

アスファルト

第13巻 第74号 昭和45年8月発行

ASPHALT

74

社団法人 日本アスファルト協会

ASPHALT

第 74 号

目 次

越流堤フェーシングの

舗装の設計・施工について…………井上 淳昭 2

フランスの

アスファルト・プラント性能試験…………河野 宏 12

アスファルトの薄膜蒸発試験…………近藤 紀 19

季節によるたわみ性舗装

の強度変化…………間山 正一 25

アスファルト混合物の特性と

試験法の意味…………太田 記夫 30

読者の皆様へ

“アスファルト”第74号、只今お手許にお届け申し上げます。

本誌は当協会がアスファルトの品質改善を目ざ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、発行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お願い致します。

社団法人 日本アスファルト協会

会長 森口喜三郎

東京都中央区日本橋茅場町2～16 TEL 668—2974

☆編集顧問☆

工藤忠夫

☆編集委員☆

多田 宏行・高見 博

松野 三朗

および編集部会

本誌広告一手取扱

株式会社 広業社

東京都中央区銀座8の2の9

TEL 東京 (571) 0997 (代)

ASPHALT

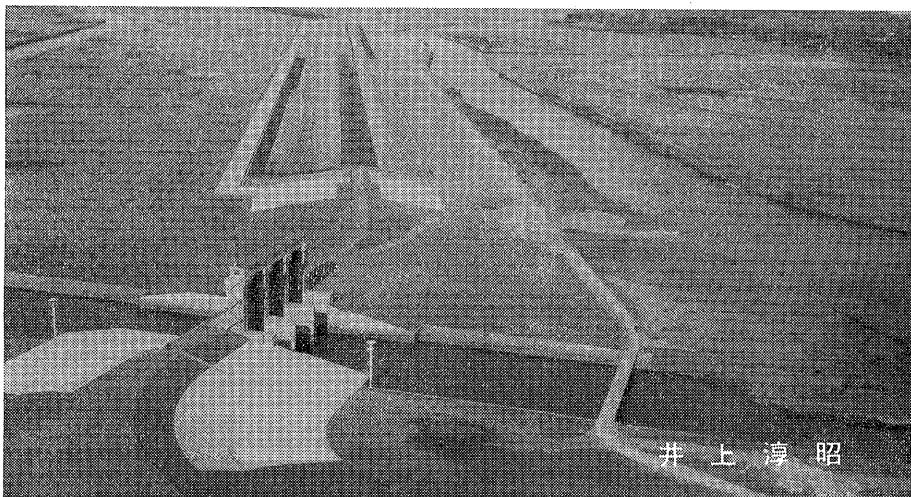
Vol. 13, No. 74 AUGUST 1970

Published by

THE JAPAN ASPHALT ASSOCIATION

Editor・Kisaburo Moriguchi

越流堤フェーシングの舗装の設計・施工について



井上 淳 昭

はじめに

水理構造物へのアスファルトの利用の現況については第73号で農林省の中島博士により紹介されているとおり、海岸堤防、干拓堤防、フィルダム、貯水池、水路等かなり広範囲にわたっているが、洪水調節池の越流堤のフェーシングに始めてアスファルトを用いたので、この舗装の設計と施工について、その概要と若干の問題点について紹介してみたい。

なお越流堤については、少なくともアスファルトを扱っておられる方々には耳新しい言葉だと思うので、渡良瀬遊水池の調節池化工事の概要と、これに伴って建設する越流堤の構造についても簡単に説明する。

1. 渡良瀬遊水池の調節池化工事の概要

渡良瀬遊水池の位置は茨城県古河市の北西にあたり、渡良瀬川が利根川に合流する地点から4～13km間にわたって広がる面積約33km²の大遊水池である。(図-2参照)この遊水池の中に渡良瀬川、巴波川、思川の三川が合流しており、洪水時にはこれらの3河川の水が、また時には利根川本川の水が逆流して池の中に一時貯留し、渡良瀬川合流点より下流の利根川本川に対する洪水調節の役割を果たしている。

しかし自然の調節池では、昭和22年のカスリン台風による記録的な出水をもとに決めた“利根川の改修計画”を満足に果たすことができない。したがって自然調節池を

調節池化して洪水調節量を更に大きくする工事を行っており、これを渡良瀬遊水池調節池化工事と呼んでいる。

利根川の改修計画における計画流量配分図を示すと図-1のとおりであり、これに示すように合流する3河川の合計流入量9,400m³/secを利根川本川の計画高水流量14,000m³/secに影響させないように、この遊水池で調節するものであり、利根川の治水に重要な役割を果たしている。

調節池化計画の骨子は(図-2参照)

- (1) 遊水池の池の中に新しく堤防(囲繞堤)をつくり3つの調節堤に分割する。
- (2) 各調節堤の囲繞堤の一部に越流堤を設け、洪水が一定水位に達すると始めて調節池へ越流させて洪水を調節する。
- (3) 各調節池の下流端に排水門を設け、河道の洪水の減水に応じて池の水を排水させる。(次の洪水に備えるため)

などであり、各調節池の諸元を示すと表-1のとおりである。

調節池化工事は昭和38年度より着工し、今年中に第一調節池がほぼ完成する。第一調節池は3つの池の中で最も大きく、調節効果も大きいのでこれに重点をおいて施工してきた。工事の内容は囲繞堤、越流堤、排水門、池内水路などであり、調節池化工事の全体工事費は約170億円で現在までに約70億円が投入されている。

2. 越流堤の構造

越流堤の構造形式としては、コンクリート擁壁のような重構造形式と、土堰堤をアスファルトまたコンクリー

カット写真 第一調節池下流越流堤(延長1400m 巾約100m)を望む

手前は第一排水門で越流堤の右側は渡良瀬川の低水路

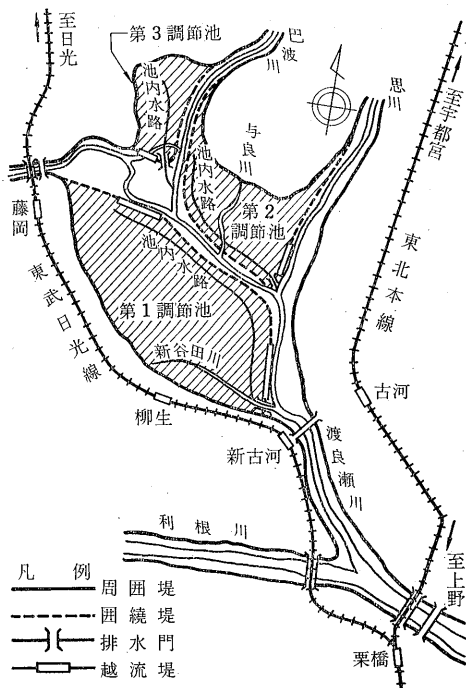
したがって土堰堤をアスファルトまたはコンクリートでフェーシングする方式が考えられた。このうちコンクリートでフェーシングする場合は目地が弱点になり易く、不等沈下にも順応しないことが過去の例でも見られるので、最近水理構造物に利用され始めたアスファルトフェーシングが大きくクローズアップされてきた。しかしこの種の大規模な水理構造物は他に例がなく、設計施工上に種々の問題があったが、水密性、たわみ性、破壊の局所性、維持管理の容易さなど多くの利点を有することが考えられ、工費的にも有利であるので、アスファルトでフェーシングする方式を採用することとし、種々の検討を行なった。なお決定した越流堤の断面形は図-3に示すとおりであり、検討した主なものについては次のとおりである。

堤体の法勾配については水理上の条件、盛土の安定性、
 囲繞堤との取りつけ、アスファルトフェーシングの施工
 性から検討を行ない、8割(12.5%)とした。

越流した流れは、池側斜面の法尻部において最大流速 10 m/sec の射流（水理実験による）となるので、減水プール（長さ 15 m ）と副堰堤（高さ 1 m ）を設けることとした。

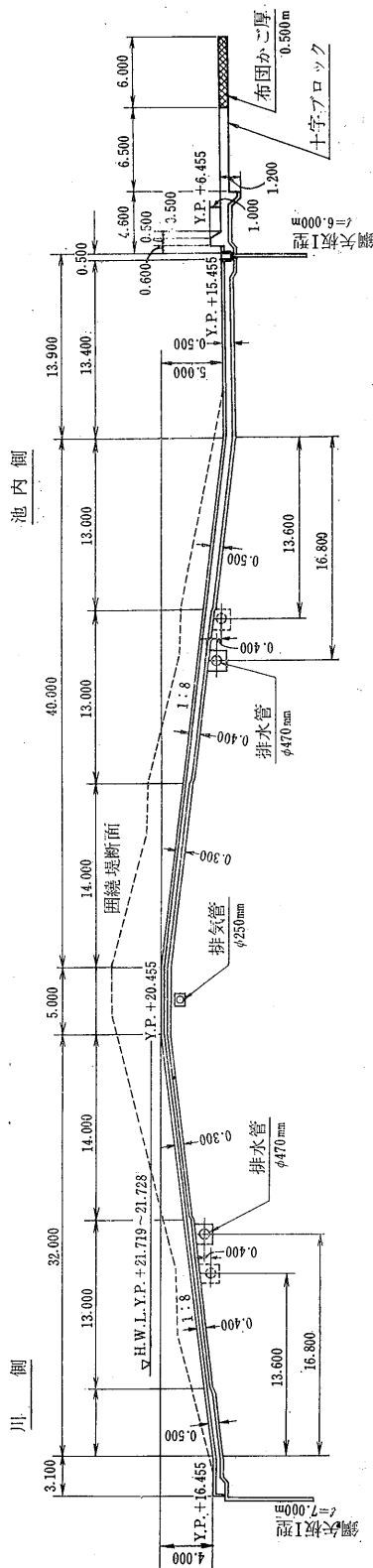
越流堤の表面がアスファルトで被覆されると、堤体内に浸入してくる浸透水によって生ずる揚圧力の処理が問題となる。

(4) 洪水によって外水位（川側および池側の水位）が上昇すると、堤体の基礎地盤より徐々に堤体内に水が浸透して、堤体内の浸潤線が上昇し、土の中にある空気が圧縮されてアスファルトフューシングに揚圧力が働くことになる。（表面がアスファルトで覆れているので空気の逃げ場がない。）



	面 積 (km^2)	容 量 (100万 m^3)	越 流 堤		圍繞堤 延 長 (m)	摘 要
			延長(m)	標 高 (Y.P. + m)		
第1ブ ロック	15.0	107.1	1,400 1,100	20.180 20.455	6,100	上段, 下流越流堤 下段, 上流 "
第2ブ ロック	5.0	35.6	790	20.250	7,000	
第3ブ ロック	2.8	19.1	496	20.455	2,240	
合 計	22.8	161.8				

図-3 越流堤標準構造図



(ロ) 一方、外水の減水した後に堤体内の浸透水も徐々に排水されるが、外水位の下りと堤体内の水位の下りの差（土の中をくぐって出るので外水位の下りよりおそい）によって堤体内に残留水が生じ、そのために揚圧力が働く。

これらの処理は(イ)については天端に排気管、(ロ)については排水管を法尻付近に埋設することにより軽減することにした。(図-3 参照) なおフェーシングの構造設計（厚さおよび舗装構成）においても揚圧力が支配的な外力条件となる。

3. 舗装の構造

舗装の構造に影響を与える外力としては、浸透水による揚圧力、流水による衝撃およびキャビテーション、波圧等が考えられるが、この越流堤では水理実験の結果、揚圧力が支配的であるので舗装構成は次のとおりとした。

(1) 舗装厚

揚圧力の低減には、排気管および排水管の埋設が非常に有効であり、これらが正常に働けばフェーシングに作用する揚圧力も小さなものとなるが、舗装体の安全性を高める意味において最大揚圧力を設計の対象とした。最大揚圧力は計算や水理実験の結果から、法尻付近で水頭にして90cm前後で天端にいくにしたがって漸減する。舗装厚もこれに抵抗するように法尻部50cm（アスファルト合材の比重は約2.0）中間部40cm、天端付近は衝撃、波圧耐久性等を考慮して30cmとした。（図-3 参照）

(2) 舗装構成

アスファルト水理構造物における舗装構成は、外力の条件によって変わってくるが、一般には基盤、基層、表層表面処理層に分けられる。図-4 は今回の越流堤の舗装構成を示したものであり、概要は次のとおりである。

(イ) 基盤

基盤はトラフカビリティ確保のための支持層でもあり舗装体の基礎となるものである。基盤の材料はクラッシャーラン（30～0）を使用し、散水締め固め処理したのちプライムコートをほどこしてレベリング層をつくった。なお堤体土はほとんどを渡良瀬川よりしゅんせつした砂を用いた。

(ロ) 基層

基層は基盤からの透水をしゃ断し、舗装体の自重で揚圧力に抵抗させることと、表層を十分締め固めるに必要な基礎となるものである。したがって揚圧力の働くおそれのある箇所（50cmと40cmの箇所）の基盤上に不透水の修

正トベカ（厚10cm）を置き、その上に自重を大きくする目的で修正サンドアスファルトを配した。修正サンドアスファルトは経済性を考慮して現地で採取した砂を用いた。

(イ) 表層

表層は要求される力学的性質を具備したものでなければならない。すなわち流水による衝撃、波圧、不透水性、耐久性、斜面に対する安定度、たわみ性などが要求される。この越流堤の場合は厚さ10cmの修正トベカを用いることにした。

(ロ) 表面処理層

日照り等による老化防止、および舗装面の耐水性確保のためシーラントを5%程度施工することにした。

(3) 構造物との継目

構造物の周辺の舗設、転圧は機械力で仕上げにくく、人力でまき出し締固めをするため要求される間げき率が得られず、透水性の大きなものとなりやすい。またコンクリート構造物との間の接着が不十分となりこれが弱点となるおそれがある。それを防止するために図-5に示す構造のようにコンクリート面に銅網を打ちつけ、一方を舗装の中に入れ、さらに接着部には不等沈下に順応しやすいサンドマスチックを入れた。なお転圧不足をカバーする目的で舗装厚を10cm厚くした。

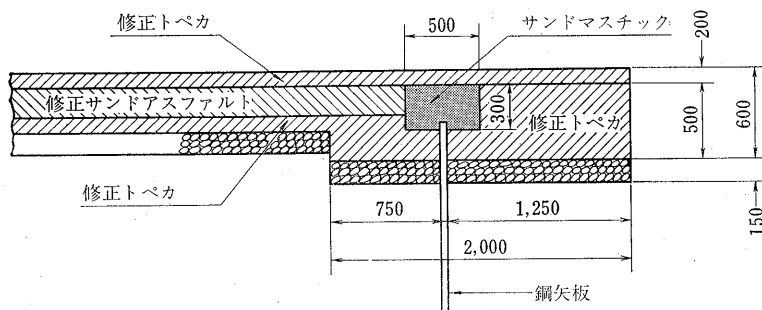


図-6 横断矢板個所舗装構成

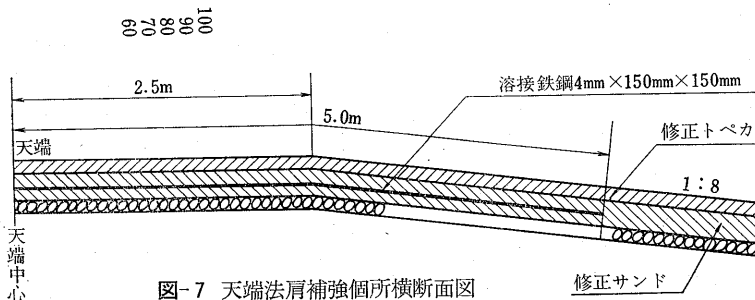


図-7 天端法肩補強箇所横断面図

図-4 舗装構成

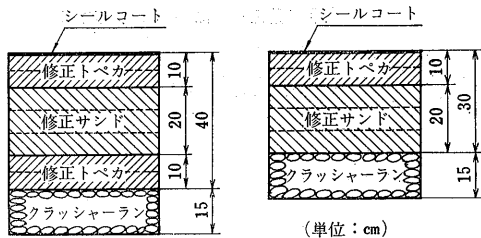
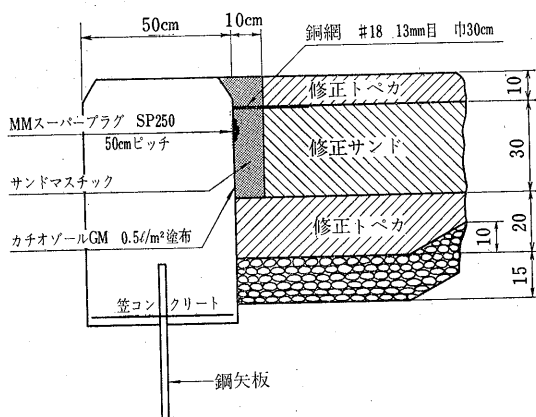


図-5 矢板コーピングの取付の構造



(4) 越流堤本体端部の構造

越流堤の川側および池側の法尻部に堤体への水の浸透を防ぐために鋼矢板を打込んでおり、さらに上下流の両端で堤体を横断して、これを結び矢板を打込んだ。したがって堤体の圧密による沈下量と鋼矢板の沈下量に差が生ずるおそれがあり、そのためアスファルト舗装が破壊することが考えられる。これを防止するため図-6に示すように矢板コーピングにサンドマスチックを入れ、矢板が沈下のずれに応じて徐々にこの中に喰い込んで表層が破壊することを防ぐことにした。

