

アスファルト

第23巻 第125号 昭和55年9月発行

125

特集・工業用ブローンアスファルト

ブローンアスファルトの需要と供給	調査委員会専門グループ	1
ブローンアスファルトの製造と規格	真柴和昌	6
防水工事用アスファルトの諸問題	小池迪夫	13
アスファルト防水	斉藤 彪	23
道路目地・土木防水のアスファルト	梶田 慈	27
鋼管塗覆装とアスファルトの新用途	木村忠雄	38
ブローンアスファルトに関する研究の動向	関根幸生	44

★研究報告★～PIARCの報文から～

たわみ性舗装技術委員会報告と 会議討論「舗装の維持」に関する報告について	古財武久	48
〈アスファルトの分析法・第7回〉 アスファルトのX線解析	宮沢邦夫・真田雄三	62
時事解説・石油関係の新政策について		69
統計資料・石油アスファルト需給実績		71

アスファルトゼミナール・高松市開催のお知らせ	61
------------------------	----

ASPHALT

社団法人 日本アスファルト協会
JAPAN ASPHALT ASSOCIATION

ブローンアスファルトの需要と供給について

日本アスファルト協会
調査委員会ブローンアスファルト専門グループ

1. 需要について

1.1 総括

ブローンアスファルトの需要量（内需）を各年度毎に集計したものを表1に示した。

昭和34年度に100千トン台の規模となった需要は、その後の高度経済成長を背景として、年率10%程度の順調な伸びを示し、48年度に過去最高の350千トンとなったが、第一次オイルショックの影響を受けて、49年度には一挙に109千トンに減少し対前年度比30%の落込となった。その後、需要は徐々に回復し、54年度には48年度に次ぐ需要となった。

しかしながら、55年度については、最近徐々に顕著になってきた景気後退の影響から、315千トン（対前年度比92%）に減少すると推定されている。

56年度以降のブローンアスファルトの将来見通しについては、今後の経済変動によって大きく左右されることになるが、55年4月資源エネルギー庁石油部の見通しによると、55～59年度は、表2のように想定されている。

この見通しによれば、56年度以降は、各年度14,000～15,000トン程度の増加が見込まれている。

一方、ブローンアスファルトの供給については、輸入は殆んどなく需要量に見合った国内生産によって賄われてきており、現状の生産能力から見て、当面は従来と同様の需給形態で推移するものと思われる。

次に需要量を荷姿別、品種別および用途別に分けて最近の状況を中心にその推移を追ってみる。

1.2 荷姿別需要

ブローンアスファルトの荷姿としては、バルク、紙袋およびドラムがある。

表3に荷姿別の需要量を示したが、まず注目される点は、昭和50年以前は、紙袋による需要の比率が高いことである。しかしブローンアスファルトを紙袋に充てんすることは、安全面・経済面から考えて望ましいことではなく、そのバルク化を検討してきた結果、徐々にバルク化が進み、昭和50年度以降は、バルク：紙袋の比率がほぼ1：1になった。需要家側の状況からみて、この比率は当面あまり大きく変化しないと思われる。

紙袋の他に、ドラム充てん品もあるが、これは従来から余り多くなく、全体需要の1%程度である。

表1 ブローンアスファルト需要量の推移 (単位：千トン)

年 度	需 要 量	対前年度比%	年 度	需 要 量	対前年度比%
33	82	—	44	270	104
34	104	127	45	275	102
35	124	119	46	286	104
36	148	119	47	315	110
37	145	98	48	350	111
38	162	112	49	241	69
39	191	118	50	260	108
40	190	100	51	265	102
41	211	111	52	288	109
42	239	113	53	314	109
43	260	109	54	343	109

出所：日本アスファルト協会資料

表2 昭和55～59年度石油アスファルト内需見通し

年 度	品 種	需 要 量 (千トン)	対前年度比 (%)
54	上期	166.5	114.8
	下期	176.4	104.1
	計	343	109.2
55	上期	145	87.1
	下期	170	96.4
	計	315	91.8
56		328	104.1
57		342	104.3
58		357	104.4
59		372	104.2

出所：資源エネルギー庁石油部資料

1.3 品種別需要

昭和50年度以降の品種別需要量は表4に示したとおりである。

ブローンアスファルトの品種を大別すると、一般ブローンアスファルト、アスファルトコンパウンドおよび特殊アスファルトに分けることができる。さらに一般ブローンアスファルトについては、その針入度グレードによって、0-5、5-10、……、40-50に分けている。アスファルトコンパウンドについても、さらに1-4種に分けられるが、統計処理上一括して扱っており、ここでも同様に扱うこととした。

一般ブローンアスファルトについては、10-20、20-30が代表的な品種であり、この2品種でブローンアスファルト全体の約60%を占めている。0-5、5-10、30-40については、需要は殆んどなく、現在では、特殊なものとして扱われているといっても良い。40-50については、毎年4千トン程度の需要があるが、これについても特定の需要家で使用されているものであり、汎用品とは云えない。

次に、アスファルトコンパウンドであるが、この需要は、需要家側による防水工事用材料の高品質化要請によって、年々上昇し、最近ではブローンアスファルト全体の35-40%を占めている。

一般ブローンアスファルト、アスファルトコンパウンドの規格に入らないブローンアスファルトを特殊アスファルトとして集計した。

なお、その他については、アスファルトプライマー等の二次加工製品であり、需要は極めて僅少である。

1.4 用途別需要

ブローンアスファルトはストレートアスファルトに比較して感温性が小さく、高粘度で弾力性に富んでいる。

表3 ブローンアスファルト荷姿別
需要量の推移 (単位：千トン)

年 度	バルク	紙 袋	ドラム	計
39	20	162	9	191
40	35	148	7	190
41	37	166	8	211
42	45	186	8	239
43	61	198	1	260
44	74	194	2	270
45	88	185	2	275
46	107	177	2	286
47	118	195	2	315
48	128	215	7	350
49	100	140	1	241
50	131	126	3	260
51	132	131	2	265
52	155	131	2	288
53	157	154	3	314
54	177	162	4	343

出所：日本アスファルト協会資料

用途もこれらの特性を生かし、比較的厚い被膜を必要とするルーフィング材や塗料等に広く用いられている。

ブローンアスファルトの用途別需要量については、統計資料がないので、明らかではない、当調査委員会が昨年調査した53年度の用途別需要実績によれば、表5に示す通りである。

総需要量の78%がルーフィングおよび建材用に占められているが、これは図1に示すようにブローンアスファルトの内需量が建築物着工床面積に非常によく相似していることからうなづける。

表4 品 種 別 需 要 量

(単位：千トン)

品種 年度	0-5	5-10	10-20	20-30	30-40	40-50	アスファルト コンパウンド	特 殊 アスファルト	そ の 他	計
50	0. ¹	0. ⁵	109. ¹	62. ⁶	9. ⁶	4. ¹	59. ¹	12. ⁸	1. ⁸	260
51	0. ¹	0. ⁷	102. ⁷	62. ⁸	1. ²	4. ⁰	85. ⁵	6. ⁹	0. ⁹	265
52	0. ¹	0. ⁷	106. ⁰	62. ⁸	1. ⁴	4. ⁰	90. ⁷	20. ⁵	1. ⁷	288
53	0. ¹	1. ²	113. ⁴	68. ⁰	0. ⁵	4. ²	115. ⁶	10. ⁰	0. ⁹	314
54	0. ¹	0. ⁰	122. ²	76. ⁴	0. ⁵	4. ⁸	127. ⁵	10. ⁹	0. ⁵	343

出所：日本アスファルト協会資料

表5 ブローンアスファルト用途別需要(昭和53年度実績)

(単位:トン)

	バ ル ク		紙袋およびドラム		計	
	数 量	構 成 比	数 量	構 成 比	数 量	構 成 比
ルーフィングおよび建材	111,846	71. ²	132,452	84. ⁴	244,298	77. ⁸
塗 料	15,614	10. ⁰	2,923	1. ⁹	18,537	5. ⁹
鋼 管 塗 覆 装	6,602	4. ²	5,309	3. ⁴	11,911	3. ⁸
タ ー ポ リ ン 紙	3,280	2. ¹	1,161	0. ⁷	4,441	1. ⁴
道 路	7,976	5. ¹	3,029	1. ⁹	11,005	3. ⁵
ゴ ミ 処 理	960	0. ⁶	300	0. ²	1,260	0. ⁴
ゴ ム 用	700	0. ⁴	—	—	700	0. ²
電 気 絶 縁 用	—	—	1,908	1. ²	1,908	0. ⁶
そ の 他	10,030	6. ⁴	9,931	6. ³	19,961	6. ⁴
合 計	157,008	100	157,013	100	314,021	100

出所: 日本アスファルト協会資料

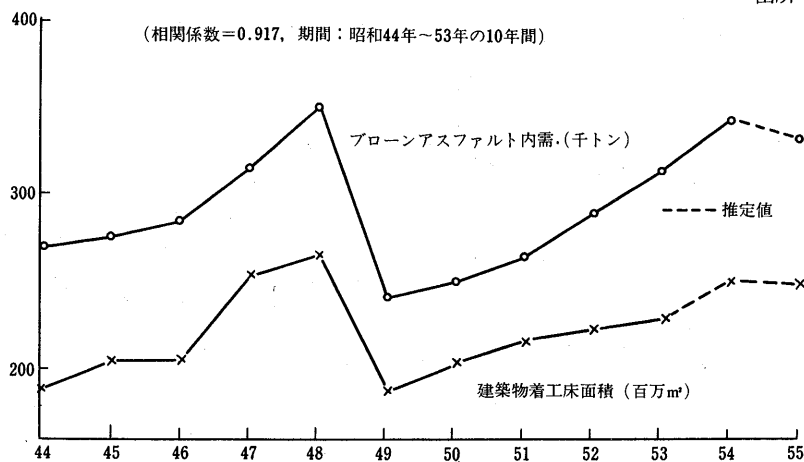


図1

表6 ブローンアスファルトの生産能力

通 項 産 局 局 名	月 産 トン	年 産 トン	構 成 比 %	紙袋詰 月 産 トン
北 海 道	0	0		0
仙 台	0	0		0
東 京	18,375	218,500	56.5	9,125
名 古 屋	7,175	86,100	22.2	6,000
大 阪	0	0		0
広 島	6,875	82,500	21.3	2,000
四 国	0	0		0
福 岡	0	0		0
沖 縄	0	0		0
計	32,425	387,100	100	17,125

出所: 日本アスファルト協会資料

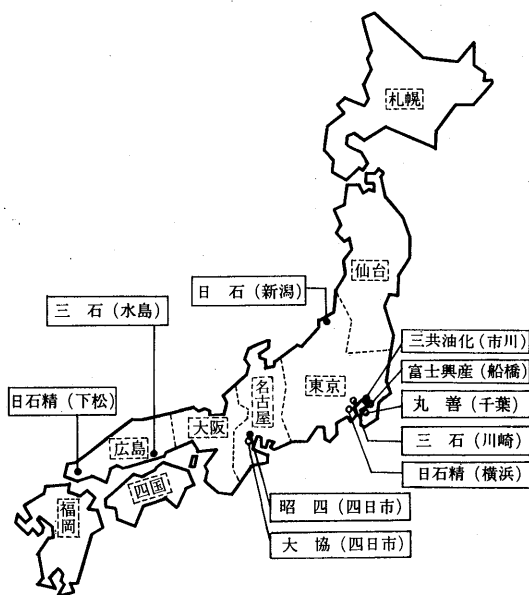


図2

2. 供給について

2.1 生産場所

現在ブローンアスファルトは、アスファルト生産工場32カ所のうち、10カ所で生産されている。

全国を通産局別地域に区分してみると、図2に示すとおり、東京6カ所、名古屋2カ所、広島2カ所に限られており、過半数が東京に集中している。

2.2 生産装置と生産能力

ブローンアスファルトを製造するためには、ストレートアスファルトと異なり「ブローイング装置」という特別の設備が必要である。

昭和54年10月調査によるブローンアスファルトの生産能力は、表6に示す通りである。

全国を通産局別地域に区分してその分布をみると、東京約57%、名古屋約22%、広島約21%になっており、地域的に片寄っているが、マクロでみると年間生産能力、387,100トンに対し、需要量(54年度)は、342,903トンであるので、流通の円滑化が行なわれるなら、当面供給上不安はないと思われる。

しかし、将来ブローンアスファルトの需要が増大すれば当然のことながら後述の問題点を解決しながら設備の増強をはかっていく必要がある。

2.3 流通

ブローンアスファルトの供給のほとんどが、バルクと紙袋によって行なわれており、ドラムはわずか1%程度である。

バルクの場合は、生産場所からローリーによって需要家に直接配送される。

紙袋は、トラックまたは貨車によって大部分が中継基地を通じて需要家に供給される。

需要家を通産局別構成比でみると表7であきらかなように、ブローンアスファルトは生産場所のある地域はもとより、生産場所以外の地域である北海道、仙台、大阪、四国、福岡、沖縄等にも安定供給されている。

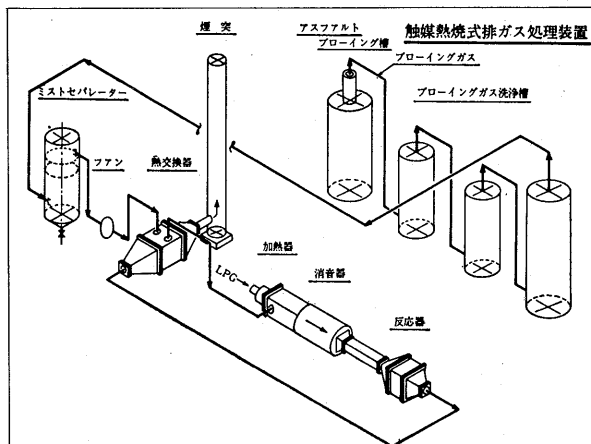
3. 供給上の問題点

3.1 脱臭(公害対策)

ブローンアスファルトの生産段階では、反応時に発生する廃ガスが悪臭であるので、完全に脱臭するためには図3に示す脱臭工程(例)、排水処理が必要となる。

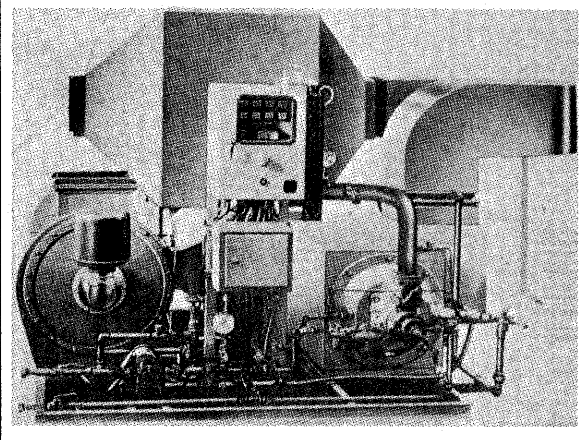
こうした公害対策費の製造経費のなかに占める割合は、年々上昇しており、今やブローンアスファルトのコスト

図3 脱臭工程(例)



アスファルトブローイングを終った廃ガスは酸性物質、油のミスト、その他のダストを取る為に油洗、弱アルカリ液洗浄を行い、ブローで昇圧されて熱交換器に入り装置より出る無臭ガスと熱交されて、プロパンの加熱器で所要温度350℃に加熱されて白金触媒の入った反応筒に入りここで部分燃焼される。そして無臭ガスとなり熱交を経て大気中に放出される。

脱臭装置の外見



要因として無視できなくなっている。

3.2 装置の維持管理

ブローンアスファルトは、高温のもとで原料油に空気を吹込み製造する。反応塔の中は常に吹込み空気により激しく攪拌されているため、はねかえりにより塔頂部および廃ガス誘導部が汚れやすく、しばしばパイプが閉塞する。

このため、年一度の定期修理のほか、クリーニングのため装置のシャットが行なわれている。

3.3 貯蔵

ブローンアスファルトの生産場所、生産能力とも表6で示す通り地域的に限定されている。

また、需要量は、表7であきらかなように東京地域に集中しているが、全国に分布しており、非生産地域で約34%をしめている。

この生産地域と需要地域におけるアンバランスが流通コストをよりおしあげている。

このようにブローンアスファルトの流通経費は貯蔵、生産場所、生産能力と需要量の地域別構成比からみて、大きな地域差があり、輸送に占める燃料コストの割合は特に大きく、将来は、地域別価格の認識がさらに重要になるであろう。

表7 通産局需要量の構成比

(単位：%)

通産局	年度	52	53	54
北海道		1.3	1.9	2.0
仙台		1.2	1.5	1.4
東京		63.3	60.3	60.1
名古屋		5.9	5.9	6.0
大阪		12.9	12.7	12.7
広島		5.2	5.5	5.7
四国		6.7	7.7	7.5
福岡		3.5	4.5	4.6
沖縄		—	0.0	—
計		100.0	100.0	100.0

出所：日本アスファルト協会資料

「ブローンアスファルト専門グループ」メンバー

グループ長：中田 輝男	三菱石油株式会社	清水 益雄	シェル石油株式会社
今井 武志	丸善石油株式会社	館野 嘉男	昭和石油株式会社
木本 智房	日本石油株式会社	永島 清一	三共油化工業株式会社

石油アスファルト統計月報

B5：12ページ ￥400（送料は実費）毎月25日発行

アスファルトに関する統計資料を網羅し、月毎に発行する初の統計月報です。

広くご利用いただけるよう編纂致しました。

ハガキにてお申込み下さい。

申込先 105 東京都港区虎ノ門2丁目6番7号
和孝第10ビル
日本アスファルト協会
アスファルト統計月報係

—目 次—

- 石油アスファルト需給実績
- 石油アスファルト品種別月別生産量・輸入量
- 石油アスファルト品種別月別内需量・輸出量
- 石油アスファルト品種別月別在庫量
- 石油アスファルト品種別荷姿別月別販売量
- 石油アスファルト品種別針入度別月別販売量
- 石油アスファルト地域別月別販売量
- 石油関係諸元表

ブローンアスファルトの製造と規格・その変遷

真 柴 和 昌*

はじめに

アスファルトの性質を空気や酸化剤を用いて変えることは古くから知られていたが、最初にまとまった形で報告が出されたのは1865年で Abraham Geser によってであった。

その後は数多くの人が研究成果を発表しているが、空気を用いるのみでなく、マンガン化合物、第2 塩化鉄等の触媒も用いられている。

ただし工業規模で最初にブローンアスファルトを製造したのは、F. X. Dyerly で、彼は 400 ～ 600 °F (204 ～ 316 °C) に加熱した原料油に空気を吹き込んで製造する特許を 1894 年に取っている。

ブローンアスファルトはどのような反応で製造されるかという、空気中の酸素と原料油中の水素の結合による脱水素反応が主であり、酸素のほとんどは水となり、一部炭酸ガスとなって、反応系外に出され、原料油に結合し、アスファルト中に留まる酸素は極く一部と云われている。

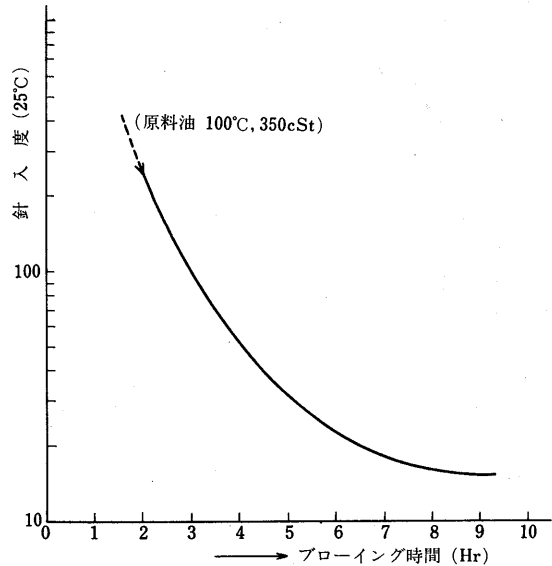
アスファルト中に留まる酸素について酸素含有官能基を試べてみると、原油種、反応条件等によって変動するが、約60%がエステル基になっており、残り40%が水酸基、カルボニル基、酸として分布している。

反応による高分子量化についてはエステル基の減少からエステル基をもつ分子の酸素架橋とC-Cの直接結合(その他副反応あり)によるとする説が有力である。

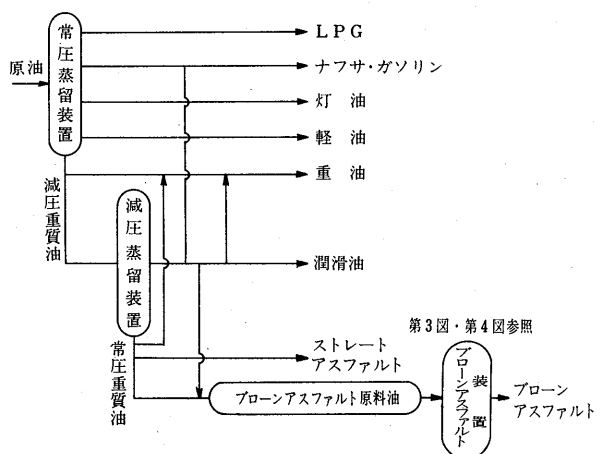
また組成的には低分子量のアスファルテン分となり、段々と硬くなり(第1図)、ブローンアスファルトの特性を備えて来る。

製造法と品質特性について

ブローンアスファルトの製造装置はブローイング(空気を吹き込む操作をいう)反応が複雑であるのと対象的

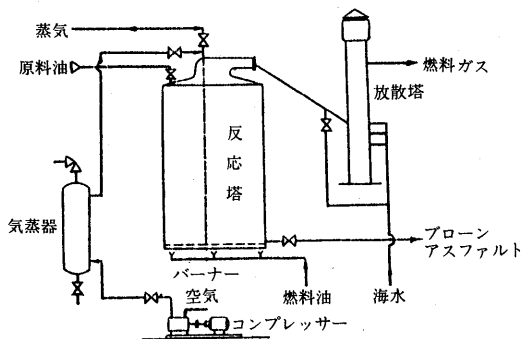


第1図 ブローイング曲線の一例



第2図 石油製品製造フロー

* 日本アスファルト協会技術委員長 丸善石油㈱潤滑油第一部 燃料油技術課



第3図 バッチ式ブローンアスファルト製造装置

に簡単なものである。

わが国ではブローンアスファルトの製造装置は大正12年に日本石油(株)が新潟に建設し、製造を開始した。

当初の装置は横型(枕タンク)のバッチ式であったがその後反応機構が判明されるにつれ、縦型のバッチ式になり、さらには生産効率を向上させた連続式の装置もある。

いずれの方式にせよ、原料油は先づ減圧蒸留装置(第2図参照)の塔底より留出する重質油(条件によってはストレートアスファルトとなる)を主基材とし、組成および製品特性を考慮し、潤滑油またはガソリンの原料になる重質留出油(減圧サイドカット)をブレンドして原料油を調製する。

製品特性に及ぼす主な因子としては

- ・原料油の組成及び物理性状
- ・反応温度、吹き込み空気量
- ・反応塔の構造
- ・触媒を使用する場合は触媒の種類と量
- ・原料油の送り込み量(連続式の場合)

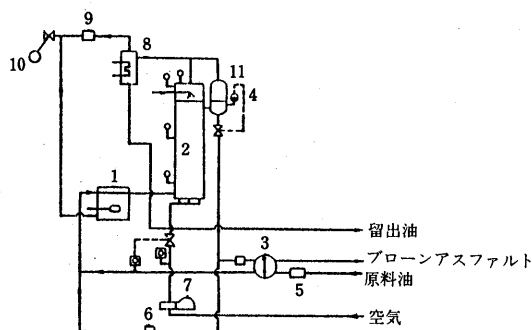
等があげられる。

バッチ式は第3図に示すように熱交換機を通して所定の温度に加熱した原料油を反応塔に入れ、下部より空気をこまかい泡状にして吹き込み、ブローイングする。

なお、本反応は発熱を伴ない温度が上昇して来るので、冷水等を用いて温度を制御する。

製品は品質を確認した上で製品タンクに移し、ローリー出荷するか、または40kg入りの紙袋に充填し、放冷後出荷する。

連続式は原料油を反応塔に入れながら他方から製品を連続的に取り出すようになっており、その一例を第4図に示す。



- | | | | |
|---------|----------|------------|-----------|
| 1. 加熱炉 | 4. 液量計 | 7. コンプレッサー | 10. 安全弁 |
| 2. 反応塔 | 5. 原料ポンプ | 8. 再生器 | 11. 緩衝タンク |
| 3. 熱交換器 | 6. 循環ポンプ | 9. 砂じんだめ | |

第4図 連続式ブローンアスファルト製造装置

まず加熱炉で所定の温度に加熱された原料油が反応塔の下部から送り込まれる。

一方空気も反応塔の底部より吹き込み、反応を行なわせる。

反応塔内の原料油は反応塔内を上昇するにつれてブローイング化が進み、段々と硬くなり、反応塔と直結した緩衝タンクから製品として抜き取る。

この一連の工程は緩衝タンクに取り付けられた液面計のところで自動制御され(原料油の送り込み量を変化させることにより、反応時間を制御する)、連続的に運転される。

ブローンアスファルトは、上述のような製造法で製造されるため、アスファルト本来の特性である防水・防湿性、防食性、電気絶縁性を損なうことなく、次の特性が改良、付与される。

- ・軟化点が高い
- ・感温比が小さい
- ・耐熱性がある
- ・変形抵抗が大きい
- ・凝集性が大きい
- ・可塑性が大きい

ブローンアスファルトは、これらの特性を生かし主に防水工事中、各種防水・防湿材料に、その他として目地材塗料、金属類の被覆等に使用されている。

品質規格について～その推移と現状～

ブローンアスファルトの品質規格も他の製品と同様に、時代の要求に応じて変更されており、その変遷について年次を追ってたどってみることにする。

わが国でブローンアスファルトが製造、使用された当初はメーカーまたは使用者が独自の規格を設け、運用さ

第 1 表

J E S	日 本 標 準 規 格			第 173 号
石 油 製 品				類 別 K 27
				頁
第四章 工業用原料				
第二十一条 石油アスファルトハ之ヲ第一号乃至第三号ノ 3 種ニ区分ス 何レモ黒色膠著性均質軟固体ノ「ストレートアスファルト」(第一号及第二号) 又ハ「ブローンアスファルト」(第三号) ニシテ悪臭ナク道路舗装用、建築防水用其ノ他工業用原料トシテ適當ナル品質ヲ有シ水ヲ混ゼズ次表ノ規定ニ合格スルコトヲ要ス				
		第 一 号 第 二 号	第 三 号	
針 入 度			10以下	
			10ヲ超エ 20 "	
			20 " 30 "	
			30 " 40 "	
			40 " 50 "	
引 火 点			200℃ 以 上	
軟 化 点				
	針入度10以下ノモノ		90℃ 以 上	
	" 10ヲ超エ20以下ノモノ		65℃ 以 上	
	" 20 " 30 "		60℃ 以 上	
	" 30 " 40 "		55℃ 以 上	
伸 度	" 40 " 50 "	50℃ 以 上		
	針入度50以下ノモノ			
	" 50ヲ超エ85以下ノモノ			
	" 85ヲ超エルモノ			
	蒸 発 量		0.7% 以 下	
蒸発後ノ針入度(原針入度ニ対シ)			65% 以 上	
四塩化炭素可溶分			98% 以 上	
第一号ハ主トシテ加熱混合式舗装用、第二号ハ主トシテ撒布渗透式舗装用、第三号ハ主トシテ接合式舗装ノ目筋填充用又ハ建築防水用トス				
昭和七年十二月十三日決定 工業品規格統一調査会				

れていたようであるが、工業品規格統一調査会の審議をへて、統一された国家規格として制定されたのが昭和7年12月で、その規格が日本標準規格第173号(J E S 第173号)である。

規格値は第1表に示すが、種類は針入度級により5品種に分けられている。

現行規格と大きく異なる点は針入度10以下の製品は細分(現行0～5, 5～10)されておらず、また反面高針入度級として40～50が設けられている。

なお、引火点、蒸発量、蒸発後の針入度、四塩化炭素可溶分、軟化点については規格はあるが、伸度の規格がないのが特徴といえる。

ついで太平洋戦争勃発の年である昭和16年9月に時代の要請をうけて、第2表に示すように臨時的に石油製品

について大巾な改正がなされ、臨時日本標準規格第59号として改正された。

本規格の特徴は市場の要求と思われるが、軟化点の高低によって「ブローンアスファルト甲」と「ブローンアスファルト乙」に大別されており、かつ針入度級は現行区分の5種類となった。

また伸度規格が新設されている。

戦後、昭和24年に工業標準化法により、日本標準規格の全部について大巾な見直しが行なわれ、その一貫として石油アスファルトも独立規格として昭和31年(1956年)に日本工業規格 J I S K 2207として制定された。

規格は第3表に示す通りであるが、解説に記述されている内容を引用すると

3.4 針入度 ブローンアスファルトのカタサに及ぼす温度の影響を示すため、0℃、46℃の針入度との比を求め、感温比として従来示していた。しかし国際的にも25℃のほかにも0℃、46℃の針入度そのもので示す方式が広くとられておりまたこの方式で示す意見が強かったため、結局ブローンについては25℃のほかにも0℃および46℃における針入度を規定した。

と解説してあり、市場の要求を反映し、かつイギリス規格、米国連邦規格、ASTM規格等の諸外国の規格も参考に、0℃、46℃における針入度規格が新設されている。

その後「石油アスファルト」としては次に示す年度において改正、確認が行なわれているが、改正はいずれもストレートアスファルトのみで、ブローンアスファルトについては改正が行なわれていない。

昭和35年（1960年）改正

昭和38年（1963年）確認

昭和41年（1966年）確認

昭和44年（1969年）改正

昭和50年（1975年）確認

ブローンアスファルトについては昭和31年制定後改正されていないが、この間において、建築物、地下埋設構造物等に使用される防水用アスファルトについては市場からの強い要望があり、建設資材の一部として建築部門において昭和46年（1971年）4月に第4表に示す防水工事アスファルト（JIS A 6011）が新設されている。

ついで、昭和53年石油製品全般にわたって規格体系の見直しが行なわれ、その答申を受けて、次に記す方針のもとに昭和55年1月に大巾な規格改正が行なわれた。

（本誌第124号に改正要旨掲載）

臨	臨時日本標準規格					第59号
	石油製品					類別K
						頁

本規格ハ時局ニ鑑ミ臨時的ニ制定シタル
モノニシテ当分ノ内之ニ依ルモノトス

昭和10年1月商工省告示第6号石油製品（日本標準規格第173号）中第十六条ヲ除ク外ハ次ニ依ルモノトス

第四章 工業用原料

第二十一条 石油「アスファルト」ハ「ストレートアスファルト」及「ブローンアスファルト」ニ分ケ「ブローンアスファルト」ハ更ニ之ヲ甲，乙ニ区分ス 何レモ黒色膠著性均質軟固體ニシテ悪臭ナク道路舗装用，建築防水用其ノ他工業用原料トシテ適當ナル品質ヲ有シ水ヲ混ゼズ次表ノ規定ニ合格スルコトヲ要ス

ストレートアスファルト

針入度 (25℃)	軟化點 ℃	伸度 (25℃)	蒸發量% (163℃) (5時間) (50g)	蒸發後ノ 針入度% (原針入度 ニ對シ)	四監化炭 素可溶分 %
0ヲ超エ 10以下	60以上	0以上	0.4以下	65以上	95以上
10ヲ超エ 30以下	45以上	8以上	0.6以下	65以上	99以上
30ヲ超エ 60以下	45以上	100以上	0.6以下	65以上	99以上
60ヲ超エ100以下	35以上	100以上	1.0以下	65以上	99以上
100ヲ超エ200以下	35以上	100以上	1.0以下	65以上	99以上

ブローンアスファルト 甲

針入度 (25℃)	軟化點 ℃	伸度 (25℃)	蒸發量% (163℃) (5時間) (50g)	蒸發後ノ 針入度% (原針入度 ニ對シ)	四監化炭 素可溶分 %
0ヲ超エ 5以下	130以上	0以上	0.5以下	65以上	98以上
5ヲ超エ10以下	110以上	0以上	0.5以下	65以上	98以上
10ヲ超エ20以下	85以上	1以上	0.5以下	65以上	98以上
20ヲ超エ30以下	75以上	2以上	0.5以下	65以上	98以上
30ヲ超エ40以下	65以上	3以上	0.5以下	65以上	98以上

ブローンアスファルト 乙

針入度 (25℃)	軟化點 ℃	伸度 (25℃)	蒸發量% (163℃) (5時間) (50g)	蒸發後ノ 針入度% (原針入度 ニ對シ)	四監化炭 素可溶分 %
0ヲ超エ 5以下	120以上	0以上	0.5以下	65以上	98以上
5ヲ超エ10以下	90以上	0以上	0.5以下	65以上	98以上
10ヲ超エ20以下	65以上	1以上	0.5以下	65以上	98以上
20ヲ超エ30以下	60以上	2以上	0.5以下	65以上	98以上
30ヲ超エ40以下	55以上	3以上	0.5以下	65以上	98以上

昭和16年1月29日決定

工業品規格統一調査会
(第二部第十二委員会)

昭和16年9月25日改正

第 3 表

日 本 工 業 規 格										JIS		
石 油 ア ス フ ァ ル ト										K 2207 - 1956		
品 質 石油アスファルトは 均質で水分を含まず、175℃に加熱したとき著しくあわ立たないものであって、表2の規定に合格しなければならない。												
表 2												
種 類	針 入 度			軟化点 ℃	伸 度			蒸発量 %	蒸発後の 針入度 (原針入度 に対して) %	四塩化炭素可 溶分 %	引火点 ℃	
	(0℃ 200g 60秒)	(25℃ 100g 5秒)	(46℃ 50g 5秒)		(10℃)	(15℃)	(25℃)					
ストレートアスファルト	省 略											
ブ ロ ー ン ア ス フ ア ル ト	0～5	—	0以上 5以下	—	130.0 以上	—	—	0 以上	0.5 以下	60 以上	99.0 以上	200 以上
	5～10	4以上	5を超え 10以下	25以下	110.0 以上	—	—	—				
	10～20	7以上	10を超え 20以下	45以下	90.0 以上	—	—	1 以上				
	20～30	10以上	20を超え 30以下	70以下	80.0 以上	—	—	2 以上				
	30～40	14以上	30を超え 40以下	95以下	65.0 以上	—	—	3 以上				
注 (1) ストレートアスファルト40～60で舗装用のものは15℃における伸度 100 以上が望ましい。												
備 考 1. アスファルト乳剤原料として使用するアスファルトについては乳化が良好なことを要する。乳化試験方法は 受渡当事者間の協定による。												
2. 舗装用ストレートアスファルトについては 固形パラフィン含有量の少ないことが望ましい。固形パラフィン含有量の試験方法は 受渡当事者間の協定による。												

第 4 表

日本工業規格

JIS

防水工事用アスファルト

Water-proofing Asphalts for Building Construction

A 6011-1971

品質 防水工事用アスファルトは均質で、ほとんど水分を含まず、175℃に加熱したとき著しくあわ立たないものであって、その品質は5.の試験を行ない、表1の規定に適合しなければならない。

表 1

種 類	1 種	2 種	3 種	4 種
軟 化 点 (℃)	85 以上	90 以上	100 以上	95 以上
針入度25℃, 100 g, 5 sec	25 ~ 45	20 ~ 40	20 ~ 40	30 ~ 50
針入度指数	3 以上	4 以上	5 以上	6 以上
蒸 発 量 (%)	1 以下	1 以下	1 以下	1 以下
引 火 点 (℃)	250 以上	270 以上	280 以上	280 以上
四塩化炭素可溶分 (%)	99 以上	99 以上	97 以上	95 以上
フラスゼい化点 (℃)	-5 以下	-10 以下	-15 以下	-20 以下
だ れ 長 さ (mm)	—	—	8 以下	10 以下
加熱安定性 (℃)	合 格	合 格	合 格	合 格

第 5 表

日 本 工 業 規 格
石 油 ア ス フ ァ ル ト
Petroleum Asphalts

J I S
K 2207—1980

品質及び性能 石油アスファルトは均質で水分をほとんど含まず、180℃まで加熱しても著しくあわ立たないものである。5.試験方法で、試験を行ったとき、ストレートアスファルト及びブローンアスファルトは表3、防水工用アスファルトは表4の規定に適合しなければならない。

表 3

項 目 種 類		針入度 (25℃) 1／10mm	軟化点 ℃	伸 度		三塩化 エタン 可溶分 %	引火点 ℃	薄 膜 加 熱		蒸 発		針入度 指 数	比 重 (25／ 25℃)
				(15℃) cm	(25℃) cm			質 量 変化率 %	針入度 変化率 %	質 量 変化率 %	後の針 入度比 %		
ス ト レ ー ト		(省 略)											
ブ ロ ー ン ア ス フ ア ル ト	0 ～ 5	0 以上 5 以下	130.0 以上	—	0 以上	98.5 以上	210 以上	—	—	0.5 以下	—	3.0 以上	—
	5 ～ 10	5 を超え 10 以下	110.0 以上	—				—	—		3.5 以上	—	
	10 ～ 20	10 を超え 20 以下	90.0 以上	—				1 以上	—		—	2.5 以上	—
	20 ～ 30	20 を超え 30 以下	80.0 以上	—				2 以上	—		—	—	—
	30 ～ 40	30 を超え 40 以下	65.0 以上	—				3 以上	—		—	—	1.0 以上

備 考 ストレートアスファルトの種類40～60, 60～80, 80～100については120℃, 140℃, 180℃のそれぞれにおける動粘度を試験表に付記しなければならない。

表 4

項 目 種 類	軟 化 点 ℃	針 入 度 (25℃) 1/10mm	針 入 度 指 数	蒸 発 質 量 変 化 率 %	引 火 点 ℃	三 塩 化 エ タ ン 可 溶 分 %	フ ラ ー ス ぜ い 化 点 ℃	だ れ 長 さ mm	加 熱 安 定 性 (フ ラ ー ス ぜ い 化 点 差) ℃
防 水 工 事 用 ア ス フ ァ ル ト	1 種	85以上	25以上 45以上	3 以上	1 以下	250 以上	98 以上	—5 以下	—
	2 種	90以上	20以上 40以上	4 以上	1 以下	270 以上	98 以上	—10 以下	—
	3 種	100以上	20以上 40以上	5 以上	1 以下	280 以上	95 以上	—15 以下	8 以下
	4 種	95以上	30以上 50以上	6 以上	1 以下	280 以上	92 以上	—20 以下	10以下

- 権威ある生きた国家規格とする
- 生産の合理化に役立つようにする
- 使用者にとって使い易い規格とする
- 石油アスファルトに防水工事用アスファルトを包含する
- 品質規格，試験方法規格，試験器規格を包含した規格とする
- 内容の見直しも同時に行なう
- I S O等諸外国規格との関連を配慮する

このような基本方針のもとに改正されたブローンアスファルトおよび防水工事用アスファルトの品質規格を第5表に示す。

なお，両種類の主な改正点は次のとおりである。

① ブローンアスファルト

- 針入度
0℃，46℃の針入度規格を廃止した。

- 三塩化エタン可溶分
使用時の安全性，衛生面から三塩化エタンを使用することにし，規格は溶解性から若干緩和した。
- 引火点
全種類について10℃厳しくした。
- 針入度指数
0℃，46℃の針入度廃止により，感温比をあらわす指標として全種類に新設した。

② 防水工事用アスファルト

- 三塩化エタン可溶分
上記ブローンアスファルトと同じ理由により変更した。
なお，規格値は高分子物質の使用を考慮して変更された。
- 加熱安定性
「合格」の表示を規格値に変更した。

日本アスファルト協会・発行

『アスファルト・ポケットブック』1980年版

ポケットブック版・表紙ビニール製・本文85ページ・実費領価1部 500円(送料実費は申込者負担)

主 な 内 容

- | | |
|---------------------|--------------|
| ○石油アスファルトの生産実績 | ○昭和55年度の道路予算 |
| ○石油アスファルトの需要推移 | ○道路の現況 |
| ○石油アスファルトの需要見通し | ○道路整備5ヵ年計画 |
| ○石油アスファルトの製造及び流通 | ○参考資料 |
| ○石油アスファルトの生産場所及び油槽所 | ○石油供給計画 |
| ○石油アスファルトの製造原油 | ○主要諸国の道路事情 |
| ○石油アスファルトの品質規格 | ○データーシート |
| ○石油アスファルトの用途 | ○住 所 録 |
| ○石油アスファルトの価格 | ○会員名簿 |
| ○道路投資額と石油アスファルト需要 | ○関連官庁・関連団体 |

ブローンアスファルトの品質について

防水工事用アスファルトの諸問題

小池 迪夫*

はじめに

先般、JJS K 2207「石油アスファルト」の改訂にともない、別に制定されていたJJS A 6011「防水工事用アスファルト」を統合する会議に出席した。その際、現在石油アスファルトの生産量の約85%がストレートアスファルトである旨の状況説明を受けた。

その発言には何んの他意はないのだが、建築防水の一環として、ブローンアスファルトに強い関心をもつ身にとって、一種いうにいわれぬ感慨を禁じ得なかった。全生産の15%程度では重要な研究課題ではないのであろうか、防水工法に直接関係するブローンアスファルト、すなわち防水工事用アスファルトの研究成果は十分ではない。いや、乏し過ぎるとさえいえる。しかし、建築防水において、アスファルト防水は今なお過半数を占めているのである。

アスファルトではなく建築防水の研究者と自認している筆者に、ブローンアスファルトの品質がどれほど語り得るか、はなはだ心もとないが、与えられたテーマを“防水工事用アスファルトの諸問題”と置き換えて挑戦することにする。

