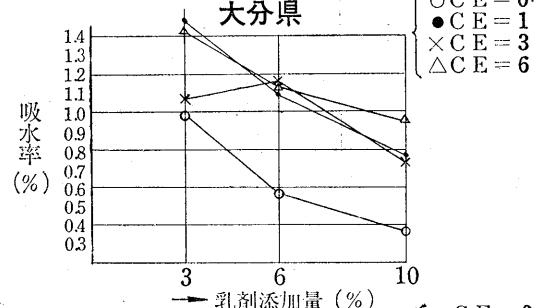
宮崎県



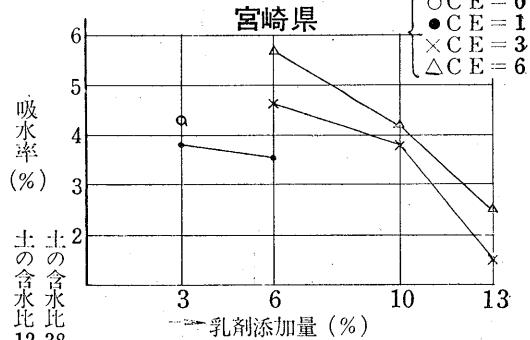
長野県



大分県



宮崎県



長野県

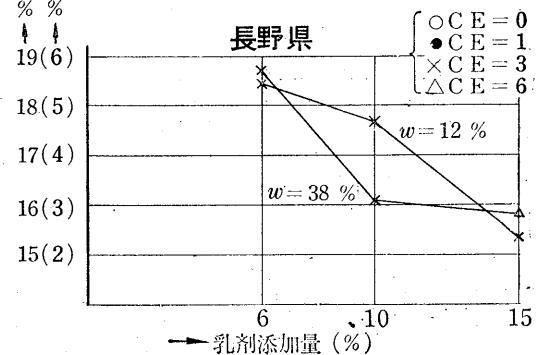


図-14

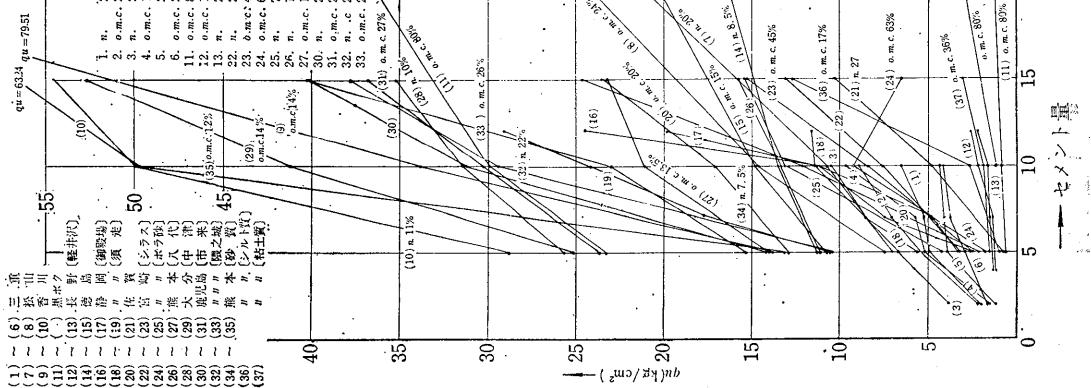


図-15

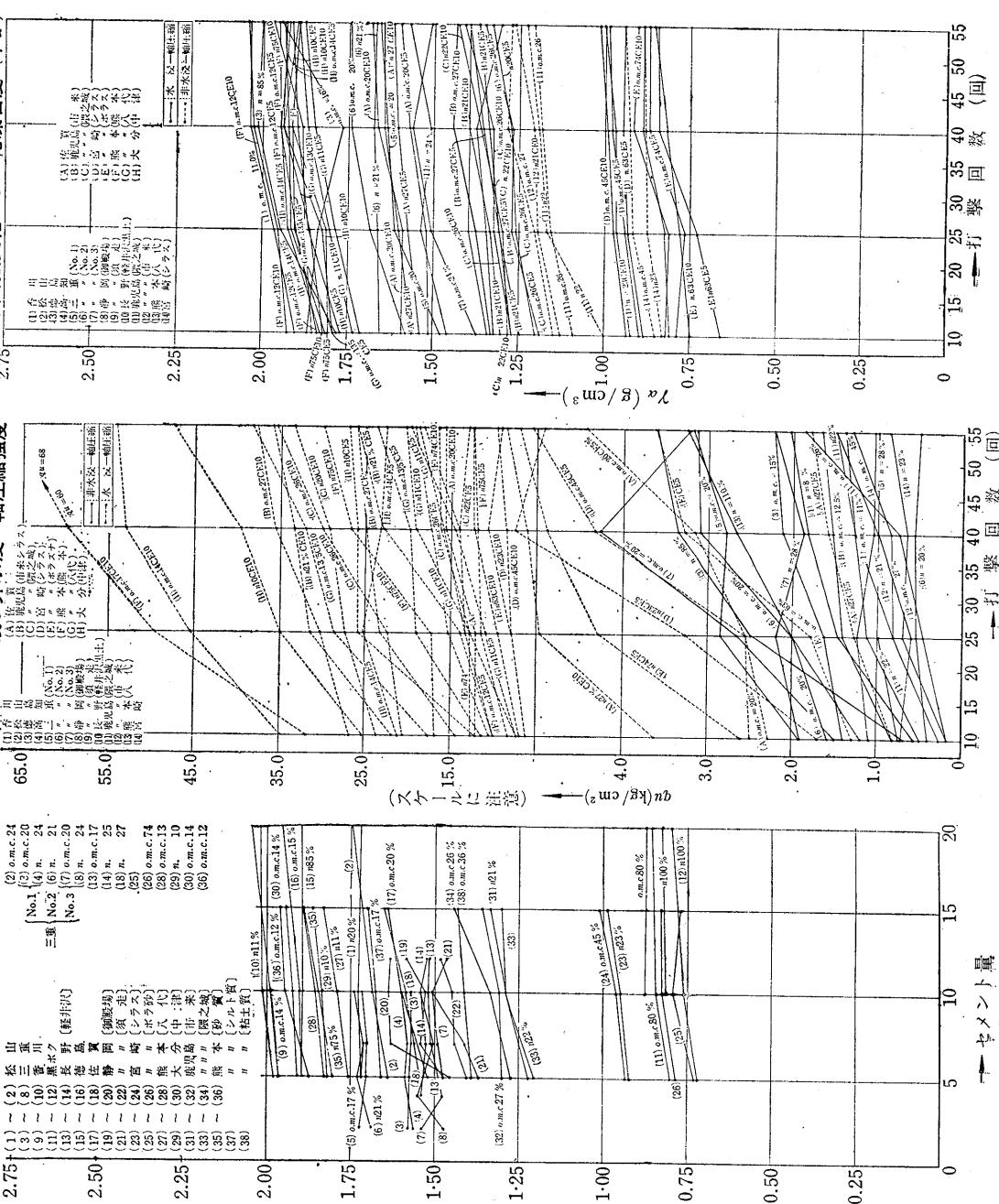
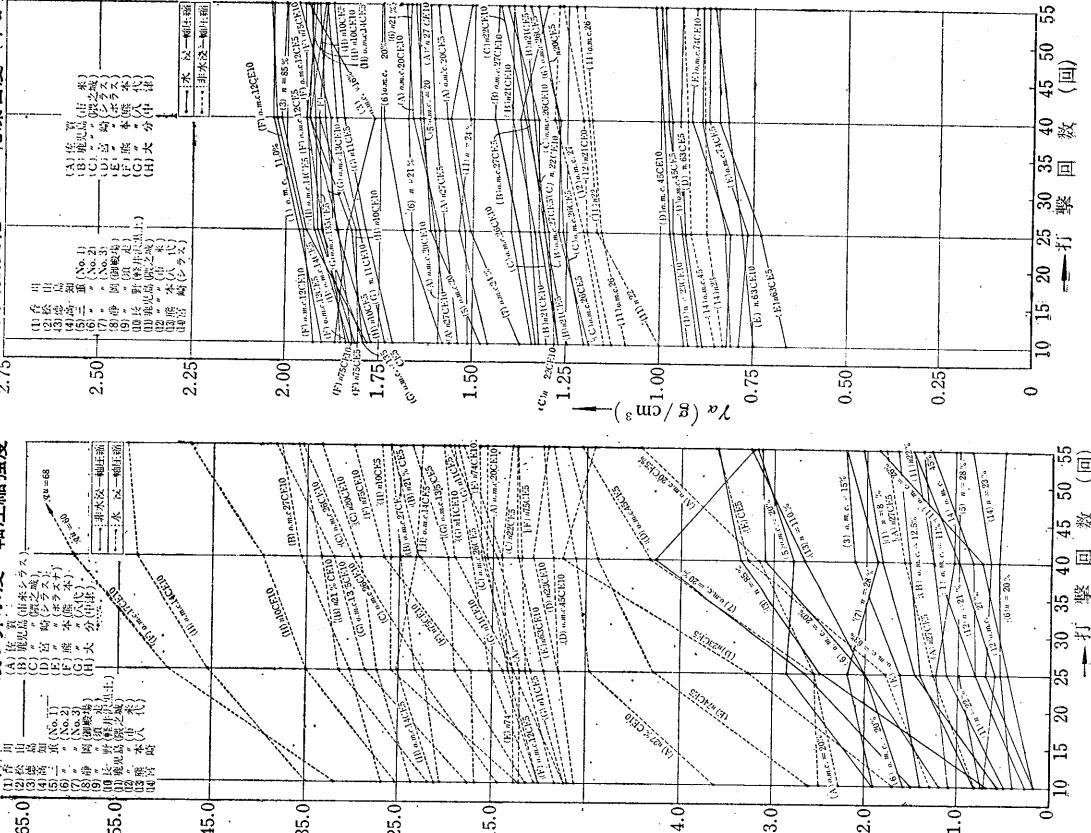