(5) 越流堤法肩付近の補強

越流堤法肩付近は堤体の圧密や不等沈下等により引張力が働き、法肩が弱点になるため図-7に示すように修正サンドアスファルトの中に溶接した金網を入れて補強した。

(写真-2 参照)

写真-2 越流堤天端の補強の状況

向うに見えるのは150t級プラント群

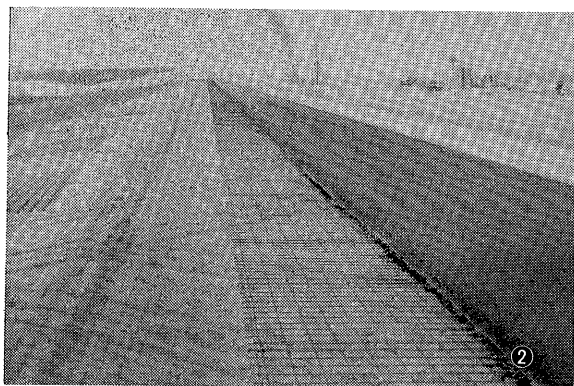


写真-3 舗装のたわみ試験

不等沈下にもかなりの追従性のあることを示した



表-2 各種構造物の配合例

種類	物ト混合 アスファルト	アス サンド マシ	ト ベ カ	アスファルトコンクリート				ア マ シ マ シ	マ シ マ シ	マ シ マ シ
				修 正 ト ベ カ	密 粒 度	粗 粒 度	開 粒 度			
フィラー量(%)	4~7	6~8	6~9	6~12	6~9	4~5	3~8	10~15	10~20	
ア ス フ ア ル ト 量 (%)	海岸堤	5~10	8		6~8			17~20	12~16	
	防波堤	5~10			7			17~20	12~20	
	河川堤	5~9	10	9			5	17~20	17.5	
	運河	3~12			7.5	5	6.5	4~5	14~20	8~12
	ダム	8~12.5			8		4	15		
	貯水池	4.5~10			7.5			17~25		
	水路	12.5	9.5						9	

表-3 越流堤のアスファルト混合物配合表

材 料 混合物 の種類	ア ス フ ア ル ト	フ イ ラ	細 目 砂	粗 目 砂	ク ラ シ ヤ ン (30 μ m)	砕 石 7 号	砕 石 6 号	砕 石 (20 mm)	ア ス ベ ス ト
修 正 ト ベ カ	% 8	% 7.5	% 24	% 20.5	% 22	% 18	% 18	% 18	% 18
修正サンドアスファルト	6	7		58	29				
サンドマシマシ	水平部	18	30	52					
	斜面部	10	25	25				40	
シー ル コ ー ト	30	67							3

4

配合設計

(1) 各混合物の配合

越流堤の舗装の合材に要求される基本的な性質は、

(イ) 斜面舗装であるので夏期高温時、法面を不当に流動しないこと。

(ロ) 盛土の不等沈下に追従する、たわみ性があること (写真-3 参照)

(ハ) 揚圧力に舗装が一体として抵抗するために不透水性であること。

(ニ) 水が舗装面をかなりの流速で流れるので、摩耗に対して抵抗性があること。

(ホ) 交通荷重による自然転圧が期待できないので老化の進行が早い、したがって耐久性であること。

などである。

しかし、これらを満足するための配合設計法はアスファルト混合物の性質の複雑さから明確でない。したがって従来の水理構造物における経験を参考にすることにし

各地の実例、文献による調査をもとに配合設計を行なった。表-2 は配合設計にあたり、調査した各種の水理構造物のアスファルト量とフィラー量を分類したものであり、表-3 はこれらを参考にし、更に室内試験並びに試験舗装を行なって決めた各混合物の配合である。

なお配合決定等にあたっ行なった試験のおもなものについて示すと次のとおりである。

(2) マーシャル安定度試験

修正トベカおよび修正サンドアスファルトについて、各工区で行なったマーシャル安定度試験は、図-8、図-9 のとおりである。修正サンドアスファルトは修正トベカに比べ安定度が低く、施工性の悪さを示している。なお図-10、図-11はその時の合成粒度であり、配合設定にあたり示したマーシャル安定度試験の基準値は表-4 のとおりである。これらはいずれも設計アスファルト量で基準値を上回ることができた。

図-8 修正トペカマーシャル安定度試験

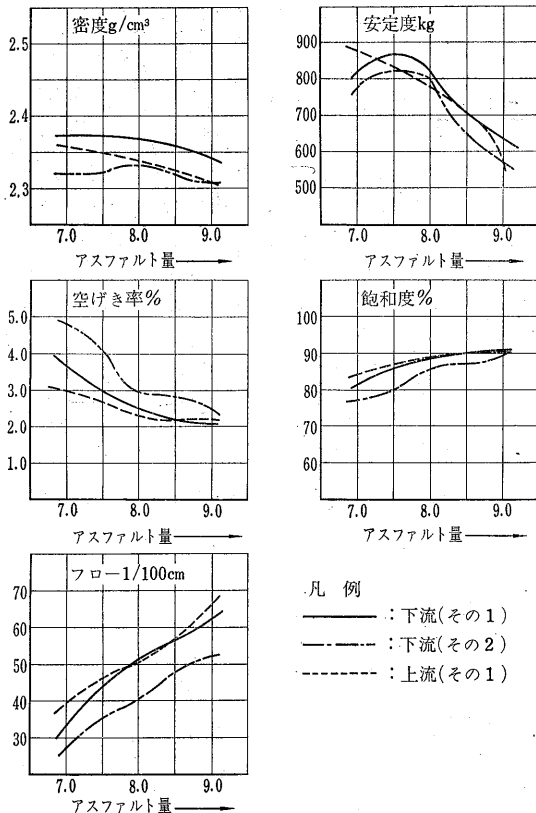


図-10 修正トペカ合成粒度

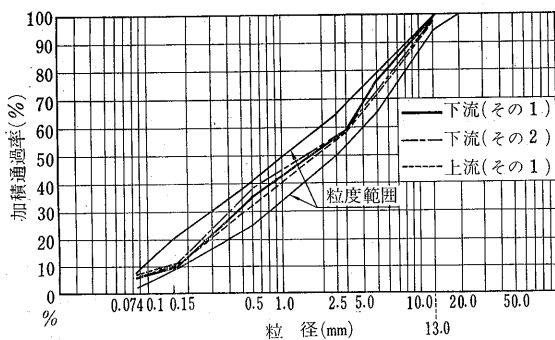


表-4 マーシャル試験の基準値

	修正トペカ	修正サンド アスファルト
突固め回数 (片面)	50	50
安定度 (kg)	500<	200<
フロー値 ($1/100cm$)	80>	40>
空隙率 (%)	3>	15>
飽和度 (%)	80<	45<
透水係数	1×10^{-7} 以下	3×10^{-3} 以下

図-9 修正サンドアスファルトマーシャル安定度試験

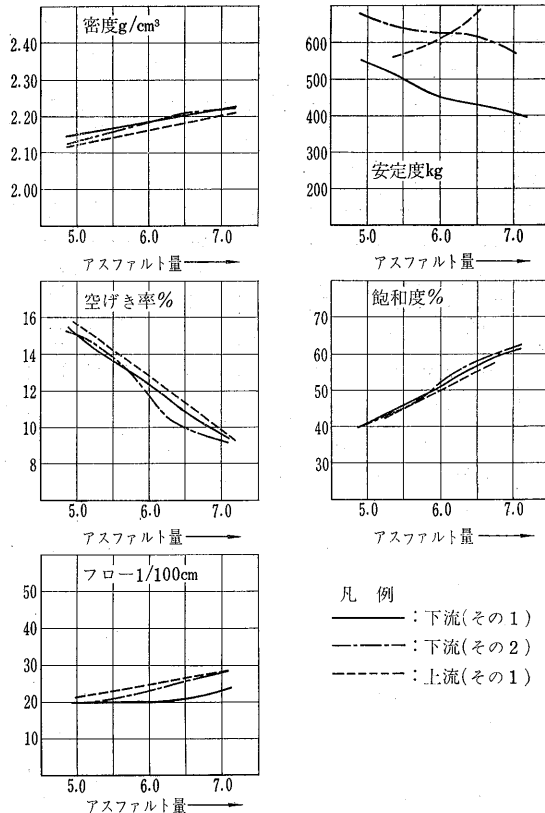


図-11 修正サンドアスファルト合成粒度

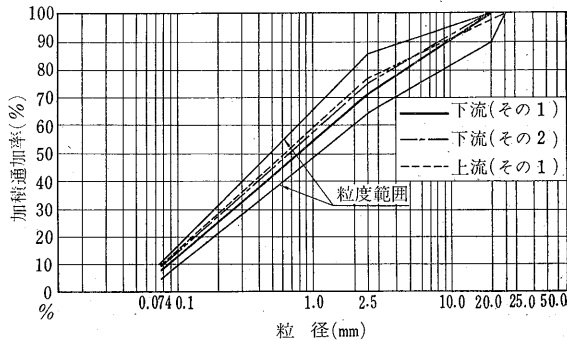
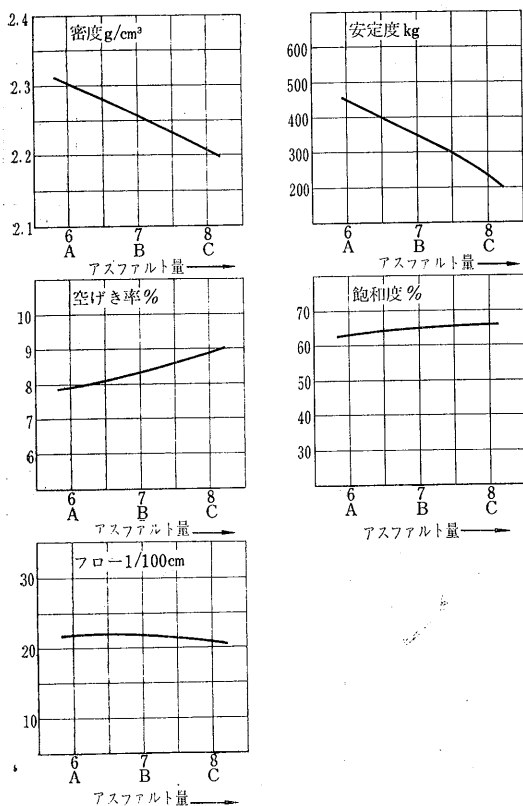


表-5 サンドアスファルト材料配合表

配合	砕石 22~0%	現地砂	石粉	アスファルト	合計
	%	%	%	%	%
配合-A	45	42	7	6	100
	47.8	44.7	7.5	—	100
配合-B	38	48	7	7	100
	40.8	51.6	7.6	—	100
配合-C	30	55	7	8	100
	32.6	59.8	7.6	—	100

図-12 サンドアスファルトマーシャル試験特性値比較図



(3) 囲繞堤との取付部の

修正サンドアスファルトの配合

囲繞堤との取付部は法勾配約4.5割(20%)で機械効率が悪く、十分な転圧ができないことが考えられる。したがって施工性を増すため配合を一部修正することとした。図-12は配合を変えてマーシャル安定度試験を行なったものであるが、この結果をみると、アスファルト量よりクラシランの量を増す方が密度と安定度が上昇することがわかる。したがってA-配合を用いて取付部の施工を行なうことにした。なお表-5(7ページ参照)はこれの配合率である。

(4) シールコートの性状試験

シールコートのフィラービチューメンの配合は表-3のとおりであるが、この問題としては施工後のフィラービチューメンの「だれ」があり、ブロンアスファルトを混入して「だれ」を防止することとし、各種の試験を行なった。それを示すと次のとおりである。〈註：試験は日本舗道K. K.の研究所に依頼した〉

(イ) ブロンアスファルトとストレートアスファルトの混合比率と軟化点の関係

図-13 St.As80/100とBl.As20/30

混合による軟化点変化

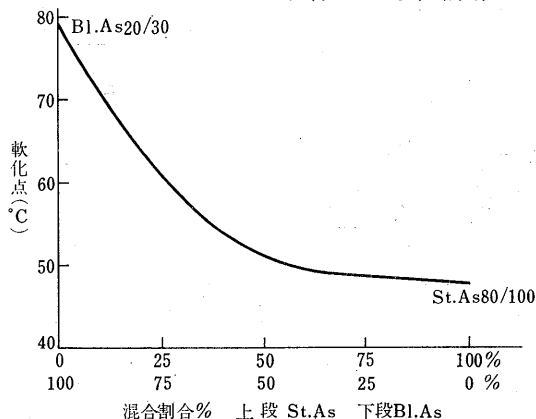
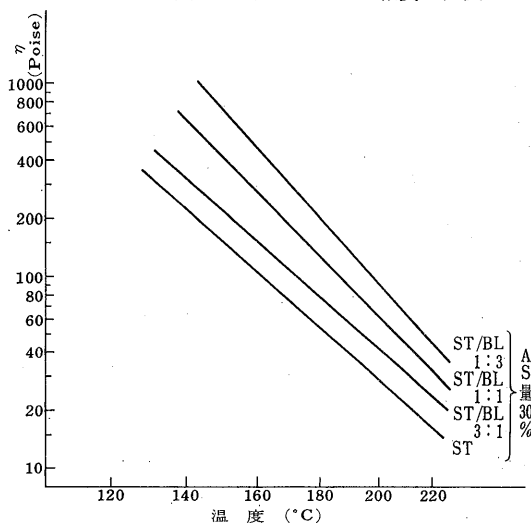


図-14 フィラービチューメンの粘度-温度



ブロンアスファルトの混入率の増加につれて針入度が下り、軟化点は上昇する。(図-13参照)

(ロ) フィラービチューメンの粘度と温度の関係

ブロンアスファルトの混入率が多くなるにつれて粘度は高くなる。これは針入度の低下、軟化点の上昇と見合っており、ブロンアスファルトを混入することによって粘度が上昇し、夏期高温時において安定性が増すが、一方施工時の混合温度が上昇することを意味する。(図-14参照)

(ハ) フィラービチューメンの「だれ」について

ブロンアスファルトの混入率によって夏期高温時の「だれ」もかなり違ってくる。舗装表面の温度が60°Cとなる時間が一年間に24時間程度あるといわれているので、8割勾配(越流堤の斜面勾配)において約1cmの「だれ」を許すとすれば、ストレートアスファルトとブ

ロンアスファルトの比率を1:2~1:3にすればよいことがわかる。(図-15参照)

(5) 透水試験

前述のように揚圧力として約1 tonの力が働くので、図-15のような試験装置をつくり、揚圧力にかえて透水試験を行なった。その結果は修正サンドアスファルトについては透水係数として $10^{-4} \sim 10^{-5} \text{ cm/sec}$ の値を示し、かなりの透水量があった。一方修正トペカはほとんど水を透さず、所期の目的の合材(透水係数は 10^{-8} cm/sec 以上)であることを確かめた。したがって舗装の構成において揚圧力が働くおそれのある箇所の底層に、修正トペカを施工する必要があった。

(6) 転圧各層の剝離試験

揚圧力に舗装が一体として抵抗するため、転圧各層の剝離が問題となりこれの試験を行なった。試験装置は透水試験の場合とほぼ同じであり(図-16参照)水圧をかけると修正サンドアスファルトと修正トペカの層が切断されるが、それに要する時間は2~5時間で転圧各層の接着はそれほど期待されないことを確かめた。したがって一体となって揚圧力に抵抗するために、底層に不透水性の修正トペカを施工する必要があった。

5. フェーシングの舗装の施工

(1) 施工の工期

越流堤舗装の規模は表-6のとおりであり、これを仮に9 m、舗装厚20 cmの道路舗装に換算してみると、延長約60 kmにおよぶ大工事となる。これを洪水期をはずし冬期に施工しなければならないので、自然条件と工期がきびしく制約されるため綿密な施工計画を立てて施工を行なった。

(2) 合材の生産

アスファルト合材の生産は最近各地域に固定式のアスファルトプラントが設置されており、これから各工事現場に運搬する方法がとられている。しかし前述のとおり工事規模、工期、要求される合材の性質等から現地にプラントを設置して合材を生産した。現地に設置したプラントは120 t/h級2基と60 t/hおよび45 t/h級それぞれ2基の計6基である。

(3) 舗設

舗設にあたって、現地に試験舗装を行ない使用機械の組合せ、合材の締固め温度、合材の締固め密度、施工ジョイントの処理等について検討を行なった。その結果は

図-15 60°C24時間におけるSt. AsおよびBl. As 混合比によるフィラービチューメンのダレ長さ

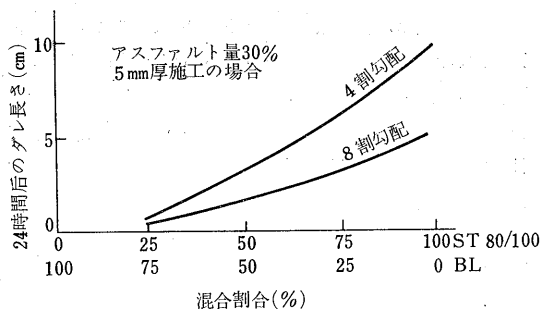
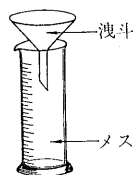
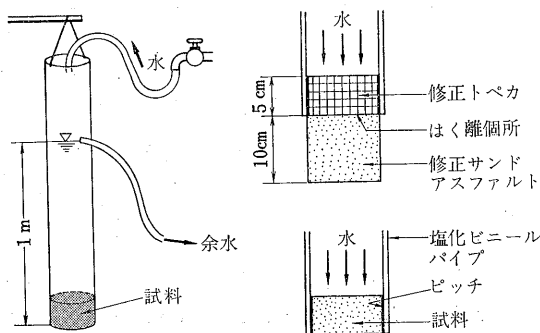