1. 防水工事用アスファルトの規格

ここで防水工事用アスファルトというのは、熔融状態でアスファルトルーフィング類を張り合わせて積層するもので、主としてブローンアスファルト及びその改質品がこれに含まれる。

防水工事用アスファルトに要求される品質は、日本はアメリカと大きく異なり、ヨーロッパと類似している。その理由は、アメリカでは熔融アスファルトのポンプ圧送、機械施工が主流をなしているのに対し、日本及びヨーロッパではバケット運搬手作業であるという、施工法の問題が関係しているかもしれない。すなわち、バケッ

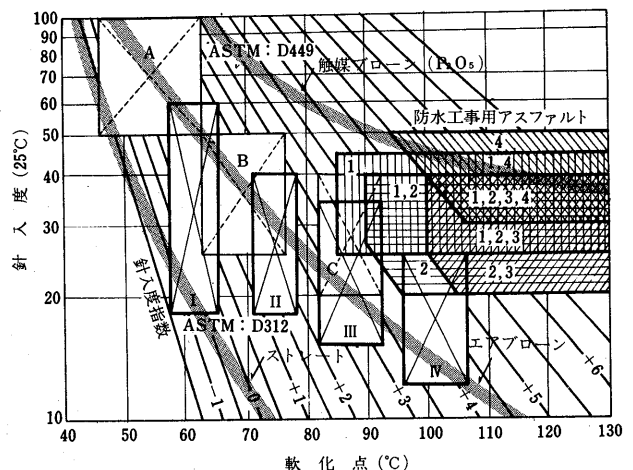


図1 日本およびアメリカの防水工事用アスファルトの規格における針入度および軟化点の関係

ト運搬、手作業という施工法を採るならば、防水層として望ましい高軟化点低感温性、そして低温物性に優れたアスファルトを用い得るという点にあると思われる。しかし、それ以外にも何らかの技術点根拠がありそうと思われる。

JISおよびASTMに規定されている防水工事用アスファルトの針入度、軟化点、針入度指数の範囲をグラフ上に求めて図1に示す。図上には、A. J. Hoibergによる解媒ブローン (P_2O_5)、エアブローン、ストレートの3種のアスファルトにおける針入度と軟化点の関係¹⁾も示してある。この図をみると、ASTMの規定はほとんどエアブローン線上にあり、その製造方法を強く意識していることがわかる。JISの防水工事用アスファルトの1～3種はエアブローンと解媒ブローンの両線の間に位置しており、4種は解媒ブローンの線上に位置している。1～3種の品質は改良ブローン工程または従来アスファルトコンパウンドと呼ばれる改質操作で得られる品質なのであろう。

* 東京工業大学工業材料研究所教授

さて、JISとASTMの規定を図1に示したが、それぞれの用途をどのように想定しているかを以下に示す。

JIS K 2207 (案)の防水工事用アスファルト

(前JIS A 6011)

- 1種：適度な温度条件における室内及び地下構造部分に用いるもの。感温性は普通で、比較的軟質のもの。
- 2種：一般地域のゆるいこう配の歩行用屋根に用いるもの。感温性が比較的小さいもの。
- 3種：一般地域の露出屋根若しくは気温の比較的高い地域の屋根に用いるもの。感温性が小さいもの。
- 4種：一般地域のほか、寒冷地域における屋根その他の部分に用いるもの。感温性が特に小さく、比較的軟質のもの

ASTM: D 312, 屋根防水工事用アスファルト

タイプⅠ：比較的感温性が高く接着性が良好で自癒性がある。こう配が1/12以下の露出または砂利押さえの屋根に用いる。

タイプⅡ：中程度の感温性で、こう配が1/24～1/4の露出または砂利押さえの屋根に用いる。

タイプⅢ：比較的感温性が小さく、こう配が1/24～1/2の露出または砂利押さえの屋根に用いる。

タイプⅣ：硬く急こう配の屋根または一年中比較的高

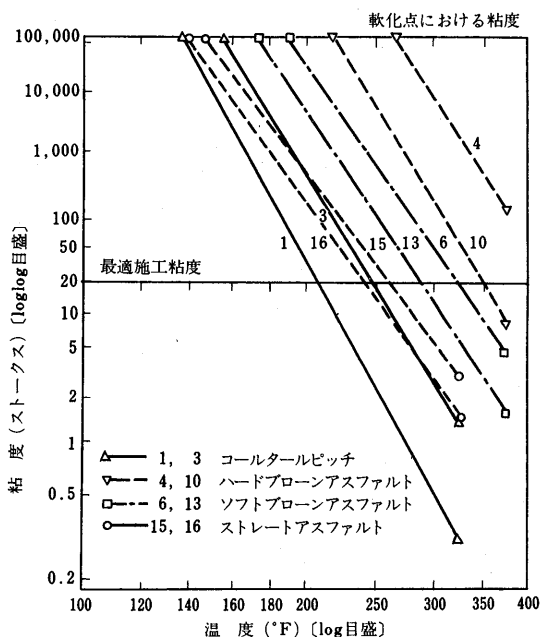


図2 防水工事用ビチューメンの粘度と温度の関係²⁾

温となる屋根に用いる。

ASTM ASTM: D 449, 防湿・防水工事用アスファルト

タイプA：軟質で接着性がよく自癒性があり、モップ施工が容易で、一般的な普通の温度条件の地下部用。

表1 防水工事用ビチューメンの性質と最適施工温度¹⁾

試験 番号	種 類	公称の性質		試 験 結 果					最適施工 温 度 * (℃)	引火点 (℃)	燃焼点 (℃)
		軟化点 ℃	針入度 (25℃)	軟化点 ℃	針入度(100g, 5sec)			P. I. 針入度 指 数			
					40°F (4.4℃)	77°F (25℃)	113°F (45℃)				
1	コールタールピッチ	57	—	58	1	16	168	-1.8	99	210	235
2	〃	60	—	64	2	24	128	0.1	110	155	180
3	勾配屋根用コールタールピッチ	71	24	68	1	14	78	-0.1	121	145	160
4	ブローンアスファルト	116	15	129	5	11	22	5.8	227	270	325
5	〃	99	20	102	5	16	42	4.3	179	275	325
6	〃	91	30	88	8	28	77	3.8	160	250	280
7	〃	85	40	87	12	35	92	4.2	157	235	270
8	〃	85	45	80	14	39	103	3.6	149	220	265
9	〃	74	30	78	9	30	90	3.0	146	250	285
10	〃	96	13	103	4	11	30	3.7	177	310	350
11	〃	79	19	84	5	21	67	2.9	160	305	350
12	〃	79	25	81	11	29	73	3.1	149	310	350
13	〃	79	30	78	11	32	79	3.0	141	310	355
14	〃	85	25	88	3	13	36	2.5	157	295	360
15	ストレートアスファルト	64	25	63	5	23	115	0.0	127	316	385
16	〃	54	45	59	6	42	270	0.2	116	310	360
17	〃	49	65	51	10	56	450	-0.8	110	295	345

* 図2より求めた粘度が20ストークスになる温度。
(温度の換算は筆者)

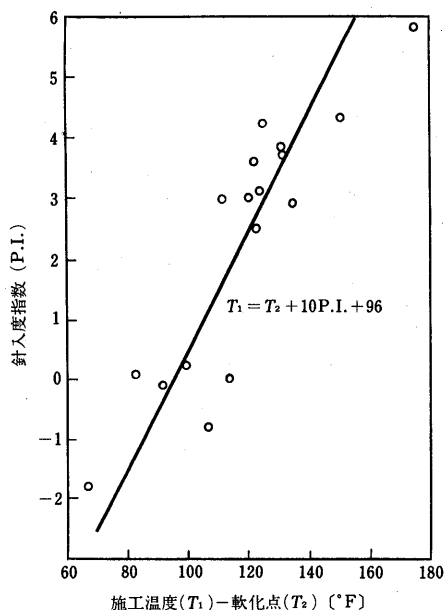


表2 アスファルトの溶融温度

日本建築学会 標準仕様書の指示		Martinの式による試算			
防水工事用 アスファルト (JIS)の種類	溶融温度 *(°C)	針入度	軟化点 (°C)	P. I.	最高溶融温度 (°C)
2 種	240 ~ 250	30	95	4.8	210
3 種	260 ~ 270	25	120	6.7	246
4 種	260 ~ 270	40	110	7.0	238

* 引火点以下で、軟化点以上 170 °C を限度とする。

図3 (左図) 施工温度と針入度指数の関係²⁾

タイプB：ある程度感温性が小さく接着性が良好で自癒性があり、52°C以上にならない地上部用。

タイプC：タイプBより感温性が小さく接着性が良好で、直射日光を受けるか52°C以上の温度になる垂直面部用。

以上のように規格では述べているが、同じような針入度と軟化点の関係にあるアスファルト、例えばJISの1種とASTMのタイプCでも、用途の記述が著しく異なり、1種はむしろタイプAに相当するように記述されている。これらの相異は、多分経験的判断に基づくものであろうが判然としない。あるいは何か本質的な差があるのかもしれない。

2. 防水工事用アスファルトの高温性状

アスファルトの高温性状についてユーザーサイドから関心があるのは、施工法がらみの温度と、サービス状態すなわち実際の機能時における最高温度の性状であろう。防水工事用アスファルトにおいては、ルーフィング類を流し張りする時のアスファルトの溶融温度と粘度の関係及びサービス時最高温度における防水層のずれ下りの問題に関心が寄せられる。

施工時のアスファルト粘度についてはオーストラリアのMartinの研究²⁾がある。彼は、彼の同僚であるBrownが得た、最適アスファルトの使用量を27.5 lb/100ft² (1.34 kg/m²)とすれば、施工時のアスファルトの粘度は20ストークス (ほぼ20ポイズ) であるという結論と、log 粘度とlog 温度とは直線関係にあるというWalterの研究

を基にして、図2の測定結果を得た。同図は試料の約半数を抜粋して示されているが、17種の試料の性質と最適施工温度をまとめて表1に示す。

さらに、最適施工温度は軟化点と感温性の指標であるP. I. とで表わし得るとして図3を示している。また、アスファルトの溶融温度は運搬途中の冷却を最大 64°F (36°Cであるが、式の常数項を160と単純化するための数値でもある) と考え、次式を提案している (温度換算は筆者)。

$$T_0 = T_2 + 10P.I. + 160 [^{\circ}\text{F}] \text{ または } t_0 = t_2 + \frac{50}{G} P.I. + 89 [^{\circ}\text{C}]$$

ただし、 T_0 [°F]、 t_0 [°C]は最高溶融温度、 T_2 [°F]、 t_2 [°C]は軟化点。

なお、わが国では溶融温度は大ざっぱであるが、日本建築学会の標準仕様書の解説で示されているので、それと前式との対応を試みて表2に示す。同表のごとくわが国の指示の方が30~35°C高くなっている。

一方、屋根における防水層のずれ下りについてはアメリカNBSのW. C. Cullenの指摘が³⁾興味深い。

彼は年間ざっと30億ft² (2億8千万m²)のアスファルト防水屋根が建設されている中で、防水層のずれ下り事実はほんの僅かなパーセントを占めるに過ぎないが、北東部にある政府関係の建物で110万ft² (10万m²)の事故が発生したことを前置きとして述べ、研究の進捗状況を講演した後、次のような問題指摘を行なっている。

「タイプIまたはIIのアスファルト (図1参照) の使

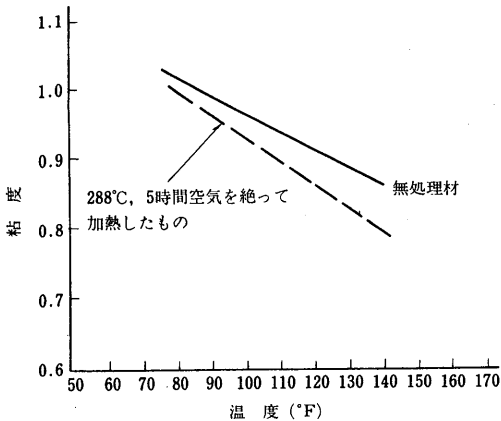


図4 加熱処理によるタイプⅢアスファルトの粘度低下

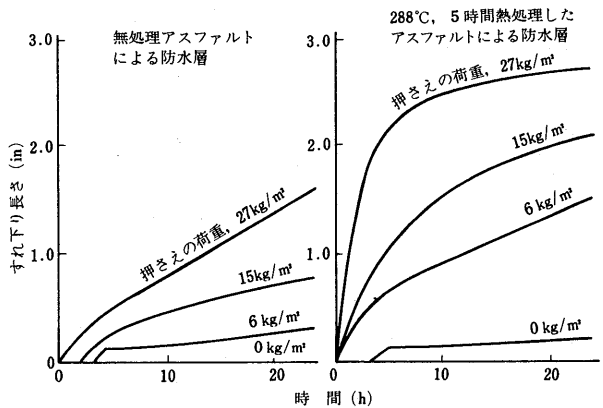


図5 加熱処理したタイプⅢアスファルトによる防水層のずれ下り(こう配=1/2)

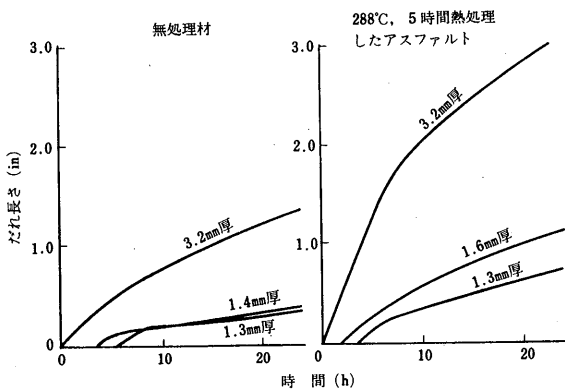


図6 加熱処理したタイプⅡアスファルトのだれ長さ(こう配=1/4)

用が予定されているこう配面でだれ下りが予想される場合に、しばしばタイプⅢの使用が推奨されているが、これは一般的な推奨として真に正しいとはいえない。アスファルトのfallback（熱の影響で粘度が低下する現象）を多少許容するためにタイプⅢを選択することは、ずれ下りの正しい解決とはいえず、また新たな問題を派生させる」

文献3）は講演要旨であるため、指摘事項の根拠が不明であるが、注目すべき研究結果の一部として、アスファルトの加熱処理が粘性を低下させることを述べている。すなわちタイプⅢのアスファルトを、空気に触れさせずに550°F（288℃）で5時間加熱すると粘度が図4のように下がり、（fallback、温度と粘度が直線関係にあるのはむずかしいが）、それによる防水層は、種々の荷重条件で無処理のものによるものに比較して約2倍のずれ下りを生じたという。また、同様な処理をしたタイプⅡ

表3 アスファルトの軟化点と粘度²⁾

種 類	軟化点 (°C)	粘 度(ポイズ)	
		60°C	232°C
タイプⅠ	57～66	30,000	0.2
タイプⅡ	71～79	400,000	0.6
タイプⅢ	82～93	5,000,000	1.0

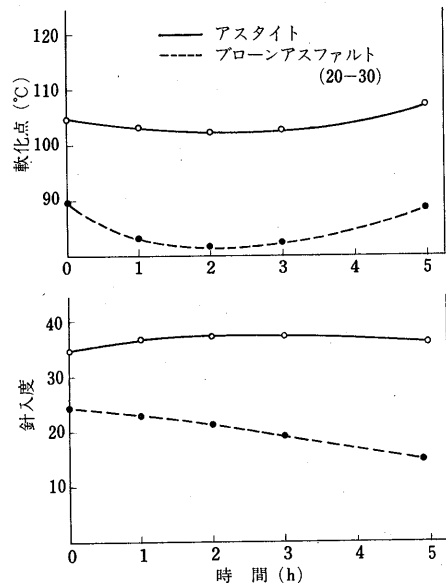


図7 300℃の加熱処理によるアスファルトの軟化点および針入度の変化

も無処理に比較して約2倍のだれを示したという（以上の試験温度不明）。

以上の fallback は軟化点の変化にはほとんど現れないが、粘度は相当に変化するため、この種の検討では粘度測定が重要であるとし、表3のデータを示している。

これらの現象はわが国でも観測されているようで、例えば東西アスファルト事業協同組合の資料⁴⁾によると、ブローンアスファルトは300℃2時間の加熱(多分空气中)で軟化点が8℃程度低下している(図7)。また、ALCパネルの屋根ではこう配を1/20以下にしないと、防水層のずれ下がり懸念されるという現場からの報告(建築学会の委員会—使用アスファルトの軟化点からみて従来の経験では考えられない)もある。

さて、それでは Cullen 氏はこのようなずれ下りを防ぐにはどうすればよいといっているのか。その第1はアスファルト使用量の減少、すなわち、従来の25lb/100ft² (1.22 kg/m²) max を、15~20lb/100ft² (0.73~0.98 kg/m²) とすべきこと(使用量をこの程度減じても、防水層の性質にはさほど影響がないと述べている)。第2はルーフィング類を検討すること、すなわち、ずれ下りに対してあなあきルーフィングはある程度有効で、ガラス繊維マットは非常に有効であると述べている。

3. 防水工事用アスファルトの低温性状

アスファルトの低温物性を示す代表的な試験値はフラ

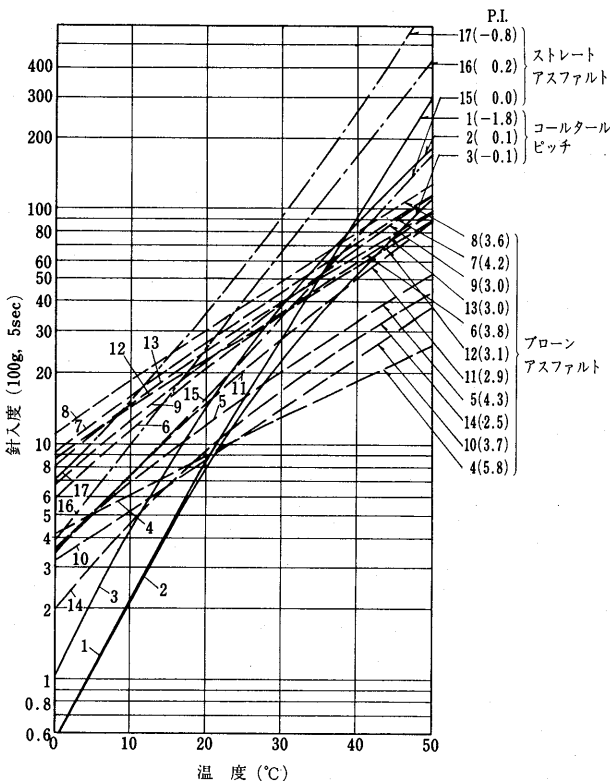


図8 アスファルトの温度と針入度(100g, 5sec)の関係(表1から作図)

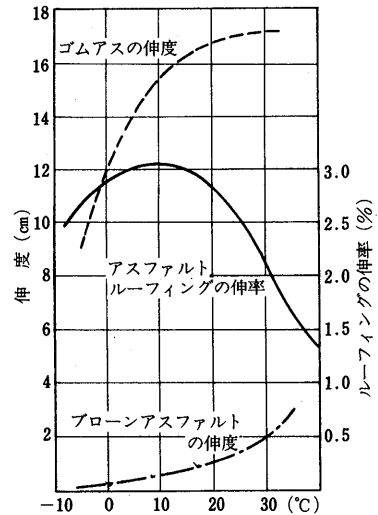


図9 アスファルトの温度と伸度との関係⁵⁾

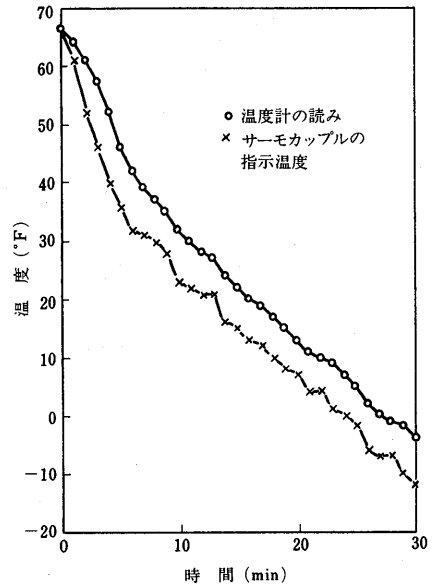


図10 フラースの脆化破壊点試験における温度計の読みとサーモカップル指示温度²⁾

ースぜい化点(または破壊点)であるが、針入度や伸度でも低温性状を表現できる。例えば Martin は同一の測定法で40°, 77及び113°Fにおける針入度を測定している¹⁾(表1)。これを作図して図8に示す。また図9はゴムファルトの低温性状の優秀さを示すために行った筆者らの伸度測定の結果⁵⁾である。

フラースぜい化点はC. van der Poelの研究⁶⁾によれば、理論的には荷重時間11秒のときのステフネスが 9.8×10^8 dyne/cm² (1,000kg/cm²)になる温度

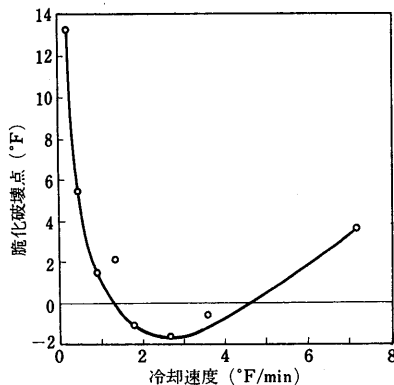


図11 アスファルトの脆化破壊点におよぼす冷却速度の影響⁷⁾

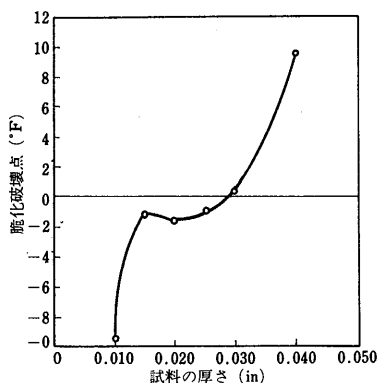


図12 脆化破壊点におよぼす試料の厚さの影響⁷⁾

であり、経験的には 11×10^8 dyne/cm² であるという。一定の変形による破断時のステフネスが一定ということは、強度が一定という理屈になるので釈然としないものがある（彼は $20 \sim 50$ kg/cm² といっている）。

Martin の研究¹⁾によると、フラースぜい化点測定における温度計の読みと、試料に埋込まれたサーモカップルの温度との間には図10のような開きがあり（ただし、アスファルトの厚さは1mm、正規には約0.5mm）、サーモカップルの方が4℃程度低い温度を指示する。また Jones の研究⁷⁾によれば、フラースぜい化点測定における冷却速度及び試料の厚さの影響も見逃せない（図11, 12）。いずれにしても、フラースぜい化点が何を示すのか不明であるばかりでなく、測定誤差も大きそうである。

筆者の研究室にあるアスファルト（JIS 3種、4種相当品）のTBA（torsion braid analysis）測定を行ったところ、図13のような結果が得られた。同図中にはフラースぜい化点と軟化点を示してあるが、相対剛性率とフラースぜい化点との間に、何か意味あり気な関係がありそうだが、他のゴム化アスファルトではそれが明

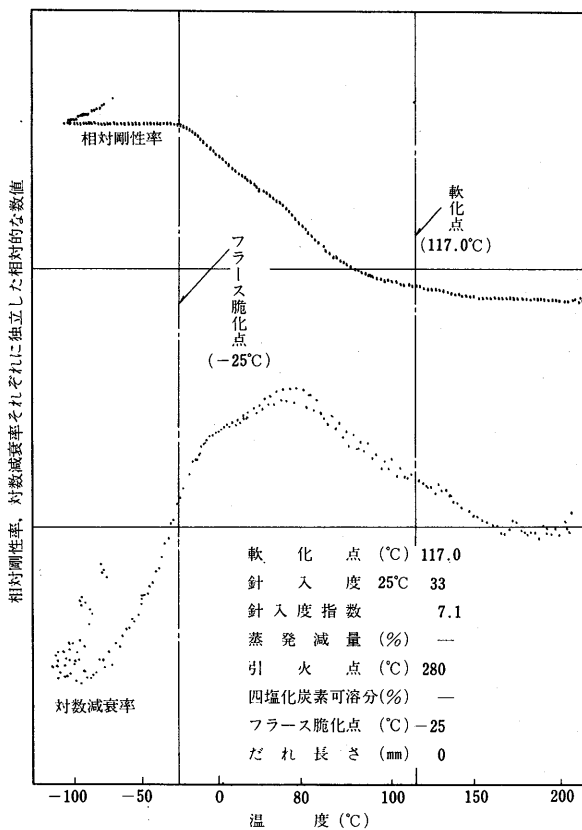


図13 防水工事用アスファルトのT. B. A. 測定結果

瞭ではないので、多分偶然の一致ではなからうか。

ともかく、針入度、軟化点、フラースぜい化点など、アスファルトを区分するための便宜的な簡易手段で得られる数値を、力学的に意味のある物性と結びつけようとする努力が長く続けられてきた。その代表は van der Poel のノモグラフ⁶⁾であろう。これも、P.I.を求める時、軟化点を「針入度が800になる温度」と読み換えることにより正確になるという意見もある。⁸⁾しかし、現時点ではやむを得ないと思われるが、次第に粘弾性物性的に意味のある物性の直接測定に移行すべきではないと思われる。

4. 防水工事用アスファルトの耐候性

図14は、昭和40年から10年間、前半は東京都足立区、後半は埼玉県春日部市に屋外暴露した、3層防水層（3枚張り）の表層アスファルトに発生したクラックである。もちろん、何らかの押さえを用いることなくアスファルト層が屋外暴露されることは、砂付ルーフィングのラップからのみ出しや防水層の張りじまいなど、特殊な部

分以外にはあり得ないことなのだが、その激しさが知れる。

図14をみると、アスファルトの耐候性を語る意欲を阻害されてしまうが、薄層をなす材料の硬化収縮に伴う割れの微妙さは美しくさえある。多分、ワニ皮模様の発生と原理的に共通する点があるのではあるまいか。

さて、従来アスファルトの耐候性試験といえば、アルミニウム板に塗覆して屋外暴露あるいは促進老化試験を行うのが常であった。この方式は、アスファルトの劣化に伴う収縮応力と、アスファルトの温度低下による収縮（アルミとの相対的な収縮、アスファルトの総膨張係数はアルミの約9倍）による応力の合計が、その温度におけるアスファルトの引張強度を超えることによって発生するクラックを観察するものといえる。このような判定方法による評価が、そのアスファルトを用いた製品または防水層と、どのような相関を有するかは全く不明であり、現在のところ論証の根拠をもたない。

表4は、昭和30年に入手したブローンアスファルトの屋外暴露（東京都文京区・東大工学部1号館屋上）5年5ヵ月後の結果である。この結果は同時に実施した北大

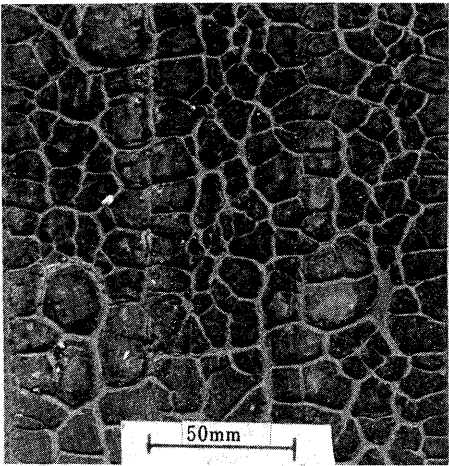


図14 屋外暴露10年（東京およびその近辺）後の3層防水表層アスファルト（軟化点77℃、針入度26）のクラック

工学部及び田島応用化工(株)の結果をもよく整合している。

屋外暴露による針入度及び軟化点の変化と、観察結果との関係は図15、16のように不明確であり、また暴露前

表4 ブローンアスファルトの観察結果と性状変化(屋外ばくろ5年5ヵ月)

試験 番号	観 察 結 果 (優；○,良；△,可；×)	針入度(25℃,100g,5sec)			軟化点℃(R & B)			伸度(25℃) cm	
		ばくろ前	ばくろ後	差(低下率%)	ばくろ前	ばくろ後	差(増加率%)	ばくろ前	ばくろ後
2	き裂なし ○	17	8	9 (53)	100	127	27 (27)	3.0	<0.5
3	き裂なし ○	14	9	5 (36)	96	119.5	23.5 (25)	2.0	<0.5
4	き裂なし, 細かい凹凸有 ○	24	11	13 (54)	85	113	28 (33)	3.5	<0.5
5	同 上 ○	22	10	12 (55)	79	114	35 (44)	3.5	<0.5
7	亀甲状のき裂が全面 ×	15	7	8 (53)	93	130	37 (40)	2.0	<0.5
8	亀甲状のき裂が全面 ×	33	5	28 (85)	79	137	58 (73)	4.0	<0.5
9	わずかに直線状のき裂有 △	15	8	7 (47)	103	133.5	30.5 (30)	3.0	<0.5
10	き裂なし, 全面あばた状 ○	27	12	15 (56)	77	105.5	28.5 (37)	5.0	<0.5
13	短いき裂がわずかに有 △	15	10	5 (33)	104	138	34 (33)	2.0	<0.5
14	き裂なし ○	24	10	14 (58)	90	136	46 (51)	2.5	<0.5
15	短いき裂がわずかに有 △	34	10	24 (71)	79	130.5	51.5 (65)	3.5	<0.5
21	荒いき裂が全面 ×	12	6	6 (50)	81	111	30 (37)	3.0	<0.5
22	荒いき裂が全面 ×	15	8	7 (47)	97	130	33 (34)	2.2	<0.5
23	短いき裂がわずかに有 △	24	8	16 (67)	90	128	38 (42)	2.5	<0.5
25	短いき裂がわずかに有 △	18	8	10 (56)	100	127	27 (27)	2.2	<0.5
26	き裂なし ○	26	11	15 (58)	80	125.5	45.5 (57)	3.2	<0.5
27	短いき裂がわずかに有 △	32	11	21 (66)	76	127.5	51.5 (68)	3.5	<0.5
28	直線状のき裂が全面 ×	16	8	8 (50)	103	142	39 (38)	2.2	<0.5

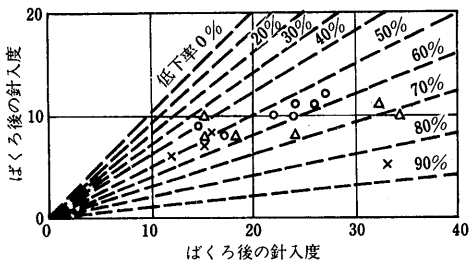


図15 針入度の低下と耐候性の関係
(耐候性：○優，△良，×可)

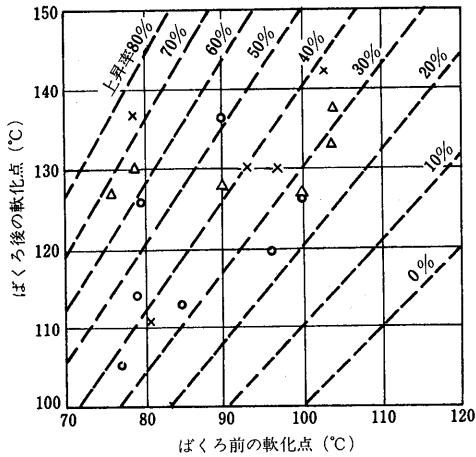


図16 屋外暴露（5年5カ月）によるブローン
アスファルトの軟化点と耐候性との関係
(耐候性：○優，△良，×可)

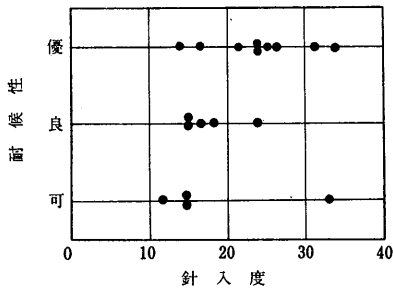


図17 針入度と耐候性

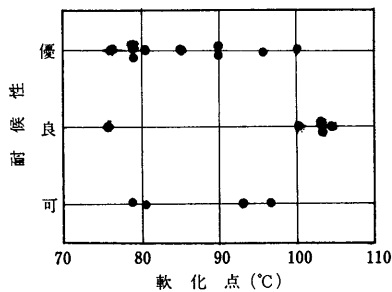


図18 軟化点と耐候性

の針入度、軟化点などと耐候性の関係は、図17～22のよう
に明瞭ではない。これは当時いわれていた、針入度が
大きいほど、軟化点が小さいほど耐候性に優れる、とい
う定説は、原油の種類と処理工程が異なる場合には選択
の根拠にならないことを示すものであった。

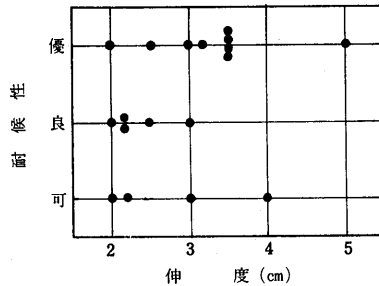


図19 伸度と耐候性

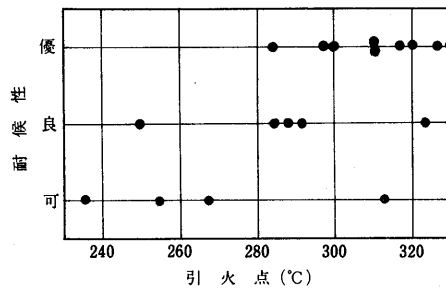


図20 引火点と耐候性

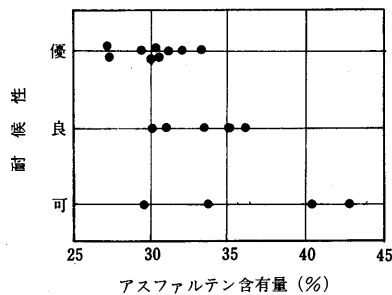


図21 アスファレン含有量と耐候性

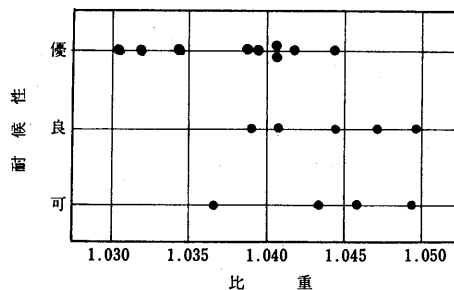


図22 比重と耐候性

1種類の物理性状や成分が耐候性良否判定の根拠にならないとすれば、2種類の物理性状の関連において考えたらどうであろうか。その中から、何やら関係がありそうな2物性として「軟化点とP.I.」「軟化点と引火点」及び「比重と引火点」の組合せと耐候性の関係を図23～25に示す。このように2種類の物性を関連させることによって、耐候性の判別ができそうに思われる。

著者の手もとに日建設備(株)が昭和33年に行ったアスファルトコンパウンドの耐久性試験報告があるので、その試験表に記載してある慣用試験結果から耐候性の判定〔(軟化点-10 P.I.) $\leq 55^{\circ}\text{C}$ ならば優れる〕を行い、試験結果と比較すると表5となる。同表では耐候性が悪いもの1種(試料B)が優れると判定される点以外は、大体よい整合性を示したといえる。

しかし、上記の判定方法を今でも主張しようとは思わない。昭和30年と現在とでは原油の事情が異なるし、原油の選り好みのできる時代でもない。また、ブローンアスファルトの高騰は、ブローンアスファルトをそのまま用いるのではなく、加工により高級な製品とするための原料として位置付けることになってしまった。それはもはやアスファルトではなく、アスファルトとエラストマーの中間的位置を占める製品である。そのような単品に対しては、単なる屋外暴露暴露でクラックが発生するかどうか、などという性能ではなく、建築部材の伸縮にともない強制的に作用する応力状態下での耐候性が問われるのである。その場合、ベースアスファルトの耐候性と、改質のために用いるエラストマーの質と量との、どちらが製品の耐候性に寄与するかは言及を要しないのではあるまいか。

むすび

執筆依頼の熱意に負けてつい引き受けてしまったことを後悔しつつ、ここまで筆を進めてきた。

あらためて読みかえてみると意に沿わぬ点ばかりで

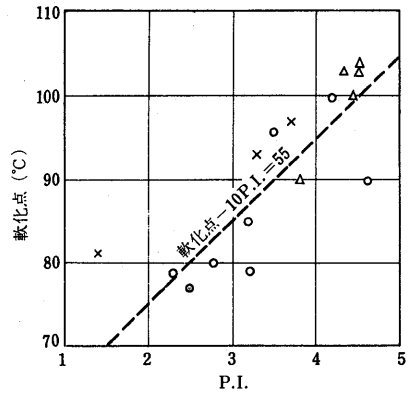


図23 軟化点P.I.と耐候性の関係
(○優, △良, ×可)

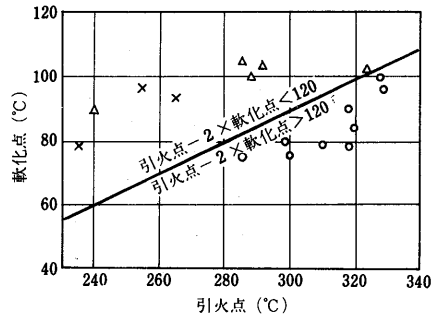


図24 軟化点, 引火点と耐候性
(○優, △良, ×可)

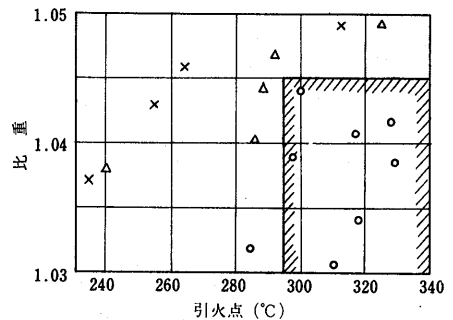


図25 比重, 引火点と耐候性
(○優, △良, ×可)

表5 独立して行われた他の耐候性試験結果と耐候性判定方法の整合性

記 号		A	B	C	D	E	F	G	H	I
性	針 入 度	15	21	32	17	23	23	21	26	28
	軟 化 点(°C)	99	99	68	109	89	92	101	86.5	86.5
	P. I.	3.9	4.6	1.5	5.0	3.6	4.0	4.8	3.6	3.7
質	伸 度(cm)	5.1	2.8	6.9	1.8	3.6	4.3	2.0	2.8	2.6
	耐 候 性	△	×	○	×	○	○	○	○	○
〔軟化点-10P.I.〕 ≤55°Cのものに☆		60	53☆	53☆	59	53☆	52☆	53☆	50.5☆	49.5☆

あるが、既に締切り日も過ぎているのでこれ以上長引くことは止めにする。今回の執筆は、日頃とりとめもなく考えていたことをあらためて認識する上で大切有意義、であったことを感謝しつつ、読者諸兄に至らなさをお詫びして筆をおくこととする。

参考文献

- 1) A. J. Hoiberg; "Asphalt" Encyclopedia of Chemical Technology, John Wiley & Sons, Inc.
- 2) K. G. Martin; Bitumens for Built Up Roofs, Part 1. Specification Test, DBR Report 02. 5-8, CSIRO, Australia (1960)
- 3) Slipage of Built-Up Roof Membranes--Causes and Prevention, American Roofer & Building Improvement Contractor, 63, [1] 9-12 (1973) (筆者注: W. C. Cullen の講演をまとめたもの)
- 4) 東西アスファルト事業協同組合; アスファルト防水仕様書(1980), 62頁
- 5) 浜田・岸谷・小池; アスファルト防水層破断防止に関する実験的研究, 日本建築学会論文報告集 [66] 21-24 (1960)
- 6) C. van der Poel; A general System Describing the Visco-Elastic Properties of Bitumens and its Relation to Routine Test Data, J. appl. Chem., 4, May, 1954
- 7) P. M. Jones; A Brittle Point Test for Low Temperature Studies of Bitumens, DBR Research Paper No. 205, National Research Council, Canada (nov. 1963)
- 8) Flow Properties of Blown Bitumen, RUBEROID, United Kingdom, RITC, Helsinki (1974) ー筆者注: 英国RUBEROID社グループの研究会資料。

フルデプスアスファルト舗装の研究はじまる

～本協会に分科会新設～

フルデプス分科会 (50音順)

分科会長	河野宏	石油公団備蓄事業部企画調整課長
委員	阿部 頼政	日本大学理工学部土木工学科助教授
	飯島 正	建設省土木研究所舗装研究室長
	石橋 穂	建設省道路局地方道課長補佐
	伊藤 武	建設省大臣官房技術調査室技術調査官
	岩川 義	日本アスファルト協会技術副委員長 (日本石油)
	久島 世	日本道路公団試験所舗装試験室長
	小保 昭	北海道開発局土木試験所舗装研究室長
	陶林 宏	日本道路公団維持施設部維持第一課長代理
	達山下 武彦	日本舗道機技術部副部長
	藤原 文	東京都土木技術研究所副参事
	船越 一	建設省道路局国道第二課長補佐
	真柴 稔	建設省道路局国道第一課長補佐
	山松 三	日本アスファルト協会技術委員長 (丸善石油)
	下野 弘美	金沢大学工学部土木科教授
		日本道路機技術研究所長
幹事	阿部 忠行	東京都土木技術研究所道路構造研究室
	今井 俊	建設省土木研究所舗装研究室
	牛尾 耕	シェル石油機技術研究所
	大岡 二	建設省道路局国道第一課
	川村 真	建設省道路局国道第二課
	角野 敏	東亜道路工業機総合技術研究所
	古屋 直	出光興産機中央研究所
	澤財 武	大成道路機技術研究所
	竹藤 安	鹿島道路機東京支店工務部
	海林 正	日本舗道機技術部
	福島 利	建設省東京国道工事事務所管理第二課
	松島 幸	日本鉱業機潤滑油研究所
	森田 幸	日本道路公団試験所舗装試験室
	山口 幸	建設省道路局地方道課
	来城 敏	日本道路機技術研究所
		モービル石油機技術課
		建設省関東地方建設局道路工事課

