

湿潤時作業可能な舗装補修材料の開発研究

萩原 浩*

阿部 頼政**

1. 研究目的

東北・北陸のような積雪寒冷地における道路の舗装は、冬期に寒冷かつ湿潤な状態のもとにおいて、自動車の車輪に装置されたタイヤチェーンまたはスパイクタイヤでもって路面を激しくたたかれる。このため、ひとたびポットホールなどが発生すると、これが急速に拡大してしまい、車両の通行、特に自動二輪に通行にとって非常に危険な状態になる。

したがって大きな破壊をひきおこす前に、これをすみやかに補修する必要があるが、補修しても1週間前後で材料は飛散してしまうのが実情である。この原因は、第1にタイヤチェーンが路面をたたくこと。第2に冬期にはプラントが閉鎖されているので加熱混合物が使えず、限られた材料に頼らざるを得ないこと。そして、第3には気温が寒冷であるのみならず路面が湿潤状態にある等、施工条件が悪いことである。以上のような条件にあっても、有効な材料と施工法は、現在まだ確立されていない。

本研究の目的は、以上のような現場状況を考慮し、道路路面が湿潤状態にあっても自然に乾燥することが期待できないような季節にも、有効かつ実用的な舗装の補修材料を開発するとともに、その施工方法について研究し、このような時期に適する舗装補修工法を考慮することである。

2. 研究方法

研究は、まず湿潤時における補修作業の実態を把握し、ついで在来の補修用材料ならびに新しい材料のうち、有望と思われるものについて、室内試験により比較検討ののち、これらを実際に道路上での試験施工に供して最終的な検討を行なう方法をとった。すなわち、

- ① 既存材料を調査する。
- ② 現地施工の実態を調査し、現場条件を設定する。
- ③ 既存材料の中から代表的な材料を選びだし、予備試験を行ないながら、現場条件にあわせてこれらを改良し、新材料を開発する。

* 建設省中部地方建設局

** 日本大学理工学部

表2-1 補修材料委員会（敬称略，50音順）

委員長	渡辺 隆	東京工業大学
委員	阿部 頼政	東京工業大学（当時）
〃	稲垣 健三	東亜道路工業(株)技術部
〃	太田 健二	日瀝化学工業(株)中央研究所
〃	昆布谷竹郎	日本舗道(株)技術研究所
〃	近藤 紀	大成道路(株)技術部
〃	関 勇三郎	前田道路(株)技術研究所
〃	多田 宏行	建設省関東地方建設局（当時）
〃	高見 博	日本舗道(株)技術部
〃	南雲 貞夫	建設省土木研究所
〃	萩原 浩	建設省道路局（当時）
〃	真柴 和昌	協会需要開発委員会
〃	松野 三朗	建設省土木研究所
〃	吉村 和美	協会需要開発委員会

表2-2 研究の実施場所

名 称	所 在 地
日本アスファルト協会	東京都港区芝西久保明舟町12
日瀝化学工業中央研究所	東京都荒川区西尾久8-47-1
日本舗道技術研究所	東京都品川区東品川3-32-34
東亜道路工業技術研究所	横浜市南区中村町5-318
大成道路技術研究所	浦和市大崎264
シェル石油中央研究所	神奈川県愛甲郡愛川町中津字桜台
丸善石油商品研究所	埼玉県北葛飾郡幸手町権現堂
東京工業大学渡辺研究室	東京都目黒区大岡山2-12-1

- ④ 新材料の室内試験を開始する。
- ⑤ 新材料を現場に送付し、試験法の説明会を行なう。
- ⑥ 現場試験を開始する。
- ⑦ 室内試験、現場試験の結果を得る。
- ⑧ 試験結果より、新材料の良否を判定する。
- ⑨ 以上を総合して、適合材料の方向を見い出す。

このような研究を推進するため、建設技術研究補助金の申請をして、その主任研究者である渡辺隆東京工業大学教授を委員長とし、表2-1のメンバーによる「補修材料委員会」を本協会内に設置した。また、研究の実施場所としては、現場調査および現場試験は、東北地方建設局および北陸地方建設局の協力を得て両局管内の一般国道で実施したが、作業および室内試験については表