図-16 透水および剝離試験装置



$$K = \frac{L \cdot n \cdot Q}{h \cdot T \cdot A}$$

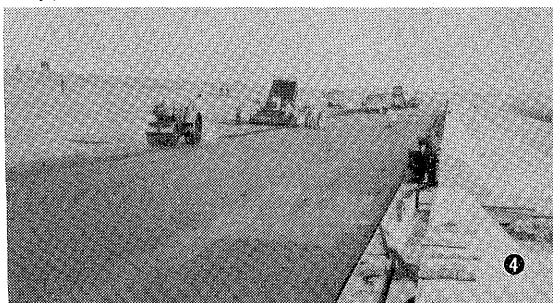
算定式

K: 透水係数
L: コア平均長
n: 空けき率
Q: T秒間の透水量 cm^3
h: 水圧 cm
T: sec
A: 断面積 cm^2

表-6 越流堤の舗装の工事量

施工箇所	上流越流堤	下流越流堤
アスファルト法覆面積	約110,200 m^2	約138,500 m^2
アスファルト合材量	約 94,600 t	約118,800 t
(1) 修正トペカ	約 41,200 t	約 52,100 t
(2) 修正サンドアスファルト	約 53,400 t	約 66,700 t

写真-4 舗設の状況 右のコンクリート構造物は副堰堤



次のとおりである。

(4) 締固め温度と転圧回数

締固め温度は所期の密度を得るために、アスファルト工事では最も重要な要素の一つであって、厳重な管理が必要である。したがって試験舗装の結果から、締固め温度と転圧回数の関係を求め、おおむね表-7の要領で実施した。図-17は修正トペカにおけるタイヤローラの転圧回数と密度の関係を示したものであるが、転圧回数10回で締固め度が約99%になることを表わしている。なお表-8はマーシャル安定度試験を突固め回数、および温度を変えて行なったものであるが、突固め回数による値はかなりの変動があるが、温度の変化においては100～180℃の間には大きな変化はない。このことはこの温度の範囲で施工すれば、おおむね要求される密度を得ことを示している。

(4) 施工の打継目

不透水性を重視する水理構造物のため、舗装の打継目が弱点にならないよう次のような配慮をした。

(a) 施工ジョイントのオーバーラップはできるだけ多くとる。

(b) ジョイントの処理は、ジョイントサイドをタンパーで突固めて、バーナーで温め、ストレートアスファルトを塗布して舗設した。

(c) 修正トペカは特に水密性を要するため、ジョイントはセミホットジョイントとし、その温度は60℃以上を目標にした。

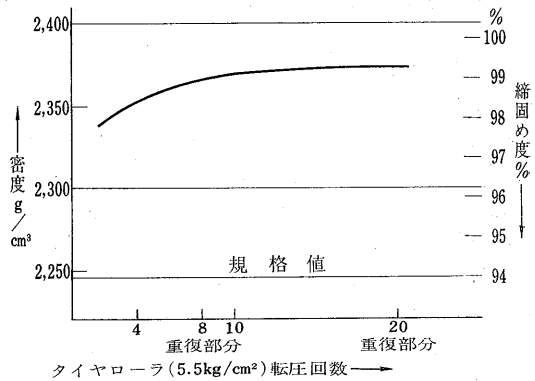
表-7 締固め温度と転圧回数

	機 種	修正サンドアスファルト		修 正 ト ペ カ	
		温 度	転圧回数	温 度	転圧回数
敷 均 し	フ イ ニ ッ ヤ	140℃～145℃	1回	140℃～145℃	1回
初 転 圧	タンデムローラ	120℃～130℃	2回	140℃～145℃	2回
二 次 転 圧	タイ ヤ ロ ー ラ	100℃～110℃	10回以上	120℃～130℃	10回以上
仕 上 げ 転 圧	タンデムローラ	80℃～ 90℃	2回以上	60℃～ 70℃	4回以上

表-8 修正トペカ突固め回数および温度の変化におけるマーシャル安定度試験

		密 度	空 隙	飽和度	安定度	フロー値
突 固 め 回 数	10	g/cm ³ 2.320	% 4.4	% 80.3	kg 390	¹ / _{100cm} 35
	25	2.359	2.8	86.6	712	46
	50	2.369	2.4	88.5	784	48
突 固 め 温 度 (°C)	100	2.356	2.9	86.2	625	40
	120	2.370	2.4	88.6	734	46
	140	2.364	2.6	87.6	721	40
	160	2.369	2.4	88.5	784	48
	180	2.368	2.5	88.2	734	41

図-17 密度と転圧回数の関係



(4) 舗設長

修正トペカのジョイントはホットジョイントにしたため、舗設長が制限された。これは水叩部から天端まで一日のうちに舗設し、斜面の途中にコールドジョイントを設けないことにしたためである。

ジョイントの温度が60℃まで下がる時間は、冬期のため約60分であり、この間に舗設を終了し、廻送を終わて次のレーンの舗装を始めるので、フィニッシャの敷均し速度と廻送速度によって舗設長がきまる。大体の舗設長は100～150mとなった。

(4) プライムコート

プライムコートはPK-3を1.5l/m²を標準としてディストリビュータで散布した。基盤をクラシャランで成形したので、表面にダストが露出すると浸透しにくかった。

(4) タックコート

タックコートはPK-4を0.5l/m²を標準として散布したが、修正サンドアスファルトの場合は、やや合材がポーラスのため吸収されるので、転圧各層の付着をよくするため散布量はやや多い方がよい。

(4) 舗設機械

(a) 使用機械

修正トペカは不透水性であることが要求されるため、アスファルト量が多いので安定度が比較的低い。また修正サンドアスファルトは経済性を重視したのでアスファルト量が少く、剪断力に対して弱い。これらのために初期転圧には、線圧の低いタンデムローラを用いて安定度を上げ、二次転圧に移ることにした。二次転圧はタイヤローラ

で行なったが、最初は $3.6\text{kg}/\text{cm}^2$ 程度の空気圧の低いタイヤローラを入れて安定度を上げたのちに、空気圧の高いタイヤローラを入れた。また安定度を上げるためにアスファルトフィニッシャのスクリードに振動をかける装置をつけ、敷均しただけで約90%の締固め度を得る方法も行なった。

なお仕上転圧はタンデムローラで行ない、取付部の4.5割の勾配の箇所はウインチ付ドーザで索引して施工した。(写真-5参照)

(b) 斜面舗設の問題点

舗設方向は越流堤の縦断方向に行なったので常に傾いた状態の施工となった。この場合は舗設機械の横滑りはさほど問題はなかったが、方向変換時に滑り、安全管理上これの対策が必要であった。

ローラ類については、バラストを積まなくても(写真-6参照)入念な施工をすれば、8割程度の勾配では要求される品質の施工はできるが、品質の均一さを更に期待するとすれば、バラストを積んでローラの荷重を均一にすることが望ましい。しかしタイヤローラについてはタイヤの空気圧を上側と下側を変えれば(上側 $4.5\text{kg}/\text{cm}^2$ 下側 $3\text{kg}/\text{cm}^2$ 程度)これが解決される。

これから考えてみると、大体8割(12.5%)勾配が自走する機械で施工する限界ではないかと思われ、これ以上になると更に危険が伴うことが予想されるし、品質の均一性も期待されないと思われる。

おわりに

以上越流堤のフェーシングの舗装の設計、施工についてその概要を述べたが、今後さらにアスファルトが広い範囲に利用されることになろうが、この拙文が今後施工されるこの種のアスファルト水理構造物の設計、施工上の一助となれば望外の喜びである。

今後の課題としては交通荷重等による自然転圧の期待されない、この種の構造物のアスファルトの老化が問題

写真-5 囲繞堤との取付部の施工

勾配約4.5割でウインチ付ドーザで牽引して施工する

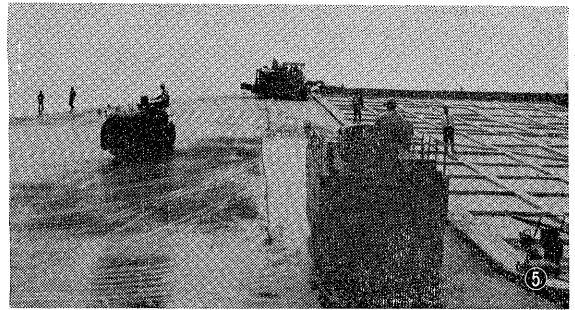
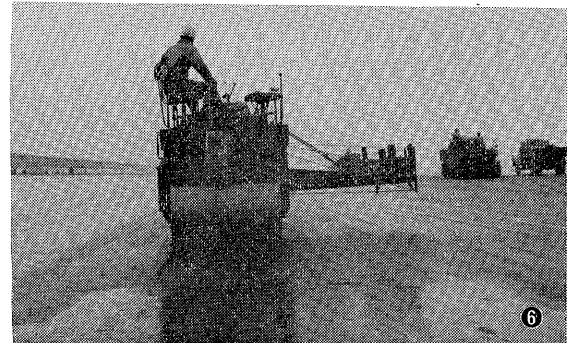


写真-6 カウンターウエイトをつけたタンデムローラ

斜面舗設の場合は転圧の均一性を確保するためにカウンターウエイトをつけローラ荷重のバランスをとった



であろう。さらにこれらを含めたメンテナンスの面についても研究していきたいと思っている。

なおこの越流堤のフェーシングの設計、施工にあたっては、他に例がないので不明な点が多く、建設省土木研究所に多大のご指導をいただいた。とくに松野前舗装研究室長には終始熱心なご指導と助言をいただいた。ここに深甚なる謝意を表する次第である。

〔筆者；建設省河川局治水課課長補佐

前利根川上流工事事務所工務課長〕

フランスのアスファルト・プラント性能試験

建設機械に対する要求は、施工者側と発注者側とは異なるのが一般である。施工者側は丈夫な、そして経費も少なく、あまり人手を要しないものを求めるし、発注者側は品質変動が少なく、品質管理のしやすい機械を要求する。

建設機械の開発にあたっては、この両者の要求を調整していかなければならない。

フランスにおいても、アスファルト・プラントの開発

を目的として、施工者、発注者よりなる委員会が設けられ、その下で現在のアスファルト・プラントの性能試験が実施された。

フランスのアスファルト・プラントの状態を知り、品質管理の水準を知るための、よき参考資料であろうと思われるので、ここにその内容を紹介する。なお、原典は *Le contrôle des centrales d'enrobage* (*Revue Générale des routes et des Aérodrômes*の1970年2月号)

河 野 宏

第1章 アスファルト・プラントの性能

試験の対象となったプラントは、C. A. F. L. ERMON T社の D. F125 と呼ばれているものである。このプラントはバッチ式のものであり、計量は自動的に行なわれる。能力は120t/hである。

以下、簡単にプラントの主要部分の説明を行なう。

(1) コールド・ビン

コールド・ビン数は6コであり、各ビンとも9,000kgの骨材をたくわえることができる。排出口には、排出をスムーズに行なえるようにバイブレーターが付けられており、また何らかの原因で骨材の排出がストップした時に

は、警報ベルが鳴り、警報ランプがつくようになっていゝる。骨材の排出量の調整は、排出口の大きさ(3段階に変化する)および排出用のベルトコンベアの変速することによって行なわれる。

(2) ドライヤー

ドライヤーの回転ドラムは、直径2.2m、長さ7mのものである。コールド・ビンから来た骨材はドライヤーの中に入るわけであるが、その1部をドライヤーに入る前に検査用に取り出すこともできるようになっている。ドライヤーから排出される空気の温度を熱電対によって測定し温度の異常上昇が起きた場合には、自動的にバーナーの噴射がとまるような設置も取り付けられている。

(3) 集じん装置

集じん装置は乾式湿式の両方で行なわれる。乾式集じん装置の能力は50,000m³/hである。乾式の集じんはほこりを含んだ空気の流速を落すことと、遠心分離による集じんの2段階で行なわれる。この段階で集められた細骨材はホットエレベーターに送り返される。乾式の集じんを行なった後、汚れた空気を水の中に送り込み最後の集じんを行なう。

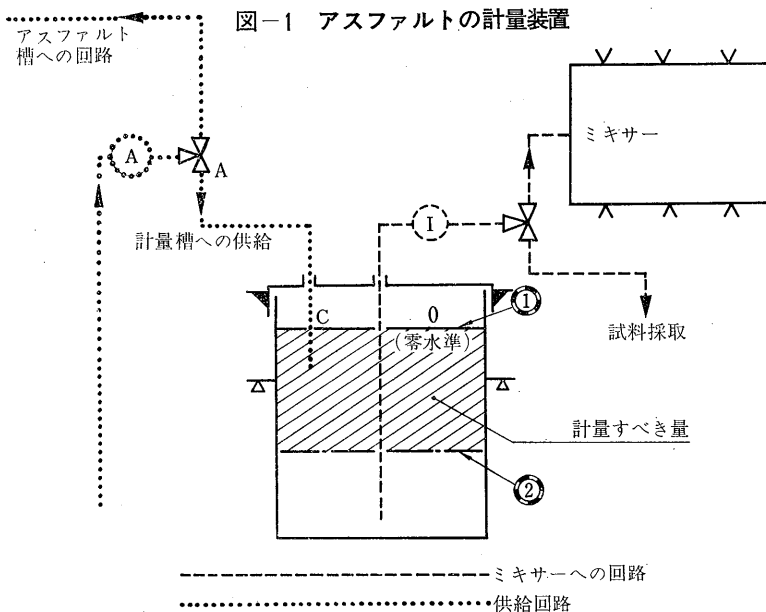
(4) ホット・ビン

ホット・ビンに取り付けられるフルイ数は3コであり、その寸法は3.20×1.25mである。今回の3種類のフルイの目は、30%—7%—3%であった。

(5) 計量

計量用のハカリは3種類あり、それぞれ骨材用、フィラー用、アスフ

図-1 アスファルトの計量装置



水準①の所でアスファルトの供給がとまる。これ以上供給された場合はただちに余分量はアスファルト槽に戻される。

水準②の所までのアスファルト量がミキサーに送られる。この位置はあらかじめ計量すべき量に応じてセットされる。

表-1 アスファルトコンクリート (%) のアスファルト量 (%)

	採取位置			7		8		9		10		X	σ
	No.		1		2		3	4	5		6	平均	標準偏差
午前	1	日付 30-10-68	6,46	6,30	6,32	6,12	6,28	6,20 6,07	6,17	6,36	5,90	6,22	0,16
	2	30-10-68 混合時間長	5,90	5,98	5,97	6,03	6,01	6,01 5,99	6,03	5,89	5,74	5,95	0,09
午前	5	31-10-68	6,14	6,39	6,47	5,88	6,10	5,81 6,08	5,84	6,01	5,90	6,06	0,24
	6	31-10-68	6,17	6,25	6,13	5,82	5,88	5,86 5,82	5,77	5,78	5,69	5,92	0,19
午前	7	31-10-68 混合時間長	6,14	5,87	6,05	6,18	6,10	6,05 6,14	6,03	6,07	6,02	6,06	0,09
	8	31-10-68	6,00	6,24	6,08	5,80	6,10	6,07 6,06	6,10	6,05	5,78	6,03	0,14
午後	9	31-10-68	5,66	5,98	5,99	5,96	6,01	5,87 6,10	5,87	5,98	5,72	5,91	0,13
	10	31-10-68 混合時間長	6,11	6,03	6,07	6,05	5,95	6,05 6,01	6,06	5,93	6,05	6,03	0,06
午前	11	5-11-68	6,32	6,17	6,28	5,96	5,93	5,68 5,98	5,85	5,87	5,78	5,98	0,21
	12	5-11-68	6,31	6,43	6,48	6,10	6,10	6,14 6,16	6,10	6,09	6,12	6,20	0,14
午前	13	5-11-68	6,49	6,14	6,25	6,20	6,16	5,97 5,99	6,02	5,97	6,01	6,12	0,16
	14	5-11-68	6,34	6,48	6,21	6,21	6,22	6,16 6,00	6,05	6,07	6,06	6,18	0,15
午後	15	5-11-68 混合時間長	6,15	6,22	6,10	6,20	6,23	6,21 6,11	6,20	6,18	6,06	6,16	0,06
	16	19-11-68	6,33	6,24	6,23	6,15	6,10	5,99 6,11	6,14	5,91	6,15	6,13	0,12
午後	17	19-11-68	6,60	6,35	6,45	6,19	6,18	6,20 6,23	6,04	6,06	6,28	6,26	0,17
	平均		6,21	6,20	6,205	6,056	6,09	6,02 6,056	6,02	6,01	5,95		
	標準偏差		0,24	0,18	0,17	0,140	0,12	0,16 0,10	0,13	0,14	0,18		

アルト用であった。自動計量装置のセットは配合にあわせて事前に行なわれる。しかし運転中においても、オペレーター室のダイヤルにより微調整は可能である。骨材の計量は累積計量によって行なわれる。このハカリは1,500kgまで計量可能である。

(6) フィラーの計量

フィラーの計量槽の能力は150kgである。フィラーは計量槽にスクリュコンベアによって送り込まれる。フィラーの量が計量すべき量に達したら、直ちにスクリュの回転がとまり、計量槽の入口のシャッターが閉じる。