本協会アスファルト舗装技術委員会(委員長 多田宏行氏)のもとに従来より、重交通道路舗装用セミブローンアスファルトの追跡調査のための「試験舗装調査分科会」ならびに市町村道のいわゆる軽舗装のための「路面処理分科会」を設け、研究を継続しているが、本年度は新たにフルデプスアスファルト舗装の研究を開始することとし、フルデプス分科会を設置した。

分科会長は河野宏氏にお願いし委員・幹事は左表のとりの各位に委嘱して、第1回分科会を8月28日に開催、以下のとおりの検討を行なった。

1. 研究目的
フルデプスアスファルト舗装の技術指針案の作成
2. 研究内容
 - 1) 資料の整理
 - ① 海外の実施例と文献蒐集
 - ② 国内の実施例とその後の実績データの蒐集
 - 2) 問題点の整理
 - 3) わが国のフルデプスの定義、考え方をまとめる。
 - 4) 試験舗装のためのマニュアルの作成
 - 5) 試験舗装→追跡調査
 - 6) 指針案の作成
3. 研究期間 3カ年目標

アスファルト防水 その材料・用途・種類

斉 藤 彪*

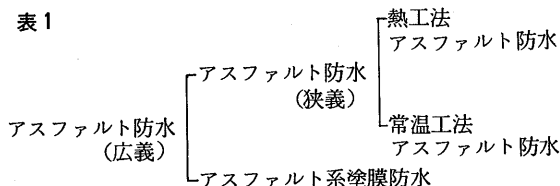
1. まえがき

建築物の防水材料としてアスファルトが利用されてから、百年以上にもなるといわれる。現在では、高分子化学の発展により、種々の耐候性に優れた合成高分子が汎用化され、これらを主材とした各種の防水材料も利用されている。しかし、今なおアスファルト防水は、建築・土木分野における、最も信頼できる防水工法として、最も多く採用されている工法である。

このような情況にありながら、一般にはあまり知られていないアスファルト防水と、そこに使われているアスファルト系の材料について概説する。

2. アスファルト防水と、その材料

アスファルト系の材料を用いてなされる防水（工法）を、アスファルト防水（工法）と呼んでいるが、その材料の形態や施工方法の違いにより、次のように区分されている。



狭義のアスファルト防水は、アスファルトと適当な基材を用いてシート状に成型された、いわゆるアスファルトルーフィングを、建設現場において、その施工対象面に貼着しながら防水層を形成するものであるが、この施工において、加熱熔融したアスファルト（防水工事用アスファルトという）でルーフィングを貼着させる工法を熱工法アスファルト防水と呼び、現在実施されているもの

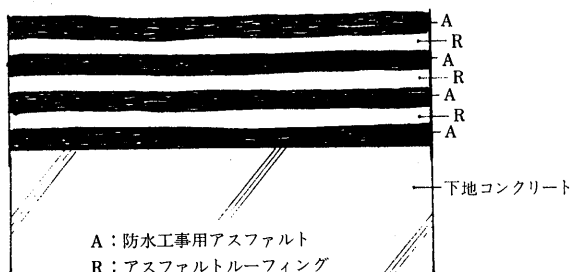


図1 防水層の構造

の大半がこの工法である。このとき、熔融アスファルトを用いずに、常温でルーフィングを貼着しながら防水層を形成するものを常温工法アスファルト防水（もしくは冷工法アスファルト防水）と称している。常温でルーフィングを貼着する手段としては、①アスファルトに鉱物質充填剤と有機溶剤等を混入し（ゴムを加えたものもある）、常温で塗布可能な流動性をもたせたアスファルト混合物を、前記加熱熔融アスファルトの代りに用いる方法 ②あらかじめ、ルーフィングの表面にアスファルトを厚く塗覆しておき、その塗覆アスファルトをバーナーやトーチランプであぶり溶融させながら貼着させる方法（トーチ工法ともいう）③その表面にゴム化アスファルトなどにより、常温でも高い粘着性を有する被覆層を形成させたルーフィングを用意し、これを直接、対象面に貼着させる方法— などがある。現在実施されている常温工法と全く同一ではないが、基本的には同様の考え方で、これらの常温工法は20年以上も以前に、すでに考えられたり、実施されていたが、あまり発展しなかった。しかし、近年、熱工法に伴う火の使用や、煙、臭気の発生等に対する社会的な規制や、工期の短縮、省資源、省力化などの要求から、再びこの種の製品が開発されだし、今後の成り行きが注目されている。

アスファルト系塗膜防水は、ポリウレタンやアクリル樹脂系の塗膜防水材と共に、塗膜防水と称される工法に

* 田島ルーフィング(株)開発部

分類されることもあるが、液状のアスファルト系防水材を対象面に塗布して、防水層を形成するものである。現在使用されているアスファルト系塗膜防水材は、ストレートアスファルトのエマルジョンに、合成ゴムエマルジョンその他の添加剤を加えたものが主である。

3. アスファルトルーフィングの用途

アスファルトルーフィングは、厳密には屋根用の防水材を意味するものであるが、屋根以外の部位を対象とする防水材でも、これと同一材料もしくは類似の外観を呈する材料であることから、一般には、シート状のアスファルト系防水材を“アスファルトルーフィング”と表現している場合が多い。

アスファルトルーフィング類の用途を大別すると、次のとおりである。

(A) 屋根葺き材： 粒径2mm程度の粗い砂粒を表面に散着した“砂付きルーフィング”や、類似の構成で、葺上がった屋根の外観が瓦状を呈するような形状に裁断された“アスファルトシングル”が、この用途に使用されている。アスファルトシングルで葺上げた屋根は、独特の美しさをもっているが、残念ながら、わが国では建築法規の関係であまり普及していない。

(B) 屋根下葺材、および壁下張り材： 勾配屋根は、瓦をはじめ各種の上葺材で葺上げられているが、その下層に、下葺材としてアスファルトルーフィング類が貼られており、上葺材だけでは不十分な防水性を、これで補っている。モルタル壁の木造家屋のラス（金網）下にも、アスファルトルーフィング類が貼られている。

(C) 防水・防湿工事材料： 前記(A)(B)の用途では通常、アスファルトルーフィング類は、1層のみ、釘や円形の針など、機械的固定手段で下地に張られる場合が多いが、勾配がほとんどつけられていない陸屋根では、このような方法ではなく、加熱溶融したアスファルトを流しながら、数層のアスファルトルーフィングを貼り重ねて、厚い防水層を形成する。このような工法に用いられる材料を、前記(A)(B)と区別し防水（防湿）工事材料と称しているが、これらには厳しい使用条件に耐えることが要求される。地上建築物では、屋板の他にベランダや、浴室、便所、厨房などの一部の室内、また地下街や地下鉄などの地下構築物では、その周壁、底面、頂部など全面に防水層が形成されている。最近では、橋梁、道路、鉄道用高架橋路面などにも防水層が形成されるようになった。防湿工事の代表例としては、生鮮食料品の鮮度を長期にわたって維持するための、大型の冷凍冷蔵



図2 アスファルトフェルト



図3 アスファルトルーフィング

倉庫をあげることができる。その内面全体には、冷凍効果を高めるための防湿層が形成されているが、これにもアスファルトルーフィング類が使われている。

(D) その他の用途： 以上にあげた用途の他に、農業用の池や灌漑水路、工業用排水池、その他の貯水池などの漏水防止材としても使用されている。

4. アスファルトルーフィングの種類

広範囲の用途をもつアスファルトルーフィング類には多くの種類がある。これらを、構成と使用されている材料から分類し、各種類とそこに使われているアスファルトについて簡単に述べる。

アスファルトルーフィング類を、その構成から大別すると、アスファルトフェルトとアスファルトルーフィング（狭義）がある。前者は、嵩高にフェルト状に抄造された紙などアスファルトが浸透しやすいように造られたシート状の基材に、アスファルトを含浸させたものである。後者はアスファルトフェルトの表面に更にアスファルトを塗覆し、その表面に、粘着防止のために適当な鉱物質粉粒を散着させたものである。一般に、アスファルトルーフィングといえば、これを指している場合が多いが、総称的広義にアスファルトフェルトを含めることもある。

通常アスファルトルーフィング類は、巾1m、長さは10～42m程度の範囲に規定され、ロール状の巻物にされている。

(A) アスファルトフェルト

現在生産されているアスファルトフェルトは、木質繊維、綿、羊毛、麻などの天然有機繊維を、一定の比率で配合し、嵩高に抄造した紙（ラグフェルトと称する）を基材としたものと、石綿を主原料として抄造した紙（石綿フェルト）を基材としたものがある。これらの基材にアスファルトを含浸させて、アスファルトフェルトとするが、そのアスファルトには、ストレートアスファルトが使用されている。ここに使用されるストレートアスフ

ァルトは、基材の微細な繊維間に浸透しやすく、また浸透後の製品の柔軟性が得られるように、熔融粘度が低く、感温比が小さく、比較的軟らかいものである。一般的なもの、針入度60～300(25℃)、軟化点30～50℃、針入度指数PI≥-1の範囲に入る。また、セミブローンアスファルトも一部用いられている。

(B) アスファルトルーフィング(狭義)

表面に被覆アスファルト層をもつアスファルトルーフィングは、代表的なものとして次のようなものがある。

表2 アスファルトルーフィング(狭義)

(使用されている基材)

- 1 ラグルーフィング……………ラグフェルト
- 2 石綿系ルーフィング……………石綿フェルト
- 3 グラスファイバー系ルーフィング…グラスファイバーマット
- 4 合成繊維不織布ルーフィング……合成繊維不織布

ラグルーフィングと石綿系ルーフィングに使用されている浸透用アスファルトは、前述の通りストレートアスファルト、もしくはセミブローンアスファルトであるが、グラスファイバーマットや合成繊維不織布を基材とするルーフィングでは、その繊維構造が非常に粗であるため、熔融粘度が相当高いアスファルトでも、容易に浸透させることができる。従って、この種のルーフィングの浸透用アスファルトには、ブローンアスファルトが使われている。いうまでもなく、ブローンアスファルトは、ストレートアスファルトに較べて針入度指数も高く、耐候性にも優れているので、ルーフィングの品質は大巾に向上する。特に合成繊維不織布ルーフィングは、現在最も高

品質のものとされているが、基材が優れている点と、一方には、キャタリティックブローンアスファルトのような高品質のアスファルトが浸透用アスファルトとして使用可能で、これもその理由のひとつとなっている。

次に表面に塗布される被覆用アスファルトであるが、これにはブローンアスファルトが使用され、ストレートアスファルトは使用されない。このブローンアスファルトは、ルーフィングの製造時期と使用時期により、2種類のものが使い分けられている。一般的な例をあげると、3～10月には夏期用として、針入度10～20、軟化点90～95℃、10月～3月は冬期用として、針入度20～30、軟化点80～85℃、程度のものである。このような使い分けは、ブローンアスファルトの感温比に帰因するものであるが、現在市販されているアスファルトでは、こうせざるを得ない。これらのブローンアスファルトは、前述の浸透用アスファルトとして使用する場合はそのまま用いるが、被覆用として使用する場合には、これに20～50%程度の比率で鉱物質充填剤が混合されている。その主な理由は、耐候性の向上とコストダウンにある。キャタリティックブローンアスファルトも被覆用アスファルトとして使用されるが、この場合にも鉱物質充填剤が混合されることがある。なお、キャタリティックブローンアスファルトは、防水材として非常に好ましい性質を有しているが、高価であるため、不織布ルーフィングのような高級なルーフィングにのみ使用されている。

5. 防水工事用アスファルト

アスファルトルーフィングと共に、防水層を形成するもうひとつの材料・防水工事用アスファルトは、ルーフ

表3

種 類		用 途
防水工事用アスファルト	1 種	工期中及びその後にわたって適度な温度条件における室内及び地下構造部分に用いるもの。感温性は普通で、比較的軟質のもの。
	2 種	一般地域のゆるいこう配の歩行用屋根に用いるもの。感温性が比較的小さいもの。
	3 種	一般地域の露出屋根又は気温の比較的高い地域の屋根に用いるもの。感温性が小さいもの。
	4 種	一般地域のほか、寒冷地域における屋根その他の部分に用いるもの。感温性が特に小さく、比較的軟質のもの。

表 4

項 目 種 類		軟 化 点 ℃	針 入 度 (25℃) 1 / 10mm	針 入 度 指 数	蒸 発 質 量 変 化 率 %	引 火 点 ℃	三 塩 化 エ タ ソ ン 可 溶 分 %	フ ラ ー ス ぜ い 化 点 ℃	だ れ さ mm	加 熱 安 定 性 (フ ラ ー ス ぜ い 化 点 差) ℃
防 水 工 事 用 ア ス フ ェ ル ト	1 種	85以上	25以上 45以上	3 以上	1 以下	250 以上	98 以上	-5 以下	—	5 以下
	2 種	90以上	20以上 40以上	4 以上	1 以下	270 以上	98 以上	-10 以下	—	
	3 種	100以上	20以上 40以上	5 以上	1 以下	280 以上	95 以上	-15 以下	8 以下	
	4 種	95以上	30以上 50以上	6 以上	1 以下	280 以上	92 以上	-20 以下	10以下	

ィング類に使用する以上の量が消費されている。また、この品質は、形成される防水層の性能を大きく左右する一因となるため、公的な規格も制定されている。わが国では、JIS K 2207 “石油アスファルト”の中に、防水工事用アスファルトとして、第1種から第4種まで区分され、その品質が規定されている。(表 3, 表 4 参照)

6. 今後のアスファルトルーフィング

アスファルト防水は、長い歴史の中で種々の発展を遂げてきた。その要因のうち、アスファルトブローイング技術の発明や、キャタリティックブローンアスファルトの発明など、アスファルトの改質は、これに大きく貢献した点としてあげることができる。しかし、その後におけるアスファルト単体の改質技術には、あまり進展が見られないのは残念である。このような面をも背景として、最近のアスファルト防水材の動きの中に、アスファルト

にゴムを混合した、ゴム化アスファルトの採用の動きがある。ゴム化アスファルトは、100年以上も昔に、すでに知られていたらしい。その後も、各種の合成ゴムが汎用化し、実験室的には、そのほとんどがアスファルトとの混合に供されたと思われる。しかし、混合技術の未熟さや、コストアップにつながることから発展することはなかったようである。しかし、近年度重なる石油事情の悪化や、これに伴うアスファルトの価格の上昇などと、アスファルトに混合しやすいゴムの出現や混合技術の発展、一方では、建築技術の発展による防水材の要求性能の高度化、省資源、工期短縮、環境汚染防止などの社会的な要求等、多くの理由を背景に、アスファルト防水の種々の面からみた機能の向上策として、ゴム化アスファルトを用いた防水材の開発が目立ってきている。現状では、まだその性能は十分に確認されておらず、使用実績もわずかであるが、大きな期待をもって注目されているようである。

☆

☆

☆

☆

☆

☆

道路目地・土木防水・水利・鉄道への利用

梶 田 慈*

1. まえがき

道路目地と土木防水へのブローンアスファルトの使用は非常に広範囲に及んでいる。また使用の動向も変化してきており、特にゴムやエラストマーで改質したアスファルトの使用が目立ってきている。

本文では、道路目地では、舗装の目地やクラックに関連するものについてのブローンアスファルトの使用動向、土木防水では、地下鉄、共同溝などの地下構造物の防水、道路橋床版の防水、および水利へのブローンアスファルトの使用動向について述べ、併せて新しい特殊な用途として国鉄における舗装軌道の特殊ブローンアスファルトのグラウトと鋼桁橋の歩道部分の鋼床版への防振防音板の応用について述べる。

2. 道路目地等への応用

2-1 コンクリート舗装の目地と目地材¹⁾

コンクリート舗装版には、温度変化、水分の吸収蒸発、硬化反応などによって生ずる膨脹、収縮、そりなどをある程度自由におこさせ応力を軽減させる目的で目地を設けている。目地には、伸縮目地（膨脹目地）、収縮目地（盲目地、突合せ目地）、そり目地（盲目地、突合せ目地）、施工目地などがある。これらの目地に目地材が使用される。目地材には、目地板と注入目地材とがあり目地の緩衝材、防水材料として単独または併用して用いられる。例えば横膨脹目地では、目地幅15～25mmで目地の下部に目地板を用い上部約40mmに注入目地材を用いシールしている。目地はスリップバーで補強する。横収縮目地では、目地上部に幅8～10mm、深さ約70～100mmの溝をつくり注入目地材を用いシールする。目地はスリップバーで補強する。縦目地では、目地上部に幅8～10mm、深さ約40mmの溝をつくり注入目地材を用いシールする。目地はタイバーで補強する¹⁾。（図-1）

1) 目 地 板

目地板は、現在次の4種類のものが一般に使用されて

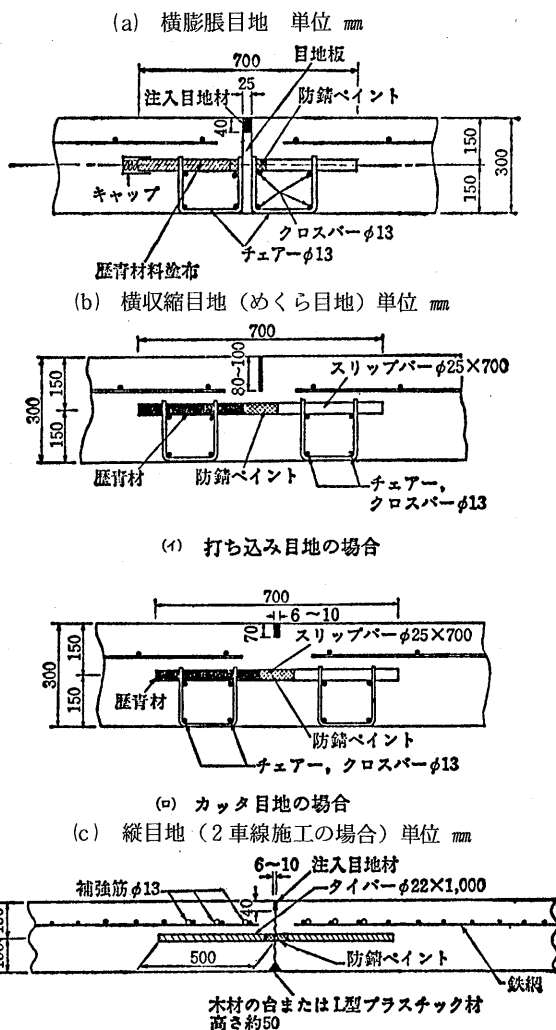


図1 目地構造の一例（セメント舗装要綱）

いる。

- (1) 歴青質系目地板（アスファルト目地板）
- (2) 歴青繊維質系目地板（アスファルト繊維質目地板）
- (3) 木材系目地板（杉板）
- (4) ゴムスポンジ・合成樹脂発泡体系目地

* 日瀝化学工業株式会社社長室主任研究員

このうち(1)と(2)がアスファルト系で、そのうちブローンアスファルトを使用している目地板は(1)のアスファルト目地板である。

アスファルト目地板²⁾は、ブローンアスファルトに適量の繊維類(石綿その他)、石粉、コルク粉、ゴム粉、その他を混合した混合物(マスチック成分、アスファルト含有量約65～80%)を板状に成形したもので、その両面にアスファルトフェルトを貼付けたもの(一般にエラストイルといわれている)と貼付けてないものがある。この目地板は吸水性がなく水密性であるが圧縮に対し復元性が殆んどなく、はみ出しが非常に大きい。(2)のアスファルト繊維質目地板³⁾は、砂とうきび、とうもろこし、わら、おがくず、パルプ、紙くずなどを原料に抄造した軟質テックス板に適量のアスファルト(ストレートアスファルト、その他)を浸透させたもの(アスファルト量、35～60%)で、アスファルト目地板に比べて圧縮に対し復元性がよく、はみ出しが少ないが、吸水率が大きい。

目地板としては、ある程度剛性があるが圧縮復元率がよく、はみ出しが少なく、耐久性のあるものが要求される。これに対し、アスファルト目地板は、コンクリート版の目地に用いると高温時にコンクリート版が膨脹するときは圧縮され、目地からマスチック成分がはみ出し(ただし目地のシールは有効に働らく)、気温が下り版が収縮し目地幅が開いてくるとマスチック成分は目地を十分にシールできなくなり、目地に口があき雨水や砂の侵入を許すことになる。そのためかつてはコンクリート舗装目地に使用されたが、現在では使用量は減り膨脹目地には使用されず、目地幅の挙動の少ない個所の目地、水利構造物の目地に使用されている。一般のコンクリート舗装の目地にはアスファルト繊維質目地板、杉板、ゴムスポンジ板、合成樹脂発泡板(例えばポリエチレン発泡板)が主に使用されている。セメント舗装要綱では、アスファルト目地板について、従来、はみ出しが多い点からコンクリート版には適さないとしていたが、昭和55年の改訂で縦自由縁部と測溝部分の目地幅の挙動が少ない個所には使用できるようにしている⁴⁾。アスファルト目地板は、舗装以外の目地では、例えば堤防、擁壁、建物など特に水分の多い所や地下、水中に没する所の目地には欠くことのできない目地板として広く使用されている。表-1に各種目地板の品質試験の一例を示した¹⁾。目地板の品質規格については建設省土木試験基準、日本道路公団規格、東京都建設局規格等があり、米国規格としては、連邦規格ASTM規格等がある。表-2、表-3に、

表-1 各種目地板の品質試験結果の一例(厚20mm)
(セメント舗装要綱)

目地板の種類 試験項目	a) 木材系(杉板)	b) ゴムスポンジ 樹脂発泡体系	c) 歴青繊維質系	d) 歴青質系
圧縮応力度(kg/cm ²)	64～310	1.1～5.1	20～102	9～58
復元率(%)	58～74	93～100	65～72	50～64
はみ出し(mm)	1.4～5.6	1.5～4.6	1.0～3.7	50～61
曲げ剛性(kg)	14～41	0～4.8	0.2～3.2	0.2～4.9

(注) 圧縮応力度、復元率、及びはみ出しは1/2圧縮時のもの。

表-2 アスファルト目地板の規格
ASTM D 994-71¹⁾

試験項目	要件
歪み(52℃) mm	25以下
脆弱性 ²⁾	クラック或は砕けたりしないこと
吸水率 ³⁾ 厚さ(mm) 最大(%)	25 19 13 9.5 2.5 3 4 5
圧縮応力度 ⁴⁾ kg/cm ² (1/2圧縮時)	7～52.5 (689～5171 kPa)

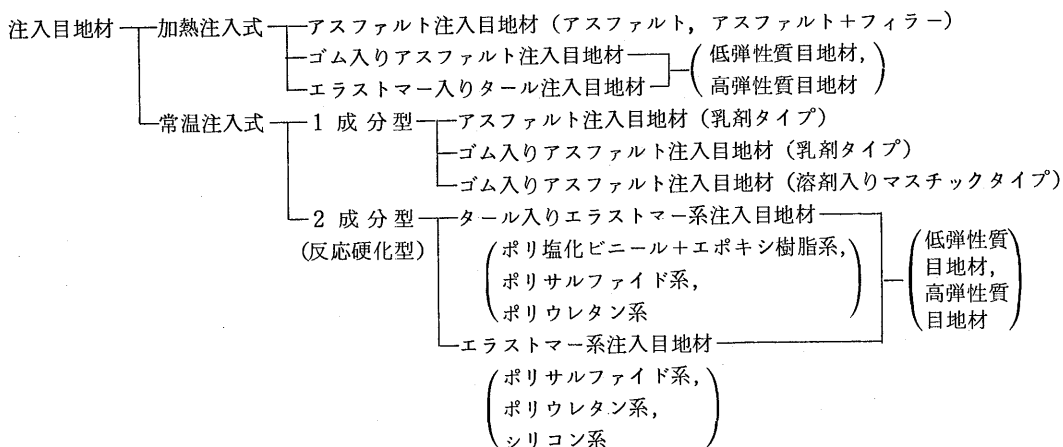
- 1) この製品は、瀝青物を透過せしめたフェルトあるいはガラス繊維フェルトの二層の間に包まれ、成形された瀝青物(アスファルトあるいはタール)マスチックにより構成される。マスチックはミネラルヒュー及び補強用繊維を含む、また補強用シート材の細長い薄片を含むこともある。マスチックの部分は(補強用シートを除く)厚さ1/4インチ(6.4mm)より厚い物に対しては、二硫化炭素可溶分を70%以上含み、厚さ1/4インチ(6.4mm)以下の物に対して65%以上を含むこと。
- 2) 厚さ6.4mm以下のものには適用しない。
- 3) 厚さ9.5mmより厚いものには適用しない。
- 4) 厚さ13mmより厚いものには適用しない。

表-3 アスファルト繊維質目地板の規格
(FS HH-F-341F タイプI, ASTM D 1751-73)

試験項目	FS·HH-F-341F Type I*
圧縮強度 (1/2圧縮時の圧縮力) kg/cm ²	7.0～340
はみ出し試験 (1/2圧縮時のはみ出し量) mm	6.4以下
復元試験 (1/2圧縮時の復元率) %	70以上
密度 kg/m ³	304以上
吸水試験 Vol. %	15以内(13mm厚) 20以内(他の厚さのもの)
アスファルト含有量 %	35以上
耐候性試験	合格
曲げ試験	—

注 この規格は、アスファルト繊維質目地板とアスファルトコルク板の規格である。アスファルトコルク板はコルク粒をアスファルトを結合材として板状に成型し、その両面にアスファルトフェルトあるいはガラス繊維フェルトを貼った目地板であるが、わが国では使用されていない。

表-4 注入目地材の種類

表-5 アスファルト注入目地材^{2), 8)}

マ ス チ ッ ク				ブローンアスファルト	
ストレートアスファルト		ブローンアスファルト		ブローンアスファルト 100 % (Pen. 20~30, 30~40)	
ストレートアスファルト	20~40%	ブローンアスファルト	75 %		
(Pen. 40~60, 60~80)		(Pen. 20~30, 30~40)			
石 粉	25~45	石 綿	5		
洗 砂	25~45	石 粉	20		
計	100 %	計	100 %		

表-6 ゴム入りアスファルト注入目地材 (加熱注入式) の品質規格と市販品の性状^{4), 10), 11), 12)}

項 目	セメントコンクリート舗装要綱 (昭和55年)		SS-S-164	SS-S-1401B	市販品の性状	
	低 弾 性 タ イ プ	高 弾 性 タ イ プ	低 弾 性 タ イ プ	高 弾 性 タ イ プ	低 弾 性 タ イ プ	高 弾 性 タ イ プ
注 入 温 度 °C	—	—	安全加熱 温 度 の 11°C以下	232 以下	180~200	190~200
安全加熱温度 °C	—	—	—	—	220	220
針入度 (25°C, コーン) mm	6 以下	9 以下	9 以下	9 以下	4~6	3~5
流 れ (60°C) mm	5 以下	3 以下	5 以下	3 以下	3 以下	1 以下
弾性 (球針) 貫入度 mm	—	0.5~1.5	—	—	—	0.6~1.0
復元率 %	—	60以上	—	60以上	—	70~80
接着性 (引張量) (-10°C) mm	3 以上	10以上	—	—	4~12	12~20
結合性 (-29±1°C) 非水浸	—	—	-17.8°C 合 格	合 格	-17.8°C 合 格	合 格
水 浸	—	—	—	合 格	—	合 格
分離 (上下灰分差) %	6 以下	—	—	—	0.5~2.5	—
相用性 (アスファルト舗装 に対し, 60°C)	—	—	—	合 格	—	合 格
耐候性 (ウェザオメータ 160時間)	—	—	—	—	—	合 格

アスファルト目地板およびアスファルト繊維質目地の規格の1例を示した。^{5), 6)}

2) 注入目地材^{1), 7)}

注入目地材は、シーリングコンパウンド、ジョイントシーラー、または目地シール材ともいわれている。一般的性質として、コンクリート版の膨脹収縮に順応し、コンクリートによく付着し、水に溶けず、水を通さず、高温時に流れ出さず、低温時にも衝撃に耐え、土砂などの異物の侵入を防ぎ、かつ耐久性のあるものが要求されている。

注入目地材で現在使用されているものをまとめると表-4のとおりである。このうちブローンアスファルトを使用しているものは、加熱注入式のアスファルト注入目地材、ゴム入りアスファルト注入目地材、常温注入式(1成分型)のゴム入りアスファルト(溶剤入りマスチックタイプ)注入目地材である。

アスファルト注入目地材は、ストレートアスファルトあるいはブローンアスファルトに石粉、石綿、砂などを混合したもの(マスチック)やブローンアスファルト単独で用いるもので、その1例を表-5に示す。^{2), 8)}この注入目地材は、ゴム入りアスファルト注入目地材が使用されるまで一般に使用されたもので、現在はその使用は少ない、むしろシール材というより充填材として目地やクラック、その他破損箇所の補修に用いられている。

ゴム入りアスファルト注入目地材は、加熱注入式目地材の最も代表的なもので、現在使用されている注入目地材の大半はこのタイプのものである。低弾性質タイプと高弾性質タイプの二種類がある。⁹⁾この注入目地材は、アスファルト(ストレートとブローンアスファルトの併用あるいはストレートアスファルト)にゴムその他を加え一定の温度に加熱して溶解分散させたもので、ゴムとしてはタイヤの粉末ゴム、ゴムとアスファルトのマスタバッチ、ゴムラテックスなどが用いられたが、最近では熱可塑エラストマー等も使用されている。またゴム以外に合成樹脂等も適宜併用される。この注入目地材の品質規格については、低弾性質のものについて、日本道路協会、建設省、日本道路公団、東京都建設局等の規格があり、米国規格にFS SS-S-164¹⁰⁾、ASTM D 1190-74等があり、高弾性質のものについて、セメント舗装要綱の改訂(昭和55年)で規定され⁴⁾、米国規格にFS SS-S-1401 B¹¹⁾、ASTM D 3405-78, D 3406-78等がある。これらの規格の1部と市販品の性状¹²⁾の1例を表-6に示す。

ゴム入りアスファルト(溶剤入りマスチックタイプ)

表-7 サブシーリング用ブローンアスファルトの品質

	軟化点 °C	針入度(25°C)
カリフォルニア	94 ~ 107 92 ~ 94	10 ~ 25 20 ~ 30
アスファルト インスチチュート	71 ~ 82 82 ~ 93	25 ~ 40 15 ~ 30
A S T M D 3141-72	82 ~ 93	15 ~ 30
道路維持修繕要綱	—	10 ~ 40

注入目地材は、ゴム入りアスファルトに溶剤、石綿、石粉などを混合し、ゆるいパテ状にしたものである。この注入目地材は、舗装より擁壁、堤防などの立上り部分の目地のシールや歴青系防水層の端末仕上げや接ぎ目のシール等に使用されている。

その他のアスファルト系注入目地材としては、ゴム入りアスファルト乳剤は収縮目地やクラックの充填等狭い目地の注入に使用されている。

3) コンクリート舗装版のサブシーリング^{13), 14)}

コンクリート舗装版と路盤との間に生じた空洞を填充したり、沈下を生じた版を押上げ正常の位置に戻す工法で、このグラウト材として210°C以上の温度に加熱溶融したブローンアスファルトが用いられている。注入後30分~1時間後に交通開放ができ、良好の結果が得られる。ブローンアスファルトの性状を表-7に示す。¹⁵⁾

4) アスファルト舗装オーバーレイのクラックのシール

コンクリート版上にアスファルト舗装のオーバーレイを行うと、コンクリート版の目地やクラックの上にリフレクションクラックが生じる。このクラックはゴム入りアスファルト注入目地材によってシールされるが、またこのクラックの発生を防止するため、合成繊維織布、不織布などの両面にブローンアスファルトを塗布したシート、あるいはそれらのシートの片面にアルミニウム箔を貼り、ブローンアスファルトを塗布したシートなどを、コンクリート版の目地やクラックの上に貼ってから、アスファルト舗装を施工し効果をあげている¹³⁾。

5) アスファルト舗装のクラックのシール

寒冷地のアスファルト舗装では、凍上によるクラックや北海道のように冬の寒さが酷しく、年間の温度差が大きかったり、温度勾配の大きい箇所等、アスファルト舗装に発生する温度応力によるクラックがある。温度応力によるクラックは、コンクリート版の目地のように作

用する。これらのクラックの適切な発生防止対策と維持修繕工法が要望されている。^{16), 17)} これらのクラックのシールにはゴム入りアスファルト注入目地材が使用される。

アスファルト舗装面の維持修繕工法にいろいろな工法があるが、アスファルト舗装が老化しクラックが発生している表面に、表面処理のかわりに表面に砂粒をつけた丈夫なブローンアスファルト加工したシート（織布、不織布などを基布とした）を貼って、そのまま交通開放する工法も実施されている。最近ではこの種のシートに感圧接着性のゴム入りアスファルト系シートも使用されている。また老化したアスファルト舗装面の上にアスファルト舗装のオーバーレイを行うときも、コンクリート版上のオーバーレイのときに使用されたと同様のシートが使用され、舗装体の補強、リフレクションクラックの防止に効果をあげている。

表－8 防水層施工順序

名 称	底部2層	底部3層	側部3層	頂部3層
施工箇所 層別	2 線部 停車場部 (通路を含む)	階段部 乗降場連 絡地下道	各部同一	各部同一
			アスファルト プライマ	同 左
	ブローン アスファルト (塗装2回)	同 左 (同 左)	同 左 (同 左)	同 左 (塗装1回)
第1層	アスファルト フェルト	同 左	ヘッジャン クロス	アスファルト フェルト
	ブローン アスファルト (塗装1回)	同 左 (同 左)	同 左 (塗装2回)	同 左 (塗装1回)
第2層	ヘッジャン クロス	同 左	アスファルト フェルト	ヘッジャン クロス
	ブローン アスファルト (塗装2回)	同 左 (同 左)	同 左 (塗装1回)	同 左 (塗装2回)
第3層		アスファルト フェルト	ヘッジャン クロス	アスファルト フェルト
		ブローン アスファルト (塗装2回)	同 左 (同 左)	同 左 (同 左)

表－9 材料の標準使用量およびでき上がり寸法

名 称		底部 2 層	底部 3 層	側部 3 層	頂部 3 層
施工箇所 材料別		2 線 部 停車場部 (通路を 含む)	階 段 部 乗降場連 絡地下道	各部同一	各部同一
ブローン アスファルト	kg /㎡	6.5	9.1	11.2	7.8
ヘッジャン クロス	㎡ / ㎡	1.25	1.25	2.34	1.17
アスファルト フェルト	㎡ / ㎡	1.25	2.34	1.17	2.34
でき上がり寸法	mm以上	5	8	8	8

表－10 防水層施工順序

名称 層別	底 部	側 部	頂 部
	—	アスファルトプライマ	同 左
	ブローンアスファルト (刷毛塗り 1回 流し張り 1回)	同 左 (同 左)	同 左 (同 左)
第1層	アスファルトフェルト 30 kg 品	防 水 布	アスファルトフェルト 30 kg 品
	ブローンアスファルト (刷毛塗り 1回 流し張り 1回)	同 左 (同 左)	同 左 (同 左)
第2層	防 水 布	アスファルトフェルト 30 kg 品	防 水 布
	ブローンアスファルト (刷毛塗り 2回)	同 左 (同 左)	同 左 (同 左)

(注) 防水布は、NKコンテックススルーフィン、NRCタイロンシート、レオパノールBAシート（厚1.5mm）、ビニロイド2号またはこれと同等品以上のものを使用する。

表－11 材料の標準使用量およびでき上がり寸法

施工箇所 材料別	単 位	底部防水層	側部防水層	頂部防水層
アスファルトプライマ	l/m ²	—	0.30	0.30
ブローンアスファルト	kg/m ²	6.00	6.00	6.00
仕 上 り 寸 法	mm	6 以上	6 以上	6 以上

表－12

アスファルト
の規格

種 別	規 格
針 入 度	25℃で20～30
軟 化 点	80℃以上
伸 度	25℃で2以上
引 火 点	200℃以上

3. 土木防水

3－1 地下鉄、共同溝などの地下構造物の防水

地下鉄、地下道、共同溝などの地下コンクリート構造物（掘削工法による）では、雨水や地下水が躯体を侵蝕するのを防ぎ、構造物内部への漏水を防止するために、構造物を全面的に防水しているが、この防水工法に主としてアスファルト防水工法が使用されている。地下鉄の防水については増田、大岩両氏が詳細に紹介されているので一部引用させていただく。¹⁸⁾

従来地下鉄（東京）では銀座線建設の当時から昭和45年まで標準工法に表－8、表－9の工法が使用されていた。防水層の芯材となるヘッジャンクロスが網状のため、アスファルトを十分に塗布し網の目をふさいで始めて防水層を形成するものであって、工程が多く熟練を要した。その後、防水技能者の不足から工程の合理化が必要となり、防水性にすぐれた強度のある防水シートが開発されヘッジャンクロスに代って使用されるようになり表－10、表－11、および表－12に示す工法が採用されるに至った。この防水シートは、石綿原紙を合成繊維網状布で補強したもの、合成繊維織布とポリエステルフィルムを組合せたもの、合成繊維不織布などを基布としブローンア

スファルト加工した特殊アスファルトルーフィングや合成ゴムシートまたはこれ等と同等以上のものが使用されている。

また地下道、共同溝あるいは浄水場などの地下構造物のアスファルト防水も、防水性と強度にすぐれた防水シートを必ず1層は使用する2層式防水が使用され今日に至っている。これらの防水シートは、合成繊維不塗布、合成繊維織布とアルミニウム箔、無機繊維で織布などを基布としブローン系アスファルトコンパウンドで加工した特殊ルーフィングや前述の特殊ルーフィング等である。防水シートを貼合せるアスファルトもブローンアスファルトから防水工事用アスファルトの1～4種が使用されている。

図-2に、地下道や共同溝などのアスファルト防水工法の断面図を示す。¹⁹⁾また写真-1に地下道(ボックスカルバート)の施工写真をあげる。²⁰⁾

防水シートとしては、厚手の高高度の合成繊維不織布に防水工事用アスファルトを浸透被覆した強度と防水性にすぐれた防水シート(厚4mm)が開発され、²¹⁾この防水シートを加熱熔融した防水工事用アスファルトを用いて1層貼りで防水層を造る工法も、地下鉄その他地下構造物の防水に使用されている。

上述の防水工法は、熱工法で、防水シートを加熱熔融したブローンアスファルトで全面接着する工程を、1回または2回以上行って防水層を形成するので、防水層全体の接着もシート間の接着もよく、一体化した安定した防水層を形成できる利点がある。しかし施工時、アスファルトを加熱熔融する時の悪臭、蒸気、煙等の発生が公害問題となり環境によっては使用できなくなり、また立上りの施工が熱工法で危険であることなどから冷工式防水工法が検討され、さらに省力化の点から、ゴム入りアスファルト系防水シート(感圧接着性、厚約3mm)の1層貼り(目地、コーナーなどは補強のため増貼りする)による冷工式防水工法が開発された。この防水シートには、合成繊維の延伸クロスを芯材にゴム入りアスファルトをその両面に厚く被覆したもの、合成繊維不織布または無機繊維不織布等の基布に、防水性にすぐれたアスファルトコンパウンドを浸透被覆し、その片面もしくは両面にゴム入りアスファルトを厚く被覆したもの、合成繊維不織布

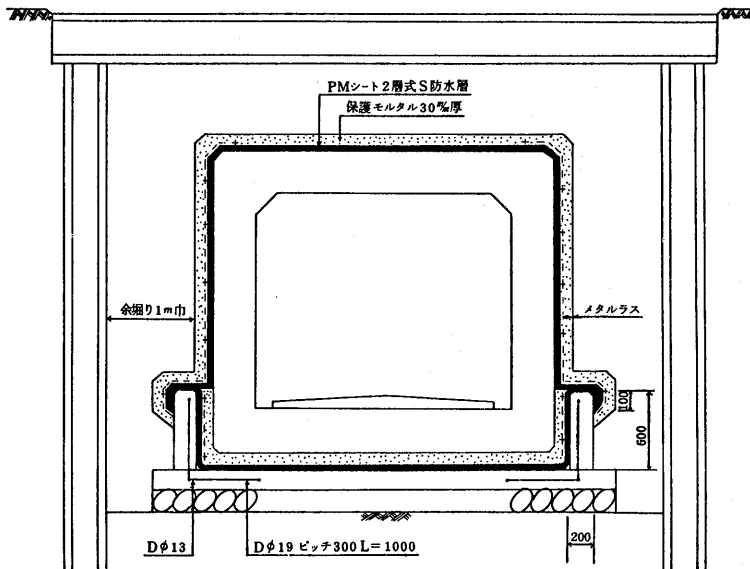


図2 共同溝防水の一例(名古屋共同溝)

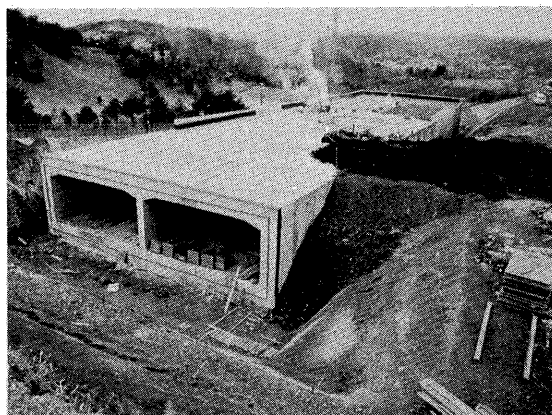


写真-1 ボックスカルバートの防水
PMシート防水, 2層式(多摩ニュータウン)

