

アスファルト

第9巻 第49号 昭和41年4月発行

ASPHALT

49

社団法人 日本アスファルト協会

ASPHALT

目 次 第 49 号

名神高速道路の維持補修について	近 藤 茂 夫 2
解説アスファルト舗装(1)	金 谷 重 亮 9
めいろん・たくせつ	竹 下 春 見 9
アスファルト舗装回顧録(最終回)	明 日 春 人 14
舗装用アスファルトの新規格試案について.....	岸 文 雄 16
不良な骨材のアスファルト混合物について.....	鳥 居 敏 彦 20
	筑 瀬 懋 24



読者の皆様へ

「アスファルト」第49号、只今お手許にお届け申し上げました。

本誌は当協会がアスファルトの品質改善を旨として需要家筋の皆様と生産者側との技術の交流を果し、より一層秀れたアスファルトをもって、皆様方の御便宜を図ろうと考え、発刊致しているものであります。

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

本誌が皆様方の利用面における有力な参考資料となることを祈りつつ今後の御愛読を御願ひ致します。

社団法人 日本アスファルト協会



VOL. 9, No. 49 APRIL 1966

ASPHALT published by **THE JAPAN ASPHALT ASSOCIATION**

Editor • Isamu Nambu

名神高速道路の維持補修について

近藤 茂夫

金谷 重亮

1. まえがき

名神高速道路は昭和38年7月16日にまず尼崎～栗東間71.1kmが開通し、その後39年4月12日に栗東～関ヶ原、そして9月6日には一宮まで完成して、ここに昭和40年7月1日名神は西宮～小牧間全線開通し、建設段階から管理段階へ移行したのであるが、それに伴い高速道路としての計画、設計、施工及び維持管理についての問題点が明らかになりつつあるが、ここでは主として舗装維持補修の問題点について記述する。

2. 名神の維持改良費について

昭和40年度の名神の維持改良費は47,270万円であるが、その主たる実施内訳は次の通りである。

構造物前後沈下補修	10,440千円
西宮～大津	5,200
大津～一宮	5,000
一宮～小牧	240
部分補修	8,600
西宮～大津	6,500
大津～小牧	2,100
舗装補修	20,980
山科地区	13,400
大垣, 安八軟弱地帯簡易舗装補修	7,580
上記小計	40,020
大垣安八ボーリング及び動態調査	10,500
コンクリート舗装目地舗装	240
レーンマーク	26,210
路面清掃	12,020
" 燃料油脂等	2,843
巡回用燃料油脂	6,377
上記小計	58,190
ノリ面補修	21,670
西宮～大津	4,810
大津～小牧	16,860
ノリ面草刈	2,828
ノリ面施肥	900

排水施設補修	3,420
排水施設維持	2,700
植栽維持	31,280
植栽維持管理	25,140
樹木等補植	6,140
上記小計	62,798

防護柵補修	3,590
立入防止柵補修	1,717
デリニューター補修	1,250
標識補修及び洗滌	3,090
交通管理施設電力料	3,000
上記小計	12,647

伸縮継手高欄清掃修理	3,080
部分塗装	1,060
排水系統修理清掃	612
中央分離帯(オートガード)補修	897
釈迦池PC橋振動観測及び補修	1,800
上記小計	7,449

トンネル維持管理費	小計 58,287
インターチェンジ維持管理費	小計 49,473
サービス・エリア及びパーキングエリア維持管理費	小計 29,220
雪氷対策費	小計 75,300
除雪	15,000
凍結防止剤	47,270
燃料油脂	1,670
施設	8,400
気象状況調査委託	2,960
通信施設維持管理費	小計 20,900
機械器具費	小計 26,117

以上の合計を名神全延長189kmで除く、年間km当りの維持管理費を求めると233万円となる。これを1957年又は1958年の米国の年間維持補修費と比較したものが表

—1である。

表—1 フリーウェイ及び名神高速道路維持補修費

道路名	維持補修費年間総額(1キロ当り)
ニューヨーク・スルーウェイ	187万円
ニュージャージー・ターンパイ	430万円
ロサンゼルス・フリーウェイ	220万円
(延長225キロ)	
ロサンゼルス地区のフリーウェイ	474万円
(植栽造園地区, 延長50キロ)	
名神高速道路 (延長189キロ)	230万円

表—1によれば全延長のほぼ等しいロサンゼルスフリーウェイと名神は年間維持費は殆んど等しいし、更にトンネルの維持管理及び冬期凍結防止を名神が必要としていることを考えるならば、むしろ名神の維持管理費は他に比較して低いとさえいえる。他に比較して低いのは開通時期が比較的最近であり路面状況が極めて良好であり、名神維持補修費のうち路面補修の占める割合が下記に示すように他と比して少ないからであるが、将来はこれらの要因が付加され年間維持補修費は当然増大することが考えられる。

このように高速道路の維持補修費が、他の一般国道に比較して、5～20倍の費用を要する要因は、いろいろの理由があるが、主として影響するものを上げれば次の通りである。

1. 高速道路は道路のエリートである。高速道路の有料制及び巨大な資本投下が基準の高い維持補修を行なうことを必要としている。一般走行者もまた構造上の維持補修においても、清掃、塗装、除雪凍結防止、トンネルの照明換気管理等の定常的作業においても、これらが共に高い水準でなされることを期待している。

2. 構造規格において高速道路はこれまでの道路より大規模である。高速道路は車線数が4で、路肩が広く、また多くの在来道路にはあまり見られない中央分離帯、インターチェンジ、パーキング、サービスエリア及びバス・ストップをそなえている。

3. 構造物の数及び寸法は普通の道路に比して高速道路はより大きい。これは他の道路及び鉄道とはすべて立体交差であり、構造物上に路肩、中央分離帯を設置するためである。

4. 標識、ガードレール、デリニエータ及びマーキングのような交通設備は、高速道路では非常に一般的に用いられている。標識は数においても大きさにおいても一般道路に比していちじるしく大きく、反射式の標識が用いられている。名神高速道路の標識数はkm当り平均5箇所である。

5. 立入防止柵は一般道路ではまれであるが、高速道路ではすでに常識となっているが、これも維持補修を必要とする。

6. 名神高速道路の路面凹凸は極めて良好であり、構造物の近傍沈下個所を、周囲の凹凸状況と平均的狀態に維持するためには、精度の高い補修を頻度多く実施する必要がある。

7. 植栽及び中央分離帯の芝の維持補修費がかかる。

8. 高速道路では車輛の走行速度が大であるため、維持補修作業が面倒になり、費用が余計かかる。高速道路上で2人の作業員が安全に維持補修を行なうためには更に安全確認、作業標識移動のため数名の作業班になる。作業はできるだけ交通に障害をあたえないよう計画し、作業標識を数多く設置し、作業日は土曜日及び日曜日を除き、作業時間を切り詰めなければならない。

高速道路の維持補修の作業員は次のことを常に念頭におく必要がある。即ち、「維持補修の作業によって走行車道の一部を占有するときは、その当然の権利があるのではなく、むしろ黙認されてそこにあるのであることを認識しておかなければならない。作業員はゆずれるときは自動車運転者に常にゆずらなければならない。」である。この観点からすれば、名神のレーンマークの再塗装工のように最新式の施工性の優れたレーンマーカーで交通障害をできるだけ減少させ短時間で施工を終る工法は極めて良好であり、他の工種においても、このような工法を開発しなければならない。

以上の要因により高速道路の維持補修は他の一般道路に比較して費用を要する。

次に米国の各州のアスファルト舗装道路の各維持費の占める割合を表—2に示す。

表—2 米国の各維持補修費の占める州平均パーセント

舗装	43.6%	除雪	8～30%
路肩	5.0%	交通管理施設	10.6%
排水	4.5%	構造物	1.0%
路側(ノリ面, 用地内)	9.0%	その他	10%

これによると舗装維持に重点が置かれていることが認められる。名神の各維持補修費の占める割合を示すと表—3の通りである。

表—3 名神高速道路各維持補修費の割合

舗装	10.0%	除雪	17.1%
路肩	0%	交通管理	22.5%
排水	1%	構造物	0.5%
路側	14.3%	トンネル	13.2%
その他	21.4%		

舗装の占める割合は少なく、交通管理費の22.5%のうちインターチェンジ維持費が11.2%、サービスエリア及びパーキングエリアが6.6%である。又トンネル維持費は13.2%を占めているが、トンネルはkm当り1291万円になり、これは名神のkm当り維持補修費の5.3倍に当り高速道路の維持においてトンネルの維持管理がいかに負担になるか如実に示されている。トンネルは単に費用がかかるだけでなく二十数名の人員を現存させている。名神高速道路の維持補修費のうち交通管理、トンネル除雪等の定常経費は約76%を占め、僅か24%がノリ面補修及び舗装維持補修に用いられているに過ぎない。

今後交通荷重による舗装の凹凸発生に伴い、舗装補修費が必要になる時期が数年後に来た場合——これは栗東インター～茨木インターの重荷重地域の走行車線のワダチ部に、ヘアークラックが局部的に数箇所発生したことで証明される——現在以上の維持補修経費が必要となることが確実である。従って現在の規模におさえるためには定常経費削減のための再検討を要する。

3. 舗装維持補修について

前項で示したように名神の維持補修費のうち僅か10.3%が舗装の維持補修に用いられているに過ぎない。名神の施工直後のアスファルト舗装の平坦性はプロヒルメータによるプロファイルインデックス*では平均5.0cm/km路面凹凸パワースペクトル**によれば米国の very very good highway よりも良好であり、世界最高の出来栄であることが十分確認された。注 *「清路1965年4月号「路面**「凹凸の研究(2)」を参照。

土工及び舗装工における嚴重なる施工管理により山科地区(試験舗装区)を除いて今迄発生した欠陥はすべて橋梁高架及びカルバートの裏込め部の局部沈下により発生している。山科地区の上り線(名古屋方向)はクラックの発生によりディック・シールで2cm厚でオーバーレイしたがその後の経過は良好であり、Riding Qualityも極めて良好に改善された。この区間は試験舗装として昭和36年3月に完成し、その後一年間交通供用されず放置され、更に中央分離帯の排水設計欠陥のため路面にたん水し排水設計改良のデータを提供した個所である。従ってこの区間は名神における例外区間と考えられる。

施工後又は開通後数カ月の短時日に2~5cmの局部沈下が図-1に示すように構造物裏込め部に発生した。更にプロヒルメータによる測定結果を図-2に示す。補修後のプロヒルメータによる測定結果を図-3に示すが、

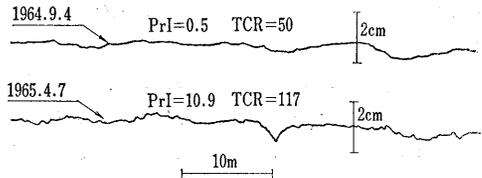


図-1 高架取付け部の局部沈下例

図-2 同一地点のプロファイル変化
(プロヒルメータ測定)

a) 盛土区間

上り走行(内阿原橋より名古屋方向50m)



b) 構造物接続部

上り走行(内阿原橋 名古屋側) エキスパンションジョイント

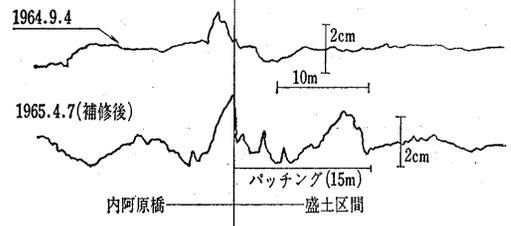
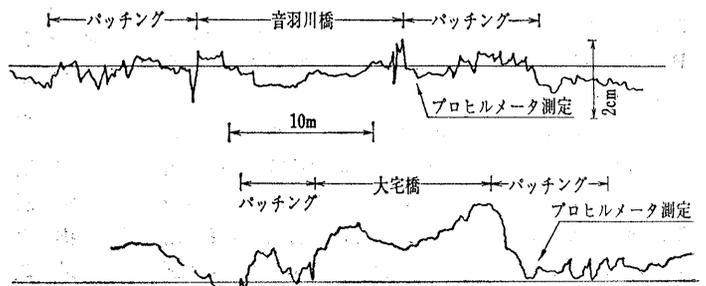


図-3 1965. 7. 20 現在の名神下り走行車線のバッチング後のプロヒルメータ記録



この結果によればパッチングを行っても仕上り及び Riding Quality が格段向上するのは例が少なく、最悪の場合は施工前より悪化する。

昭和40年度舗装補修箇所及び数量を表一4に示す。

表一4 昭和40年度舗装補修表

施工区間	施工時期	施工箇所数	補修面積	舗装はぎ とり面積
梶原トンネル西側	7月～8月	10	2,712.8(m ²)	574.0(m ²)
山科地区 ^{***}	6月～6月	1	41,990.0	251.6
大津～八日市	9月～11月	36	4,218.1	2,087.0
八日市～関ヶ原 (その2)	10月～12月	67	2,639.9	1,746.0
八日市～関ヶ原 (その1)	7月～8月	7	751.0	—
草津	4月～4月	1	7.3	—
西宮～高槻	11月～12月	34	5,438.8	3,233.5
高槻～大津	11月～12月	54	6,232.4	2,936.2
小計		210	63,990.3	—
関ヶ原～一宮	4月～4月	11	1,728.0	—
〃 (その1)	7月～8月	12	3,461.5	73.8
〃 (その2)	9月～11月	40	8,358.6	244.0
小計		63	13,548.1	—
合計		273	77,538.4	—

^{***}ディックシールオーバーレイ

構造物すりつけ部及びエキスパンションジョイント近傍部の施工要領は次の通りである。

(1)一般事項

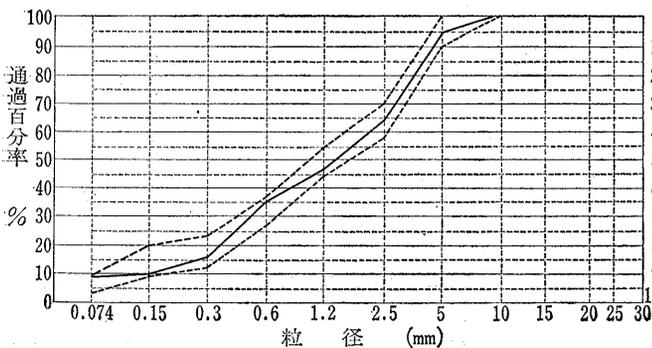
(イ)工事施工箇所は常に自動車が行っているため交通の支障及び作業員の保安については、十分注意すると共に対策を講じなければならない。