(7) アスファルトの計量 (図-1 参照)

アスファルトの計量は、フィラーや骨材の計量方法とは全く異なった減算計量法で行なわれる。アスファルトを貯蔵槽から計量槽に送るポンプと、逆に計量槽から

貯蔵槽に戻すポンプは常時稼動している。計量槽とミキサーを結ぶポンプだけが断続的に必要に応じて運転される。

(8) ミキサー

ミキサーの容量は1400kgであり、循環する油により保温されている。混合ミキサーのタイプは2軸式（1軸に6枚の羽根をもっている）である。投入される骨材およびフィラーはミキサーの全巾に均等に投入される。アスファルトはミキサー内にU字形に取り付けられた管より噴射される。この噴射口は全部で6コある。

第2章 品質管理

今回対象となったプラントは1968年7月より運転開始されたものである。品質管理の試験が行なわれたのは、

表-2 アスファルトコンクリート (%) の2mmフルイ通過率

	採取位置		7		8		9		10		X	σ	
			1	2	3	4	5	6	平 均	標準偏差			
午 前	1	日付 30-10-68	33,6	34,0	33,9	34,8	34,3	33,7 34,2	34,1	32,8	33,6	33,0	0,50
	2	30-10-68 混合時間長	33,9	35,8	34,7	35,9	35,6	35,0 34,8	34,9	34,1	34,0	34,0	0,70
午 前	5	31-10-68	32,2	33,5	33,6	32,9	33,5	32,8 33,2	32,9	32,8	33,5	33,5	0,50
	6	31-10-68	33,8	33,8	34,6	34,1	34,2	33,7 33,3	33,3	33,6	33,4	33,8	0,40
午 前	7	31-10-68 混合時間長	34,6	34,4	34,3	34,6	34,3	34,3 34,6	33,7	33,5	33,2	34,15	0,50
	8	31-10-68	32,6	32,6	32,7	32,7	32,7	33,2 33,9	32,8	33,2	33,1	32,9	0,40
午 後	9	31-10-68	31,9	31,1	32,3	32,8	32,5	32,4 32,5	30,7	32,6	32,3	32,1	0,70
	10	31-10-68 混合時間長	32,2	32,8	32,9	32,4	32,4	32,6 32,3	32,7	32,1	32,0	32,4	0,30
午 前	11	5-11-68	33,5	34,0	33,7	33,3	33,3	33,2 33,0	33,5	33,7	33,4	33,4	0,30
	12	5-11-68	33,6	35,1	35,1	34,8	34,8	35,0 35,0	35,0	34,6	34,3	34,7	0,50
午 後	13	5-11-68	34,1	33,6	34,3	34,0	34,2	33,6 33,8	33,7	33,4	33,6	33,8	0,30
	14	5-11-68	34,0	34,5	34,1	34,5	34,2	33,9 33,4	33,4	33,0	32,8	33,8	0,60
午 前	15	5-11-68 混合時間長	35,4	35,5	35,3	35,5	36,3	35,6 35,2	35,4	34,8	35,8	35,5	0,40
	16	19-11-68	34,3	34,3	34,7	33,8	34,5	34,2 34,3	34,7	33,8	34,2	34,3	0,20
午 後	17	19-11-68	36,0	35,8	35,3	34,8	35,1	35,2 35,3	34,4	34,3	35,3	35,15	0,50
平 均			33,71	34,06	34,10	34,06	34,12	33,89 33,92	33,68	33,48	33,63		
標準偏差			1,2	1,3	0,9	1,1	1,1	0,1 0,1	1,2	0,8	1,0		

1968年10月9日から11月20日までである。

プラントの運転方法は次の通りである。

——コールド・ビンの流量調整は混合物の種類が変わるたびに行なった。この場合操作したものは、ベルトコンベアの速度でありフルード・フィダーの開きは100%に固定した。

——試験期間中のプラントの生産速度は100t/hとした(公称能力は150t/h)。

——ホット・ビンの配合比は、実際に各ホット・ビンの粒度を調べて決めたものでなく、合成粒度曲線より計算上求めた値を使用した。

このプラント(DF125)は、バッチ式のプラントである。試験が行なわれた期間は1カ月半にすぎず、この期間中もこのプラントは定常的に使用されたわけではな

かった。またプラントがいわゆる雑貨屋的に使用されたため、同一日において配合の異なる混合物を製造することもあった。これらの事情の影響を調べることも当然必要だと思われるが、今回の報告では一応総合的な考察にとどめ、上記の事情は無視することとした。

試験方法および結果

製造された混合物の状態を調べるため抽出試験を行なった。1コの供試体の重量は1,700~2,000gとし、同一バッチから10コの供試体を採取した。採取方法は、混合物の吐き出される部分の面積を下図のように20等分し、そのうち10コの部分より、各部分1コずつの供試体を採取したものである。

	7		8		9		10	
1		2		3	4	5		6

表-3 アスファルトコンクリート(%)の5mmフルイ通過率

	採取位置 No.			7		8		9		10		X	σ
			1		2		3	4	5		6	平 均	標準偏差
午 前	1	日付 30-10-68	58,6	59,6	59,5	60,8	60,6	59,1 59,9	59,4	58,6	58,5	59,5	0,8
	2	30-10-68 混合時間長	56,5	57,7	56,1	58,3	57,4	57,2 56,8	57,7	55,0	56,0	56,9	0,8
午 前	5	31-10-68	59,8	61,0	61,1	60,3	61,3	69,2 60,7	59,2	61,2	61,5	60,6	0,7
	6	31-10-68	60,8	61,1	62,6	61,6	61,8	62,95 61,7	60,6	59,9	60,7	61,4	0,9
	7	31-10-68 混合時間長	61,9	63,0	62,6	62,9	64,0	63,6 62,8	60,9	61,2	61,1	62,4	1,1
午 後	8	31-10-68	60,6	61,7	60,7	61,9	61,8	62,8 62,6	61,7	62,7	62,5	61,9	0,8
	9	31-10-68	58,7	59,7	60,7	61,4	60,5	60,8 61,6	59,9	60,6	61,9	60,6	0,9
	10	31-10-68 混合時間長	59,5	60,0	60,0	60,6	60,2	61,0 60,0	61,8	59,0	59,8	60,2	0,8
午 前	11	5-11-68	62,4	63,9	62,9	63,4	62,9	63,7 62,1	62,6	61,6	62,6	62,8	0,7
	12	5-11-68	50,1	51,9	52,6	51,5	51,7	51,8 52,0	51,5	51,4	51,8	51,6	0,6
午 後	13	5-11-68	62,2	63,2	62,7	63,8	63,4	61,9 62,1	62,7	62,2	62,2	62,6	0,6
	14	5-11-68	62,0	63,4	62,5	62,6	63,0	62,0 61,1	61,7	60,8	61,5	62,0	0,8
	15	5-11-68 混合時間長	60,9	60,8	60,7	60,8	61,1	60,8 60,0	60,6	60,2	61,2	60,8	0,6
午前	16	19-11-68	64,8	64,6	64,0	63,8	66,2	64,6 65,3	65,2	64,2	65,6	64,8	0,8
午後	17	19-11-68	66,3	65,9	65,5	64,4	65,2	61,6 65,3	66,2	64,7	65,9	65,4	0,7
	平 均		60,34	61,16	60,98	61,20	61,47	61,13 60,93	60,78	60,22	60,85		
	標準偏差		3,7	3,0	3,2	3,0	3,3	3,2 3,0	3,3	3,3	3,5		

ミキサーのモーターには差動電力計を取り付け、混合時の消費電力をグラフ表示させた。これは経験的に良い混合が得られるのは、混合終了時の消費電力が安定した場合であろうと考えたからである。また混合時間の影響を調べるため混合時間を特に長くする試みも行なった。

試験の対象となった混合物は2種類である。1つは斑岩砕岩を使用した0~10%のものであり、他は80%石灰岩砕石を使用した0~20%の混合物である。

2種の混合物の抽出試験結果をアスファルト量、フィラー量、2%フルイ通過量、5%フルイ通過量についてまとめたものを表-1~7に示す。

平均値および標準偏差はバッチ毎、採取場所毎に計算されている。バッチ毎の標準偏差には、バッチ内の品質のバラツキと試験誤差とがふくまれている。採取場所毎

の標準偏差にはバッチ間のバラツキと試験誤差とがふくまれている。

試験結果の考察

アスファルト量

抽出試験結果より計算された標準偏差は0.1~0.2であり、バッチ毎の混合物の均一性は非常によいことがわかる。以前行なわれた密粒度アスファルト混合物(0/20)の抽出試験結果では、混合時間が短かったためか、均一性はこれ程よくなかった。

今回の試験結果だけからでも、混合時間が長い方が均一性がよくなることが分る。この場合、混合時間の長いものは、モーターの消費電力が一定となる時間が、通常のもの2倍になるようにした。(図-2,3参照)この程度の混合時間の延長は、プラントの能力を低下させる

表-4 アスファルトコンクリート (%) のフィラー量 (%)

	採取位置 No.			7		8		9		10		X	σ
			1		2		3	4	5		6	平均	標準偏差
午前	1	日付 30-10-68	7,2	7,4	7,3	7,6	7,5	7,6 7,6	7,5	7,4	7,3	7,44	0,16
	2	30-10-68 混合時間長	7,7	8,2	7,8	8,1	8,0	7,8 8,3	7,9	7,8	8,1	8,0	0,20
午前	5	31-10-68	6,1	6,0	6,2	6,2	6,0	6,2 6,2	6,4	6,2	6,3	6,18	0,12
	6	31-10-68	7,1	6,8	7,0	6,9	7,1	7,1 7,0	7,2	6,8	7,1	7,0	0,13
午前	7	31-10-68	7,4	7,5	7,4	7,2	7,6	7,6 7,4	7,3	7,2	7,2	7,38	0,15
	8	31-10-68	7,1	7,2	7,2	7,5	7,3	7,6 7,6	7,7	7,6	7,6	7,44	0,21
午後	9	31-10-68	7,6	7,5	7,8	7,9	7,8	8,0 8,0	7,7	7,9	7,9	7,8	0,17
	10	31-10-68 混合時間長	7,9	8,1	8,3	8,1	8,0	8,1 8,0	8,2	8,2	8,1	8,1	0,11
午前	11	5-11-68	7,4	7,4	7,4	7,5	7,3	7,4 7,1	7,4	7,2	7,5	7,3	0,12
	12	5-11-68	7,5	7,4	7,8	7,9	7,8	8,2 7,7	8,0	7,6	7,5	7,7	0,25
午前	13	5-11-68	7,6	7,5	7,5	7,7	7,7	7,5 7,2	7,3	7,5	7,5	7,5	0,15
	14	5-11-68	7,1	6,9	7,1	7,0	7,1	6,9 7,2	7,1	6,7	6,9	7,0	0,15
午後	15	5-11-68 混合時間長	7,7	7,7	7,7	7,8	7,8	7,9 7,8	7,8	7,7	7,9	7,8	0,08
	16	19-11-68	6,8	6,7	6,9	6,8	7,0	6,9 6,7	6,8	7,0	7,1	6,8	0,15
午後	17	19-11-68	6,6	6,6	7,0	6,6	6,8	6,4 6,7	6,6	6,6	6,5	6,64	0,16
	平均		7,25	7,26	7,36	7,38	7,38	7,41 7,36	7,39	7,29	7,36		
		標準偏差	0,48	0,58	0,50	0,58	0,54	0,60 0,57	0,52	0,55	0,54		

ことはない。

フィラー

フィラー量のバッチ内変動は、アスファルト量の場合と大差はない。しかし、バッチ間のバラツキはアスファルトの場合に比較して著しく大きくなっている。

バッチ内のバラツキが小さいことは、ミキサーへのフィラーの投入がうまく行なわれていることを示している。バッチ間のバラツキが大きい原因は、骨材に含まれているダストのためと考えられる。集じん装置より送られてくるダストの量は時間的に変動し、この変動がそのままフィラー量の変動としてあらわれているように思われる。

骨材

今回得られた 2 % フルイおよび 5 % フルイ通過率の標

準偏差はきわめて小さく、粒度管理は満足すべき状態にあると考えられる。

結 論

一連の試験結果より、このプラントの製造状態は良好であるという結論がえられる。常によい混合物を得るためのコントロール因子を明らかにすることは興味深いことである。品質に影響を与える重要な因子としては、現場の施工業者のオペレーターの能力と使用された機械の能力とが考えられる。

オペレーターの能力は、下記のことをうまく行なうか否かにかかっている。

——コールド・ビンにおける粒度調整

——ホット・ビンのフルイ分け

——骨材、フィラー、アスファルトの計量

表-5 アスファルトコンクリート (%) のアスファルト量 (%)

標準偏差	採取位置		1	7	2	8	3	9 4	5	10	6	平均
	No.	日 付										
0.33	18	20-11-68	6.47	6.78	6.82	6.33	6.54	5.89 5.97	5.97	6.21	6.26	6.32
0.45	19	20-11-68	6.65	6.46	6.90	6.11	6.24	5.94 5.94	6.18	6.22	6.59	6.32
0.24	20	20-11-68	6.20	6.69	6.30	6.08	6.20	6.10 6.08	6.03	6.07	6.64	6.24
0.17	21	21-11-68	5.79	6.25	6.26	6.09	5.94	5.99 6.22	5.92	5.88	5.94	6.03
0.09	22	21-11-68 混合時間長	5.96	5.97	6.06	6.09	5.95	6.16 5.97	6.09	6.02	6.19	6.04
	平 均		6.21	6.43	6.47	6.14	6.17	6.01 6.03	6.04	6.08	6.32	

表-6 アスファルトコンクリート (%) の5mmフルイ通過率

標準偏差	採取位置		1	7	2	8	3	9 4	5	10	6	平均
	No.	日 付										
1.6	18	20-11-68	54.4	51.6	54.3	50.6	52.2	49.5 51.2	50.6	51.0	51.1	51.65
1.4	19	20-11-68	54.0	55.0	57.5	54.5	54.9	52.7 54.2	57.3	54.7	56.2	55.1
1.7	20	20-11-68	54.0	55.0	53.9	50.5	55.0	51.4 51.4	52.5	51.4	54.5	52.95
1.6	21	21-11-68	53.3	50.4	53.2	51.7	54.5	51.2 53.1	50.1	50.1	50.4	51.8
0.8	22	21-11-68 混合時間長	51.4	51.2	53.3	53.6	52.5	52.3 52.6	52.3	53.1	52.6	52.5
	平 均		53.4	52.64	54.44	52.2	53.8	51.4 52.5	52.56	52.06	52.96	

表-7 アスファルトコンクリート (%) のファイラー量 (%)

標準偏差	採取位置		1	7	2	8	3	9 4	5	10	6	平均
	No.	日 付										
0.13	18	20-11-68	4.9	4.8	5.2	4.7	5.0	4.9 5.0	5.0	4.9	5.0	4.94
0.25	19	20-11-68	5.0	5.2	5.5	5.1	5.4	5.3 5.7	5.8	5.4	5.4	5.4
0.23	20	20-11-68	3.8	3.9	3.8	3.5	4.4	3.7 3.7	3.8	3.8	3.8	3.8
0.17	21	21-11-68	4.4	4.4	4.8	4.8	4.9	4.6 4.8	4.7	4.7	4.7	4.7
0.13	22	21-11-68 混合時間長	4.6	4.6	4.6	4.8	4.8	4.8 4.7	5.0	4.9	4.8	4.76
	平 均		4.54	4.58	4.78	4.58	4.9	4.66 4.78	4.86	4.74	4.74	

アスファルト量の変動が小さかった原因は減算式の計量装置を使用したためと考えられる。この装置を使用すると、アスファルトが風袋に付着するために生じる誤差を避けることができる。

ホット・ビンにあるフルイの効果はしばしば道路技術者や機械技師によって批判されている。しかしよい結果が得られない原因は、機械の使用方法が不良であったためであろう。使用方法の不良の具体的な例としては、プラントの生産量がフルイの能力を超えた場合、ホット・ビンの粒度分析を行わずに配合比を決めたため、その配合比が不適当な場合、あるいはプラントを雑貨屋的に使用したためホット・ビンの粒度分析を混合物の配合が変わるたびに行えなかった場合などが考えられる。一般のプラントにおいては、公称能力よりもフルイの能力の方が小さいので、この点に注意する必要がある。

コールド・ビンの調整がうまく行なわれ、ホット・ビンとのフルイ分けが正しく効果的に行なわれ、計量が正しくなされた時、粒度の安定した混合物が得られる。

このプラントで製造量を90～100t/hとした時は、ホット・ビンでのフルイ分けは正しく行なわれたことが確認された。

ホット・ビンでのフルイ分けは、粒度をコントロールする役割を持っており、コールド・ビンの調整の不備のため生ずる粒度の変動をここで調整することができる。しかしコールド・ビンの調整があまりにも不完全であると、特定なホット・ビンにのみ骨材が集中するようになり、そうなるともはやフルイの調整能力を期待するのは無理となる。