にゴム入りアスファルトを浸透被覆し、その両面にゴム入りアスファルトを厚く被覆したものなどがあり、表面(片面)は耳を残し砂をつけ、耳と裏面に剥離紙をつけている。これらの防水シートには、クルタルシート、²²⁾ガムロン、²³⁾ガムマットなどがある。施工は、防水下地にプライマーを塗布して防水シートの剥離紙を剥がして接着する。シート間の接ぎ目(重ね)に両面接着性のゴム入りアスファルトのテープを使用したり、接着剤を塗布したり、バーナーで加温して接着したり、更には重ね目をゴム入りアスファルトの溶剤入りマスティックでシールしている。この冷工式防水工法は、昭和47年頃から使用され、地下鉄では昭和48年から使用された。この防水と共にポリウレタン塗布防水も試みられたが、現在では

地下防水では、アスファルト系防水工法が殆んどである。東京の地下鉄では、現在ゴム入りアスファルト系防水シートによる冷工式防水が殆んどである。また共同溝や地下道その他の防水で冷工法で施工する場合は、この防水が実施されている。

地下鉄における防水は、掘削時の余掘りの関係で、構造物の側面部では外側外防水と共に内側外防水が採用されている。余掘りを十分にとれない時には内側防水を行っているが、熱工法のアスファルト防水の場合、下地板（仮枠）に保護モルタルを吹付け、この上に熱工法のアスファルト防水を行い、次いで躯体コンクリートを打設していたが、冷工式防水では防水下地の平滑性が要求されるので保護モルタルの使用を中止し、下地板にアスファルト板（ブローンアスファルトや改質アスファルトに繊維、石粉、その他を混合したもの、厚10mm）を

釘打ちして固定し、その上にゴム入りアスファルト系防水シートを貼り、躯体コンクリートを打設している。

外側外防水でも従来の熱工法では躯体コンクリート面に防水し、その防水層の上にラスを張りセメントモルタル保護層を設けていたが、モルタルの使用を取止め、前述のアスファルト板や特殊なアスファルト板（アスファルトに多量の繊維、フィラーを混合したものを両面に無機質基材のアスファルトフェルトをつけて板状に成型したもの、厚6mm）を貼って防水層を保護する方法もとられている。図-3、図-4に地下鉄の冷工式防水の内側外防水と外側外防水の施工の一例の断面構造を示す。²⁴⁾

3-2 道路橋床版の防水（橋面防水）

道路橋床版の防水は、床版の防食保護、橋の耐久性向上のために行なわれる。

橋面防水は、戦前にも一部のコンクリート橋に行っていたが、本格的に防水が検討され実施されるようになった。

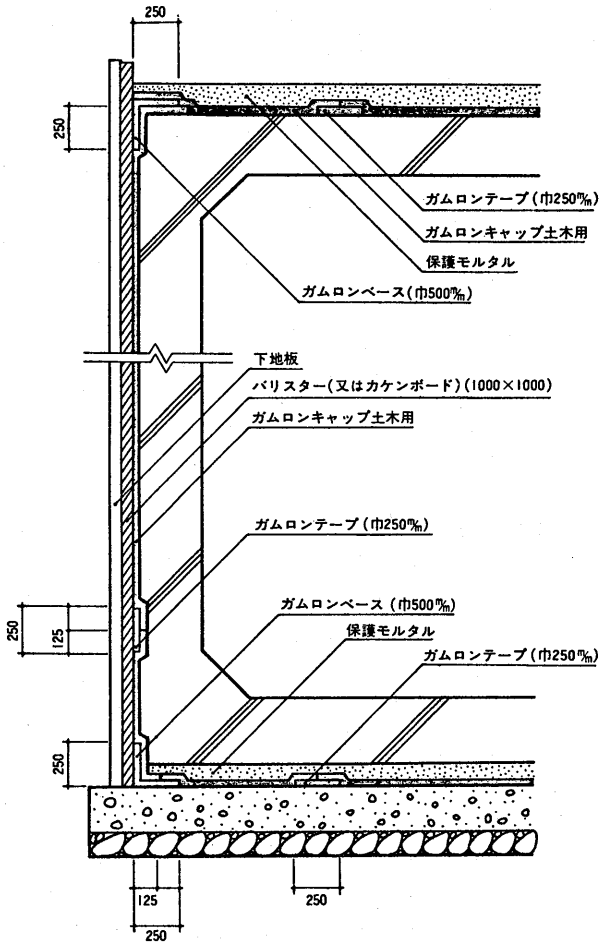


図-3 内側外防水の一例

(ゴムロン…ゴム入りアスファルト防水シート)

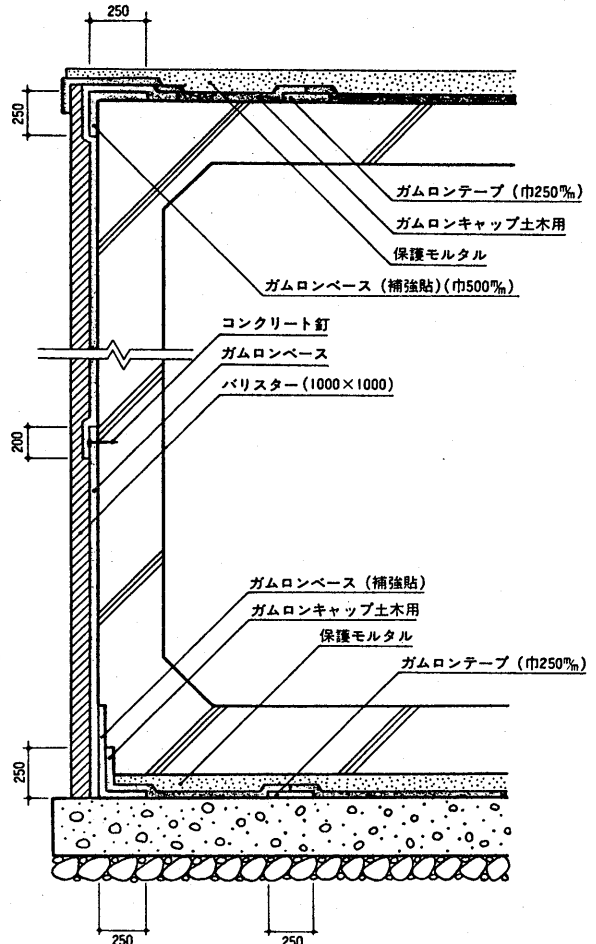


図-4 外側外防水の一例

バリスター、カケンボード…アスファルト板)

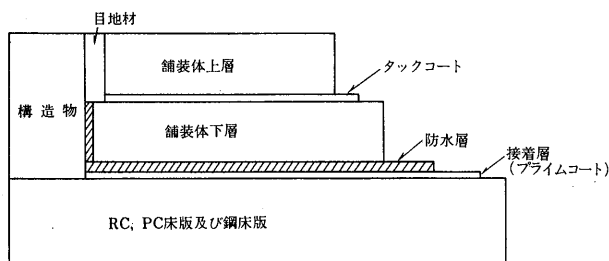
てきたのは、昭和30年代に入ってからである。コンクリート床版の橋では、その実態調査から床版の雨水による侵食作用にもとづく劣化を重視し、必要に応じて防水を実施してきたが、最近では防水する橋が非常に増えてきている。特に寒冷地の橋では防水は不可欠である。鋼床版の橋では、雨水による腐食からまもるために必ず防水を実施している。

現在コンクリート床版の防水には、主にアスファルト防水工法が採用されており、鋼床版の防水には、主にグースアスファルトが防水層兼レベリング層として採用され、一部にアスファルト防水工法が採用されている。

橋面舗装は、防水層の上に直接施工されて防水層と一体となっている。図-5に床版上の防水層と橋面舗装の関係を、図-6に代表的な例の断面図を示す。橋面舗装は一般の舗装に比べて耐久性が要求される。そのため、防水層は床版の防食機能のほかに舗装の耐久性にプラスするものでなければならない。

防水層の要件としては、

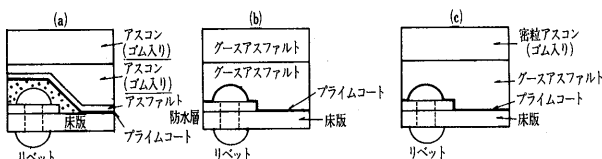
- 1) 不透水性で防水性にすぐれていること。
- 2) 機械的性質にすぐれ、交通荷重による垂直圧縮応力や水平せん断応力に対し十分安定であり、温度変化にも安定で、また接着が良いこと。さらに床版のひびわ



- (注1) 接着層は、プライムコートで防水層または舗装体を床版に十分に接着させる役目をする。
- (注2) 防水層は、防水シートと接着アスファルトより成り、防水性を強化し、床版のひびわれおよび腐食防止のための遮水層である。また舗装体の結合層兼応力緩和層となる。
- (注3) タックコートは、舗装体の上層と下層とを接着させる役目をする。アスファルト乳剤またはゴム入りアスファルト乳剤が用いられる。
- (注4) 舗装体は、上層（3～4 cm厚）と下層（3～4 cm厚）の2層構成とする。アスファルトコンクリートの場合は、下層に粗粒度アスコン、密粒度アスコンが用いられ、上層に密粒度アスコン、密粒度ギャップアスコンなどが用いられる。グースアスファルトの場合は、下層にグースアスファルト、上層にグースアスファルトか密粒度アスコンが用いられる。
- (注5) グースアスファルトは鋼床版のみに使用され、その場合、防水層を施工せず接着層のみとする。
- (注6) 目地材は、構造物と舗装との接触部から雨水などの侵入を防止する役目をする。ゴム入りアスファルトの注入目地材やその成形版が用いられる。

図-5 橋面防水と舗装の関係

(1) 鋼床版



(2) コンクリート床版（RC、PC）

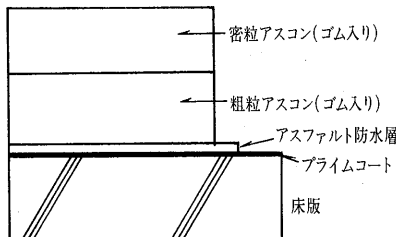


図-6

床版防水層と
橋面舗装の関係

表-13 アスファルト防水仕様の一例

層	仕様	P M - 1	P M - 2	ラバソイド
第1層		カチコート R 0.4 ℓ/㎡	カチコート R 0.4 ℓ/㎡	カチコート R 0.4 ℓ/㎡
2		ガムファルト B 1.2 kg/㎡	ガムファルト B 1.2 kg/㎡	ガムファルト B 1.2 kg/㎡
3		P M シート	シルバーメッシュ	ラバソイド
4		ガムファルト B 0.5 kg/㎡	ガムファルト B 1.0 kg/㎡	
5			ガムファルト B 1.0 kg/㎡	
6			P M シート	
7			ガムファルト B 0.5 kg/㎡	

- (注1) コンクリート床版の場合は、プライムコートには、カチコート Rを使用することを原則とするが、アスファルトプライマーも使用する場合がある。
- (注2) 鋼床版の場合は、カチコート Rのかわりにカチコート Sあるいはタールラバーペイント 0.3 ℓ/㎡を塗布し、鋼床版の防錆処理と接着層の役目を果たす。
- (注3) 防水施工後、直ちに舗装する場合はタックコートをしない場合がある。

れによって防水層が切れないこと。

- 3) 化学的に安定で耐老化性にすぐれ耐久性のよいこと。
- 4) 他の材料との相用性の良いこと、床版、防水層、アスファルト舗装相互間は物理的、化学的に相用性が良いこと、防水層は床版と舗装へのなじみ、接着性が良好で、舗設時の加熱アスファルト混合物により損傷されず、舗設も良好であり、さらに低温でも十分に接着していて脆化しないこと。
- 5) 取扱いが容易であること。

などがあげられる。アスファルト防水工法による防水層は、おおむね以上の要件を満足させている。

現在実施されているアスファルト防水工法の標準仕様の一例を表-13に示す。²⁸⁾ 防水シートには、合成繊維織布とアルミニウム箔を基材にし、これに改質ブローンア

ファルト加工した防水シートや合成繊維不織布にゴム入りアスファルトを浸透被覆した防水シートとがある。これらの防水シートは、高軟化点で低温性にすぐれた改質ブローンアスファルトで熱工法により施工している。また床版の状態により網状ルーフィングも併用している。

アスファルト防水工法の利点は、防水層が、舗装の際の加熱混合物の熱と転圧の圧力で床版になじんで熱圧着されると同時に、舗装体ともなじんで熱圧着して結合し、舗装体が防水層を介して床版に一体的に結合した構造となることである。そのため防水性、接着性が非常にすぐれるだけでなく舗装の耐久性を向上させることができる。防水層のアスファルトは高融点で高粘性であるため舗装体の流動、フラッシュの心配は全くない。アスファルト防水層は、温度応力や荷重、衝撃、振動等の機械的応力の吸収緩和層ともなる。また鋼床版上の舗装は、鋼床版のたわみの大きいことと振動のため従来たわみ性のあるグースアスファルトを主とする舗装が主に用いられてきたが、最近重交通下での高温時の流動が問題になり、一部では鋼床版にアスファルト防水を実施し、この上にゴムやエラストマーで改質したアスファルトを用い、たわみ性、耐流動性を改善した舗装も実施されている。写真－2に鋼床版上にアスファルト防水をし、その上に改質アスファルトコンクリート舗装を実施している施工例を示す。²⁹⁾最近のフランスの報告でも鋼床版上にエラストマー変性アスファルト系防水シートにより防水し、その上にエラストマー変性アスファルトを結合材とする改質アスファルトコンクリートを舗装し、成功している例も報告されている。³⁰⁾

最近床版防水の調査研究は、舗装工法の研究とともに



写真－2 新大橋（鋼床版）PM－1防水と改質アスファルトコンクリート舗装を施工

いろいろと実施されている。^{31), 32), 33)}また防水工法も床版と防水シート裏面を加熱して貼る工法や冷工式防水工法も検討され、さらに防水層の試験方法についてもいろいろと検討されてきている。

3－3 水利への利用

水利へのアスファルトの利用については、沢田、中島両氏らの著書があり、^{34), 35), 36)}また本誌に詳しく紹介されている。ここではブローンアスファルトの使用状況ということで水路や貯水池の防水ライニング工法の散布（被膜）工法とアスファルトパネル工法について簡単に述べる。^{37), 38), 39), 40)}

散布（被膜）工法は、埋設アスファルトメンブレンと

表－14 散布工法（アスファルト膜）に使用するアスファルトの規格

	I 型	II 型
針入度	50～60	55～70
〃 0°C (32°F) 200gr 60sec	30 以上	35 以上
〃 25°C (77°F) 100gr 60sec	50～60	55～70
〃 46°C (115°F) 50gr 5sec	120 以下	135 以上
軟化点 (R S B)	80°C～93°C (175°F～200°F)	80°C～93°C (175°F～200°F)
引火点 (C O C)	218°C (425°F) 以上	218°C (425°F) 以上
伸度 25°C (77°F) 5cm/min	3.5 cm 以上	3.5 cm 以上
蒸発量 163°C (325°F) で 5 時間	1.0 % 以下	1.0 % 以下
針入度の残 25°C (77°F) 100gr 5sec	60.0 % 以上	60.0 % 以上
四塩化炭素可溶分	97.0 % 以上	97.0 % 以上

このアスファルトは均質で水分を含まず 205°C に加熱しても泡立たないものであること。
農林省農地局制定の土地改良事業計画設計基準第 3 部設計第 14 編水利アスファルト工（後編）（昭和 45 年）に I 型及び II 型が規定されている。またアメリカでは、U. S. Bureau of Reclamation specification 及び ASTM D 2521-76 に I 型を規定している。

も呼ばれ、水路、貯水池などの水の浸透、漏水を防止するために行うもので、表層土を掘削し整形転圧した基盤の上に加熱溶融したキャッツブローンアスファルト（五酸化リン P_2O_5 などの触媒を用いて造られる一針入度が大きく軟化点高く感温比が小さく耐久性にすぐれている）を厚さ6～9mm（6～9kg/m²）散布して連続したアスファルト防水被膜を形成し、その上に防水層の酸化、老化や機械的損傷を防止するため土、砂利、レキ、アスファルトマカダム等で埋設あるいは被覆される。アスファルトの散布は2～3回に分けて散布し、アスファルト層の補強材としてガラス繊維マット、ガラス繊維や合成繊維の網状ルーフィングなどが使用される。この工法は米国開拓局によって開発されすでに6,500,000 m²以上施工されている。代表的なものとして1950年ワシ

ントン州のコロンビア盆地の新設かんがい用水路80km以上（約1,600,000 m²）の施工がある。わが国では、皇居内吹上大池（9,500 m², 1961）、赤坂御用地内の上池、二の丸庭園などの施工がある。表-14に散布用アスファルトの規格を示す。^{40), 41)} 散布工法は、加熱アスファルト混合物の舗装面のライニングにも適用されるが、最近ではゴム入りアスファルト系防水シートを散布にかえて貼ることも実施されている。

アスファルトパネル工法は、散布工法と異なり、成型されたアスファルト混合物の板状物によるライニング工法で露出された状態で使用され、用途も水路や貯水池に多く利用される。アスファルトパネルは、ブローンアスファルトに石綿、鉱物質フィラー等を混合したマスチックを2枚のアスファルトルーフィング、フェルト（無機繊維などの基布を用いた）の間にはさんで板状に成型したもの（一般に厚さ13mmのものが使用される）を重ね合せ接合、突合せ接合等の接合方式で加熱溶融したブローンアスファルト（軟化点96～107℃、針入度25～40）で接合し連続した1層貼りの防水層を形成するものである。品質規格については農林省農政局の規格、ASTM D 2643-69（表-15）⁴²⁾があり、設置方法については標準施工法がASTM D 3745-78に規定されている。⁴³⁾ 散布工法、パネル工法ともに勾配は1：2までのところに用いられる。

また最近、厚手の嵩高の合成繊維不織布に防水工事用

表-15 アスファルトパネルの品質規格
ASTM D 2643-69 (1975再承認)

項 目	要 件	ASTM 参照試験法
厚 さ	平 均 最 小	1.27 cm (1/2 inch) 1.11 cm (7/16 inch)
密 度 最 小 (25°C [77°F])		1.2 g/cm ³ (72 lb/ft ³)
吸 水 率 最 大		1.0 %
アスファルト コーティング 厚さ * 最 小 最 大		0.04 cm (1/64 inch) 0.08 cm (1/32 inch)
アスファルト可溶分 最 小		65 %
耐 久 性		影響なし
た わ み 性		キ裂なし
も ろ さ 4°C (39°F)		キ裂または切断なし
熱 ひ ず み		寸法変化なし

*被覆シートにガラス繊維質のものが使用されたときは適用されない。
製品は、2枚のアスファルト浸透したフェルト、石綿、布状物あるいはガラス繊維マットあるいはこれらを組合せたものの間に、ブローンアスファルト、鉱物質フィラー及び補強繊維（無機、有機質）からなるマスチック合材をはさんで造られる。製品の表面は、加熱アスファルト（フィラー入りあるいはフィラーの入らない）で被覆されねばならない。フィラーが使用されるときは、水に不溶性であること。
製品は貯蔵、輸送の際に互いに付着しないように処理されていること、その処理は、設置時や設置後、パネル表面相互の結合を妨げるものであってはならない。

表-16 BTBアスファルトの品質標準

針入度	軟化点	圧 縮 強 度		せん断強度
		23 °C	40 °C	
11～16	85～ 120°C	5.0 kg/cm ² 以 上	0.65 kg/cm ² 以 上	1.5 kg/cm ² 以 上

アスファルトを含浸被覆した防水シート（厚4mm）が、アスファルトパネルと同様の施工法で貯水池などのライニングに使用されている。²⁾

4. そ の 他

4-1 舗装軌道への応用⁴⁴⁾

日本国有鉄道では、バラスト軌道の保守の省力化をはかるため、バラストを利用した注入工法による舗装軌道の研究を進め実用化している。この工法は大型LPCマクラギ（733×2,400×210mm）下面とバラスト転圧面との間に間隙（約2cm）を設け、そこに特殊ブローンアスファルトを加熱注入して、その間隙を填充し、同時に下のバラストにも厚さ約10cm程度滲透させてバラストの間隙を填充しバラスト同志を結合するもので、軌道の緩衝と道床沈下を防止するものである。東京、大阪近郊の在来線で数年間にわたり実験し、その成果をもとに最近東海道本線静岡、浜松の高架化工事で約200mの敷設を行い、その結果をもとに浜松高架で約6kmの連続敷設が実施された。この特殊ブローンアスファルトは、BTB

アスファルトと呼ばれ、ブローン系アスファルトにポリエチレンなどを混合したアスファルトである。注入温度は170～180℃で注入し、注入後3～4時間で固化し安定化する。B T Bアスファルトの品質標準を表-16に示す。

4-2 軌道橋梁の鋼床板の防振防音材

ブローンアスファルトに繊維、鉱物質フィラー、ゴム粉、コルク粉、砂等を混合したマスティックを板状に成型し、これを鋼床版に貼ると鋼床版の制振効果にすぐれ騒音防止に効果がある。

国鉄では、鋼桁橋の歩道部の鋼床板に防振、防音を目的として、以下の工法を採用している。すなわちブローン系アスファルトに、石綿、石粉、マイカ、ゴム粉、コルク粉、砂、鉄砂等を加熱した混合物を板状に成型したアスファルト板（厚20mm）と、表面に砂粒を結合させた感圧接着性のゴム入りアスファルト系シート（舗装の維持修繕用タイプ）を使用している。⁴⁶⁾

引用文献

- 1) 日本道路協会：セメントコンクリート舗装要綱，昭和47年9月
- 2) アスファルト同業会：アスファルト及びその応用，昭和34年8月改訂版 PP181～206
- 3) アスファルト同業会：アスファルト及びその応用，昭和40年11月改訂増補版 PP214～236
- 4) 日本道路協会 セメントコンクリート舗装小委員会：セメントコンクリート舗装要綱の改訂，道路1980年8月 PP15～19
- 5) ASTM D 994-71 (1977 承認) Preformed Expansion Joint Fillers for Concrete (Bituminous Type)
- 6) ASTM D 1751-73 (1978 承認) Preformed Expansion Joint Fillers for Concrete Paving and Structural Construction (Nonextruding and Resilient Bituminous Types)
- 7) 齊藤 茂：歴青糸目地材料について，アスファルト第12巻第66号 PP2～10 (1969年2月)
- 8) 東京都建設局：加熱用注入目地材，土木材料仕様書道路関係事項抜萃（昭和42年度）P.153（日本道路建設業協会）
- 9) 蒔田 実：コンクリート舗装用目地材の特徴と供用後の性状，舗装第10巻第7号 PP15～19 (1975年7月)
- 10) FS SS-S-164 Sealer: Hot-Poured Type, for Joints in Concrete
- 11) FS SS-S-1401 B (1974年11月) Sealing Compound, Hot Applied, for Concrete and Asphalt Pavements
- 12) 日歴化学工業㈱：コンクリート目地材（カタログ）及び資料（未発表）
- 13) 日本道路協会：道路維持修繕要綱，昭和53年7月
- 14) 藤原 武：道路舗装の維持修繕，昭和38年12月，P. P. 37～40（山海堂）
- 15) ASTM D 3141-72 (1978) Asphalt for Undersealing Portland Cement Concrete Pavements
- 16) 菅原照雄，久保 宏，森吉昭博：温度応力によるアスファルト舗装のクラック破壊，土木学会誌 1979年4月 P. P. 62～69
- 17) 久保 宏：アスファルト舗装に発生する温度応力クラック，道路建設 昭和55年7月 P. P. 56～61
- 18) 増田義孝，大岩泰世：地下鉄における防水工法，施工技術 第5巻第5号 P. P. 68～77 (1972年5月)
- 19) 日歴化学工業㈱：地下構造物標準施工法
- 20) 日歴化学工業㈱：施工写真（PMシートによるボックスカルバートの防水）
- 21) 岩崎 一 富田靖郎：特公昭52-3808「嵩高不織布を基材とせるアスファルトルーフィング及びその製造方法」
- 22) 東和産業㈱，クルタル防水工事協力会：クルタル防水シート（カタログ），工事経歴書
- 23) 田島ルーフィング㈱：ガムロン防水（カタログ）
- 24) 田島ルーフィング㈱：ガムロン土木防水，技術解説書
- 25) 梶田 慈：道路橋床版の防水工法，施工技術 第5巻第5号 P. P. 61～68 (1972年5月)
- 26) 日本道路協会：本州四国連絡橋舗装基準調査特別委員会（資料）（昭和50年3月）
- 27) OECO道路研究グループ：コンクリート橋床版の防水について，アスファルト第17巻第95号 P. P. 13～22 (昭和49年2月)，第17巻第96号 P. P. 20～24 (昭和49年4月)
- 28) 日歴化学工業㈱：橋梁防水資料
- 29) 日歴化学工業㈱：新大橋の写真（PMシート防水と改質アスファルトコンクリート舗装例）
- 30) Rene Smadja, Roland Girardot: Special Binders For Bridge and Highway Applications, 第8回 I R F 世界道路会議東京大会講演集 D-4 P. P. 193～198 (1977)
- 31) 日本道路協会 本州四国連絡橋舗装基準調査特別委員会：本州四国連絡橋舗装基準調査報告書（昭和50年3月）
- 32) 藤井治芳：橋面舗装について，アスファルト，昭和44年11月，45年1月，3月，5月，46年1月，12月
- 33) 建設省土木研究所道路部舗装研究室：鋼床版舗装の実態調査（第3回）と橋面の薄層舗装について，土木研究所資料，第425号（昭和44年3月）
- 34) 沢田敏男，中島保治：「水利アスファルト工学」P. P. 339～352 (昭和43年6月)（土地改良新聞社）
- 35) Baron W. F. Van Asbeck: Bitumen in Hydraulic Engineering, Vol. 2 P. P. 188～193 (1964)
- 36) The Asphalt Institute: Asphalt in Hydraulic Structures, 1962
- 37) 板橋 貢，仁瓶義夫：キャップブローンアスファルトによる薄層ライニング，アスファルト第5巻第27号 P. P. 11～16 (1962年8月)
- 38) 中島保治：水利へのアスファルトの利用，アスファルト，第13巻第73号 P. P. 2～16 (1970)
- 39) W. Dixon, M. Asce: アスファルトによる運河と貯水池のライニング，アスファルト，第13巻第75号 P. P. 2～5 (1970)
- 40) 農林省農地局：土地改良事業計画設計基準，第3部第14編水利アスファルト工（後編）P. P. 1～5，19～27 (昭和45年6月)（農業土木学会）
- 41) ASTM D 2521-76 Asphalt Used in Canal, Ditch, and Pond Lining
- 42) ASTM D 2643-69 (1975) Prefabricated Asphalt Canal, Ditch, or Pond Liner (Exposed Type)
- 43) ASTM D 3745-78 Installations of Prefabricated Asphalt Reservoir, Pond, Canal, and Ditch Liner (Exposed Type)
- 44) 山口 章，宮崎俊治：新設線における舗装軌道の施工について，鉄道線路 第28巻第5号 P. P. 242～247 (1980年5月)，同第28巻第6号 P. P. 311～318 (1980年6月)
- 45) 太田健二：特公昭54-1515「騒音防止構造物」
- 46) 日歴化学工業㈱資料による

アスファルト鋼管塗覆装と ノンネガティブフリクションパイル

木村 忠雄*

1. まえがき

アスファルトがものを腐食から守る性質をもつことは古代から知られており、紀元前数千年の時代に、既に、メソポタミヤの人々は、天然アスファルトを防水や防食の目的に使用していたといわれる。鋼管の防食にアスファルトやコールタールなどの瀝青質材料が使用されたのは、欧米で19世紀のことであるが、わが国における、アスファルトによる鋼管塗覆装の歴史は、1910年以來、約70年を数える。

パイプラインは、石油、ガス、水など、資源、エネルギー輸送の動脈として極めて重要なものであり、その経済効率、安全性を確保するためのパイプラインの防食は、近來とみに重視されるようになった。パイプラインは、大部分が土中に埋設されるので、鋼管の防食被覆は一般に外面に対する方がウェイトが大きい。パイプライン規模の大型化、極地や熱帯、海底など環境条件の厳しさ増大に伴って、防食被覆の性能への要求も厳しくなり、被覆材料は、ここ10年来、瀝青質から、ポリエチレンや粉体エポキシ樹脂などのプラスチックへと移行しつつあるが、100年以上にわたる使用実績と、パイプライン敷設現場で被覆できる便利さから、瀝青質被覆は世界的にみ

て今なお大量に使用されている。

本稿では、アスファルト塗覆装鋼管について、その製造方法、特徴について述べ、さらにアスファルトの新しい用途の一端を紹介し、読者の参考に供したい。

2. アスファルト塗覆装鋼管の製造方法

アスファルト塗覆装鋼管の製造方法は、JIS G 3491-1977「水道用鋼管アスファルト塗覆装方法」に規定されており、水道用以外の石油、ガスなど輸送用鋼管全般にも適用されている。以下、JIS G 3491の内容を引用しながら、アスファルト塗覆装方法の概略を述べる。その全般的工程を図1に示す。

2-1 塗装装材料

(1) アスファルトプライマー

プライマーは、次に塗装されるアスファルトと鋼管との密着をよくするために使用するもので、ブローンアスファルト(針入度20~40)と溶剤および密着性向上のための添加剤からなる。プライマーの加熱残分は40%以上、指触乾燥時間は3時間以内と規定されているが、30分で乾燥する速乾性プライマーもある。

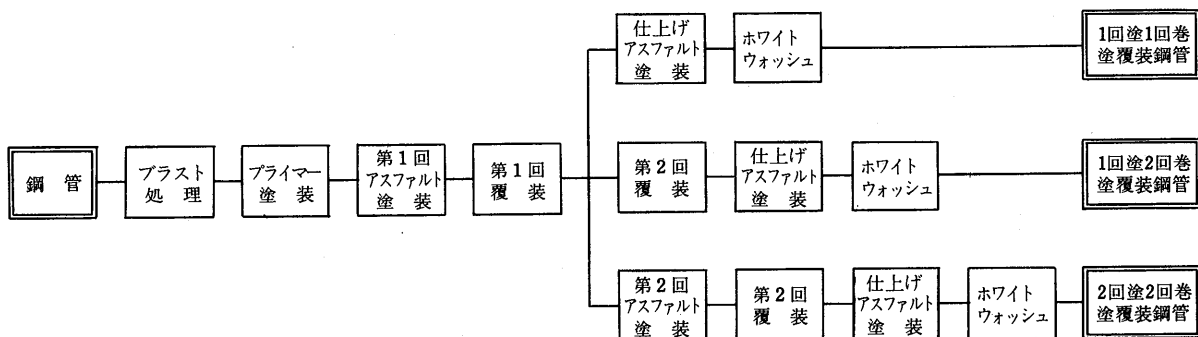


図1 塗覆装鋼管の製造工程

* 日本鋼管(株)技術研究所第四研究部塗覆装研究室

(2) アスファルト

アスファルトは、鋼管の防食被覆の重要な素材であり、石油系ブローンアスファルトまたはこれに不活性鉱物質微細粉を添加したアスファルトエナメルで、その品質は、表1および表2によって規定されている。

(3) 覆装材

覆装材は、アスファルト塗膜の亀裂、破損、流動などを防止するために、塗膜の中に入れられる補強材で、ヘッシュャンクロス（黄麻繊維で織った布）、耐熱用ビニロンクロス、ガラスクロス、ガラスマットが用いられている。米国ではこれらのほか、アスベストフェルトも用いられている。1例として、広く用いられているビニロンクロスの品質を表3に示す。

覆装材は、機械的強度のほか、吸水性の小さいこと、溶触アスファルトに浸したとき、あわ立ちが少なく、覆装面の仕上りのよいことなどが品質上のポイントとなる。

2-2 鋼管外面の塗覆装方法

(1) 塗装前処理

鋼面に油分の付着があれば、これを溶剤などで除去したのち、ミルスケール、さびその他の異物をブラスト法によって除去する。ブラスト法は、細粒の硬い研掃材を高圧空気などで被処理面に打ちつける方法で、通常グリットと称する角ばった不定形の研掃材が使用されている。グリットブラストは、鋼面の清浄化のほか、鋼面を適度の粗さに調整し、塗覆装との密着を向上させる働きがある。

(2) プライマー塗装

表面清掃後の鋼管は、乾燥されたのち、スプレー塗装法などによって、プライマーが塗装される。塗装量は、70～110g/㎡で、たれや塗り残しのないよう、均一に塗装されなければならない。

表1 ブローンアスファルトの品質

試験対象	呼称針入度		10～20		20～30		30～40	
	試験項目及び試験方法		最小	最大	最小	最大	最小	最大
ブローンアスファルト	軟化点(JIS K 2531)℃		90	—	80	—	65	—
	針入度(JIS K 2530)	0℃・200g・60s	7	—	10	—	14	—
		25℃・100g・5s	10	20	20	30	30	40
プライマーとブローンアスファルトとを塗装した試験片	高温垂下試験	46℃・50g・5s	—	45	—	70	—	95
		40℃・24h mm	—	—	—	—	—	3.0
		50℃・24h mm	—	—	—	2.0	—	—
		60℃・24h mm	—	2.0	—	—	—	—
	低温きれつ試験(きれつ及びはく離の有無)	—20℃・6h	なし		—		—	
		—30℃・6h	—		なし		なし	
	曲げ試験	きれつ発生までのたわみ mm	20	—	38	—	38	—
		38mmたわんだときのはく離面積 cm ²	—	20	—	0	—	0
	衝撃試験(25℃・650g・2.4m)	直接衝撃によるはく離面積 cm ²	—	65	—	0	—	0
		間接衝撃によるはく離面積 cm ²	—	15	—	0	—	0
	皮はぎ試験	第1種試験	はげない		はげない		はげない	
		第2種試験	はげない		はげない		はげない	

備考 皮はぎ試験の第1種試験及び第2種試験は、次のとおりとする。
第1種試験：アスファルト塗装後いったん室温とし、その後所定の試験温度(表11)に調整して行う試験。
第2種試験：アスファルト塗装後所定の試験温度(表12)に72時間加熱したのち、第1種試験と同様に行う試験。

表2 アスファルトエナメルの品質

試験対象	呼称針入度		10～20		20～30		30～40	
	試験項目及び試験方法		最小	最大	最小	最大	最小	最大
アスファルトエナメル	軟化点(JIS K 2531)℃		95	—	80	—	70	—
	針入度(JIS K 2530)	25℃・100g・5s	10	20	20	30	30	40
		46℃・50g・5s	—	50	—	70	—	90
	比重(JIS K 2249)(25/25℃)		1.10	1.45	1.10	1.45	1.10	1.45
プライマーとアスファルトエナメルとを塗装した試験片	灰分(JIS K 2421)%	—	10	40	10	40	10	40
		—	—	—	—	—	—	—
	高温垂下試験	50℃・24h mm	—	—	—	2.0	—	4.0
		60℃・24h mm	—	2.0	—	—	—	—
	低温きれつ試験(きれつ及びはく離の有無)(—30℃・6h)		なし		なし		なし	
	曲げ試験	きれつ発生までのたわみ mm	15	—	38	—	38	—
		38mmたわんだときのはく離面積 cm ²	—	20	—	0	—	0
	衝撃試験(25℃・650g・2.4m)	直接衝撃によるはく離面積 cm ²	—	50	—	0	—	0
		間接衝撃によるはく離面積 cm ²	—	10	—	0	—	0
	皮はぎ試験	第1種試験	はげない		はげない		はげない	
		第2種試験	はげない		はげない		はげない	

備考 皮はぎ試験の第1種試験及び第2種試験は、表1の備考と同様に行う。

プライマー塗装後、アスファルト塗装までに通常4時間以上の乾燥時間がおかれるが、速乾性プライマーを使用する場合には、プライマーの乾燥性に応じて短縮される。

表3 耐熱用ビニロンクロス品質

組 織			平 織
厚 さ mm			0.5 ± 0.1
用 糸			20番2 字又は10番単糸
密度(縦・横とも)本/cm			7 ± 1
引張強さ kgf {N}/50mm幅	室 温	縦	40以上 { 392 } 以上
		横	35以上 { 343 } 以上
	加熱処理後 (220℃・3分)	縦	35以上 { 343 } 以上
		横	32以上 { 314 } 以上
収 縮 率 (%)	加熱処理後 (220℃・3分)	縦	5 以下
		横	5 以下

備考 1. 用糸の番手は、重さ 0.4536kg あたりのハンク数 (1 ハンク = 768.1m) で表す (綿番手)。この場合の重さとは、公定水分 (5.0 %) を含むものの重さをいう。
 2. 幅は普通 160mm 又は 280mm とし、許容差は $+15_0$ mm とする。
 3. 1 巻の長さは、普通 400m とする。
 4. この規格の中で { } を付けて示してある単位及び数値は、国際単位系 (SI) によるものであって、参考として併記したものである。

(3) アスファルト塗覆装

塗覆装は、溶融アスファルトの塗装と、その上への溶融アスファルトを含浸させた覆装材の巻きつけの工程からなる。その方法は、図2に示すように、回転する鋼管の軸方向に相対的に移行する溶融アスファルトの流れおよび覆装材によってスパイラルに被覆するものである。

塗覆装の方式および厚さは、表4に示すように、覆装材の巻回数と巻き方によって規定されている。なお、塗覆装後の表面には、厚さ約 0.5mm のアスファルトを塗って、覆装材の布目が見えないように仕上げられている。

最初に塗装されるアスファルト塗膜は、防食上最も重視されており、その厚さは 2.5 ± 0.5 mm と規定されている。溶融アスファルトは、劣化防止のために 170 ~ 230℃ (250℃ max) に管理されている。

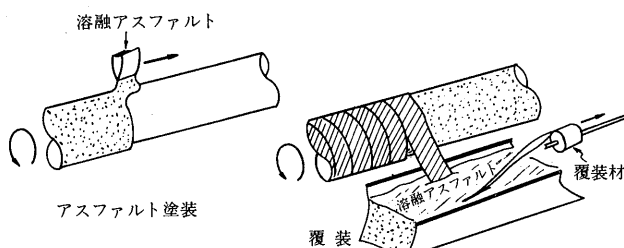


図2 アスファルト塗覆装の方法

(4) 検査、仕上げ

塗覆装は、外観、ピンホール、厚さ、密着の各項目について検査され、合格した鋼管は、塗覆装の外面に生石灰と水を主成分とするホワイトウオッシュが塗装され仕上げられる。このホワイトウオッシュは、太陽光線による劣化の防止および建設後における土壌応力の作用の緩和を目的としている。

2-3 鋼管内面の塗装

塗装工程は外面とほぼ同じで、内面のブラスト処理による清掃、乾燥、プライマー塗装に次いでアスファルト塗装を行なう。直管のアスファルト塗装は、ターニングロール上などで回転している鋼管内面に溶融アスファルトを注入し、遠心塗装によって行なわれる。回転は、アスファルトが同化するまで続けられる。内面塗装の厚さは 2.5mm が標準である。

3. 塗覆装鋼管の特徴

酸素と水の存在下で起こる鋼の腐食は、一般的には、

表4 管外面塗覆装の方式及び厚さ

種別	塗 覆 装 方 式	最小厚さ mm
直 管	プライマー塗装 1 回塗 1 回巻 第 1 回アスファルト塗装 第 1 回覆装 (一重巻又は二重巻)	一重巻の場合 3.0 二重巻の場合 3.5
	プライマー塗装 1 回塗 2 回巻 第 1 回アスファルト塗装 第 1 回覆装 (一重巻) 第 2 回覆装 (一重巻又は二重巻)	一重巻の場合 4.0 二重巻の場合 4.5
	プライマー塗装 2 回塗 2 回巻 第 1 回アスファルト塗装 第 1 回覆装 (一重巻) 第 2 回アスファルト塗装 第 2 回覆装 (一重巻又は二重巻)	一重巻の場合 5.5 二重巻の場合 6.0
	プライマー塗装 2 回塗 1 回巻 第 1 回アスファルト塗装 第 1 回覆装 (一重巻又は二重巻) 第 2 回アスファルト塗装	一重巻の場合 4.5 二重巻の場合 5.0
	プライマー塗装 3 回塗 2 回巻 第 1 回アスファルト塗装 第 1 回覆装 (一重巻) 第 2 回アスファルト塗装 第 2 回覆装 (一重巻又は二重巻) 第 3 回アスファルト塗装	一重巻の場合 7.0 二重巻の場合 7.5
	異形管	

備考 1. 表中の最小厚さは、覆装材として、耐熱用ビニロンクロス、ガラスクロス又はガラスマットを使用したときの値である。
 なお、ヘッジャンクロスを使用したときの最小厚さは、一重巻の場合 0.5mm を、二重巻の場合 1.0mm をそれぞれ加算するものとする。
 2. 一重巻とは、覆装材の被覆層が少なくとも一重となるような巻き方をいい、二重巻とは、被覆層が少なくとも二重となるような巻き方をいう。
 3. 直管塗覆装の厚さには、アスファルト仕上げの厚さは含まない。

$\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2\text{e}$ で表わされるアノード反応と $\frac{1}{2}\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e} \rightarrow 2\text{OH}^-$ で表わされるカソード反応の併立で進行する。塗覆装による防食は、塗覆装膜によって、カソード反応を促進する O_2 、 H_2O の供給とイオン相互の拡散を抑制することをねらいとしている。一方、パイプラインが置かれている土中における鋼管の腐食に関与する因子には、酸素、水のほかに、土壌の電気抵抗、土壌の通気性、pH、バクテリア、迷走電流、流入する化学薬品などがある。また、不完全部分や外傷など、塗覆装の欠陥部分の防食のために、パイプラインでは電気防食システムが併用されている。¹⁾ 電気防食は、外部電源または犠牲アノードを用いてパイプラインの電位をFeの不活性域にまで下げ、先に述べた鉄腐食のアノード反応によるFe溶出を抑止するものである。

