

アスファルト

第5巻 第24号 昭和37年2月4日 発行

ASPHALT



社団法人 日本アスファルト協会

ASPHALT

目 次 第 24 号

アスファルトコンクリートの砂利当量.....	西川栄三	2
骨材の諸性質 連載第2回	岡田富男	5
金崎健児		
Introduction to Asphalt 連載第11回.....	大島秀信	11
アスファルトの附着性について 連載第1回	C・D・ハリス 有福武治	19
欧米40日の旅 第2回・デンマーク オランダの巻.....	工藤忠夫	22

読者の皆様へ

“アスファルト”第24号、只今お手許にお届け申し上げました。

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

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

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

社団法人 日本アスファルト協会

ASPHALT

VOL. 5, No. 24 Feb, 4. 1962

Published by

THE JAPAN ASPHALT ASSOCIATION

Editor • Isamu Nambu

◎アスファルト・コンクリートの砂利当量

筆 者 マルチン・エクゼ

訳 者 西 川 栄 三

1. 概説

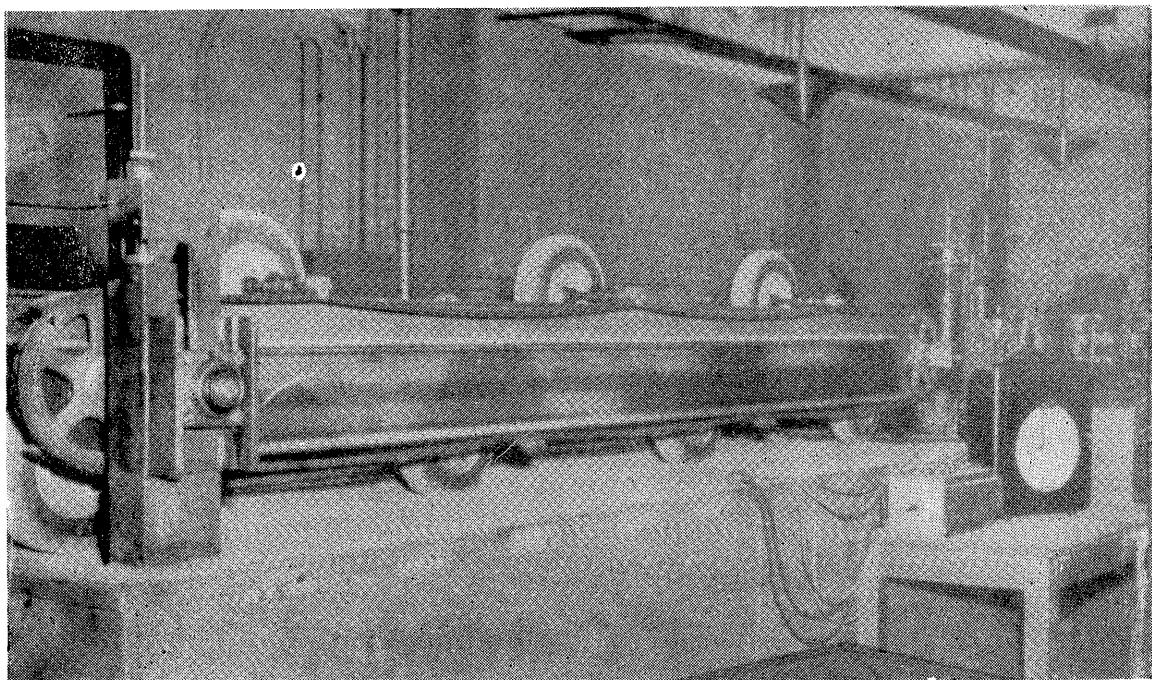
1961年10月発行のアスファルト・インスチチュート(米国)の季刊紙(Quarterly)に、"On the Right Track — The University of Washington Studies Seek Gravel Equivalence of ASPHALT CONCRETE"なる題目の下に、マルチン・エクゼ(Martin Ekse)が、アスファルト・コンクリートの砂利当量について、その所説を掲げている。下記は、その訳文であるが、訳文の表題は、原文の内容が分り易いように、訳者がつけたものである。

筆者マルチン・エクゼは、1948年以来、ワシントン大学の土木工学科の教授をつとめている。この期間における彼の研究興味は、主として、道路材料の分野と道路コストの賦課に関する研究とにあった。彼は、1948年以前、南ダコタ州道路局に9年を、同州における合衆国ソイルズ・コンザベーション・サービス(the United States Soil Conservation Service)に2年を過ごしている。

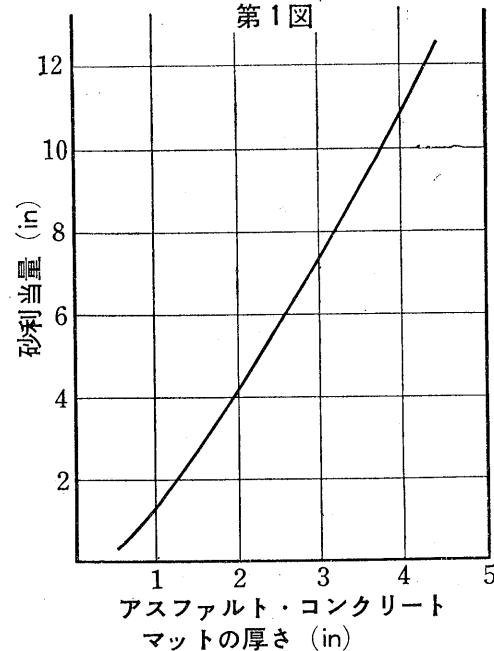
※ ※ ※ ※ ※

過去数年間、ワシントン大学土木工学科(Civil Engineering Department)では、室内モデル試験トラックを用いて、一連の研究を行ってきた。その目的は、アスファルト舗装マット(Asphalt paving mat)の撓み強度(Flexural strength)を評価しようとしたもので、フィラー(Mineral filler)のいろいろの種類およびその配合量が、舗装マットの撓み強度および温度感受性(Temperature susceptibility)に及ぼす影響を確かめるために、互に密接な関連をもつ多くの研究を行なっている。この研究に対して、アスファルト・インスチチュートは、毎年\$1500の補助金を支出して、これを助成して来た。

試験トラック(Test track)は、車輪—車軸—装置(Wheel-and axle assemblies)7組と冷凍タンク1個とより成るもので、冷凍タンクは、長さ約12 ft(約3.6m)横断面形状寸法は3 ft平方(約0.9m平方)で、その中に土壤路盤(Soil subgrade)および舗装セクションを造る。土壤は、含水量(Moisture)および密度(Density)を十分に調整した状態の下に、第3図に示したように、



第1図



タンク中に詰める。路盤の表面と同じ高さに、標定した圧力セル (Calibrated pressure cells) 幾個かを据え、その上を砂で被覆して、各圧力セルに、均等に圧力が分布されるように図る。最後に、路盤上に舗装を築造する。路盤上の舗装は、破碎砂利基層 (Crushed gravel base course) とアスファルト・コンクリート・マットとより成る。

各々の車輪一車軸装置は、一定の接触面積 (Contact area), タイヤー圧力 (Tire pressure) および輪荷重 (Wheel loads) を保つように調節する。荷重は、タンクの4隅にある圧縮スプリング (Compression springs) を通じて車輪にかける。車輪の運転の速さ (Operating speed of wheels) は、0ないし5 ft/sec (0~1.52 m/sec) であった。

上記の室内モデル・トラックを用いて、過去数年間に亘って、ワシントン大学で行なった試験の結果は、アスファルト・コンクリート舗装に対して、「砂利当量」 (Gravel equivalence) なるものを考へ得ることを明示している。その砂利当量により、アスファルト・コンクリート舗装の撓み強度をも評価し得るし、また、これを設計にも利用し得る。

なお、一層厚いアスファルト舗装マットを推奨する声や、現代道路および空港舗装に必要な重交通用舗装構造に対して、アスファルト処理基層の使用を奨励する声が、次第に高まることを、多くの証左が裏書きしている。

2. フィラーの役目

われわれの行った試験は、アスファルト舗装マットおよび、アスファルト処理基層 (Asphalt-treated bases) の安定度および撓み強度を増大するために、鉱物性フィラーが重要な役目を演ずることを、終に確めている。しかもこれらフィラーは、広い温度範囲に亘って、安定度および強度を保持させる傾向をもっている。

また、厚いアスファルト・コンクリート・マットおよびアスファルト処理基層が、舗装の全厚を軽減するという観点から、特に有利なことを考えて見ることも興味がある。舗装構造に必要な全厚の軽減は、道路用骨材の一大節約を意味するものである。ある地方、ことに、ある建設現場附近においては、骨材の供給不足が、既に限界点に達している。

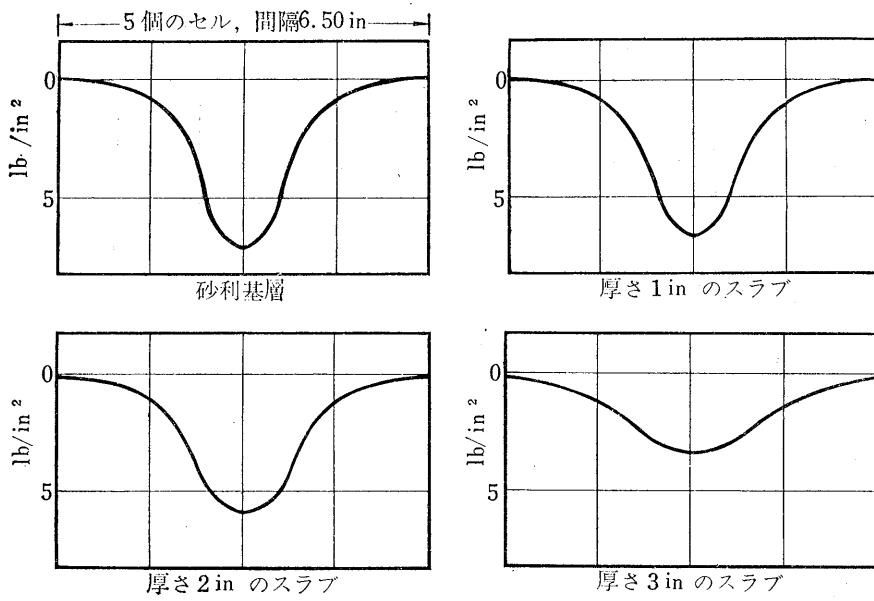
マーシャル安定度が1800~2400 lb (810~1080 kg) フロー (Flow) が10~15のアスファルト・コンクリート舗装マットに対して、特別な装置を用いて、一連の広範な試験が施行された。これらのマットは、理論最大密度 (Theoretical maximum density, 舗装空隙が0の場合の

密度) の93~95%程度の密度に達するまで締固めたもので、厚さはいろいろで0~4 in (0~10.16cm) であり、砂利基層上に舗設され、舗装構造の全厚を、6 in (15.2 cm) の一定厚に保持し、輪荷重を調節し易くしたものである。舗装面には、500 lb の輪荷重 (Wheel load) を速さ約3 ft/sec (0.9 m/sec) タイヤー圧力40 lb/in² (約2.8kg/cm²) の条件の下にかけ、埋設圧力セルの示す圧力の読みが安定するまで載荷をつづけ、各セルの示す圧力の強さを記録した。

3. 舗装マットは荷重を分担する

第2図に、代表的結果を示してある。厚さ3 in (7.62 cm) のアスファルト・マットと厚さ3 in (7.62cm) の基層とを用いた場合に、路盤に及ぼす最大圧力強さ (Maximum pressure intensity) は、厚さ6 in (15.24cm) の基層のみを用いた (全然アスファルト・マットを用いない) 場合の約半分である。4 in (10.16cm) のアスファルト・マットおよび2 in (5.08cm) の基層を用いれば、路盤上に殆んど均等に圧力を分担させることができると、この厚さの舗装マットの撓み強度測定に充分な程度まで輪荷重を増大させることができなかった。然し、これらのデータは、舗装マットが、輪荷重を、土壤の広い支持面積に分担させることを、強力に証明している。

これらの試験から得た夥しいデータにより、アスファルト舗装マットの強さ (Strength) 即ち荷重負担能力 (Load carrying capacity) を、砂利当量 (Gravel equivalent) で表わすことが可能となった。例えば、移動輪荷重 (Moving wheel load) を路盤土壤の上に分担させるのに、厚さ2 in (5.08 cm) のアスファルト・マットは厚さ4.5 in (11.43cm) の破碎砂利基層と同効果を示し、同様に、厚さ3 in (7.62cm) のマットは、厚さ7.5 in (19.05cm) の砂利基層に相当する。また、撓み強度に



第2図 荷重 500 lb の下に於ける圧力分布, 但し, 温度は 70°F (21.1°C), 圧力分布は層厚の影響を受ける

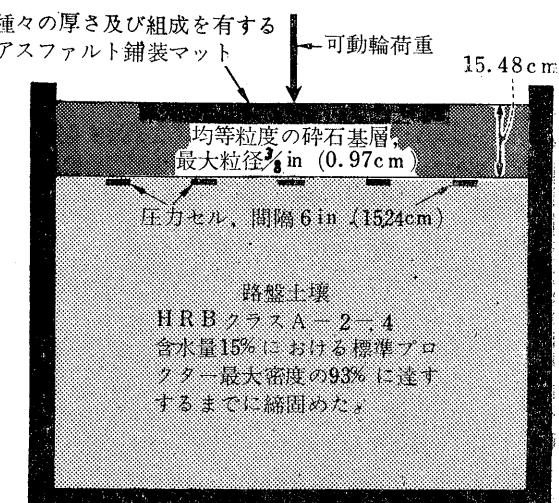
おいては, 厚さ 1 in (2.54cm) の舗装マットが, 厚さ 1.5 in (3.81cm) の破碎砂利基層に相当する。