同日中に何種類もの混合物を製造するような場合にはホットビンでのフルイ分けが正しく行なわれることが、第1条件である。

この種のプラントにおいて、100t/h以上の混合物を製造しようとする場合には、フルイの能力を上げることが必要である。

〔筆者；建設省中部地建道路計画第二課〕

図-2 消費電力と混合時間の関係

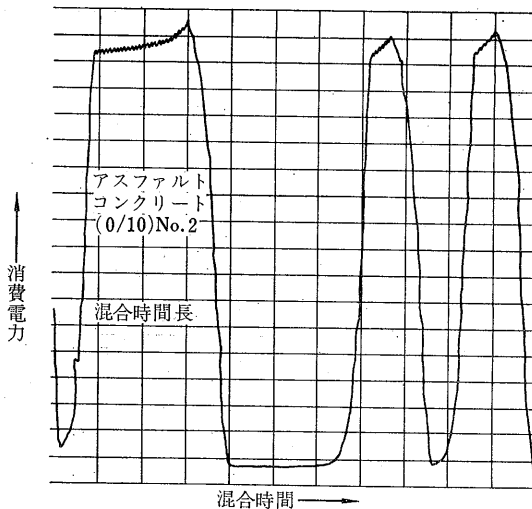
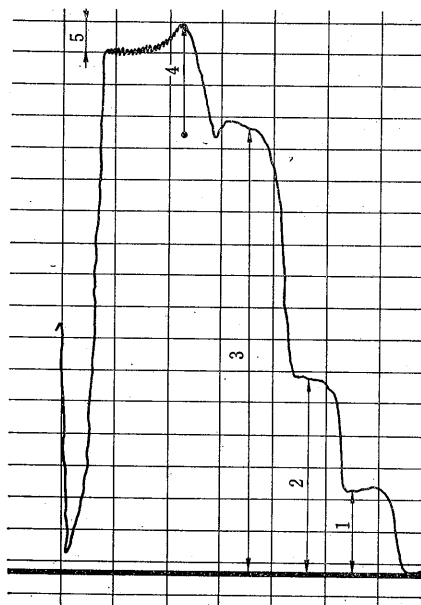


図-3 消費電力にあらわれた混合の状態

- (1) 骨材0/3 %の混合
- (2) (1)の骨材と骨材3/7 %の混合
- (3) (1/2)の骨材と骨材7/最大粒径の混合
- (4) アスファルトの投入
- (5) 混合時の安定状態



アスファルトの薄膜蒸発試験

近 藤 紀

1. まえがき

加熱混合方式により道路舗装用として使用するアスファルトは、特に耐老化性に富むことが必要である。このことを最初に提唱したのはDowで、1897年にアメリカの首府ワシントンの材料検査官であった時、(1)アスファルトは老化によってその性質が急速に劣化してはならない。(2)アスファルトは高温にある時間曝されても安定でなければならない。と主張し、その試験方法について提案をしている。この試験方法の一つに、60cm³の容量の短頭フラスコに20gのアスファルトを入れ204°Cで30時間空気浴中で加熱し、針入度および重量減を測定するものがある。この方法に対するアスファルトの規格値を針入度50~120のものについて重量減8%以下、残留針入度25%以上と定めている。1908年にはコロンビア区すなわち首府ワシントンでは舗装用アスファルトについて、50gの試料を径6cm、深さ2cmの容器に入れ、149°Cで18時間加熱する試験方法を採用し、針入度40~70のグレードのものについて、蒸発減量5%以下、残留針入度50%以上と規定した。1911年にはASTMが同様の容器に試料20gを入れ、163°Cで5時間加熱する方法を提案し、これは容器寸法をその後、径55%、深さ35%と改め、試料重量を50gとしてASTMD6として1916年に規格に採用された。これは現在のJIS K2533蒸発量試験である。

その後ドイツではこの方法を止め、容器の寸法を径128%、深さ12%として試料をより薄膜にした現在のDIN 1995の試験方法を採用し、アメリカではBureau of Public Roadにおける研究成果を基にして、容器径を140%とし、D6の試験を促進したD1754のThin-Film oven Testを採用している。現在各国で採用されているアスファルトの加熱試験法を列記すると表-1のようになる。表-1で分るようにJIS K2533、ASTM D6などのいわゆる蒸発量試験は変化の量が小さく、アメリカではすでにASTM D1754、AASHTO T179などの薄膜蒸発試験に取って替わられてしまっている。我国ではまだアスファルトの加熱耐久性試験として、依然としてJIS K2533の蒸発量試験が通常品質試験の一項目として規定されているが、膜厚が大きいため変化量が小さく、アスファルトの加熱耐久性について大体の傾向を得るに過ぎない。加熱耐久性についてより確かな傾向をとらえるには、ASTM D1754のように膜厚を小さくし、よりシビアな試験条件にする必要がある。筆者はアスファル

表-1 アスファルトの加熱試験法

試 験 法	JIS K2533 ASTM D 6 BS 3235など	ASTM D1754 AASHTO T179	DIN1995 U12
温 度 °C	163	163	163
時 間 hr	5	5	5
容器径 %	55	140	128
試料の量	50 g	50ml	50 g
推定試料厚%	21	3.1	3.8
試料回転速度 rpm	5~6	5~6	0

トの薄膜蒸発試験法を我国の舗装用アスファルトの品質規格に採用すべきであるとの意見を持っているが、最近薄膜蒸発試験法に関して2~3の調査を行なったので、これについて述べ舗装に携わる人達の参考に供したいと思う。

2. 各加熱試験間の関係

表-1に示した3種の試験法は現在世界で規格化され、一般的に採用されている試験方法であるが、この他にもいろいろの方法が考案され、一部ではすでに採用されているものもある。しかし大部分は研究段階のものである。Rolling Thin Film Oven Testもアメリカのcalifornia州で考案され、現在同州の試験基準に取り入れられているが、まだ地方的な試験法で一般に普及している試験法とはいえない。したがってここでは表-1に示された代表的な3つの試験法について相互の関係を見てみよう。

JISまたはASTMの蒸発量試験とASTMまたはDINの薄膜蒸発試験とは、試料の厚みが大きく異なるため蒸発減量、残留針入度に大きな差が予想される。しかしこれら両者間に比例関係が成立しておれば、既存の蒸発量試験で薄膜蒸発試験の代用としても差支えない筈であるが蒸発量試験のように膜厚が大きいと、試料の上層、下層間の混合、拡散などの影響が大きく、単に単位容積当りの表面積比に比例するとは考えられない。蒸発減量が異なる針入度のアスファルト試料18個について、JIS蒸発量試験とASTM薄膜蒸発試験を行ない、両者間の蒸発減量および残留針入度の関係を求めた結果を図-1、2に示すが、このように両者間には明確な関係は認められない。

図-1の蒸発減量の関係では薄膜蒸発試験の結果が-0.3%から-1.4%までの分布を持っている試料がJIS蒸発量試験では全部-0.2%から-0.3%の間に入っている。この場合日本道路協会規格では全部合格であるが、後述するAASHTOの薄膜蒸発試験の規格では不合格になるのが半分を占める。この原因としてはJIS蒸発量試験では膜厚が大きいため、下層の試料部分は試験中に上層に来ることなく、本来蒸発すべき低沸点成分も残存してしまうが、薄膜蒸発試験では膜厚が小さいため、試料全体がより均一に蒸発作用を受けることによるものと考えられる。同様に薄膜蒸発試験で重量が増加しているものが2試料あるが、これは蒸発量試験では重量は減少している。このことは薄膜蒸発試験では表面積が大きいため、アスファルトの酸化作用が充分行なわれて、低沸点成分の蒸発による重量減を打ち消して重量が増加するが、蒸発量試験では表面積が小さいため酸化作用が不充分で、重量減を打ち消すことが出来なかったことを示すと考えられる。すなわち蒸発作用の方が酸化作用よりも影響する範囲が深いことを示している。図-2の残留針入度では蒸発量試験で90%前後の試料は、薄膜蒸発試験で45%から70%にわたって分布している。したがって蒸発量試験では合格であっても、薄膜蒸発試験では不合格になるものもあることになる。図-2でもいくつかの試料については、両者間に一定の関係が認められないことはないが、大部分の試料については関係は認められない。したがって図-1、2を見た場合、JIS蒸発量試験はASTM薄膜蒸発試験とかなり違った傾向を示すことが多く、前者の試験値から後者の試験値を推定することはできない。両者は別個の試験法として扱わねばならないと考える。

表-1に示すように薄膜蒸発試験にはASTM法とDIN法とがあるが、両者の違いは膜厚がASTM法では約3.1%に対しDIN法では約3.8%であることと、ASTM法では試料容器を試験中回転させるのに対し、DIN法では静止しておくことである。

したがってこの両者間には膜厚の差による違いが試験値に現われ、DIN法の方がASTM法よりも膜厚が大きいため、蒸発減量は小さく、残留針入度は大きいと予想される。代表的なアスファルト4種類について、それぞれ4グループの試料を作り、ASTM法とDIN法の薄膜蒸発試験を行なった結果を表-2に示す。表-2を見ると、蒸発減量はDIN法の方がASTM法より小さくなっているが、最後の試料については、これが重量が増加することもあるが、両者とも同じ値を与えている。残留針入度については、最初の3試料について両者間には差はほとんど無いと考えられるが、4番目の試料についてはDIN法の方が明らかに大きい。軟化点上昇はすべてについて

図-1 JIS蒸発量試験と薄膜蒸発量試験との関係（蒸発減量）

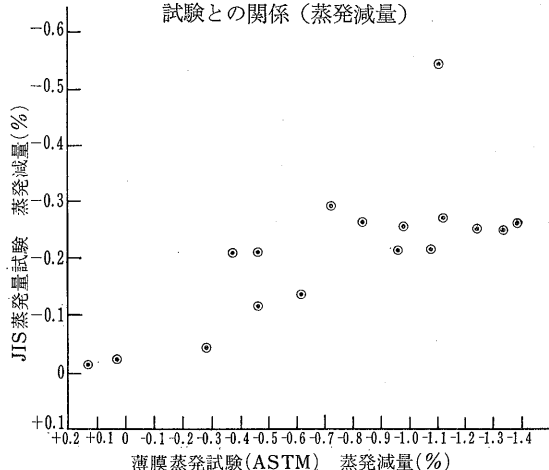
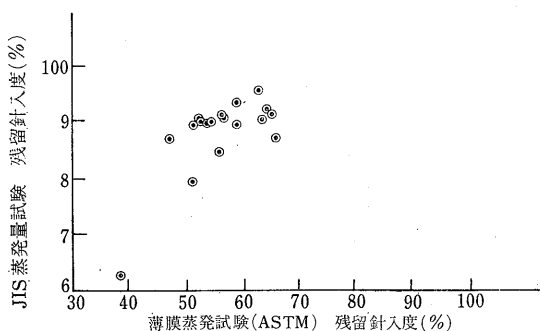


図-2 JIS蒸発量試験と薄膜蒸発試験との関係（残留針入度）



ASTM法が大きい、上昇の割合は試料によって異なっている。伸度については2番、3番の低伸度のものは両者間に差異は認められないが、4番目の試料についてはDIN法の方が明らかに大きい。このように膜厚の差が僅少であるにもかかわらず、両試験法間には一定の傾向が認められず、試料によってそれぞれ異なる傾向を与えている。したがって前に述べたJIS蒸発量試験と同様、ASTMとDINの両薄膜蒸発試験法間で試験値を相互に換算することはできず、やはりどちらかの試験法に統一し、同一の試験法によった試験値で比較していかねばならない。

表-1に挙げた試験法の他に、最近アメリカのCalifornia州で試験法として採用されたRolling Thin Film oven Testがある。この試験法の特徴はアスファルト試料を円筒形の容器に入れ、垂直面で回転する試料台に嵌め込み常に新しい空気を試料容器中に吹き込むため、試料容器の回転により常に新しい試料表面が空気と接触することになり、試料の膜厚の影響を除き、試験時間が

表-2 薄膜蒸発試験 ASTM法とDIN法との比較

試験項目 試料		重量減 %		針入		度 25℃		軟 化 点 (環球法)				針入度指数				伸		度 15℃
		ASTM	DIN	加熱前	加熱後	ASTM	DIN	殘留率	ASTM	DIN	加 熱 後	加 熱 前	加 熱 後	加 熱 前	加 熱 後	加 熱 前	加 熱 後	
A-1	カリフォルニア	0.43	0.37	86	54	55	64	64	43.9	48.9	48.5	5.0	4.6	-1.6	-1.3	>100	>100	
A-2		0.46	0.39	86	53	55	62	64	43.9	49.5	48.6	5.6	4.7	-1.6	-1.2	>100	>100	
A-3		0.48	0.40	86	54	55	64	64	43.9	49.1	48.7	5.7	4.8	-1.6	-1.3	>100	>100	
A-4		0.46	0.40	86	54	56	64	65	43.9	49.3	48.9	5.4	5.0	-1.6	-1.2	>100	>100	
B-1	中東セブロン	0.25	0.18	62	41	43	66	69	52.5	59.3	58.5	6.8	6.0	-0.1	0.4	0.4	5.9	6.2
B-2		0.25	0.20	62	41	42	66	68	52.5	60.0	58.2	7.5	5.7	-0.1	0.6	0.2	6.0	6.2
B-3		0.24	0.20	62	42	43	68	69	52.5	59.5	57.0	7.0	4.5	-0.1	0.5	0.1	6.0	6.0
B-4		0.23	0.20	62	40	43	65	69	52.5	59.5	57.0	7.0	4.5	-0.1	0.4	0.1	6.0	6.0
C-1	国産 A	0.41	0.38	69	41	42	59	61	49.5	57.2	55.7	7.7	6.2	-0.5	0	-0.3	>100	7.5
C-2		0.41	0.39	69	40	41	58	59	49.5	58.1	55.7	8.6	6.2	-0.5	0.1	-0.3	>100	8.0
C-3		0.42	0.39	69	40	41	58	59	49.5	57.8	56.3	8.3	6.8	-0.5	0.1	-0.2	>100	8.0
C-4		0.41	0.39	69	41	41	59	59	49.5	58.1	56.6	8.6	7.1	-0.5	0	-0.2	>100	8.0
D-1	国産 B	+0.07	+0.07	67	44	47	66	70	48.0	51.4	51.1	3.4	3.1	-1.0	-1.1	-1.1	13.0	18.0
D-2		+0.07	+0.08	67	43	48	64	72	48.0	51.9	51.0	3.9	3.0	-1.0	-1.1	-1.0	13.0	18.5
D-3		+0.07	+0.09	67	44	47	66	70	48.0	51.9	51.8	3.9	3.8	-1.0	-1.0	-1.0	13.5	19.0
D-4		+0.08	+0.08	67	44	48	66	72	48.0	51.4	51.2	3.4	3.2	-1.0	-1.1	-1.0	13.5	18.0

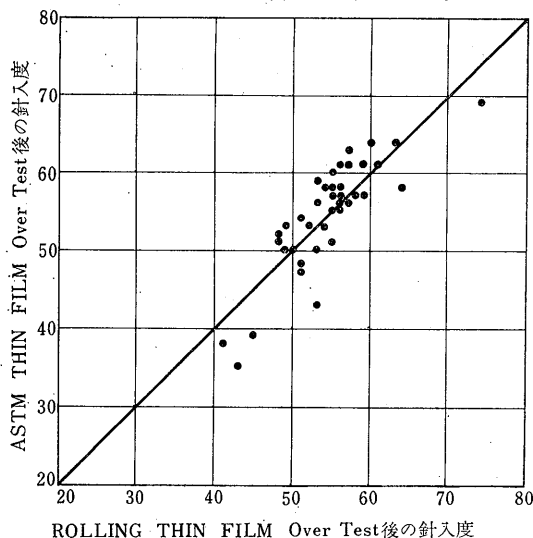
大いに短縮できることである。この試験においては35gのアスファルト試料を径64%,高さ140%の円筒状ガラス容器に入れ、163°Cの炉中で垂直面で毎分15回の速度で回転している試料架台にその容器を嵌め込み、1回転毎に毎分4 lの炉内と同じ温度の新しい空気を吹き出すノズル面を容器が通過するようにし、75分間試験を行なう。この試験は我国ではまだ実用化されていないが、筆者が試作し試験を行なったところでは、かなり実験精度が良く、再現性に富む結果を得た。まだ本格的な試験は行なっていないが、有望な試験法であると考えられる。ただし試験後の試料について針入度、軟化点等の試験を行なう場合、容器からの試料の取り出しに難点があり、この点を工夫する必要がある。Rolling Thin Film Oven Testは ASTM 薄膜蒸発試験に良く一致する結果を与える。図-3はアメリカのCalifornia州道路局で実施されたASTM薄膜蒸発試験と同州で開発したRolling Thin Film Oven Testとの比較結果を示すものであるが、両者にはかなり良い関係が認められる。ASTM法で残留針入度が低い試料については関係がずれているところもあるが、この試料はASTM法で蒸発減量が特に大きいものである。

3. アスファルトの加熱混合による老化と薄膜蒸発試験との関係

薄膜蒸発試験はアスファルトを3%程度の薄膜にして163°Cの高温の空気浴中に長時間放置する試験法であるため、試験条件がアスファルトがミキサー中で高温の骨材と混合され、老化していく条件と類似している。ただし実際の合材製造過程ではアスファルトは180~200°C程度の骨材の表面に数から数十ミクロン程度の薄い層として広がるのに対し、薄膜蒸発試験では3%程度の厚さを持っている点異なる。しかし163°Cで5時間の薄膜蒸発試験を行なった結果は、実際のプラントで通常の混合条件下で起るアスファルトの老化現象を推定する目安となり得る。