このほかに、塗覆装鋼管は、輸送や荷役の過程や、敷設工事中に衝撃などを受けるし、埋設後、操業中にも、地表から受ける輪荷重、土壌応力、砂礫などによる圧力など各種の外力を受けている。

このような環境下で、アスファルト塗覆装がどのような特徴をもつかを略述する。

(1) 機械的強度

ビニロクロスなどの覆装材で補強されているので、衝撃や亀裂を与えようとする外力に対する抵抗性は大きい。たとえば、鋼球を落下させる衝撃試験結果を表5に示すが、覆装材の効果は顕著である。また、この結果は最近多く使用されるようになったポリエチレン被覆と同等であるが、アスファルトは低温になると脆化し、高温では軟化するので、おおよそ5℃以下、40℃以上になると機械的性質は低下する。

(2) 電気絶縁抵抗

電気絶縁抵抗は、被膜のイオン不透過性を表わす尺度であり、被膜の防食性を示す重要な性質である。また、この抵抗値が高く、長期間にわたって安定であることは、電気防食費の低減の観点からも重視されている。

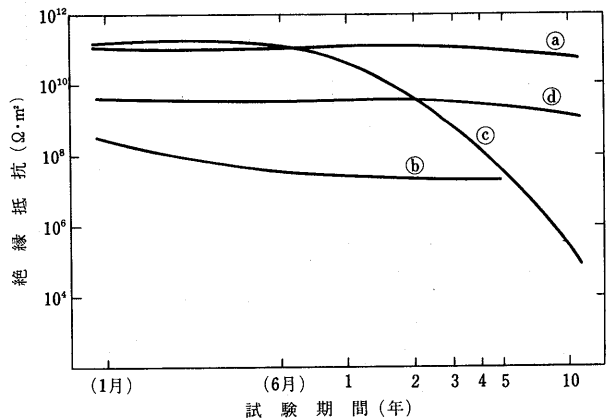
図3は、代表的被覆鋼管を水中浸漬し、それぞれの被覆の絶縁抵抗を長期にわたって測定したものである。アスファルト塗覆装鋼管は、初期値は非常にすぐれているが、約10カ月後から急激な低下傾向を示している。これは、アスファルトの吸水性によるもので、塗覆装材料としてみたときの問題点の1つとなっている。

(3) 塗覆装作業の簡易性

アスファルト塗覆装は、パイプライン敷設現地で塗覆装作業が行なえる特徴をもっている。これは同じく塗覆装に用いられているコールドタールに共通にいえることで

表5 アスファルト塗覆装の耐衝撃性
(650gの鋼球を2,400mmの高さから落下させた直接衝撃)

被覆の種類	はく離面積
アスファルト 塗覆装	21cm ²
ヘッジャンクロス 塗覆装	0cm ²
ガラスクロス 塗覆装	0cm ²
ガラスマツ 塗覆装	5cm ²



- ① ポリエチレン被覆鋼管, 80A, 0.6mm厚
- ② 粉体エポキシ樹脂被覆鋼管, 80A, 0.3mm厚
- ③ ビニロクロス-アスファルト塗覆装鋼管, 80A, 6mm厚
- ④ ガラスクロス-コールドタール塗覆装鋼管, 80A, 6mm厚

図3 水中浸漬による各種被覆鋼管の絶縁抵抗

あるが、現地塗覆装が工場作業と異なって変動要因が多く、管理しにくい問題点を別とすれば、長距離輸送やハンドリングのミスで、被覆に傷がつくことを余儀なくされるような地域では、現地塗覆装ができることは1つの利点といえよう。

要約すると、アスファルト塗覆装は、パイプライン敷設現地で塗覆装できる利点があり、埋設鋼管の防食被覆としては十分な機械的強度をもっているが、環境温度条件が常温範囲に限られること、吸水によって被膜の電気絶縁抵抗が長期的には低下するなどの問題点がある。

4. 内外の動向

図4は、1976年に、米国34州、カナダ、オーストラリア、英国、西独、オランダの6カ国のパイプラインエンジニアリング会社を対象として調査された結果で、³⁾ 現在操業中、および敷設計画中のパイプラインに施す防食被覆について、その数をまとめたものである。この図の中で、

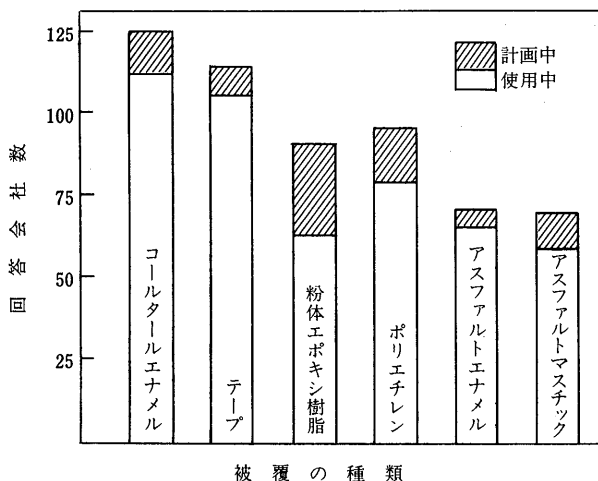


図4 パイプライン防食被覆の供用数の比較

計画中の数を見ると、瀝青質系に比べてプラスチック系被覆の数が多いが、これは今後の鋼管防食被覆の傾向を示すもので、1世紀以上にわたりパイプラインの防食の役割りを果たしてきた瀝青質塗覆装から、よりすぐれた性能をもったプラスチック被覆へと移行しつつあることを表わしている。

国内では、現在は、アスファルト塗覆装は、主として水道用鋼管の防食に用いられており、ガス輸送用鋼管にはポリエチレン被覆鋼管が用いられている。

近年は、アスファルト塗覆装に関する研究は少なく、オランダシェル社におけるアスファルトの改質研究⁴⁾が目につく程度である。これは、防食塗覆装に最適なアスファルトの性状およびフィラーの添加によるアスファルトの吸水性改善（電気絶縁抵抗ならびに被覆の密着性改善）に関するものであるが、プラスチックを凌駕する効果は期待できないと思われる。

このように、アスファルトは、鋼管の防食材料としてはその用途は限定されつつあるが、アスファルトのもつ

特異な性質—粘弾性—に着目した新しい用途が開かれ、脚光を浴びている。

アスファルト利用のこの新しい製品—ノンネガティブフリクションパイル—について簡単に紹介したい。

5. アスファルトの新用途—ノンネガティブフリクションパイル

軟弱地盤に打込まれた長いくいには、周辺地盤の相対沈下により生ずるネガティブフリクションの作用を受けて地盤とともに沈下する傾向が強い。このため支持層の深い埋立地などでは、構造物の不等沈下を防ぐために、従来大量の基礎ぐいが打込まれていたが、近年このネガティブフリクションを低減する方法として、アスファルトのような粘弾性物質を被覆したくいが開発され、実用化されている。

くいに被覆されたアスファルトは、作用する外力に対して、温度、載荷時間によりその力学的特性が著しく異なり、打込み時のように荷重が瞬間的に作用する場合には弾性体として挙動し、塑性変形による被膜のずれは起こさないが、地盤沈下のような遅い現象に対しては粘性体としての挙動を示して、くいに作用するネガティブフリクションをアスファルトが流動することによって低減し、くいの沈下を防いでいる。

アスファルトを用いたノンネガティブフリクションパイルには、アスファルトのみをくい外表面に被覆した、SLパイル⁵⁾と、当社が開発したNFパイル⁶⁾がある。NFパイルは、アスファルトすべり層の外側にポリエチレンを被覆したもので、アスファルト層を傷つけることなく長距離輸送や長期貯蔵が可能で、打込みの際も土壌によるアスファルト層の損傷を防止できる特長を持っている。SLパイルの製造方法は、塗覆装で行なわれている、熔融アスファルトの浴槽浸漬法、流下塗布法などが一般的であるほか、熔融アスファルトを冷却してシート

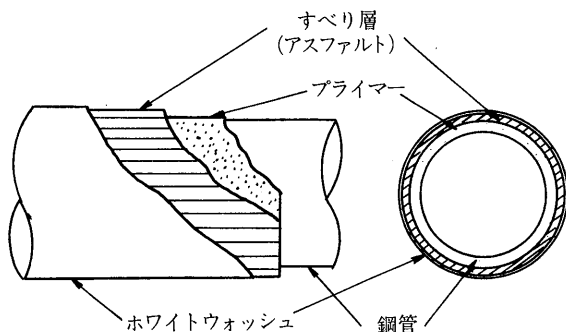


図5 SLパイルの被覆構造

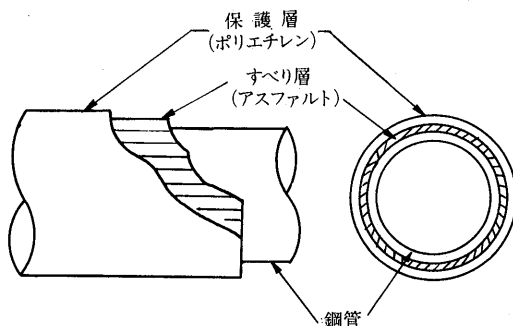


図6 NFパイルの被覆構造

に成形し鋼管に巻きつける方法が報告されている⁷⁾

SLパイルおよびNFパイルの被覆構造を図5、図6に示す。すべり層には、ストレートアスファルト、ブローンアスファルトが用いられるが、両者の粘弾性挙動には若干の差がある。

次に、ノンネガティブフリクションパイルによる地盤沈下防止効果の一例を紹介しよう。

図7において、すべり層（アスファルト）内に発生するせん断応力、すなわち、くいに伝達されるネガティブフリクションの大きさは、次式によって表わされる。

$$\tau = \frac{d \cdot s}{3 h}$$

ここに、 τ ：すべり層のせん断応力 (t/㎡)

s ：すべり層材料のスティフネス係数
(t/㎡)

d ：地盤沈下量 (m)

h ：すべり層の厚さ (m)

たとえば、1年間の地盤沈下量を20cm、すべり層の厚さを4mm、地中温度を10℃とし、アスファルトのスティフネス係数（弾性体におけるヤング率に相当する）を0.008t/㎡とすると、 $\tau = 0.13\text{t/㎡}$ となり、通常考えられる3～5t/㎡のネガティブフリクションを1/20～1/40にも低減することができる。

6. 結 言

鋼管のアスファルト塗覆装は、100年以上の長きにわたって、パイプライン防食の役割を担ってきたが、敷設地が輸送、管理の便利な地域から、へき地、極寒地へと移行、要求性能の高度化、新しい被覆材料の開発などによって、その利用範囲は狭められつつある。しかし一方では、アスファルトの粘弾性に着目した、ノンネガティブフリクションパイルのような新しい用途が開かれ、将来の発展が期待されている。

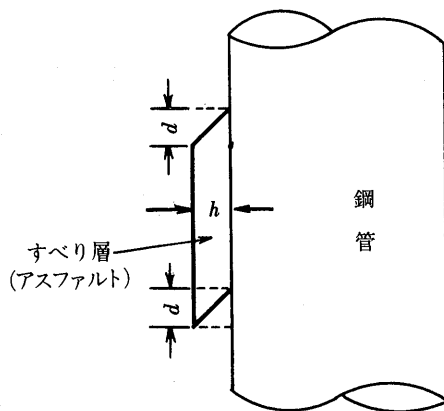


図7 すべり層のせん断変形

本稿では、アスファルトの用途の一端として、鋼管塗覆装、ノンネガティブフリクションパイルを紹介したが、今後更に、その特性を生かした新しい利用技術の開発を期待して結びとしたい。

参考文献

- 1) 中村典道：鉄と鋼，62（1976）10，p. 106.
- 2) 大森克己ら：日本鋼管技法，（1979）83，p. 49.
- 3) J. P. O'Donnell：The Oil and Gas Journal，（1977）Jan. 24，p. 58.
- 4) J. C. A. Schellekens：Ist International Conference on the Internal and External Protection of Pipes，（1975），Paper D1.
- 5) 建設資材研究会：SLぐい製品仕様書，（1978），〔鋼管杭協会〕
- 6) 日本鋼管技術資料：NFパイル（1979）.
- 7) 渡辺裕吉ほか：鉄と鋼，66（1980）7，p. 274.

☆

☆

☆

☆

☆

☆

ブローンアスファルトに関する研究動向

関 根 幸 生*

1. はじめに

工業用ブローンアスファルト特集の一環として、最近のブローンアスファルトに関する研究の動向を整理することを試みた。調査対象は原則として1970-1980年間にCHEMICAL ABSTRACTS誌に集録された文献、特許としたが、これ以外のものでも、重要と思われるものは採り上げた。なお、ソ連文献が相当数あるが、出典がきわめて多岐にわたるため、特許以外は原則としてオリジナルの入手が比較的容易な“Khim, Tekhnol, Topl, Masel”誌のみに限定して対象とした。また、紙面の都合上、内容のごく簡単な紹介に止めたので、詳細はオリジナルを参照されるよう希望する。

2. 研究の動向

近年の分析技術の著しい進歩がバックボーンとなり、ブローイング反応の解明、ブローンアスファルトの性質組成などに関する基礎的かつ詳細な検討がかなり進められ、これらの面における進展には目を見張るものがある。

ブローンアスファルトの製造技術に関連したものとして、プロセスコントロールに関する特許が比較的多いほか、ソ連での従来のカラム型反応装置に加えチューブ式反応装置に関する研究が多く見られる。一方、触媒ブローイングに関しては、触媒ブローイングの機構の解明などの試みが見られるものの、触媒そのものについては、1950年代のHoibergの広範な研究以来、画期的な研究は現われていない。

これに対し、ブローイング原料、条件と製品品質との関係についてはさまざまな検討が加えられ、研究報告、特許も多数発表されている。この面についていえば、既になすべき研究は峠を越したとも思える。

ブローンアスファルトを粗原料とする種々な組成物に関する研究は、主に石油化学製品およびその副生物の用途開発という側面を背景として、きわめて盛んに行なわ

れていることがうかがわれ、この分野における特許が多数見られる。今後も、この種の研究は盛んに行なわれると予想される。

以下、各々について詳しく見てゆくこととする。

3. 各分野における研究の動向

3.1 ブローイング反応の解明

3.1.1 ブローイング反応機構の検討

ブローイング反応における原料特性、反応条件と製品ブローンアスの品質、組成との関係に触れた報告はこれまでも少なくないが、未だ充分解明されたとは言えず、この点に関する報告は最近でもよく見られる。

Corbett²⁾は原料油種およびその固さが製品品質と深い関係にあり、ブローイング反応速度は原料油種、空気量およびその分散に依存することを定量的に示し、ブローイング反応機構を組成変化と対応させて考察している。Tabolinaら³⁾はブローイングにおけるアスファルテン生成速度と原料油組成の関係を調べ、実験式を求めて実際の結果と良く一致することを確かめている。また筆者ら⁴⁾はブローイングにおける諸反応因子を加味した反応速度式を実験的に求め、 O_2 との接触が反応速度を支配する最大因子であることを定量的に明らかにした。

一方、いわゆる触媒ブローイング時に添加する $FeCl_3$ などの作用に関する報告も見られる^{5,6)}。また、筆者ら⁷⁾は触媒ブローイングにおける代表的添加物である P_2O_5 の作用機構・存在形態を ^{31}P -NMRで追跡し、製品中に3価のリン酸エステルとして存在することを確認した。このほかYen⁸⁾のルイス酸型ハロゲン化メタルによるブローイングは酸素攻撃型のフリーラジカル機構で進行するとした報告がある。

3.1.2 ブローイングにおける組成変化と性質

前出のCorbettの報告²⁾のほか、中島のブローイングによるアスファルトの物理的性質の変化、組成変化、さらに微量成分である弱酸、微弱酸の量の変化などについ

* 丸善石油(株)研究所

ての詳細な検討結果が報告されている^{9)~11)}。彼によれば空気の吹き込みで酸素の一部はケトンを生成してアスファルト中に残存し、アスファルトのゲル化に寄与するとしている。ほかに、Speight ら¹²⁾のブローイングによる性質の変化をアスファルテン量の変化と対応させて検討した報告や、Zenke の¹³⁾ブローイングにおける組成変化と熱劣化による組成変化を対比して検討した報告もある。一方、Kupersmidt ら¹⁴⁾はブローイング温度が反応機構に影響し、低温ブローイング品ほど酸素含有量が大きいとあるが、製品の物理的性質とブローイング温度とは関係ないとしている。

4. ブローンアスファルトの製造技術

4.1 ブローイングプロセス

チューブ式反応装置や、これをカラム式と比較した報告がソ連の文献に多い^{15)~17)}。ブローイング装置の改良に関する特許も多数ある^{18)~24)}。

ブローイング装置の運転に関連し、ブローイングの終点を電気的測定で自動的に知る方法^{25),26)}、NMRで知る方法²⁷⁾や、連続ブローイングにおける反応の自動コントロールに関する方法^{4),28)}などプロセスコントロールに関しても特許を中心に多くの研究がなされている。

4.2 触媒ブローイング

いわゆる触媒ブローイングにおける触媒そのものの探索に関しては1950年代におけるHoi berg¹⁾の広範な研究以降における大きな進展はない。

FeCl_3 を中心とする金属塩化物の触媒効果に関して、ソ連において多くの報告がなされている。酸素によるブローイングはアスファルテンの溶解性を減少させるが、金属塩が存在するとその傾向が大きくなることをスペクトル吸収で明らかにした報告⁵⁾や、 FeCl_3 添加ブローインの機構を論じた報告⁶⁾、 FeCl_3 存在下のブローイングは反応時間を短縮させるという報告²⁹⁾、各種金属塩化物の触媒効果を比較し、 $\text{FeCl}_3 > \text{MnCl}_2 > \text{CuCl}_2$ の順であることを明らかにした報告³⁰⁾なども見られる。

このほか、Bocca ら³¹⁾のブローイングに際して SO_2 を添加すると低温脆性の秀れた製品が得られるとする報告もある。

特許では、鉄化合物添加ブローイングにおいてブローイングプロセスを簡略化する方法に関するもの^{32),33)}、 FeCl_3 とリン酸触媒を併用したり³⁴⁾無触媒ブローンアスにポリリン酸を添加、混合するだけで製品の感温性を改善する方法³⁵⁾などがある。

また、ブローイング時の P_2O_5 、 FeCl_3 など粉体触媒

の反応層への添加法に関する改良法³⁶⁾、鉄触媒ブローイングに関する特許³⁷⁾なども見られる。

4.3 反応条件、原料油

多岐にわたる原料油をブローイングに用いる報告や、更に反応条件に改善を加えて秀れた品質のブローンアスを得ようとする試みが多くある。一般報文としては、クエート、アラビアライト残査をブローイングして得る舗装用アスファルトの品質と組成を述べたDickunsonの報告³⁸⁾や、3気圧の加圧下でブローイングすることにより反応時間を25~35%短縮させ、かつ品質が改良されるというGun らの報告³⁹⁾、ブローイングが原料として直留残査と脱圧アスファルトを比較し、前者を原料とする方が物理的性質の秀れた製品を得るとする報告⁴⁰⁾などがある。

特許では、特定の沸点範囲の減圧留出油をブローイングして秀れた製品を得る方法⁴¹⁾、芳香族系炭化水素とビチューメンの酸化物をブローイングして生化学的に安定なバインダーを得る方法⁴²⁾、少量の熱分解タール⁴³⁾や潤滑油抽出エキストラクト⁴⁴⁾を添加した原料を用いてブローイング反応性を高める方法、スラックワックスその他を添加ブローイングして積層板材をつくる方法⁴⁵⁾、脱ロウラフィネートを原料として感温性に秀れた製品を得る方法⁴⁶⁾、廃油をブローイングする方法⁴⁷⁾など多数ある。このほか、10~50%のワックス含有減圧残査を原料とする無触媒ブローンアスは舗装用アスとしてストアスに比べて、マージナル安定度、残留安定度が多いとする特許もある⁴⁸⁾。また、hexahalocyclopentadiene と dienophilic 化合物との Diels-Alder 縮合生成物存在下でブローイングすると、耐火性、流動性能の秀れた製品を得るという触媒ブローイングの変形ともいえるBP社の特許もある⁴⁹⁾。

一方、Zhelezko らによると舗装用アスファルトとしてのブローンアスは、残査からオイル分を除去してブローイングしたものほど、また高粘度残査を原料とするものほど熱的履歴に対する抵抗性が強いという⁵⁰⁾。

5. ブローンアスファルトの性質

中島らは、ブローイングがアスファルトの構造に及ぼす影響およびブローンアスファルトの粘度特性、レオロジー特性と内部構造との関係などについて、掘り下げた広範な基礎的研究を行なっている^{51)~56)}。彼はNMRによりブローイングにおける芳香族、レジン分のアスファルテンへの酸化の機構の解明や、フロキュレーション比との関連によるブローンアス構造の検討⁵¹⁾、ブローンアス

スの粘度特性からのコロイド構造の解明^{52), 53)}などを試み、ブローンアスの流動特性をレジン結合、レジンアスファルテンの吸着などで説明している。

堀尾らはブローンアスの低温伸度注目し、低温における伸度は反応温度と原料油粘度に支配的に影響され、このことは触媒ブローイング、無触媒ブローイングに関係なく共通の現象であることを確かめ、さらにブローンアスのこの面における品質をアスファルテンの構造やコロイド構造との関連で考察を加えている^{57), 58)}

ブローンアスの酸化、劣化の機構に関する研究報告もある。やや古くは、ブローンアスにカーボンマークを照射したときの酸化速度をIRで追跡したWrightらの研究があり^{59), 60)}その後もMartinのブローンアス劣化に関する検討⁶¹⁾ Glotovaらの光酸化に関する検討⁶²⁾などが報告されている。Hayesらはブローンアス光酸化劣化物中の水溶性、アルカリ溶解性生成物に注目して検討し光照射による不飽和化合物の酸化は劣化の主因ではなく低分子量の蛍光化合物及び光照射、その他気候条件により生成する物質が相関することが判明したとしている⁶³⁾

一方、Akhmetovaらは、ルーフィング用、絶縁用アスファルトの品質に及ぼす原料油特性、製造方法の影響について検討し、パラフィン系、ナフテン系の油を添加したタール含有残渣を用いてチューブ式連続装置でブローイングした製品が最も秀れているとしている⁶⁴⁾このほか、ブローンアス中に存在する酸、微弱酸をストアスのそれと比較して測定した結果の報告もある⁶⁵⁾

筆者らはブローンアスの加熱溶解時における針入度、軟化点など性状変化について検討を加え、加熱時の性状変化に対応してアスファルテンの量が変化することを見出し、このことがアスファルテン分子の一種の解重合的挙動によるものと推定した?²⁾

6. ブローンアスファルトを粗原料とする組成表

舗装材関連ではブローンアス、アスベスト、コーク、ナフサから成る耐すべり、耐摩耗性に秀れたシーリング舗装用組成物に関する米国特許がある⁶⁶⁾

ブローンアスを主成分とする各種コーティング用組成物に関して多くの国内特許がある。ブローンアス、各種石油化学樹脂、エポキシ樹脂、その他無機物から成る鋼管コーティング用組成物に関して日本鋼管から一連の特許が出されている^{67)~69)}ほか、各種の成分を使用するアスファルトコーティング組成物に関する特許がある^{70)~75)}これらの多くは、種々な化学プロセスから生成する副生物や廃棄物の有効活用によるコーティング材の改良を目

的としたもので、今後もこの種の新規コーティング材が種々検討されると考えられる。これらのうち、Alexanderらによるもの⁷²⁾は触媒ブローンアス、ひる石、アスベストから成る耐候性に秀れた吸気性コーティング材とされ、これ迄にない特長を有するものとして注目される。

絶縁材に関しても数件の特許が見られる。すなわち、ゴム等を加え、耐食性、絶縁性を改善した組成物⁷⁶⁾耐寒性を改善した蓄電池用シール材⁷⁷⁾その他^{78), 79)}がある。

このほか一般文献として、地下埋設パイプライン用絶縁材としてのアスファルトについて論じたAkhmetovaらの報告も見られる⁶⁴⁾

ブローンアスを主成分とする、その他の各種組成物に関する特許も多い。

石油樹脂、エポキシ樹脂、その他を加えて接着強度を高めたホットメルト接着剤⁸⁰⁾ゴム、無機物等による耐震性メタルシート組成物⁸¹⁾ポリビニルアルコールを加え耐火性、耐薬品性を高めたブローンアスシート⁸²⁾ポリコールを添加し作業性、耐候性、熱安定性を改善した防水用アスファルト組成物⁸³⁾ホルマリン樹脂、鉱油、ゴム粉末などを添加し、熱可塑性を高めたポリエチレンケーブル被覆用組成物⁸⁴⁾ABS樹脂などを加えた低廉で強度の大きな組成物⁸⁵⁾オイル、無機物から成るジョイント用腐食防止剤⁸⁶⁾ブチルゴム、その他から成る耐候性、耐水性に秀れた防水塗料⁸⁷⁾など、さまざまな特許がある。

ほかに、Runaらのプラスチックのアスファルトへの添加効果および添加物の実用性能を論じた一般文献がある⁸⁸⁾

ブローンアスを使用した特殊な製品の開発に関連するものとして、ブローンアスと界面活性剤から成るドリリングフリッド（原油採掘時使用する流体組成物）に関する特許⁸⁹⁾や、メソフェース含有ピッチ生成原料としてブローンアスを使用し、生成ピッチの軟化点、粘度等の物性を測定した報告⁹⁰⁾などもある。

7. おわりに

最近10年間に発表されたブローンアスファルトに関する研究報告、特許をひとわたり眺めたが、内容がきわめて多岐に亘ることもあり、ややまとまりを欠いてしまったようである。また、紙面の制約上、個々の文献の内容について詳しく解説できなかったのは心残りである。この点については、稿を改めて採り上げたいと考える。拙文が多少とも諸賢の参考になれば幸いである。

(以上、紹介した文献の一覧表を次ページに掲載する。)

ブローンアスファルトに関する文献

- 1) Hoiberg, A. J., A. A. P. T., 19, 225 (1950)
- 2) Corbett, L. W. Ind. Eng. Chem., Process Res. Dev. 14, 181 (1975).
- 3) Tabolina, L. S. et al, Khim. Tekhnol. Topl. Masel, 1979, (5), 16.
- 4) 関根ら, 丸善石油技報, No. 22, 42 (1977).
- 5) Moschopedis, S. E. et al Fuel, 57 (4), 235 (1978).
- 6) Gun, R. B. et al, Khim. Tekhnol. Topl. Masel, 1977, (2), 27.
- 7) 関根ら, 石油学会製品部会討論会資料, p 84 (1979).
- 8) Yen, T. F. ACS Div. Petrol. Chem. 17, F 102 (1972).
- 9) 中島ら, 石油誌, 14, 913 (1971).
- 10) 中島, ibid, 16, 755 (1973).
- 11) 中島, ibid, 16, 760 (1973).
- 12) Speight, J., J. Mater. Sci., 12 (5), 990 (1977).
- 13) Zenke, G., Strassen und Fiefbau, 30, (4) 33 (1976).
- 14) Kupersmidt, M. L., et al, Khim. Tekhnol. Topl. Masel, 1973, 18 (2), 25.
- 15) Mikodina, M. F., et al, ibid, 1972, 17 (2), 18.
- 16) Fryazinov, V. V., et al, ibid, 1978, (2), 11.
- 17) Levin, A. I. ibid, 1973, 18 (3), 46.
- 18) Michna, W. et al, Pol. 86, 478 (1976).
- 19) Ivanyukov, D. V., U. S. S. R. 350, 503 (1972).
- 20) Österreichische Mineralölverwaltung A. G. Fr. 2, 064, 517 (1971).
- 21) Lambert, F. et al, Hung. Halaszott, 2, 408 (1979).
- 22) Alexandru, G., Rom. 53, 042 (1972).
- 23) Bernard, B., Fr. 1, 604, 688 (1972).
- 24) Fritz, P., Austrian, 353, 157 (1979).
- 25) Forster, E. O., et al, U. S. 3, 779, 892 (1973).
- 26) Forster, E. O., et al, ibid, 3, 868, 315 (1975).
- 27) Primak, R. G., Neftepererab. Neftekhim (Kiev), 1975, (12), 106.
- 28) Ashchin, A. N., U. S. S. R., 472, 144 (1975).
- 29) Pazhitnova, N. P., et al, Khim. Tekhnol. Topl. Masel, 1977, (8), 35.
- 30) Primak, R. G., et al., ibid, 1979, (7), 33.
- 31) Bocca, P. L., et al, Riu. Combust., 30, (4), 103, (1976).
- 32) Gun, R. B., et al, U. S. S. R., 632, 723 (1978).
- 33) Apostolov, S. A., ibid, 622, 833 (1978).
- 34) Tobolina, L. S., ibid, 362, 041 (1972).
- 35) 古田, 特開昭53-47, 424 (1978).
- 36) 堀尾ら, 特公昭47-51, 208 (1972).
- 37) Kozhevnikov, A. V., et al, U. S. S. R., 629, 220 (1978).
- 38) Dickinson, E. J., Proc. A. A. P. T., 43, 132, (1974).
- 39) Gun, R. B., et al, Khim. Tekhnol. Topl. Masel, 1977, (7), 32.
- 40) Gun, R. B., et al, ibid, 1973, 18 (5), 26.
- 41) 梅影, 特公昭50-10, 338 (1975).
- 42) Provinteev, I. V., U. S. S. R., 605, 817 (1978).
- 43) Christakudis, D., et al, Ger. (East), 118, 893 (1976).
- 44) Kajdas, C., et al, Pol. 93, 551 (1977).
- 45) Fauber, E. M., U. S., 3, 663, 281 (1972).
- 46) 岡本ら, 特開昭54-101, 825 (1979).
- 47) Brand, F., et al, Ger. (East), 123, 487 (1976).
- 48) 飯島ら, 特公昭54-10, 325 (1979).
- 49) Pinot, J. F. A., Ger. Offen. 2, 742, 587 (1978).
- 50) Zhelezko, E. P., Neftepererab. Neftekim (Moscow), 1972 (12), 13.
- 51) 中島ら, 日本大学生産工学部報告, A, 1976, 9 (2) 137.
- 52) 中島ら, ibid, A. 1976, 9 (2), 147.
- 53) 中島, 石油誌, 17, 240 (1974).
- 54) 中島, ibid, 18, 1068 (1975).
- 55) 中島, ibid, 19, 39 (1976).
- 56) 中島, ibid, 19, 44 (1976).
- 57) 堀尾, ibid, 16, 684 (1973).
- 58) 堀尾ら, ibid, 18, 389 (1975).
- 59) Wright, J. R., et al, ACS. Div. Pet. Chem., Prep., 7, (1), 19 (1962).
- 60) Wright, J. R., et al, J. Appl. Chem., 12, 256 (1962).
- 61) Martin, K. G., ACS. Div. pet. Chem., Prep., 16, (1), D 111 (1971).
- 62) Glotova, N. A., Khim. Tekhnol. Topl. Masel, 1974, (11), 45.
- 63) Hayes, M. H. B., et al, Bitumen, Teere, Asphalte, Peche, 24, 175 (1973).
- 64) Akhmetova, R. S., et al, Neftepererab, Neftekhim. (Moscow), 1972, (1), 15.
- 65) Greenhow, E. J., et al, Anal. Chem. Acta 109, 129 (1979).
- 66) Draper, H. L., U. S. 3, 801, 341 (1974).
- 67) 吉田ら, 特開昭50-127, 934 (1975).
- 68) 吉田ら, 特開昭50-136, 323 (1975).
- 69) 吉田ら, 特開昭50-136, 324 (1975).
- 70) 井口, 特公昭47-8, 706 (1972).
- 71) 綿貫ら, 特開昭53-64, 239 (1978).
- 72) Alexander, S. H., U. S. 3, 782, 988 (1974).
- 73) 田代ら, 特開昭52-133, 320 (1977).
- 74) 中尾, 特開昭53-2, 523 (1978).
- 75) 三星産業, Fr. Demande, 2, 341, 694 (1977).
- 76) Rohrsolierbau G. m. b. H. Neth. Appl. 9566 (1975).
- 77) Friedrich, B., et al, Ger. (East) 123, 486 (1976).
- 78) 阿久津ら, 特開昭50-29, 634 (1975).
- 79) Jozef, J., Pol. 83, 407 (1976).
- 80) 沢村, 特開昭52-9, 034 (1977).
- 81) 尾張ら, 特開昭50-126, 777 (1975).
- 82) 山村, 特公昭48-11, 562 (1973).
- 83) 堀尾ら, 特開昭49-25, 012 (1974).
- 84) Gonzalez, L. A., et al, Span. 453, 588 (1977).
- 85) McColgan, J. M., U. S. 3, 926, 884 (1975).
- 86) 坪内ら, 特開昭50-53, 248 (1975).
- 87) ユニオン技研工業, 特公昭51-25, 049 (1976).
- 88) Runa, A. et al, Bitumen, Teere, Asphalte, Peche, 25, (3), 93 (1974).
- 89) Sullivan, F. F., Can. 972, 141 (1975).
- 90) 大谷ら, 炭素, No. 87, 135 (1976).

アスファルト舗装技術研究グループ

第6回研究報告に当って

阿 部 頼 政

日本大学理工学部助教授

当研究グループの今回の報告は、1979年9月に開催されたPIARCの会議録からわが国で特に興味深いと思われるテーマを選んでとりまとめたものである。会議録の原文については研究グループで輪講し、討論を重ねたが、アスファルト誌への掲載にあたっては、古財武久氏が担当した。

当研究グループは発足してすでに丸3年を経過しようとしている。この間、種々の形でアスファルト誌に報告を行ってきたが、その概要は表-1に示すとおりである。これまでは、全員が執筆に参加した場合を第1回、第2回研究報告としてきたが（表の第1,4回）、タイトル

の設定にまぎらわしい一面がでてきたので、今後は表-1にしたがって通し番号をつけていきたい。これによれば今回は第6回の研究報告にあたる。

現在、研究グループの主な課題は「海外の舗装管理システムの動向」である。荷の重すぎるテーマではあるがわが国でも近い将来、本格的な研究の時期が来ると考え、基礎的な勉強を継続している。この他に、システムとは直接関係がなくとも新しい技術情報が入れば、その都度これを輪講して消化し、さらにアスファルト誌の読者にとって有用な情報が含まれているものについては、今回のようにとりまとめて紹介することになっている。ささやかな役割ではあるが、これは恵まれた勉強の場を与えられた私達の義務であろうと考えている。

表-1 研究報告の経過

回	題 名	担 当 者	巻 号
第1回	「クラック」「わだち掘れ」に関する海外の研究、抄訳	全 員	21, 117
	アスファルト舗装の低温クラック	福 手 勤	"
	アスファルト舗装の疲労クラック	田 井 文 夫	"
	アスファルト舗装のわだち掘れ	山 内 幸 夫	"
	供用性・その他	阿 部 忠 行	"
第2回	舗装設計システム VESYS II M について	阿 部 忠 行	22, 118
第3回	弾性理論を中心とした各種設計法	古 財 武 久 塩 尻 謙 太 郎	22, 119
第4回	アスファルト舗装の構造設計に関する最近の動向 (国際会議に発表された全論文の抄訳)	全 員	22, 120
第5回	舗装管理システムに関する海外の動向(1) 舗装管理システムについて	阿 部 忠 行	23, 122

表-2 アスファルト舗装技術研究グループ
(1980年9月現在)

阿 部 頼 政	日本大学理工学部土木工学科
阿 部 栄 三	シェル石油(株)アスファルト部
阿 部 忠 行	東京都土木技術研究所道路構造研究室
荒 井 孝 雄	日本舗道(株)技術部
井 上 武 美	日本舗道(株)技術研究所
榎 戸 靖 暢	日本大学理工学部土木工学科
大 島 剛	大林道路(株)技術研究所
太 田 健 二	日瀝化学工業(株)技術課
大 坪 義 治	日瀝化学工業(株)技術研究所
金 沢 円 太 郎	日本道路(株)技術研究所
小 坂 寛 己	首都高速道路公団第二建設部設計課
古 財 武 久	大成道路(株)技術研究所
澤 正	日本舗道(株)技術部
鈴 木 秀 敏	日瀝化学工業(株)技術研究所
田 井 文 夫	東京工業大学工学部土木教室
竹 田 敏 憲	東京都土木技術研究所舗装研究室
谷 口 豊 明	日本大学理工学部土木工学科
栃 木 博	日本道路公団試験所舗装試験室
西 沢 典 夫	大成道路(株)技術研究所
林 誠 之	日本石油(株)中央技術研究所
福 手 勤	運輸省港湾技術研究所滑走路研究室

たわみ性舗装技術委員会報告と 会議討論「舗装の維持」に関する報告について

古 財 武 久*

- | | |
|---------------------|-----------------|
| 1. はじめに | ② 締固め |
| 2. アスファルト舗装について | 2-4 アスファルト舗装の補修 |
| 2-1 舗装の設計 | 3. 舗装の維持について |
| 2-2 アスファルト舗装に用いる材料 | 3-1 舗装の維持 |
| ① アスファルト | 3-2 舗装の供用性 |
| ② 骨 材 | 3-3 維持管理の組織 |
| ③ イオウの利用 | 3-4 データーバンク |
| 2-3 アスファルトコンクリートの特性 | 3-5 修繕工法 |
| ① 永久変形 | 4. おわりに |

1. はじめに

PIARC (Permanent International Association of Road Congresses 常設国際道路会議協会) は、4年に1回、国際道路会議を開催しており、第16回の会議が、1979年9月に、オーストリアの首都ウィーンで60カ国の参加によって行なわれた。

会議の内容は、次のとおりである。

① 特定課題

第1議題：道路用材料の分類、特性および試験

第2議題：土工と舗装

- A) 全般的概念—相互作用—最適化
- B) たわみ性舗装
- C) コンクリート舗装
- D) 道路土工

第3議題：都市間道路と高速道路

第4議題：都市内道路

第5議題：ローコスト・低交通道路

② 会議討論

- ・道路と環境
- ・舗装の維持

③ 技術委員会

- ◎ 道路材料技術委員会 (第1議題)
- ◎ コンクリート舗装技術委員会 (第2議題)
- ◎ たわみ性舗装技術委員会 (第2議題)
- ◎ 都市間道路技術委員会 (第3議題)

◎ 都市内道路技術委員会 (第4議題)

◎ ローコスト道路技術委員会 (第5議題)

○ 道路トンネル技術委員会

○ 経済・財政委員会

○ 路面特性技術委員会

○ 維持・冬期対策技術委員会

なお、各技術委員会の報告は、関連する特定課題と併せて討議されたもの (上記◎印) と別途に討議されたもの (上記○印) とがある。

会議に関する報告は、特定課題別に、32カ国から提出された119編のナショナル・レポートと、それをまとめたジェネラル・レポートがある。また、会議討論の「道路と環境」と「舗装の維持」をまとめたものと、各技術委員会の報告がある。

日本アスファルト協会の技術研究グループでは、この報告の中から、第2議題の「土工と舗装」の中で討議された「たわみ性舗装技術委員会」報告¹⁾と、会議討論の「舗装の維持」についての報告²⁾を取り上げて輪講した。本稿は、これをもとにアスファルト舗装と舗装の維持についてとりまとめたものである。

なお、会議の全体の様子等については、道路³⁾ (1980年1月号) を参照していただきたい。

2. アスファルト舗装について

アスファルト舗装は一般にアスファルトコンクリートによる表層・基層と、上・下層の路盤よりなっている。⁴⁾

アスファルトコンクリートの部分 (表層と基層) は、

* 大成道路(株)技術研究所

特に、気象による作用や、交通荷重等の繰返し作用を受けるので、それらに対する疲労抵抗性を充分備えていることが要求される。それに加え、表層では、車が走行する上での安全性や快適性の点から、すべり抵抗や平坦性などの供用性状も充分であることが要求される。

たわみ性舗装技術委員会（表-1¹⁾に委員会のメンバーを示す）では、次の8テーマについて報告¹⁾を行っており、アスファルトコンクリートに関する問題を中心にまとめている。

- ① 舗装の設計：報告者 K. R. Peattie (イギリス), J. Verstraeten (ベルギー), W. Visser (オランダ), R. Sauterey (フランス)
- ② 永久変形に対する抵抗性：報告者 J. Verstaeten (ベルギー)
- ③ アスファルト舗装の締固め：報告者 M. Blumer (スイス)
- ④ 表面処理材の開発：報告者 A. Lacleta (スペイン)
- ⑤ 補修用アスファルト混合物：報告者 J. C. Chantereau (フランス)
- ⑥ 球形骨材と破砕骨材：報告者 W. Visser (オランダ), R. Deters (東ドイツ), E. Nakkel (東ドイツ)
- ⑦ アスファルトバインダー・その発展と動向：報告者 E. Prevost (Eurobitume), W. G. Wilman (C. I. G. R.)
- ⑧ イオウの利用：報告者 F. Della Scala (イタリア), F. Gianninni (イタリア)

一方、わが国の舗装状況は諸外国と比較して遜色ないが(後述の表-9²⁾参照),日本特有の路床が粘性土で支持力が低いこと、道路の幅員の狭まいるところが多いこと、地方による気象条件の差(北海道と九州)が大きいことなどの問題がある。このような状況下にあつてわが国の舗装技術は、日進月歩を重ねている。しかし、昨年開かれた第23回日本道路会議「舗装部会」の報告⁵⁾でも指摘されているように、現在の舗装には、重車輦による塑性流動、スパイクタイヤの普及によるすりへり、横断構造物・橋梁取り付け部の段差などの問題がある。