(ロ)工事は土、日曜日及び夜間作業を行ってはならない。工事が2車線にまたがる場合は、1車線は常に交通に開放して支障なく行なわなければならない。

(2)数量の検測

数量の検測は使用したアスファルト合材の数量 (ton) で行なう。

(3)アスファルト合材の配合



図一4 補修用アスファルト合材の粒度

(イ)使用するアスファルトはストレートアスファルト 60～80, 80～100とする。

(ロ)アスファルト合材は最大粒径を 4.760mm とし、その粒度範囲は表一5のとおりとする。これを更に図一4に示す。

表一5 アスファルト合材の粒度範囲

フルイ (JIS)	通過重量百分率 (%)
4,760μ	90～100
2,300μ	58～70
1,190μ	45～55
590μ	27～37
420μ	16～25
297μ	12～23
149μ	10～20
74μ	4～10

(ニ)マーシャル試験値は共通仕様書のサーフェースのうちフロー値のみ 8～15とする。

(4)合材の運搬

補修箇所の合材量が少ないので温度の低下を防ぐと共に、一度に多量の合材を運搬せず必要量を、その都度現場に運搬しなければならない。

(5)タックコート

タックコート	PE-4
使用量	0.3t/m ²

(6)合材はレーキで敷均らし、仕上り面が規定に合格するよう施工する。

(7)締固めはマカダム及びタイヤローラで行なう。

(8)削取りは炭火又はカッターで最小1cm厚で規定幅削り取る。

(9)プラントは 20t/hr 以上で次の許容誤差に入る合材を生産するもの。

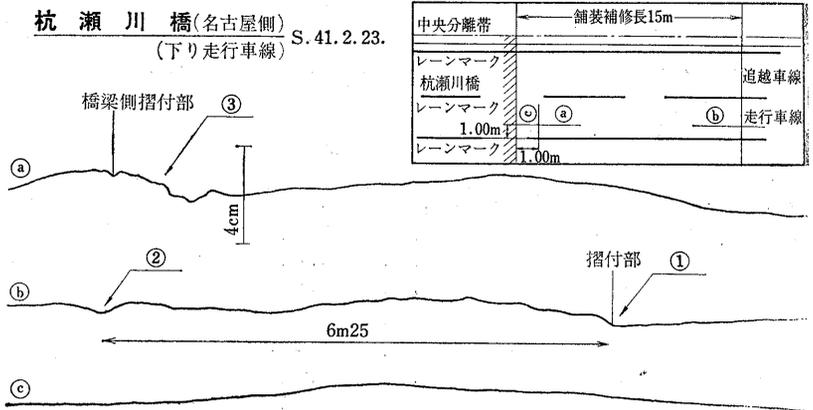
表一6 許容誤差表

骨材	許容誤差
4760μ 以上フルイ通過量	±10%
2000μ フルイ通過量	±5%
420μ	±5%
177μ	±3%
74μ	±3%
合材の温度	±20%

以上の要領により延長 20m～15m の補修を行なっているが、図一3に示すように手で敷均らすために及び最近では一度ダンプから鉄板に受けてから敷均らすような、ていねいな方法をとらなくなったために、パッチング面に波長の小さいコルゲーションが短時日に発

生し、パッチング面全体の乗心地を極めて悪くしている。更に図一五に示すように舗装面にゼロにすりつける部分①で削り取って敷均らさない場合は材料が通行車輛によりはく離されて5mm程度の段差で安定し、②の点まで延長6m25の凸部が発生し約3~6mの波長の短い波が続いて、③の点で構造物に約1.3cmの段差ですりついている。㉔線も直線になっていない。わだちの発生も見えていない。しかし決して満足すべき形状ではない。

図一五 補修後パッチングのプロヒログラフによる形状



山科地区下り線に図一六に示すクラックが発生したので、クラックにより不安定部分を削り取った後ディックシールにより2cm全幅にわたって41,990m²オーバーレイした。

ディックシールの施工要領は次の通りである。

①フィラーは炭酸カルシウム石粉を用いるものとし、公団の許可をえて消石灰を併用することができる。

②ディック・バインダーは Dope (特殊添加剤) を使用し、接着性と柔軟性を高め、うすい強じんな舗装ができるように加工した歴青材であり、次の規格に合格したものでなければならない。

ディック・バインダーの規格

引火点 (タグ開放式) °C 66以上
粘 度 (セイボルトフォーロール) 82°C, Sec 300~600

蒸留試験 (360°Cまでの留出量に対する容量)%
225°C 0
260°C 5以上
316°C 20以上

残留分 (360°Cにおける容量) % 82以上
360°Cにおける蒸留残留分の性

針入度 (25°C, 100g, 5sec) 100~300

伸度 (25°C) 100以上

四塩化炭素可溶分% 99.5以上

(3)合材の粒度

フルイ目	通過重量百分率%
10mm	100
5mm	85~100
2.5mm	65~85
0.6mm	25~50
0.3mm	15~33
0.15mm	5~20



図一六 名神山科下り線のクラック発生状況



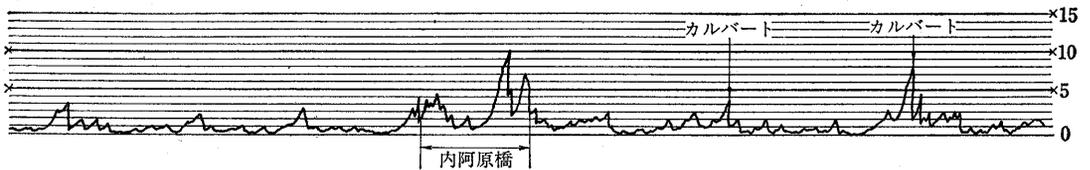
図一七 ディックシール施工中の山科下り線

0.074mm 3~8
バインダー量 7~8

(4)施工

(1)ディックシールを舗設する場合は、あらかじめ3m直線定規をあてて1cm以上のくぼみがある場合は、あらかじめディックシール混合材等でくぼみをうめ、ローラで転圧し、不陸を矯正する。

図一 8 名神下り線乗心地測定結果 (1965. 12)



(ロ) タックコートは既設舗装面を清掃した後カットバックアスファルト(MC-3)を m^2 当り0.5 l をディストリビューター又はスプレーで均等に散布する。

(ハ) ディックシールの混合はアスファルトプラントを用いて混合する。加熱温度の標準は次の通りである。

ディック・バインダー 90~125°C
骨材 150~180°C
混合材の温度 135~165°C

(ニ) 既設アスファルト舗装へのすりつけは縦断延長30mで行ない、被覆厚が最小限2cm以上になるようにすりつける。

(ホ) ディックシール被覆工を施工した後、追越車線と側帯との境界をコンクリートカッターで幅4mmで既設舗装面まで完全に切断する。

(ヘ) (ホ)の目的、舗装面のクラック又コンクリート縁石とアスファルトコンクリート舗装との間隙は清掃し、完全に乾燥した後、日漕化学kkのトップシールと同等級品以上のもので完全にシールしなければならない。

ディックシール施工後の状況は良好であり、オーバーレイ工法としては興味深いものがある。

4. あとがき

これまで見て来たように、名神維持補修の費用のうち75%はトンネル、照明、除雪等の維持の定常経費であり、特にトンネルの管理費は、平均km当り経費の約6倍であり、合理化を行い過大な設備の不要経費を削減する努力が必要である。この必要性は、当分現在のままの維持補修費が維持され急激な増大が考えられないし、それにもか

表一 7 大垣、安八軟弱地帯補修個所の補修前の沈下(h)及び勾配(h/L×275)

舗装補修個所名	沈下による構造物～盛土間最急縦断勾配					
	上り線			下り線		
	L	h(cm)	h/L×275	L	h	h/L×275
金谷橋	1.8	2.3	1%神	0.2	2.7	5%神
	1.7	2.4	1名	0.2	1.4	3名
杭瀬川橋	1.4	3.3	1神	1.2	3.5	1神
	1.0	2.2	1名	1.2	4.7	1名
大外羽高架橋	1.0	4.2	2神	1.6	4.0	1神
	1.0	2.6	1名	1.4	3.8	1名
内阿原避溢橋	0.7	2.7	1神	1.0	2.6	1神
内阿原橋	2.0	3.4	1神	0.6	1.6	1神
川口高架橋	0.7	2.9	2神	0.9	3.2	1神
揖斐川橋	1.0	3.3	2神	0.2	2.2	4神
	1.5	3.0	1名	0.2	2.0	4名
中橋	1.1	2.8	1神	0.6	3.2	2神
	1.0	2.6	1名	0.3	1.3	1名
長良川橋	0.2	2.4	4神	0.2	2.2	4神
	1.0	2.5	1名	1.2	4.0	1名
南扇橋	0.2	0.9	2神	0.1	1.0	3神
	0.2	2.2	4名	0.2	1.5	3名
鍵田橋	0.2	1.6	3神	0.1	2.0	7神
	0.2	1.8	3名	0.1	1.6	5名
長間高架橋	1.3	2.5	1神	0.1	1.4	4神
	0.5	1.6	1名	0.4	1.5	1名
村内橋	0.3	1.6	3名	0.2	1.8	3名
村東橋	0.7	2.4	1神	0.6	2.0	1神
	0.4	2.2	2名	0.4	1.9	2名
戸塚高架橋	0.2	1.3	2名	0.1	1.3	4名
東浦高架橋	0.3	1.0	1神	0.1	1.4	4神
	0.2	2.0	4名	0.1	1.6	5名
柳坪高架橋	0.2	3.7	4名	0.1	1.8	6名
妙興寺高架橋	0.2	1.3	2神	0.1	1.6	5神
	0.2	1.6	3名	0.1	1.6	5名
上之山高架橋	0.2	1.7	3名	0.1	1.6	5名



かかわらず栗東～茨木間の重交通区間の走行車線に、ヘアークラック及びアリゲータィッドクラックの発生が見

られ、41年度から舗装補修が必要になることにより痛感される。今後舗装、構造物及び塗装の維持補修費の占める割合は、増大するであろう。

舗装補修箇所及び交通荷重によるコルゲーションの発生を調査するため年2回プロヒルメータによる測定記録を行なっているが、この方法は極めて有効である。技術者はクラックが発生したり、僅かの沈下で合材がはく離、アスファルトが残ってよごれているような場合、即ち目で見ても悪い場合直ちに補修をしようとするが、これまでの経験によれば、かなり悪い状況でない限り現在の補修方法では補修以前より Riding Quality を格段に向上させることは不可能である。又目で見える局部箇所を補修しようとする結果、図一8に示すように見かけの悪くない前後の欠陥箇所を、見落す傾向がある。現場で図一8に示す内阿原橋の名古屋側すりつけ部の補修を、早急に行なう必要があるとしたのであるが、内阿原橋の名古屋側のカルバートすりつけ部の乗心地は、内阿原橋と同程度であり、内阿原橋のみを直しても周囲の状況が、格段良くなることは図一8より示される。プロヒルメータの記録によりプロファイルインデックスとともに、構造物すりつけ部の沈下量及びすりつけ勾配を知ることができるから、全く図8—1に示す乗心地の測定結果と同等の結果がえられる。プロヒルメータの測定結果から、直接に沈下形状を知ることができるから補修の資料としてはより簡便である。

表一7は大垣安八軟弱地帯の舗装補修箇所の補修前の

沈下及び勾配を、プロヒルメータ記録より表一7の図の方法で読んだものであるが、おおよそ沈下量2cm以上、勾配2%以上の箇所を補修していることが示されている。この結果は昭和40年度道路4月号「路面凹凸の研究」に示した補修限界に良く適合している。

構造物のすりつけ部の補修結果については、図一3に示したように現在の方法では運搬中に合材が冷えすぎ、タイヤローラの効果がうすく、手仕上げであるため波長の小さいコルゲーションが発生し、更に図一5に示すように構造物すりつけ部と反対側の補修端は、交通により材料がはく離され、約5cmの段差が生ずる。従って、路面状態のすぐれている名神の補修方法として、我々は次の各点を鋭意研究中である。

- (1) 合材の温度低下を防ぐ方法
- (2) スプレディングをホッパー及びタンパーのある簡易機械で行なう。この機械は凹凸を読む装置をそなえている。
- (3) 締固めを小型軽量の機械で行ない、現在のマカダム、タイヤローラと同程度の効果を出す方法を見出す。
- (4) 重交通下でもコルゲーションの発生せず、しかもうすく仕上げられる合材の開発。

以上の各点達成のため、各界から協力を期待するものである。

[筆者：日本道路公団名神管理局技術部補修課]

解説 アスファルト舗装(1)

竹 下 春 見

はじめに

世紀建設の工藤さん達による名解説 “Introduction to Asphalt” が終わったので、それにつづくものとして何か書けという御依頼があった。元来解説物を書くということは並大抵の勉強ではなかなかむづかしいもので、筆者のような不勉強者には荷が重すぎる感じである。しかし指名されて依頼されたからには駄馬に鞭うってでも要望に応えなければならぬであろう。その意味で自分なりには大いに頑張ってみるつもりであるが、間違っただ点や疑問に思われる点がないとは期しがたい。そのようなときには、どしどし欠点を御指摘して頂きたいと思う。

今後書いて行くことが頭の中で既に組立てられているわけではないので、歩きながら考えることにしようと思っている。方針としては文献のあるものはできるだけのことにして。原文でなくて孫引きのものもできるだけのことにする。孫引きの方が一般には手に入り易いものが多いからである。文献を記していないものは筆者がセクション・ペーパー上でひねくり回した結果であるから、ごまかされないように注意して見て頂きたい。計算例はすべてこの原稿用に作ったものをのせる積りであるから、計算違いがあれば御指摘願えれば幸である。