図-4は加熱混合時におけるアスファルトの老化の実態をとらえるため、温度管理の比較的行き届いたアスファルトプラントで密粒度および粗粒度の合材を練った時の調査結果である。Aの密粒度アスコンでは合材温度平均160.3°C、標準偏差7.0°C、Bの粗粒度アスコンでは合材温度平均155.8°C、標準偏差9.4°Cである。図-4から見ると密粒度アスコンでは合材から回収されたアスファルトの針入度、軟化点ともにかなり広くバラツキしており、ASTM 薄膜蒸発試験の値は老化がかなり進行した状態を示している。また合材中のアスファルト量が多いものが老化が進行しにくいように考えられるが、調査結果が

図-3 ASTM薄膜蒸発試験とRolling Thin Film Oven Testとの比較（針入度85/100）J. Skogによる



らえば必ずしもそうではなく、むしろアスファルト量が多いものの方が老化が進行している。そして老化は、だいたい原アスファルトと同一のPIの線上に沿い、少しPIが上昇する方向に起っていると考えられる。粗粒度アスコンについては回収アスファルトの針入度、軟化点ともに、密粒度アスコンの場合と違って非常に狭い分布をなし、薄膜蒸発試験の値付近に集中している。したがってこの粗粒度アスコンの調査結果からいえば、薄膜蒸発試験はおおむね加熱混合による老化と同程度の老化をアスファルトにもたらしていることになる。図-5は各種のアスファルトを使用し、アスファルトプラントで合材を練り、アブソン法で抽出したアスファルトの残留針入度と、ASTM法による薄膜蒸発試験の残留針入度とを比較したものである。

図-5においてプラント練り合材より抽出したアスファルトの残留針入度は、ASTM薄膜蒸発試験の残留針入度と大体一致するか、少し安全側の値となっている。したがってASTM薄膜蒸発試験の残留針入度は、プラント合材中のアスファルトの残留針入度とほぼ同じか、少し下回る値を示すことになり、通常温度管理状態で練った合材でのアスファルト老化は精々薄膜蒸発試験の値まで進行し、過熱でもない限り、この値を越えて老化することはないと考えられる。以上のことからプラント合材のアスファルトの老化度の目安として、ASTM薄膜蒸発試験は充分信頼が置けるものと考えられる。

4. 国産舗装用アスファルトの薄膜蒸発試験結果

筆者は昭和41年度に各都道府県で舗装用に使用したア

図-4 アスファルトプラントにおけるアスファルトの老化の調査結果（ASTM薄膜蒸発試験との比較）

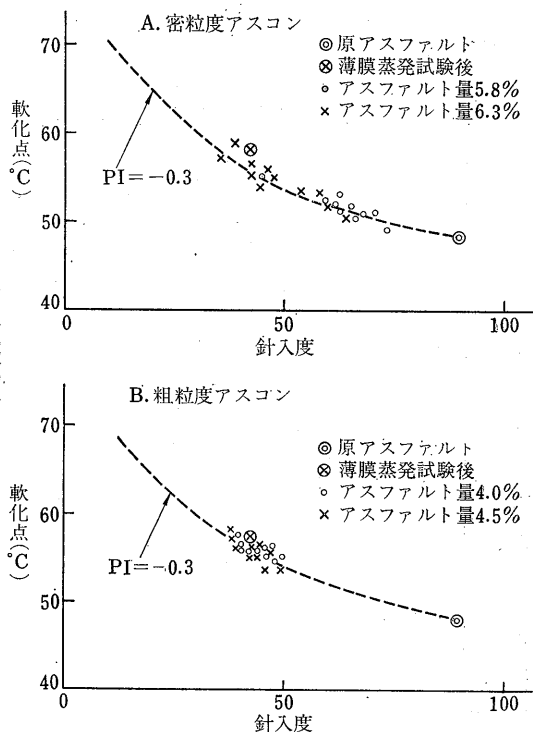
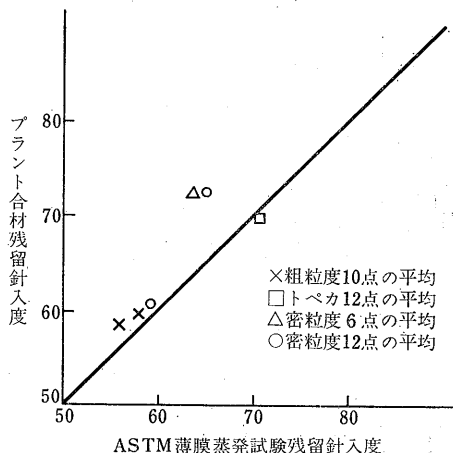


図-5 プラント混合による老化とASTM薄膜蒸発試験との関係



スファルトを蒐集し、そのASTM薄膜蒸発試験を実施した。針入度80~100のアスファルトについての試験結果を図-6に示す。このように全体としてかなりのバラツキが見受けられるが、だいたい残留針入度は60~70%の間に密集し、減量は0~+0.1%間と-0.2~-0.3%間とに多く密集している。減量1.0%以上の試料も13個数えられ、甚だしいものは2%にも達するものがある。残

表-3 薄膜蒸発試験による重量減, メーカー別, 針入度別の比較

薄膜蒸発試験後 の重量減 %	A 社		B 社		C 社		D 社		E 社		F 社		G 社		H 社	
	81~ 100	100 以上	81~ 100	100 以上	81~ 100	100 以上	81~ 100	100 以上	81~ 100	100 以上	81~ 100	100 以上	81~ 100	100 以上	81~ 100	100 以上
+0.1 ~ -0	4		5	1			10	4	1		11	1	2			
0 ~ -0.1			6	3	2		6	1	1		6	3	2		2	
-0.1 ~ -0.2	1		2		1		3	1	3		1		2	2	3	
-0.2 ~ -0.3	8	2	3	3	1		1		18	3	5		1	1	2	
-0.3 ~ -0.4	1		1	1			2		3	1	1		2			2
-0.4 ~ -0.5	2	1			3		4					1			2	
-0.5 ~ -0.6	3				1		1	2							4	
-0.6 ~ -0.7		1		1												
-0.7 ~ -0.8		1			2	4		1	2							
-0.8 ~ -0.9					1	1										
-0.9 ~ -1.0																
-1.0 ~ -1.1	1															
-1.1 ~ -1.2										1						
-1.2 ~ -1.3		1														
-1.3 ~ -1.4					2											
-1.4 ~ -1.5																
計	20	6	17	9	13	5	27	10	29	5	24	5	9	4	13	1

表-4 薄膜蒸発試験による残留針入度, メーカー別, 針入度別の比較

薄膜蒸発試験後 の重量減 %	A 社		B 社		C 社		D 社		E 社		F 社		G 社		H 社	
	81~ 100	100 以上	81~ 100	100 以上	81~ 100	100 以上	81~ 100	100 以上	81~ 100	100 以上	81~ 100	100 以上	81~ 100	100 以上	81~ 100	100 以上
80%以上																
75.0 ~ 79.9	1		1		1		4				10				1	
70.0 ~ 74.9	1		4				2		3						1	
65.0 ~ 69.9	5		7	2			6		9		7	2	2		5	
60.0 ~ 64.9	9	2	4	4	2		5	3	8	2	4	2	3	3	1	1
55.0 ~ 59.9	2	1	1	2	2	1	6	2	5	2	3	1	3		4	
50.0 ~ 54.9	2	2		1	3	3	4	3	3				1	1	1	
45.0 ~ 49.9		1			4			1	1	1						
40.0 ~ 44.9					1	1		1								
39.9%以下																
計	20	6	17	9	13	5	27	10	29	5	24	5	9	4	13	1

表-5 AASHO M-20 薄膜蒸発試験の規格

針入度級	40/50	60/70	85/100	120/150	200/300
減量 (%)	≤0.8	≤0.8	≤1.0	≤1.3	≤1.5
残留針入度	≥55	≥52	≥47	≥42	≥37
伸度 25°C (cm)		≥50	≥75	≥100	≥100

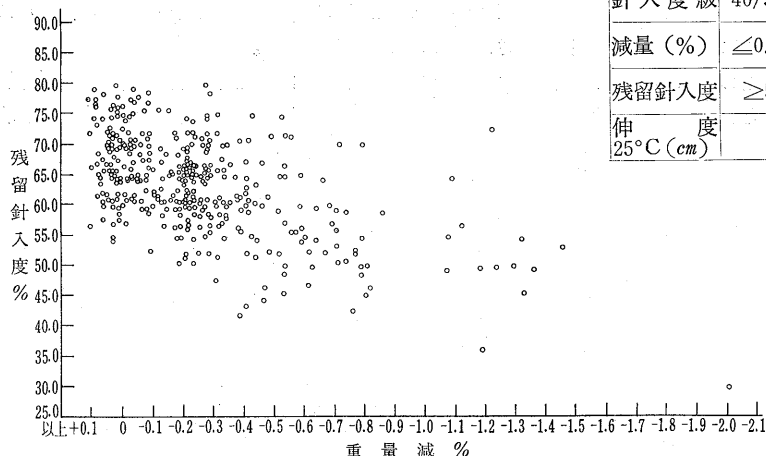


図-6 ASTM Thin Film Oven Test 重量減と残留針入度との関係グラフ

留針入度が50%以下のものも20数個数えられ、甚だしいものとしては30以下のものもある。こういうアスファルトは舗装用としては当然不合格にすべきであろう。舗装用アスファルトとして考える場合、減量1.0%、残留針入度50%というところが、この図-6から見て一つの判定基準になるものと考えられる。表-3は試験結果のうちメーカーが判明した分について、メーカー別および針入度別に重量減を分類した表である。メーカー別に分類すれば試料数が少なくなるので、全体の傾向をつかみ難くなるが、それでも表-3ではメーカーによって特徴があることを示している。表-4は同じくメーカー別に残留針入度を分類した表である。表-4では表-3ほどメーカー別の特徴は現われていないが、同一針入度級のものについても残留針入度が大きなバラツキを示していることが明らかである。このように現在我国で使用されている舗装用アスファルトの加熱老化性に関する品質は非常にバラツキが多く、これは加熱混合方式で使用する場合は、製品である合材の品質に大きな影響を及ぼすものであるから極力バラツキをなくし、一定の品質のアスファルトを供給するような方向に向うべきであると考ええる。

5. 薄膜蒸発試験によるアスファルトの規格

現在薄膜蒸発試験によるアスファルトの規格としてはDIN, ASTM, AASHOがある。このうちDINは試験方法がASTMおよびAASHOと前述したように異なるので、規格値をそのまま比較することはできないが、ゆるやかに過ぎるのではないかと考えられる。AASHOは日本でいえば日本道路協会規格に相当するので、舗装用アスファルトとして規格を定める際には大いに参考になるものと考えられる。表-5にAASHO M-20の薄膜蒸発試験規格を挙げるが、AASHOの薄膜蒸発試験はASTMのそれと同一であるので、図-6に示した国産舗装用アスファルトの試験結果と直接比較してみると、この規格はかなり妥当な線を行っていると考えられる。我国

の80~100アスファルトがAASHOの85/100アスファルトに該当するものとして図-6にこの規格を適用すれば、減量1%以上で不合格になるものが全試料数の約3%、残留針入度47%以下でなるもの約3%で、うち両者とも不合格になるものが約1%である。したがって全試料数の約5%がAASHOの規格を適用すれば不合格になる訳である。AASHOの規格をそのまま我国に適用するには、アメリカと日本とのアスファルト舗装工法の違い、気象条件、交通条件、道路維持条件等の相異などもあつて問題もあると思うが、だいたいAASHOの規格を骨子にして、日本における特殊条件を加味する程度でいいのではないかと考える。

6. あとがき

以上舗装用アスファルトの薄膜蒸発試験について述べて来たが、薄膜蒸発試験はアスファルトの加熱耐久性について判定する信頼性のある試験法であるから、是非我国の舗装用アスファルトの標準試験法および品質規格として採用すべきであると考ええる。AASHOによる薄膜蒸発試験は我国でもかなりの試験研究機関が現に実施しているので、普及にはさほど障害はないものと思われる。DIN法は我国では馴染みが薄く現在までの調査結果からでもASTM法の方が実情にマッチしていると考えられる。Rolling Thin Film Oven TestはASTM法の欠点を改良した更に有効な試験法と考えられるが、試験方法が煩雑で、一般に普及はしにくいと思われる。したがって我国としてはASTM法、すなわちAASHOでいえば、T179の薄膜蒸発試験を舗装用アスファルトの通常規格試験として採用し、品質規格はAASHO M20などを骨子とし、我国の実情を勘案して定め、我国で 사용되는舗装用アスファルトの品質の向上に向かっていきたいと考える次第である。

〔筆者；大成道路(株)技術部開発課長
前建設省土木研究所化学研究室長〕

季節によるたわみ性舗装の強度変化

間 山 正 一

1. まえがき

地球上を南北に走っているわが国の気候は場所によって千差万別である。温度および車の走向速度によって種々のレスポンス (response) を示すアスファルト舗装は、当然この四季の変化によって、路床・路盤・表層の各々および一体となった舗装体が、いわゆる粘弾性挙動を示し特に表層においては、それが著しい。

本レポートは、N. C. H. R. P. (National Cooperative Highway Research Program) のレポート76を中心に、アスファルト舗装の荷重を支える能力が四季によって、どのように変化するか追求をしようとするものであり、また最近アメリカが使われているダイナフレクト (Dynaflect) を紹介し、わが国の舗装の維持管理の参考にしようとするものである。

2. 四季による舗装の支持力

気候の変化によって舗装体の載荷能力が変化するが、これは凍上、温度、湿度および他の諸々の条件のためである。例えば寒地では融雪期に舗装体が著しく破損することは特に知られている。これは水の浸入、温度応力、脆化などによるものであり、この時期には載荷重の制限が必要とされる。つまり長期にわたって舗装を維持するために、荷重制限を行なわなければならないが、その時期・場所・荷重の大きさを決定することが重要な課題となる。一般に舗装の載荷能力を調べるのに、平板載荷試験 (plate bearing test)、ベンケルマンビームたわみ試験 (benkelman beam deflection test) および約9,000 (lb) の荷重による舗装表面のわん曲を測定するカーバチャー (curvature) 試験がある。

これらは測定の際に重い載荷重を必要とするので舗装体が弱体化している時には載荷が困難であり、連続したデータを求めることは無理である。また舗装の強度変化に対する感度、つまり強度の追跡能力は信頼性に乏しいことがある。現在アメリカで使われているダイナフレクトは、これらの欠点をカバーする機種で、舗装のたわみをきわめて正確・簡便に調査できる。

3. ダイナフレクト

ダイナフレクトは、図-1に示すように2つの車輪を

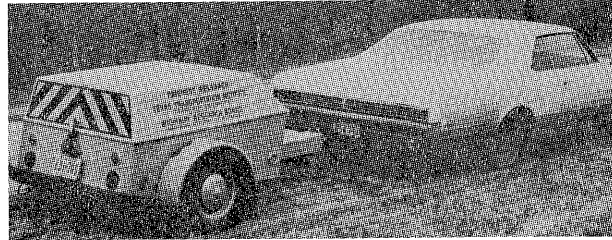


図-1 ダイナフレクトの概要

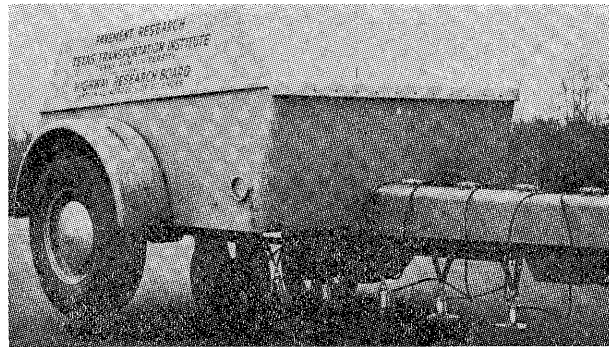


図-2 ダイナフレクト

もったトレーラーにつけられる。ニューマチックタイヤの車輪で普通速度で走向でき、試験区間に入ると一對の鉄輪荷重が舗装にかけられ、ニューマチックタイヤの走向車輪が舗装からはずされる。毎秒8回転の振動荷重が舗装にかけられる。測定点でダイナフレクトは止められ、5対のモーションセンサ (motion sensor) がおろされて、これによって舗装表面の垂直方向のたわみ (ミル—Milの単位で) 自動的に読みとられる。舗装上におかれるダイナフレクトの輪荷重およびセンサの位置を図-3に示す。鉄輪荷重載荷時の輪装表面のたわみの一般図を図-4に示す。ここで線分ABは図-3の線分ABと同一のものである。センサNo. 1の読みを w_1 、No. 2の読みを w_2 とすると“deflection”は w_1 であり、“Surface Curvature Index (S. C. I.)”とは $w_1 - w_2$ の読みのことである。いま図-4について数学的に解析してみると、Cにおけるカーバチャー (curvature) は、 d^2w/dx^2 で示される。xは線分ABに平行に、wは線分ACに平行に測定される。変形曲線は線分ABについて対称と考