図-16 打撃回数変化による水浸軸圧縮強度及び非水浸

図-17 打撃回数変化による乾燥密度 (γ_a)

変える必要がある。H・R・Bでは安定処理の分類を4種に分け、(ソイルピチューメン、サンドピチューメン、防水性の機械的安定処理、油処理土)特に機械的強度の要素として粒度の範囲を限定している。即ち0.074mm(200番筋)の通過分12%以下であること、飛砂或は海岸漂砂で25%以下であること、を規定している。更に

$$F \cdot M \cdot C \text{ (現場含水比)} > 20\%$$

$$\text{線収縮} > 5\%$$

なることも規定している。そこで砂質土に対し経済的な乳剤添加量を Mckesson は次式で与えているが、結論的にはわが国においては大いに疑問の余地があろう。

$$E = 0.75 (0.05A + 0.10B + 0.50C)$$

$$A : 2.0\text{mmフルイにとどまる砂の量} (\%)$$

$$B : 2.00\text{mm} \sim 0.075\text{mmの砂の量} (\%)$$

$$C : 0.075\text{mm以下の砂の量} (\%)$$

この式で求めた乳剤量は一般に大き過ぎるのではないか、即ちこれより算定した値は佐賀試料土=7.5%，熊本試料土=7.5%，宮崎試料土=6.4%，延岡試料土=6.2%となるにもかかわらず実際には3%添加の場合の方がC・B・R値は大となっている。(図-12, 13)

(IV) セメントによる安定処理との比較

一般に非粘性の細骨材(例えば砂)に対してはセメントを添加して土を安定処理すれば効果はあるとされている。然しこストの関係で乳剤の方がよい場合がある。又防水性になる点から、処理後特にアスファルト乳剤で処理した方が当を得るととも云える。図-14 (J・I・Sによる水浸一軸圧縮強度とセメント添加割合との関係)と図-11 (アスファルト乳剤或はアスファルト乳剤+セメント添加量とC・B・R値との関係)とを比較してみるとセメントで効果があるような土に対しては(乳剤+セメント)を使用した場合も効果があると云う、図-16, 17よりみられるセメントの締固め回数による効果と同様乳剤、或は乳剤+セメントの場合の効果も、図-3~8によれば相当あることが認められる。(図-14~17)

(V) 結語

以上の結果を要約すると下記のとおりになる。

(i) 非粘性の細骨材(例えば砂)に対してはアスファルト乳剤とセメントとを併用添加すれば土の自由水吸収作用と粘性增加により支持力を増す。(III-iii)

(ii) (i)のアスファルト乳剤添加量については従来より Mckesson が提唱している算定値より少量使用する方がC・B・R値が大きくなる。またセメント量は一般に路盤工のコストの許す範囲で多めの方が効果も大きいものと推測される。(III-iii)

(iii) 一見して同一の砂とみられる場合でもその土の特性を把握してから乳剤を添加するか或はセメントを添

加するかを決定することが賢明である。(III-iv)

(iv) C・B・R値は乳剤のみ添加の場合にも含水比が小さくなるにもかかわらずそれ程増加しない。(III-iii)

(v) 機械的に処理しない粘性土の含水比を安定させるためにはアスファルト乳剤を使用すれば効果がある。

(vi) 機械的に安定させた粘性土をアスファルト乳剤により含水比を安定させることが可能である。

(vii) 一般に粘性土の構成は $\frac{S}{R} = \frac{\text{シリカ}}{\text{酸化第2鉄+酸化量}}$ の比で示されるが、この場合シリカ量が多く、アルミニュームの量が少い程、即ち $\frac{S}{R}$ 値が大きい程アスファルト乳剤量が多くなるならば、乳剤添加量が比較的多い場合ならば同時にまたセメント併用添加量も多くすべきであるかも知れない。

(ix) 酸性有機物は有害であるから有機物の多い土に対してはP・H値を測定する必要がある。

(x) 置換性イオン、Na, K, Ca, Al その他の高い原子価ほどアスファルト乳剤による安定処理は容易に行なわれるはずであるからカチオゾール等の薬品改良により早期に余分な水分を蒸発せしめて、結合を強固にする必要があろう。

この研究においては土木研究所の竹下春見氏の厚き御指導のもとに行なったものである。また日瀬化学工業株式会社の斎藤茂氏には多大な御協力を仰いだ。ここに改めて両氏に深く謝意を表するものである。

(建設省計画局都市建設課)

×

× ×

× ×

× ×

×

×

品質および経済の両面から 考えて最適であるよう 努力しなければならない

“We Must Strive for an Optimum in Both Quality and Economy.....”

西川栄三訳

1930年10月号の米国アスファルト・インスチチュート機関誌に、表記のような題目の下に、H. A. Radzikowski 氏が執筆している。Radzikowski 氏は、U. S Bureau of Public Roads, Office Operations の Chief of Development であって、1960年6月、アスファルト・インスチチュートのディレクター会議の席上で意見を発表しているが、10月号の記事はその抄録である。彼は、通称ラッド (Rad) の愛称で各州の多くの道路技術者から親しまれているが、世界中でも、最も造詣の深い道路技術者である。タフツ大学 (Tufts College) 卒業後、既に30年になるが、彼は、その専門の道において、常に成長しつづけて来た。現在、彼は、技術、装置、材料等の改善、および、改善された技術、装置、材料、を道路問題中に、滑かに融け込ませてゆくことを主な仕事としている。下記は、10月号から和訳したものである。

アスファルト舗装の路盤 (Subgrade), 基層 (Base course), 表層 (Surface course) 等の締固め (Compaction) に関する規格および試験方法は改良する必要があるものと、私は以前から信じていた。そのため、1960年版のアスファ

ルト・ハンドブック中に締固めに関する種々の勧告 (Recommendations) が明記されていることは、私にとって興味深いものである。基層および路盤の密度測定方法としてAASHO試験方法 T-180 の使用、(AASHO=American Association of State Highway Officials), および下記の判定基準が推奨されている。

1. 凝集性路盤 (Cohesive subgrades)
上面部 12in (30cm) に対しては、改良 AASHO 密度の 95% 以上、それより下のすべての部分に対しては、90% 以上。
2. 非凝集性路盤 (Cohesionless subgrades)
上面部 12in (30cm) に対しては、改良 AA SHO 密度の 100% 以上、それより下のすべての部分に対しては、95% 以上。
3. 基層 (Bases), サブベース (Subbases)
および改良路盤 (Improved subgrades)
締固められる材料が、不当の車輒を生じたり、移動を起したりしない範囲で、締固め荷重 (Compaction load) および接触圧力 (Contact pressure) は、できるだけ高くしなければならない。

これは、AASHO 試験方法 T-99 が要求するところより、もっと高度の締固めである。こ

の問題に関して何回かの会議が行われたが、これらの会議には、アスファルト・インスチチュート、各州道路局、タイヤーおよびゴム工業、締固め機械製造業者、および、ビューロー・オブ・パブリック・ロード (Bureau of Public Roads) 等の代表者達が出席した。締固めに関する規定の或るものは、現在、ハンドブック中にも織り込まれてあるが、疑もなく、これら会議における討論の結果として生れたものである。現在の規格による基層および盛土 (Embankment) の締固めは、接触圧力 $40\sim50 \text{ lb/in}^2$ ($2.8\sim3.5 \text{ kg/cm}^2$) 程度で行われていることが、これらの会議で明かになった。牽引用新タイヤーは、スチール・ファブリック・タイプ (Steel fabric type) に移ろうとしているが、このタイプでは、接触圧力 (gross contact pressure) は 90 lb/in^2 (6.3 kg/cm^2) にも達するであろうと、タイヤー製造業者は指摘している。

またこれらの会議中、次のようなことが明かになった。即ち、現在の締固め規定では、タイヤー内の空気填充圧力 (Tire inflation pressure) および自動車によって舗装構造に課せられる輪荷重 (Wheel loads) の変化の影響が、十分に考慮に入れられていない。