最初のうちは文中にどうしてもある程度の式はでてくるであろう。現場におられる方の中には式がでてくるといやな顔をする人がいるようだが、決してむづかしい式は出ない筈だし、第一筆者もむづかしい式には弱い。式がでてきてもいやがらずに読んでいただきたい。筆者としては、できるだけわかりやすく説明するように、ない知恵をしぼってみるつもりである。

[1] タイヤの接地半径と接地圧

タイヤが路面に接する面積は常識的にも大型車の方が小型車よりも大きい。タイヤの接地面積は近似的に長円に近い。しかし簡単のために円と仮定している。円と仮定すれば半径の大小で接地面積の大小が分かるから便利である。なおその上に後でのべるように、地表面からの深さを接地半径を単位にして測るのが便利なこともある。

荷重の大きい自動車には大きいタイヤを使用するが、どのくらいのタイヤだとどのくらいの接地半径になるかという問題は単純なものではない。タイヤに加わる荷重

を輪荷重というが、輪荷重の大きさによって接地半径は異なる。各国各機関で輪荷重と接地半径の関係が測定されているが、それらを図上にプロットしてみると相当な点がバラツキている。しかし、バス、トラックなど商業車を考えて、平均的な値に近くしかも使用に便利で記憶しやすい形にまとめてみるとつぎの式がえられる。1), 2)

$$a = 12 + P \quad (1.1)$$

ここに a : タイヤの接地半径 (cm)

P : 輪荷重 (t)

この式はデイメンションが左辺と右辺で一致しないが右辺の式を、

$$(12 + P) \times 1 \text{ cm/t}$$

と考えればよいであろう。

接地半径がわかれば、接地圧を等分布荷重として、つぎのようにして求めることができる。

$$p = \frac{P \times 1000}{\pi a^2} \quad (1.2)$$

ここに p : 等分布荷重と考えたときの接地圧 (kg/cm²)

たとえば、輪荷重が 5 t のときには、(1.1) より

$$a = 12 + P = 12 + 5 = 17 \text{ (cm)}$$

(1.2) より

$$p = \frac{5 \times 1000}{3.14 \times 17 \times 17} = 5.5 \text{ (kg/cm}^2\text{)} \text{ となる。}$$

タイヤの接地圧は厳密には等分布荷重にならない。しかしタイヤはゴムできていて相当にたわみ性があるし厳密には等分布荷重とはならなくても、実際には等分布荷重と考えても差支えない。われわれが舗装に関する計算をする場合には未知の要素が多く、そのためにいくつかの仮定をおかなくてはならない。そのことを考えると接地圧は等分布荷重であると仮定しても罪は小さい。

以後計算する場合に、よくでてくる値をあげておくと表 1.1 に示すようである。

表 1.1 輪荷重と接地半径、接地圧の関係

輪 荷 重 (t)	3	5	8	12
接 地 半 径 (cm)	15	17	20	24
接 地 圧 (kg/cm ²)	4.3	5.5	6.35	6.63

[2] 一様地盤の場合の地中の応力と沈下

以下にすこし式がでてくるが、別にむづかしいもので

はない。土質力学の本にはみなものっている式ばかりである。3),4)

2.1. 垂直応力とせん断応力

半径 a なる円形の面積に等分布荷重 p が加わっているときには、図1を参照して、地中には垂直応力、半径方向の応力、接線方向の応力およびせん断応力が生ずる。

われわれ技術者がとくに問題にするのは円の中心軸上の応力がどれくらいになるか、またそのためにどれだけの沈下が生ずるかという問題が多い。タイヤが地表面にのった場合には、地表面の沈下はタイヤの接地円の中心が一番大きく沈下する筈であるからである。

また地盤は弾性地盤で深さ方向にも横方向にも等性質のものでできていると考える。弾性地盤と考えれば、応用力学で学んだように、弾性体の性質は弾性係数(ヤング率)とポアソン比がわかれば、その材料の性質がみなわかるから問題が簡単になる。実際の地盤は土でできているから、完全な弾性体ではない。したがって厳密に言えば、弾性係数とポアソン比だけでは地盤の性質は表現されない。しかし定性的な地盤の性質を他の地盤と比較するというような場合、または大体的見当をつけるというような場合などには、地盤は弾性体であると考えても十分に目的を達することができる。第一土木技術者が使用している公式で100%合うというような公式は殆んどないのではないだろうか。

図1に示すような地中の応力はブーシネスク(Boussinesq)により解かれている。中心軸上の垂直応力は

$$\sigma_z = p \left[1 - \frac{\left(\frac{z}{a}\right)^3}{\left\{1 + \left(\frac{z}{a}\right)^2\right\}^{\frac{3}{2}}}\right] \quad (2.1)$$

ここに σ_z : 地表面から深さ z における垂直応力 (kg/cm²)

z : 地表面からの深さ(cm²),

z/a : 地表面からの深さを接地半径を単位にして測った値

p : 等分布荷重(kg/cm)

(2.1) はどの土質力学の本にもものっているが、注意しなければならないと思われる点は、式のなかに弾性常数(弾性係数とポアソン比)が一つも入っていないことである。弾性常数が一つも入っていないということは、硬い地盤でも軟かい地盤でも、同じ深さに生ずる中心軸上の垂直応力は同じ値になるということである。深さによって垂直応力が減少する状態は図2に示されている。

土質力学で圧密度を計算する場合に、荷重は地中において2:1に分布し、ある深さにおいては中心軸上の垂直圧力が拡大した面積に様に分布すると仮定して計算をすることがある。このように2:1(垂直2, 水平1)分布

図-1 地中に生ずる応力

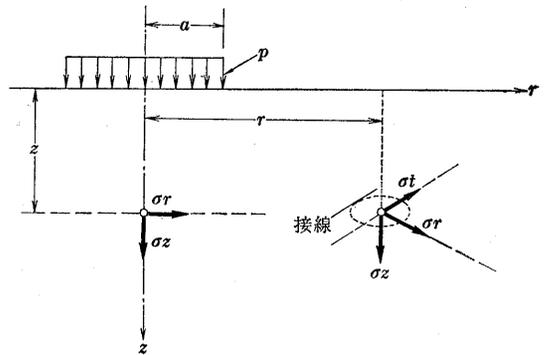


図-2 中心軸上の垂直応力(円形載荷面)

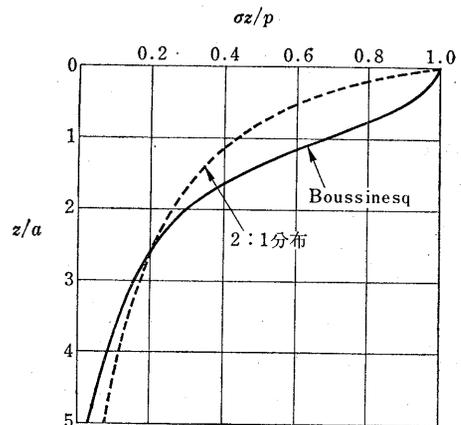
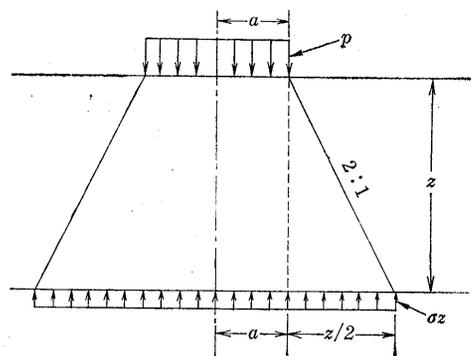


図-3 2:1分布と仮定したときの垂直応力の説明図



を仮定すると図3を参照して、

$$\pi a^2 \cdot p = \pi \left(a + \frac{z}{2}\right)^2 \cdot \sigma_z$$

であるから、

$$\sigma_z = \frac{a^2 p}{\left(a + \frac{z}{2}\right)^2} = \frac{p}{\left(1 + \frac{z}{2a}\right)^2} \quad (2.2)$$

となる。この式よりの計算値をプロットすると図2に点線で示したような関係がえられる。

図2によると2:1分布と仮定して計算した値は深さ

が半径の2倍以上になると、プーシネグの式(2.1)の計算値と割合よく合うようになる。

中心軸上の半径方向の応力 σ_r と接線方向の応力 σ_t とは同じ式で与えられる。半径方向、接線方向の応力が垂直応力と異なる点は式中に弾性常数としてポアソン比が入ってくることである。このことは弾性地盤が違う場合には、垂直応力は同じであるが、半径方向と接線方向の応力は地盤によって同じにならない事を物語っている。

材料はすべて垂直方向に圧縮されれば水平方向にふくらむが、道路用材料はセメント・コンクリートを除いて圧縮された体積だけ水平方向にふくらむものと仮定することが多い。つまり変形をうけても体積はかわらないとするわけで、このような材料を非圧縮性材料という。ポアソン比が0.5のときがこれにあたる。ポアソン比を0.5とすれば半径方向と接線方向の応力は次のようになる。

$$\frac{\sigma_r}{p} = \frac{\sigma_t}{p} = 1 - \frac{3}{2} \frac{\left(\frac{z}{a}\right)}{\left\{1 + \left(\frac{z}{a}\right)^2\right\}^{\frac{3}{2}}} + \frac{1}{2} \frac{\left(\frac{z}{a}\right)^3}{\left\{1 + \left(\frac{z}{a}\right)^2\right\}^{\frac{3}{2}}} \quad (2.3)$$

(2.3)の式はちょっと面倒くさいが、この式を利用することは実際にはすくないから、こういう式があったということをおぼえておくくらいでよい。

中心軸上の応力を問題にしているのであるから、ある深さにおいては、垂直応力 σ_z は大きい方の主応力になり水平方向の応力 σ_r は小さい方の主応力になる。応用力学あるいは土質力学のモールの円のところででてくる関係を見ると、最大のせん断応力は主応力の差の1/2になるから、中心軸上のせん断応力は(2.2)と(2.3)を利用して

$$\begin{aligned} \frac{\tau_z}{p} &= \frac{\sigma_z - \sigma_r}{2p} \\ &= \frac{3}{4} \frac{\left(\frac{z}{a}\right)}{\left\{1 + \left(\frac{z}{a}\right)^2\right\}^{\frac{3}{2}}} \end{aligned} \quad (2.4)$$

となる。この式は時々利用される。

以上の諸式で垂直応力 σ_z 、半径方向応力 σ_r (接線応力も同じ)およびせん断応力を計算した結果が図4に示されている。図をみると深さがますます従って、 σ_z 、 σ_r 、 τ_z すべて減少するが、 σ_r は σ_z よりも急激に減少している。 τ_z はある深さで最大になり、それ以上深さがますます減少するが、減少する割合は余り大きくない。

せん断応力が最大になる深さとその最大値は、式(2.4)を z で微分した式を0とおいて求めることができる。簡単な計算であるが、その結果は——最大になる深さは、

$$\left. \begin{aligned} z &= 0.71a \\ \text{最大せん断応力は} \\ \tau_{max} &= 0.289p \end{aligned} \right\} \quad (2.5)$$

図4 円形等分布荷重の中心軸上に生ずる垂直応力、半径方向応力、せん断応力

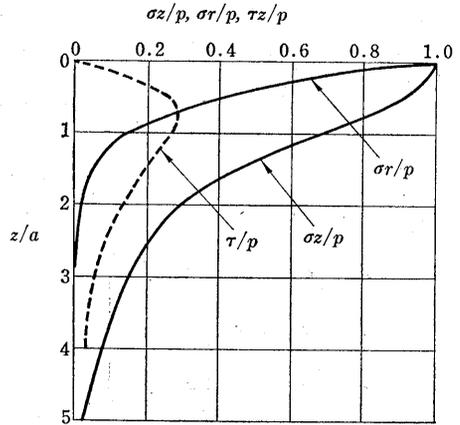
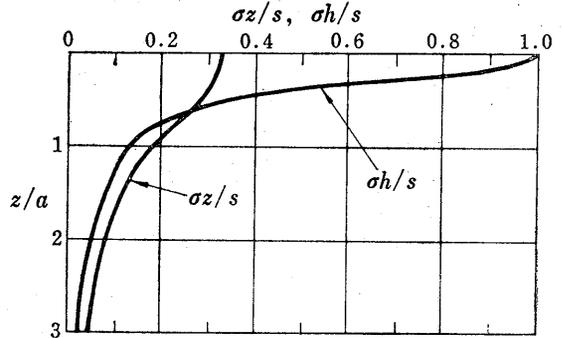


図5 一方向のせん断応力が地表面に加わったときの最大垂直応力と最大せん断応力(Barber, E.S.)