数年前のWASHO (Washington Association of State Highway Officials) 道路試験によれば, 厚さ 4 in (10.16cm) のアスファルト・コンクリート表層を有する舗装は, 厚さ 2 in (5.08cm) のアスファルト・コンクリート表層しか有せず, その全厚が 4~9 in (10.16~22.86cm) の舗装と, 荷重負担能力 (Load bearing capacity) は同等であることを示している。(1956年1月のアスファルト・インスチチュート季刊紙参照) 砂利基層の締固め後の厚さ 4~9 in の平均値を 6.5 in (16.51cm) とし厚さ 2 in (5.08cm) のアスファルト・コンクリート表層に対する砂利当量を 4.5 in (11.43cm) として, この両者を加えると約 11 in (27.94cm) となる。従って厚さ 4 in (10.16cm) のアスファルト・コンクリート舗装の砂利当量は約 11 in (27.94cm) ということになる。これらのデータは, 第1図に示してある。

しかし, 第1図に示した砂利当量は, 暫定的のものである。——何となれば, これらの試験結果は, 限られた輪荷重を用いて行った室内試験に基くものだからである。AASHO (American Association of State Highway Officials) が最近完成した道路試験の結果は, 上記の室内実験データを確認し, 或いはこれを修正して, もっと厚い舗装マットの相対的荷重負担能力 (Comparative load-carrying capacity) の価値を認識するのに役立つであろう。

砂利当量を表示すれば, 凡そ次のようになる。

1 in	アスファルト・コンクリート	= 1.5 in	破碎砂利
2 in	"	= 4.5 in	" "
3 in	"	= 7.5 in	" "
4 in	"	= 11.5 in	" "



第3図 実験室内試験道路の横断面, 一般構造を示す

4. フィラーの効果

ワシントン大学およびその他の機関におけるその後の研究によれば, アスファルト・コンクリート合材中のフィラーは, 舗装マットの撓み強度 (Flexural strength) の増加および合材の温度感受性 (Temperature susceptibility) の低減に有効である。石灰岩粉末 (Limestone dust) およびボルトランド・セメントをフィラーとする場合, フィラー: アスファルトの重量比 (Filler-asphalt ratio by weight) の最適値は, 1.25~1.75である。
(昭和36年12月脱稿)

骨材の諸性質

瀝青混合物の骨材について

その2

岡田富男 金崎健児

I 骨材の附着性に関する諸学説

前節では、骨材の諸性質について概説したが、これらの知識をもとにして道路工学の立場から最も関心をもたれる骨材の附着性を、節をあらためて詳しくのべてみよう。

いうまでもなく瀝青混合物にとって、もっとも厄介な存在は水であり、結合材と骨材両者の附着性も、耐水抵抗という形で論議されるのが普通である。瀝青被覆骨材の耐水抵抗性に関しては、少くとも3つの学説がある。すなわち、

1. 化学反応に基く学説で、これによると瀝青物質中の酸性成分が塩基性鉱物と反応して水に不溶の化合物を作るのだと説明される。

2. 機械論的な学説で、骨材の表面全体の粗密さによる影響を重視する。

3. 表面エネルギー的な考え方で、附着現象を骨材と瀝青材の界面エネルギーの観点から説明する。

もしこのうちで妥当な学説があるとすれば、瀝青被覆骨材の耐水性に影響を与える岩石の性状にもとづいて、骨材の分類が可能であるだろうが、いまだに系統的な分類がなされえないことは、いづれの学説も充分とは言い難いことを示す証拠であろう。

ここにのべた学説のほかにも、水の存在下で瀝青物質と骨材間の附着力を任意に測定し、一貫性のない資料にもとづいて出されたいいくつかの学説があり、この問題をますます複雑にしている。これらの試験からえられた結

第4表 岩石の化学的組成(その1)

成 分	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	H ₂ O	CO ₂
火 成 岩										
花崗岩										
花崗岩	68.3	14.8	1.3	2.7	0.8	2.3	2.7	5.0	1.1	—
閃長石	64.7	10.5	1.1	7.4	5.2	3.1	2.2	3.6	0.9	—
花崗閃綠岩	59.9	16.4	3.0	3.7	3.1	6.3	4.1	2.5	1.1	—
石英閃綠岩	46.5	13.3	2.6	7.2	7.3	8.2	1.7	1.7	3.7	—
閃綠岩	52.1	16.4	3.7	6.0	4.1	7.3	3.7	2.3	1.1	—
飛白岩	44.9	15.4	2.3	12.4	10.9	7.5	3.0	0.5	0.8	—
橄欖飛白岩	49.8	18.6	2.1	8.4	5.8	9.7	2.6	0.7	1.0	—
花崗斑岩	73.5	13.7	1.2	0.7	0.4	1.2	4.4	4.5	0.4	—
閃長斑岩	64.5	16.8	2.1	1.0	0.6	1.4	6.1	5.7	0.8	—
輝綠岩	48.9	20.9	2.0	9.4	4.4	8.0	3.1	1.8	1.2	—
流紋岩	74.3	12.9	0.8	0.5	0.9	0.9	2.5	4.7	2.1	—
粗面岩	66.0	18.5	2.2	0.2	0.4	1.0	5.2	5.9	0.9	—
英閃安山岩	65.7	15.6	2.1	2.1	2.5	3.6	3.7	2.0	1.1	—
安山岩	61.4	16.6	2.1	3.1	2.7	6.2	3.8	1.3	1.7	—
斜輝安山岩	63.5	12.4	6.4	1.3	1.3	4.2	4.9	1.8	2.9	—
玄武岩	51.7	17.9	7.2	1.0	2.8	6.9	4.2	1.6	1.2	—
橄欖玄武岩	49.9	15.2	1.7	10.5	6.3	9.4	3.1	0.9	0.2	—
黒曜石	73.5	12.9	0.4	0.4	0.2	0.6	4.4	4.3	3.5	—
軽石	68.6	14.2	1.4	1.5	0.8	2.4	5.2	2.5	3.3	—
火山灰	64.5	14.7	2.7	0.8	0.3	4.0	2.6	3.3	5.7	—
凝灰岩	31.4	11.6	2.4	7.5	5.3	16.7	2.3	0.7	4.9	—
角礫石	46.7	12.8	0.5	—	2.6	5.4	3.7	6.9	1.2	—

第4表 岩石の化学的組成(その2)

岩石	成分	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	H ₂ O	CO ₂
変成岩											
石英岩	74.2	10.6	7.5	0.9	1.5	0.6	2.1	1.1	1.8	—	—
長石英岩	73.7	11.1	7.2	0.8	1.5	0.4	1.7	1.7	—	—	—
黒母英岩	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
片麻岩	70.2	13.9	1.1	3.1	1.3	3.1	3.3	2.7	0.7	—	—
角閃片麻岩	48.7	14.4	4.0	10.1	6.3	9.2	2.3	0.5	2.5	—	—
花崗片麻岩	66.9	14.9	0.9	3.4	0.3	1.2	5.6	5.0	0.5	—	—
石英片麻岩	76.9	12.1	1.2	1.4	1.9	0.4	5.3	T.R.	0.5	—	—
黒雲母片麻岩	67.7	16.6	2.1	2.0	1.3	1.9	4.4	2.4	1.7	—	—
雲母片麻岩	58.8	17.2	5.2	4.0	0.9	0.6	5.7	5.4	1.1	—	—
片岩	59.3	19.5	1.8	5.7	1.8	1.2	1.3	3.3	4.2	—	—
角閃岩	50.3	14.1	7.0	5.3	7.2	8.1	4.0	2.3	1.6	—	—
黒雲母	62.4	17.4	1.0	7.1	2.1	0.5	0.7	4.1	3.1	—	—
絹雲母	57.2	23.5	3.2	4.9	0.9	0.1	1.2	3.6	5.0	—	—
雲母岩	64.7	16.3	1.8	3.8	2.9	0.1	0.1	5.6	3.1	—	—
粘板岩	61.6	16.3	4.1	2.7	2.9	0.5	1.3	5.5	2.6	—	—
石灰粘板岩	50.9	14.1	—	9.9	8.7	8.7	—	0.9	3.4	—	—
硅石岩	78.9	—	13.9	1.2	0.2	0.8	—	—	—	—	—
大理石	—	0.2	0.2	—	21.4	30.9	CO ₂ =46.7	—	—	—	—
白云大理石	—	—	0.2	—	20.7	30.7	CO ₂ =46.7	—	—	—	—
角閃石	48.5	16.4	2.0	10.5	9.7	9.8	1.4	0.3	0.8	—	—
蛇紋岩	40.0	1.4	—	3.4	39.2	—	—	—	12.1	—	—
滑石岩	53.3	4.4	5.8	1.0	29.9	1.5	1.5	1.5	2.6	—	—

果は、ほとんど実用性能と関係のないものが多く、正当な試験法とは考えられない。しかしながら、附着の問題を解明する上に不可欠な骨材の諸性質を評価する手法の確立には、是非とも論理的な学説が必要であり、この意味で前記3学説を参考までに概説することにした。

2. 1. 化学反応学説

Riedel²⁰⁾によると、或固体が液体で潤滑されたときには、吸着物質と固相の間には化学反応が起き、その結果吸着という現象が起るのだと説明される。したがって固体に対してよい附着性を示す油の場合は、その油が酸または極性物質をふくみ、このものが界面で水に不溶性の反応生成物をつくらねばならぬことになる。またこのような考え方では、石英のごとき酸性の石は、酸性油とは反応せず、塩基性物質を多量にふくむ骨材は「疎水性」ということになる。Riedelはこの酸性岩、塩基性岩の区別について「酸の塩基に対する比が1よりも大きいときには、骨材は親水性であり、瀝青舗装の骨材としては適さない」といっている。ここでいう酸とは、化学的組成の項でのべたように SiO₂、CO₂、である。それゆえ、これらの酸化物を50%以上ふくんでいるすべての岩

石は親水性として区別されることになる。第4表に岩石の化学分析の例を示したが、これからみると64ヶの岩石のうち半分以上が親水性として分類される。ところがこのような分類規準は、化学的組成の項でのべたような、一般に広くうけ入れられている分類法とは一致しない。また酸化物の分析にもとづいて考えられる総括酸度(over-all acidity)も、ほとんどの岩石が、それぞれ酸度の異った鉱物の組合せで出来ており、かつこれらの鉱物が水に対してもちがった親和性を示すという事実を、なんら裏付けない。

その一例として、Pauls²¹⁾は、一般によくしられている石灰岩の薄膜維持性が、そこに存在する不純物のタイプや量によって左右される事実をあげている。一方Douglas¹⁶⁾は、実際には、全ての骨材がアルカリ反応を与えること、

および、この性質は、ほとんど同じであることなどを指摘し、「酸性」とか「塩基性」とかいう分類は、地質学的なものであっても、化学反応性を示唆するものではないとのべている。

この化学反応学説は、また Oberbach²²⁾によっても、批判されている。彼の論拠は、結合材と、骨材の間の直

第4表 岩石の化学的組成(その3)

成分	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	H ₂ O ₃	CO ₂
水成岩										
礫石	59.2	19.2	Tr.	6.5	2.5	1.1	1.6	5.4	2.2	—
砂岩	76.1	8.7	—	3.5	4.3	1.3	1.1	0.5	1.7	—
陶土岩	75.5	14.8	6.4	6.4	—	—	—	—	2.0	—
石灰岩	54.2	7.4	0.5	1.4	3.3	14.6	1.7	1.7	1.5	—
長石砂岩	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
鉄性砂岩	49.8	5.2	29.2	0.4	1.0	2.4	0.8	0.5	10.4	—
頁岩	53.3	22.4	6.6	6.6	2.1	0.5	1.1	7.4	4.1	—
灰頁岩	37.9	7.0	1.0	0.5	12.4	13.3	1.2	2.0	1.7	—
黒硅石	98.2	0.8	0.8	—	—	—	—	—	—	41.6
石灰岩	3.7	1.0	0.4	—	1.2	51.3	—	—	—	—
陶土石灰岩	17.0	6.9	2.1	—	2.2	31.5	—	—	—	32.9
白云石石灰岩	16.2	3.2	0.9	—	MgCO ₃ =36.0	CaCO ₃ =54.5	—	—	—	CaCO ₃ =54.5
鉄性石灰岩	28.8	1.3	1.0	37.4	3.6 0.7	— —	—	0.7	—	CaCO ₃
硅質石灰岩	27.5	1.7	2.0	—	MgCO ₃ =0.3	CaCO ₃ =63.8	1.9	—	—	=63.8
石灰岩	0.3	0.3	0.3	—	MgCO ₃ =0.4	CaCO ₃ =99.0	—	—	—	CaCO ₃ =99.0
白雲石	0.1	0.1	—	0.3	21.2 30.6	— —	—	0.2	—	46.9
陶土白雲石	2.4	—	1.3	—	MgCO ₃ =41.1	CaCO ₃ =51.1	—	—	—	—
硅質白雲石	8.3	1.8	0.2	1.1	16.7 29.0	0.1 1.1	—	0.4	—	41.6

接の化学的な結合が、いまだかつて実証されないという点にある。Winterkorn¹²⁾なども、普通の瀝青物質を用いると、いわゆる親水性といわれる骨材の方によりよく附着する事実をあげているが、彼はこの学説の必要なことを暗に認めているようである。

一方 Hallberg¹⁹⁾は結合材と骨材の界面に化学反応によって作られる強い結合のあることを述べているが、彼も SiO₂ 含有量の大小で酸度をあらわすような学説は承認していない。そして彼は『統計的に言えば、酸性岩は多分附着性において、塩基性岩のそれより劣っているだろうが、このことは酸性岩が SiO₂ を多く含んでいることに原因するものではない。なぜならば、現実に純粹な石英はむしろよい附着性を与えるからである。』と説いている。

この学説を支持する学者の中には反応を起す物質を具体的に述べている人もいる。たとえば Spielman¹⁷⁾のように、瀝青物質の石英に対する附着現象は当然、石英中の硅酸と、瀝青中の塩基性窒素化合物との間の結合によるものだと考えている。