タイヤーの空気填充圧力の変化による接触圧力 (Contact pressure) の変化は、非常に甚しいものである。例えば、填充圧力が、低くて、タイヤーが軟い時は、車輪の接触面積は大となる。この大きな面積を通じて輪荷重が舗装に得られるから、舗装の受ける圧力の強さ (lb/in^2 或は kg/cm^2) は比較的に小となる。これに反して、同じタイヤーに於て填充圧力が極めて高い時は、同じ輪荷重の下においても、接触面積が小となるから、舗装の受ける圧力の強さは大となる。この事実は、アスファルト・インスチチュートの1960年版ハンドブック (132~153頁参照) に於て認識されている。

このハンドブックでは、アスファルト基層が、品質上からもまた経済上からも、利益をもたらすものであるから、その使用について考慮

すべきことを推奨している。州道路局の半数よりやや多数が、アスファルト基層 (Asphaltic base courses) に対する標準施工規格 (Standard construction specifications) を用意している。これらの規格には、安定工法、滲透工法、プラント混合工法等が含まれている。プラント混合アスファルト基層は、約20の州に於て、頗繁に用いられている。

目下進行中の道路改良の大計画は、道路工業に従事する吾々のすべてに、種々の刺激を与えるものである。吾々は、道路築造の速度を高める必要に直面していると同時に、最終製品 (舗装) の品質の向上と経済性とを確保しなければならない。このような任務を背負っているので、道路当局は、その仕事振りに於て新様相を呈して来た。彼らは、新方法と新装置とを導入して、生産性を高め、且つ品質管理の向上を計っている。

道路当局のこのような虚心坦懐の態度は、更に種々の改良への道を開くものであって、その結果は道路計画に対して有利に作用するであろう。道路チーム (Highway team) のメンバーとして、アスファルト・インスチチュートの協力もまた必要である。道路に使用される石油製品の一層の改良、および、実験室で測定した瀝青材の特性と、基層および表層の将来性状 (Future performance) とを関連づけるような、優秀な試験方法とを、吾々はアスファルト・インスチチュートの方々に期待するものである。

舗装用アスファルトについて

井 上 太 郎

1 概 説

最近の自動車の激増ぶりは、或種の脅威をさえ感じさせます。オリンピック迄には表面だけでも一応舗装を完了させたい、もっとも日本の舗装率（全国道路面積で舗装された全面積を割ったもの）は9.8%，第一級国道が38.8%，2級国道15.9%，都道府県道においては6.6%，しか舗装されていないのでありますから激増した自動車は、快適に走れる舗装道路に集中して來るので、ますます、混雑して來ます。

私も36年の初詣でに家族連れで伊勢神宮に行きましたが、つい2年前にはさして駐車場をさがす苦労もなく内宮、外宮共に、その前で駐車する事が出来ましたが、途中の道路23号国道に出て一まず驚きました。いるはいるは続々と通過する自家用車、観光バスの列、しかも新道路交通法もなにも正月の国道は交通巡査が一人もいないし、殆どの車が伊勢神宮へ向い、対向する車は殆ど見当りませんので、国道とは云えたた1車線の道路を2車線の一方交通になってしまって時速70から80km位ですっとばしています。道交法の60km位で走ろうものなら後続車にすいすい抜かれて危くて仕様がない。日本の自動車もオーバードライブかなんかつけて速くなつたのに今は今更乍ら驚きます。それでこの様な高速で走るには途中日本道路公団の参宮有料道路があります。距離は約10kmで通過料金は大型100円、小型70円ですが、ここはコンクリート舗装になって居りますので、このつぎ目が非常な不快感を持って周期的にドンドンとひびいて来ます。これが一方、他のアスファルト道路ですと何の衝撃もなく気持ちよく走行出来ますので、先の有料道路で道路料金を払っても何んだか損をした様な気になります。一方アスファルト道路は浅黒く長く続き一見無造作に見えて居りますが、御承知の様にこれに使用されるアスファルトは調べれば調べる程に何やらわからなくなつて来る代物の様です。又こんなやっかいなものもないかも知れません。

最近はアスファルトは道路舗装用だけでなく、海岸の

防波堤（Embankment）にも使用される事が多くなって居り、現に我々も非常に興味深く、三重県の鍋田干拓地（伊勢湾台風による非常な被害を受けた所）に施行されて居る防潮堤も、その使用アスファルトについて調べて見ました。一方防波堤にも使用され、これは先月号に出て居りましたが、その利用範囲は次第に拡がり、それに付れて要求されるアスファルト原材料の方も、従来の概念をかえなくてはならない時期に来て居る様に見られます。

2 アスファルトの製造方法

アスファルトは天然に産出される、天然アスファルト（Natural Asphalt）と、石油から人工的に製造される石油アスファルト（Petroleum Asphalt）に分類され、戦後は天然アスファルトより石油アスファルトがその大部分を占める様になって居ります。他に石炭系のタール等も少量使用されて居る様です。さて、原油から生産される石油アスファルトは主として蒸溜（Distillation）により製造されて居りますが、最近潤滑油用の溶剤抽出法による副産物として（プロパン脱氷 etc.）得られるものもあります。

1. 原油の蒸溜法

此の方法は前にも本誌に掲載されて居りますのでその大略を記しますが、我国の原油は大部分を海外輸入に依存して居り国内原油との比率は、35年11月ではその処理量が1日60万5千バーレルで、このうち国産原油は、わづかに1万1千バーレルで1.7%にすぎない。このうち中東地域が35年度で79%余をしめており、アメリカ地域のサンノーキン、コーリング、カリフォルニアを全部合せても約0.43%しかありません。

これらの原油を石油工場の常圧蒸溜塔で蒸溜し、そのボットム油を更に真空蒸溜塔に入れて再び蒸溜して、クラッキング原料や潤滑油馏分をとり、そのボットムからアスファルトがとれる事は御承知の事と思います。この場合、原油により、同じ中東地域原油でも蒸溜の操作上ストレートアスファルトになり易いものと、なりにくい

ものがあります。即ちラタウイ (RATAWI)、ワフラ (WAFRA) 等は殆どナフテンベースに近く、これらはストレートアスファルトを取るのが容易です。一方アラビア原油等はストレートアスファルトが先に述べました様に蒸溜塔の操作上ストレートアスファルトが作りにくくこれらはブローンアスファルトの原料に適して居ります。

ブローンアスファルト (Blown Asphalt) は御承知の如くこれらの原料をブローン装置に送り、一定温度でエヤーを入れて、酸化重合、縮合反応を行わしめて、P.I. (Penetration index) の良いアスファルトを各種製造致します。

2. 溶剤精製法

これに使用される溶剤精製法としては、代表的なものにプロパン溶剤精製法と、エデルアール法等があります。

表-1 プロパン溶剤精製法と蒸溜法のアスファルト性質の差異

アスファルトの性質	製造法	
	プロパン溶剤精製法	蒸溜法
比重 25/25°C	1.055	1.031
軟化点 R&B °C	65	63
針入度 /15°C	8	9 ^{1/2}
25°C	19	23
40	70	86
60	—	—
75	—	—
P. I.	-0.1	-0.1
60~80アスファルテン%wt	19.4	18.8
ワックス含有量 %wt	0.8	1.3
ブレーキングポイント プラス°C	+7	-9
酸化 mg/g	3.5	0.4

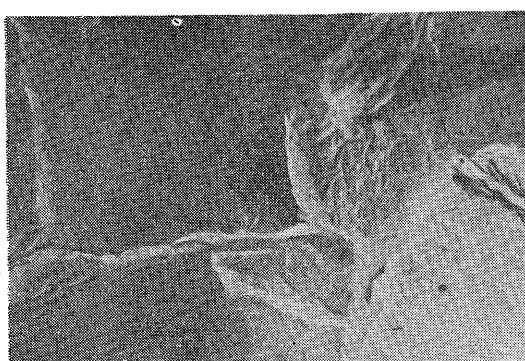
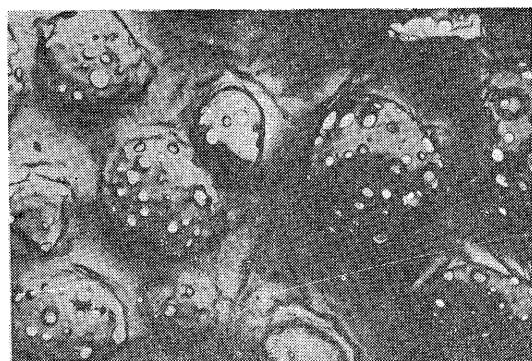


写真-1 ストレートアスファルトの電子顕微鏡写真 4,000倍
85~100ストレートアスファルト

写真-2 ブローンアスファルト電子顕微鏡

写真 4,000倍
10~20ブローンアスファルト



この中プロパン法が最も一般的ですが、まだ日本では此の方法で製造されたアスファルトは一般に使用されていない様です。もっとも此の方法は高級潤滑油製造が目的であって、アスファルトは副産物になって居りますが、表-1の様に注目される性質が J.PH.PFEIFFERにより提出されて居ります。これによると、蒸溜法よりも PENETRATION INDEX. が低く、従って軟化点も低くなっていますが、一方 WAX の量は相当減少し、酸化が高くなっていますので、この分では固いブローンアスファルトの様な性質のアスファルトを此の方法で造りエマルジョンを作れば面白いのではないかと思って居ります。