となる。この関係は時々使用されることがある。

2.2 ブレーキをかけられたタイヤによるせん断応力

交差点などでブレーキをかけて停車する場合、あるいは停止していた車が発進する場合などのときには、タイヤと路面との間の摩擦により相当に大きいせん断力が路面に働らくことになる。このせん断力は急停車するときなどには相当に大きい値になる。どのくらいの値になるかは測定方法がむずかしいので余り明瞭ではないが、接地圧の40~80%くらいのものである。せん断力が路面に働いている時間は1/3秒程度であろう。

円形面に一方向に S kg/cm²のせん断応力が働いたときに、中心軸上に生ずる地中のせん断応力 σ_h は図5に示されている。⁵⁾ 図にはせん断応力 S による垂直応力も示されている。

ブレーキなどによる路面に生ずるせん断応力が接地圧の80%であるとすれば、図5より図6を作成することができる。図6の横軸は接地圧に対するせん断応力の比が示され、縦軸には深さが示されている。図の点線は接地圧によって生ずるせん断応力で、図4の場合と同じであ

る。図6をみると、深さによりせん断応力が減衰する割合はブレーキなどによるせん断応力の方が大分大きい。また接地半径の半分くらいまでの深さでは、ブレーキなどによるせん断応力が接地圧によるせん断応力よりも大きい。このことは重要で、あとで使用することがある。

2.3. 沈下量

一般に応力とヒズミの関係は次の式で表わされる。6)

$$\left. \begin{aligned} \varepsilon_x &= \left\{ \sigma_x - \mu(\sigma_y + \sigma_z) \right\} / E \\ \varepsilon_y &= \left\{ \sigma_y - \mu(\sigma_x + \sigma_z) \right\} / E \\ \varepsilon_z &= \left\{ \sigma_z - \mu(\sigma_x + \sigma_y) \right\} / E \end{aligned} \right\} \quad (2.6)$$

われわれの場合には中心軸上を考えているから、

$$\sigma_x = \sigma_y = \sigma_r \quad \text{となる。}$$

沈下量を問題にする場合には z 方向だけを考えればよいから、(2.6)より

$$\varepsilon_z = \frac{1}{E} [\sigma_z - 2\mu\sigma_r] \quad (2.7)$$

ここに

ε_z : z 方向のヒズミ

E : 地盤の土の弾性係数(kg/cm²)

μ : ポアソン比

前に述べたようにポアソン比を0.5とすれば、(2.7)は

$$\varepsilon_z = \frac{1}{E} [\sigma_z - \sigma_r] \quad (2.7)'$$

となる。深さ方向において、深さ z における位置で厚さ dz の部分を考えてみる。接地圧が加わったことにより、 z 方向に沈下がおこる。この垂直方向の沈下を Δ_z であらわせれば、厚さ dz 部分が $d\Delta_z$ だけ縮むと考えられる。 z 方向のヒズミ ε_z は、もとの厚さ dz に対する、縮んだ量 $d\Delta_z$ の比で定義されるから、

$$\varepsilon_z = \frac{d\Delta_z}{dz} \quad (2.8)$$

(2.8)より深さ z における沈下量 Δ_z は

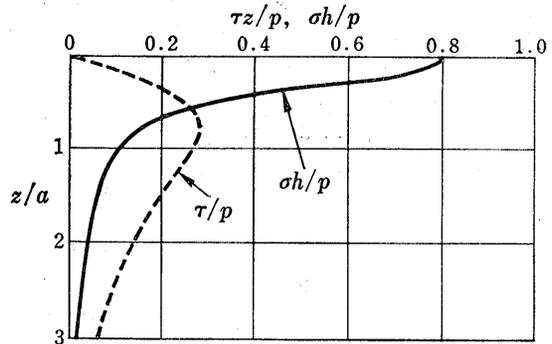
$$\Delta_z = \int_z^\infty \varepsilon_z \cdot dz \quad (2.8)'$$

で求められることになる。 ε_z は(2.7)'で与えられており($\sigma_z - \sigma_r$)は(2.4)式で与えられているから、

$$\begin{aligned} \varepsilon_z &= \frac{1}{E} (\sigma_z - \sigma_r) \\ &= \frac{3p}{2E} \frac{\left(\frac{z}{a}\right)}{\left\{1 + \left(\frac{z}{a}\right)^2\right\}^{\frac{3}{2}}} \end{aligned}$$

となり、(2.8)'は

図—6 タイヤのブレーキなどにより生ずるせん断応力と接地圧により生ずるせん断応力



$$\begin{aligned} \Delta_z &= \int_z^\infty \frac{3p}{2E} \frac{\left(\frac{z}{a}\right)}{\left\{1 + \left(\frac{z}{a}\right)^2\right\}^{\frac{3}{2}}} \cdot dz \\ &= \frac{1.5pa}{E} \frac{1}{\left\{1 + \left(\frac{z}{a}\right)^2\right\}^{\frac{1}{2}}} = \frac{1.5pa}{E} \cdot F\left(\frac{z}{a}\right) \quad (2.9) \end{aligned}$$

となる。これは地表面からの深さ z における位置の沈下量を表わす式である。

普通は地表面の沈下量がどのくらいかということの問題にすることが多い。地表面の場合には、式(2.9)において $z=0$ とおけばよいから、

$$\Delta_0 = \frac{1.5pa}{E} \quad (2.10)$$

となる。ここに Δ_0 は地表面における円形載荷面の中心の沈下量をあらわす。この式はよく利用されるので、できるだけ記憶すべきである。

(2.9)より、沈下量は地表面において最大で、深さが増すに従って減少し、無限の深さにおいては沈下量が0となる。その状態は図7に示すようである。つまり地表面における沈下量の半分の沈下量が生ずるのは、接地半径の1.75倍の深さの点になる。

2.4. 支持力係数 (K値)

いわゆるK値は、わが国に於ては直径30cmの剛性載荷板を利用して、ある沈下量における荷重を断面積で割った値の沈下量に対する比として表わしている。つまり

$$K = \frac{p}{\Delta} \quad (2.11)$$

ここに、

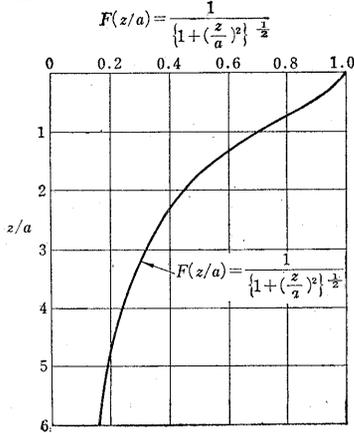
K : 支持力係数 (kg/cm²)

p : 沈下量 Δ (cm)に相当する荷重を断面積で割った値(kg/cm²)

Δ : 沈下量(cm)

載荷試験を行うのは、剛性載荷板によるのであるから地表面の沈下量は中心でも円形板の端の方でも同じである。載荷板がどこも同じだけ沈下するためには、載荷板は地表面を等分布荷重で押すことにはならないのであ

図一 一様地盤の場合の沈下係数



る。実際には、荷荷板が地表面に与える圧力強度あるいはいいかえれば、地盤の反力は盤の周辺部分で大きく、盤の中心部で小になる。このような圧力状態のときの剛性円盤の沈下量は、

$$\Delta_0' = \frac{\pi}{4} (1 - \mu^2) \frac{2pa}{E} \quad (2.12)$$

となる。

(式2.12)において、ポアソン比 $\mu=0.5$ とすれば、

$$\Delta_0' = \frac{1.18pa}{E} \quad (2.12)'$$

となる。したがって剛性板の沈下量とタイヤのようなわみ性の板(等分布荷重)の沈下量とを比較すれば式(2.10)と式(2.12)'より

$$\frac{\Delta_0'}{\Delta_0} = \frac{1.18}{1.5} = 0.786 \rightarrow 78.6\%$$

であるから、剛性板の沈下量は同じ荷重、同じ接地面の場合のタイヤの中心における沈下量の78.6%であるということになる。

なおタイヤのような等分布荷重の場合には、中心の方が周辺部分よりも大きく沈下するが、平均の沈下量は、

$$\Delta_{av} = \frac{8}{3\pi} \frac{2pa(1-\mu^2)}{E} \quad (2.13)$$

となる。ポアソン比を0.5とすれば

$$\Delta_{av} = \frac{1.27pa}{E} \quad (2.14)$$

となり、

$$\frac{\Delta_0'}{\Delta_{av}} = \frac{1.18}{1.27} = 0.929 \rightarrow 92.9\%$$

剛性荷荷板の沈下は、タイヤの平均の沈下量の93%くらいであるということになる。

K値は(2.11)より

$$K = \frac{p}{\Delta} \quad (2.11)$$

であるから、式(2.12)'より p/Δ を求めてみれば、

$$K = \frac{p}{\Delta} = \frac{E}{1.18a} \quad (2.15)$$

となる。Eは地盤の土の弾性係数であるから、一様地盤と考えれば、E=一定となり、K値は荷荷板の半径に逆比例することになる。つまりK値は荷荷板の大きさがかわれば、かわってくる性質のものである。

いま30cm荷荷板を使用したK値を K_{30} であらわし、75cm荷荷板を利用したK値を K_{75} と書くことにすれば、

$$(2.15)より, \quad K_{30} = \frac{E}{1.18 \times \left(\frac{30}{2}\right)}$$

$$K_{75} = \frac{E}{1.18 \times \left(\frac{75}{2}\right)}$$

$$したがって \quad \frac{K_{75}}{K_{30}} = \frac{30}{75} = \frac{1}{2.5}$$

となる。旧コンクリート舗装要綱で K_{30} を K_{75} に換算するのに K_{30} 値を2.2で割っていたのは、実験的に上の計算の2.5よりも2.2の方が実際に近かったという理由からである。地盤が一様な地盤と見てさしつかえないような場合には、 K_{30} を K_{75} に換算するのに、一律に2.5あるいは2.2で割ることは差支えない。

しかしK値を測定するのは通常路盤上で行なうことが多い。路床上に路盤がのっている構造では、 K_{75}/K_{30} の比は一律にはきまらない。 K_{75}/K_{30} があっさり5を越えた値になったりする。したがって、路盤上でK値を測定したときに、それを K_{75} に換算するのは理論的にも実際的にも不合理である。以後換算は絶対に行わないことが肝要である。

$$式(2.15)より \quad E = 1.18aK \quad (2.16)$$

がえられる。これによればK値を測定することにより、地盤の土の弾性係数が求められることを物語っている。ただし勿論一様地盤と仮定してよいような地盤の場合である。路床の土の弾性係数をこの式で推定することができる。(つづく)

参考文献

- 1) 竹下春見：新編道路工学p.2, 金原出版(昭36年)
- 2) 竹下春見, 岩間滋：道路舗装の設計p.12, オーム社(昭35年)
- 3) 最上武雄：改稿土質力学, p.12, 岩波全書(1958)
- 4) 山内豊聡：土質力学, 理工図書(昭35年)
- 5) Barber, E. S. : Shear Loads on Pavements. Proc. Int. Conf. on The Structural Design of Asphalt Pavements, Univ. of Michigan(1962)
- 6) 土木工学ハンドブック, p.47., 技報堂(昭39年)

【筆者；中央大学理工学部 教授】

9. 安物買いの銭失ない

最近是不況だとか物価の値上りとかで、生活が苦しくなったという話が毎日新聞紙上を賑わしている。山の神の話ではどうもわが家も楽ではないらしい。しかしものは考えようで、戦後の苦しい時代に比べればまことにあって天国の生活である。このようなことをこのようにときにいうと総評あたりから叱られ、たしなめられそうであるし、佐藤さんからは感謝状でも頂かねばならない。以前、誰かが岸内閣になって、日本の道路は非常に良くなったという意味のことをいって進歩的な連中から反撃をくったそうである。進歩的な連中は生活が良くなったのは労働者のおかげであると考え、保守派は政治のためだと考える。とに角よく働き、よい政治で生活が楽になることには異存はないのであるが、以前に比べ生活も道路も良くなったことはまぎれもない事実である。

10年ほど前、テレビのプロレスで力道山が外人レスラーをこてんこてんにやっつけるのをみて、日本中が興奮した時代があった。現在はプロレスなどばかばかしくて見ない方であるが、筆者も当時は夢中になった一人である。現在も当時の名残か、プロレスファンは案外沢山いるとみえて、電車の中でも三流スポーツ紙を熱心に眺めている？ のが多い。大体三流スポーツ紙の一面は写真と見出しで本文はわずかしかない。ところがプロレスファンにとってはあの写真と見出しがぐっとくるのだそうである。はた目にみればまさに気狂いぎたなのだが、このプロレスがテレビの普及速度に与えた影響は大きいといわれている。そういえば当時はプロレス中継があればそば屋は満員札止めであった。茶の間でテレビを見ている金持ち連中が羨ましかったし、また自前のテレビがみられるのはいつの事かと心中はなはだ面白くない思いをした。それが数年の間に自前のテレビが持てたのである。しかも電気製品一式が大体日本中どここの家庭にも存在するようになった。最近では新婚早々から電気製品のすべてを備えている連中が多い。中には自動車のあるのさえている。昔は持参金、今は持参車というのだそうで、これから娘を嫁にやる親も大変である。生活が良くなったということを現象面からとらえれば、このようなことである。大体米国の生活と最近の日本の生活との差は、家が汚なくてせまいこと、公共施設が完備していないことぐらいで、自家用車のある家なら、その生活程度は米国のそれとあまり変らない。米国南部の黒人などよりは数段上である。このようにテレビと同じ調子で自動車が普

及したら、道路屋はますます忙しく、反面失業なしで万才である。

ところで生活が良くなり、テレビが普及したお蔭でいろいろな弊害が生じている。一時はテレビチャイルドがマスコミの話題に取上げられていた。米国で見た話だが、子供を折檻するのに、漫画をやっているテレビの前で、後向きに椅子に坐らせる。これは体罰ではなく、精神的折檻である。まさにテレビは空気のようなものになりつつある。しかしテレビの弊害は子供ばかりではない。大人でもテレビをみている時間には何もできない。原稿など書ける筈がない。せいぜい飯を喰うか、一杯傾むけるぐらいであろう。その上ものを考えなくなる。また奇妙なことに一度見始めると実につまらない番組まで見てしまうのである。何とか踊り大合戦などいうのも、そのばかばかしさ加減に興味がわいてくる。こうなるとまさにテレビアダルト (adult, 成人) である。テレビなど百害あって一利なし、と思いつつスイッチをひねる。

このように非生産的なテレビではあるが、道路屋にとって実に便利な一面もある。それはテレビ映画に外国の道路がふんだんに現われることである。先進国のもの、後進国のものさまざま特色があって面白い。時には路面がクローズアップされることがある。何も外国へ行かなくて、結構その辺の事情が判断できる。

先日英国のテレビ映画で自動車ラリーのものがあった。この映画でみた限りでは英国の田舎の道路(多分わが国では府県道級のものであろう)は、わが国のものと幅員、路肩幅など大差なさそうであった。路面はわが国の浸透式工法に類似していて、細かい凹凸があり、平坦性はそれほどよくない、しかしびびわれているような部分は少ないようである。都市内では古いレンガ舗装やその他のブロック舗装が多い。橋梁などは古いものも多く、その幅員はあまり広くない。交通量は多いようには思われず、特に大型重量車の交通量はわが国とは比べものにならないほど少ない。勿論テレビの画面で見たに過ぎないので、不正確な点はあるが、英国の有名な100%舗装の一面を見ることができて、実に楽しかった。