このような学説が出された最も一般的な理由は、酸性岩が塩基性岩よりも容易に剝離を起す傾向があるという

観察や、塩基性の添加剤が酸性岩に対してかなり有効であり、また同様に酸性添加剤が塩基性岩に対して効果的であるという事実であろう。

2. 2. 機械論的学説

この学説によれば、岩石の表面組織が、瀝青物質との附着を左右する決定的な因子だと考えられる。

岩石の表面組織は、そのものの鉱物学的、あるいは、化学的な組成と密接な関係にあるため、つまりところ、岩石の附着性は、そのものの組成できめられるということになる。このような学説を導くために Oberbach や Knight²³⁾らは切裁して磨き上げた数種の石の表面で附着試験を行っている。また Emori²⁴⁾は瀝青物質と石灰石粉の間のすぐれた附着力は、石英石粉の不規則な形や凹凸の粗面に原因していると考え、石英粉のような滑かな表面をもったものは、あまりよい附着性を示さないと説明している。当然のことながら、滑かな表面をもつ粒子は粗なものよりも少量の瀝青物質で容易に濡ることが出来る。

鋭い稜角をもった粒子を一様な厚さで被覆することは、きわめて困難であり、稜角のところの薄い膜はどう

しても耐水性が低下してくる。Leroux²⁵⁾は水が骨材と結合材の界面へ滲透するのは表面の不規則性で、ある程度おさえることができ、かつ表面積が大きいということは剝離が起きた場合にも抵抗値が大きいだろうと考えている。また個々の結晶面の大きさも重要な因子である。

Lee²⁶⁾は一度移動をはじめた結合材は、粗な組織をもつ石の大きな結晶面では急速にうごくが、結晶面が小さくなると緩慢にしうごかないこと、つまり硬い砂利のような滑らかな表面上では急速な移動が起ることを、発見している。また Knight²⁷⁾は滑らかな、あるいは、極めてこまかい結晶構造をもち、粒子の大きさが 0.2mm よりも大きいものは、附着性を増しにくいことを報告している。同時に彼は、附着性の立場から道路用骨材をつぎのように分類している。

- a) よい附着性を示すもの……結晶性の石灰石、白雲石、
- b) ややよい附着性を示すもの…花崗岩、閃緑岩、石英岩、砂岩、
- c) 悪い附着性を示すもの……滑かな、ないしは微細な結晶構造をもつ石、たとえば黒珪石

多孔性の骨材は一度アスファルトで濡らされると、普通は凝集力ともいべき機械的な inter lock 作用によってかなりよい附着性を示すものである。Pauls²⁸⁾は軟い石灰石や石灰岩などのように吸着性岩石は、瀝青物質の薄膜を非常によく保持し、いわゆるしっかりと被覆されることを指摘している。

一方 Tyler²⁷⁾は骨材の気孔率と、吸着能や剝離抵抗とが何の関係ももっていないことを報告している。彼は 0.89% の水分をふくむ密度の高い Blast-Furnace slag が 3.14% の水分をふくんだ多孔性の slag よりも、より大きな剝離抵抗を示すことを見出している。

多孔性の骨材はたいてい吸着水をふくんでおり、これは単なる乾燥操作だけでは取り除くことのむづかしいものである。このような残留水分が、そのまま加熱板やミキサーを経て、混合物中に入り、これが附着性を阻害したり、剝離を促進したりすることになる。

一部が水で満された粒状岩石と、結合材の理論的な毛管現象は、Hallberg によって取扱われており、彼は骨材中における被覆骨材の粒子間に生じた狭い穴に対して同じような因子を適用して考えることが出来ると言っている。この学説に従えば、塵芥被覆は附着性を左右する重要な因子であり、水密処理をおこなう場合には、とくに問題になるようである。このような芥が岩石上で乾燥し固い被覆膜を作り、附着性を著しく害することが Goldbeck²⁸⁾によって指摘されている。

2. 3. 界面エネルギー学説

この学説は、前記 2 つの学説にくらべてもっとも広く支持されているにもかかわらず、複雑かつ難解なものである。前節の表面エネルギーの項で、表面張力が表面エネルギーをあらわす一つの目安になると、および実際に表面張力が測られるのは、空気の存在下であるため、えられた値はその物質と空気の界面張力をあらわすものであることなどについて述べた。周知のごとく、厳密には表面張力は物質がそれ自身の蒸気と接触しているときの値をいうのである。

さて液体と固体が共存すれば、つぎにのべる 3 つのうち、必ず一つの状態をとることになる。

1. 液体が固体表面に全く広がらないか、あるいは濡さない場合。

2. 液体が固体表面を濡さずにおおう場合。

3. 液体が固体表面に拡がり、かつ濡す場合。

1. の好適な例としては、ガラス板上に水銀をおいた場合があげられよう。この場合は水銀中の凝集力の方が、水銀とガラス間の附着力より強いからだと説明される。2. の例としては、水で濡れた石を瀝青物質で覆う場合が考えられる。3. については、われわれの最も関心をもっている乾燥骨材を瀝青材で被覆する場合がこの中にふくまれる。ここでは湿濡、拡散、などの現象が起り、いわゆる附着力が問題となる。液体が容易に固体の上に拡がる場合は、液体の表面張力が、固体の表面張力よりも小さい場合であり、液体の表面張力が大きすぎるとき、液体は拡がりに反対して抵抗を示す。その反対に固体の表面張力が大きくなればなるほど、液体をその表面に拡がらせる傾向も大きくなる。

液体が固体の表面に拡がって濡すときは、両者の接面における表面エネルギーが減少し、新しい界面関係が作られる。このエネルギーの低下は一般に附着張力 (Adhesion tension) の仕事量と比例関係にあると考えられている。数学的には附着張力は、接面の表面エネルギーの総和にひとしく、いわゆる界面張力よりも小さい。したがって、附着張力は両者の吸引力の目安であり、界面張力は反撥力の目安であるとも考えられよう。

界面エネルギーの意義を理解するために、第 5 表に表面張力、界面張力、附着張力、の値を一括して示してみた。

もちろん、これだけでは詳細な解析を行うことは無理であろうが、附着現象の解明の手掛りはえることが出来るであろう。いまでもなく骨材は、その表面に存在する液体の中で最も大きい附着力を有するもので被覆される傾向を有している。第 5 表のデーターでは、一つの例外を除いて石に対する附着張力は、水の方がアスファル

トより大きくなっている。したがって、骨材—瀝青材の界面の存在する限り、水はビチューメンをおしのけて剝離させる傾向を示すことになる。この剝離ボテンシャルを相殺する一種の機械的因素があり、そのうちのあるものについてはすでに述べたとおりである。

これらのことからわかるように、この学説にもとづけば、瀝青物質の粘度は、附着を左右する最も重要な因子である。普通の道路表面温度では瀝青材の粘度は多分 8×10^5 ポアズぐらいの値を示すが、水の粘度は 20°C で 0.01 ポアズである。したがって、アスファルトのような粘稠な物質を、或現実的速度で押しのけるに要する力は、おそらく内在する界面エネルギーよりも大きいものだろうと推察される。

III 表面エネルギーの問題

今までのべてきたごとく、骨材の附着性に影響をおよぼす因子は数多くあり、これを一つの理論体系にまとめあげるために、いろいろな仮説が出されてきたわけである。しかしこの命題を研究するにあたって、基礎的に最も重要な問題は、なぜ骨材が水の存在下で瀝青物質に對して、それぞれ異なる附着性を示すか、ということである。剝離試験や、接触角実験ならびに附着試験などから、このような観察をえることはできても、この現象を明快に説明出来る理論を導くことは出来ない。

ところで、多孔質で粗雑な組織をもつ骨材がなぜ機械的な interlock を示すか、また、化学反応の結果生じるといわれる水不溶性化合物が、骨材と瀝青材の附着性を増し、剝離を防止するだろう、というようなことを理解することは、エンジニアにとって、さして困難なことではない。しかしながら概念的には両極端であるこの二つの事象の間には、一般のエンジニアにとって、なじみの薄い物理化学に関する知識を必要とする領域がある。以下にこのことを少しのべてみよう。

鉱物や岩石の表面に存在するエネルギーは、粒子間に働く結合エネルギーと同じようなものであるが、異なる点は、結晶内部ではそれらの力は平衡状態にあるのに反し、表面では一部満されてなく、自由になっていることである。これが表面エネルギーを与えるもとになっていふと考えられる。鉱物にとって重要な結合力は、つぎの 3 つのタイプのものである。強度の順に言うと、共有結合、イオン結合、ファンデルワールス結合となる。

これらの具体的な説明のために、いま石英の構造を書いてみる。石英は化学式として SiO_4 という形をもった硅素の酸化物から出来ている。硅素原子は正の 4 つの原子価を有しており、石英中では第 1 図に示すように対称的に 4 つの酸素原子で囲まれている。このような単位セ

第 5 表 各種張力値

物 質 名	張 力 値 (dyne/cm)	発 表 者
表 面 張 力		
水	72	
アスファルト	26~39	Mack
"	23~34	Spielman
"	26	Thelen
"	21~37	Abraham
岩石、鉱物	28~73	
界 面 張 力		
アスファルト—水	23.6	Ebberts
"	30±5	Thelen
"	16~17	Abraham
石英—水	0	Thelen
石英—アスファルト	17±3	Thelen
ガラスター	18.5	Lee
附 着 張 力		
石灰石—アスファルト	21~26	Ebberts
スラッグ—アスファルト	23~26	Ebberts
砂—アスファルト	22~30	Spielman
砂—タル	40.5	Spielman
石英—アスファルト	75	Thelen
岩石—アスファルト	0~13	Hallberg
スラッグ—水	63~68	Ebberts
珪砂—水	83	Nicholson

ルのタイプを、四面体 (Tetrahedron) と呼ぶ。硅素のおのの正原子価は各酸素原子と、1 ケの共有結合で結ばれている。しかし、おののの酸素原子は 2 価であり、したがって 1 ケの負の原子価は正原子やイオンに対しての吸引力となってあらわれる。そしてこれらの原子価は、隣接した硅素四面体が第 2 図に示されるような 3 次元構造をとて、お互の原子価を分配しあったときに満足されることになる。

石英の構造は極めて大切な意味をもっている。というのはすべての硅酸塩の基本的な単位が硅酸 (SiO_4) の四面体であると考えられているからである。硅酸の重要性は、第 1 表に示された岩石構成鉱物をみてもわかるだろう。ここでは炭化岩石を除いてすべてが硅酸から出来ている。硅長石は石英と同じような 3 次元構造をもっており、その中で、少くとも硅素原子の 4 隅の位置はアルミニュームで占められていると考えられる。したがって 4 価の原子価を有する硅素の代りに、3 価のアルミニュームが存在するため、全体の電荷平衡からいって附加的な金属イオン、ないしは原子が必要になってくる。

OXYGEN
● SILICON

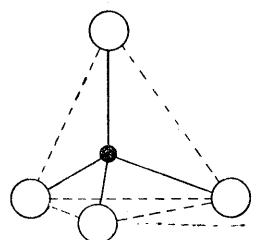
正長石の場合では、この附加的な原子としてカリウムが入っており結果的には、 $KAlSiO_4$ という化学式をもっている。構造の3次元的タイプに加えて、四面体は硅素一酸素比の異なるいろいろな複合体や混成構造をとることがある。この構造配置は、それが共有結合であるか、あるいはファンデルワールス結合であるかによって、直接結合力に影響をおぼすため、きわめて大切な事柄である。たとえばマイカは四面体のシート構造をもった硅酸塩であるが、ここではシート間の結合は共有結合であるよりむしろイオン的であると考えられている。したがってマイカが、シート間の劈開面に沿ってこわれることは、きわめて興味深い現象であろう。

ところでこの劈開面を空気にさらすとお互の附着力を失ってしまう。これは多分大気中の諸成分を吸着してしまうことに原因があるようである。

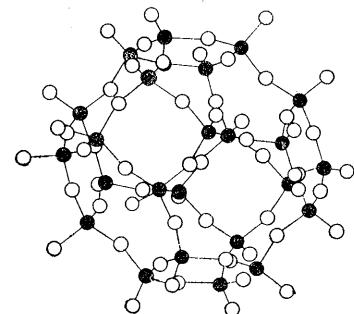
つぎに物質の極性についてのべてみよう。分子はその中の電荷の配置によって極性を有することがある。水は第3図にみられるように極性分子である。

このような分子は静電場におかれると配向を示すため、正負いづれの電荷をもった表面にでもくっつくことができる。もちろん、ほかにもいろいろの吸引力はあるだろうが、骨材と瀝青物質の間に水が存在する場合の附着性の問題からみて、この極性概念は最も有力に受け入れられそうである。水が高い極性を有することは衆目のみとめるところであり、瀝青物質が無極性ないしは、弱い極性しかもたないことも異論のないことである。McLeodはアスファルト中のアスファルテンやカーベンが若干の極性を示すこと、および普通の鉱物から出来ている岩石は全て極性を有しており、水に対しては強い吸引力をもつが、本質的に無極性の有機液体に対しては、あまり強い吸引力を示さないことを指摘している。また Sandersonは硅素分子と硅酸塩は水よりも高い双極子能率をもっており、炭化岩もまたある程度の極性を有することをのべている。また彼は極性の強い石英上や、硅酸塩上に拡がる水について観察し、鉱物分子—水分子間の吸引力の方が水分子同志のそれよりも大きいことを認め、同時に石灰岩のような比較的極性の少い岩石上では、逆に水分子間の吸引力の方が大きくなることを教えている。それゆえアスファルトのように弱い極性しかもたない物質は、石灰石から剝離することもなく、原理的にはファンデルワールス力でしっかりと保持されることになる。

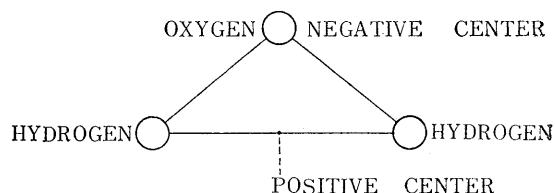
ここにのべた附着力に関する概説は、もちろんきわめて不完全であり、あまりに単純化すぎた嫌いはあるが、表面エネルギーの影響と関連して結晶構造の重要性を示すには役立つだろうと思う。



第1図 硅酸の四面体構造



第2図 硅酸四面体の立体構造



第3図 水分子の分極

IV むすび

以上述べたように、骨材の立場からみた附着性の問題もきわめて多くの因子から成り、これを体系づけるためにいろいろの仮説、学説が出されているが、本稿のおわりに、これら諸説からえられる有益な知識をとりまとめると、