又運転方法を調節したりブレンディングしたりすれば何か興味あるストレートアスファルトも出来る様に思われ、今後も研究調査をして見ようと思って居ります。

3. ストレートアスファルト (STRAIGHT ASPHALT) の性質

道路舗装に使用されるアスファルトは、主としてストレートアスファルトですが、一般にアスファルトは簡単には非常に高分子のアスファルテン (ASPHALTENE) (固型物) が比較的低分子のペトローレン (PETROLENE) (粘稠油分) に分散した所謂コロイド (COLLOID) の状態を持った、黒色又は黒褐色の半固体です。この状態は我々が電子顕微鏡で調査した一枚 (写真-1) を御覧になればよく判ると思います。写真に見える様に丸い固りがアスファルテンで、その他の平面に見える部分がペトローレンと推定されます。ブローンアスファルトになりますと、このアスファルテンが急激に増大しますのでペトローレンの部分は殆ど見えなくなってしまいます。(写真-2) この状態は原油や、製造法の違いにより少しづつ変って来ます。

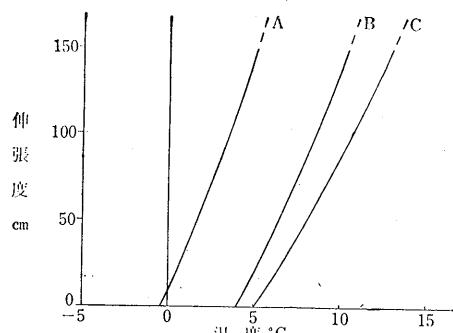


図-1. A型ストレートアスファルトの
温度・伸張度の関係図

	P.T	S.P
A	139	42.0
B	95	44.7
C	67	49.0

次に実際舗装者側及道路交通をする当事者側から、色々要求がありますが、これ等について順次述べて行きたいと思います。

(1) 冬の寒冷期にモロクなってはならないし、一方夏の暑さにとけ出してはならない。

これは特に夏にベトベトする道路が時々ありますが、実際交通する者にとっては誠に気持の悪いもので、キレイな娘さんがハイヒールを取られて難渋する場面等はなんとしても感心出来ません。冬の寒気に道路がバラバラになってしまふくなります。これらは舗装される方の施工方法の改善もさる事乍ら、道路のペーストとしてのアスファルト原材料から見ますと、日本の大部が冬期は0°C以下となる時があり、こんな低温度ではアスファルトはどういう動きを示すか？もしこの場合伸張度(Ductility)と弾力性(Elasticity)が無くなればアスファルトは、それ自体モロクなってバラバラになり道路にクラックが入ってしまう原因の一つになると思われます。それで0°C附近の伸張度を各種アスファルトについて比較して見ますと、所謂建設省規格案のA型を図-1に示します。

図-1から判る様に、A型アスファルトは温度による伸張度の変化が頗る大きく、80~100ストレートアスファルトでは4°C位で0となりバラバラになってしまいます。これではいくらA型のものでも、やはりクラックの原因になてしまうだろう。この点は更によく認識し研究する必要がありましょう。更に温度変化が大きい場合、逆に夏の高温時にはA型の軟化点の低い事と相まって当然ドロドロの状態になる。先に書いた様に交通者にとって最もイヤな事にもなる。いい状態と云うのは結果的に見て春秋の季節しかない事になりかねない。これ等の欠点を除くためにはアスファルトの温度変化を少くし、日本

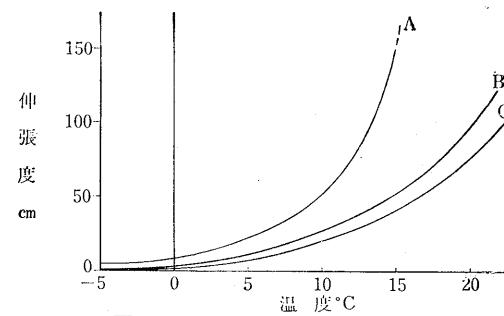


図-2. セミブローンアスファルトの
温度・伸張度の関係図

	P.T	S.P
A	153	39.8
B	102	46.8
C	79	39.8

の様に春夏秋冬温度の変る国に対処しなくてはなるまいと思われます。そこでこれ等の点を改善するためにはブローンアスファルトに注目されます。これは温度変化がストレートアスファルトに比較して非常に少いし軟化点も高い。しかし一般のブローンアスファルトは固すぎて道路舗装には適しないので、ストレートアスファルトの性質とブローンアスファルトの性質を兼ね供えさせるために所謂セミブローンアスファルト(SEMI BLOWN ASPHALT)を例に取って見ましょう。これは軟いストレートアスファルト原料に若干のエヤーを吹き込んで僅かに熱重合及縮合反応を行わせたものです。その性質は図-2に示しましょう。

図-1のA型と比較されればよく判ります様に、温度変化が非常に少くなつて居り、又0°Cに於ても尚若干の伸張度と、より弾力性を有して居りバラバラになる事はないのです。ですから冬の冷寒期に於いてもいい状態を保持し、夏に於ても軟化点の高いのと相まって温度変化が少いからドロドロになる事ありませんし、25°Cには伸張度は100cm以上あり、粘性からしても実際舗装の場合A型と殆ど同じでよろしいが、更に10°C位温度を上げれば尚いい様です。我々もこのセミブローンアスファルトによる試験舗装を度々N舗道会社と共同研究で行いましたが舗装時の作業性、仕上り、その後の状態も非常にいい状態を示して居ります。この詳述は紙面の都合で後に致しますが、このストレートアスファルトの性質は実際舗設に当られる方々もよく認識して戴き度いと思います。

(大協石油株式会社 四日市製油所)

表層のクラッキング理論

菊地栄一

1. まえがき

われわれはアスファルト舗道表面を横切ってクラックが生じているのを見かける。一般にこのクラッキングは表層の寿命が終りに近づいたときに表われるものであって、このクラックを通じて水が下方に浸み込み、更にクラッキングを促進させることになる。

さて、このクラッキングの原因としては、表層の温度による収縮も無視はできないが、最近シェル石油研究所で発展された舗装材料の機械的特性に基づくクラッキング理論^{1) 2)}は非常に理論的であり、アスファルトの実用性能を判断する上において重要な参考資料になると思われる所以、ここにその概要を紹介する。

この理論を極く簡単にいうと「冬期、自動車の交通により表層に瞬間的な垂直荷重が繰返しかかるとき、この荷重に抵抗して表層中に生ずるマゲ応力(Flexural Stress)が表層のマゲ疲労強度(Flexural Fatigue Strength)より大きくなるとクラッキングが起る」ということである。

この理論を理解するためにはアスファルトおよびアスファルト骨材混合物の機械的特性を知っておく必要があるので、まずこれらについて述べ、次いでクラッキングの理論を述べることにする。

2. アスファルトの機械的特性

2. 1. スティフネス(Stiffness)の意義

完全弾性体の場合、Tensile Stress と Tensile Strainとの間には比例関係があり、 $Tensile Stress/Tensile Strain = Young's Modulus$ の式で表わされ、このヤング率は荷重時間に無関係であることはよく知られていることである。

アスファルトは普通の条件下では粘性体と弾性体との中間の性質をもついわゆる粘弹性体であるので、アスファルトの機械的性質を直接ヤング率でもって表わすことはできないが、Poel³⁾は上述の式において、ヤング率のかわりにスティフネスという言葉をとりあげて当てはめ、 $Stiffness(S_E) = Tensile Stress/Tensile Strain$ とし

た。(Stiffness の単位、 $1 N/m^2 = 10 \text{dynes/cm}^2 = 1.02 \times 10^{-5} kg/cm^2 = 1.45 \times 10^{-4} lb/in^2$)

研究結果によれば、アスファルトの Stiffness の値は Stress の大きさに関係なく、測定温度および荷重時間が変ると変化することが認められている。すなわち、Stiffness は温度および荷重時間によって変化する、ある種のヤング率と考えてもよいわけである。

なお、Shear Modulus(S_G)= $Shear Stress/Shear Strain$ (アスファルトの場合、Shear Modulus の大きさは Stiffness と同様に温度および荷重時間によって変化する) の関係式もアスファルトの機械的性質を表わすのに用いられ、アスファルトが非圧縮体であることから、 $S_E = 3 \times S_G$ の関係が成立つことが理論的に導き出されている³⁾。