その映画のすぐ後でわが国の道路がでてきた。登場人物の足元が長々と映る。実に観嘆すべきことが現われていたのである。路面は一面びびわれただけだ。映画の筋をたどっている人には人物の足しか見えなかったかも知れない。カメラマンもそこまでは気付かないのであろう。しかし道路屋の目でみるかぎり誠に汚ない画面なの

である。その後気をつけてテレビをみていると、テレビに出てくるわが国の道路は何とひびわれの多いことか。

Fさんがアメリカより帰国されて私の顔を見るなり“君、日本の舗装は悪いね。”である。いろいろと理由をあげて、その場は苦しいいわけをしたが、どうもテレビに映る道路といい、Fさんの話といい、深刻な問題である。確にわが国の舗装は外国に比較して悪いようだ。わが国の車輛の重量が極端に大きいこと、施工があまり上手でないこと、そして維持修繕が励行されていないことなどが主な理由と考えられる。勿論、これはわが国の全般についての判断であるから、誤解のないように願いたい。とに角テレビの画面にひびわれた路面が映ることは、こわれている舗装の多いこと、そして維持修繕が満足に行なわれていないことを示している。

コンクリート舗装の場合を別として、アスファルト舗装において、舗装が“こわれた”という現象はどのようなことをいうのだろうか。舗装本来の目的からいえば多少ひびわれが入ったくらいでは“こわれた”部類に入らない。ひびわれの入った舗装でも快適にかなりの速度で走行できるものが多い。従って舗装の機能は別に失われてはいない。このような舗装は“こわれはじめた”のであって“こわれた”のではない。どの程度こわれ方が進行したとき“こわれた”というかは主観の問題で判断はむづかしいが、AASHO 道路試験は、これに対して一つの解答方法を与えた点で注目されている。舗装は車輛を安全に迅速にしかも快適に走行させる機能をもつべきであるから、これに反するような状態の程度を測定すればよい。AASHO 道路試験ではひびわれ面積、凹凸などにより数値的に表現した。

ともあれ“こわれた”舗装の機能を回復するためには、建設に要したと同じ程度の費用がかかっている。しかし“こわれはじめた”舗装の機能を回復するには多額の費用を要しない。一般にひびわれが入って“こわれはじめた”舗装はなるべく早い時期に手当をすると経済的である。それは“こわれはじめた”舗装のこわれ方の進行速度は加速度的に速くなり、手当がおくれるほど、必要な費用も加速度的に多額となるからである。この理屈は舗装構造が簡易なもの程よくあてはまる。

簡易舗装は維持修繕を十分に行なわなければ成立たない。このことは簡易舗装要綱の一頁目に述べられている。簡易舗装は建設費を安くして、その分だけ維持修繕でもたせようとする舗装である。たとえば高級舗装で20年間こわれぬ舗装を造ろうとすると3,000円/m²かかるものとする。この道路に1,000円/m²の簡易舗装を行

なえば、残りの2,000円で20年間毎年100円/m²の維持修繕を行なうことができる。乱暴な計算だが、金利を含めればより以上維持修繕に金をかけることができよう。簡易舗装であるから建設後すぐひびわれの入る場合もあろうが、維持修繕が満足に行なわれておれば“こわれた”部類には入らない。交通量が多くない道路では大体このような理屈が成立つのである。

しかしこの維持修繕が実にもって難物なのだ。維持修繕を行なう為にはそれ相応の組織、機械が必要である。簡易舗装はつまりこれがなければ成立たない。わが国の一部の道路技術者に、簡易舗装などケチなものはやめて、すべて高級舗装でやれという議論がある。このような人はひびわれの入っている舗装ばかりを見ており、その原因があたかも簡易舗装そのものにあるように考えている。維持修繕は従来通り余り行なわれないのだ、という既製概念の上に成立つ議論をしているのであって、簡易舗装の経済性について正しい判断をしているのではない。しかしわが国全般の舗装の維持修繕の現状をみると、このような議論が出てくるのも無理ないように思われる。建設省直轄工事を除いて、舗装の維持修繕が組織化され、能動的に動いているところは実に少ない。このような状態では簡易舗装の成功は望み得ないかも知れない。ひびわれ道路は依然としてテレビに映るであろう。

技術屋からいわせれば実に不可解な話がある。普通砂利道の維持修繕には年間20~40円/m²の費用がつき込まれている。簡易舗装をすれば、この費用はもはや必要ない。舗装が出来上れば維持修繕費はつき込まなくてよいという論理である。しかし舗装が出来上れば、砂利道に要した維持修繕費の2~3倍の金がかかるものなのである。つまり舗装道路により便益を受けようとするれば、それ相応の代価を年々支払わねばならない。車でも機械でもそれを動かす以上、維持や修繕に金がかかるのはあたり前である。しかるに舗装に限って、これが十分に行なわれないというのは、実に不思議な現象である。

簡易舗装には技術的問題は半分しかない。他の半分は政治的、行政的問題である。技術屋がどなってもわめいてもはじまらない。しかし問題解決にはまだ道が残されている。技術屋が資料をもとに偉い人の頭を切換えてもらうよう努力をすること。金がなければ国の補助でも受けられるように下からつき上げる。現在の舗装延長では全国で100~200億程度の金があれば十分な維持修繕が行ない得るであろう。全道路予算に比べれば非常に少ない額である。安物買いの銭失ないにはなりたくない。

テレビのひびわれ道路を見ながら、こんなことを考える。テレビの効用もマイナスばかりではなさそうだ。

アスファルト舗装回顧録 (最終回)

岸 文 雄

19 松根タール

戦時中ガソリンの不足を補う手段として、松の根を掘り出し、これを乾留して、テレピン油を主成分とする油分を得て、これは松根油と呼ばれ、利用された。松の根は勤労働員の労力によって掘り出され、一定の個所に集積され、ここで簡単な釜で乾留された。松根の乾留によって、他の木材を乾留したときのように、木タールが得られる。これを松根タールと呼んで、その性質の一例を示すと表—1のようであった。

表—1 松根タール

試 験 項 目	試 験 成 績
比 重	15°C 1.100
	25°C 1.093
エングレー度	25°C 25.0
	50°C 3.9
	80°C 1.6
歴 青 全 量 %	99.24
遊 離 炭 素 %	9.46
灰 分 %	0.30
固 定 炭 素 %	7.45
引 火 点 °C	117
蒸 発 量 $\left(\begin{matrix} 163^{\circ}\text{C}50\text{g} \\ 5\text{hrs} \end{matrix} \right) \%$	23.13

「新編道路技術」(日本道路協会・日本道路建設協会編昭和22年) p. 207 による。

内務省土木試験所の研究によると、1) 松根タールそのままでは防塵処理程度にしか使用出来ない。2) 130°C ぐらいまで蒸留して軽質油分を除くと軟質アスファルト程度に使用出来る。3) 150°C 以上に蒸留して油分を更に除くと、脆弱性が表われるのでよくない。4) 長期の耐久力はもちろん不明であるが、アスファルトの代用資材として使い得る。というものであった。「道路」(昭和21年2・3月号) p. 129~141松村孫治、谷藤正三、尾之内由紀夫「舗装材としての松根タールの利用価値に関する試験」(参照) ついでに記すと、石炭乾留によって得られるコールタールは戦時中少しも入手出来なかつ

た。原油は輸入品である。一旦緩急ある場合原油より得られるアスファルトは入手難となる。その際は国産であるコールタールを利用すれば、歴青系舗装はなんとか持ちこたえられるものと考えていた。この考えは甘かった。コールタールは再蒸留され、余すものなく全部が軍需資材となって、舗装には向けられなかったのであった。

原油が輸入され、ガソリンが円滑に供給されるに及び、松根油は跡かたもなく消えた。従って松根タールもまた舗装界から消滅した。

20 再生トベカ

アスファルト表層などアスファルトを結合材とする舗装体のスクラップ、すなわち修繕の際に生じたこれら発生材は、そのものが本質的に老化脆弱していない限りは、再生使用し得るはずである。結合材が老化している場合でも骨材としては使用し得ることは明らかである。昭和8年(1933)頃よりこれら発生材の利用が考えられ、ぼつぼつ実施が始まった。東京市ではトベカ舗装が多かったので、その名を借りて、各種類の舗装発生材を一括してトベカ廃材と呼び、再生使用する混合物を再生トベカと呼んでいた。発生材を舗装の種類別、更に老化程度による区別などにより、集荷場を区別することはほとんど不可能に近いものであったため、前に書いたように全部を一個所のところに集めていた。東京市土木局土木試験所では昭和8年(1933)頃より同所隣の空地へ各施工現場担当者に集荷してもらった。これらはジョークラッシャーを用いて25mm 通りぐらいに破碎された。夏季は気温が高くなるので破碎作業には不向きであった。破碎したトベカ廃材は、最初歩道の乳剤舗装に用いられた。骨材は全部廃材に間に合い、乳剤の使用量は新規舗装の場合よりかなり少量で済んだように記憶している。

一方これら廃材を加熱混合物として利用する方法も検討された。これには適当な補助歴青材が必要であった。補助歴青材としては重油、軟質アスファルト、コールタール、松根タール、各種歴青質油類などが試験された。廃材の品質特に歴青含有量が一定せず、その上歴青の針

入度もまちまちであったので、特定の補助歴青材の一定量が用いられても、再生トベカ混合物の品質はかなり広い範囲内にあった。戦時および戦後の資材窮乏時代には、品質に狭い範囲の規定は望めないで、入手し得た補助歴青材材料を用いて、再生トベカ混合物の製造をしなければならなかった。従って舗装の均一性も望めなかった。穴ぼこがあいているよりましだというぐらいのものであった。再生トベカの製造には、廃材を加熱しなければならないが、骨材のようにバーナーの火炎で直接加熱すると、歴青材が発火燃焼しないまでも、過熱変化を受けるので、火炎が直接廃材に触れないような間じり壁のある特別のドライヤーが必要であった。東京都では昭和24年(1949)9月破碎機1基を設置し、同27年(1952)

8月には前記のような機能をもつドライヤー付混合機が購入され、再生トベカの直営製造が始まった。このほか廃材を支給して請負に製造を発注もした。このため東京都歴青混合所構内には一時廃材の山が出来て困っていた。

日本道路建設業協会(会長森 豊吉) 価格調査委員会決定「昭和24年4月調査(会報第20号付録)各種舗装工事価格表(東京地方の標準)」(ガリ版)には、再生(更生となっているが)トベカ舗装100m²当単価表および再生トベカ混合物製造 1ton 当単価表(表-2)が記載されている。これをもって再生トベカが相当利用されたことがわかる。

表-2 再生トベカ混合物製造 1ton 当単価表(既設プラント使用の場合)

混合物比重2.0 混合比アスファルト2.5% 廃材97.5% 計100.0%
金 1,730円 内訳

名 称	形 状	単 位	数 量	単 価	金 額	摘 要
アスファルト		ton	0.025	円	円	支給品
廃材		"	1.07			" 1割増
重油		立	12.00			" ドライヤーバーナー用
石炭		ton	0.03			" アスファルトケトルおよびボイラー用
補助燃料	薪	束	0.10	44.10	4.41	
雑燃料					5.00	モービル諸油および雑品その他
労力その他						1,430.59
諸経費						290.00
合計						1,730.00

補助歴青材として Roads and Streets, Dec. 1950 p. 67~69に発表された Shell Oil Co. の開発した Asphalt Softner という材料があった。東京都でも昭和28年(1953)頃購入し、試験舗装が城東区、荒川区などで行なわれた。Softner は機械油に似た石油系の油であって、その購買仕様書(昭和33年)は表-3のようである。

0.8% であり、アスファルト結合材に常温で浸透し、再生の働きをした。Softner が高価であることが玉に傷であった。

良質のアスファルトが安価に供給されるように、世の中が安定してくるにつれて、廃材は文字通り廃棄され、再生トベカの製造は次第に影をひそめた。東京都では昭和35年(1960)4月再生トベカの製造を廃止した。

表-3 ソフトナー

試 験 項 目	規 定
比重(15°C)	0.90~1.00
引火点 °C	93以上
エングレー度(25°C)	0.8~2.2
硫酸(98%)可溶分(容量)%	35以上
蒸留 初留点 °C	180以上
乾 点 °C	400以下

再生トベカ混合物は加熱混合による必要なく常温で混合された。Softner の混合量はトベカ廃材に対して0.6~

21 ゴム入アスファルト

ゴムをアスファルトに混入して、その性質を改良しようという試みは、イギリス、オランダなどでは古くから行なわれていた。東京市では昭和8年(1933)頃ゴムラテックスをアスファルト乳剤中に混合して試験し、試験舗装も実施された。その概略は次のようであった。

アスファルト乳剤にラテックス(生ゴム含有量35%)をゴム含有量1~10%の範囲で混合攪拌均等質とした各種試料について試験した結果は、次のようであった。

1) 乳剤はラテックスの混合により耐寒性を増し、凝着

遅緩となる傾向がある。2) ラテックス混合乳剤の残留アスファルトの針入度は、ラテックス混合により大きい変化はないが、伸度、軟化点、衝撃抵抗はいずれも増加し、しかもこの傾向は衝撃抵抗において特に著しく、ゴム含有量の比較的大なるものにおいては著しい弾力性を認む。3) 軟質アスファルトは硬質アスファルトに比して、ラテックス混合により残留アスファルトの品質を向上せしめる効果が大である。(昭和8~11年度 東京市役所、土木試験所報告、p.70~75 渡辺米一、吉田辰雄 ゴム液混合アスファルト乳剤に関する試験)