1. 岩石の鉱物学的、ないしは化学的組成は、そのものの表面エネルギー、化学反応性、吸着被覆などに影響を与える重要な要素である。また岩石の作られる経緯も、粒子の大きさや多孔性、表面組織等と関連して考えると大切な要素となる。

2. 表面組織は被覆能や水分の浸入、瀝青膜の機械的な保持に影響を与えるので大切な要素である。

3. 表面被覆は、その性質によっていろいろな影響を与える。水の薄膜は一般に附着ということに対しては極めて害になるものだと考えられているが、その反面水の膜が被覆能を促進することもしらされている。このことは特に瀝青乳剤や土壤安定の場合に顕著である。また塵芥や土の被覆は害がある。吸着ないしは固着した物質は、そのタイプによっていろいろと附着性に影響を与える。たとえば鉄サビによる被覆はかなり有益であることがしられている。

(17ページにつづく)

INTRODUCTION TO ASPHALT

連載 第 11 回

大島秀信

バッチ式プラント

7. 227 計量秤の検査

プラントの運転を開始するに当って、骨材計量用ホッパー、スケールやアスファルト計量用バケット、スケールを標準錘で検査する必要がある。普通は10個の50封度標準錘があれば充分である。多くの仕様書には、請負者が自己のプラント監督者に標準錘を持たせておくよう規定している。

ある地方では、納入代理店が定期的に検査して廻っている所もあるが、だからといって監督者自らがこれらの秤の精度を確認することを怠ってよいというものではない。

秤は、プラントを組立て、材料がビンの容量一杯になって後始めて作動するようにする。一般にプラント組立後24時間程度そのままにして置き、すっかり落ち着いたら、次の様にして秤の試験を行うことが必要である。

秤がレバー、システムの場合には、先づそのナイフ、エッヂやベヤリングが汚れていないか、又秤の可動部分が何処かに接触していないかを調べる必要がある。秤の桿又はダイヤルの針は無負荷状体において零となっており、指で軽く触れても自由に振れる状体でなくてはならない。又荷重の積算状態を検査するには、秤の台を懸垂状体としておくか、或は試験用錘を、最大計量予定荷重に達する迄次々にホッパーの中に直接置くことに依つて行われるが、その方法を示すと次の通りである。

検査用としての500封度の錘を、ホッパーの中心に出来るだけ近い所に置き、その時の桿又はダイヤルの正確な読みを記録する。次に錘を取除き先に記録した読みと丁度均合うまで骨材を加える。この操作を一バッチ分の重量に達する迄何回か繰返す。このようにして得た資料を次のような表にまとめる。

計量秤検定資料表

錘の数	積算荷重及び骨材の真重 量(封度)	秤のダイヤル の読み(封度)	秤の誤差 封度	%
1	500	502	+2	+0.4
2	1,000	997	-3	-0.3

3	1,500	1,501	+1	+0.1
4	2,000	2,000	±0	±0
5	2,500	2,495	-5	-0.2
6	3,000	3,000	±0	±0

荷重の積算試験中は、500封度宛荷重を増す毎に、桿又は針の感度の検査を行なう必要があるが、その方法は秤の台の上に5封度の検査用錘を置いて行なうのが普通である。この際秤の桿又はダイヤルの針に直ちに反作用が起るようではなくてはならない。さもなく時は、秤の清掃修理を行うか、又はナイフ、エッヂを出来るだけシャープにして5封度の錘に対して敏感となるようにしなければならない。

若し秤の精度或は感度のどちらかが、仕様書の規定通りとなつていなければ、プラントの運転を始める前によく調整するか又は取り替えねばならない。

バッチ用の秤は毎日無負荷の状体で平衡状体を検査し、その後、一バッチ分を計量し、次いで50封度の錘4個を加えて、秤の読みが正しく200封度増した事を確認する必要がある。

アスファルトの計量秤も多くは同じ方法によって検定されるのであるが、その際の操作は大体一つの方法にしばられるようである。即ち標準の錘を、一バッチ分に必要なアスファルトの重量より若干多くなるまで次々にアスファルト・バケットの上に置くか又はこれに取付けながら読みを記録する事である。アスファルトの計量秤に対しても、感度の検査を行わねばならぬことは勿論であるが、その方法は試験用錘として2封度のものを使う事が異なるだけでその他はバッチ・スケールの際述べたのと同じである。

又アスファルト・バケットの風袋重量を計る時は、バケットの中の水分を完全に取除き、アスファルトもダストも少しも附着していない事を確認した上で、注意深く行なうようにしなければならない。

7. 228 アスファルト・メータ

メータを使用する時は先ずその精度の検査を行うことが必要である。その方法として行われるのは、スプレイ

・バーから直接アスファルトを容積の知れている容器の中にそらす方法である。既知の量をポンプで送ってその前後のメータの読みの差を調べておけば、容器の中に導入された量を検査することが出来るわけである。もう一つの検査の方法としては、空の容器の中に一定量のアスファルトをポンプで送り、計量することである。アスファルトをポンプで送る前と後とのメータの読みの差を表示されたアスファルトの容積を、温度 60°F における重量に換算したものと、容器の中に取って実際に計量したものとは同じでなくてはならない。この際容器の中にポンプで送り込む量は正確な比較が出来る程度に多くなくてはならないし、又それを容積で検査するにしき重量で検査するにしき一バッチの混合物中に使用されるものと殆んど同じであることが望ましい。

7. 229 ピンよりの排出の順序

ホット・ピンから計量ホッパに骨材が排出される場合、全部のピンが同時作動する設備の時は別として、必ず寸法の大きいものから始め、順次細い寸法のものとし、最後にフィラーを添加しなければならない。こうすればミキサの中に骨材を投入しながらも混合を行うことが出来るわけである。もっと重要なことは最初にミキサの底の方に粗粒の骨材が沈むので、混合が完全に行われ易いことであり、特にパグ・ミルが磨滅して、パドルの先端とライナーとの間の隙間が大きくなつた場合一層効果がある。

ホット・ピンの中の材料は常に作業にさしつかえない高さまで、充たされておらねばならぬことはいうまでもない。何れか一つのピンの材料が欠乏した時、よくプラント・マンは他のピンの材料で埋め合わせるが、このようなことは、折角今迄行われて来た混合物の管理が無駄になつてしまふということになるので注意をしなければ

ならない。こうしたホット・ピンにおける材料の不均衡というのは、結局コールド・マイダーからの材料の不完全な供給によって生ずる場合が多い。

7. 230 アスファルトの散布

アスファルトは15秒以内に均一にミキサの中へ散布されるようではなくてはならない。さもないと不均一な混合物を生産する恐れが生じてくる。

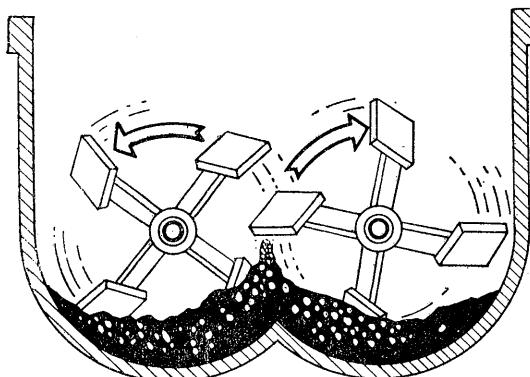
7. 231 バルブの操作

アスファルトの流れを断続させるバルブは作業の成果をあげる為に検査をする必要がある。アスファルトの適量が、計量バケットに投入された後でも又計量して排出された後でも、少しも流れ落ちないようにバルブがぴったり閉ぢるようでなければならない。若しアスファルトの散布が均一でない恐れがあれば、ミキサの中心の所で各バッチ毎に混合物のサンプルを取り、明るい光の下で比較観察して見る必要がある。

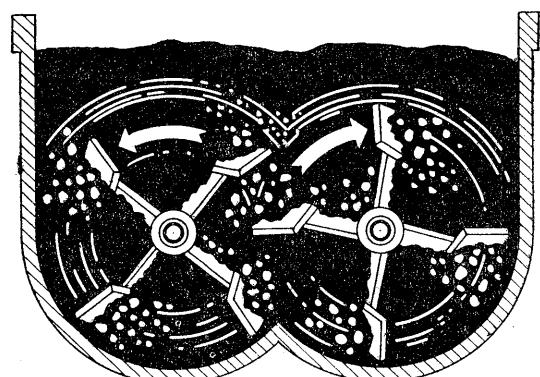
7. 232 ミキサ

近代的加熱混合式アスファルト・プラントにはすべてパグミル・ミキサが使われる。ミキサの中にはパドルと称する羽根を持った2本のシャフトがついており、これにより混合物の各要素が均一になるまで混合が出来るようになっている。主要な部分は、パドル、パドルの柄、ライナー、シャフト、排出口、及び保温の為の覆である。ミキサが能率的である為には、これらのすべての部分が良い状態でなくてはならないし、又適切に調整されなければならない。

パドルの先端とライナーとの間の隙間は骨材の最大寸法によって左右される。一般には最大骨材寸法の半分以下でなくてはならない。過度の磨滅が来てすりへりが大きくなると、この部分に材料が集結し、完全には混合さ



第VII-12図
材料不足のパグミル



第VII-13図
材料过多のパグミル

れないわゆる死角の部分が発生する事になる。これを防ぐ方法は、必要に応じライナーを張り替えたり、パドルを取替える事である。

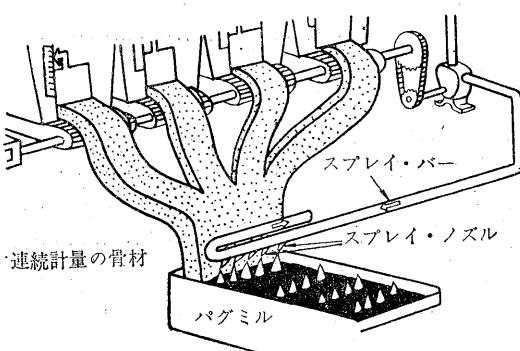
死角の部分が出来るのは、隣り合った2つのパドルが破損した時にも起る。勿論この時は直ちに取り替える必要がある。然し破損したパドルの距離が比較的離れている時は、その日の作業が終ってから修理をしてもさしつかえない。

若しミキサの中の材料が多過ぎて、つまりオーバ・ファイルの状体になると混合が均一となる恐れがある。最も作業能率のよいのは、パドルの先端が回転中混合物の中で見えかくれとなる状体である。又一方ミキサ内の材料が不足する場合は、パドルがその回転中有効に働くことができないので、やはり適当な混合状体とはならない。（第VII-12図及び 第VII-13図参照）

又細い骨材やアスファルトが均一に分布されない場合も、均一な混合物を得ることができない。細骨材が均一に分布されるかどうかは、ホット・ピンからの投入順序によっても影響されるし、又アスファルト散布装置の能率の良否によっても影響される。混合物状体の良し悪しは目で良く観察すると共に試験をして調べる必要がある。アスファルト投入前の混合時間を長くすることは、各寸法の骨材を均一に分布せしめるのに必要なことでもある。

7. 233 混合時間

骨材表面のアスファルトの膜は空気にさらされると堅くなる。各寸法の骨材が均一に分布され、又すべての骨材粒子がアスファルトで均一に被ふく出来れば、混合時間は出来るだけ短い方がよい。混合能率を左右する факторは、ミキサのシャフトの回転速度及びパドルの配列方式とその間隔である。最近の傾向は混合時間は段々



第VII-14図
スプレイ・バーの機構

短くなっているが、しかし若し混合が均一に行われないようであれば、監督者は必ず第一に若干混合時間を多めにすることを心がけなければならない。

7. 234 作動時間規制装置

多くの仕様書は、材料が確実に一定時間ミキサの中にとどまり、均一な混合物が生産されるよう、混合時間を機械的に規制する装置を取付ける事を規定している。この装置は計量ホッパーが開かれる時に作動し始めるのが普通であるが、仕様書によつては、すべての要素がミキサの中に入つてから作動し始めることを要求している場合もある。監督者は時間規制装置によって、仕様通りの混合時間が正しく表示できるようにしなければならない。

スプレイ・バーによってアスファルト散布が行われる時の混合時間は、その散布の時を以て開始とするのが普通である。

又この時間規制装置との関連において、間違い無くバッチ数を機械的に数える計算装置を取付ける必要のあることを規定している仕様書が多い。

7. 235 漏出

一バッチの計量中、計量ホッパーのゲートから骨材が漏出してはならないし、又混合中に材料が少しでも、ペグミルからこぼれ出すことがあってもいけない。アスファルトのミキサへの流れをコントロールするバルブは、しっかりと密閉ができる、混合中にペグミルの中へ漏出するようなことがあってはいけない。

連続式混合プラント

7. 236 骨材比率

連続式プラントにあっては、骨材とアスファルトは連続的にミキサの中に導入され、混合物は連続的に排出される。そしてアスファルト及び骨材を供給する装置は自動的に正しい比率が保持できるよう互に連動されている。運転機構の一回転或はある決められた時間に送り込まれた材料は一バッチ分と考えられ、混合物を組成している各因子の比率はバッチ式プラントに対するものと同じようにして計算される。

ホット・ピンの吐出口には、目盛をつけて調節ができるゲートが取付けてある。然し重量測定用の容器の中に、骨材をそらす装置のない場合には、プラントの完全運転を行いながら各々のピンから別々に骨材をトラックの中に移して計量を行い、排出比率に応じ各ゲートの開きを決定する必要がある。この測定中において注意すべきことは、ピンの中の骨材量を出来るだけ均一に保って