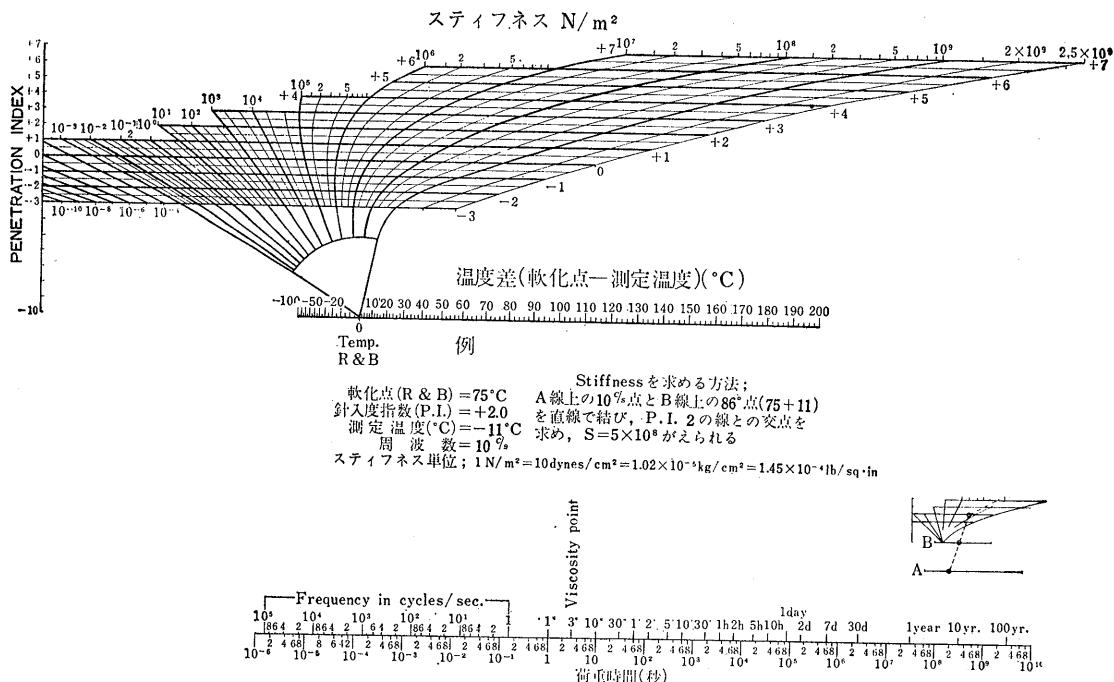
2. 2. スティフネスの測定および算出法

アスファルトのスティフネスを測定する方法は色々ある³⁾。荷重時間の長いときは、例えば Microviscometer によって粘度を測定し、 $S_E = 3 \eta/t$ (η : 粘度、 t : 荷重時間) の式よりスティフネスが算出できる。また、荷重時間の短い場合は、例えば Microelastometer により $S_E = v^2/C$ (v : 共鳴周波数、 C : 装置に固有の常数) の式から算出することができる。

この Microviscometer および Microelastometer はシェル石油アムステルダム研究所で開発された試験機である。

Microviscometer は 2 枚のバイレックスガラス板の間に 5~30 μ の均一な厚さのアスファルト薄膜を挟み、一方の板を固定し、他方の板に一定の荷重をかけ、ガラス板のズリ速度を測定することによりアスファルトの粘度を算出する装置である。

また、Microelastometer は広角度の円錐状カップにアスファルトを入れ、オモリをつけたスピンドルをこの中に入れ、スピンドルの軸に対して種々の周波数をもつネジ振動を与える、共鳴周波数を測定する装置である。両者とも試料は 20mg 弱で行なう。



図一 1. アスファルトのスティフネス算出ノモグラフ

なお, Poel³⁾はこれらの測定法とは別に、図一 1に示すように、軟化点 (R & B) および針入度 (25°C) の 2 つの値より (2 者より P.I. が算出される), ある一定の温度および荷重時間におけるアスファルトのスティフネスが算出できるノモグラフを作成している。このノモグラフによれば、針入度が同じ場合、一定温度、一定荷重時間におけるアスファルトのスティフネスは P.I. の高いものほど、換言すれば、軟化点の高いものほど小さい値を示すことが明らかである。

2. 3. アスファルトの機械的特性

Poel³⁾によれば、図一 2 に示すように、P.I. の低いアスファルトは荷重時間が短い範囲ではカーブがほとんど水平となり、スティフネスは荷重時間の如何にかかわらずほぼ一定の値、すなわち荷重時間には無関係に一定の値となるので、この場合のアスファルトは弾性を示し、スティフネスはヤング率とほぼ同一となる。なお、この傾向は温度が低くなるほど著しい。

また、荷重時間が長い範囲ではカーブは 45° に近い傾斜直線を示しているので、同一温度下ではスティフネスの値は荷重時間の長さに反比例することとなり、結局、Strain の大きさは荷重時間にほぼ比例し、アスファルトは粘性を示すこととなる。

なお、図一 2 で明らかなように、一般にアスファルトのスティフネスは低温になるほど、また荷重時間が短くなるほど大きくなる。

更に、P.I. の高いアスファルトの場合、比較的荷重時間の長い範囲では、荷重時間の増大によるスティフネスの低下の程度は P.I. の低いアスファルトに比べて小さいことが認められている³⁾。

さて、道路用アスファルトは低温で破壊せず、高温でもできるだけ流動変形しにくいことが望ましい。このアスファルトの低温における破壊は外力に対抗してアスファルト中に生ずる応力がアスファルトの引張り強度 (Tensile Strength) より大きくなったときに起るのであって、この引張り強度の大きさはスティフネスと同様に温度および荷重時間によって変化する。

なお、フラース・ブリトル・ポイント測定時のように、十分に低温であまり荷重時間が長くないときは、すべてのアスファルトの Tensile Strength、すなわち Max. Breaking Strength は大約 $30 \text{ kg/cm}^2 (3 \times 10^6 \text{ N/m}^2)$ のほぼ同一の値を示すことが認められている³⁾。

3. 混合物の機械的特性

アスファルト骨材混合物は前述のアスファルト単独の場合と同様に Stiffness, Shear Modulus および Tensile Strength の概念ならびに関係式を適用することができ、混合物のこれらの機械的特性は同じく温度および荷重時間によって変化することが認められている。なお、これらの機械的特性はアスファルトおよび骨材の品質、混合割合、ならびに空隙率の如何によって変化する。

混合物のスティフネス測定方法としては、例えば、一

定温度で円筒状混合物試料中にねじれ振動を起させるこ
とによって周波数と振幅との関係を測定し、共鳴周波数
から Shear Modulus (SG) を計算することができる。

次に、図-3に荷重時間が 200cycle/sec の場合の混
合物のスティフネスとアスファルトのスティフネスとの
関係を示す²⁾。これによれば、アスファルトのスティ
フネスが大きいものほど、またアスファルトの混合量が
少いものほど、混合物のスティフネスが大となることが
明らかである。

勿論、混合物のスティフネスはアスファルト単独のス
ティフネスに比べて非常に大きく、例えば図-3でアス
ファルトのスティフネスが 1500 kg/cm^2 のとき、アス
ファルト・コンクリートのスティフネスは約 $150,000 \text{ kg/cm}^2$
と 2 桁も大きい値を示している。

なお、荷重時間が 200cycle/sec の場合の混合物の
Stiffness は低温において一定の値をとり、温度に無関
係となることが認められている²⁾。

4. クラッキング理論

4. 1. 仮説および証明法

本文の初めに述べたように、Nijboer および Poel¹⁾
は、「表層のクラッキングは交通荷重条件下で表層中に
生ずるマゲ応力が、しまいに表層材料のマゲ疲労強度を
越したときに起る」という仮説をたて、これを証明しよ
うとした。

この仮説が正しいかどうかを調べるために必要な点を挙
げてみると、第1に、交通下の表層中に生ずるStrain を
知ることが必要である。Stiffness = Tensile Stress / Ten
sile Strain の関係式において、Strain は測定可能であ
り、Stress は測定できないが、Stiffness, Strain の値を
知ることによって Stress の値が計算できるからである。
第2に、この Stiffness の値を知る必要があるが、これ
はねじれ振動法によって測定することができる。第3

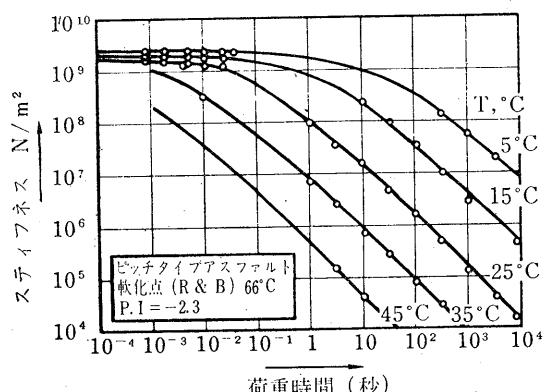


図-2. アスファルトのスティフネス
—荷重時間関係図

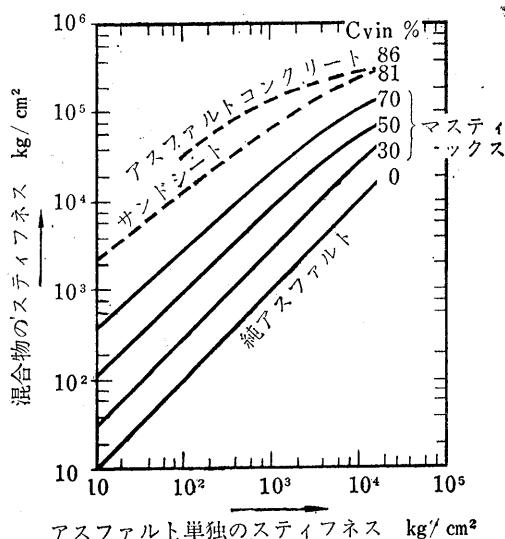


図-3. アスファルト-混合物
スティフネス関係図

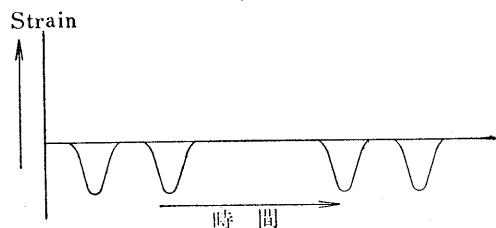


図-4. 交通荷重下における
表層の Strain と
時間との関係図

に、表層材料のマゲ疲労強度を知る必要がある。このよ
うにして実際の交通条件にみられる低温、短荷重時間条
件下で求められた表層中の Stress が実験で求められ
たマゲ疲労強度よりも大きい値を示せばこの仮説の妥当性
が認められるというわけである。