こうしてみると、塑性流動や路床路盤の変形に伴う永久変形は、各国に共通した課題の一つのようである。

本章では、委員会報告の中から、2-1 舗装の設計、2-2 アスファルト舗装に用いる材料、2-3 アスファルトコンクリートの特性、2-4 アスファルト舗装の補修についてとりまとめた。

表-1 たわみ性舗装技術委員会¹⁾

委員長	E. Balaguer	スペイン
副委員長	E. Nakkel	西ドイツ
書記	R. Sauterey	フランス
委員	R. Deters	東ドイツ
	G. Nievelt	オーストリア
	J. Chavet	ベルギー
	J. Verstaeten	"
	G. D. Reid	カナダ
	A. Lacleta	スペイン
	A. Vuorio	フィンランド
	J. C. Chantereau	フランス
	N. W. Lister	イギリス
	K. R. Peattie	"
	E. N. Emesdy	ハンガリー
	F. Della Scala	イタリア
	S. Kikegawa	日本
	A. Rico	メキシコ
	L. N. Aguirre Menchaca	"
	J. Brouwers	オランダ
	W. Visser	"
	H. Wojciechowski	ポーランド
	G. Chiritejcu	ルーマニア
	M. Blumer	スイス
	I. Gschwendt	チェコスロバキア
	V. Gorelichev	ソビエト
機関代表	W. G. Wilman (I. R. T. C*)	イギリス
	E. Prevost (Eurobitume)	フランス
客員	C. P. Van Der Merwe	ローデシア
	S. Ezer	トルコ
専門委員	M. Lefebure	ベルギー
	J. Leyder	"
	N. Van Der Kimpen	"
	A. Pradier	フランス

*) I. R. T. C. は International Road Tar Conference の略

2-1 舗装の設計

委員会報告では、第4回アスファルト舗装構造設計国際会議の論文を中心に、弾性理論による設計法について、次のようにまとめている。

- ① 舗装の挙動と経時変化のためのモデルの利用
- ② 永久変形の鋭敏性評価のためのモデル
- ③ 補強の方法

なお、第4回アスファルト舗装構造設計国際会議の論文は、既に当研究グループで輪講を行ないアスファルト120号⁶⁾に抄訳集として発表されているが、①～③の項目別に、表題をまとめると表-2⁶⁾のようになる。第4回アスファルト舗装構造設計国際会議では、広範囲の荷重や環境条件に適用できる設計方法の論文と、VESYSIM (アスファルト118号阿部忠行) にみられるような、舗装構造設計をシステムのとらえる論文が主である。

弾性理論を適用した舗装の設計において、舗装は線型弾性多層構造として表わされ、各種の電算プログラム (BISAR, CHEVRON など) について舗装に生じる応力の分布や変形の解析が、なされている。舗装設計の基本的な考え方は、表層にクラックやわだち掘れが生じない

表-2 第4回アスファルト舗装構造設計国際会議論文集より⁶⁾

項 目	表 題
舗装の挙動と経時変化の予測のためのモデルの利用	- 設計方法—VESYS構造設計システムによるたわみ性舗装の設計方法 (PP.101～130) - BranptonおよびAASHOの試験舗装での測定とVESYS II Mによる予測との比較 (PP.131～138) - 構造設計モデルVESYS II Mの高感度分析 (PP.139～147) - VESYS II M構造サブシステムのユタ州における現場照合 (PP.148～157) - PSU試験舗装の現場観察に基づいたアスファルト舗装設計法の評価 (PP.158～174) - たわみ性舗装設計方法の検討 (PP.175～187) - オランダ国立道路研究所で使用される合理的舗装システムにおける舗装モデルの選定 (PP.188～208) (アスファルト118号 阿部(忠)の文献)
永久変形の鋭敏性評価のためのモデル	- 粘弾性2層構造上の走行荷重: 回復性変形と永久変形の予測 (PP.459～466) - アスファルト舗装の永久変形に関する設計手順の妥当性について (PP.467～482) - 繰返し三軸圧縮における圧縮道路混合物の永久変形 (PP.483～496) - アスファルト舗装における粘性流動によるわだち掘れの評価 (PP.497～508) - 舗装の変形予測のためのコンピューターを基礎としたサブシステム (PP.509～518) - アスファルト舗装における永久変形に関する設計サブシステムの検討 (PP.519～528) - アスファルト舗装構造におけるわだち掘れ予測に関するサブシステム (PP.529～539) - アスファルト舗装における永久変形の予測方法 (PP.540～554)
補強の方法	- 舗装に対するアスファルトオーバーレイの設計 (PP.557～588) - 多層構造理論を用いたアスファルトコンクリートのオーバーレイ設計 (PP.589～628) - 寿命予測と舗装強化の設計のためのシステム (PP.629～648) - 舗装評価とオーバーレイの設計 (PP.649～648) - たわみ性舗装の評価と修復のための実際のアプローチ (PP.665～673) - 軽交通道路のアスファルト舗装に対する評価とオーバーレイ設計 (PP.674～696) - オーバーレイの最適設計法 (PP.697～709) - 表面たわみ量に基づくオーバーレイ舗装設計方法 (PP.710～721) - オーバーレイと段階的設計法 (PP.722～735)

注)()は論文集のページ

ように、アスファルトコンクリートの疲労抵抗性や永久変形に対する抵抗性と路床路盤の支持力を考慮して、材料を選択することと舗装厚を決定することである。設計条件としては、荷重条件(交通の量と質、載荷時間、接地圧、接地半径)、環境条件(温度、気象条件、凍結指数、排水状況、地域要因)、材料特性(弾性定数、ポアソン比、疲労抵抗、永久変形)などがあげられる。また、設計時に考慮すべき事項として、温度クラックや乗心地などがある。さらに今後の問題として、経済性に対する検討も必要であるとしている。同会議の各論文において、疲労抵抗や永久変形の予測をする場合に用いたデータの多くは、AASHO道路試験の結果から得られたものを利用している。従って、これらの設計法を他の国で利用するにあたっては、各々の国で特有の、荷重条件、環境条件、材料特性などの詳細な検討が必要であろう。

2-2 アスファルト舗装に用いる材料

アスファルト舗装に用いる材料は、一般に、歴青材料、骨材、フィラー、添加材などである。この節では、歴青材料の中の舗装用石油アスファルト(以下アスファルト)と骨材、およびイオウの利用について、取り上げる。

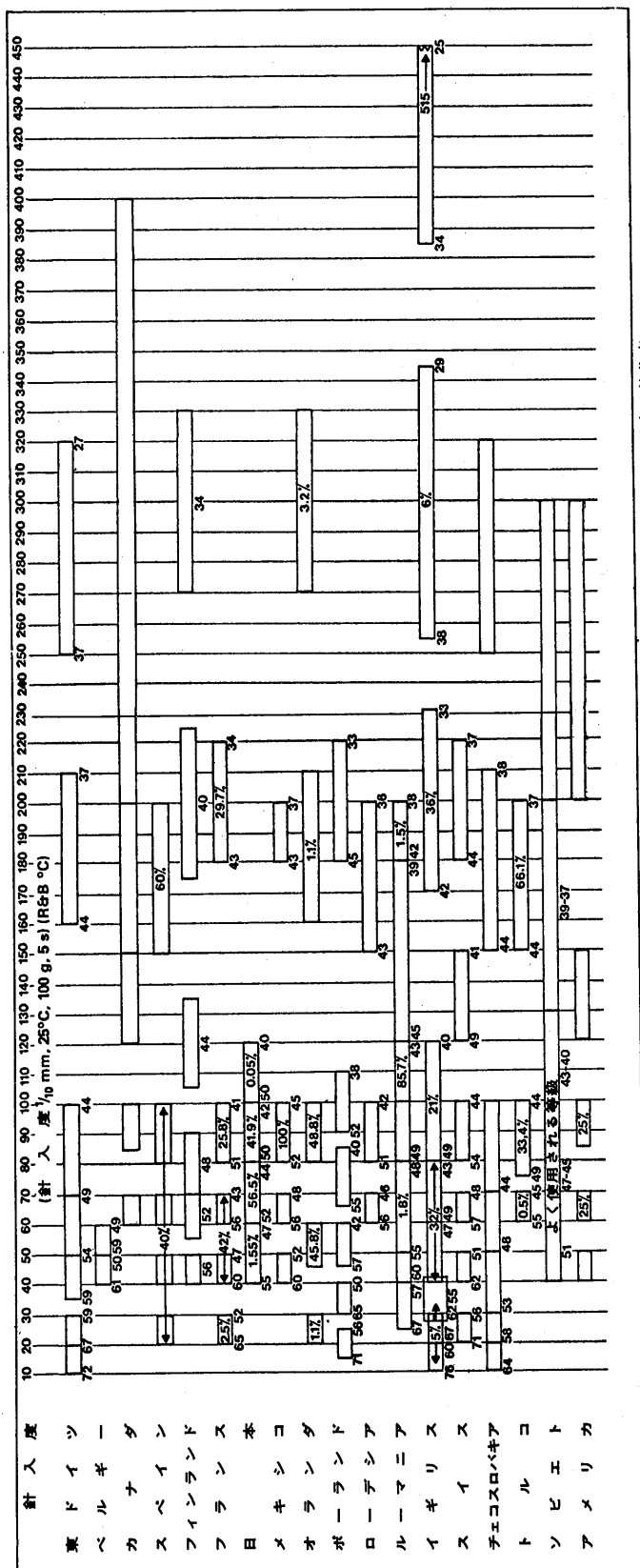
① アスファルト

アスファルトコンクリートにおいて、アスファルトの占める重量は、全体の約4～12%程度であるが、

その力学特性などに与える影響は大きいので、アスファルトの物性は重要であり、品質規格が定められている。アスファルト舗装要綱⁴⁾によれば、「舗装用石油アスファルトは、JISK 2207 石油アスファルトのストレートアスファルトであって、その品質は、日本道路協会規格に適合するものでなければならない。」とされている。わが国では、昭和55年1月1日付でJISK 2207 石油アスファルトの改訂がなされたことは、周知のとおりである。委員会報告によると、ほとんどの国でここ数年、規格の変更はないようであるが、ルーマニア、イギリス、ソビエトなどでは、新たに感温性(針入度指数等)に関する項目を取り入れている。

表-3¹⁾は、現在、各国で使用されているアスファルトの針入度・軟化点を表わしたものであるが、針入度($\frac{1}{10}$ mm)は10～515、軟化点(℃)は25～76というように、非常に広範囲のアスファルトが用いられている。針入度と軟化点の関係をみると、針入度が同じであっても、国によって軟化点が異なっており、感温性に対する考え方の違いがうかがえる。また、フィンランドを除く、東ドイツ、ベルギー、スペイン、フランス、アメリカなどでは、高針入度のアスファルトを使用しない傾向にあり、日本(AC-140)やイギリスの、感温性の低いアスファルトを使用する方向と合せて考えると、世界的すう勢と

表-3 アスファルトの針入度と軟化点 (18カ国)¹⁾



してアスファルトは、やや硬質化の傾向になりつつある。

また、日本では、タールの使用はほとんどないが、アスファルトにタールを添加すると、粘着力や耐久性が増加するという理由で、フランスや東ドイツで利用されている。さらにイギリス、南アフリカでは、タールに高分子材料を添加して利用している。

② 骨材

骨材は、アスファルトコンクリートの全重量の約88～96%程度を占めており、その品質が全体におよぼす影響は大きい。したがって骨材には次のような物性が要求される。それは、粒度、強度およびじん性 (すりへり減量に關係)、形状、気孔率 (吸水率に關係)、表面のきめ、疎水性 (アスファルトのはく離抵抗性に關係)、耐久性 (安定性に關係) などである。⁷⁾

委員会報告では、特に骨材の形状 (球形骨材と破碎骨材) について述べられている。それによると、破碎骨材は球形骨材に比較して、アスファルトコンクリートの安定性、すべり抵抗性、スパイクタイヤのすりへり抵抗性に優れており、最近の傾向として破碎骨材の使用が増加しつつあると報告されている。このことは、日本などのように粗骨材に破碎骨材を使用している国ではやや理解にくい点もあるが、ヨーロッパの多くの国では、球形骨材を用いているので、破碎骨材の有効性が認められる傾向にあるものと考えられる。したがって委員会報告にある「球形骨材と破碎骨材」の項では、球形骨材を主体とした内容であり、それ程わが国にとって参考とはならないようである。

注) 球形骨材 (Rounded Aggregates)²⁾

川砂利・海砂利・海砂などのように表面がすりへらされて丸くなったもの。

破碎骨材 (Crushed Aggregates)²⁾

一般的に碎石といわれるもので玉砕も含む。

表-4 イオウ添加有無によるアスファルトの粘度¹⁾

単位: Po

③ イオウの利用

日本では、10年ほど前に、道路舗装へイオウを利用しようとする関心が高まっていたが、その後しばらく話題にならなかったようである。しかし、最近、ヨーロッパなどでは、余剰のイオウの用途開発の点から、研究が活発になっている。

委員会の報告によると、イオウ添加アスファルトコンクリートは、ストレートアスファルト単味の場合より、混合温度が低いことや、弾性係数・圧縮強度が大きなことなどから、省エネルギーや舗装厚の減少につながるとしている。また、イオウは、表層用のアスファルトコンクリートの他に、路盤（ベルギー、フィンランド）、路床（フランス、スペイン、ポーランド）などに利用する方法も考えられている。フィンランドでは、表面処理用として利用することを考えている。

表-4¹⁾および表-5¹⁾は、アスファルトにイオウを添加したときのバインダー粘度と混合物の安定度に関する物性で、興味ある傾向を示している。しかし、混合時の H_2S や SO_2 の発生、イオウの結晶化や適正添加量の問題、さらに、剛性率が高くなることに対する問題など未解決の点が多々ある。また、カナダでは、既に一般の車道などに利用されているが、ほとんどの国ではまだ試験的段階である。

したがって、今後イオウを利用するにあたっては、先に述べた問題点の解決が先決であり、研究の成果が待たれるところである。

2-3 アスファルトコンクリートの特性

アスファルトコンクリートは、一般的に、安定性・耐久性・たわみ性・疲労抵抗性・すべり抵抗性・不透水性などの物性が必要であるといわれている。

委員会報告では、アスファルトコンクリートの特性について、永久変形に対する抵抗性とアスファルト舗装の締固めという点から述べられている。

① 永久変形

永久変形とは、舗装において一般に“わだち掘れ”といわれる現象で問題化されるが、繰返し荷重による変形と、交叉点やバス停など車輛が停止したり、比較的低速で走行する個所に生じる側方流動も含んでいる。この永久変形は、ともするとアスファルトコンクリートの高温時の塑性流動と考えられ易いが、路床路盤ま

種 別 \ 温度(°C)	130	120	115	110	105	100	95	90	85	80	75
アスファルト	26	54	74	110	145	180	230	310	420	540	540
イオウ添加アスファルト	22	31	37	47	68	130	170	220	360	610	820

注)。針入度 48、イオウ添加量 27.5%、フランスの例

表-5 イオウ添加混合物の養生時間による変化¹⁾
(安定度とフロー)

締固めまでの時間	養生時間		24時間	15日	30日
	特 性 値				
0分	安定度（kg）		1,300	1,920	1,920
	フロー（ $\frac{1}{100}$ cm）		42	33	30
15分	安定度（kg）		1,440	1,950	2,180
	フロー（ $\frac{1}{100}$ cm）		37	35	30
60分	安定度（kg）		1,680	2,480	2,640
	フロー（ $\frac{1}{100}$ cm）		31	31	26

注)。イオウ添加量は骨材に対して5%。イギリスの例

で含めた舗装の支持力に問題があることもあり、その原因の把握は的確に行なわなければならない。

委員会報告では、永久変形について、外的要因（交通条件、気象条件、道路の位置）、アスファルトコンクリートの物性（材料、配合、種類）、舗装構造の検討などから調査し、その原因を把握するように指摘している。しかし、その対応については、アスファルトコンクリートを中心にした述べ方であり、流動性状とアスファルトコンクリートの材料・配合・物性を検討する試験として、動的圧縮試験（繰返し三軸圧縮試験など）と静的圧縮試験（圧縮クリープ試験など）があげられている。それによると、①複素弾性率(E^*)が大きく、②骨材の体積(V_L)とアスファルトの体積(V_A)の比 V_A/V_L が大きく、③できるだけ空隙率が小さく(2~4%が望ましく、あまり空隙率が大きいと疲労抵抗に弱くクラックが入り易い)、④硬質バインダーの使用によるもの、以上4つの条件を備えたものが永久変形は小さく、かつ耐久性に優れている、としている。また骨材の形状による影響もあり、球形骨材より破碎骨材の方が、アスファルトコンクリートの圧縮応力大きく、永久変形は小さいようである。

なお、永久変形に関しての海外の動向などを知るには、山内の文献⁸⁾や当研究グループの第2回研究報告⁶⁾

などが参考になると思う。

② 締固め

アスファルト舗装の締固めは、施工の最後の工程であり、竣工後の道路供用性状や、アスファルトコンクリートの耐久性や安定性などに大きく影響する重要な作業である。

委員会報告では、アスファルトコンクリートの空隙率は、その疲労抵抗と流動抵抗に影響をおよぼすところから、所定の空隙率が得られるようにすべきであるとしている。そして、その締固めにおよぼす要因として、層厚、舗装の支持力、施工温度などを取り上げて検討している。

表-6¹⁾は、ヨーロッパ各国の締固めの基準値であるが、日本の締固め基準値は、アスファルト舗装要綱によれば96%以上である。それを空隙率に直してみると、混合物の種類にもよるが概ね8%以下となり、日本の管理基準より厳しいことがうかがえる。

また、締固め度の管理に関して、非破壊法による測定法としてラジオアイソトープを用いた測定について報告されているが、この方法は、フランスが進んでいるようである。また同測定方法は日本では、土の締固め度の管理に用いられているが、アスファルトコンク

リートに関しての利用は、今後の課題であろう。

その他、締固めについて施工機械（フィニッシャー・ローラー）に関することや、施工ジョイントおよび舗装端部の施工について述べられているが、いずれも、わが国のアスファルト舗装要綱⁴⁾の「舗設」の項に詳しく示されているような内容である。

2-4 アスファルト舗装の補修

舗装された道路は、車輛が常に安全に快適に走行できるような状態に保っておかなければならない。それには、舗装の供用性状の把握と適切な維持修繕が必要である。維持修繕の工法は、道路維持修繕要綱⁹⁾によれば、維持工法と修繕工法に大別され、前者は、緊急に措置を要するものと時期を失しないように措置すればよいものがあり、後者は、長期的な観点から措置すればよいものであるとしている。したがって、一般に応急処理、表面処理といわれているものは維持工法で、オーバーレイ、打換えといわれているものは修繕工法であるといえよう。

委員会報告では、交通量の増大、重交通の増加などから、維持修繕の仕事は重要であることを強調している。維持工法では、散布式表面処理（1層仕上げ・2層仕上げ）、スラリーシール、常温施工用混合物、などについて述べられているが、バインダーとしては、乳剤の使用

表-6 締固めに関する基準値¹⁾

項 目 国 名	マーシャル試験による 空 隙 率 (%)			締固め後の空隙率 (%)			締固め度の最小値 (%)		
	表 層	基 層	上 路 層 盤	表 層	基 層	上 路 層 盤	表 層	基 層	上 路 層 盤
東 ド イ ツ	1～4 3～5 ⁽¹⁾	2～7 5～7 ⁽¹⁾	2～10 5～10 ⁽¹⁾	(マーシャル試験) による空隙率) + 2.3 %			98		
ベルギ ー	基準値なし			2～5	2～6	2～7	98		
ス ペ イ ン	3～6 3～5 ⁽¹⁾	3～8 3～6 ⁽¹⁾	3～8	6～9 6～8 ⁽¹⁾	6～11 6～9 ⁽¹⁾	6～11	97		
フィンランド	基準値なし			≤ 7	≤ 6	≤ 8	98.5	95～96	
フ ラ ン ス	5～9 ⁽²⁾	6～10 ⁽²⁾	4～12 ⁽²⁾	≤ 3 %			100 ⁽²⁾		
イ タ リ ア	4～5 5～7 ⁽¹⁾			5～7 7～8 ⁽¹⁾					
オ ラ ン ダ	≤ 4 ≤ 6 ⁽¹⁾	≤ 7	≤ 7	1～5 1～7 ⁽¹⁾	≤ 8	≤ 8	98		
ポーランド	基準値なし			1～5 4.5	4.5 ～ 8		98		
ス イ ス	3 ～ 6		3～7 3～6 ⁽¹⁾	3 ～ 7 3.5 ～ 6 ⁽¹⁾			98		
チェコスロバキア	3.5～5		4～9	5 ～ 7		6～15	97		96

注) (1) 重交通に対する基準値 (2) L. C. P. C. testによる値を直したもの(2個の平均値)

表-7 補修用混合物の種類と舗装厚および使用状況¹⁾

国名 混合物の種類	イギリス	ベルギー	スペイン	フィン ランド	フランス	イタリア	オランダ	ポーランド	東ドイツ	ローデシア	ルーマニア	スイス	ソビエト
細粒度アスコン (D>6mm)	1-3ε (15~40)	1-X (<40)			2-ε (チップ) (30)		2-3X (10~20)	1-3 (20~50)	1-X (10~20)	1-X (10~20)	1-XX (25)	2 (25)	1
密粒度アスコン (D=6~12mm)	1-XX (20~25)	1-X (<40)	1-XX (30)	1-XX (30)	1-XX (60)	2-XX 3ε (15~30)	1-XX (20~30)	1-3XX (40~50)	1-XX (20~40)	1-X (20~40)	1-XX (20~40)	1-XX (20~40)	1
密粒度アスコン (チップング・ ロールドタイプ)		1-XX (30)											
粗粒度アスコン (D>12mm)	1-X (40)	1-XX (チップ) (50)	1-XX (40~50)	1-XX (40)	1-XX (80)	1-X (40~100)	1-XX 3X (30)		1-X (45~55)	2-XX (25~50)	1-XX (40~60)	1-XX (40~80)	1
密粒度アスコン (D=6~12mm) (ギャップ)	1-ε (30~40)				2-O (30~40)	1-XX (50~60)			O				1
粗粒度アスコン (D>12mm) (ギャップ)	1-ε (30~40)			1-XX (40)	2-O (40)	1-XX (50~60)	1-XX 3ε (30~50)		O	O	1-X		1
グースアスファルト		1-ε (15)		3-XX		2-ε (50)	3-ε (20~30)	1-3ε (40)	1-XX (10~40)				
ホットロールド アスファルト	1-XX (35~50)												
開粒度アスコン	1-ε (20~40)				2-O (40)		1-ε (30~40)		O			2-O	
乳剤またはカットバック 使用混合物		3-ε (25~40)	1-3X (30~50)	1-X (25~40)	3-X	3-ε	1-3X (30~40)		1-ε (10~20)	1-XX	3-ε	3-ε	
スラリ-シール	2-ε	2-ε (3~8)	2-XX 1-ε	1-X (2~6)	2-X (6~15)		1-ε (5~10)		2-3ε (2~5)		2	2-ε	ε (3~8)
特殊混合物 (改質バインダー 添加剤)					2-O	2-ε (50~100)	1-ε (30~40)		1-X (15~20)	O		2-ε (40~120)	

注)

1. 新設, 補修 XX.....常時 O.....実験中
2. 大規模の補修 X.....中間的に D.....最大粒径
3. 小 " ε.....時々 ()は舗装厚 (mm)

が増加する傾向にあること、タールの使用が比較的多いことであり、用いられ方は国によって異なっている。修繕工法としてのオーバーレイや打換えには、ほとんどアスファルトコンクリートが用いられており、表-7¹⁾に13カ国の使用例があるが、密粒度と粗粒度タイプが一般的である。また、セメントコンクリート舗装上のオーバーレイ厚は、6cm以下であるとりフレクションクラックが生じ易く、少なくとも8cmのアスファルトコンクリートとgravebitume'(Pen 60/70のアスファルトと砂利によるもの)12cmを舗設すれば、良好な結果であるとしている。

その他、最近日本でも試験的に行なわれているが、切削や打換えによって生じる廃材の再生利用が、スペインオランダ、フィンランドで実施されている。しかし、日本と同じくまだ試験的段階であり、路肩や低交通道路に用いられている程度である。省エネルギー、省資源の上からも、今後さらに研究開発が進められることを期待したい。

3. 舗装の維持について

欧米諸国のように、道路網の整備が進んでいる先進国においては、全道路予算中、維持管理の費用は、ほぼその半分である。したがって、その管理に関する仕事をいかに効率的に経済的に行なうかということは、道路行政にとって重要な問題である。

1970年に発表された英国の「マーシャル・レポート」¹⁰⁾は、維持の品質基準、優先順位の決定、訓練、組織と技術、支出と実行の調整、統計とデータ、経済性など、道路維持管理の点から、その問題提起と解決の示唆を行なった注目すべき報告である。その後も、道路維持をシステム化し、経済的かつ合理的に遂行するためのメンテナンスマネジメントシステム¹¹⁾が、それぞれの国で検討されている。

一方、わが国の道路整備は、昭和29年に第1次道路整備5カ年計画が実施されてから、国道や県道はもとより、市町村道に至るまで舗装が進み、舗装の延長は実に42万5千kmに及んでいる。それに伴ない、道路の維持に関する技術も進歩し、道路の質的向上の点から、わが国における実際の経験と研究の成果を生かした「道路維持修繕要綱」⁹⁾の改訂をみるに至っている。また、日本道路公団では、舗装構造上の欠陥による修繕よりも、主として表層の供用性低下を回復することに重きを置いた「維持修繕要綱」¹²⁾を昭和54年に発表している。このように、わが国の道路維持管理に関する水準も向上しているが、PIARCの「舗装の維持」についての会議討論の報告に目を向け

表-8 会議討論「舗装と維持」のワーキング・グループ²⁾

	氏 名	国 名
委員 長 員	J. Reichert	ベ ル ギ ー
	F. Della Scala	イ タ リ ア
専門委員	L. de los Santos Jalon	ス ペ イ ン
	B. Fau Veau	フ ラ ン ス
	J. Ros	オ ラ ン ダ
	D. J. Russell	イ ギ リ ス
	J. Sir	チェコスロバキア
	H. Tada	日 本
	D. Wrede	ド イ ツ
	J. B. Bouzigues	フ ラ ン ス
	C. Frederic	ベ ル ギ ー
	P. Fredj	フ ラ ン ス
	J. B. Leach	イ ギ リ ス
	J. Romain	ベ ル ギ ー
	G. Van Heystraeten	"

ることも必要であろう。

その「舗装の維持」²⁾に関する報告の内容は、次のとおりである。

0. 序論

1. 維持とは何か

2. 舗装の供用性状の分析

A-0 序文

A-1 破損と疲労

A-2 舗装の供用性状を特徴づけるパラメーターとその評価

A-3 舗装の管理

A-4 維持の標準

A-5 経済性の解析と優先度の選択

A-6 維持管理

B 付録 管理システムの例 (イギリス)

3. 道路データバンク

A-1 道路データバンクの現状

A-2 主な問題点

B デンマーク、フランスのデータバンクの例

4. 維持の実行

A-0 序文

A-1 各種の維持技術

A-2 維持技術の解析

A-3 作業の機構と調整

A-4 個々の訓練

B 維持の仕事に関する機構の例 (ババリア)

5. まとめ

6. 第16回会議の提案事項

7. ウィーン会議で得られた事項

なお、ワーキンググループのメンバーは、表-8²⁾に示す。

本章では、「舗装の維持」の報告を中心に、3-1 舗装の維持、3-2 舗装の供用性、3-3 維持管理組織、3-4 データバンク、3-5 修繕工法、3-6 今後の方向についてとりまとめた。

3-1 舗装の維持

道路網が拡大している今日、道路は単なる物資の輸送手段だけでなく、市民生活に密着しており、その利用頻度は高い。したがって舗装の維持は、道路舗装の物性的な点（気象条件や荷重条件に対する耐久性）からのみ必要なのではなく、道路の利用価値を低下させることは、社会的観点からまた経済的観点からもマイナスであり、適正な処置によって舗装を維持していくことが必要なのである。また、そこには、一貫した維持政策がなければならない。それは、道路網を国の重要な資産の一つと考え、車輛が様々な気象条件のもとでも、安全に走行できるように供用性状を備えた道路として管理すること、交通の量と質が増加しても対処できるような体制をとる

ことなのである。

表-9²⁾に日本など15カ国の道路網の現状が示されているが、陸上輸送における道路の輸送量の割合は、イギリス、イタリア、スペインが75%以上、ベルギー、フランス、ドイツが50%以上、日本でも38%程度であり、道路による輸送は、社会的に重要な手段であることがうかがえる。道路輸送への依存傾向は、GNPの伸びとも関連しているが、他の輸送機関と異なり貨物の積替えの時間が一回で済むという利点があることにもよる。このように、車輛による道路輸送手段は、現代社会にとって必要欠くべからざるものであるが、利用者や周辺住民からの要求や不満も増加しつつある。その要求とは、まず第1に、利用者からの安全性に対するものである。次に、路面の破損に対して、すぐ対処できるような補修体制の確立が要望されている。また、乗りごちに対する不満や、国道と市道の供用性状の違いに対する不満、さらに、工事などによる交通規制に対する不満がある。一方周辺

表-9 道路網と交通に関する資料（1976～1977）²⁾

国名	国の面積 (10 ³ km ²)	舗装延長 (10 ³ km)	高速道路 (km)	車の所有台数 ⁽¹⁾		荷物輸送 ⁽²⁾		最大荷重 (ton)	
				乗用車 10 ³	荷物 10 ³	道路 (10 ⁹ Tkm)	鉄道 (10 ⁹ Tkm)	単軸	二軸 ⁽³⁾
オーストラリア	7,690	413		4,800 (+5.9%)	1,100	20	51	8.5	15
オーストリア	84	105	780	1,930 (+7%)	166	2.3	3.1	10	16
ベルギー	30	100	1,065	2,870 (+9%)	297 (+4%)	17	9	13	20
カナダ	9,976	460		7,900 (+4.5%)	2,000			8~10	12.7~14
スペイン	505	84	1,100	5,330 (+8.5%)	1,100	79	10.9	13	21
アメリカ (1975)	9,360	4,600	70,000	92,600	23,300			9	15.5
フィンランド	337	12 ⁽⁴⁾	190	1,030	120	15.9	6.4	10	16
フランス	550	800	3,900	16,200 (+3%)	2,300	83.9	68.5	13	21
イギリス	230	335	2,300	14,000 (+1.5%)	1,750	98	22.8	10.170	17.28 20.34 ⁽⁶⁾
イタリア	301	292	5,500	16,000 (+5.5%)	1,250	67	16.4	12	19
日本	370	425	2,400	19,000 (+10%)	11,000 (+5%)	130	50	10	20
ノルウェー	324	39	180	1,100	154	5.3	1.7	10	16
オランダ	37	87	1,700	3,400	350			10	16
東ドイツ	250	470	6,400	20,000 (+5.7%)	3,300 (+1%)	68.6 ⁽⁵⁾ (+8%)	59.4 (-6.5%)	10	16
スウェーデン	450	53	900	2,860 (+16.9%)	182 (+15%)	22.2	16.1	10	16

注) (1) 1977年

(2) 1975または1976年

(3) 軸間の長さ: 1.35 m

(4) + 20,000 kms “オイル・グラベル道路”

(5) 短い区間の輸送は含まず

(6) 軸間の長さ: 1.85 m

住民からは、道路工事や交通による騒音や大気汚染などの公害対策の要求があり、道路の存在そのものに対する不満がある場合もある。このような、複雑多岐にわたる要求や不満に対して、適切に対応できる維持体制が必要であるが、そのためには、あらゆる階層の人々から意見を収集し、それを反映できるシステムでなければならない。

図-1²⁾は、維持補修に関する方針を決定する過程のチャートで、道路行政機関の役割として、①舗装の維持に関しての計画・実行・検査に対する責任、②あらゆる階層の意見を取り入れた維持に関する費用の算出、③サービスレベルの設定などがある。

わが国においても、道路整備が進み、国民にとって道路は、必要かつ重要な公共施設となっている。したがって、道路の維持の中で最も必要な舗装の維持は、国や地方の行政レベルによる予算決定だけでなく、図-1のような利用者と周辺住民の意見も取り入れた維持行策が、広く行なわれることも必要であろう。

3-2 舗装の供用性状

従来の舗装の維持は、経験を積んだ技術者が舗装を観察し、その主観的判断によって決定されていた。現在でもそのような方法で行なっているところもあるが、交通の量と質の増大や、労務費・材料費の上昇などがあり、主観的な判断より、客観的かつ合理的に判断する必要性が生じてきた。そのためには、舗装の供用性状を適確に把握しなければならず、①舗装の破損原因を調査し、②供用性状の評価を行ない、③維持の基準を設定し、④経済的評価と優先度の選定などを、システムのとらえることが必要となる。しかし、舗装の破損が生じた後に調査を行なうのではなく、定期的な舗装の管理を行なって供用性状を把握する方法がある。例えば、フランスでは、表-10²⁾のように、①すべり抵抗、②平坦性、③支持力、④写真による路面の状況などを定期的に測定し、供用性状を把握しながら舗装の管理が行なわれている。このように、舗装の管理が計画的に実行されるためには、舗装構造、材料、気象条件、交通条件などの適確な把握も必要である。そして、さらに一步進めた型で、維持補修の必要な時期を予測できるような、供用性モデルの開発が望まれている。

わが国の舗装の維持は、道路維持修繕要綱によると、①路面の観察、②舗装の破損調査、③路面の評価、④維持修繕工法の選択という手順で行なわれている。しかし破損後の維持修繕がほとんどであり、舗装の寿命を伸ばす上からも予防的な維持修繕ができるような、システム

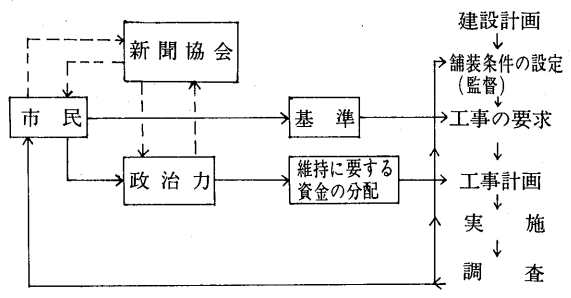


図-1 維持に関する方針決定の過程²⁾

表-10 供用性に関する測定項目と測定間隔
(フランスの例)

項目 年	支持力 (Lacroix deflectograph)	すべり抵抗 (SCRIM)	平坦性 (LPA)	写真による 路面性状調 査 (Gerpho)
n	○	○	○	
n + 4	○	○	○	○
n + 6		○		
n + 8	○	○	○	○
n + 10		○		
n + 12	○	○	○	○

の研究開発が望まれる。

3-3 維持管理の組織

維持管理組織で重要なことは、維持を必要としているところの優先順位の合理的な判断と、維持を行なう場合の経済的な裏付けをすることである。その管理組織としては、一般に、国・地方・地区の3つがあり、重要な決定と、全体的な管理は、国の中央機関で行ない、日常の清掃や維持補修の管理は、地方や地区のレベルで行なわれている(フランス、ベルギー、スペイン、イギリス、東ドイツ、日本)。

維持管理組織の基本的プロセスとしては、

- ① 維持作業の決定と実行
- ② 国・地方・地区の組織や、それに携わる職員の役割・権限・責任を定義
- ③ 道路の詳細なデータを作成
- ④ 維持に必要な資料の作成
- ⑤ 措置に必要な費用の算出
- ⑥ 優先順位の決定
- ⑦ コスト・予算・品質に関する管理組織の確立
- ⑧ 舗装の供用性の管理
- ⑨ 基準値の見直し

が必要である。また、維持管理組織が備えておかねばならない機関は、次のとおりである。

- ① 維持実施機関
- ② 維持監督機関
- ③ データバンク
- ④ 技術訓練機関

3-4 データバンク

データバンクは、道路網に関する情報の収集と保存の点から、舗装管理システムに必要なものである。しかし、データバンクの作製において、次のような二つの問題点がある。その1はデータの収集方法で、得られるデータをすべて収集するのか、必要な項目を定めてデータを収集するのかである。その2はデータの管理方法で、中央管理（例えば国）とするのか、地方において管理するのかである。いずれの問題も、現在のところの方法が良いのか明確でない。しかし、データバンクは、必要な時にいつでも新しいデータを組み込めるシステムになっていなければならない。

表-11²⁾はデータバンクの内容であるが、ほとんどの国で一般的なデータ（幾何学的データ、信号、付帯設備等構造物に関するもの、交通量、事故など）は、収集し

ているが、舗装の維持に関して必要なデータ（舗装構造、設計、工事状況、供用性状）を収集している国は、少ないようである。

各国のデータバンクの維持への適応は、まだ充分でないが、デンマーク、フランス、イギリス、ソビエトなどでは、データバンクの組織的な開発が進んでいる。例えば、デンマークでは、交通量、支持力、路面特性、供用性状などをインプットして、オーバーレイにするのか、打換えにするのかを、アウトプットするようになってい

る。いずれにしても、維持のためのデータバンクの利用に関しては、今後の課題のようである。

3-5 修繕工法

舗装に、交通を疎外する欠陥が表われたり、破壊が生じたりした場合、その程度に応じ何らかの維持修繕工法を行なうことは、舗装の維持に必要なことである。維持修繕工法には各種の方法があるが、ここでは、現在ヨーロッパを中心とした国々で関心のある工法について述べる。

① 現地発生材を用いた再生舗装工法

この工法は、アスファルト舗装に変形や損傷が生じた

表-11 道路データバンクの内容²⁾

国 名 項 目	オースト リア	カナダ	デンマーク	フランス	イギリス	日 本	東ドイツ	スウェ ーデン	ソビエト	アメリカ ⁽⁴⁾
幾 何 学 的 デ ー タ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	60%
質 的 デ ー タ (信 号, 道 路 施 設)	○	○	○	○	○	○				40%
交 通 量	○	○	○	○	○	○	(2)	○	○	10%
事 故	○	○	○	○	○	○	(2)	○	○	90%
工 学 的 構 造 物	○	○	○	○	○	○	○	○		75%
路面のタイプと厚さ		○ ⁽¹⁾	○	○		○	○ ⁽³⁾			50%
路面工 事		○ ⁽¹⁾	○	○	○	○				30%
環 境 条 件 (気 象)		○ ⁽¹⁾		○	○	○				わずかな 州
測 定 結 果 (支持力, 平坦性, すべり抵抗)		○	○	○	○	○			○	25%
路面の観 察		○			○	○				50%
単価に関するデータ		○		○ ⁽⁵⁾	○					90%

注) (1) システム的な記録ではない

(3) 地方により

(5) ごく部分的に

(2) データの記録（データバンクに組み込まれていない）(4) 30の州に対する割合

場合に用いられ、現場で再生舗装を行なう方法と中央プラント方式によるものがあるが、前者についてのみ述べる。(後者は、特にアメリカで研究が進んでおり、NCHRPの研究¹³⁾などが参考になる。)

この工法は、現地発生材をそのまま利用するので、廃棄処分の必要がなく、輸送や材料費の節約ができ、経済的である。しかし、新旧材料の附着や、気温による影響を受け易く、締固めが困難な場合があり、舗装機械が高価であったり、カーブにおける施工が困難であるという欠点もある。

② 開粒度アスコン

開粒度アスコンは、アスファルト量4～7%、空隙率10～30%のもので、骨材は特にポリッシングに対して抵抗力の大きいことが要求される。特徴として、降雨時などに、表面水が早く排水されハイドロプレーニングなどがなく、すべり抵抗が高いこと、車の走行時の騒音が少ないことなどがあげられる。しかし、冬期における凍結や摩耗作用に弱いという欠点がある。これは現在、オーストラリア、カナダ、フランス、イギリス、イタリア、オランダなどで、試験的段階である。

③ 薄層舗装

薄層舗装は、表面処理と補強を目的としたオーバーレイとの間にあり、すべり抵抗、透水性および平坦性を改良することができる。アスファルト混合物の種類は、一般に用いられているものの他、ホットロールドアスファルト、グースアスファルト、開粒度アスコン、改質アスファルトを用いたものなどがあり、各国での利用状況は、表-7のようである。

④ 表面処理工法

表面処理工法は、比較的粗い舗装面にシールを行ない、良好なすべり抵抗性や排水性をもたせるのが目的で、他の工法に比較して安く早くできるのが特徴である。種類としては、2-4で述べたようなものがある。欠点として、チップ材の飛散、高温時のブリージング、ストリップング、さらに、平坦性が悪く、騒音が比較的高いということがあげられる。この工法を利用している国は多いが、スペイン、イタリア、オランダでは、低交通の道路のみに用いている。

⑤ パッチング

パッチングは、一般に、応急処理工法として用いられており、ポットホール、部分的なくぼみ、クラック、はく離など、車の走行性が低下した個所に施工される。したがって、パッチングは平坦性の回復による安全性

の確保が目的であり、その種類として一時的なものと永久的なもの、それにクラックシールがある。しかしその寿命は短かく、長期的観点からパッチング材の改良をすべきであるとしている国に、オーストラリア、オーストリア、フランス、アメリカなどがある。

3-6 今後の方向

会議討論では、舗装の維持に関して、今後調査研究の継続あるいは開発を行なう方向として、次のようにまとめている。

① 維持政策に関して

- 二次的な道路網の維持政策を明確にする。
- 舗装の破壊を未然に防ぐ、予防的な維持の優れている点を表わす。

② 舗装の管理に関して

- 通常交通速度で、道路の供用性状を評価できる装置の開発
- 道路の検査区間を選定する方法
- 単価によって優先順位を選定するシステムの開発
- 単価や品質規格の決定において資料の利用を拡大
- 担当職員の訓練
- 維持の実施場所における職員の安全性の改善