図-3 センサーと車輪の位置

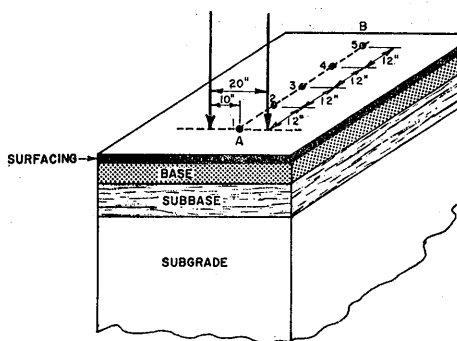
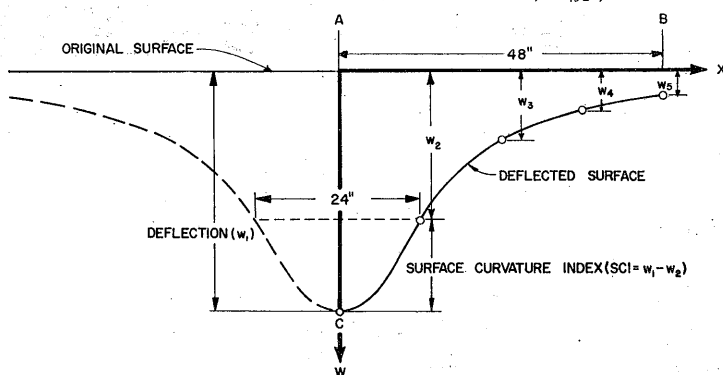


図-4 ダイナフレクトセンサーによるたわみの読み



えられるので、近似的に次式が成り立つ。

$$\frac{d^2w}{dx^2} = \frac{2 (w_1 - w_2)}{1,000a^2}$$

ここで、1,000 はミルをインチに換算したものであり、a はセンサ No. 1 と No. 2 との距離である。

$$S.C.I. = w_1 - w_2$$

であるから上式は次のように書ける。

$$\frac{d^2w}{dx^2} = \frac{\text{S.C.I.}}{500a^2}$$

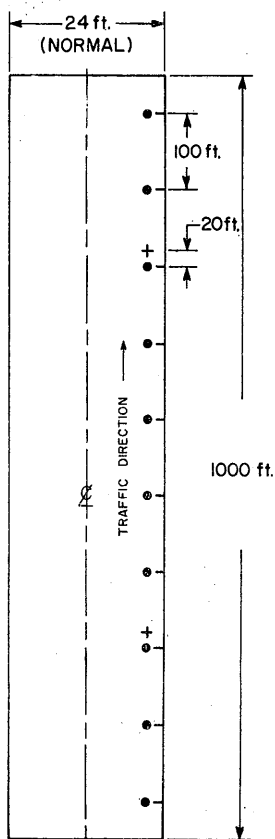
d^2w/dx^2 の物理的意味は近似的に点 C の曲率半径の逆数を意味していることになる。S. C. I. は、ダイナフレクトによる最大表面変形の絶対値を意味しているのではなく、それに比例した値を相対的に意味することになる。つまりトラックのデュアルタイヤによる舗装変形の最大値に比例した値を示すことになる。

図-5に舗装試験断面の代表的な例を示す。なお変形は10個のセンサで測定され、舗装温度はサーモカップル (thermocouples) で測定される。

4. 測定結果

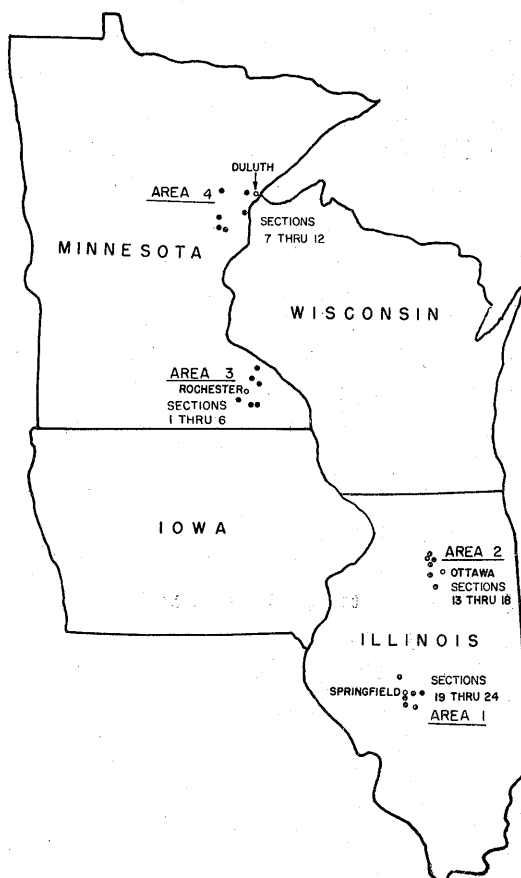
図-6に今回のプロジェクトの測定地域を示す。この中でSECTION 1 (AREA 3)におけるデフレクショ

図-5 センサーとサーモカップルの配置(左図)



- LOCATION OF TEST POINTS
- + LOCATION OF THERMOCOUPLE

圖-6 調 査



ンと S.C.I. の関係を月別に示すと図-7 のようになる。この関係を傾向によって区分すると、次の A・B・C・D の 4 シーズンに分けられる。(図-7 参照)

A : ディープフロスト (deep frost) の期間
B : 急速に強度が減少する期間

C: 急速な強度回復の期間

D: ゆっくりとした強度回復の期間

この図をみると、舗装にとってクリティカルな時期が一目瞭然である。例えば、期間Bには、かなりの荷重制限が必要である。

次に図-8にダイナフレクト・デフレクションとベンケルマンビーム・デフレクションの関係、図-9にカーバチャー・メータの読みとダイナフレクトによる S.C.I. との関係を示す。また図-10は、ダイナフレクト・デフレクションの逆数と板の載荷重との関係、図-11は、ベンケルマンビーム・デフレクションの逆数と板の載荷重との関係を示す。

図-12はクリティカルな時期における S.C.I. と最大安全荷重との関係を示した図である。ここで、“normal” S.C.I. は 8, 9, 10月における S.C.I. の平均値である。この図は Ls (最大安全荷重) を推定するのにきわめて有意義である。

5. 結論

以上の結果について考察を行ない、その要点を次に掲げる。

(1) たわみ性舗装の季節による載荷能力を調べるのに平板載荷試験、カーバチャー・メータ試験、ベンケルマンビームたわみ試験、ダイナフレクトたわみ試験が適当である。中でもダイナフレクトは最適である。以下の結論はダイナフレクト試験の結果に基づいている。

(2) ディープフロストによるたわみ性舗装の強度変化は、かなりはっきりした4ピリオドに分けられる。ピリオドAは晩秋あるいは冬にディープフロストがあらわれる期間である。ピリオドBは春になって融雪期がおとずれ、デフレクション v. s. 時間曲線が急上昇する期間である。ピリオドCはデフレクション

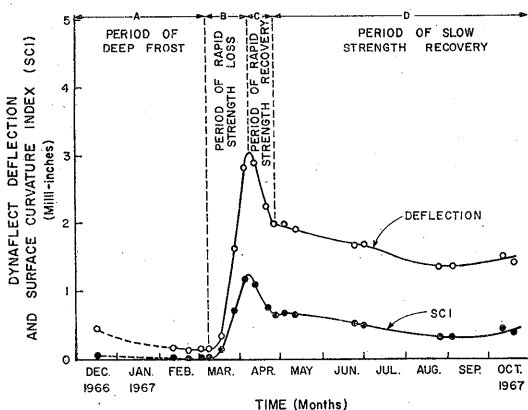


図-7 ダイナフレクト・デフレクションの季節による変化

図-8 ダイナフレクト・デフレクションとベンケルマンビーム・デフレクションとの関係

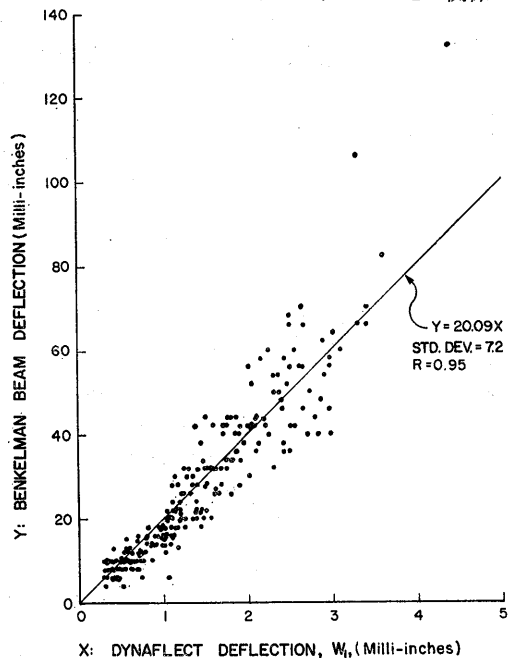
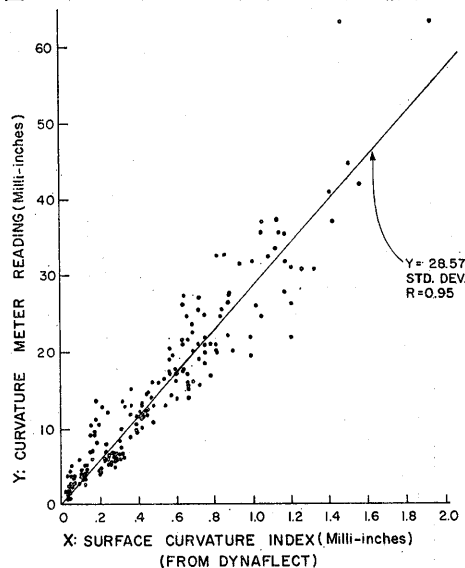


図-9 S.C.I. とカーバチャーメータの読みとの関係



v. s. 時間曲線のピークがあらわれる期間である。ピリオドDは、デフレクション v. s. 時間曲線が春のピーク時までで下降する時期である。ピリオドBとCの間は、舗装にとってクリティカルな時期であるので荷重制限が望ましい。

(3) IllinoisとMinnesotaの両州について行なわれたダイナフレクト・デフレクション試験および実際の挙動から、荷重制限については次のことが言える。

図-10 載荷重とダイナフレクトデフレクションの関係

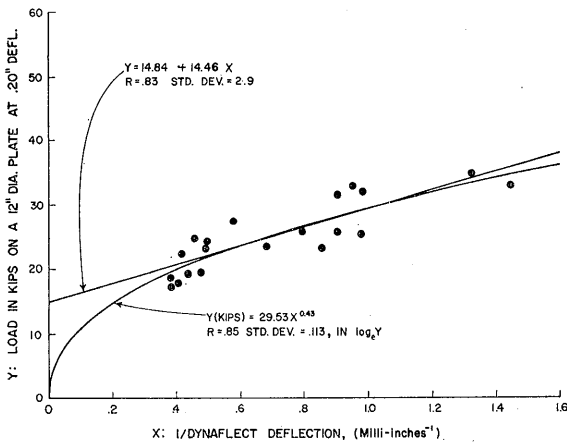


図-11 載荷重とベンケルマンビームデフレクションとの関係

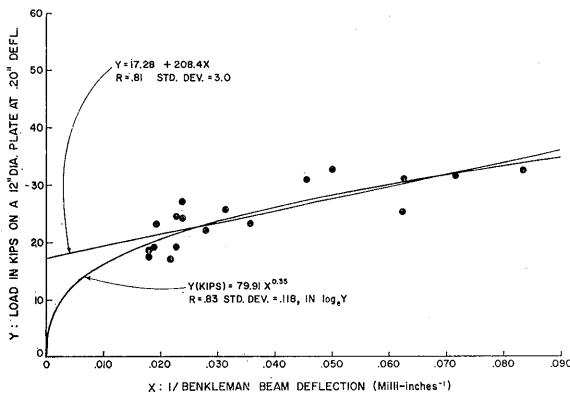
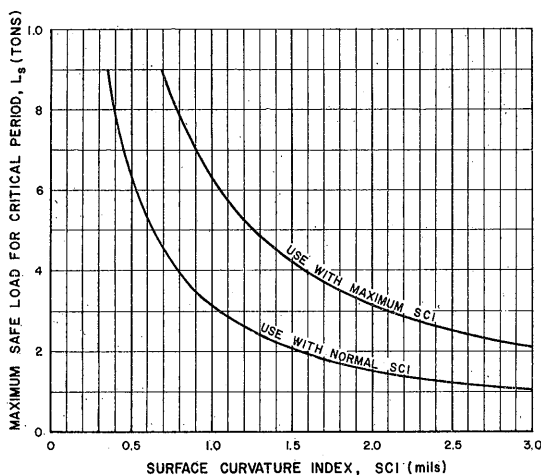


図-12 S.C.I.と最大安全荷重との関係



- a. 約200を越える平均凍結指数のあらわれた地域では、ダイナフレクトの測定によるS.C.I.が0.35以上の場合、クリティカルピリオドでは荷重制限がされなければならない。もちろん凍上防止材料で道路が建設されていて、凍上指数が200以下の場合には荷重制限は必要ない。
 - b. 荷重規制は遅くともピリオドBの初めにされなければならないし、ピリオドDの初めに緩和されなければならない。これらの時期はダイナフレクトを使って、連続的にデフレクションを測定して決める。
 - c. ピリオドBに入ってから荷重制限をするのは、その時より急速な強度低下があるので、適当ではない。
 - d. ピリオドDが始まって時間がたっても、荷重制限をしたまましておくのは不経済である。この時期には強度がゆっくりと回復しているので荷重制限は必要ない。
 - e. クリティカルな期間中に舗装に許される最大安全荷重を決定するのに、工学的判断も含めて図-10を使うことが推奨される。
- (4) ダイナフレクト・デフレクションは、かなりの精度をもってベンケルマンビーム、カーバチャー・メータ、平板載荷試験の結果を推定するのに使える。したがって、たわみ性舗装の載荷能力の季節変化を知りたい所では、それらの試験機に変わって一台で測定できる。

あとがき

以上きわめて概略的にダイナフレクトおよび舗装強度の季節変化について述べた。これは手軽にしかも正確に舗装強度を測定できるので、わが国においても今後広く使われることが予想される。その時に何らかの御参考にしていただければ幸いである。なお本レポートに不十分な点が多々あると思いますので、先輩諸氏の御指摘をお願い致します。

〔筆者；セントラルコンサルタント(株)土木事業部〕

別冊「アスファルト」をおわけしております

内容は下記の通りです。御註文の号数、部数、受取人の住所（郵便番号）氏名を明記の上、幣会まで御申込み下さい。なお「アスファルト」誌も若干在庫がありますので、御申込み下さい。（但し、在庫ゼロの号もありますので、その際は御了承下さい）

☆領価 各号干とも 100円（郵便切手にても可）

☆申込先 日本アスファルト協会 別冊係

103 東京都中央区日本橋茅場町2-16 木村ビル

☆ハガキ（あと払い）のお申込みは御遠慮下さい。

号 数	内 容	著 者
別冊 No.4 昭和37年6月発行 (第2回アスファルト ゼミナール)	アスファルトの製造について アスファルト混合物の設計と管理について アスファルト舗装の施工について 最近の新しいアスファルトについて アスファルト舗装の維持修繕工事	栗原行信 松野三朗 湊留二 井上静三 安部清孝
別冊 No.5 昭和37年12月発行 (第3回アスファルト ゼミナール)	滑り止め工法の考え方 カチオン系乳剤について アスファルト舗装の打換え	物部幸保 増田久仁男 藤原武
別冊 No.6 昭和38年11月発行 (第8回アスファルト ゼミナール)	名神高速道路のアスファルト舗装について 積雪地におけるアスファルト舗装 アスファルト乳剤工法について 河川堤防のアスファルト工法 港湾構造物へのアスファルト利用	田中淳七郎 若木三夫 藤崎桃三郎 佐藤正八 加川道男
別冊 No.9 昭和40年6月発行 (第14回アスファルト ゼミナール)	アスファルト舗装の品質管理と検査 アスファルトの簡易舗装について アスファルトの安定処理 九州地方の国道（舗装状況）について 国道10号線のアスファルト舗装について	竹下春見 大島哲男 南雲貞夫 江口祐一 藤沢恒夫
別冊 No.10 昭和41年4月発行 (第15回アスファルト ゼミナール)	アスファルト舗装要綱の問題点 アスファルト混合物の品質管理と検査 アスファルト安定処理 寒冷地のアスファルト舗装について	竹下春見 藤井治芳 南雲貞夫 菅原照雄
別冊 No.11 昭和42年9月発行 (第16回アスファルト ゼミナール)	アスファルト舗装の各種設計方法について アスファルト混合物の施工について 最近のアスファルト舗装の2,3の問題点 東名高速道路の舗装について	菅原照雄 松野三朗 岸文雄 石田季九夫
別冊 No.12 昭和43年12月発行 (第17回アスファルト ゼミナール)	最近の各国のアスファルト舗装設計について アスファルト舗装の検査と品質管理 アスファルト乳剤安定処理実績調査 東名高速道路の安定処理工法 簡易舗装の現状	植下協 松野三朗 岩瀬正 近藤正 高見博
別冊 No.13 昭和44年11月発行 (第18回アスファルト ゼミナール)	中国地建管内のアスファルト舗装について 最近の舗装用材料について アスファルト舗装施工上の問題点 岡山県の乳剤安定処理工法 簡易舗装について	和気功 昆布谷竹郎 工藤忠夫 坂手康人 南雲貞夫

アスファルト混合物の特性と試験法の意味

<連載第7回>

太田 記 夫

1. まえがき

日本におけるアスファルトの需要が年間 300 万屯を突破した今日、今更ながらアスファルトコンクリートについて述べることはどうかと思われるが、しかし実情を掘下げてみると、アスファルトコンクリートの本質を理解せず、ただ慢然と今までの習慣に従って発注し施工しているのが現実のようである。このような状態では進歩は期待出来ないし、更に新しい構造物への応用、新しい試験法の開発は不可能である。そこで今回は、骨材—アスファルト系のいろいろな要素がアスファルトコンクリートの特性にどのような影響を与えるか、更にこれらの影響を調べるための試験法の一部について述べたいと思う。