4. 2. Strain の測定

Porter⁴⁾は交通条件下では表層中の Strain は凡そ図
-4に示すようなカーブで時間とともに変化することを
確めている。このような Strain Curve を舗道上で実験的
に再現し、舗道の機械的特性を調べるためにシェル石油
アムステルダム研究所で Vibration Machine が考案さ
れた¹⁾。この機械の主要部は 3 コの偏心回転体とオモ
シより成っており、オモシと偏心回転体との合成荷重力
は常に下方に向ってのみ働くように設計されており、ガ
ソリンエンジンで作動されるモーターによって回転体が
動かされる。なお、荷重はゴムシートを通じて表層に伝
えられる。測定時、まず Generator を必要な周波数に
合わせ、バラストウエイト上に Vibration Recorder をお
き、この機械の最大垂直変位、相のズレを測定し、表層

に働く最大の力を計算する。次に、Vibration Recorder を表層の荷重中心上におき、表層の最大垂直変位、Phase Angle を測定する。

なお、交通荷重下の表層中の Strain は Philips Strain Gauge によって測定される。これは Strain Gauge の抵抗変化を電圧変化に変え、高感度の電子式電圧計によって測定することにより Strain が計算される。

オランダで表層の厚さ約5cmの各種構造の舗道について Wheel Load 2.1 ~2.9屯、車速15~35km/hrの条件下で Philips Strain Gauge によって Strain を実測した結果、約 100×10^{-6} (inch/inch) のオーダーに達するこ

とが認められている¹⁾。なお、表層の Strain の大きさは主に表層下の基層、路盤、路床などの性状によって支配され、路床土の品質不良、含水量過多、しめ固め不十分なときは大きい値を示すことが認められている。

4. 3. 仮説の証明

表層の Stiffness は前述のように、Torsional Vibration Method (ネジレ振動法) によって荷重時間が $\frac{1}{4} \sim \frac{1}{100}$ cycle/sec の交通条件下での値を測定算出することができる。そして、冬期、舗道が実際に受けるような低温、短荷重時間条件下では表層の Stiffness は $150,000 \text{ kg/cm}^2$ の値にも達することが認められている。

したがって、Wheel Load が 2~3 届の比較的軽交通荷重条件下でも表層中の Stress の大きさは $150,000 \text{ kg/cm}^2 \times 100 \times 10^{-6} = 15 \text{ kg/cm}^2$ の値をとることとなる。

他方、Nijboer⁵⁾ は円筒状混合物に対して交互マゲテストを行い、破壊が起るまでのマゲ荷重の繰返し回数を測定し、表層材料のマゲ疲労強度を測定した。その 1 例を図-5 に示す。

これによれば、疲労強度は繰返し回数の増加につれてかなり顕著に低下してゆき、 10°C 、10万回の繰返しで約 $10 \sim 20 \text{ kg/cm}^2$ の値をとる。

したがって、冬期、重交通荷重条件下で、表層の Stiffness および舗道の Strain が大きいときは、表層中の Stress > 表層の Fatigue Strength、となることも当然考えられ、最初の仮説が妥当なものであることが理解できる。

5. むすび

舗道のクラッキングは表層の温度による収縮や、アス

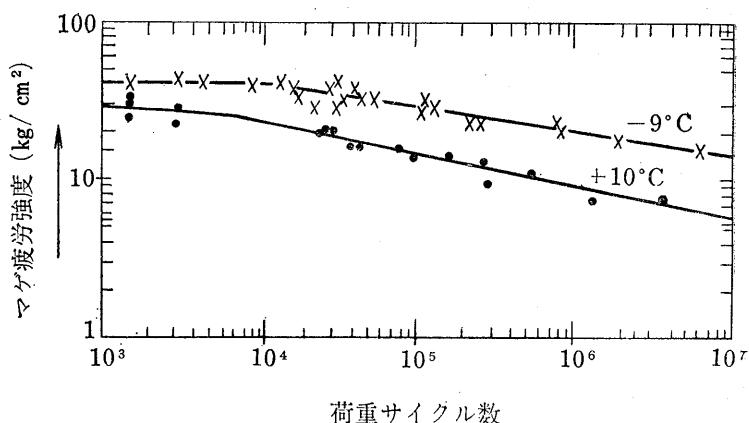


図-5. サンドシート混合物のマゲ疲労強度
—荷重サイクル数関係図

ファルト膜を通じて骨材表面に浸透する水による表層材料の機械的特性の変化などを考慮する必要があり、この理論だけでクラッキング現象をいいつくしているとは言えないが、非常に理論的であり、良好な舗道を設計する上において参考となる点が多い。

なお、アスファルトの軟かいものを多量用いれば勿論クラッキングは防げるが、波打ちをおこす怖れがあるので（波打ちを起すかどうかは、マーシャルテストによって判断できる）、適切な硬さのアスファルトを適量用いる必要がある。

また、原料アスファルトは骨材に対する附着性能や施工性を犠牲にしない範囲である程度軟化点の高いものが好ましく、かつ、加熱混合時および風化によっても硬化しにくいアスファルトを用いること、および基礎はできるだけしめ固めて重交通条件下でも Strain が小さくなるように施工することが大切であると考えている。

わが国でも今後この方面的研究に力を入れ、現在以上に耐久力、耐荷重性の良いアスファルト舗道がつくられることを期待したい。

文献

- 1) L. W. Nijboer & C. Van Der Poel, Ass. Asph. Paving. Tech., 22, 197 ('53)
- 2) G. M. Dormon & A. W. Jarman, J. Appl. Chem., 8, Dec., 832 ('58)
- 3) C. Van Der Poel, J. Appl. Chem., 4, March, 221 ('54)
- 4) J. O. Porter, Proc. Highway Res. Bd. 22, 100 ('42)
- 5) L. W. Nijboer, Ingenieur, 29 & 31.B. & W. 12, 13., ('52) (昭和石油(株)品川研究所)

INTRODUCTION TO ASPHALT

連載 第 6 回

工 藤 忠 夫

第4部 ベースが必要とする品質と厚さ

5,401 概説 アスファルト舗装構造のベースコースとはパインダーコースの真下の層である。これは砕石破碎砂漿、破碎又は未破碎の砂利と砂、又はこれらの混合で造られアスファルトを用いる場合も用いない場合もある。しかしアスファルチックベースが非常に有利であり又屢々より経済的で満足すべきものである。現地産料でベースとして使用出来ないものでもアスファルトチックバインダーを加えることにより充分ベースとして使用されることがある。

5,402 アスファルトベース アスファルトベースにはアスファルトコンクリート、アスファルトマカダムアスファルトプラントミックス、又は路上混合等がある。これら材料のベースコースについて詳細な説明は次の The Asphalt Institute の刊行物にて見られたい。

- (1) Specifications and Construction Methods for Hot-Mix Asphalt Paving, Specification Series No. 1
- (2) Mix Design Methods for Hot-Mix Asphalt Paving, Manual Series No. 2
- (3) Asphalt Plant Manual, Manual Series No. 3
- (4) Asphalt Handbook, Manual Series No. 4
- (5) Asphalt Road-Mix (Mixed-in-place Macadam Aggregate type) Specifications RM-1
- (6) Asphalt Road Mix (Mixed-in-place Dense, Graded Aggregate Type) Specification RM-2
- (7) Sand-Asphalt Mix-in-place Course on Natural Sand Subgrade, Specification RM-3
- (8) Asphalt Macadam Base (Penetration Method with Hot Asphalt Cement), Specification B-7
- (9) Asphalt plant Mix (cold-Laid Macadam Aggregate Type) Specification CL-2
- (10) Asphalt Plant Mix (Cold-Laid Dense-Graded Aggregate Type) Specification CL-3
- (11) Cold-Mix Cold-Laid Emulsified Asphalt Plant Mix (Dense-Graded Aggregate Type), Specifica-

tion CL-4

(12) Asphalt Plant Mix (Hot-Laid Graded Aggregate Type Using Liquid Asphaltic Binders) Specification A-6