③ 維持技術に関して

- 次に示す特殊で低価格の維持技術の開発
 - ・ パッチングの材料・方法・装置
 - ・ 耐久性に富む薄層舗装工法
 - ・ 透水性に優れた表層材
 - ・ アスファルト舗装の表面処理
 - ・ 半剛性舗装のひびわれの補修技術
 - ・ セメントコンクリート舗装のジョイント・パッチング
- 現地発生材の利用技術の改良
- 再生舗装材の品質管理方法の開発

4. おわりに

今回の発表は、PIARCにおける「たわみ性舗装技術委員会報告」と、会議討論の「舗装の維持」に関する報告を中心に、とりまとめたものである。しかし、筆者の力不足から、はなはだ内容的に不十分なものとなってしまったが、アスファルト舗装や舗装の維持に関しての世界のすう勢を、うかがい知ることができたものと考えている。

現在、洋の東西を問わず、アスファルト舗装の永久変形(わだち掘れ)の問題は、共通の課題のようである。

また、舗装の破壊を未然に防ぐための方法およびその管理に関する問題や、優れた補修工法の開発、それに、現地発生材の有効利用に関する技術開発などの課題がある。このような課題に対して、舗装技術者は、鋭意努力し研究開発を進めていく必要があるように思われる。

参考文献

- 1) Technical Committee Report on Flexible Roads XVIth World Road Congress (PIARC)
- 2) Conference Discussions, Maintenance of Pavements: XVIth World Road Congress (PIARC)
- 3) 山根孟, “第16回PIARC国際道路会議報告” 道路 昭和55年1月
- 4) アスファルト舗装要綱: 日本道路協会 昭和53年版
- 5) 第13回日本道路会議 会議記録: 日本道路協会 昭和55年
- 6) 阿部頼政 “アスファルト舗装の構造設計に関する最近の動向” アスファルト 120号
- 7) 昆布谷竹郎, “アスファルト舗装用材料” 舗装 vol 5-1~6-2
- 8) 山内幸夫, “アスファルト舗装のわだち掘れ” アスファルト 117号
- 9) 道路維持修繕要綱 日本道路協会 昭和53年7月
- 10) Marshall Committee Report Highway Maintenance; Report of the Committee on Highway Maintenance, Her Majesty's Stationery Office, London, 230 pp., 1970
- 11) 例えば, SAMP 5 (NCHRP Project 1-10), SAMP 6 (NCHRP Project 1-10A)
- 12) 維持修繕要綱 日本道路公団 昭和54年
- 13) Texas Transportation Institute, Guidelines for Recycling Pavement Materials, NCHRP Project 1-17, Texas Transportation Institute, 1978 (to be published)

第42回アスファルトゼミナールは 来春、2月20日(金)高松市で開催します

開催場所 高松市 四国新聞社大ホール

開催日時 昭和56年2月20日(金)9:00~17:00

開催内容 課題と講師については目下準備中

「これからの舗装」「道路整備の動向」

「重交道路の舗装」「軽交道路の舗装補修」など

開催案内状は本年11月末~12月上旬に全国へ配布します。また本誌第126号(12月)にも開催要綱を掲載。

受講料 3,000円

主催 社団法人日本アスファルト協会

協賛 社団法人日本アスファルト乳剤協会

アスファルトのX線解析

宮 沢 邦 夫 真 田 雄 三*

1. はじめに

原子、分子が規則的にならんでいるところにX線（波長 0.1 ～ 100 Å の電磁波）をあてると、波長と規則的にならんでいる原子、分子間の距離との間に Bragg の条件（次節参照）が満たされた場合回折現象が起こる。すなわちX線回折は、原子・分子レベルでの秩序構造についての知見を得ることができる。しかし同時に無秩序構造を調べる手段としても有用である。本稿では、アスファルトのような非晶物質について、通常回折角が2～3°以上の広角回折（wide-angle diffraction）および回折角が2～3°以下の小角回折（small-angle diffraction, 小角散乱 small-angle scattering ともいう）により測定されるプロファイルの解析法を述べることに主点を置き、これによって得られる知見を簡単に紹介する。理論・原理については成書^{1)～5)}を参照されたい。

2. X線回折強度および必要な補正

X線によって結晶から回折スポットが得られることを発見したのは M. von Laue ⁶⁾ であり、Laue の式を解くと有名な Bragg の式 ⁷⁾ が得られる。

$$n\lambda = 2d\sin\theta \quad (1)$$

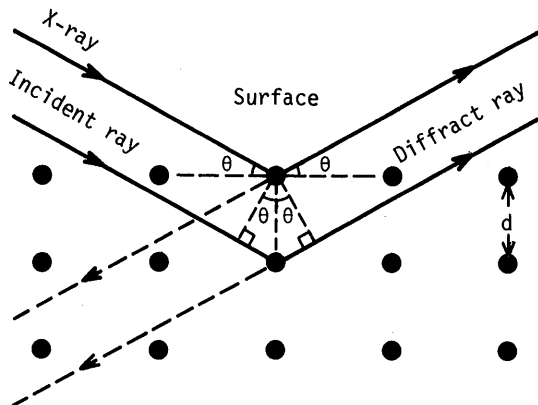


図1 原子列によるBragg 反射

λ はX線の波長、 d は面間隔、 θ は入射角あるいは反射角であり、 n は回折の次数である（図1参照）。これに対して、非晶あるいは無定形の試料は結晶のように鋭い回折ピークとならず、散乱された幅広いX線プロファイルを与える。この回折強度 I (S) を電子単位で表わした場合、Debye ⁸⁾ は次式のように示した。

$$I(S) = \sum_m \sum_n f_m f_n \frac{\sin Sr_{mn}}{Sr_{mn}} \quad (2)$$

ただし、 S は $4\pi(\sin\theta)/\lambda$ により散乱角 2θ と関係づけられており、 f_m, f_n はそれぞれ m, n 番目の原子の原子散乱因子、 r_{mn} はそれらの原子間距離である。

2.1 広角回折強度の補正

アスファルトのような実際の試料について実験をした場合、回折強度は種々の理由から真の値ではないので、構造解析する場合には以下に述べる因子を補正してやる必要がある。

(a) 偏光因子 (polarization factor)

入射X線は未偏光であるが、それが原子中の電子によって散乱されると、面偏光化される。その程度は角度 θ に依存し、偏光因子 $P(\theta)$ として与えられている。

$$P(\theta) = \frac{1 + \cos^2 2\theta' \cos^2 2\theta}{1 + \cos^2 2\theta} \quad (3)$$

$$P(\theta) = \frac{1}{2} (1 + \cos^2 2\theta) \quad (4)$$

(3)式は、結晶単色化X線^{*1}を用いた場合の偏光因子であり、 θ' はモノクロメーター^{*2}の反射結晶面のBragg 角^{*3}

*1 岩塩、ホタル石、グラファイトなど結晶の回折を利用してK α 線のみをのびとしたもの。

*2 脚註*1の結晶を用いてX線を単色化する装置

*3 (1)式で関係づけられる角度。たとえば、CuK α 線（対陰極に銅を用いて発生させたX線、 $\lambda = 1.5418$ Å）を $d = 3.35$ Å のグラファイトの（002）面で回折させ単色仕した場合、Bragg 角 θ' は 13.27° となる。

*4 単色化X線にする際そのX線の波長に合う2種類のフィルターをバランスさせて行なう方法もあり、CuK α 線の場合にはニッケル箔とコバルト箔を用いる。

である。(4)式はモノクロメーターを使用しないとき、すなわちバランスフィルター※4等⁹⁾を用いて単色化X線を得たときの偏光因子を表わす。

(b) Lorentz 因子 (Lorentz factor)

この因子は、反射時間 (reflecting time), すなわちある結晶面が一定の実験条件下でX線を反射している時間に依存する。粉末結晶の場合 Lorentz 因子 $L(\theta)$ は(5)式で与えられる。

$$L(\theta) = \frac{1}{\sin 2\theta \sin \theta} \quad (5)$$

(c) 吸収因子 (absorption factor)

直射X線または回折X線が試料を通過すると、その試料特有の量のX線が吸収される。この特有の量は吸収係数により決まり、X線の波長に関係する。線吸収係数 μ は次式によって表わされる。

$$\mu = \frac{1}{t} I_n \frac{I_0}{I} \quad (6)$$

I_0 , I はそれぞれ入射強度、透過強度、 t は試料の厚さである。また、質量吸収係数は、線吸収係数を密度 ρ で割ったものであり、 μ/ρ の量は物質の物理的な状態や化学的な状態に無関係である。組成のわかった化合物や混合物では、質量吸収係数は次式により計算できる。

$$\frac{\mu}{\rho} = \sum_i w_i \left(\frac{\mu}{\rho} \right)_i \quad (7)$$

ただし、 w_i と $(\mu/\rho)_i$ はそれぞれ成分 i の重量分率と質量吸収係数を表わす。Cuk α 線を用いた場合の Minas 減圧残油の質量吸収係数および線吸収係数の計算例を表1に示す。また、線吸収係数は、試料に垂直にX線を入射して透過強度を測定し、(6)式にしたがって求める

表1 Cuk α 線に対する Minas 減圧残油の質量吸収係数および線吸収係数の計算例

密度 $\rho = 1.024$ [g/cm ³]			
原子	$\mu/\rho^{(a)}$, cm ² /g	w_i , —	$w_i (\mu/\rho)_i$, cm ² /g
C	4.60	0.872	4.011
H	0.435	0.122	0.053
N	7.52	0.004	0.030
S	89.1	0.002	0.178
O	11.5	0	0
		1.000	4.272
質量吸収係数 $\mu/\rho = 4.274$ [cm ² /g]			
線吸収係数 $\mu = 4.272 \times 1.024 = 4.375$ [cm ⁻¹]			

(a) 文献10)からの数値

こともできる。

反射法 (図1で実線で示した回折X線を測定する) に対しての吸収の補正は Milberg¹¹⁾ によって (8), (9) 式が提案されている。

$0 \leq t \leq (1/2) A \sec \theta$ の場合

$$A(\theta) = \left(1 - \frac{1}{\alpha}\right) \left\{1 - \exp(-2\mu t \operatorname{cosec} \theta)\right\} + \frac{2t \cos \theta}{A} \exp(-2\mu t \operatorname{cosec} \theta) \quad (8)$$

$t \geq (1/2) A \sec \theta$ の場合

$$A(\theta) = 1 - \frac{1}{\alpha} \left\{1 - \exp(-\alpha)\right\} \quad (9)$$

ここで、 $A(\theta)$ は吸収因子、 $\alpha = 2\mu A \operatorname{cosec} 2\theta$, A はX線の試料面における幅であり、 $1/6^\circ$ の発散スリットを用いると 0.05381 cm である。^{※5}

一方、対称透過法 (図1中で破線で示した回折X線を測定する) のときには、白石ら¹²⁾の方法により求めることができる。

$0 \leq t \leq (1/2) \operatorname{cosec} \theta$ の場合

$$A(\theta) = (\sec \theta - \frac{t}{A} \tan \theta) \exp\left\{-\mu t (\sec \theta - 1)\right\} \quad (10)$$

$t \geq (1/2) A \operatorname{cosec} \theta$ の場合

$$A(\theta) = \frac{A}{2t} \cos 2\theta \exp\left\{-\mu t (\sec \theta - 1)\right\} \quad (11)$$

これらの他にも回折強度に対する補正因子があるが、アスファルトのように非晶あるいは無定形物質に属する試料には直接関係しないと思われるので、ここでは省略し、以下、実験的に散乱曲線が得られた場合の補正の手続きを、非晶質ポリイソブレンを例として取り上げ、説明する。

散乱には、構造研究に利用することのできる干渉性 (coherent) のものと非干渉性 (incoherent) のものがあり、後者は Compton 散乱と呼ばれ、X線回折図形中の散漫なバックグラウンドに寄与するので、定量的な研究をする場合にはこれを取り除いて干渉性のもののみを対象とする必要がある。1原子の非干渉性散乱強度 I_{inc} は、Hartree-Fock の波動関数に基づいた計算が行なわれており、 I_{inc}/R の $(\sin \theta)/\lambda$ に対する数値が表の形で得られている¹³⁾。R は Breit-Dirac の電子反跳因子であり、Ergun¹⁴⁾ は、比例計数管とスケーラーを用いるときに、単位時間当りに単位面積を通る光子の数を測定す

※5 ビームの広がり制限する発散スリット (入射側) 受光スリット (回折側) および散乱スリット (回折側) からなる。

るときには、次の形となることを指摘している。

$$R = \left(\frac{\lambda'}{\lambda} \right)^2 = (1 + 0.0486 \frac{\sin^2 \theta}{\lambda})^2 \quad (12)$$

また、干渉性散乱曲線の形は、その原子の散乱因子 f で表わされ、これらの数値も表の形で得られている¹⁵⁾。

実測した回析強度から非干渉性散乱の計算強度を分離するためには、実験曲線を規格化する、すなわち干渉性と非干渉性の両成分からなる全理論強度曲線に合わせる必要がある。そこで、実験で得られた散乱曲線をまず偏光因子および吸収因子で補正する。ついで、散乱角の大きなところ（この領域では、非干渉性分が干渉成分よりも大きくなり、実験曲線と理論曲線を最も正確に合わせることができる）で、全理論強度に合わせる。図2には、非晶ポリイソブレン試料を例として示してある。実験散乱曲線(A)は、 S の大きなところで非干渉性散乱(C)と独立干渉性散乱(D)との和である全独立散乱(B)に合わせ、電子単位に規格化してある。この実験散乱曲線(A)から非干渉性散乱(C)を差し引くと、干渉性散乱曲線を得ることができる。すなわち原子の幾何学的配置によってのみ決まる強度 $I(S)$ は(13)式で表わされる。

$$I(S) = (I_e(S) - I_{nc}(S)) / f^2(S) \quad (13)$$

ただし、 $I_e(S)$ は電子単位に規格化された強度であり

$$I_e(S) = k I_{obs}(S) / P(S) A(S) \quad (14)$$

k は実験条件により決まる定数、 $I_{obs}(S)$ は実測強度、 $P(S)$ 、 $A(S)$ 、 $f(S)$ はそれぞれ S の関数としての偏光因子、吸収因子および原子散乱因子である。

2.2 小角回析強度の補正

干渉性散乱の強度は、試料から発散する散乱波の干渉の結果として決まるが、小角回析の研究では、前項で取り上げた補正のうち Lorentz 因子以外の補正はすべて無視して、これを算出する。これは、小角回析では、散乱角の範囲が狭くしかも角度が小さいので、多重散乱、入射 X 線と回析 X 線の干渉、散乱、吸収にともなう入射 X 線の減衰がほとんどなく、また、偏光因子は実際上一定で、1 に等しいからである。したがって、散乱強度は、Lorentz 因子および構造を表わす因子の 2 乗の積によって表わされる。すなわち次式により表わされる。

$$I(S) = \overline{L(S)} \cdot \overline{F(S)}^2 \quad (15)$$

この他に、小角回析の一般理論は本来点状断面をもつ理想的な 1 次ビームに対して展開されたものであるため、用いるスリットにより補正しなければならないが、幾分

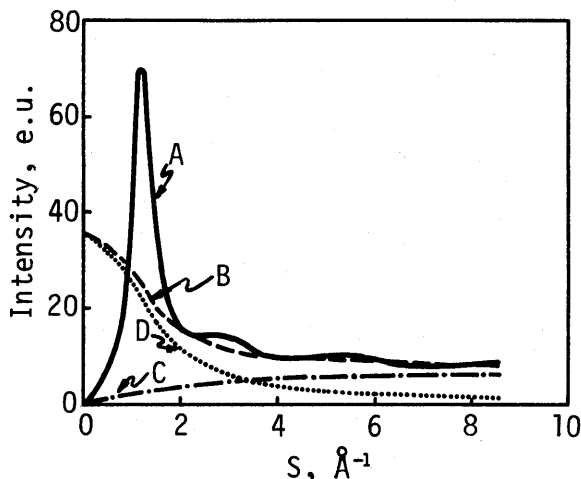


図2 合成ポリイソブレン試料の実験曲線と独立散乱曲線 A: 実験散乱, B: 全独立散乱, C: 非干渉性散乱, D: 独立干渉性散乱 [文献 16) より]

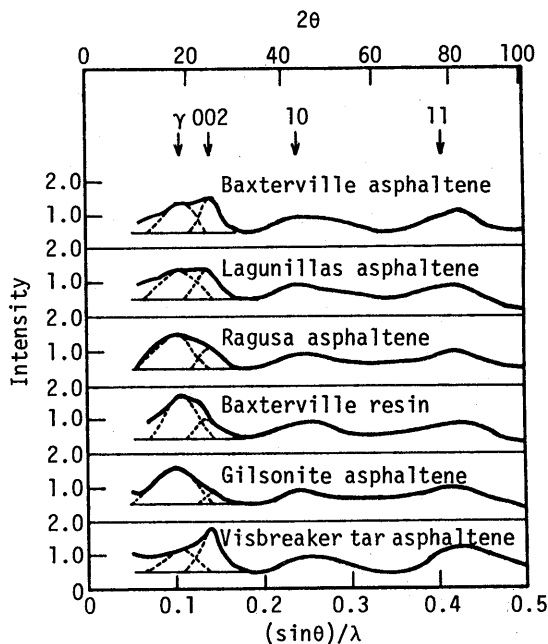


図3 X線回折パターンおよび(002)バンドと r バンドの分離 [文献 17) より]

複雑であるので成書^{11)~5)}を参照されたい。

3. アスファルトX線回析の実例

3.1 広角回析による構造パラメーター

前章に述べたような手順で回折パターンが得られたとすると、そこからアスファルトの構造に関しては以下のような情報、知見が得られる。

Yenら¹⁷⁾はアスファルト類のX線回折により芳香族炭素分率、結晶子の大きさを表すパラメーターが得られることを報告している。図3にアスファルトの回折パターンの一例を示す。芳香族炭素分率 f_a は、CuK α 線を用いた場合 s 、すなわち $(\sin \theta)/\lambda$ で定義される量にして $0.100 \text{ \AA}^{-1}$ 付近に現われる r バンドのピーク面積 A_r および $0.145 \text{ \AA}^{-1}$ 付近に現われる(002)バンドのピーク面積 A_{002} によって表わされる。

$$f_a = \frac{A_{002}}{A_{002} + A_r} \quad (16)$$

ここで、強度は(13)、(14)式に基づいて補正されており、ピークはそれぞれ対称であるとして A_{002} と A_r とに分割されている。 A_{002} は平板状の芳香族環が積み重なった部分の量に相当し、 A_r はジグザグの脂肪族側鎖部分の量に対応する。このようにアスファルテンをX線回折的にみた場合、図4のような構造モデルが描ける。この図で表わされる結晶子に関するパラメーターは以下の関係式を用いて求められる。縮合芳香環の層間隔 d_M は r バンドと分離した(002)バンドの最高強度に相当する θ からBraggの関係、すなわち(1)式により得られる。

$$d_M = \frac{\lambda}{2 \sin \theta} \quad (17)$$

d_M の値は、縮合芳香環の平面性とその大きさに関係しており^{18), 19)}、縮合芳香環が大きくなるとグラファイトにみられる $3.34 \text{ \AA}$ に近づくが、縮合芳香環中に脂肪族、ヘテロ原子等が含まれていると平面性が乱れてきて d_M は大きくなる。同様に d_r は次式で与えられる²⁰⁾。

$$d_r = \frac{5\lambda}{8 \sin \theta} \quad (18)$$

ここで、 θ は r バンドの最高強度に対応する角度である。積層構造を形成している縮合芳香環の平面に対して垂直方向の大きさ、すなわち積み重なりの高さ L_c はScherrerの式²¹⁾を用いて計算できる。

$$L_c = \frac{0.9\lambda}{\omega \cos \theta} = \frac{0.45}{B_{\frac{1}{2}}} \quad (19)$$

ここで、 ω および $B_{\frac{1}{2}}$ はそれぞれ 2θ 、 s で表わしたときの(002)バンドの半値幅^{※6)}である。また、 L_c および d_M の値から縮合芳香環の積み重なり数の平均値、すなわち平均層枚数 $\bar{n}$ が求められる。