2. アスファルトコンクリートの組成とその主な機能的性質

舗装用に使用されているアスファルト混合物の組成は骨材、フィラーおよびアスファルトから構成されている。一例として、その代表的な混合物の組成は、

	アスファルト コンクリート (重量比)	サンドアス ファルト (重量比)
砕 石 (10—20%)	32	—
砕 石 (25—10%)	18	—
荒目砂	28	60
細目砂	14	29
フィラー	8	11
	100	100

アスファルト 7.5 (容積約16%) 9 (容積約18%)

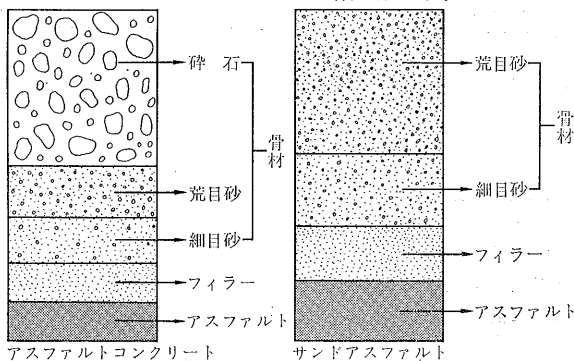
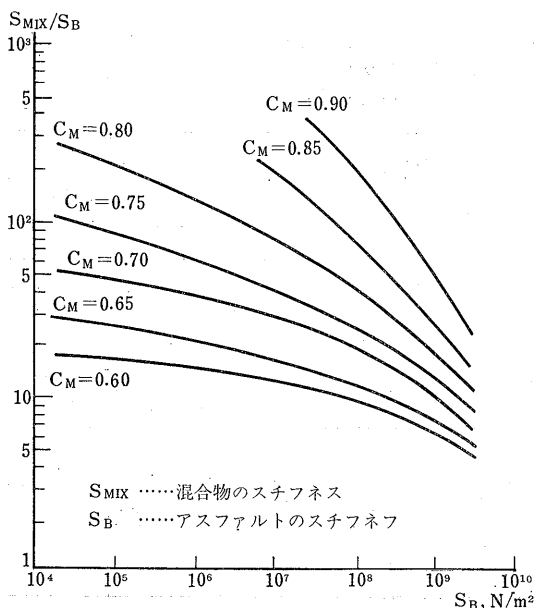


図-1 アスファルト混合物の組成

図-2 いろいろな鉱物の容積率 (C_M) における S_{MIX}/S_B と S_B の関係

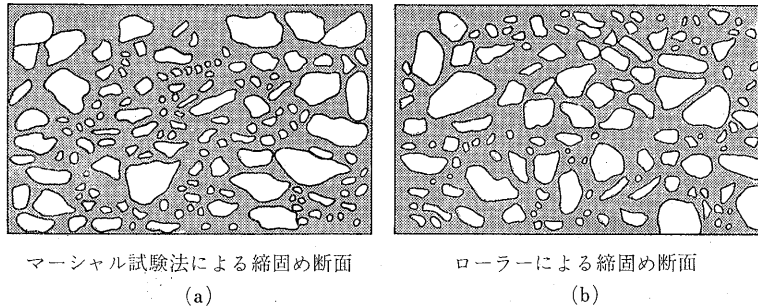


であり、これを図解すれば図-1 の通りである。

アスファルト混合物と粘結材としてのアスファルトの機械的な性質は、同じような原則に従うもので、フィラーおよび骨材の影響は混合物の性質を、その混合物に使用したアスファルトの性質と関係づけるある係数で表わすことが出来る。この関係で最も重要な要素は骨材の容積率と粒形およびアスファルトのスチフネスである。スチフネスによってこの関係を図2のように示すことが出来る。

この図は S_{MIX}/S_B (混合物のスチフネス/アスファルトのスチフネス) とアスファルトのスチフネスとの関係

図-4 締固め法による骨材の配列の差異



をいろいろな鉱物成分容積率 (C_M) において表わしている。またアスファルトと同じようにアスファルト混合物は繰返し荷重により疲労を示す。

図-3は混合物のスチフネスと許容最大歪みが繰返し荷重によりどのように変化するかを示したものである。

3. 供試体の作成と締固め

アスファルト混合物は、その組成と締固めに応じていろいろな機械的性質を持っている。それ故に混合物の組成に関する試験は、同一締固めの条件下で行なわなければならない。その他に締固めはアスファルト混合物の Workability を示す一面があるので、どのような締固め法を用いるか、特に研究を要するものである。そこで締固め法の特性について説明を加えたい。

a. 打撃によるマーシャル締固め

ASTMで規定されたマーシャル試験法によれば、アスファルト混合物は打撃により型枠の中に圧入されるものである。シエル石油ではこの方法は他の研究室のデータと比較する場合か、あるいは打撃数と締固め度の増加を測定する時に使用されている。その理由は、打撃によって作成された供試体は、実際に舗設された混合物を代表しているとは考えられないからである。即ち図-4はマーシャル法による締固めとローラによる締固め試料の断面を示すものであるが、図からも明らかなごとく、マーシャル法の場合、粗骨材が型枠の周辺に集まっているが、ローラによる場合はほぼ均一に粗骨材が散在している。このような部分的な粗骨材の集中、あるいは混合物の分離が試験室のデータと実際の施工データの差違の原因となるのである。

b. ローリングによる締固め

この方法で締固められたものは図-4でも明らかなごとく現実の状態に近いことが確認されている。標準試験の場合は、実際の密度と同じまで転圧され、もしマーシャル密度が規準となる場合はその密度まで転圧される。

標準マーシャル供試験体からの結果と転圧（または切取）供試体の性質との関係は、同一な研究の対象とならない。

転圧供試体は熱媒体油で加熱された250-kgのミキサーを使い、90×110×10cmの型枠の中に敷均らし、ハンドローラーにより転圧されて作製される。もしハンドローラーの転圧効果即ち、

$$\frac{\text{重量} \times \text{転圧回数}}{\text{長さ} \times \text{直径}} \dots\dots (\text{転圧効果})$$

が実際の施工と同じにされるならば、ほとんど同

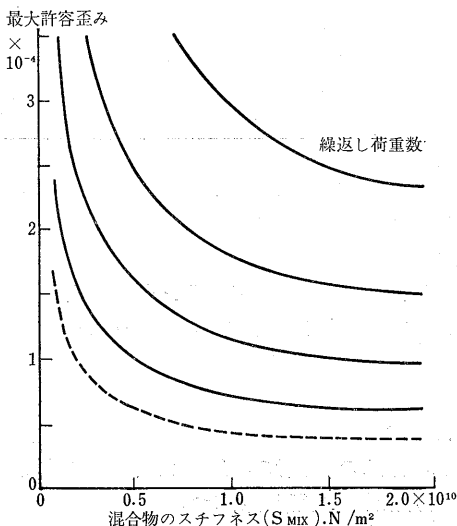


図-3

じの締固め密度が得られる。また転圧されたスラブからいろいろな試験のための供試体を得ることが出来る特色を持っている。

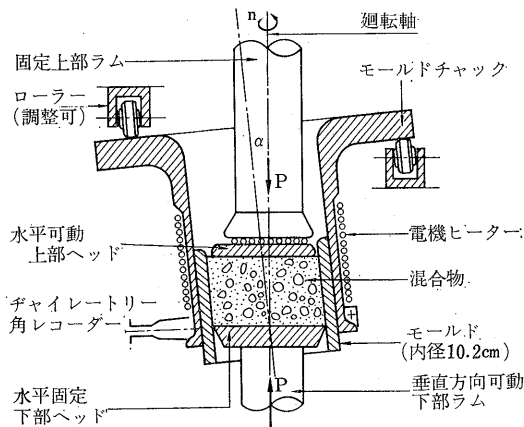
c. チャイレートリーな締固め

チャイレートリーコンパクターは、締固めの研究に使用されるものである。この締固め機では、混合物はローラーの下で起るようなニーディング (Kneading) 作用で締固められる。即ち垂直圧縮と水平せん断の組合された作用を受けて締固められる。この機構は図-5の通りで混合物は円筒型のモールド (マーシャル試験のモールドと同じ) と二つの加圧ヘッドで囲まれている。この二つの加圧ヘッドを通して混合物はいろいろな温度において加圧され、同時に円筒モールドが或る角度歳差する。この締固め法の結果は混合物の密度によって表わし、いろいろな締固めの差を比較するためにマーシャル試験に供することが出来る。

(次号掲載予定 4 アスファルト混合物の試験)

〔筆者 シエル石油(株) 土木建設部〕

図-5 チャイレートリー・コンパクター



誰にもわかるアスファルト講座

原稿募集

読者の皆様よりの御寄稿をお待ちしております。

☆アスファルトによる工事レポート

——道路, 土木, 水利関係, その他——

☆アスファルトに関する研究

☆アスファルトに関する海外の技術レポートの翻訳

☆質疑応答欄への質問

☆その他

御寄稿に対しては原稿料を差し上げております。

本誌用原稿用紙がありますので、御寄稿前にお知らせ下さい。

☆送り先☆

103 東京都中央区日本橋茅場町2-16 木村ビル

日本アスファルト協会 TEL 03-668-2974

おことわり

下記の連載ものは筆者の都合により本号のみ休載

藤井治芳 橋面舗装について

笠原 靖 アスファルトの組成について

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

全国に御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

☆メーカー☆

大協石油株式会社✓	104	東京都中央区京橋 1 の 1	(562) 2 2 1 1
丸善石油株式会社✓	100	東京都千代田区大手町 1 の 5 の 3	(213) 6 1 1 1
三菱石油株式会社✓	105	東京都港区芝罘平町 1	(501) 3 3 1 1
日本石油株式会社✓	105	東京都港区西新橋 1 の 3 の 12	(502) 1 1 1 1
シエル石油株式会社✓	100	東京都千代田区霞が関 3 の 2 の 5	(580) 0 1 1 1
昭和石油株式会社✓	100	東京都千代田区丸の内 2 の 3	(231) 0 3 1 1
富士興産アスファルト(株)	100	東京都千代田区永田町 2 の 4 の 3	(580) 0 7 2 1
出光興産株式会社✓	100	東京都千代田区丸の内 3 の 1 の 1	(213) 3 1 1 1
共同石油株式会社✓	100	東京都千代田区永田町 2 の 11 の 2	(580) 3 7 1 1
三共油化工業株式会社	272-01	市川市新井 41	(57) 3 1 6 1
三和石油工業株式会社	101	東京都千代田区岩本町 1 の 2 の 1	(862) 9 0 3 1
東亜燃料工業株式会社✓	100	東京都千代田区一ツ橋 1 の 1 の 1	(213) 2 2 1 1

☆ディーラー☆

● 関 東

朝日瀝青株式会社 1	103	東京都中央区日本橋小網町 2 の 2	(669) 7 3 2 1	大 協
アスファルト産業株式会社	104	東京都中央区八丁堀 4 の 4 の 13	(553) 3 0 0 1	シ エ ル
エタニ産業株式会社	105	東京都港区西久保明舟町 16	(504) 1 8 1 1	シ エ ル
富士鋳油株式会社 2	105	東京都港区新橋 4 の 26 の 5	(432) 2 8 9 1	丸 善
株式会社木畑商会 3	104	東京都中央区西八丁堀 4 の 8 の 4	(552) 3 1 9 1	共 石
三菱商事株式会社	100	東京都千代田区丸の内 2 の 20	(211) 0 2 1 1	三 石
マイナミ貿易株式会社	105	東京都港区西新橋 1 の 4 の 9	(503) 0 4 6 1	シ エ ル
株式会社南部商会	100	東京都千代田区丸の内 3 の 4	(212) 3 0 2 1	日 石
中西瀝青株式会社 4	103	東京都中央区八重洲 1 の 3	(272) 3 4 7 1	日 石
日東商事株式会社 5	162	東京都新宿区矢来町 111	(260) 7 1 1 1	昭 石
日東石油販売株式会社	104	東京都中央区銀座 4 の 13 の 13	(543) 5 3 3 1	シ エ ル
瀝青販売株式会社 6	103	東京都中央区日本橋江戸橋 2 の 9	(271) 7 6 9 1	出 光
菱東石油販売株式会社	101	東京都中央区外神田 6 の 15 の 11	(833) 0 6 1 1	三 石
株式会社沢田商行 7	104	東京都中央区入船町 1 の 17	(551) 7 1 3 1	丸 善
三徳商事東京営業所	104	東京都中央区宝町 1 の 1	(567) 0 0 3 6	昭 石
昭和石油アスファルト株式会社 8	140	東京都品川区南大井 1 の 7 の 4	(761) 4 2 7 1	昭 石
新日本商事株式会社	101	東京都千代田神田錦町 2 の 9	(294) 3 9 6 1	昭 石

社団法人 日本アスファルト協会会員

住石興産株式会社	100	東京都千代田区丸の内1の4の5	(216) 0 9 1 1	出 光
大洋商運株式会社	100	東京都千代田区有楽町1の2	(503) 1 6 2 1	三 石
東新瀝青株式会社	103	東京都中央区日本橋江戸橋2の5	(273) 3 5 5 1	日 石
東京アスファルト株式会社	100	東京都千代田区内幸町2の1の1	(501) 7 0 8 1	共 石
東京菱油商事株式会社	162	東京都新宿区新宿1の2	(352) 0 7 1 5	三 石
東生商事株式会社	150	東京都渋谷区渋谷町2の19の18	(409) 3 8 0 1	三 共 油 化
東洋アスファルト販売	107	東京都港区赤坂5の3の3	(583) 8 3 5 3	エ ッ ソ
東洋国際石油株式会社	103	東京都中央区日本橋本町4の9	(270) 1 8 1 1	大協・三和
東光商事株式会社	104	東京都中央区八重洲5の7	(274) 2 7 5 1	三 石
梅本石油東京営業所	106	東京都港区麻布10番1の10	(583) 8 6 3 6	丸 善
渡辺油化興業株式会社	107	東京都港区赤坂3の21の21	(582) 6 4 1 1	昭 石
関東アスファルト株式会社	336	浦和市岸町4の26の19	(22) 7 7 4 5	シ エ ル
● 中 部				
朝日瀝青名古屋支店	466	名古屋市昭和区塩付通4の9	(851) 1 1 1 1	大 協
株式会社名建商会	460	名古屋市中央区栄4の21の5	(241) 2 8 1 7	日 石
中西瀝青名古屋営業所	460	名古屋市中区錦1の20の6	(211) 5 0 1 1	日 石
株式会社沢田商行	454	名古屋市中川区富川町1の1	(361) 3 1 5 1	丸 善
株式会社三油商会	460	名古屋市中区丸の内2の1の5	(231) 7 7 2 1	大 協
三徳商事名古屋営業所	453	名古屋市中村区西米野1の38の4	(481) 5 5 5 1	昭 石
新東亜交易名古屋支店	453	名古屋市中村区広井町3の88	(561) 3 5 1 1	三 石
ビチュメン産業富山営業所	930	富山市奥井町19の21	(32) 2 1 6 1	シ エ ル
富士フソー株式会社	910	福井市下北野町東坪3字18	(24) 0 7 2 5	富士興産
● 近 畿				
朝日瀝青大阪支店	550	大阪市西区南堀江5の15	(538) 2 7 3 1	大 協
大丸石油株式会社	541	大阪市東区安土町2の10	(262) 1 4 2 1	日 石
枝松商事株式会社	530	大阪市北区道本町40	(313) 3 8 3 1	出 光
富士アスファルト販売	550	大阪市西区京町堀3の20	(441) 5 1 5 9	富士興産
平和石油株式会社	530	大阪市北区宗是町1	(443) 2 7 7 1	シ エ ル
川崎物産大阪支店	530	大阪市北区堂島浜通1の25の1	(344) 6 6 5 1	昭石・大協
松村石油株式会社	530	大阪市北区絹笠町20	(361) 7 7 7 1	丸 善
丸和鉱油株式会社	532	大阪市東淀川区塚本町2の22の9	(301) 8 0 7 3	丸 善
三菱商事大阪支社	541	大阪市東区高麗橋4の11	(202) 2 3 4 1	三 石
中西瀝青大阪営業所	530	大阪市北区老松町2の7	(364) 4 3 0 5	日 石
シエル石油大阪発売所	530	大阪市北区堂島浜通1の25の1	(363) 0 4 1 1	シ エ ル
三徳商事株式会社	532	大阪市東淀川区新高南通2の22	(394) 1 5 5 1	昭 石
千代田瀝青株式会社	530	大阪市北区此花町2の28	(358) 5 5 3 1	三 石
東信石油株式会社	541	大阪市東区平野町1の29	(203) 4 1 7 1	丸 善
梅本石油株式会社	550	大阪市西区新町北通1の17	(531) 9 0 6 4	丸 善
山文商事株式会社	550	大阪市西区土佐堀通1の13	(441) 0 2 5 5	日 石
北坂石油株式会社	590	堺市戎島町5丁32	(32) 6 5 8 5	シ エ ル
正興産業株式会社	662	西宮市久保町2の1	(34) 3 3 2 3	三 石
● 四国・九州				
入交産業株式会社	780	高知市大川筋1の1の1	(73) 4 1 3 1	富士・シエル
畑礦油株式会社	804	北九州市戸畑区明治町5丁目	(87) 3 6 2 5	丸 善
丸菱株式会社	812	福岡市博多駅前1の9の3	(43) 7 5 6 1	シ エ ル

◎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◎