これらのアスファルトベースはアスファルトの防水性と付着作用の結果秀れた品質のものである。これらベースコースの構築に液体アスファルトを用いるときはアスファルトの摩耗層を上置する前に適当に curing していることを確認することが必要である。

5,403 ノンアスファルチック・ベースの品質と厚さ

これは基本的に交通量と軸荷重状態によって定まる。又ある程度下層の材料の品質による。品質と厚さについては以下述べる (a) より (d) 迄で略々規定している。すべての場合用語は V-3 図におけると同様である。在来路を構成する材料がベースとして使用に適するときは全厚を搔き起し、最適含水量にして充分混合し再度輒圧して用いる。

輒圧は AASHO の指示 T180 を基礎としてしなければならない。凍上し易い材料の限界については 5412 を参照されたい。ベースコースの所要最少厚は (a) より (d) に述べる通りである。5,402 に述べたような高品質のアスファルチックベースを用いたときは 5,404 に述べるように最少厚を更に減じ得る。ノンアスファルチック・ベースコースに対する詳細は次の通りである。

(a) 軽交通—ベースコースの材料は V-3 図の Good Subbase 又はそれ以上のものでなければならぬ。締固めは AASHO 最大密度の 95% 以上で厚さ 6" (15.2cm) 以下の層にして行う (7 章 1 節参照) しかしアスファルト舗装の表層として表面処理を用いる場合はベースコース材料は V-3 図の Medium Base 又はそれ以上の材料でなければならぬ。締固めは上記と同じである。ノンアスファルチックベースの最少厚はベースと舗装の合計厚が 5" (12.7cm) 以下でないようにしなければならない。

アスファルト舗装構造の所要全厚がベース、バインダー及びサーフェースの合計した最少厚さ 5" (12.7cm) を超える場合は、添加ベース材料を用いるか、又は経済

的であるならばサブベースを設けて全厚に加算するのがよろしい。

(b) 中等交通——ベースコース材料はV—3図の Excellent Base でなければならぬ。締固めはAASHO の最大密度の98%以上で6" (15.2cm) 以下の層毎に行う。ノンアスファルテックベースの最少厚はベース、バインダー及び表層の合計厚が6" (15.2cm) 以下にならないだけの厚さが必要である。アスファルト舗装構造の所要全厚が6" (15.2cm) を超える場合は(a)と同様に処置する。

(c) 重交通——材料はV—3図の Excellent Base でなければならず、締固めはAASHO 最大密度の100%，6" (20.3cm) 以下の層毎に行う。ベース、バインダー、表層の合計厚が8" (20.3cm) 以上になるようにベースの最少厚さを定める。アスファルト舗装構造の所要全厚が8" (20.3cm) を超える場合は(a)と同様に処置する。

駐車区域では乗用車と軸荷重6,000 lbs (2,614kg) 以下のトラックのみ使用される場合はノンアスファルテックベースとアスファルテックバインダーと表層の所要最少合計厚は、100%締固めで6" (15.2cm) 厚迄減らしてもよろしい。

(d) 極重交通——材料はV—3図の Excellent Base 材料であること。締固めは、100%，6" (15.2cm) 以下の層毎にする。ベース、バインダー、表層の合計厚が10" (25.4cm) 以下にならぬようベースの最少厚さを定める。アスファルト舗装構造の所要厚が10" (25.4cm) を超えるときの処理は(a)と同じ。

5.404 アスファルト処理ベース

5.402 述べたアスファルト処理ベースを用いるときは、ベースの厚さ並にアスファルト舗装構造全体の厚さを減少し得る。アスファルト処理ベース厚1" はノンアスファルトベース1½" と等価であると考えてよろしい。しかし全設計厚の最大減少率は15%を超えてはならぬし又この15%が3" (7.6cm) 以上であれば3" を限度とする。更に表層とバインダーの厚さはこれ等と匹敵する強度を有するアスファルト処理ベースを1" 増せば1" だけ減らすことが出来るが表層の厚さは2" (5.1cm) 以下にしてはならない。アスファルト処理による厚さの減少を考慮しないでアスファルト舗装構造全体の厚さはV—4表以下にしてはならない。

V—4表 表層、バインダーコース、ベースコースの最少厚さ⁽¹⁾ (in)

交通等級	アスファルト表層とバインダーコースの合計 ⁽²⁾	アスファルトベースコース ⁽²⁾	アスファルトベースを用いたときの合計	ノンアスファルトベースコース	ノンアスファルトベースコースを用いたときの合計
極重	4	4	8	6	10
重	3	3 1/2	6 1/2	5	8
中等	3	2	5	3	6
軽	2	2	4	3	5

註1 サブベースと改良路床の厚さについては 5,407 と 5,413 を参照のこと。

註2 1" (2.54cm) 厚の表層はこれと匹敵する強度を有するアスファルト処理ベース 1" で代用しうる。

5,404 参照のこと。

5,405 複合礦物質骨材の砂当量 ベースコース材料の砂当量値(5,314参照)は一般に次の通りである。プラントミックスのアスファルトベースコースの複合

骨材 45以上

路上混合アスファルトベースコースの骨材 35以上

ノンアスファルテックベースコースの材料 30以上

5,406 所要最少厚の結論 第1部で決められた交通等級に対する表層、バインダー及びベースコースの最少厚さはV—4表の通りである。この表はアスファルテックとノンアスファルテックの双方に対する所要最少厚さを示すものである。

サブベースと改良路床に対する必要な品質と厚さ

5,407 概説 施工区域の近くに路床材料としては質的に勝っている現地産材料を利用し得ることが通常ままある。しかしこれらの材料はベースコース材料としては規格に合格しない。かかる場合良質ベースコース材料を用いるに要する費用の一一部でこの現地産材料を以てアスファルト舗装構造の下層部分を構築する。これをサブベースと言う。軟弱な路床上に交通が非常に集中されたり、重い軸荷重を受けるアスファルト舗装を造らなければならない場合、相当な厚さのサブベースが屢々用いられる。時には質的に差のある2種のサブベース材料を考えた方がより経済的なことがある。低品質を下部に、高品質を上部に用いる。このような場合上層をサブベース、下層を改良路床と名付ける。設計者は改良路床、サブベース、ベースコース等各層の材料と厚さを夫

々最も経済的であるように選定しなければならない。

5. 408 サブベース材料の規格 アスファルト舗装構造の所要全厚が決まり、表層、バインダー、ベース各層の夫々の厚さが決められた後適当な材料があればサブベースを造ることとし、この所要厚を決める。品質に対する最少限度の要求はV-3図を用いて、アスファルト舗装構造の全厚を決定する場合と丁度逆のやり方で求める。5, 403のaよりd迄のノートに従って表層、バインダー及びベースの最少合計厚を決めたらこれを右側のアスファルト舗装構造の全厚の線上にプロットする(E点)。与えられた交通等級をD点で示す。E点とD点を結んで延長し、左端線とC点で交わらしめ、C点より水平に転位して与えられた最大単軸荷重線とB点で交わらしめ、このB点より垂線を立て上端線とA点で交わらしめる。このA点がサブベースの必要とする地耐力を示すこととなる。例えば交通等級極重、単軸荷重 24,000lb(10,454kg)表層、バインダー、ベースの合計厚 10"(25.4cm)とすれば $R=63$ を得る。サブベース材料として $R=63$ のものが充分な量を経済的に入手出来ればよろしいが、そうでないときはベースコースの厚さを増さねばならない。例えばサブベース材料が $R=55$ であるならば上記の与えられた条件に対する舗装構造の所要全厚は 14"(35.6cm) となるから表層、バインダー、ベース合計で 4"(10.2cm) 増さねばならない。

5. 409 サブベースコースの材料 サブベースコースの材料は地耐力と凍結地域に於ては凍結作用に対する感応性を考慮して選択すべきである。水及び水蒸気に対する感応性は又凡ての地域同様に重要なものである。湿度の影響を考慮した時、雨水、溝水と地下水(これは切土部で時々見出される)は屢々舗装の下でタラップ状になっている濃縮水蒸気や毛管水と較べるとそれ程重要ではない。その理由は前者は排水施設により排除出来るが後者は乾燥地区に於てさえも殆んど普遍的に起るからである。一般的に凍結に対して不感応性の粒状材料(5, 412参照)が適当に排水され、最適含水比で AASHO の最大密度の95% (5, 413参照) に締固められた時はサブベースコース材料として適切なものである。

粒状材料が経済的に入手出来て、高度のプラスティシティを有しないと言う点を除いては満足すべきものであるならば、アスファルトで防水と安定を図ることを考えるべきである。V-3図の示すところにより一般に良好なサブベース材料は次の通りである。

- (1) CBRが 20 以上
- (2) 液性限界が 25 以下
- (3) 塑性指数が 6 以下
- (4) 砂当量が 25 以上

V-3図は又次の材料がサブベースとして用いられる事を示している。

(1) 統一土壤分類(附録A参照)

GW, GP, GMd, SW, SP, SMd, GMu, SMu, GC SC。尚 ML の内若干はアスファルトで防水した際は用いられる。

(2) AASHO 土壤分類(附録A参照)