ゴムは東南アジアで広く栽培されているゴム(ヘビヤ種)樹より生産されるもので、第二次世界大戦で、わが国が南方方面を占領した際のいわゆる過剰物資の一つとして脚光をあげ、広い新用途開発が企画された。その一環としてゴムを舗装に利用する方策が企画されたのであった。ゴムを舗装に利用する方法には、ゴム加硫材料を用いて直接舗設するものと、ゴムをアスファルト材料に添加混合してアスファルトを改善して舗装に用いられるものの二つの場合がある。どこの企画であったか忘れたが、各界の人々を集めてゴムの新用途開発研究会(?)がつくられ、東大教授田中芳雄が会長であった。その下部研究の一つを陸軍技術本部陸軍技術少佐 国沢新太郎(現天然ゴム研究所研究部長)が主宰して、内務省土木試験所技師藤森謙一(現日本道路公団理事)と私とで、ゴムをアスファルトに混合添加してアスファルトの品質を改善する試験と、これを結合材とする舗装を担当した。昭和17年(1942)頃守衛が嚴重であったので今なお記憶しているのであるが、私は藤森と同行して淀橋区(現新宿区)百人町にあった陸軍技術本部に国沢を訪ね諸事打合せをし、試料を送ってもらった。私は薄い板状の生ゴムを鋏で細かく切って、これを130~150°Cにとかしたアスファルト中で長時間かかって、生ゴムの細片が認められなくなるまで攪拌を続けた。このようにして造った試料について試験し、生ゴムのアスファルトに及ぼす影響を求めた。しかしながら試験舗装を実施するまでに至らず、前にのべたように研究室が戦災のため焼失し、試料等一切は烏有に帰した。

その後戦局われに利あらず、ゴムは一転して貴重材料となり、舗装材料などへはほとんどないという時代になった。

戦後生ゴムをアスファルトに混入することが再び問題となった。イニロ日本代表部(インドネシアゴム開発研究所の日本出張所、代表者成沢慎一)の好意によって、粉末ゴム「ミーロラブ」が東京都に500kg、北海道大学に500kg 寄贈された。寄贈の目的は商品ゴムの宣伝のためであった。東京都では主として現場舗設に、北海道大

学では教授板倉忠三らが科学的研究に、それぞれ使用することになった。

東京都では昭和27年(1952)千代田区ほかで試験舗装が行なわれた。千代田区ではセメントコンクリート基層(厚15cm)の上に、日活国際会館南側約63m²は4cm厚のバインダー上にトベカ式表層厚4cm、日比谷交差点付近約258m²はトベカ式表層厚6cmが施工された。

注 アスファルトは針入度91、「ミーロラブ」を3%混合、混合時の温度は150°C、混合時間は2時間であった。トベカ混合物の配合は次のとおりであった。

30mm 通り	100.0%
20 "	94.4 "
10 "	71.1 "
5 "	53.9 "
10#(2.0mm) "	39.9 "
4C#(0.42mm) "	23.2 "
8C#(0.177mm) "	11.3 "
20C#(0.074mm) "	6.2 "
アスファルト	6.8 "

現にゴム入アスファルトには市販品として、ポリベブ(日本石油)、ガムファルト(日瀝化学)、RA セメント(丸善石油)などがある。(私は雑誌「道路」昭和39年10月号解説シリーズで述べた)混入しているゴムは天然ゴムのほかに、合成ゴムも多く用いられているようである。

22 カットバックアスファルト

戦中戦後わが国の舗装は荒れに荒れていた。マッカーサーの至上命令によって、是が非でも修繕をしなければならなかった。アスファルトがない時代であったので、米軍の放出したカットバックアスファルト(MC-3)で、舗装の建設および修繕をしなければならなかった。わが国の舗装技術者にとっては、文献上では知っていたが、MC-3 はまさに新材料であった。最初のMCの放出は昭和21年(1946)8月頃であって、散布方法、混合物の配合、製造および舗設などはじめはすべて進駐軍の指示に基づいたものであった。わが国の戦時中の舗装技術の低下、精神力の遅緩、器械の不整備など各種の原因も加わって、指示する進駐軍側にも不十分な点があったため、かなり失敗に終わったものが多かった。

日本道路協会では、このような実情を思いなんとか救済の方法はないものかと、苦心の末道路工法新書第一輯として「MC工法」を昭和23年(1948)6月発行して広く購読参考にすることを勧めた。しかし同書は私が編集

したものであって、MCの使用に格別の経験もなくまた自信もなく、ただ東京都およびその付近で行なわれているMC工法を列記したものであった。従ってこれが参考になったか、ならなかったかはわからなかった。ただ東京都の一部の例をとれば、多少は軌道に乗ったという感が持たれるようになった頃に、進駐軍のMC支給は止まり、昭和25年(1950)頃からストレートアスファルトが現われはじめ、戦前のアスファルト舗装工法に戻るものが出来たのであった。MC工法としては、現在用いられているプレミックスのほか、次に示すようないろいろの工法が実施されたが、好成績を収めたものは少なかった。今から考えると変だと思われるが、その当時は真面目に考え、これで新工法が編み出せるなどと思ったものであった。従って新材料に対するこのような努力開拓の真面目さに対しては好意をもって評価されてよいと思う。

- 1) MCとストレートアスファルトとの混合アスファルトによる加熱混合式工法
- 2) MCを現場でアスファルト溶解釜を用い骨材と混合し修繕用混合物の製造
- 3) MCを用いた路上混合
- 4) MCを用いた浸透式マカダム工法
- 5) 浸透式による表面処理

- 6) 簡易舗装の穴うめ
 - 7) 防塵処理
 - 8) 舗木道のアーマーコート
 - 9) シールコート
 - 10) プライムコート
 - 11) セメントコンクリート舗装の修繕
 - 12) 橋面舗装
 - 13) 再生トベカの添加材
- 以上「MC工法」による
- 14) スラッチアスファルトの補助歴青材
 - 15) ロックアスファルトの補助歴青材
 - 16) MC乳剤
 - 17) MCより回収せるアスファルト乳剤
 - 18) クラック充填剤

わが国ではカットバックアスファルトは徐々に延びつつあるようである。東京都建設局が昭和40年度道路材料購買仕様書にはく離防止剤入カットバックアスファルトを採用している点から見ても、大体の察しがつく。アメリカなみには行くまいが、これからの前途は明かるい。戦後におけるいろいろの失敗がよい教訓になったとはいえ、カットバックアスファルトの開発は日新舗道KK(社長 森永為貴、東京都中央区)などの長年の努力によるものである。(おわり)

岸文雄氏の“アスファルト舗装回顧録”は本号を以て完結致しました。長い間、ありがとうございます。

アスファルト関係の戦前からの記録を、凡ゆる角度から理整し、保存しておきたい——と永らく考えておりましたが、岸先生の“回顧録”を得て、一側面の記録が正確に残されることになり、大変満足しております。読者の方々も、岸先生の文中に掲載された古い資料等、非常に御参考になったことと存じます。

今後は、再び適任者を得て、別の角度からの記録、歴史といったものを掲載していきたいと存じます。御執筆適任の方がありましたら、御一報下さい。

前号でお約束しました通り愈々竹下春見先生の“解説アスファルト舗装”の講座が始まりました。実際に役立つ講座として、先生に自由に御執筆頂く企画であります。

先生の筆の速度にあわせて、読者の方々も一步一步先へ進んでいって頂きたいと存じます。

ただお読み頂くだけでなく、疑問の点、特に質問したい個所がある場合は、本会迄、御投稿下さい。時には質疑応答形式で講座を進めていきたいと考えております。

どうぞ存分に役立てて、実地に生かして下さい。

舗装用アスファルトの新規格試案について

W. J. Kari & Vaughn Smith

鳥居敏彦 訳

本論文は当社が技術提携を行っている American Bitumuls and Asphalt 社の W. J. Kari および Vaughn Smith の研究発表のものであります。

W. J. Kari は American Bitumuls and Asphalt 社の西部研究所長であり Asphalt Institute の会員ともなっていてアスファルト舗装に関する研究を行っております。

茲に本誌を通じて紹介し御参考に供するものです。

現在使用されているすべてのアスファルト規格は、熱に晒される前と後の Consistency の測定に頼っている。現在では Consistency は軟化点・フロートテストおよび針入度のような実験方法によって測定されている。使用者側は長い間化学者達を激励し、もっと合理的で、再現可能な方法の発展に向って働きかけており、例えばアスファルト粘度測定のような新方法に基いて研究規格を準備するように求めてきた。我々は今あなたがたの要請の線にそって報告し、その線にそった特定なものを提供しようとしている。

この論文の意図するところは次の通りである。

1. 何故、舗装アスファルト規格の新しいシステムが必要なのか。
2. 新しいシステムを述べること。
3. 新しいシステムが達成し得るところのものを要約すること。

1. 何故より良いシステムが必要とされるか。

アスファルト規格を改善しようとする主要な理由の根底にあるものは、様々な供給者から供給されるアスファルトの優れた均等性と処理性が必要であると言うことである。意図されている新システムは 60°C における、その Consistency にもとずいて、アスファルトを等級づけることを基礎としているが、この目的を達成するためにはかなりの距離がある。第二の理由は針入度テストのような方法による現在の Consistency 測定法は余り正確でないこと、または好むときにすぐ再現できないと言うことである。厳密な監督と規格の従順さを必要とする今日の時代においては、より正確で、より迅速なテスト法は、資材の使用者および生産者の双方にとって計り知れないほど重要である。我々は Consistency テストの再現

性を改善する努力およびそれをより安価になす努力を押し進めながら、同時に我々の努力を、基本的重要性を持つテスト方向に集中しなければならないであろう。アスファルトの物理的特性は、あらゆる技術者と化学者にとって基本的重要性を持っているところの、値または単位と言う言葉で表現することが出来る便宜さがある。生起する物理的現象についての工業的探求と、より明瞭な理解に向う好ましい傾向が何故に旧式な規格、または建設資材の説明に用いる経験的な方法によって妨害されなければならないのか？。

現在 3 組の異った単位で報告される 5 つの異ったテストが、舗装アスファルトの Consistency を述べるのに使用されている。現在、0°C 又は 4°C と 25°C の針入度が舗装アスファルトの寒冷気温 Consistency を述べるのに使用されている。針入度は長さ“ミリメートル”の単位で表現されている。規格の中には“温度単位”で表現されるリングおよびボール軟化点を要求するものもある。最近では、代理店の中には、65°C におけるフロート・テストを求めものもある。フロート・テストの結果は時間単位の言葉で報告される。上昇した温度においては、標準 Saybolt-Furol 粘度テストが用いられる。これは時間単位で報告される。即ちアスファルトが Furol 孔を通して流れ、60 ミリリットルのフラスコを充たす秒数によって表わされる。かくして、アスファルトの粘度を表わすのに、5 つの異ったテストと 3 つの別個の単位とがある。実際には、Consistency は、この温度範囲に渡って、漸時に且連続的に変化する。

針入度テストを、アスファルト等級付けの手段として残そうとする主だった議論の一つは、それが汎く使われ理解されているからと言う事である。このような反動は、他の職業分野で使用されている基本的単位で、粘度を測定するように教育された若い技術者や工学生からは、普通受け入れられない。アスファルトの中に針を打込む事の重要さは、理解し、説明するのに困難である。若干の年取った技術者達は、おそらく我々が針入度テストの物理的重要性を理解していると思っっているのかも知れない。我々はそうだろうか……。

典型的 85/100 針入度アスファルトの針入度と温度と

の関係は次の通りである。25°Cにおいて針入度は92, 15°Cにおいて針入度は25であるが、32°Cにおいては200以上になる。17°C段階の温度範囲で、我々はアスファルトの針入度等級のすべてを包括している。しかも、アスファルトはメイン州とアリゾナ州のように非常に気候の相違した地域でも一般に使用されていて、そこでは温度は極端に相違すると言う事もあり得るのである。恐らく我々にとっては 85/100 針入度の主たる意義は、それが加熱混合アスファルト舗装に、最も普通に使われるアスファルトを代表していると言う事であろう。例えば AC-20 なる言葉は、最も普通に使われているアスファルト等級を指摘する為に容易に使用できるのである。

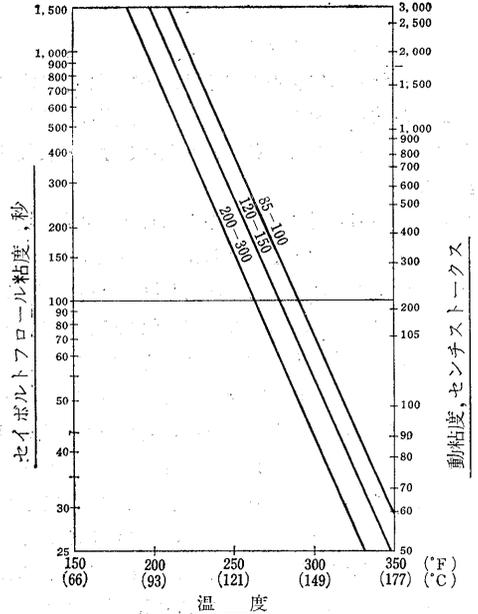
さて舗装アスファルトの等級づけの為に、何故もっと良いシステムが必要なのかと、言う議論に戻ろう。種々雑多な供給源から得られる舗装アスファルトの均等性と処理性を改善することが必要である。このことは舗装アスファルトの温度粘度特性の研究によって示すことが出来る。温度に対する粘度の関係は、図表-1に示されている。

すべてのアスファルトは温度の変化とともに粘度も変化する。しかしながら、それらはすべて、同一の粘度温度曲線をもっているのではない。アスファルトは大きな化学的複合からなる自然産物であって、その原料資源によって変化する。同一の化学成分を得、それによって同一の温度粘度曲線を得る為に、様々な化学的構成成分のそれぞれの割合を調整する事は不可能である。あらゆる温度において同一の Consistency を要求する事は、アスファルト生産物の利用性を徹底的に狭める事になる。コストも又増大するだろう。あらゆる温度において同一な Consistency を要求することが非実用的であるならば、何故、実用的な見地から重要である温度のみにおける、近似的な Consistency を求めないのか。

アスファルト粘度が考えられ得る温度範囲は重要である。混合温度におけるアスファルト粘度は、骨材の完全な Coating を得る為に必要である。88°Cから135°Cの範囲における粘度は混合物の最初の鉄輪輾圧にとって大切である。空気タイヤ、ローリングは普通 65°Cと82°Cの間で行われる。混合物のねばり強さとわだちに対する抵抗は、38°Cから60°Cの温度範囲におけるアスファルトの粘度によって左右される。