第VII-5表 サンプル採取及び試験実施計画の摘要

サンプルの種類	(1) サンプル採取回数の最少	(2) サンプル寸法の最小	試験方法	附録III記載の事項による
冷骨材	(1) 必要に応じ	AASHO T-2 参照	ふるい分析 砂当量 (要求に応じ)	AASHO T-11 81頁 " T-27 82" " T-84 96" 水洗いふるい分析 84" カリフォルニア #217-B 107頁
各ホット・ピン	2回/日	(3) AASHO T-2 参照	ふるい分析 砂当量 (要求に応じ)	AASHO T-11 81頁 " T-27 82" カリフォルニア #217-B 107頁
加熱骨材の混合物	2回/目	AASHO T-2 参照	(4) ふるい分析	AASHO T-11 81頁 " T-27 82"
石粉	(1) 必要に応じ	AASHO T-2 参照	ふるい分析	AASHO T-37 90頁
アスファルト	(5) 配達される毎に1回	四分の一法	中央研究所に送る	AASHO T-40 92頁
締固め前の混合物	2回/日	20封度	(5) 完全抽出法	AASHO T-168 105頁 " T-164 100" " T-30 88"
締固め前の混合物	2回/日	15封度	密度 安定度	AASHO T-166 103頁 及び特記仕様書
締固め後の混合物	舗設現場監督者の認定による		密度	AASHO T-166 103頁

- 註 (1) サンプル採取回数については契約担当者の指示及び現場の状況により決定する。
- (2) サンプルの寸法については契約担当者の指示があるか又は特別な場合には変更してもさしつかえない。
- (3) 各ホット・ピンのサンプルは、バッチ・プラントにあってはピン・ゲートから連続数バッチにつき採取する必要があり、又連続式プラントにあっては数秒の間隔をおいて採取する必要がある。そしてこの際何れも採取量はこの規定よりも若干多い目がよい。
- (4) 連続式プラントにあっては合成された骨材のサンプルは、ミキサへの投入の場所から、数秒の間隔をおいて若干多目に採取する必要がある。
- (5) この方法についてはその地方で実際行われている方法によるのがよい。

おくと共に、プラント運転後におけるものと同じ状体で行わねばならないことである。若しふるいの振動がホット・ピンに伝わるようであれば、やはりその状体で上記の測定をしなければならない。又各ピンのゲートの開きに対する骨材排出量曲線の精度と範囲を確める為に、ゲートを充分開いて、試験を繰り返し行う必要がある。

7. 237 アスファルトの散布

連続式アスファルト・プラントには確実にアスファルトを送り出す為のポンプが設備されている。その一つの型は、ギヤ又はスプロケットを骨材のフィーダと機械的に連続せしめて調節する方法であり、他の型は、ミキサの運転台の上で、目盛の付いた手動輪をリモート・コントロール方式によって管理し調節する方法である。前の型の方式を取る時は、メーカーにおいて作成した表を基礎としてポンプとスプロケットとの組合せを決定し、

アスファルトの送り出し量を一定にする事が必要である。

フィーダのゲートとアスファルト・ポンプとの関係を一度固定したなら、その後は監督者の了解なしで勝手に変更してはいけない。

又アスファルトの比率は常に一定に保たねばならないので、ポンプの中を通って行くアスファルトの温度はいつでも分るようしておき、その中でも特に、ポンプの先に取付けてある温度計の読みは、監督者が時々調べ、温度変化に基づき、必要な調整を加え、常に容積の補正を行わなければならない。然しほんの少しの温度変化に対してはポンプを調整するまでの必要はない。

7. 238 バグミル・ミキサ

連続混合式バグ・ミルの機能は、根本的にはバッチ式プラントのものと同じである。然し混合の原理は違う。

バッチ式ミキサにあっては材料は箱の中にとち込まれた状体で混合が行われるが、連続式ミキサにあっては、材料は排出口に向って推し進められながら混合が行われる。この際の混合圧力というものは、バグ・ミルの中の材料の高さと重さによって違い、これは又排出口に、設けてある堰板の上下に依り調節が出来るようになっている。連続式ミキサの中の材料の高さは、パドルの一番最後の所は別であるが、その他の場所では、パドルの先端より越さないようにしなければならない。

なお又混合効果をあげるには、次のような調整をする事が望ましい。

(1) ミキサの端の排出口の所の堰板をやや高目にし、混合作用を更に効果的にする深さを保ちながら、より長い時間ミキサ内で混合する。

(2) ミキサ内の混合作用を増加する為、材料があまり早くミキサ内を通過してしまわないよう、パドルの間隔を調整するか又は向きを変える。

7. 239 混合時間

連続式ミキサにおいての混合時間は、ミキサ内の混合物の重量(封度)を、1秒間にミキサから送り出される混合物の重量(封度)で割って得られる。ミキサ内の混合物の重量を算定するには、まずプラント内を通過する混合物の流れが一定となる迄連続運転した後、一時プラントを止め、バグ・ミルの中の混合物の高さを数個所測定する。これらの測定結果からその平均の高さを算定し、混合物の容量を立方呎で求める。この容積に単位当たりの重量(封度/立方呎)をかければ、バグ・ミルの中の材料の静止重量が得られるわけである。

$$\text{混合時間(秒)} = \frac{\text{バグ・ミル内静止重量(封度)}}{\text{排出量(封度/秒)}}$$

一般には、混合物の高さによるミキサ容積は、プラントに取付けてあるネーム・プレートに表示してあるのが普通である。この様な場合は混合の平均高さが測定せられれば、表からその容積が直ちに分る。

7. 240 アスファルト含有量の検査

アスファルトの含有量を検査するには、使用したアスファルトの量と、製造された混合物の総重量を対比して見ることである。メータを使用する場合には、次の方法によって検査することができる。

先ず一旦プラントの混合作業を中止する。そしてその時のアスファルト・メータの読みを取り、時間も記録しておく。それからミキサ容量10回分の舗装混合物を製造し、再びプラントの運転を中止してその時のメータの読みと時間を記録する。この際使用したアスファルトのガ

ロン数に単位当りの重量を掛けて総重量を求め、これを10回分の混合物の全重量で割った値に100を掛ければ、使用されたアスファルトの%が算出できるわけである。この試験は毎日2回行うのが普通であり、かくして求めたアスファルトの含有%が、仕様書記載の許容公差以内にあればよいわけである。

メータが使用されない時は、タンクの中のアスファルトを測定するか、又は試験用混合物を製造する前後のアスファルト・ポンプの回転を記録しておき、これを基準として計算するとよい。

7. 241 材料に関する供試体採取及び試験

プラント運転中、完全な管理を維持するには製造工程中所定の個所で多くのサンプルを取って見ることが必要である。第VII-5表は、採取を要するサンプルの数、大いさ並びにその方法等が特別に仕様書に明示されていない工事の場合の指針となるものであり、この指針に基づいて試験を行っておれば、プラントの正常運転中においての適切な管理が一応確保できる。然し時には更に多くの回数の試験が、製造開始にあたって必要となる事もあるのはいうまでもない。

7. 242 サンプルの採取

サンプルを採取したり、或はこれを四分したり、試験をしたりする場において注意しなければならないことは、真に材料を代表するものとして、正確な結果を確保することである。四分法又はその他適當な数に分割して試験する場合、サンプルの量は出来るだけ多い方が良い結果を示す傾向にある。アスファルトのサンプルは、循環している管の中から採取するのが一番良いし、又アスファルト用サンプル採取器を使用すると充分なアスファルトを採取することができる。(ASTM 規定 D140-55, SAMPLING Bituminous materials を参照)。なおこれに関しては第III章を参照され度い。

7. 243 骨材の試験

(1) 細粗骨材のふるい分析、水洗方式に修正されたAASHO 規定 T27 参照。(The Asphalt Institute発行 Manual Series No. 3 Asphalt Plant manual を参照)。

(2) フィラーのふるい分析、AASHO 規定 T37 参照。

(3) キシレン溶解法による含水量の決定(B-28)。

(4) 砂当量試験、HRB 会報第32巻参照。

(5) 骨材の比重、AASHO 規定 T84 及び T85 参照。

7. 244 アスファルトの試験

- (1) 針入度試験—ASTM 規定 D5
- (2) 引火点—ASTM 規定 D92
- (3) 燃焼損失—ASTM 規定 D6
- (4) 伸度—ASTM 規定 D113
- (5) 溶解度—ASTM 規定 D4
- (6) セイボルト・フロール粘度—ASTM 規定 D88
- (7) 蒸発残量—ASTM 規定 D402

7. 245 道路用アスファルトの試験

認定を受けている供給業者から納入された道路用アスファルトに就いては、改めて試験の為に多くの費用と時間をついやす必要はない。認定された時とあまり変わらないものが製造されるのが普通であるからである。最も容易でありしかも基本的な試験は針入度試験であり、アスファルトのその他の重要ないろいろの性質もこれに依って表示される。

引張試験は一般にはあまり必要でない。道路用アスファルトは多くの場合引張試験器の長さ以上の伸度を持っているからである。アスファルトの過熱又は硬すぎの発生の恐れがあると考えられる所では、アスファルトを抽出して針入度試験を行うと有効である。

7. 246 混合物のサンプル採取並びにその試験

このことについては特に注意を払わねばならない。材料試験中に起る誤差の、単純ではあるが最も大きな原因の一つは採取されたサンプルが、真に材料を代表しているものでないことがある。

試験は厳格に行う必要がある。高性能プラントによる製造の際、繁忙の為について試験を省略してしまうことがあるが、然しこれはプラントにおける一連の管理試験として全部に関連を持っているので忙しいからといってそのまま黙認してはいけない。一つの試験の結果から、その後の試験においてどういう結果となるか、又舗装完成後どのような結果となるかをある程度正確に予想することが出来るものであるからである。

7. 247 抽出試験

抽出試験には二つの型がある。

- (1) 遠心力方式、ASTM 規定1907に記載
- (2) 再溶解方式

再溶解方式又は加熱抽出方式ともいわれるがASTM 規定 D762 に詳しく述べられている。

その他にも溶解抽出試験器具については、数社の道路建設用器具取扱店において研究され現在に至っている。遠心力方式と比較すると、溶解方式の方が信頼性

もあり正確な試験データが得られるようである。

7. 248 安定度試験

安定度試験としては、マーシャル、ハーバード又はピームの方法の何れかによって行う必要がある。The Asphalt Institute 発行 Manual Series No. 2, Mix Design Methods for Hot Mix Asphalt Paving を参照されたい。

7. 249 混合物中のアスファルト含有量の検査

混合物中のアスファルト含有量は抽出試験によって検査することは出来るが、且つ又毎日のタンク・ゲージによって検査するか、又は一日の間に使用されたタンクの中のアスファルト量を計算して検査するかしなければならない。トラック台秤か又はミキサ台の上の計量の結果に依り算出された混合物の総重量で、使用したアスファルトの総重量を割れば、単位当たりのアスファルト使用量を計算出来るが、この値と綿密な抽出試験の結果得られた値とを比較検査する必要がある。かかる検査を行う前提としてトラックに積込まれた混合物の総重量と、バッチ・メータか又は回転計算機の示すバッチ数に対する生産物の総重量とが等しいことを確めておかねばならない。使用されたアスファルト量、トラック積込重量、混合台上の計量及びバッチ数等が注意深く、正確に記録してあれば、混合物中のアスファルト含有量を調べるのに最も便利である。

7. 250 プラントの検査

アスファルト・プラント監督者のなすべき任務については、The Asphalt Institute 発行 Manual Series 3, Asphalt Plant Manual. の中で詳しく述べられているが、今プラント監督者のなすべき点検項目をあげて見ると次の通りである。

- (1) プラントのすべての部分につき完全な予備試験を行うこと。この試験結果の報告様式は頁 7-2-32 及び 7-2-33 に示されている。
- (2) 骨材の貯蔵を点検すること。それには、
 - a. 骨材はきれいな場所に貯蔵されているか。
 - b. 適当な貯蔵区画があるか、若し無いとすれば交じるのを防ぐような他の方法が取られているか。
 - c. 骨材の分離や品質低下を防ぐ為に、何等かの適当な処置が取られているか。
- (3) コールド・フィーダの目盛や取付の状体を点検すること。
- (4) 乾燥作業の全般につき点検すること。それには、
 - a. ドライヤの中の材料の流れは均一であるか、又ドライヤ内の送風力と吸引力とが互にその容量以

内において均合っているか。

- b. 骨材の乾燥状体は仕様書通りとなっているか
- c. 骨材温度表示装置の取付は適切であるか、又その精度や感度は検査がしてあるか。
- d. 骨材の加熱温度は規定通りで、しかも均一となっているか。第7. 213項参照。