A-1-a群, A-1-b群, A-3群, A-2-4群, A-2-5群。尚 A-2-6群と A-2-7群はアスファルトで防水した時用いてよろしい。

良好な粒度を有する骨材は、どのコースに対しても望ましいものではあるがサブベースコースに対しては不可欠ではなく、むしろ上記の通り(1)乃至(4)の要素で材料を選ぶべきものである。骨材の最大寸法は1回の舗設厚さの $3/4$ を超過してはならない。細粒分を僅かな比率より含まない大きな粗い骨材をプラスチックな材料を含む層の上に舗設する場合は 2"(5.1cm) 乃至 4"(10.2cm) の厚さの石又は鉢溝のスクリーニング若しくは洗砂等の被覆層(プランケットコース)を設けてその上に置いてプラスチック材料が上に侵入することを阻止すべきである。サブベース材料は通常非常に不規則な採取場より採取されるものであるから、採取場より得たものの内最も品質の落ちる材料について設計試験をするように注意しなければならない。

5. 410 改良路床 交通が甚だしく集中し重い軸荷重が通り且路床が非常に軟弱であると言う条件下では上述の如くサブベース材料の他に改良路床を設けることを考慮することが望ましい。例えば次の設計条件を仮定するとしよう。

交通等級 極重、軸荷重 36,000lb(15,682kg) 路床 CBR 3%

既述の手順に従ってアスファルト舗装構造の総厚は 26"(66.0cm) となる。又表層ベースコース、バインダーコースの合計厚は 10"(25.4cm) サブベースの最少 CBR は 15 と求められる。今サブベース材料として CBR 20 のものと 8 の材料の 2 種が利用出来ると仮定する。混乱を避ける為前者をサブベース後者を改良路床と名付ける。両者共アスファルト舗装構造の構成材料として用いられることは明らかである。上記のデータに基いてサブベース CBR 20 と組合せた場合、表層、バインダー、ベースの合計厚さは 10"(25.4cm) で CBR 8 に対する表層、バインダー、ベース、サブベースの合計厚さは 15"(38.1cm) となるから構造は次の様になる。

改良路床厚	26—15=11"
サブベース厚	15—10= 5 "
ベース、バイン ダー、表層厚	10"
合計厚さ	26"

5. 4.1.1 改良路床の材料 改良路床用材料を選定するに際し、寒冷地に於て最も重要な要素は凍結に対する感応性である。一般に非凍上性材料はどれでも本コースに用いて適当な耐荷力を有するものである。ベースとサブベースに適する既述の材料は勿論改良路床用としても適当である。この材料の所要な規格は次の通りである。

1. C B R 8以上
2. 地耐力 P S I 50以上
3. 抵抗値 60以上
4. 液性限界 35以下
5. 塑性指数 10以下
6. 砂当量 25以上

凍結深度が大きい場合は、非凍上性であるならば細粒土(fine grained soils)は上記の材料に添えて使用することが出来る。重交通の Highway に於けるこの種土壤の規格と使用個所の舗装面よりの深さは下記の通りである。軽交通に対しては、交通状態と現地の施工条件に従って厚さは減らしてもよろしい。

位置	シルト量	細砂と シルトの合計量
舗装面下24"以内	40%以下	45%以下
舗装面下24"~36"の間	50%以下	60%以下

凍結に対する感応性は水に対する感応性と密接な関係がある。従って材料を選択する場合でも又材料を処理する場合でも一方に対する抵抗値を測定すれば他方に対しても之を推測し得るものである。

5. 4.1.2 凍結に対する考慮 凍結の起る地方ではサブベースと改良路床材料は凍結融解に有害な性状を示さない材料を選ばねばならない。又現地産材料を最も効果的に利用する為設計者はサブベースと改良路床の厚さの設計に際してはいくらか余分にすることを認識する必要がある。凍結作用による破損を阻止する為サブベース及び改良路床用の未処理材料の規格の限界は次の通りである。

材 料	凍結に非感応な限界	
a. 各種粒度配合 を有する砂利	No. 200 篩通過 塑性指数 液性限界	8%以下 6以下 25以下
b. 殆んど全部が No. 4 篩を通過 するやや粒度を 有する砂	No. 200 篩通過 No. 270 篩通過	10%以下 5%以下
c. 殆んど全部が No. 40 篩を通過 する单一粒度の 細砂	No. 200 篩通過 No. 270 篩通過	18%以下 8%以下

5. 4.1.3 締固め サブベース、改良路床、路床材料の適切な締固めはアスファルト舗装構造を満足に構築するに非常に大切なことである。最適含水比で AASHO の T180 の方法による最大密度の 95%以上となるよう締固めねばならない。通常 1 層 6" (15.2cm) 以下で締固めを行なう。
以下次号

(世紀建設工業株式会社 常務取締役)

編集委員 比毛 関・服部謙二・間世田益穂・松田正二・南部 勇・清水利英・沢田寿衛
協会顧問 西川栄三・市川良正

編集担当 橋島 務

アスファルト 第4巻第19号 昭和36年4月4日 発行

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) 1131~4

発行人 南 部 勇

光邦印刷株式会社 印刷

社団法人 日本アスファルト協会会員

正 会 員 (次ページに正会員及び賛助会員の名簿がつづきます) [地区別ABC順]

朝日瀝青株式会社	東京都千代田区大手町2の4	(201) 1791	大 協
浅野物産株式会社	東京都千代田区丸の内1の6	(281) 4521	日 石
株式会社恵谷商会	東京都港区芝浦2の1	(451) 2181	三 石
株式会社富士商会	東京都港区三田四国町18	(451) 4765	丸 善
株式会社木畠商会	東京都中央区西八丁堀2の18	(551) 9686	日 鉛
国光商事株式会社	東京都中央区銀座東6の7	(541) 4381	出 光
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	東京都中央区日本橋堀留町2の2	(661) 2906	シェル石油
株式会社南部商会	東京都中央区日本橋室町3の1	(241) 4663	日 石
中西瀝青株式会社	東京都中央区八重洲1の3	(271) 7386	日 石
新潟アスファルト工業	東京都港区芝新橋1の18	(591) 9207	昭 石
日米石油東京支店	東京都中央区日本橋室町2の4	(201) 9413	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
瀝青販売株式会社	東京都中央区銀座東6の7	(541) 6900	出 光
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	東京都港区芝松本町63	(451) 0463	昭和石油瓦斯
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	東京都港区芝田村町2の14	(591) 2740	新亞細亞
東洋国際石油株式会社	東京都中央区日本橋本町4の9	(201) 9301	大 協
梅本石油東京営業所	東京都港区麻布新網町2の15	(481) 8636	丸 善
株式会社山中商店	横浜市中区尾上町6の83	(8) 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	(88) 1210	大 協

株式会社名建商会	名古屋市中区宮出町41の2	(24) 1329	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	シェル石油
株式会社沢田商行	名古屋市中川区富川町3の1	(32) 4515	丸善
株式会社三油商会	名古屋市中区南外堀3の2	(23) 3205	大協
株式会社上南成介商店	京都市上京区丸太町通 大宮東入櫻屋町530	(84) 5301	丸善
大阪朝日瀝青株式会社	大阪市西区南堀江1番町14	(53) 4520	大協
浅野物産大阪支店	大阪市東区瓦町2の55	(23) 1731	日石
枝松商事株式会社	大阪市北区道本町41	(36) 5858	出光
池田商事株式会社	大阪市福島区鷺洲本通1の48	(45) 7601	丸善
松村石油株式会社	大阪市北区網笠町20	(36) 7771	丸善
丸和鉱油株式会社	大阪市南区長堀橋筋2の35	(75) 4593	丸善
三菱商事大阪支社	大阪市東区高麗橋4の11	(27) 2291	三石
中西瀝青大阪営業所	大阪市北区老松町2の7	(34) 4305	日石
日本建設興業株式会社	大阪市東区北浜4の19	(23) 3451	日石
三徳商事株式会社	大阪市東淀川区新高南通2の22	(39) 1761	昭石
梅本石油株式会社	大阪市東淀川区新高南通1の28	(39) 0238	丸善
山文商事株式会社	大阪市西区土佐堀通1の13	(44) 0255	日石
株式会社山北石油店	大阪市東区平野町1の29	(23) 3578	丸善
北坂石油株式会社	堺市戎島町5丁32	(2) 6585	シェル石油
川崎物産株式会社	神戸市生田区海岸通8	(8) 0341	昭石・大脇

賛助会員 [ABC順]

- | | |
|-----------------------|-----------------------|
| 新亞細亞石油株式会社 (501) 5350 | 日本石油株式会社 (231) 4231 |
| 大協石油株式会社 (561) 5131 | 日本鉱業株式会社 (481) 5321 |
| 出光興産株式会社 (541) 4911 | 昭和石油株式会社 (231) 0311 |
| 丸善石油株式会社 (201) 7411 | シェル石油株式会社 (231) 4371 |
| 三菱石油株式会社 (501) 3311 | 三共油化工業株式会社 (281) 2977 |