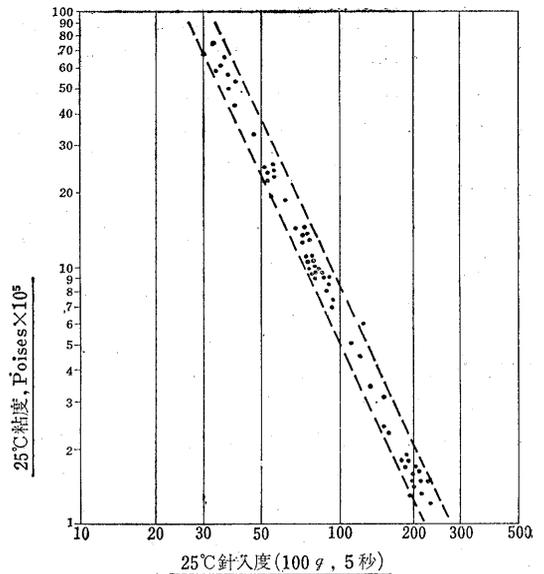
大部分の技師達は低温の Consistency が、アスファルト舗装のひび割れや表面摩擦にひと役演じていると感じている。しかしながら、その影響の大きさに関してはかなり不確定である。又低温における粘度の実際のテスト法が開現されたのも最近の事にすぎない。計画された規格は低温における粘度テストの要請を含んでいない。し

図表-1 アスファルト温度変化による粘度



【註】セイボルトフローと動粘度の関係は近似値である。

図表-2 異なるアスファルトセメントについて 25°C粘度と25°C針入度の関係



かし、この低温における粘度を基本的単位で測定する方法は目下研究中である。そして又低温粘度の性能に対する関係を決定する研究も進行中である。貴方がたはハイウェイの建設者であり、テストを行う可能性のある現場を持っているのであるから、この研究領域における貴方がたの援助が必要なのである。私達は、この面の研究を

検討し議論する機会を持つ事を望んでいる。

2. 新しいシステムの内容について

予定されたアスファルト規格は、60°Cと135°Cにおける2つの粘度を使用する。この温度範囲は、設計、均等性および作業性の諸性質が最も重要となる粘度範囲を包括している。

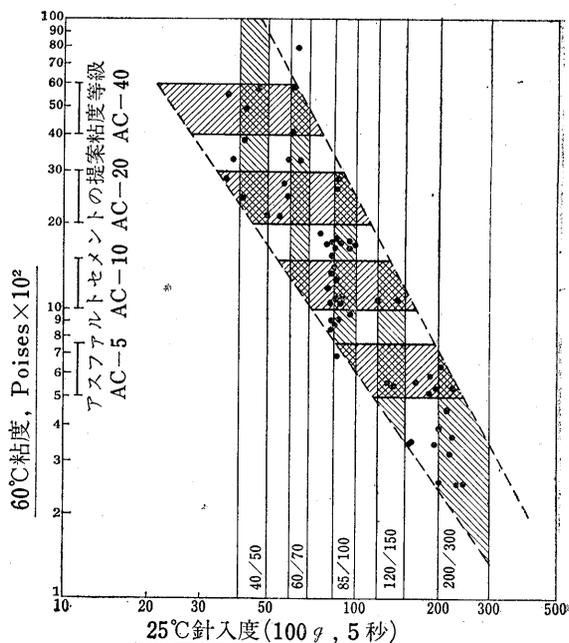
さて現在の舗装用アスファルトにおける温度粘度曲線に生ずる偏差を検討する事としよう。現在25°Cにおける針入度は25°Cにおいてほぼ同じ粘度を持つアスファルトに帰着する。(図表-2参照)低温においては若干の相違がある。前にも述べた様に、その相違の重要さは、はっきり理解されていない。この低温域におけるより多くの研究が必要である。更に直接関係あるものは、より高温における相違である。これらの差異が作業性・転圧および舗装体ねばり強さに影響する事は知られている。最近のデータも又わだちと、60°Cにおける粘度との関連を示している。新しく予定されるシステムは、アスファルトを60°Cの温度において、もっと同等に作動させるものである。

HveemのStabilometerやMarshallテストの様な舗装体安定度テストは60°Cでなされている。多くの論文は、60°Cにおけるアスファルト粘度とMarshall安定度値との関係を示している。60°Cの温度は又、正確な再生可能な真空毛細管粘度装置を、60°Cにおける粘度測定に使用し得るので、有利である。それ故に60°C範囲がアスファルトの等級付けに選ばれたのである。135°C最低粘度は、作業性を確保し、温度粘度曲線の傾斜を制御する為に設定された。

当社には、60°Cにおける粘度を針入度テストに直接置き換えようとする試みがなされた。その結果は図表-3に示されている。予期した通り25°Cにおける針入度と60°Cにおける粘度との関係は貧弱であった。天然アスファルトは、25°Cにおいてほぼ等しい粘度にあっても、60°Cにおいては同じ程度に作動しないであろう。この事は、新しいもっと機能的な温度範囲を考察する為の本当の理由である。それ故に、60°Cにおける基本的粘度を受入れ、工学的使用に必要な等級を網羅する規格を考察する事が必要であったのである。

現在の世界的に広く使われているアスファルトの等級付けの根拠は25°Cにおける針入度である。等級範囲は40から300針入度におよんでいる。新しい規格は粘度において同じ範囲をあてている。即ち500~700 Poisesの粘度を持つAC-5、1000~1500 Poisesの粘度を持つAC-10、2000~3000 Poisesの粘度範囲をもつAC-20および4000~6000 Poisesの粘度を持つAC-40がこれ

図表-3 異なるアスファルトセメントについて
60°C粘度と25°C針入度の関係



である。粘度に関する名称は2つの零を取り去ったものであることに注意して頂きたい。技術者達は初めてアスファルト等級と粘度の間の特定の関係を手に入れる事になる。例えばAC-10はAC-5の2倍の粘度があり、最も固いAC-40は最も軟かいAC-5の8倍の粘度がある。

4つの等級、即ちSandsealの様な施工には軟かい等級、Chipsealing、浸透式Macadam工事および非常に寒冷な気候でのアスファルト・コンクリートにはやや固い等級、更に硬い等級AC-20はほとんどの主なホット・ミックスの要求をみたま。更に大きな凝固性を持つ物質AC-40は、ふち石、水利用、および駐車場工用である。

このシステムを、5等級に拡張したり、3等級に減少したりする事が出来ないと言う基本的理由はない。

次の段階は、各等級の最大限を選択することであった。1.5から1の粘度限度が使用された。普通カットバックの粘度範囲は2から1(250~500の範囲を持つSC-250のように)である。現在のアスファルト針入度システムは、粘度基底を考慮すると、1.4から2.2の範囲である。通常60/70針入度アスファルトとは85/100針入度アスファルトと同じに、ほぼ1.4の粘度範囲を持っている。120/150アスファルトは粘度を基底として考えるとほぼ1.6の範囲を持っており、150/200度のものは、ほぼ1.6、200/300度のものはほぼ2.2を持っている。予

定される規格は、より軟かい等級においてはやや狭い粘度範囲を持つが、一方より硬い等級においては大体同じ位の粘度範囲である。

我々は今、針入度によって等級付けされた現在のアスファルトを、新しい等級と比較して見よう。現在の等級によって包括した最大範囲は(図表—2)に示されている。60°Cにおける粘度を基礎とした新規格も又図表—3に示されている。針入度から粘度への移行は、アスファルトの等級別における単なる変化以上のものを示している。例えば、或る供給者は Consistency AC-20 の要求に応じ様として、約 60/70 針入度のアスファルトを供給するであろうし、又他の供給者は 85/100 針入度の資材を供給するであろう。実際この様なより硬い等級への移行は、新しい事ではないのである。と言う事は、多くの地域においてより高い粘度の 60/70 等級のものが、最も一般的な等級として 85/100 等級のものに既にとり代りつつあるからである。この傾向は、より高い引張力が要求される都会地域において、急速に発展しつつある。かくして、新システムは、既に多くの地域において生じつつある傾向へのより合理的な接近を意味するものである。

新規格は表—1において詳細に示されている。新規格は最近の AASHO および Asphalt Institute の規格における本質的には同じ形式で、135°Cにおける粘度を保持している。伸度、および引火点の要件も又同じである。しかしながら、加熱テストにおける薄膜ロスの結果は、現在の規格で使用されている様なパーセント数でよりも寧ろ 5 maximum の粘度比で表現される。

この比例が開現された様子は、一つの実例によって明らかにする事が出来る。私は 85/100 針入度アスファルトに対する薄膜炉テスト法を用いた。私は針入度は 100 と推定した。現在の規格は加熱テストにおける薄膜ロスの後に、少なくとも針入度の47%が保持される事を要求している。この実例においては、47針入度である。我々が今加熱前と後のアスファルト粘度を決定するならば、我々は、25°C において、それぞれ 800 と 3700位の値を得る。比はこの実例では 4.6 である。予定される規格では、最大比 5.0 を要求する。かくして新規格は本質的には、現在用いられている等級と同じ耐久性を持つであろう。

3. 新しい等級は何を達成するか?

新規格は施工温度におけるより良い均等性をあたえるであろう。あらゆる温度に同じ方法による Consistency

表—1 60°C に於ける粘度を基礎とするアスファルトセメントの研究用規格

等級	AC-5	AC-10	AC-20	AC-40
60° C 粘度 poises	500~750	1000 ~1500	2000 ~3000	4000 ~6000
135° C 粘度 centistokes	150+	200+	300+	400+
伸度 25°C (cm)	—	100+	100+	100+
15°C	60+	—	—	—
Ccl ₄ 可溶分(%)	99.5+	99.5+	99.5+	99.5+
引火点, COC (°C)	190+	219+	232+	232+
薄膜炉試験後 TFOT後 60°Cの粘度	5-	5-	5-	5-
TFOT前 60°Cの粘度				

の測定と報告は、アスファルトの粘度温度特性と、混合転圧、自然交通転圧および夏期温度におけるわだちと柔軟化に対するその影響とについてのより明瞭な理解を助長するであろう。

又テスト再現性における矛盾の減少も予想し得る。針入度テストに関する現在の ASTM の再現性限界は次の様に述べている。即ち、2つの研究所間の結果における相違は、それらが 8%以下の相違であるならば、否定的に考察してはならない。研究所 A と研究所 B との間の比例は、100 針入度製品に対して 1 から 1.08 である様に思われる。しかしながら、我々がこの数を粘度に換算するならば、実際にはその範囲はほぼ 1:1.2 になることが解る。他方 3つの資材を研究している 20の研究所は、新粘度法による再現性は、ほぼ 1:1.1 の比例である事を示した。かくして、我々は再現性においては、現在の方法によるよりも困難が少い事を予想するのである。

要約すれば、現在実際に勝るこれらの利点をことごとく持っているシステムは、真剣な考慮と、早期の採用とに値いするものである。それは必ずしも、現在の提案に対する代用品として提供されるものではない事、または、それは耐久性を改善するものである事を我々は強調したい。寧ろ我々は、それは Consistency 測定への基本的手がかりであるが故に、新しい規格の一部であるべきだと感ずるものである。基本的手がかりなくしては、長期に渡り、広く使用される規格を望む事はできないのである。

[訳者：東亜道路工業株式会社 技術研究所]

不良な骨材のアスファルト混合物について

筑 瀬 懋

(1) まえがき

アスファルト混合物の骨材は均等質で、清浄、強硬、耐久であって、ごみ、どろ、有機物等の有害物を含まず、また特に粗骨材は細長い、あるいは扁平な石片の有害物を含まず、良い形に破砕された良好な骨材でなければならぬとなっている。しかしながら、良好でない骨材を使用した場合、アスファルト混合物の品質にどの程度の悪影響を及ぼすかという資料はあまりみかけない。本実験は不良な骨材のアスファルト混合物と、良好な骨材のアスファルト混合物の安定度等の性質を比較研究したものである。

(2) 実験材料

① 骨材の区別

不良な骨材 { 汚れた骨材
細長いあるいは扁平な骨材 (以下扁平な骨材と称す)
良好な骨材

汚れた骨材とは、市販の碎石および砂を購入後約1年間、材料置場に放置したもので、ごみ、どろが表面に着いたままのものである。汚れ率は平均碎石で5%、砂で3.5%であった。汚れた骨材以外の骨材は、碎石、砂共にすべて水洗いして使用した。

細長いあるいは扁平な粗骨材(碎石)の定義はわが国には未だ決まっていないので、Zinggの定義に従って、図-1において球状以外のものをそれとした。各径を実測して選択することは困難なので、大体の形を肉眼で識別して選りだした。扁平な骨材の混入率は約10%であった。砂については、扁平な骨材の選択は不可能である。

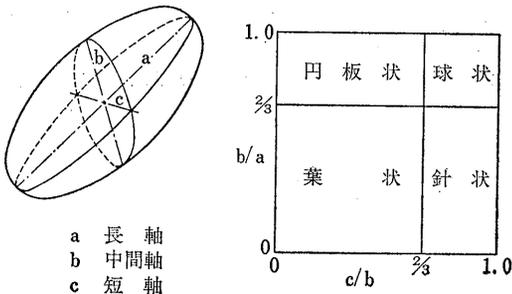


図-1 粒径の分類(Zingg)

良好な骨材とは、扁平な骨材を取りだした残りの碎石を水洗いしたものである。

② 骨材の性質は表-1の通り。

③ アスファルトはM石油アスファルトでその性質は表-2の通り。

表-1 骨材の性質

骨材	性質	吸水率	比重	備考
碎石 (20~2.5mm)		1.01	2.709	釜野川産、砂岩及び粘板岩
砂 (2.5~0.074)		0.95	2.662	釜野川産
石粉		—	2.685	炭酸カルシウム

表-2 アスファルトの性質

針入度 (25°C)	85
軟化点	42
伸度 (25°C)	145
比重	1.020

(3) 実験方法

良好な骨材、汚れた骨材、および扁平な骨材につき同一合成粒度の供試体をつくり、以下にのべる実験を行なった。

① 合成粒度 アスファルト舗装要綱にきめてある密粒度アスファルトコンクリートの最下線で、脆性試験の供試体は直径5cmと小さいので、20~13mm碎石を除いた。粒度分布は表-3の通り。