(5)次の事項につきホット・スクリンを点検すること。

- a. 清掃状体
- b. 磨減の程度
- c. 尺法の適否

(6)ホット・ピンに就いては次の事項を点検すること。

- a. ピンの壁における穴の有無
- b. 骨材の流れを邪にする障害物の有無
- c. オーバー、フローに対する障害物の有無
- d. 自動表示機の機能

(7) 計量ホッパー及びアスファルト用パケット・スケールを点検すること。

- a. 標準錘を使用して
- b. 無負荷の時ゼロとなっているか
- c. 自由度や感度について

(8) 混合につき全般的に点検すること。それには、

- a. ライナー及びバドルの尖端がメーカーの示している隙間以上に磨滅していないか（第7. 232項参照）；
- b. 骨材が適切に投入されているか；
- c. ミキサの全面に亘ってアスファルトは均一に分布されているか；
- d. 混合時間は均一で仕様書の通りとなっているか；
- e. ミキサの中の材料は最良の混合状体が得られるよう満たされているか；
- f. 混合温度は、骨材の完全被覆が得られる粘度に対応するも

~~~~~10ページよりのつづき~~~~~

4. 粒子の大きさもまた大切な要素である。たとえば、極めて細いものではその表面積や表面エネルギーの影響が量的な面とも関連して大きく響いてくるからである。

5. 気孔度も大切な要素である。これは機械的な附着性を増しはするが、一方その中に水を含んで被覆を駄目にすることになる。

6. 化学反応性や表面エネルギーも大切な概念である。いまのところこの分野での定量的な結論はえられていないが、今後の研究に期待されるところが大きい。

7. 骨材の附着性を論じるにあたっては、鉱物や岩石の結晶化学に関するより精密な資料やこれらが表面エネルギーや附着性に如何なる影響を与えるかについての知識が充分でなければならない。このようなことがらについては今後さらに研究や学説の体系化がすすめられるであろうが、そのためには道路工学者のみならず実験化学者の積極的な協力が必要となろう。〔終〕

## 文 献

- 20) W. Riedel, "Mechanism of Adhesion of Bitumen to Stone," Asphalt und Teer, P 924 (1934)
- 21) J. T. Pauls and J. F. Goode, "Application and Pre-

のとなっているか（第4. 502項温度一粘度資料参照）；g. 混合は完全でしかも均一となっているか。

(9) 出来るだけ多くのバッチを綿密に観察し、温度を計り、混合物についての基本的な試験を行うこと。

(10) 混合物のサンプルを取り、要求されている試験を行うこと。

(11) 支払の対称となる混合物の計量や運搬伝票の発行は、ミキサ台の上か又はトラック台秤所かで、プラント監督者の監視の下で行われるのが普通である。

(12) プラント監督者は又、輒圧が仕様書通りに行われているかどうかを調べる為に舗装現場の監督者によって道路から切取って来たサンプルにつき密度試験を行いうのが普通である。

(13) プラント監督者は、搬入材料の記録、材料や混合物の試験、混合物の成分の検査、プラント運転日記、及びその他の記録や報告類を完全に保管しておかなければならない。The Asphalt Institute 発行の Manual Series No. 3 Asphalt Plant Manual 参照。

## 7. 251 プラント混合式舗装において生じ易い各種欠陥の原因

プラント混合式によって道路舗装を行う際、最も普通に表われる欠陥の原因を示すと第III-6表に示す通りである。〔次号につづく〕（世纪建設工業株式会社）

sent Status of the Immersion Compression Test," A. A. P. T. Vol 16. P 372 (1947)

22) J. Oberbach "The Boiling Test for Adhesion After Riedel and Weber" Teer und Bitumen, Vol 34 No' 24 and 25 (1936)

23) B. H. Knight. "The Adhesion of Bituminous Binders to Road Aggregate, Highway and Bridges, London Jan 19. (1938) P 4.

24) Y. Emori, "Tests Conducted on Various Mineral Fillers for Sheet Asphalt at the University of Michigan" Proceedings Fourteenth Annual Conference on Highway Engineering, Univ. of Michigan, Feb, (1928)

25) M. Leroux, "Problems Relative to Road Tar," Annales des Ponts et Chauss'ees, July, 1939, P 5.

26) A. R. Lee and J. H. Nicholas, "Adhesion in the Construction and Maintenance of Roads," Jurnal Soc. Chemical Industry, England, April (1952)

27) O. R. Tyler, "Adhesion of Bituminous Films to Aggregates" Bulletin No. 62 Eng. Exp. Station Purdue Univ. (1938)

28) A. T. Goldbeck, "Immersion Compression Tests Compared with Laboratory Traffic Tests on Bituminous Concrete," Symp. on Accelerated Durability Testing of Bituminous materials, A. S. T. M. P 53 (1949) S. T. P. No. 94.

第VII-6表

プラント混合に依る加熱混合物において  
生じ易い欠陥の原因

|                     |  | 加熱混合物において生じ易い<br>不完全の状体 |   |   |   |   |                               |
|---------------------|--|-------------------------|---|---|---|---|-------------------------------|
|                     |  | A                       | B | C | B | A | C                             |
| サンプル採取の不完全          |  |                         |   |   |   |   | A アスマルトの含有量が現場配合と合わない         |
| プラント運転の不規則          |  |                         |   |   |   |   | A 骨材粒度が現場配合と合わない              |
| ピンの中に時々ダストの塊りが振り落ちる |  |                         |   |   |   |   | A 混合物中に細粒分が多くすぎる              |
| アスマルトと骨材の供給運動装置不全   |  |                         |   |   |   |   | A 均一の温度を保つことがむづかしい            |
| 排出ゲートの不完全           |  |                         |   |   |   |   | A ラックの重量とバッチの重量とが合わない         |
| バドルの取付不完全又はすりへり     |  |                         |   |   |   |   | A ラックに積んだ混合物にアスマルトが浮いている      |
| 混合時間の不均一            |  |                         |   |   |   |   | A ラックに積んだ混合物に混合不完全のダストがある     |
| 一バッチの分量の過少又は過大      |  |                         |   |   |   |   | A 骨材の大きめのものが十分アスマルトで被ふくされていない |
| アスマルト・メーターの調整不良     |  |                         |   |   |   |   | A ラックの中の混合物がべたついしている          |
| アスマルト計量秤の調整不良       |  |                         |   |   |   |   | A 混合物をトラックに積むと平になる            |
| 骨材に対するアスマルト分布の不完全   |  |                         |   |   |   |   | A 混合物が焼けすぎている                 |
| アスマルト含有量過多          |  |                         |   |   |   |   |                               |
| アスマルト含有量不足          |  |                         |   |   |   |   |                               |
| 計量順序の不適当            |  |                         |   |   |   |   |                               |
| ホット・ピンの中の骨材不足       |  |                         |   |   |   |   |                               |
| フィラー供給の不均一          |  |                         |   |   |   |   |                               |
| 骨材計量の不正確            |  |                         |   |   |   |   |                               |
| 骨材計量秤の調整不良          |  |                         |   |   |   |   |                               |
| ふるい分け能力以上の骨材送り込み    |  |                         |   |   |   |   |                               |
| ピンの中での骨材の分離         |  |                         |   |   |   |   |                               |
| ピンに漏穴がある            |  |                         |   |   |   |   |                               |
| ピンのオーバ・フロー装置機能不能    |  |                         |   |   |   |   |                               |
| ふるいの作動不完全           |  |                         |   |   |   |   |                               |
| ふるいのすりきれ            |  |                         |   |   |   |   |                               |
| 骨材の過熱               |  |                         |   |   |   |   |                               |
| 温度表示計の調整不良          |  |                         |   |   |   |   |                               |
| ドライヤ操作の不正確          |  |                         |   |   |   |   |                               |
| ドライヤ搬付勾配の過大         |  |                         |   |   |   |   |                               |
| ドライヤ容量の過大評価         |  |                         |   |   |   |   |                               |
| 骨材供給ゲート取付けの不確実      |  |                         |   |   |   |   |                               |
| 骨材貯蔵区画の不適当          |  |                         |   |   |   |   |                               |
| 骨材の温気過多             |  |                         |   |   |   |   |                               |
| 骨材量の不足              |  |                         |   |   |   |   |                               |

A : バッチ式及び連続式プラントに適用    B : バッチ式プラントにのみ適用    C : 連続式プラントにのみ適用

# ■ アスファルトの附着性について

## その1

C・D・ハリス  
有 福 武 治

大規模な道路建設の計画が進められている昨今、道路用の骨材に対するアスファルトの附着性(Adhesion)の問題について、道路技術者や研究者の間で関心をもたれはじめてきている。

特に以前使ったことのない骨材や、実際その骨材を使って、その結果が未だ判らないような骨材を使わねばならなくなつた場合に、特に関心をひいているようである。

確かに新規の骨材を使う場合、道路技術者の立場として、特殊の添加剤(Wetting Dopeと普通我々は呼んでいるが)を使って、ある種の疑念を一掃出来たらと考えて、使う人もあるようと思う。

しかし添加剤を使うと、アスファルトの価格に可成りの添加剤のコストが追加されるし、又新しい骨材を使うことは、いつも添加剤を使わねばいけないと考えたり、又むやみやたらに添加剤を使うことのないように注意する必要がある。

従って骨材について、又添加剤の使用については次のような点を考慮に入れる必要があると思う。即ち、

- 1) 附着、或いは、むしろ附着しない現象についての考察
- 2) 骨材や合材の剝離の傾向に対する評価の方法
- 3) 剥離防止剤として、添加剤を使った場合その効果の評価方法

以上の点について、できるだけ問題の全体を掴みながら述べてみたいと思う。また本文では論議を簡素化する意味から、表面処理等の場合は次の機会に述べるとして、プレ・ミックス(Pre-Mixした合材、即ちアスコン、トペカその他の合材)についてのみ述べる。事実、表面処理の場合の附着性の問題や、剝離防止の方法は、プレ・ミックスの場合と違っているのである。

### 1) 附着性の減少(Loss of Adhesion)

この問題を、より判りやすくするため特定の合材、即ち一般に20%位の空隙率のある、オープン・タイプのマカダム合材について考えてみると、水が滲透して、表層に水が残るので附着性がなくなり、破損しやすい場合がある。

ある骨材がアスファルトで被覆され、水に浸され

ている場合、アスファルトと石との附着性の減少には次の2つのうちのいづれかの場合におこることをR. I. Hughes, D. R. Lamb 及び O. Pordes等はその研究報告のなかで述べている。即ち、