$$\bar{n} = \frac{L_c}{d_M}$$

※6 ピークの中心の高さの1/2の位置における幅。
※7 実空間内の散乱物質分布とそのX線散乱とをFourier変換で関連させるための足場と考えればよい。

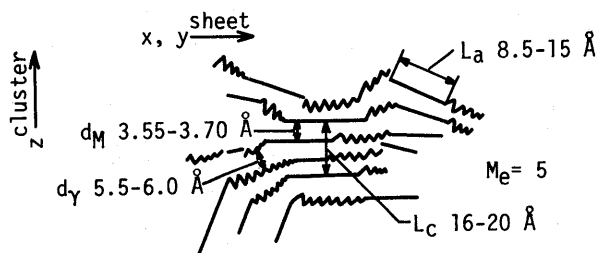


図4 アスファルテンの構造模型

~~~~~: 飽和炭素鎖またはゆるく結合したナフテン環がジグザグ状になっている部分  
——: 縮合芳香環の扁平なシートの端の部分

さらに、縮合芳香環の平面の広がり $L_a$ は(10)あるいは(11)バンド、すなわちCuK $\alpha$ 線を使用した際 $S = 0.238 \text{ \AA}^{-1}$ あるいは $S = 0.408 \text{ \AA}^{-1}$ 付近のピークの半値幅から計算できる。

$$L_a = \frac{1.84\lambda}{\omega \cos \theta} = \frac{0.92}{B_{\frac{1}{2}}} \quad (21)$$

上記の方法はすべて回折線の半値幅、ピーク位置から結晶子に関するパラメーターを求めるものであるが、Hirschの方法により回折線のプロファイルからこれらの値を決定できる<sup>22)-24), 12)</sup>。すなわち(002)バンドの強度 $I_{002}(s)$ をFourier変換すると1次元のPatterson関数 $P(u)$ を得ることができる。

$$P(u) = 2 \int_0^\infty I_{002}(s) \cos 2\pi s u ds \quad (22)$$

$$I_{002}(s) = s \left( \frac{I_{coh}(s)}{f^2(s)} - I_b \right) \quad (23)$$

$$I_b = \left( \frac{I_{coh}(s)}{f^2(s)} \right)_{s=0.4} \quad (24)$$

ここで、 $u$ 、 $s [= (\sin \theta)/\lambda]$ は実空間および逆空間<sup>※7)</sup>における距離、 $I_{coh}(s)$ は干渉性散乱強度、 $f(s)$ は原子散乱因子である。いま、層面(縮合芳香環平面)が一樣な密度であるとする、このPatterson関数は空間における層面の分布とみることができる。すなわち $P(u)$ はある任意の層面から距離 $u$ の位置においてそれと平行な層面の存在する確立に比例する。図5にMinas減圧残油の補正後の強度とPatterson関数を示す<sup>25)</sup>。

(002)バンドに由来する急激な振動の極大の位置が平均層間隔 $d_M$ に相当し、この振幅が減衰するのは、ある層面から遠ざかるにつれてその平面に平行な層面が存在する確率が次第に減少していることを示す。 $P(u)$ のバックグランド(図5参照)上のピーク面積から $n$ 層の層面を含む積層構造の割合を得ることができる。すなわち $n$

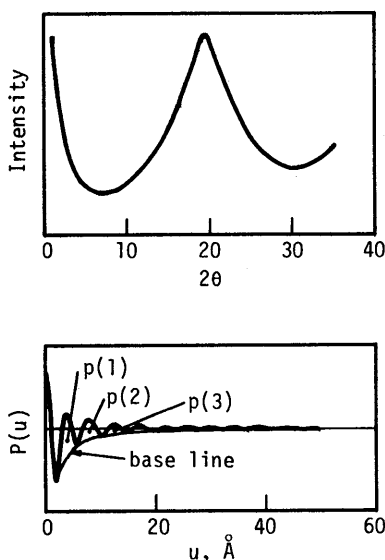


図5 Minas 減圧残油のX線回折プロフィールおよびPatterson 関数〔文献 25〕より〕

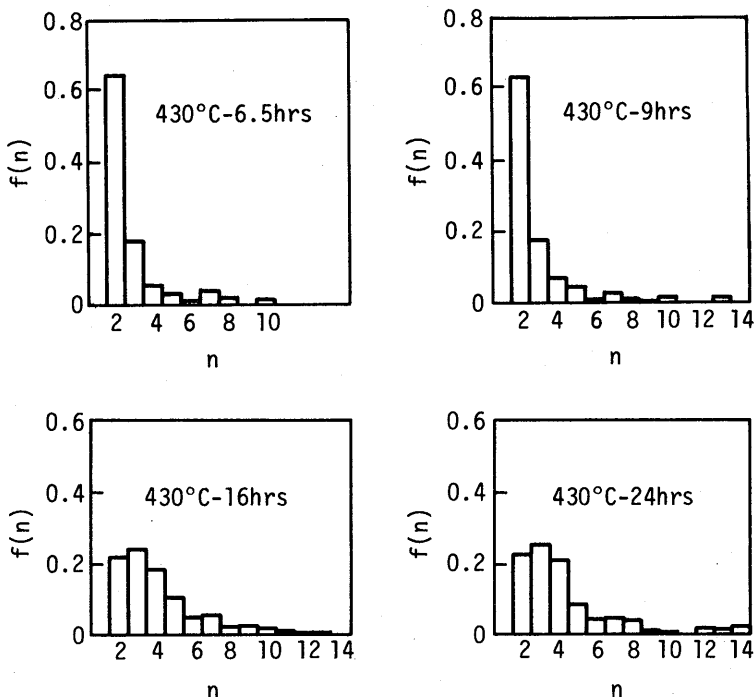


図6 Minas 減圧残油の積み重なる数のヒストグラム

層を含む積層構造の重量割合を $f(n)$ とすると

$$f(n) = \frac{p(m-1) - 2p(m) + p(m+1)}{p(1) - p(2)}, \quad m \geq 2 \quad (25)$$

が得られ、 $p(1)$ ,  $p(2)$ , ……はそれぞれ第1, 第2, ……のピークの面積であり、分母は規格化因子である。層面の積み重なる数の平均値 $\bar{n}$ は(26)式によって与えられる。

$$\bar{n} = \frac{\sum f(n)}{\sum \frac{f(n)}{n}} \quad (26)$$

これらの $d_M$ および $\bar{n}$ から(20)式の関係により $L_c$ を決定できる。図6にはMinas 減圧残油の熱処理時間の変化にともなう $f(n)$ の変化を表すヒストグラムを示す。16時間を越えると3枚の層が占める重量割合が2枚のそれより大きくなり次第に積層構造が発達することがわかる。

Diamond<sup>26)</sup>は、5.8 Åから30 Åまでの、すなわち11個から288個までの炭素原子からなる芳香族化合物の理論強度を重量し、回折強度に適合させることにより $L_a$  (芳香族縮合環の直径に相当)を求

表2 芳香族炭素分率および結晶子に関するパラメーター

|                      | $f_a$ | $d_M^*$ | $d_r^*$ | $L_c^*$ | $L_a^*$ Based on (Scherrer's Equation) |           | $L_a^*$ Based on (Diamond's Method) |
|----------------------|-------|---------|---------|---------|----------------------------------------|-----------|-------------------------------------|
|                      |       |         |         |         | (10)-band                              | (11)-band | (11)-band                           |
| Asphaltene           |       |         |         |         |                                        |           |                                     |
| Baxterville          | 0.53  | 3.57    | 5.7     | 19      | 10                                     | 15        | 13                                  |
| Lagunillas           | 0.41  | 3.57    | 5.7     | 17      | 10                                     | 11        | 9.7                                 |
| Burgan               | 0.38  | 3.55    | 5.6     | 19      | 12                                     | 11        | 9.7                                 |
| Wafra, No. A-1       | 0.37  | 3.57    | 5.6     | 18      | 12                                     | 12        | 11                                  |
| Mara                 | 0.35  | 3.57    | 5.7     | 18      | 16                                     | 17        | 15                                  |
| Wafra, No. 17        | 0.35  | 3.57    | 5.9     | 19      | 14                                     | 10        | 9.1                                 |
| Raudhatain           | 0.32  | 3.60    | 5.7     | 18      | 13                                     | 12        | 11                                  |
| Ragusa               | 0.26  | 3.60    | 5.9     | 19      | 12                                     | 14        | 12                                  |
| Petroleum resin      |       |         |         |         |                                        |           |                                     |
| Baxterville          | 0.22  | 3.70    | 5.7     | 16      | 12                                     | 9.6       | 8.5                                 |
| Gilsonite asphaltene |       |         |         |         |                                        |           |                                     |
| Tabor vein           | 0.14  | 3.50    | 6.0     | 20      | 15                                     | 10        | 9.1                                 |
| Refinery asphaltene  |       |         |         |         |                                        |           |                                     |
| Visbreaker tar       | 0.59  | 3.57    | 5.7     | 18      | 12                                     | 9.7       | 8.6                                 |

\*単位はÅ〔文献17〕より〕

める方法を提案した。すなわち実測される強度 $I_{obs}(s)$ は、 $\alpha_i$ をある大きさの芳香族化合物 $i$ 内に存在する原子の割合、 $J_i(s)$ をその干渉性散乱強度を原子散乱因子の2乗 $f^2(s)$ で割ったものとする

$$\frac{kI_{\text{obs}}(s)}{A(s)P(s)} = I_e(s) = f^2(s) \sum \alpha_i I_i(s) + I_{\text{inc}}(s) + v(s) \quad (27)$$

で表われ、最小2乗法によりこの誤差  $\sum v^2(s)$  が最小になる解を求めて、これらの化合物の平均値として  $L_a$  を決定する。ただし、 $A(s)$ 、 $P(s)$  は吸収因子および偏光因子である。

表2にYenら<sup>17)</sup>によって測定された値を示す。 $d_M$ 、 $d_T$ 、 $L_c$  および  $L_a$  は(17)、(18)、(19)、(21) 式の関係を利用して求めたものである。一方、Diamondの方法でも  $L_a$  を求めている。さらに、 $L_a$  および  $f_a$  から縮合芳香族環の重量ならびに単位構造当りの重量を求めている<sup>27)</sup>。図3はこれらの結果をもとにして組み立てたモデルということになる。

### 3.2 小角回析から得られる構造パラメーター

散乱曲線の裾の部分すなわち  $s$  が大きいところでの強度がつぎに述べる Porod<sup>28)</sup> によって発見された法則にしたがうときこの裾の部分より重要な構造パラメーターを求めることができる。Porodの理論的発見というのは、非常に小さいピンホールコリメーションでは  $s^4 I(s)$  が、無限に長くて狭いスリットコリメーションでは  $s^3 I(s)$  が一定になるというものである。この条件が満足されていると、構造数 (structure number)  $N_s$  が求められる。スリットコリメーションの場合、

$$N_s = \frac{EA}{Q^2} \quad (28)$$

ただし、

$$E = \int_0^\infty I(s) ds \quad (29)$$

$$A = \lim_{s \rightarrow \infty} s^3 I(s) \quad (30)$$

$$Q = \int_0^\infty s I(s) ds \quad (31)$$

であり、 $E$  は散乱エネルギー、 $Q$  はインヴァリントと呼ばれている。粒子の集合体を例とするならば、この  $N_s$  はコロイドの大きさの不ぞろいの程度を表わし、同一球体の希釈系では0.5、粒径のパラツキ、球形からの逸脱、会合などは  $N_s$  の値を大きくする。また、相の界面の面積を分散相の占める体積で割った比として定義される比内部表面、特性関数、相関距離、還算不均一長などの量が得られるが、紙面の都合上省略する。これらについては Dwiggins<sup>29)</sup>、Pollack<sup>30)</sup> らによって得られている。

粒子が等しい確率であらゆる配向をとっているような希薄な単分散系の場合、散乱強度  $I(S)$  は次式で表わされるような Guinier の法則<sup>31)~33)</sup> にしたがう。

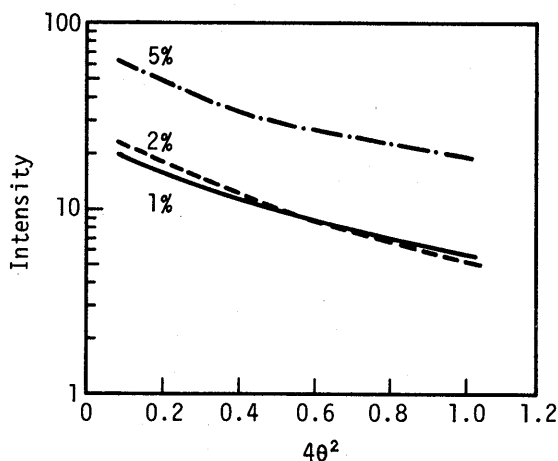


図7 ベンゼン溶液中における Baxterville asphaltene の散乱強度の Guinier プロット [文献30)より]

表3 有機溶媒中における Baxterville asphaltene の回転半径 (R)

| 溶 媒  | 希釈率, % | R, Å |
|------|--------|------|
| ベンゼン | 1      | 33   |
| ベンゼン | 2      | 34   |
| ベンゼン | 5      | 34   |
| デカリン | 1      | 33   |
| デカリン | 2      | 38   |
| デカリン | 10     | 40   |

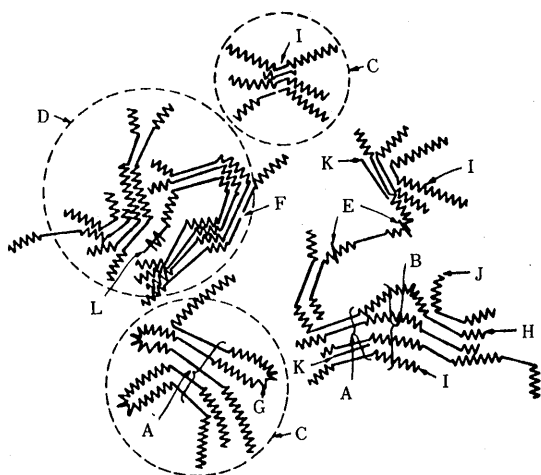
[文献30)より]

$$\ln I(S) = \ln I(0) - \frac{1}{3} S^2 R^2 \quad (32)$$

ここで、 $R$  は電子回転半径と呼ばれ、代表粒子の電子の重心から粒子内のすべての電子への距離の2乗平均の平方根である。大きさの異なる粒子を含む系、すなわち多分散系についても Guinier プロットし、いくつかの回転半径によって特徴づけられる成分の回転半径と相対量を求めることができる<sup>34)</sup>。

図7にベンゼン溶液中の Baxterville asphaltene の散乱強度の Guinier プロットを示す。図中では  $S$  が小さいところで  $2\theta$  に比例するため横軸として  $4\theta^2$  をとっている。このプロットにより求められたベンゼン、デカリン溶液中での平均回転半径  $R$  を表3に示す。これらの値は Dwiggins<sup>29)</sup> によって求められた原油中のコロイドの回転半径にほとんど等しく、33~40 Å である。

最後に Dickie ら<sup>27)</sup> によって提案されたアスファルトのマクロ構造のモデルを図8に示す。彼らは、X線回析、マックスベルトル、GPC、VPO、電子顕微



- |              |               |
|--------------|---------------|
| A : 結晶子      | B : 鎖ハンドル     |
| C : 粒子       | D : ミセル       |
| E : 弱い結合     | F : ギャップとホール  |
| G : インタクラスター | H : インタークラスター |
| I : レジン      | J : 単層        |
| K : ペトロポリフィン | L : 金属        |
- 〔文献27〕より〕

図8 アスファルティクスのマクロ構造

鏡等の機器により得られたデータを総合的に検討しこのモデルの妥当性を示しているが、X線回析による構造解析が重要な地位を占めていることを強調したい。

#### 4. おわりに

以上、X線回析強度の解析、得られる構造パラメータについて述べた。特に小角回析の研究では、4大学派があり、それぞれ用いている数式が多少異なるので、文献を参照する際にはその点について留意されたい。X線回析における種々の補正、Fourier変換等は膨大な計算量となるが、まず実験条件を設定し、それに合致した解析プログラムを用意しておく、デジタルコンピューターに散乱強度を入力するだけでこれらのパラメータを手軽に得ることができるので、アスファルトの流動特性、化学的改質時のコロイド構造変化のモニタリング等々に今後とも重要な武器となると考えられる。

#### 参考文献

- 1) B. D. Cullity, "Elements of X-Ray Diffraction," Addison-Wesley, Reading, Massachusetts (1956); 松村源太郎訳, 「X線回析要論」, アグネ (1961)
- 2) H. P. Klug and L. E. Alexander, "X-Ray Diffraction Procedures for Polycrystalline and Amorphous Materials (Second Edition)," Wiley, New York (1974)
- 3) L. E. Alexander, "X-Ray Diffraction Methods in Polymer Science," Wiley, New York (1969); 桜田一郎 監訳, 「高分子のX線回析(上, 下)」, 化学同人 (1973)
- 4) 日本化学会編, 「新実験化学講座」, 6(構造解析) 13, (有機構造(II)), 丸善 (1977)
- 5) 高分子学会編「高分子測定法(構造と物性)下」, 培風館 (1973)
- 6) M. von Laue, Ann. Physik, **41**, 971 (1913)
- 7) W. L. Bragg, Proc. Cambridge Phil. Soc., **17**, 43 (1913)
- 8) P. Debye, Ann. Physik, **46**, 809 (1915)
- 9) "International Tables for X-Ray Crystallography," Vol. III, Kynoch Press, Birmingham (1962) pp. 73~88
- 10) 文献9) pp. 162~165
- 11) M. E. Milberg, J. Appl. Phys., **29**, 64 (1958)
- 12) 白石稔, 真田雄三, 日化誌, 153 (1976)
- 13) 文献9) pp. 250~252
- 14) S. Ergun, "Chemistry and Physics of Carbon," Vol. 3, Marcel Dekker, New York, 1968, pp. 211~288
- 15) 文献9) pp. 202~207
- 16) 文献2) pp. 798
- 17) T. F. Yen, J. G. Erdman and S. S. Pollack, Anal. Chem., **33**, 1587 (1961)
- 18) R. E. Franklin, Proc. Roy. Soc., **209**, 196 (1951)
- 19) E. G. Steward and H. W. Davidson, "Industrial Carbon and Graphite," Society of Chemical Industry, London (1958), pp. 207
- 20) 文献2) pp. 631
- 21) P. Scherrer, Göttingen Nachrichten, **2**, 98 (1918)
- 22) P. B. Hirsch, Proc. Roy. Soc., **A 226**, 143 (1954)
- 23) Y. Ruland, Carbon, **2**, 365 (1965)
- 24) M. Shiraishi and K. Kobayashi, Bull. Chem. Soc. Jap., **46**, 2575 (1973)
- 25) 白石稔, 公害資源研究所報告, 第6号「炭素の黒鉛化に関するX線的研究」(1975)
- 26) R. Diamond, Ph. D. Dissertation, University of Cambridge (1956)
- 27) J. P. Dickie and T. F. Yen, Anal. Chem., **39**, 1847 (1967)
- 28) G. Porod, Kolloid-Z., **124**, 83 (1951)
- 29) C. W. Diggins, Jr., J. Phys. Chem., **69**, 3500 (1965)
- 30) S. S. Pollack and T. F. Yen, Anal. Chem., **42**, 623 (1970)
- 31) A. Guinier, Compt. Rend., **204**, 1115 (1937)
- 32) idem, Ann. Phys. (Paris), **12**, 161 (1939)
- 33) idem, J. Chim. Physique, **40**, 133 (1943)
- 34) たとえば文献5) pp. 311

## 昭和56年度 石油関係の新政策について ～通産省の予算要求の概要から～

通産省は、8月28日、昭和56年度予算の概算要求をまとめ自民党商工関係合同部会にて説明、了承を得た。9月早々から大蔵省の査定作業が始まり、56年度予算の編成作業は、これから年末にかけて「財政再建」という難題を抱えながら進められて行くことになる。

このうち、56年度石特会計（石炭並びに石油及び石油代替エネルギー対策特別会計）は、今後のエネルギー対策の重要性と財源となる石油税収入の増加を反映して、対前年度比約61%増という大幅な予算要求となっている。

石油関係だけでみれば、全額で5,188億円、対前年度比で約73%増となっている。

概要は別表1、別表2のとおりであるが、石油関連の新政策で注目されるのは

1. オイルマンセンターの創設
2. 石油開発大学校の創設
3. 地球資源衛星の研究開発
4. LPG 備蓄の開始などであり、さらに
5. 石油備蓄の増強があげられる。

通産省は、以上の予算措置の他に民間においてエネルギー対策を積極的に推進させることを期待する目的で、総合エネルギー対策投資促進税制を検討している。

これは、企業が石油代替エネルギーの導入、省エネルギーあるいは石油安定供給（開発、貯蔵、重質油分解）に効果のある設備を取得した場合、取得価格の10%を税額控除するものであり、適用期間は5年間で、税額控除は3年間の繰り越しを認めようという構想のものである。

別表1 昭和56年度石炭並びに石油及び石油代替エネルギー対策特別会計概算要求

（歳入）

（単位：億円）

|                     | 55年度予算額 | 56年度概算要求額 | 対前年度増△減額 |
|---------------------|---------|-----------|----------|
| 原 重 油 関 税 収 入       | 1,569   | 1,630     | 61       |
| 一 般 会 計 か ら の 繰 入 れ | 2,520   | 4,909     | 2,389    |
| 剰 余 金 等             | 53      | 114       | 61       |
| 合 計                 | 4,142   | 6,653     | 2,511    |

（歳出）

|                    | 55年度予算額 | 56年度概算要求額 | 対前年度増△減額 |
|--------------------|---------|-----------|----------|
| I 石炭勘定             |         |           |          |
| 1. 石炭鉱業合理化安定対策     | 532     | 593       | 61       |
| 2. 鉱害対策            | 497     | 557       | 60       |
| 3. 産炭地域振興対策        | 72      | 90        | 18       |
| 4. 炭鉱離職者援護対策等      | 182     | 198       | 16       |
| 5. その他             | 26      | 27        | 1        |
| 合 計                | 1,309   | 1,465     | 156      |
| II 石油及び石油代替エネルギー勘定 |         |           |          |
| 1. 石油対策            | 2,484   | 4,302     | 1,818    |
| (1) 石油開発・石油確保      | 896     | 1,685     | 789      |
| (2) 石油備蓄増強         | 1,461   | 2,404     | 943      |
| (3) 技術開発・流通等       | 127     | 213       | 86       |
| 2. 石油代替エネルギー対策     | 349     | 886       | 537      |
| (1) 供給確保対策         | 43      | 82        | 39       |
| (2) 導入促進対策         | 94      | 293       | 199      |
| (3) 技術開発           | 203     | 485       | 282      |
| (4) その他            | 9       | 26        | 17       |
| 合 計                | 2,833   | 5,188     | 2,355    |
| 歳 出 合 計            | 4,142   | 6,653     | 2,511    |

（三）端数四捨五入

別表2 石油及び石油代替エネルギー勘定—石油対策

(単位: 億円)

| 事 項                         | 55 年 度<br>予 算 額 | 56年度概<br>算要求額 | 対前年度<br>増 減 額 | 備 考                                                    |
|-----------------------------|-----------------|---------------|---------------|--------------------------------------------------------|
| 1. 石油開発・石油確保                | 896             | 1,685         | 789           |                                                        |
| 探鉱等投融资等(石油公団出資金)            | 760             | 1,207         | 447           | 探鉱投融资規模の大幅拡大<br>(750億→1,180億)<br>債務保証基金(10億→27億)       |
| 産油国の技術力・人的能力向上事業(オイルマンセンター) | 0               | 33            | 33            | 56年度より研修事業開始, 施設完成は57年度予定(施設建設57年)                     |
| 海外地質構造調査等事業                 | 17              | 110           | 93            | 対象地域 2 件                                               |
| 石油開発大学校設置                   | 0               | 35            | 35            | 開校予定は58年度                                              |
| 最新鋭石油探査船建造                  | 0               | 40            | 40            | 就航予定は58年度                                              |
| 地球資源衛星研究開発                  | 0               | 17            | 17            | 搭載機器及びデータ処理技術の研究開発, 打上げ予定は61年度                         |
| 海底石油生産システム研究開発              | 32              | 49            | 17            |                                                        |
| 未利用炭化水素資源開発技術等研究調査          | 0               | 43            | 43            | ①オイルシールド開発<br>②オイルサンド等超重質油熱回収                          |
| 石油天然ガス基礎調査委託費               | 42              | 71            | 29            | 周辺海域及び陸域の物理探査及び基礎試験(海・陸各1坑)等                           |
| 天然ガス探鉱費補助金等                 | 17              | 32            | 15            | 天然ガス探鉱費補助金 30億<br>水溶性天然ガス(沖縄)適正採取技術調査 2 億              |
| 融資買油プロジェクト為替差損益調整等          | 0               | 15            | 15            |                                                        |
| その他                         | 28              | 34            | 6             |                                                        |
| 2. 石油備蓄増強                   | 1,461           | 2,404         | 943           |                                                        |
| 石油備蓄増強対策補給金(90日備蓄)          | 166             | 499           | 333           | 新規分全額利子補給, 既融資分補給幅2倍の上乗せ, 再融資分原油価格見直し                  |
| 公団備蓄事業出資金                   | 500             | 813           | 313           | 国家備蓄 3,000 万kl体制の推進                                    |
| 公団備蓄事業費等交付金                 | 448             | 667           | 219           | (第1～第5プロジェクトの子会社に対する出融資等)                              |
| 公団備蓄増強対策補給金                 | 187             | 281           | 94            |                                                        |
| 共同LPG備蓄会社出資金                | 0               | 8             | 8             | 用地代の¼相当額を出資                                            |
| LPG備蓄増強対策補給金                | 0               | 3             | 3             | 全額利子補給                                                 |
| 石油貯蔵施設立地対策等交付金              | 86              | 131           | 45            | 単価 up                                                  |
| その他                         | 74              | 3             | △72           |                                                        |
| 3. 技術開発・流通等                 | 127             | 213           | 86            |                                                        |
| 新燃料油研究開発                    | 18              | 55            | 37            | 合成ガス・バイオマス等からの新燃料油製造技術及びオイルサンド油等の改質精製技術の開発, 7 年計画の2年度目 |
| 重質油対策技術研究開発                 | 68              | 70            | 2             | 重質分解技術及び劣質残油の利用技術の開発, 4 年計画の3年度目                       |
| 重質油残渣物有効利用技術開発              | 0               | 30            | 30            | 重質残渣物からの①都市ガス合成ガス及び②低濃水素の製造技術開発 4 年計画の初年度              |
| 石油流通情報普及啓発事業                | 0               | 3             | 3             | 地方公共団体, 消費者に対する石油情報の普及                                 |
| その他                         | 41              | 55            | 14            |                                                        |
| 石 油 対 策 計                   | 2,484           | 4,302         | 1,818         |                                                        |

＜石油アスファルト需給統計資料＞ その1

石油アスファルト需給実績（総括表）

（単位：千t）

| 項目<br>年度 | 供 給  |       |            |     |       | 需 要   |            |     |       |      |       |
|----------|------|-------|------------|-----|-------|-------|------------|-----|-------|------|-------|
|          | 期初在庫 | 生 産   | 対前年<br>度 比 | 輸 入 | 合 計   | 内 需   | 対前年<br>度 比 | 輸 出 | 小 計   | 期末在庫 | 合 計   |
| 49 年 度   | 226  | 4,571 | ( 88.5)    | 16  | 4,813 | 4,586 | ( 89.1)    | 29  | 4,615 | 182  | 4,797 |
| 50 年 度   | 182  | 4,086 | ( 89.4)    | 0   | 4,268 | 4,015 | ( 87.6)    | 13  | 4,029 | 236  | 4,265 |
| 51年度上期   | 236  | 2,104 | ( 97.2)    | 0   | 2,340 | 2,045 | ( 99.2)    | 18  | 2,060 | 266  | 2,326 |
| 51年度下期   | 266  | 2,050 | (106.7)    | 0   | 2,316 | 2,058 | (105.2)    | 4   | 2,062 | 256  | 2,318 |
| 51 年 度   | 236  | 4,154 | (101.7)    | 0   | 4,390 | 4,103 | (102.1)    | 22  | 4,122 | 256  | 4,378 |
| 52年度上期   | 256  | 2,284 | (108.6)    | 0   | 2,540 | 2,320 | (113.6)    | 0   | 2,320 | 227  | 2,547 |
| 52年度下期   | 227  | 2,506 | (122.1)    | 0   | 2,733 | 2,445 | (118.8)    | 0   | 2,445 | 287  | 2,732 |
| 52 年 度   | 256  | 4,790 | (115.3)    | 0   | 5,046 | 4,765 | (116.2)    | 0   | 4,765 | 287  | 5,052 |
| 53年度上期   | 287  | 2,661 | (116.5)    | 0   | 2,948 | 2,636 | (113.6)    | 0   | 2,636 | 312  | 2,948 |
| 54. 1 月  | 261  | 308   | ( 96.9)    | 0   | 569   | 258   | (107.1)    | 0   | 258   | 310  | 568   |
| 2 月      | 310  | 353   | (103.2)    | 0   | 663   | 329   | (107.5)    | 0   | 329   | 334  | 663   |
| 3 月      | 334  | 527   | (103.1)    | 0   | 861   | 564   | (104.1)    | 0   | 564   | 297  | 861   |
| 1～3 月    | 261  | 1,188 | (101.5)    | 0   | 1,449 | 1,151 | (105.7)    | 0   | 1,151 | 297  | 1,448 |
| 53年度下期   | 312  | 2,568 | (102.6)    | 0   | 2,880 | 2,582 | (105.6)    | 0   | 2,582 | 297  | 2,879 |
| 53 年 度   | 287  | 5,229 | (109.2)    | 0   | 5,516 | 5,218 | (109.5)    | 0   | 5,218 | 297  | 5,515 |
| 54. 4 月  | 297  | 476   | ( 93.7)    | 0   | 773   | 463   | ( 95.9)    | 0   | 463   | 310  | 773   |
| 5 月      | 310  | 419   | ( 89.3)    | 0   | 734   | 425   | (102.4)    | 0   | 425   | 305  | 730   |
| 6 月      | 305  | 382   | (114.7)    | 0   | 687   | 405   | (102.5)    | 0   | 405   | 283  | 688   |
| 4～6 月    | 297  | 1,277 | ( 97.5)    | 0   | 1,574 | 1,293 | (100.0)    | 0   | 1,293 | 283  | 1,576 |
| 7 月      | 283  | 462   | ( 96.9)    | 0   | 745   | 446   | ( 91.2)    | 0   | 446   | 300  | 746   |
| 8 月      | 300  | 460   | (104.8)    | 0   | 760   | 438   | (102.7)    | 0   | 438   | 322  | 760   |
| 9 月      | 322  | 425   | ( 97.7)    | 0   | 747   | 399   | ( 93.5)    | 0   | 399   | 348  | 747   |
| 7～9 月    | 283  | 1,347 | ( 99.7)    | 0   | 1,630 | 1,283 | ( 95.5)    | 0   | 1,283 | 348  | 1,631 |
| 54年度上期   | 297  | 2,624 | ( 98.6)    | 0   | 2,921 | 2,576 | ( 97.7)    | 0   | 2,576 | 348  | 2,924 |
| 10月      | 348  | 423   | ( 85.3)    | 0   | 771   | 466   | (101.5)    | 0   | 466   | 316  | 782   |
| 11月      | 316  | 460   | ( 96.8)    | 0   | 776   | 459   | ( 91.6)    | 0   | 459   | 318  | 777   |
| 12月      | 318  | 437   | (106.8)    | 0   | 755   | 489   | (103.8)    | 0   | 489   | 266  | 755   |
| 10～12月   | 348  | 1,320 | ( 95.7)    | 0   | 1,668 | 1,414 | ( 98.8)    | 0   | 1,414 | 266  | 1,680 |
| 55. 1 月  | 266  | 283   | ( 91.9)    | 0   | 549   | 250   | ( 96.9)    | 0   | 250   | 299  | 549   |
| 2 月      | 299  | 340   | ( 96.3)    | 0   | 639   | 351   | (106.7)    | 1   | 352   | 286  | 638   |
| 3 月      | 286  | 497   | ( 94.3)    | 1   | 784   | 548   | ( 97.3)    | 1   | 549   | 235  | 785   |
| 1～3 月    | 266  | 1,120 | ( 94.3)    | 1   | 1,387 | 1,149 | ( 99.9)    | 2   | 1,151 | 235  | 1,386 |
| 54年度下期   | 348  | 2,440 | ( 95.0)    | 1   | 2,789 | 2,563 | ( 99.3)    | 2   | 2,565 | 235  | 2,800 |
| 54 年 度   | 297  | 5,064 | ( 96.8)    | 1   | 5,362 | 5,139 | ( 98.5)    | 2   | 5,141 | 235  | 5,376 |

〔注〕 (1)通産省エネルギー統計月報 55年3月確報  
(2)四捨五入のため月報と一致しない場合がある。

＜石油アスファルト需給統計資料＞ その2

石油アスファルト内需実績（品種別明細）

（単位：千t）

| 項目<br>年月 | 内 需 量        |     |       |                    |       | 構 成 比        |     |      |                    |       | 対 前 年 度 比    |       |       |                    |       |
|----------|--------------|-----|-------|--------------------|-------|--------------|-----|------|--------------------|-------|--------------|-------|-------|--------------------|-------|
|          | ストレート・アスファルト |     |       | ブローン<br>アス<br>ファルト | 合 計   | ストレート・アスファルト |     |      | ブロー<br>ンアス<br>ファルト | 合 計   | ストレート・アスファルト |       |       | ブロー<br>ンアス<br>ファルト | 合 計   |
|          | 一般用          | 工業用 | 計     |                    |       | 一般用          | 工業用 | 計    |                    |       | 一般用          | 工業用   | 計     |                    |       |
| 49 年 度   | 4,213        | 132 | 4,345 | 241                | 4,586 | 91.9         | 2.9 | 94.7 | 5.3                | 100.0 | 90.6         | 91.9  | 90.6  | 68.9               | 89.1  |
| 50 年 度   | 3,574        | 190 | 3,764 | 251                | 4,015 | 89.0         | 4.7 | 93.7 | 6.3                | 100.0 | 84.8         | 143.9 | 86.6  | 104.1              | 87.5  |
| 51年度上期   | 1,828        | 93  | 1,921 | 124                | 2,045 | 89.4         | 4.6 | 93.9 | 6.1                | 100.0 | 97.6         | 120.8 | 98.5  | 110.7              | 99.2  |
| 51年度下期   | 1,802        | 116 | 1,918 | 140                | 2,058 | 87.6         | 5.6 | 93.2 | 6.8                | 100.0 | 105.6        | 103.6 | 105.5 | 100.7              | 105.2 |
| 51 年 度   | 3,630        | 209 | 3,839 | 264                | 4,103 | 88.5         | 5.1 | 93.6 | 6.4                | 100.0 | 101.6        | 110.0 | 102.0 | 105.2              | 102.2 |
| 52年度上期   | 2,076        | 113 | 2,189 | 131                | 2,320 | 89.5         | 4.9 | 94.4 | 5.6                | 100.0 | 113.6        | 121.5 | 114.0 | 105.6              | 113.4 |
| 52年度下期   | 2,166        | 122 | 2,288 | 157                | 2,445 | 88.6         | 5.0 | 93.6 | 6.4                | 100.0 | 120.2        | 105.2 | 119.3 | 112.1              | 118.8 |
| 52 年 度   | 4,242        | 235 | 4,477 | 288                | 4,765 | 89.0         | 4.9 | 93.9 | 6.1                | 100.0 | 116.9        | 112.4 | 116.6 | 109.1              | 116.1 |
| 53年度上期   | 2,355        | 136 | 2,491 | 145                | 2,636 | 89.3         | 5.2 | 94.5 | 5.5                | 100.0 | 113.4        | 120.3 | 113.8 | 110.7              | 113.6 |
| 54. 1 月  | 213          | 19  | 232   | 26                 | 258   | 82.6         | 7.4 | 89.9 | 10.1               | 100.0 | 108.1        | 95.0  | 106.9 | 108.3              | 107.1 |
| 2 月      | 276          | 24  | 300   | 29                 | 329   | 83.9         | 7.3 | 91.2 | 8.8                | 100.0 | 106.6        | 126.3 | 107.9 | 103.6              | 107.5 |
| 3 月      | 513          | 20  | 533   | 32                 | 565   | 90.8         | 3.5 | 94.3 | 5.7                | 100.0 | 104.3        | 90.9  | 103.7 | 114.3              | 104.2 |
| 1～3月     | 1,002        | 63  | 1,065 | 87                 | 1,152 | 86.9         | 5.5 | 92.4 | 7.6                | 100.0 | 105.6        | 103.3 | 105.5 | 108.8              | 105.7 |
| 53年度下期   | 2,283        | 131 | 2,414 | 168                | 2,582 | 88.4         | 5.1 | 93.5 | 6.5                | 100.0 | 105.2        | 107.4 | 105.3 | 109.6              | 105.6 |
| 53 年 度   | 4,638        | 267 | 4,905 | 313                | 5,218 | 88.9         | 5.1 | 94.0 | 6.0                | 100.0 | 109.3        | 113.6 | 109.6 | 108.7              | 109.5 |
| 54. 4 月  | 416          | 21  | 437   | 26                 | 463   | 89.8         | 4.5 | 94.4 | 5.6                | 100.0 | 96.5         | 72.4  | 95.0  | 108.3              | 95.7  |
| 5 月      | 375          | 25  | 400   | 25                 | 425   | 88.0         | 6.1 | 94.1 | 5.9                | 100.0 | 100.0        | 173.3 | 102.8 | 100.0              | 102.7 |
| 6 月      | 358          | 17  | 375   | 30                 | 405   | 88.4         | 4.2 | 92.6 | 7.4                | 100.0 | 102.6        | 77.3  | 101.1 | 125.0              | 102.5 |
| 4～6月     | 1,149        | 63  | 1,212 | 81                 | 1,293 | 88.8         | 4.9 | 93.7 | 6.3                | 100.0 | 99.5         | 97.0  | 99.3  | 111.0              | 100.0 |
| 7 月      | 408          | 10  | 418   | 28                 | 446   | 91.5         | 2.2 | 93.7 | 6.3                | 100.0 | 92.7         | 40.0  | 89.9  | 116.7              | 91.2  |
| 8 月      | 398          | 10  | 408   | 30                 | 438   | 90.9         | 2.3 | 93.2 | 6.8                | 100.0 | 104.7        | 43.4  | 101.2 | 130.4              | 102.8 |
| 9 月      | 354          | 17  | 371   | 28                 | 399   | 88.7         | 4.3 | 93.0 | 7.0                | 100.0 | 93.2         | 77.3  | 92.3  | 112.0              | 93.4  |
| 7～9月     | 1,160        | 37  | 1,197 | 86                 | 1,293 | 90.4         | 2.9 | 93.3 | 6.7                | 100.0 | 96.7         | 52.9  | 94.3  | 119.4              | 95.6  |
| 54年度上期   | 2,309        | 100 | 2,409 | 167                | 2,576 | 89.6         | 3.9 | 93.5 | 6.5                | 100.0 | 98.0         | 74.3  | 96.7  | 115.2              | 97.8  |
| 10月      | 426          | 12  | 438   | 28                 | 466   | 91.4         | 2.6 | 94.0 | 6.0                | 100.0 | 103.6        | 54.5  | 101.2 | 103.7              | 101.3 |
| 11月      | 419          | 12  | 431   | 28                 | 459   | 91.3         | 2.6 | 93.9 | 6.1                | 100.0 | 93.1         | 54.5  | 91.3  | 100.0              | 91.8  |
| 12月      | 448          | 13  | 461   | 28                 | 489   | 91.6         | 2.7 | 94.3 | 5.7                | 100.0 | 106.7        | 54.2  | 103.8 | 107.7              | 104.0 |
| 10～12月   | 1,293        | 37  | 1,330 | 84                 | 1,414 | 91.5         | 2.6 | 94.1 | 5.9                | 100.0 | 100.9        | 54.4  | 98.6  | 103.7              | 98.9  |
| 55. 1 月  | 211          | 12  | 223   | 27                 | 250   | 84.4         | 4.8 | 89.2 | 10.8               | 100.0 | 99.1         | 63.2  | 96.1  | 103.8              | 96.9  |
| 2 月      | 303          | 15  | 318   | 33                 | 351   | 86.3         | 4.3 | 90.6 | 9.4                | 100.0 | 109.8        | 62.5  | 106.0 | 113.8              | 106.7 |
| 3 月      | 505          | 11  | 516   | 32                 | 548   | 92.2         | 2.0 | 94.2 | 5.8                | 100.0 | 98.6         | 55.0  | 97.0  | 100.0              | 97.2  |
| 1～3月     | 1,019        | 38  | 1,057 | 92                 | 1,149 | 88.7         | 3.3 | 92.0 | 8.0                | 100.0 | 101.8        | 60.3  | 99.3  | 105.7              | 99.8  |
| 54年度下期   | 2,312        | 75  | 2,387 | 176                | 2,563 | 90.2         | 2.9 | 93.1 | 6.9                | 100.0 | 101.3        | 57.3  | 98.9  | 104.8              | 99.3  |
| 54 年 度   | 4,621        | 175 | 4,796 | 343                | 5,139 | 89.9         | 3.4 | 93.3 | 6.7                | 100.0 | 99.7         | 65.5  | 97.8  | 109.6              | 98.5  |

〔注〕(1)通産省エネルギー統計月報 55年3月確報

(2)工業用ストレート・アスファルト、ブローンアスファルトは日本アスファルト協会調べ。

(3)一般用ストレート・アスファルト＝内需量合計－(ブローンアスファルト＋工業用ストレート・アスファルト)

(4)四捨五入のため月報と一致しない場合がある。

社団法人 日本アスファルト協会会員

| 社 名                     | 住 所                    | 電 話                 |
|-------------------------|------------------------|---------------------|
| 〔メーカー〕                  |                        |                     |
| ア ジ ア 石 油 株 式 会 社       | (100) 東京都千代田区内幸町2-1-1  | 03 (506) 5 6 4 9    |
| 大 協 石 油 株 式 会 社         | (104) 東京都中央区八重洲5-1-1   | 03 (274) 5 2 1 1    |
| エッソスタンダード石油株式会社         | (107) 東京都港区赤坂5-3-3     | 03 (584) 6 2 1 1    |
| 富 士 興 産 株 式 会 社         | (100) 東京都千代田区永田町2-4-3  | 03 (580) 3 5 7 1    |
| 富 士 石 油 株 式 会 社         | (100) 東京都千代田区大手町1-2-3  | 03 (211) 6 5 3 1    |
| 出 光 興 産 株 式 会 社         | (100) 東京都千代田区丸の内3-1-1  | 03 (213) 3 1 1 1    |
| 鹿 島 石 油 株 式 会 社         | (102) 東京都千代田区紀尾井町3-6   | 03 (265) 0 4 1 1    |
| 興 亜 石 油 株 式 会 社         | (100) 東京都千代田区大手町2-6-2  | 03 (270) 7 6 5 1    |
| 共 同 石 油 株 式 会 社         | (100) 東京都千代田区永田町2-11-2 | 03 (580) 3 7 1 1    |
| 極 東 石 油 工 業 株 式 会 社     | (100) 東京都千代田区大手町1-7-2  | 03 (270) 0 8 4 1    |
| 丸 善 石 油 株 式 会 社         | (100) 東京都千代田区大手町1-5-3  | 03 (213) 6 1 1 1    |
| 三 菱 石 油 株 式 会 社         | (105) 東京都港区虎ノ門1-2-4    | 03 (595) 7 4 1 2    |
| モ ー ビ ル 石 油 株 式 会 社     | (100) 東京都千代田区大手町1-7-2  | 03 (244) 4 3 5 9    |
| 日 本 ア ス フ ァ ル ト 株 式 会 社 | (102) 東京都千代田区平河町2-7-6  | 03 (234) 5 0 2 1    |
| 日 本 鉱 業 株 式 会 社         | (105) 東京都港区虎ノ門2-10-1   | 03 (582) 2 1 1 1    |
| 日 本 石 油 株 式 会 社         | (105) 東京都港区西新橋1-3-12   | 03 (502) 1 1 1 1    |
| 日 本 石 油 精 製 株 式 会 社     | (105) 東京都港区西新橋1-3-12   | 03 (502) 1 1 1 1    |
| 三 共 油 化 工 業 株 式 会 社     | (100) 東京都千代田区丸の内1-4-2  | 03 (284) 1 9 1 1    |
| 西 部 石 油 株 式 会 社         | (100) 東京都千代田区丸の内1-2-1  | 03 (216) 6 7 8 1    |
| シ ェ ル 石 油 株 式 会 社       | (100) 東京都千代田区霞が関3-2-5  | 03 (580) 0 1 1 1    |
| 昭 和 石 油 株 式 会 社         | (100) 東京都千代田区丸の内2-7-3  | 03 (231) 0 3 1 1    |
| 昭和四日市石油株式会社             | (100) 東京都千代田区有楽町1-11   | 03 (211) 1 4 1 1    |
| 東 亜 燃 料 工 業 株 式 会 社     | (100) 東京都千代田区一ツ橋1-1-1  | 03 (213) 2 2 1 1    |
| 東 北 石 油 株 式 会 社         | (983) 宮城県仙台市中野字高松238   | 02236 ( 5 ) 8 1 4 1 |

〔ディーラー〕

● 北 海 道

|                   |                         |                   |       |
|-------------------|-------------------------|-------------------|-------|
| アサヒレキセイ(株)札幌支店    | (060) 札幌市中央区大通西10-4     | 011 (281) 3 9 0 6 | 日 ア ス |
| 中西瀝青(株)札幌出張所      | (060) 札幌市中央区北2条西2       | 011 (231) 2 8 9 5 | 日 石   |
| (株)南部商会札幌出張所      | (060) 札幌市中央区北2条西2-15    | 011 (231) 7 5 8 7 | 日 石   |
| レキセイ商事株式会社        | (060) 札幌市中央区北4条西12      | 011 (231) 5 9 3 1 | 出 光   |
| 株式会社 ロード資材        | (060) 札幌市中央区北1条西10-1-11 | 011 (281) 3 9 7 6 | 丸 善   |
| (株)沢田商行 北海道出張所    | (060) 札幌市中央区北2条西3       | 011 (221) 5 8 6 1 | 丸 善   |
| 東 光 商 事 (株) 札幌営業所 | (060) 札幌市中央区南大通り西7      | 011 (261) 7 9 5 7 | 三 石   |
| (株)トーアス札幌営業所      | (060) 札幌市中央区北2条西2       | 011 (281) 2 3 6 1 | 共 石   |

社団法人 日本アスファルト協会 会員

| 社 名             | 住 所                        | 電 話                     |
|-----------------|----------------------------|-------------------------|
| 葛 井 石 油 株 式 会 社 | (060) 札幌市中央区北5条西21-411     | 011 (643) 6 1 1 1 丸 善   |
| ● 東 北           |                            |                         |
| アサヒレキセイ(株)仙台支店  | (980) 宮城県仙台市中央3-3-3        | 0222 (66) 1 1 0 1 日 ア ス |
| 株式会社 亀 井 商 店    | (980-91)宮城県仙台市国分町3-1-18    | 0222 (64) 6 0 7 7 日 石   |
| 宮城石油販売株式会社      | (980) 宮城県仙台市東7番丁102        | 0222 (57) 1 2 3 1 三 石   |
| 中西瀝青(株)仙台営業所    | (980) 宮城県仙台市中央2-1-30       | 0222 (23) 4 8 6 6 日 石   |
| (株)南部商会仙台出張所    | (980) 宮城県仙台市中央2-1-17       | 0222 (23) 1 0 1 1 日 石   |
| 有限会社 男 鹿 興 業 社  | (010-05)秋田県男鹿市船川港船川字化世沢178 | 01852 (3) 3293 共 石      |
| 菱油販売(株)仙台支店     | (980) 宮城県仙台市国分町3-1-1       | 0222 (25) 1 4 9 1 三 石   |
| 正興産業(株)仙台営業所    | (980) 宮城県仙台市国分町3-3-3       | 0222 (63) 0 6 7 9 三 石   |
| 竹中産業(株)新潟営業所    | (950) 新潟市東大通1-4-2          | 0252 (46) 2 7 7 0 シェル   |
| 常盤商事(株)仙台支店     | (980) 宮城県仙台市上杉1-8-19       | 0222 (24) 1 1 5 1 三 石   |
| ● 関 東           |                            |                         |
| アサヒレキセイ株式会社     | (104) 東京都中央区八丁堀3-3-5       | 03 (551) 8 0 1 1 日 ア ス  |
| アスファルト産業株式会社    | (104) 東京都中央区八丁堀4-4-13      | 03 (553) 3 0 0 1 シェル    |
| 富士興産アスファルト株式会社  | (107) 東京都港区赤坂1-5-11        | 03 (585) 7 6 0 1 日 ア ス  |
| 富士鉱油株式会社        | (105) 東京都港区新橋4-26-5        | 03 (432) 2 8 9 1 丸 善    |
| 富士石油販売株式会社      | (103) 東京都中央区日本橋2-13-12     | 03 (274) 2 0 6 1 共 石    |
| 富士油業(株)東京支店     | (106) 東京都港区西麻布1-8-7        | 03 (478) 3 5 0 1 日 ア ス  |
| 伊藤忠燃料株式会社       | (160) 東京都新宿区西新宿3-4-7       | 03 (347) 3 9 6 1 共 石    |
| 関東アスファルト株式会社    | (336) 浦和市岸町4-26-19         | 0488 (22) 0 1 6 1 シェル   |
| 株式会社 木 畑 商 会    | (104) 東京都中央区八丁堀4-2-2       | 03 (552) 3 1 9 1 共 石    |
| 国光商事株式会社        | (165) 東京都中野区東中野1-7-1       | 03 (363) 8 2 3 1 出 光    |
| 極東資材株式会社        | (105) 東京都港区新橋2-3-5         | 03 (504) 1 5 2 8 三 石    |
| 丸紅石油株式会社        | (102) 東京都千代田区九段北1-13-5     | 03 (230) 1 1 3 1 モービル   |
| 三菱商事株式会社        | (100) 東京都千代田区丸の内2-6-3      | 03 (210) 6 2 9 0 三 石    |
| 三井物産石油販売株式会社    | (100) 東京都千代田区内幸町2-1-1      | 03 (504) 2 2 7 1 極 東 石  |
| 中西瀝青株式会社        | (103) 東京都中央区八重洲1-2-1       | 03 (272) 3 4 7 1 日 石    |
| 株式会社 南 部 商 会    | (107) 東京都港区南青山1-1-1        | 03 (475) 1 5 3 1 日 石    |
| 日東石油販売株式会社      | (104) 東京都中央区新川2-8-3        | 03 (551) 6 1 0 1 シェル    |
| 日東商事株式会社        | (170) 東京都豊島区巢鴨3-39-4       | 03 (915) 7 1 5 1 昭 石    |
| 瀝青販売株式会社        | (103) 東京都中央区日本橋2-16-3      | 03 (271) 7 6 9 1 出 光    |
| 菱東石油販売株式会社      | (104) 東京都中央区八重洲2-7-16      | 03 (281) 2 0 3 0 三 石    |
| 菱洋通商株式会社        | (104) 東京都中央区銀座4-2-14       | 03 (564) 1 3 2 1 三 石    |
| 菱油販売株式会社        | (160) 東京都新宿区西新宿1-20-2      | 03 (348) 6 2 4 1 三 石    |
| 三徳商事(株)東京営業所    | (101) 東京都千代田区岩本町1-3-7      | 03 (861) 5 4 5 5 昭 石    |
| 株式会社 沢 田 商 行    | (104) 東京都中央区入船町1-7-2       | 03 (551) 7 1 3 1 丸 善    |
| 新日本商事株式会社       | (101) 東京都千代田区神田錦町2-7       | 03 (294) 3 9 6 1 昭 石    |
| 昭和石油アスファルト株式会社  | (140) 東京都品川区南大井1-7-4       | 03 (761) 4 2 7 1 昭 石    |
| 住商石油株式会社        | (160-91)東京都新宿区西新宿2-6-1     | 03 (344) 6 3 1 1 出 光    |
| 大洋商運株式会社        | (103) 東京都中央区日本橋本町3-7       | 03 (245) 1 6 3 2 三 石    |
| 竹中産業株式会社        | (101) 東京都千代田区鍛冶町1-5-5      | 03 (251) 0 1 8 5 シェル    |
| 東光商事株式会社        | (104) 東京都中央区京橋1-6          | 03 (274) 2 7 5 1 三 石    |
| 株式会社 ト ア ス      | (100) 東京都千代田区内幸町2-1-1      | 03 (501) 7 0 8 1 共 石    |
| 東京富士興産販売株式会社    | (105) 東京都港区虎ノ門1-13-4       | 03 (591) 3 4 0 1 日 ア ス  |

社団法人 日本アスファルト協会 会員

| 社 名             | 住 所                      | 電 話                     |
|-----------------|--------------------------|-------------------------|
| 東京レキセイ株式会社      | (150) 東京都渋谷区恵比寿南2-3-15   | 03 (719) 0 3 4 5 日 アス   |
| 東生商事株式会社        | (150) 東京都渋谷区渋谷町2-19-18   | 03 (409) 3 8 0 1 三共・出光  |
| 東新瀝青株式会社        | (103) 東京都中央区日本橋2-13-5    | 03 (273) 3 5 5 1 日 石    |
| 東洋国際石油株式会社      | (104) 東京都中央区八丁堀3-3-5     | 03 (552) 8 1 5 1 日 アス   |
| 東和産業株式会社        | (174) 東京都板橋区坂下3-29-11    | 03 (968) 3 1 0 1 共 石    |
| 梅本石油株式会社        | (162) 東京都新宿区新小川町2-10     | 03 (269) 7 5 4 1 丸 善    |
| 宇野建材株式会社        | (241) 横浜市旭区笹野台168-4      | 045 (391) 6 1 8 1 三 石   |
| ユニ石油株式会社        | (100) 東京都千代田区霞ヶ関1-4-1    | 03 (503) 4 0 2 1 シェル    |
| 渡辺油化興業株式会社      | (107) 東京都港区赤坂3-21-21     | 03 (582) 6 4 1 1 昭 石    |
| 横浜米油株式会社        | (220) 横浜市西区高島2-12-12     | 045 (441) 9 3 3 1 エッソ   |
| ● 中 部           |                          |                         |
| アサヒレキセイ(株)名古屋支店 | (466) 名古屋市昭和区塩付通4-9      | 052 (851) 1 1 1 1 日 アス  |
| 丸 福 石 油         | (933) 富山県高岡市美幸町2-1-28    | 0766 ( 22) 2 8 6 0 シェル  |
| 松村物産株式会社        | (920) 石川県金沢市広岡町ト25       | 0762 ( 21) 6 1 2 1 三 石  |
| 三谷商事株式会社        | (910) 福井市中央3-1-5         | 0776 ( 20) 3 1 1 1 モービル |
| 名古屋富士興産販売(株)    | (451) 名古屋市西区庭町2-38       | 052 (521) 9 3 9 1 日 アス  |
| 中西瀝青(株)名古屋営業所   | (460) 名古屋市中区錦町1-20-6     | 052 (211) 5 0 1 1 日 石   |
| 三徳商事(株)名古屋営業所   | (453) 名古屋市中村区則武1-10-6    | 052 (452) 2 7 8 1 昭 石   |
| 株式会社 三 油 商 会    | (460) 名古屋市中区丸の内2-1-5     | 52 (231) 7 7 2 1 日 アス   |
| 株式会社 沢 田 商 行    | (454) 名古屋市中川区富川町1-1      | 052 (361) 7 1 5 1 丸 善   |
| 新東亜交易(株)名古屋支店   | (450) 名古屋市中村区名駅3-28-12   | 052 (561) 3 5 1 4 三 石   |
| 静岡鉱油株式会社        | (424) 静岡県清水市袖師町1575      | 0543 ( 66) 1 1 9 5 モービル |
| 竹中産業(株)福井営業所    | (910) 福井市大手2-4-26        | 0776 ( 22) 1 5 6 5 シェル  |
| 株式会社 田 中 石 油 店  | (910) 福井市毛矢2-9-1         | 0776 ( 35) 1 7 2 1 昭 石  |
| ● 近 畿           |                          |                         |
| 赤馬瀝青工業株式会社      | (531) 大阪市大淀区中津3-10-4-304 | 06 (374) 2 2 7 1 モービル   |
| アサヒレキセイ(株)大阪支店  | (550) 大阪市西区南堀江4-17-18    | 06 (538) 2 7 3 1 日 アス   |
| 千代田瀝青株式会社       | (530) 大阪市北区東天満2-8-8      | 06 (358) 5 5 3 1 三 石    |
| 富士アスファルト販売株式会社  | (550) 大阪市西区京町堀3-20       | 06 (441) 5 1 5 9 日 アス   |
| 平井商事株式会社        | (542) 大阪市南区長堀橋筋1-43      | 06 (252) 5 8 5 6 日 アス   |
| 木曾通産(株)大阪支店     | (550) 大阪市西区九条南4-11-12    | 06 (581) 7 2 1 6 日 アス   |
| 北坂石油株式会社        | (590) 大阪府堺市戒島町5丁32       | 0722 ( 32) 6 5 8 5 シェル  |
| 株式会社 松 宮 物 産    | (522) 滋賀県彦根市幸町32         | 07492 ( 3 ) 1 6 0 8 シェル |
| 丸和鉱油株式会社        | (532) 大阪市淀川区塚本2-14-17    | 06 (301) 8 0 7 3 丸 善    |
| 三菱商事(株)大阪支社     | (530) 大阪市北区堂島浜通1-15-1    | 06 (343) 1 1 1 1 三 石    |
| 株式会社 ナ カ ム ラ    | (670) 姫路市国府寺町甲14         | 0792 ( 85) 2 5 5 1 共 石  |
| 中西瀝青(株)大阪営業所    | (532) 大阪市淀川区西中島3-18-21   | 06 (303) 0 2 0 1 日 石    |
| 大阪アスファルト株式会社    | (531) 大阪市大淀区豊崎5-8-2      | 06 (372) 0 0 3 1 日 アス   |
| 株式会社 菱 芳 硫 産    | (671-11) 姫路市広畑区西夢前台7-140 | 0792 ( 39) 1 3 4 4 共 石  |
| 菱油販売(株)大阪支店     | (550) 大阪市西区新町1-4-26      | 06 (534) 0 1 4 1 三 石    |
| 三徳商事株式会社        | (532) 大阪市淀川区新高4-1-3      | 06 (394) 1 5 5 1 昭 石    |
| (株)沢田商行大阪支店     | (542) 大阪市南区鰻谷西之町50       | 06 (251) 1 9 2 2 丸 善    |
| 正興産業株式会社        | (662) 兵庫県西宮市久保町2-1       | 0793 ( 34) 3 3 2 3 三 石  |
| (株)シェル石油大阪発売所   | (530) 大阪市北区堂島浜通1-2-6     | 06 (343) 0 4 4 1 シェル    |
| 梅本石油(株)大阪営業所    | (550) 大阪市西区新町1-12-23     | 06 (351) 9 0 6 4 丸 善    |

社団法人 日本アスファルト協会 会員

| 社 名                 | 住 所                      | 電 話                 |
|---------------------|--------------------------|---------------------|
| 山 文 商 事 株 式 会 社     | (550) 大阪市西区土佐堀通1-13      | 06 (443) 1131 日 石   |
| 横 田 瀝 青 興 業 株 式 会 社 | (672) 姫路市飾磨区南細江995       | 0792 (33) 0555 共 石  |
| アサヒレキセイ(株)広島支店      | (730) 広島市田中町5-9          | 0822 (44) 6262 日 アス |
| 富 士 商 株 式 会 社       | (756) 山口県小野田市稲荷町6539     | 08368 (3) 3210 シェル  |
| 共 和 産 業 株 式 会 社     | (700) 岡山県岡山市蕃山町3-10      | 0862 (33) 1500 共 石  |
| 中国富士アスファルト株式会社      | (711) 岡山県倉敷市児島味野浜の宮4051  | 0864 (73) 0350 日 アス |
| ● 四 国 ・ 九 州         |                          |                     |
| アサヒレキセイ(株)九州支店      | (810) 福岡市中央区鳥飼1-3-52     | 092 (77) 7436 日 アス  |
| 畑 礦 油 株 式 会 社       | (804) 北九州市戸畑区牧山新町1-40    | 093 (871) 3625 丸 善  |
| 平 和 石 油 (株) 高松支店    | (760) 高松市番町5-6-26        | 0878 (31) 7255 シェル  |
| 今 別 府 産 業 株 式 会 社   | (890) 鹿児島市新栄町15-7        | 0992 (56) 4111 共 石  |
| 入 交 産 業 株 式 会 社     | (780) 高知市大川筋1-1-1        | 0888 (22) 2141 シェル  |
| 伊 藤 忠 燃 料 (株) 福岡支店  | (812) 福岡市博多区博多駅前3-2-8    | 092 (444) 8353 共 石  |
| 株式会社 カ ン ダ          | (892) 鹿児島市住吉町1-3         | 0992 (24) 5111 シェル  |
| 丸 菱 株 式 会 社         | (812) 福岡市博多区博多駅前1-9-3    | 092 (43) 7561 シェル   |
| 中 西 瀝 青 (株) 福岡出張所   | (810) 福岡市中央区天神4-1-18     | 092 (771) 6881 日 石  |
| (株) 南部商会福岡出張所       | (810) 福岡市中央区舞鶴1-1-5      | 092 (721) 4838 日 石  |
| 西 岡 商 事 株 式 会 社     | (764) 香川県仲多度郡多度津町新町125-2 | 08773 (3) 1001 三 石  |
| 菱 油 販 売 (株) 九州支店    | (805) 北九州市八幡東区山王1-17-11  | 093 (661) 4868 三 石  |
| 三 協 商 事 株 式 会 社     | (770) 徳島市万代町5-8          | 0886 (53) 5131 日 アス |
| 三 陽 アスファルト株式会社      | (815) 福岡市南区上盤瀬町55        | 092 (541) 7615 日 アス |
| (株) シェル石油徳島発売所      | (770) 徳島市中州町3-5-1        | 0886 (22) 0201 シェル  |

| 編集顧問    | 編集委員      | 編集幹事    |
|---------|-----------|---------|
| 多 田 宏 行 | 阿 部 頼 政   | 阿 部 忠 行 |
| 萩 原 浩   | 中 山 才 祐   | 酒 井 敏 雄 |
| 松 野 三 朗 | 飯 島 尚     | 荒 井 孝 雄 |
|         | 南 雲 貞 夫   | 真 山 治 信 |
|         | 石 動 谷 英 二 | 安 崎 裕   |
|         | 藤 井 治 芳   | 関 根 幸 生 |
|         | 河 野 宏     | 太 田 健 二 |
|         | 真 柴 和 昌   | 戸 田 透   |
|         | 曾 我 野 慶   | 岡 村 真   |
|         |           | 林 誠 之   |

アスファルト 第125号

昭和55年9月発行

社団法人 日本アスファルト協会

〒105 東京都港区虎ノ門2-6-7 TEL 03-502-3956

本誌広告一手取扱 株式会社 広業社

〒104 東京都中央区銀座8-2-9 TEL 03-571-0997(代)

ASPHALT

Vol. 23 No. 125 SEPTEMBER 1980

Published by

THE JAPAN ASPHALT ASSOCIATION