表-3 合成粒度

篩	マーシャル試験	脆性試験
20~13 mm	20%	—
13~10	10	20
10~5	20	25
5~2.5	15	18
2.5~0.6	17	19
0.6~0.3	5	5
0.3~0.074	9	9
0.074以下	4	4

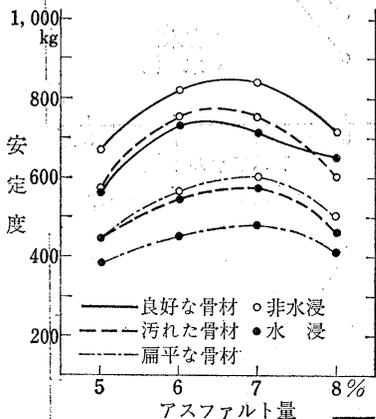
② 試験方法

安定度の比較のためマーシャル試験、水浸マーシャル試験を、またマーシャル試験供試体についてビームスタビロメーターを利用して三軸破壊試験を行なって、内部

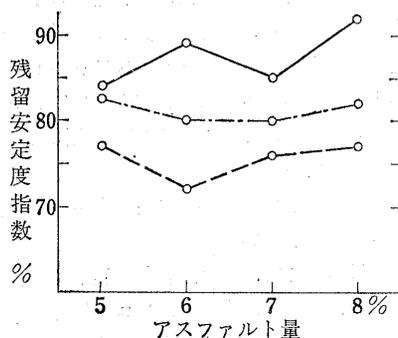
表—4 試験方法

名称	方法	供試体作製方法			試験方法		
		供試体寸法	締固め温度	締固め方法	試験前の供試体養生	試験時の載荷速度	備考
マーシャル試験		cm φ10.16×6.35	120°C	両面75回ずつ	60°Cの水槽に40分間	5.1cm/mi	
水浸マーシャル試験		"	"	"	60°Cの水槽に4日間	"	
ビームスタビロメータによる三軸破壊試験		"	"	"	60°Cの恒温炉に1時間30分	1.0cm/mi	側圧は0.35, 0.50 1.00, 1.50, 2.00 kg/cm ²
ベーチ衝撃試験機による脆性試験		φ 5.08×5.0	"	4.3t 2分間	0°C および -10°C の冷蔵庫に1日間	重りの落下高が8 秒間に1cmずつ昇	

図—2 マーシャル安定度



図—3 残留安定度指数



摩擦角と粘着力を求めた。低温脆性の比較としてベーチ衝撃試験機によって衝撃破壊試験を行なった。

これらの試験方法は表—4の通り。

残留安定度指数は次式から計算した。

$$\text{残留安定度指数} = \frac{\text{水浸安定度}}{\text{非水浸安定度}} \times 100$$

以上すべての試験は、5個の供試体をつくり、離れた値2個を棄却し、残り3個の平均値をとった。

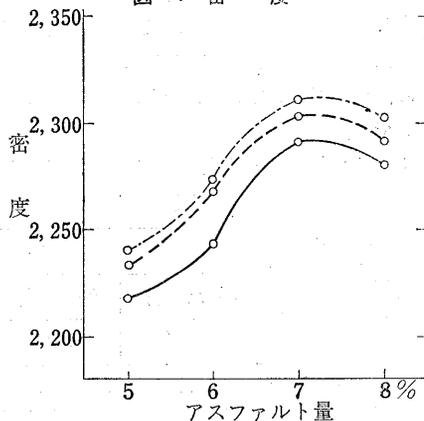
(4) 実験結果と考察

図—2～図—6はマーシャル試験の結果を、図—7はベーチ衝撃試験の結果を、表—5は三軸破壊試験より求めたアスファルト混合物の60°Cにおける内部摩擦角および粘着力である。

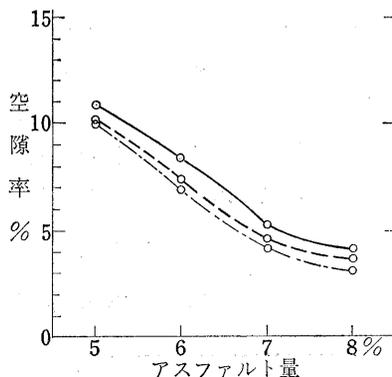
①安定度は非水浸、水浸共に良好な骨材の混合物が最大で、次いで汚れた骨材、扁平な骨材の順に低くなっている。汚れた骨材の非水浸安定度は良好な骨材に比べ、僅かに低い程度であるが、水浸安定度はかなりの差がある。非水浸安定度はいずれの骨材においても500kg以上でているが、扁平な骨材は標準値すれすれの線である。

②残留安定度指数は汚れた骨材が最小で、次いで扁平な骨材、良好な骨材の順に大きくなっている。特に汚れた骨材は標準値75%の前後を示し、水の混合物に及ぼす影響の大きいことを表わしている。

図—4 密度



図—5 空隙率



③密度は良好な骨材、汚れた骨材、扁平な骨材の順序に大きく、安定度の順序と逆になっている。扁平な骨材の混合物は締固まりやすいことを示している。一般に密度が高いほど安定度は高いと考えられているが、締固まりやすい混合物必ずしも安定度が高いといえないことを示している。これは安定度が骨材間のかみ合わせの力および粘着力の大小に左右されるためである。

④フロー値は不良な骨材の方が良好な骨材より大きい。しかし非水浸の場合は、いずれも20~40の間に入っている。

⑤内部摩擦角および粘着力は、不良な骨材の方がアスファルト量 6%、8% の場合共に良好な骨材より小さく、扁平な骨材が最小である。またアスファルト量 6% の方が、いずれの骨材の場合においてもアスファルト量 8% の場合より大きい。これらのことは非水浸安定度の大小とよく一致している。

⑥低温脆性については、不良骨材の方が良好な骨材より低温脆性の傾向が強い。

⑦以上を総合するに、汚れた骨材、扁平な骨材を使用した混合物は、安定度、空隙率、フロー値等一応規定の値をえられてるが、残留安定度指数、脆性、内部摩擦角、粘着力は良好な骨材にくらべかなり低いので、なるべく避けた方がよい。特に扁平な骨材は使用しないがよい。

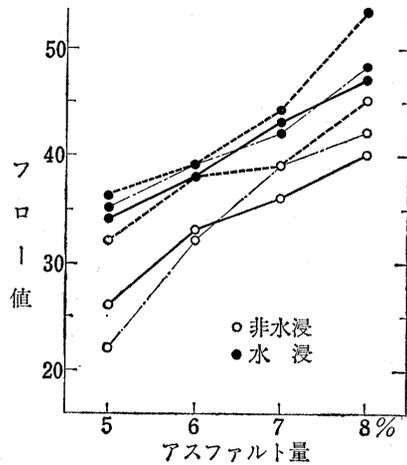
本実験は太田雅之（日本舗道KK）、多田羅嗣治（香川県庁）の両君に担当していただいた。厚く感謝の意を表する次第です。

（筆者；山梨大学工学部土木工学科 教授）

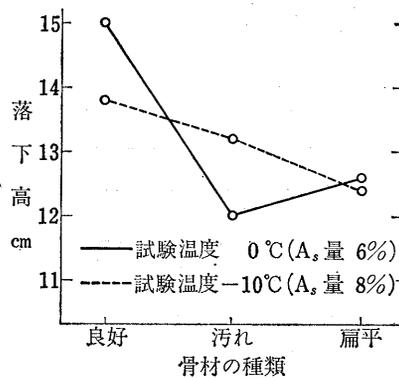
表—5 三軸破壊試験より求めた内部摩擦角および粘着力

φおよびC	6%			8%		
	良好な骨材	汚れた骨材	扁平な骨材	良好な骨材	汚れた骨材	扁平な骨材
内部摩擦角(度)	54°52'	54°20'	52°05'	53°23'	52°52'	51°37'
粘着力(kg/cm ²)	3.72	3.28	2.91	3.15	3.04	2.92

図—6 フロー値



図—7 ペーチ衝撃試験結果



☆編集委員☆ 竹下春見 高橋国一郎 井上 孝 大島哲男

多田宏行 松野三朗 高見 博 工藤忠夫

☆顧問☆ 谷藤正三 板倉忠三 西川栄三 市川良正

アスファルト 第9巻 第49号 発行 昭和41年4月 発行人 南部 勇

社団法人 日本アスファルト協会

東京都中央区新富町3~2 TEL 東京(551)1131~4

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
 全国に御信用を頂いている販売店が
 自信を持ってお求めに応じています

定評あるアスファルトの生産／販売会社は

すべて本会の会員になっております

大協石油株式会社(561)5131
 丸善石油株式会社(201)7411
 三菱石油株式会社(501)3311
 日本石油株式会社(502)1111
 シェル石油株式会社(212)4086
 昭和石油株式会社(231)0311
 アジア石油株式会社(501)5351

富士興産株式会社(580)3571
 出光興産株式会社(211)5411
 日本鉱業株式会社(582)2111
 三共油化工業株式会社(216)2611
 三和石油工業株式会社(270)1681
 ユニオン石油工業(株)(211)3661

朝日瀝青株式会社	中央区日本橋小網町2の2	(669) 7321	大 協
アスファルト産業株式会社	東京都中央区京橋2の13	(561) 2645	シ エ ル
恵谷産業株式会社	東京都港区芝浦2の4の1	(453) 2231	シ エ ル
恵谷商事株式会社	東京都港区芝浦2の4の1	(453) 2231	三 石
富士鉱油株式会社	東京都港区新橋4の26の5	(432) 2891	丸 善
富士商事株式会社	東京都港区麻布10番1の10	(583) 8636	富士興産
泉石油株式会社	東京都千代田区丸の内1の2	(216) 0911	出 光
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
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	東京都港区西新橋1の4の9	(503) 0461	シ エ ル
株式会社南部商会	東京都千代田区丸の内3の4	(212) 3021	日 石
中西瀝青株式会社	東京都中央区八重洲1の3	(272) 3471	日 石
新潟アスファルト工業(株)	東京都港区新橋1の13の11	(591) 9207	昭 石
日米礦油東京支店	東京都中央区日本橋室町2の4	(270) 1911	昭 石
日東商事株式会社	東京都新宿区矢来町61	(260) 7111	昭 石
日東石油販売株式会社	東京都中央区銀座4の5	(535) 3693	シ エ ル
瀝青販売株式会社	東京都中央区日本橋江戸橋2の9	(271) 7691	出 光
菱東石油販売株式会社	東京都台東区上野5の14の11	(833) 0611	三 石

◎アスファルトの御用命は日本アスファルト協会の加盟店へどうぞ◎

株式会社 沢田商行	東京都中央区入船町1の1	(551) 7131	丸 善
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	東京都千代田区内幸町2の22	(273) 5551	ア シ ア
東京菱油商事株式会社	東京都新宿区新宿1の54	(352) 7728	三 石
東生商事株式会社	東京都渋谷区上通2の5	(409) 3801	三共油化
東洋国際石油株式会社	東京都中央区日本橋本町4の9	(270) 1811	大協・三和
東光商事株式会社	東京都中央区八重洲5の7	(281) 1175	三 石
梅本石油東京営業所	東京都港区麻布10番1の10	(583) 8636	丸 善
京浜礦油株式会社	横浜市鶴見区向井町4の87	(52) 0621	三 石
朝日瀝青名古屋支店	名古屋市昭和区塩付通4の9	(851) 1111	大 協
株式会社 名建商会	名古屋市中区宮出町41の2	(241) 2817	日 石
中西瀝青名古屋営業所	名古屋市中区園井町1の10	(231) 0501	日 石
株式会社 沢田商行	名古屋市中川区富川町3の1	(361) 3151	丸 善
株式会社 三油商会	名古屋市中区南外堀3の2	(231) 7721	大 協
三徳商事名古屋営業所	名古屋市中村区西米野1の38の4	(481) 5551	昭 石
ビチュメン産業株式会社	金沢市有松町2の36	(411) 6795	シ エ ル
朝日瀝青大阪支店	大阪市西区南堀江5の15	(42) 2211	大 協
枝松商事株式会社	大阪市北区葉村町78	(361) 5858	出 光
富士アスファルト販売(株)	大阪市西区京町堀3の20	(441) 5159	富士興産
平和石油株式会社	大阪市北区宗是町1	(443) 2771	シ エ ル
川崎物産大阪営業所	大阪市北区堂島浜通1の25の1	(361) 8551	昭石・大協
松村石油株式会社	大阪市北区絹笠町20	(361) 7771	丸 善
丸和鉱油株式会社	大阪市東淀川区塚本町2の22の9	(301) 8073	丸 善
三菱商事大阪支店	大阪市東区高麗橋4の11	(202) 2341	三 石
中西瀝青大阪営業所	大阪市北区老松町2の7	(341) 4305	日 石
日本建設興業株式会社	大阪市東区北浜4の19	(231) 3451	日 石
(株)シエル石油大阪発売所	大阪市北区堂島浜通1の25の1	(363) 0441	シ エ ル
三徳商事株式会社	大阪市東淀川区新高南通2の22	(391) 1761	昭 石
梅本石油株式会社	大阪市東淀川区新高南通1の28	(392) 0531	丸 善
山文商事株式会社	大阪市西区土佐堀通1の13	(441) 0255	日 石
株式会社 山北石油店	大阪市東区平野町1の29	(231) 3578	丸 善
北坂石油株式会社	堺市戎島町5丁32	(2) 6585	シ エ ル
株式会社 小山礦油店	神戸市生田区西町33	(3) 0476	丸 善
入交産業株式会社	高知市大川筋90	(3) 4131	富士・シエル
丸菱株式会社	福岡市上土居町22	(28) 4867	シ エ ル
畑礦油株式会社	北九州市戸畑区明治町5丁目	(87) 3625	丸 善
共栄石油株式会社	福岡市箱崎飛島4,112	(65) 7831	昭 石