- ① アスファルトの膜が自然に破れて、石と石とが接触している部分に寄ってきて小さい粒(つぶ)となる。
- ② アスファルトの膜が、残っていて石の表面を完全に包んでいても、次第に水分が石とアスファルトの膜との間にに入ってきて、だんだんアスファルト膜が石から剥離してゆく。これが所謂“剝離(Detachment)”と呼ばれるもので、これは針の先でアスファルト膜を突いて上げると、アスファルト膜が石から奇麗に剥れる場合がある。

①の場合の現象は通常軟かいバインダーのアスファルトを使った場合のみ、アスファルトの膜が自然と破れて寄り、粒(つぶ)になる現象がおこることがある。即ちアスファルト・マカダムにカットバック・アスファルトを使い、溶剤が充分揮発せずに未だ相当軟かく、且気温がある程度高い場合に、上記の現象がおこる傾向がある。

もし前に述べたと同じバインダーを使用しても、気温が低くてバインダーのスチフェスが或る程度高くなつておれば、上記の①のような現象は、おこらないのである。

一方骨材と気温が判っておれば、或る程度硬いバインダーを使えば、上記の①の現象は防げるし、又軟かいバインダーに適当な剝離防止剤(wetting agent)を添加して防ぐこともできる。

アスファルト・マカダムの場合、普通の気温で、自然にアスファルトの被膜が破れない位の硬さのバインダーを使った場合、附着性の減少の原因は②の場合である。

離剝をおこす場合は、骨材が石材や長石を多く含んでいるとき、即ち花崗岩等の場合が非常に多く、殊に硝子の面をアスファルト皮膜で包んで試験すると容易に判る。この剝離の現象は、アスファルトの膜を通して水が拡散し、アスファルトと硝子の間に極めて薄い水の膜ができるからである。

硝子の面に約 0.5mm 厚のアスファルト膜を作り、水中に浸しておくと数日後、剝離しているのがみられ、又同じサンプルを約 80% 位の高い湿度の大気中に曝しておくと 1 カ月程度で同じような傾向になる。

更に硝子のような場合、剝離防止剤を多量に（例えは 5% も）使ったとしても、「自然の剝離を防ぐことはできなかった」という報告がある。又このような傾向は剝離防止剤の添加量や種類には関係しない。そして更に面白いのは、水中に浸して確かに剝離していると判っているサンプルを空気中で乾燥すると、剝離防止剤が入っていないアスファルトの場合でも、自然にまた附着（reattachment）しあげた。このような現象は硬いバインダーより、軟かいアスファルトの方が著しい。また石英や花崗岩について剝離の試験をしてみると、硝子の場合と同じような傾向があることが判った。更に小規模ながら路面としての試験は次のようにある。

まず車輪で繰返し荷重を加えられる設備の wheel tracking machine に合板を舗設し、水に浸されるようにしておいて、剝離の起りやすい状態にすると、合材相互の Cohesion がだんだんなくなる。この Cohesion がだんだんなくなる度合は、いろいろの骨材、バインダーや添加剤によって大きい差がある。実際の路面調査（5 カ月間の交通開放の後）の結果、玄武岩の骨材が花崗岩の骨材より附着性や Cohesion の状態が可成りよいことが、表 I から判る。

表 I 水に常時浸した路面試験

いろいろの骨材を使用したアスファルト・マカダム  
バインダー：アスファルト、針入度=300、軟化点  
=35°C

| 骨材(B.S. 812) | 5 カ月後の合材の状況                                             |
|--------------|---------------------------------------------------------|
| 花崗岩          | 可成り Cohesion がなくなつて剝離                                   |
| 玄武岩          | 剝離はするが、Cohesion がなくなつた傾向なし<br>剝離及び Cohesion の減少は全然認められず |

また前述の路面試験での骨材の場合 5 カ月後でも、剝離や Cohesion が減少した徴候は認められなかった。そして軟かいアスファルトでつくったマカダム合材より、硬いアスファルトでのマカダム合材の方が Cohesion の減りかたが少いことが認められた。

バインダーにある種の添加剤を加えると、Cohesion の減少を防ぎ、従って剝離を防止又は減少させができるかも知れない。

表 II はアミン系統の添加剤 “F” をカットバックに添加量をいろいろ変えた結果を示す。この場合は添加量が多いほど Cohesion の減少が少くて剝離していない。

表 II 剥離防止剤 “F” をバインダーに添加して、水に浸した路面試験

骨材：花崗岩

バインダー：カットバック・アスファルト（100 秒 S.T.V. 40°C において）

| 添加剤 “F” の量<br>(重量比) % | 8 カ月後の Cohesion の状態 |
|-----------------------|---------------------|
| 0                     | 非常に悪い               |
| 0.2                   | 悪い                  |
| 0.4                   | ややよい                |
| 0.6                   | よい                  |
| 0.8                   | 非常によい               |

骨材の質による剝離の相違を示すと表 III のようになる。

表 III 剥離に対する骨材の質の影響

| 骨材の種類<br>(B.S. 812) | 石の組成                                               | 水に 1 週間浸漬後の附着の状況                                    |
|---------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| Type 1<br>花崗岩グループ   | 主として石英と長石より成り、すこし黒雲母及び白雲母が入り、角閃石を含む。亜塩化素酸塩を極く僅か含む。 | アスファルト膜は石英、長石の部分からは剝離し、黒褐色又は緑色をした部分からは剝離する傾向はより少ない。 |
| Type 6<br>珪質の砂岩グループ | 鉄マグネシウムの珪酸塩が雑多に交ったなかに、大きい粒の長石を含んでいる。               | アスファルト膜は長石の部分からは剝離し、緑色のフェロ・マグネシウムのところからは剝離していない。    |
| Type 2<br>玄武岩グループ   | かなり、小粒のそろった火成岩で長石(方沸石)、角閃石、輝石と橄欖石とより成る。            | アスファルト膜は極く一部の長石の部分から剝離し、他の大部分の暗緑色の部分からは剝離しない。       |
| Type 3<br>斑紋岩グループ   | 長石-輝石-橄欖石、非常に塩基性の強い岩石で大部分は橄欖石である。                  | 詳細に調べても、どの部分からも剝離をおこしていない。                          |

表 III から判るように緑色をした鉱石は特に附着性が高いことが判る。このような石は普通道路用の骨材としても使われている。

橄欖石——鉄とマグネシウムの珪酸塩

緑泥石——鉄、マグネシウム、アルミニュームの珪酸塩

輝石——カルシウムとマグネシウムそれに少量の鉄  
とアルミの珪酸塩

表IIIで一番よい附着性を示している斑紋岩は約50%の  
橄欖石を含み、そのなかの鉄は2価の形で存在している。  
即ち2価の形の鉄の珪酸塩を多く含む石ほど、剝離は少なくなるのである。鉄を含む珪酸塩の石は、例えば  
長石等より塩基性であるから、塩基性の珪酸塩の石は、  
附着性が一般的によいといわれている。

一方、骨材の中の鉄分が剝離に重要な役割を果してい  
る証明として、金属板にアスファルトを塗っても剝離を  
おこさないので、金属塩で骨材の表面を前処理すると、  
剝離を防止することができると考えられ、硝子の面から  
アスファルトの剝離を防ぐために、いろいろの金属塩を  
使って、水中に浸漬後のアスファルトの剝離試験をした  
のが表IVである。

表IV 水に浸漬した硝子板上のアスファルト剝離に  
対する、金属塩の影響

| 前処理の金属塩液<br>の濃度 | 剝離をおこすまでの期間(日) |        |        |
|-----------------|----------------|--------|--------|
|                 | 0.1%重量         | 0.5%重量 | 1.0%重量 |
| 塩化第二水銀          | 1              | 1      | 1      |
| 硫酸タリウム          | 1              | 1      | 1      |
| 硝酸ビスマス          | 1              | 2      | 3      |
| 硝酸第二鉄           | 1              | 4      | 6      |
| 硝酸カルシウム         | 1              | 1      | 2      |
| 塩化カルシウム         | 4              | 4      | 4      |
| 塩化バリウム          | 1              | 1      | 1      |
| 塩化鉛             | 1              | 1      | 1      |
| 酢酸鉛             | 1              | 5      | 12     |
| 硝酸鉛             | 3              | 8      | 46     |
| 硝酸銀             | 1              | 15     | 28     |
| 塩化第一スズ          | 2              | 6      | 31     |
| 硫酸銅             | 3              | 23     | 30     |
| 硫酸アルミニウム        | 1              | 31     | 31     |
| 塩化亜鉛            | 3              | 56     | 150    |

表IVから、金属塩によって剝離防止効果に非常に差  
があることが判る。また普通の剝離防止剤より、より効果  
的な結果がある金属塩を使うを得られることが判る。

一番効果的のは塩化亜鉛である。しかしこれも完全  
防止剤ではない。

以上は硝子板での試験であるが、花崗岩を塩化鉛と塩  
化亜鉛で前処理した試験でも、前述と同様の結果を得て  
いる。しかし実際のマカダム合材の場合は、可成りよい  
結果ではあるが、完全に満足するところまでいってな  
い。これの原因としては、骨材と混合の際、金属塩が完

全に骨材を包まず、一部に偏っていたためと考えられ  
る。

金属塩による前処理で、剝離の発生をおくらせる原因  
は未だ判っていない。しかし何れにしろ金属塩の僅かの  
存在が、必ず水の膜を呼ぶのであるから、硝子面の珪酸  
塩の構造を変える必要があると思う。

R. I. Hughes, D. R. Lamb と O. Pordes は剝離と  
Cohesion の減少について次のように結論を出している。

### 1) 剥離の状態

- 剝離は石英や長石を多く含んでいるような骨材  
を使った場合におこりやすく、塩基性のもの、特  
に鉄分(例えは橄欖石)を多く含むものは、剝離  
をおこしにくいか、又は全然おこさない。
- 剝離をおこすような場合、剝離防止剤(wetting  
additives)を相当量入れても、可成りの効果を期  
待することはむずかしく、むしろ或る種の金属塩  
(例えは塩化亜鉛)で骨材の面を前処理すると、  
剝離を可成り防止又はおくらせることができる。
- 剝離の場合のアスファルトと骨材との結合力  
は、乾燥状態で応力が一番かかっている時に等  
しく、アスファルト皮膜が剝げるのは切線方向の  
応力によっておこりやすい。
- アスファルトと骨材との間の水分これが剝離の  
最大原因であるが、珪酸塩の結晶格子と結びつい  
て、膨張したゲルのような組織(gel-like structure)  
となって、骨材面の値が時がたつにつれて、だん  
だん高くなる。このPH値が高くなるのは、強い  
酸性岩に対するアスファルトの剝離を添加剤では  
防止できない理由と考えられる。

### 2) Cohesion の減少 (Loss of Cohesion)

- 交通開放の道路で、ある一定期間後の Cohesion  
の状態を調べてみると、確かに硬いアスファルト  
・バインダーでも軟かいアスファルト・バインダ  
ーでも両方とも剝離を生じてはいるが、硬めのア  
スファルト・バインダーのほうが、より良い状態  
である。この差異の理由は明らかでないが、多分  
アスファルトのステッフネスの差異による原因と考  
えられる。

- 使用するアスファルト・バインダーや骨材が指  
定された場合、ある種の添加剤を使用すれば Cohe  
sion の低下を防ぐことができるかも知れない。

この場合添加剤の量と、種類が問題である。  
〔つづく〕 (シェル石油株式会社アスファルト部)  
文 献 Shell Bitumen Reprint No. 11, R. I.  
Hughes, D. R. Lamb and O. Pordes ;  
Adhesion in Bitumen Macadam

# 欧洲40日 の旅

## 第2回・デンマーク オランダの巻

工 藤 忠 夫

### (3) デンマーク

この国はスエーデン、ノルウェーと共に北欧3国といい小国ながら社会福祉の進んでいる国として知られています。もっとも世界の自殺率としても第5位にランクされているそうで、暮し易いことと自殺すると言う現象とは必ずしも一致しないことのようです。風光明媚という言葉がピッタリとする国で、又シェクスピアのハムレットで有名なクロンボルグ城(第10図)を始め多くの古城があり世界的な観光地でもありますので、道路も伸びよく、至る処舗装されております。

面積は4万3千m<sup>2</sup>、人口約450万で年雨量平均約720mm、気温は通常-5°Cから+30°C程度であります。時には-15°から+35°位になるそうです。私はバスに乗り2日間で西海岸の道路を大部分見学しましたが、アスファルト工事で特に注目した事柄について2、3述べてみましょう。第1はアスファルト・プラントです。このように小さな国でも我国と比較すれば非常に規模の大きなもので、コペンハーゲンにある Dansk Dammann会社のプラントは国産で100t/hの能力を有しております。(第11図)

写真右にみえるのがストックピンで、写真には3個し

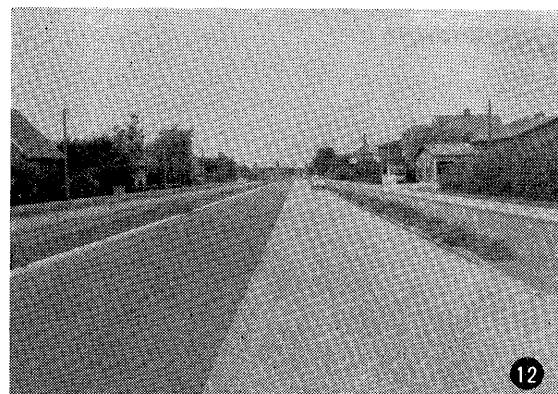


第10図 クロンボルグ城 シェクスピアがこの城を舞台にして史劇ハムレットを作ったので有名である

10



第11図 100t/h の能力を有する Dansk Dammann 会社のプラント



第12図 Luxovit舗装 写真的内側車線は普通のアスコン舗装で外側車線は Luxovit 舗装である

か出でおりませんが実際には6個あり、各ピンは60tの容量があります。ピンの下部は加熱装置が付いていて保温のきくようになっております。国内には50t/h以上の能力を有するプラントが30基位あるそうで、これらが国内各地に散在しており、殆んどの工事がこれらの定置式プラントから合材の供給をうけるわけで経済的且能率的であります。日本では40t/h以上のプラントの国産はまだ軌道に乗らず、輸入台数も10基になったかならないか

の段階にあるに比較して考えさせられる事柄です。我国の公共事業の遅れ、特に道路部門のそれはいか程強調してもし過ぎることはないと思われます。次に Luxovit と言われている軽白色のアスファルト・コンクリートについて申上げます。言う迄もなくアスファルトは黒色ないし黒褐色のものですから、普通のアスコンはブラックですが Luxovit はセメントコンクリート舗装のようにホワイトであります。(第12図)

この国の河川砂利の中から採集される blue flint(火打石)を24時間約800°Cの高温で焼くと真白に変色するので、これを最大径6mmに破碎し普通の骨材に約40~50%混用して作った合材で舗設すると、路面はフリントの色の白色になります。この国の特許品でありますが欧州各地に輸出されて可成り広範囲に使用されております。又割合に褐色の勝ったアスファルトにベニガラを入れて造った紅いアスファルト・コンクリートも時に用いられ、ある中学校の校庭に3色でデンマークの地図を画いた舗装を見うけました。(第13図)

最後に Cold fine asphalt について一寸申上げます。 $\frac{1}{16}$ " (6.4mm) 以下の骨材とカットバック・アスファルト又は針入度の非常に大きなストレート・アスファルトを加熱混合したもので、骨材が細かいのでファイン、又加熱温度が100°C以下で且場合によってはストック・パイアルから撒布することも出来るのでコールドと名付けられています。ストック・パイアルからもって来て舗設するのは小修繕の場合が多く、通常はプラントで加熱混合したものを、そのまま運搬して来てフィニッシャーで舗設するので、普通のアスコンと大差はありません。

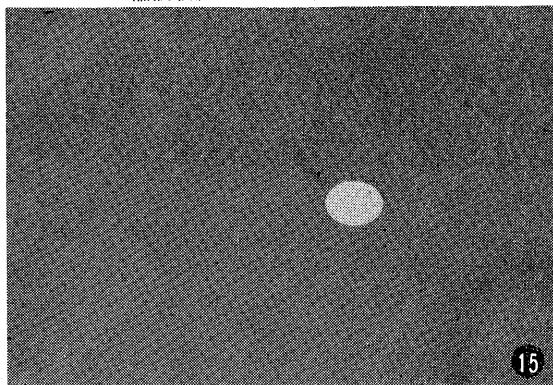
アスファルトは針入度200位のものを10~15%のアントラセン油又は重油、軽油その他でカットバックしたものが多く、時には針入度300ないし700程度のストレートを用います。骨材は $\frac{1}{4}$ " 通過から No. 200 通過までの間のものが適当に分布していることが必要で、貯蔵しても固結せず、低温で撒布出来、且ローラーで輻圧後は安定した舗装が出来なければならないのですから可なり面倒なものです。輻圧された後の骨材の安定は主として骨材の噛み合せによるものであり、アスファルト・バインダーは補助的作用を為すものであろうと言われております。勿論重交通の道路には使用しておりませんが、軽交通下又はフレキシブル・ベースとして好結果を挙げております。仕上り面は文字通りのサンドペーパー状で滑り抵抗は理想的と思われました。骨材としては鉱滓が最も良いとの話であります。我国のシートアスファルトもこの様にモディファイしては如何なものでしょうか。尚これに関連のあることですが、最近はブローカンサンド或いはスクリーニングを多量に使用することが各



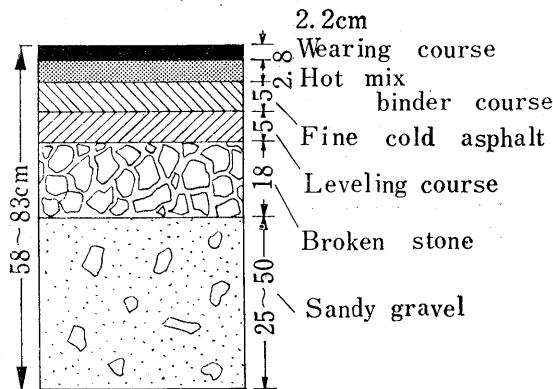
第13図 3色のアスファルト・コンクリートで  
デンマークの地図を画いた校庭の舗装



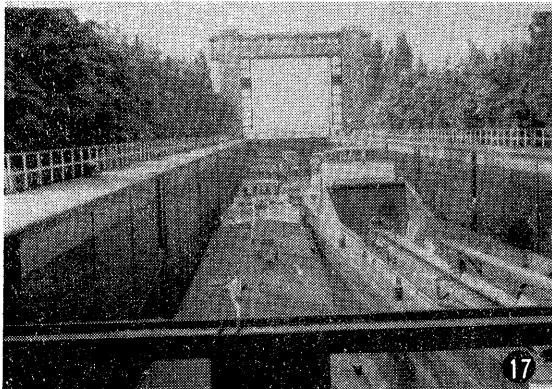
第14図 フайн・コールド・アスファルトの  
舗設状況



第15図 理想的なサンド・ペーパー状を示して  
いる。コールド・ファイン・アスファル  
トの仕上り面

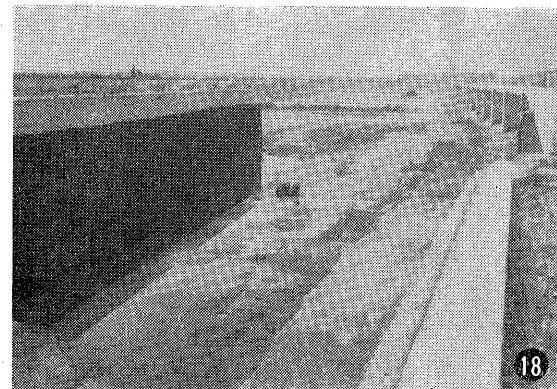


第16図 デンマーク国道断面の1例



17

第17図 古いロック、上下流水面差が約10mである



18

第18図 エントランス ベージン、新ロックより上流側の底面のアスファルトコンクリート舗装は完了

国で盛んであり、この傾向は我国でも研究されているようあります。勿論細かい骨材は生産費が高くなるので、イギリスのように安く入手出来る環境条件のある処は極めて有利で、ファイン・コールド・アスファルトもイギリスが一番盛んなようあります。第14図、第15図は舗設状況とその仕上り面です。

第16図はこれをフレキシブルベースに用いた舗装の一例でデンマーク国道の断面の1つであります。

このコールド・ファイン・アスファルトについては本誌21号にハリス氏の詳細な論文がありますので、これ以上の説明は省くことに致します。

#### 4. オランダ

この国は昔から Hydraulic Work が有名で、私も主としてこの方面に用いられているアスファルト工法について勉強させて頂きました。Liege と Rotterdam を結ぶ Juliana 運河で Born 附近のロックを更にもう1つ建設する工事は、1960年より開始され丁度舗装の真最中でした。

ロックの上下流に跨って約延長 2K 以上、幅員約 150 m、水深 6m の entrance basin を法面底面共全部アスファルト舗装をしております。厚さ 12cm ないし 13cm の 2 層式アスファルトコンクリートが 121,000m<sup>2</sup>、3mm 厚のアスファルト・ナイロン・ファブリックが 97,000m<sup>2</sup>、10cm 厚のアスファルト・マットレスが 70,000m<sup>2</sup> 使用されております。これについては後日詳細を報告する心算ですので、今回は第17図からの写真を説明するだけ止めたいと思います。（註：第17図以下の各写真下の説明文を参照）

オランダは現在西海岸地方の干拓と言う雄大なデルタ・プランを推進中であります。Rotterdam 市の東南 Ridderkerk 附近から西海岸の島々を結んで Walcheren 島の Middelberg 附近に至る、延々 100km 以上に及ぶ海岸堤防を築造し一大干拓を行おうとするもので、第21図に示す通りであります。この最南部に近い Walcheren 島と Nord-Beveland 島を結ぶ Veeregat dike 工事を観察致し



19

第19図 法面のアスファルトコンクリート、シールコートを施工中であった



20

第20図 底面のアスファルトコンクリート舗設状況

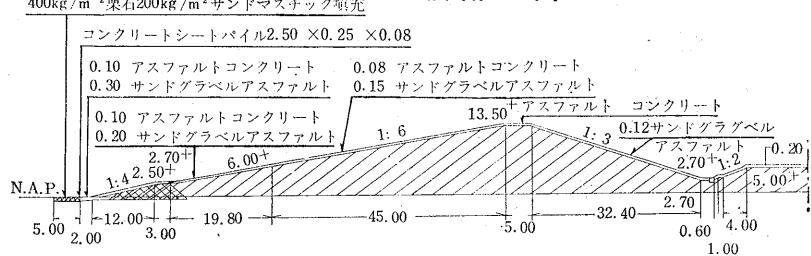


第21図 デルタ プラン

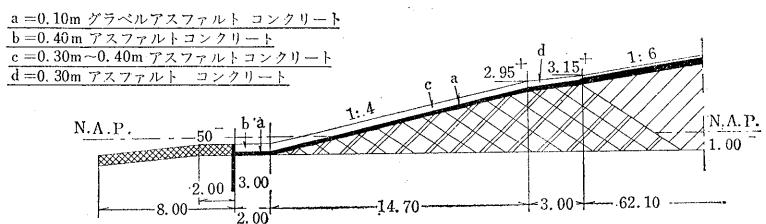
ました。1958年に着手し、1960年仮締切を終り目下完成を急いでおります。堤の延長は海中で約1,700m、断面は、第22図の通りで、第23図に見られるように、海底の砂を浚渫して堤防を造成し、法の最先端にはシートバイルを打ち込みバイルの外側は厚さ20cm中央に麻綱を蔵しているアスファルトマットレスを置き、内側は当初砂利アスファルトコンクリートを舗設致しましたが、これでは波浪に対して弱いことが判った為、1960年よりは栗石にマスチックを填充する工法に変更致しました。第24図はマスチックの施工状況で、第25図はこの断面を示したものであります。又第26図は法面のサンドグラベル・アスファルト・コンクリート、第27図はその上に舗設された2層のアスファルト・コンクリートで、第28図は完成図であります。〔次号につづく〕

(世紀建設工業株式会社)

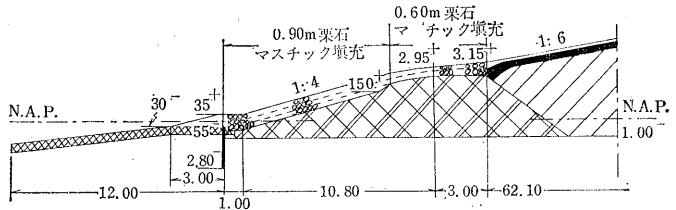
### 一般断面図



### 1959年築造断面

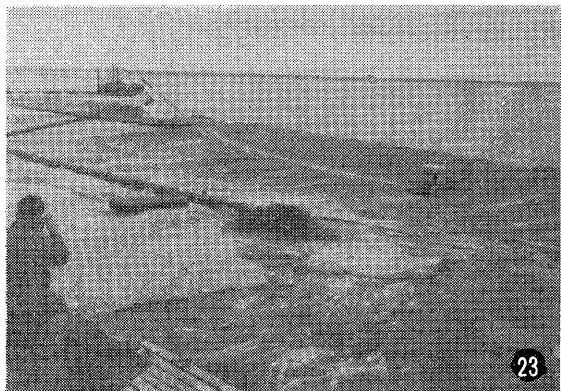


### 1960年築造断面 1961年築造断面



### 第22図 Dike Veeregaat

N. A. P. =Normal Amsterdam Ordnance Datum



第23図 海底の砂を浚渫して堤体を築造している状況

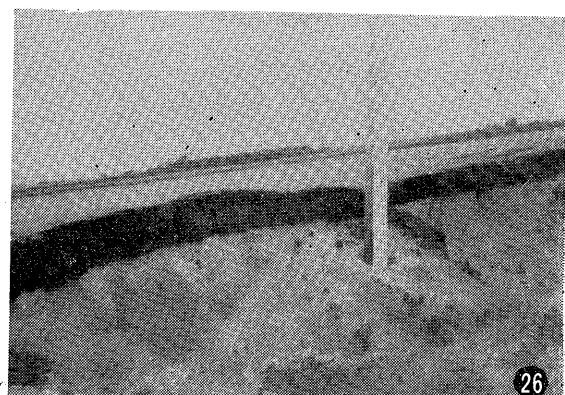


第24図 栗石にマスチックを填充しているところ、碎石の大きさは直径20乃至40cm、総厚90cm、マスチックは約700kg/m<sup>2</sup>使用されている



25

第25図 マスチックは栗石層の下迄ほぼ完全に  
填充されていて波及に対する抵抗は非常  
に大きい



26

第26図 法面下層のサンドグラベルアスファル  
トコンクリートで厚さは外側法尻の 30  
cm から漸減して法の上端で 15cm になる



27

第27図 上層のアスファルト・コンクリートの  
厚さは 10cm から 8cm 迄変化する



28

第28図 天端から 2m 下迄の間は、波はとどか  
ないが風による砂の移動を防ぐ為と美観  
上コンクリート・ブロックを張っている

編集委員（順不同）

谷藤 正三・村田 泰三・井上 孝・高橋 国一郎・竹下 春見・木村 保  
神保 正義・酒井 重謙・村山 健司・菊地 栄一・南部 勇

アスファルト 第5巻 第24号 昭和37年2月4日発行

社団法人 日本アスファルト協会

発行人 南 部 勇

東京都中央区新富町3～2 石油会館内

TEL 東京(551) 1131～4

印刷・光邦印刷株式会社

# 社団法人 日本アスファルト協会会員

アスファルトの御用命は本会加盟の生産・販売会社へ

優れた生産設備と研究から

品質を誇るアスファルトが生み出され

全国に信用を頂いている販売店が

自信を持ってお求めに応じています

定評あるアスファルトの

生産・販売会社はすべて本会の会員になっております

## 贊助会員

新亞細亞石油株式会社 (501)5350

大協石油株式会社 (561)5131

出光興産株式会社 (211)5411

丸善石油株式会社 (201)7411

三菱石油株式会社 (501)3311

日本石油株式会社 (231)4231

日本鉱業株式会社 (481)5321

昭和石油株式会社 (231)0311

シエル石油株式会社 (231)4371

昭和化工株式会社 (591)5416

三共油化工業株式会社 (281)2977

昭和石油瓦斯株式会社 (591)9201

## 正会員

### ☆東京☆

|               |                  |            |        |
|---------------|------------------|------------|--------|
| 朝日瀝青株式会社      | 東京都千代田区神田旅籠町1の11 | (291) 6411 | 大協     |
| 恵谷産業株式会社      | 東京都港区芝浦2の1       | (451) 2181 | シエル石油  |
| 恵谷商事株式会社      | 東京都港区芝浦2の1       | (451) 2181 | 三石     |
| 株式会社富士商会      | 東京都港区三田四国町18     | (451) 4765 | 丸善     |
| 株式会社木畑商会      | 東京都中央区西八丁堀2の18   | (551) 9686 | 日鉱     |
| 国光商事株式会社      | 東京都中央区銀座東6の7     | (541) 4381 | 出光     |
| 三菱商事株式会社      | 東京都千代田区丸の内2の20   | (211) 0211 | 三石     |
| マイナミ貿易株式会社    | 東京都中央区日本橋堀留町2の2  | (661) 2906 | シエル石油  |
| 株式会社南部商会      | 東京都中央区日本橋室町3の1   | (241) 4663 | 日石     |
| 中西瀝青株式会社      | 東京都中央区八重洲1の3     | (271) 7386 | 日石     |
| 新潟アスファルト工業(株) | 東京都港区芝新橋1の18     | (591) 9207 | 昭石     |
| 日本磯油東京支店      | 東京都中央区日本橋室町2の4   | (201) 9413 | 昭石     |
| 日商株式会社        | 東京都千代田区大手町1の2    | (231) 7511 | 昭石     |
| 瀝青販売株式会社      | 東京都中央区銀座東6の7     | (541) 6900 | 出光     |
| 株式会社沢田商行      | 東京都中央区入船町1の1     | (551) 7131 | 丸善     |
| 清水瀝青産業株式会社    | 東京都港区芝松木町63      | (451) 0463 | 昭和石油瓦斯 |

◎アスファルトの御用命は日本アスファルト協会の加盟店へどうぞ◎

|                |                      |            |       |
|----------------|----------------------|------------|-------|
| 三共アスファルト株式会社   | 東京都千代田区丸の内1の2        | (281) 2977 | 三共油化  |
| 東新瀝青株式会社       | 東京都中央区日本橋江戸橋2の5      | (271) 5605 | 日石    |
| 東京アスファルト株式会社   | 東京都港区芝田村町2の14        | (591) 2740 | 新亜細亞  |
| 東京通商株式会社       | 東京都中央区京橋3の5          | (535) 3151 | 日石    |
| 東洋国際石油株式会社     | 東京都中央区日本橋本町4の9       | (201) 9301 | 大協    |
| 梅本石油東京営業所      | 東京都港区麻布新網町2の15       | (481) 8636 | 丸善    |
| ☆横浜☆           |                      |            |       |
| 株式会社山中商店       | 横浜市中区尾上町6の83         | (8) 5587   | 三石    |
| ☆名古屋☆          |                      |            |       |
| 朝日瀝青名古屋支店      | 名古屋市昭和区塩付通4の9        | (88) 1210  | 大協    |
| 株式会社名建商会       | 名古屋市中区宮出町41の2        | (24) 1329  | 日石    |
| 名古屋シェル石油販売株式会社 | 名古屋市西区牛島町107         | (54) 6757  | シェル石油 |
| 株式会社沢田商行       | 名古屋市中川区富川町3の1        | (32) 4515  | 丸善    |
| 株式会社三油商会       | 名古屋市中区南外堀3の2         | (23) 3205  | 大協    |
| ☆京都☆           |                      |            |       |
| 株式会社上原成介商店     | 京都市上京区丸太町通大宮東入藁屋町530 | (84) 5301  | 丸善    |
| ☆大阪☆           |                      |            |       |
| 大阪朝日瀝青株式会社     | 大阪市西区南堀江1番丁14        | (53) 4520  | 大協    |
| 枝松商事株式会社       | 大阪市北区道本町41           | (36) 5858  | 光出    |
| 池田商事株式会社       | 大阪市福島区鰐洲本通1の48       | (45) 7601  | 丸善    |
| 松村石油株式会社       | 大阪市北区絹笠町20           | (36) 7771  | 丸善    |
| 丸和鉱油株式会社       | 大阪市南区長堀橋筋2の35        | (211) 3216 | 丸善    |
| 三菱商事大阪支店       | 大阪市東区高麗橋4の11         | (27) 2291  | 三石    |
| 中西瀝青大阪営業所      | 大阪市北区老松町2の7          | (34) 4305  | 日石    |
| 日本建設興業株式会社     | 大阪市東区北浜4の19          | (23) 3451  | 日石    |
| 三徳商事株式会社       | 大阪市東淀川区新高南通2の22      | (39) 1761  | 昭石    |
| 東京通商大阪支店       | 大阪市東区大川町1番地          | (202) 2291 | 日石    |
| 梅本石油株式会社       | 大阪市東淀川区新高南通1の28      | (39) 0238  | 丸善    |
| 山文商事株式会社       | 大阪市西区土佐堀通1の13        | (44) 0255  | 日石    |
| 株式会社山北石油店      | 大阪市東区平野町1の29         | (23) 3578  | 丸善    |
| 北坂石油株式会社       | 堺市戎島町5丁32            | (2) 6585   | シェル石油 |
| ☆神戸☆           |                      |            |       |
| 川崎物産株式会社       | 神戸市生田区海岸通8           | (8) 0341   | 昭石・大協 |
| ☆九州☆           |                      |            |       |
| 丸菱株式会社         | 福岡市上土居町22            | (2) 2263   | シェル石油 |
| 畠畠油株式会社        | 戸畠市明治町2丁目            | (8) 3625   | 丸善    |