2-2の各研究所等で行なった。

以下この順序にしたがって、研究内容を述べる。

3. 既存材料の調査

舗装補修用材料として、わが国で市販されているものを調査した結果、57種類（メーカー数34社）におよんでいることが判明した。

この57種類の材料を分類すると表3-1（種類Ⅰ）のようになる。

しかし、これらの材料のうちには施工実績も明らかでないものが含まれているので、委員会において検討の結果、本研究に関連して、一応実用性ありと判断したものをひろくと（種類Ⅱ）のようになる。

さらに、これらのうちでも組成その他が類似しているものが少なくないので、類似のグループの中から、低温で施工するもの3種、中温で施工するもの2種、高温で施工するもの2種を選び、これらに改良を加えて、新材料を開発することに決定した。

次に瀝青系以外の補修用材料としての適用性について、約30種類を対象に検討してみた。しかし、これらは一般に相当に高価なため経済性からの制約を受けるものが多いので、耐久性に格段の優位が認められれば実用の可能性もあるとの観点に立って、一応つぎの8種の材料にしばり、これらのうちから適当なものを選定して、研究を進めることにした。

- ① スチレン・ブタジエンゴム
- ② ポリ酢酸ビニール
- ③ セルローズ誘導体

表4-1 湿潤時補修材料と工法に関するアンケート

(1) 路面の破壊状況について 1-1 破壊の発生時期 1-2 ヒビワレ、小ポットホールなどの破壊の徴候の有無 1-3 大型車交通量、タイヤチェーンなどの影響の程度 1-4 降雨、積雪などの影響の程度 1-5 ヒビワレの状況（ヒビワレ率など） 1-6 ポットホールの状況（1個所の面積、深さ、内面の状態など） 1-7 その他の破壊	
(2) 補修の方法 2-1 年間における維持補修計画 2-2 補修作業時の天候、気温 2-3 路面の乾燥程度 2-4 補修材料の種類（骨材、結合材、配合など） 2-5 補修作業の手順（補修個所の乾燥、清掃などの前処理、プライマー塗布の有無、材料運搬、締固め、事後の手当など） 2-6 所要の施工機械、道具など 2-7 工費（材料t当り、補修面積1,000m ² 当りなど）	
(3) 補修後の状況 3-1 補修個所の耐用期間 3-2 耐用期間に及ぼす大型車交通量、タイヤチェーン、降雨降雪などの影響 3-3 パッチング個所の破壊のおもな原因 3-4 パッチング材料の散逸の状況	
(4) 湿潤時補修における問題点 4-1 湿潤時補修の必要性 4-2 補修材料に要求される性質 4-3 湿潤時補修方法の要点	

表3-1 補修用材料調（瀝青系）

区 分	種 類Ⅰ	種 類Ⅱ
(1)加熱または半加熱混合、常温施工	32 (6)	14 (6)
(2)常温混合、常温施工	5 (1)	1 (1)
(3)その他（使用条件不明）	2	
(4)半加熱混合、常温施工（乳剤系）	8 (2)	2 (1)
(5)半加熱混合、常温施工（タール系）	5 (1)	2 (1)
(6)加熱混合、常温施工（タール系）	5 (1)	2 (1)
計	57 (11)	21 (10)

(注) () 内の数値は湿潤時にも施工可能と公称する材料で内書きである。

- ④ ポリビニールアルコール
- ⑤ フェノール樹脂
- ⑥ ポリエステル系
- ⑦ エチレン酢ビ共重合体
- ⑧ 塩化ビニール粉体混合

4. 現場施工の実態調査

積雪寒冷期における舗装補修の実情を把握するために東北・北陸両地方建設局管内でアンケート調査を行なった。

この場合、出来るかぎり現場の実情を探り得るよう、あらかじめ表4-1のようなアンケートを関係出張所に配布しておき、研究会への出席者も現場第1線で実務を担当している方々に参集願って、いわば生の声による意見の交換を図った。

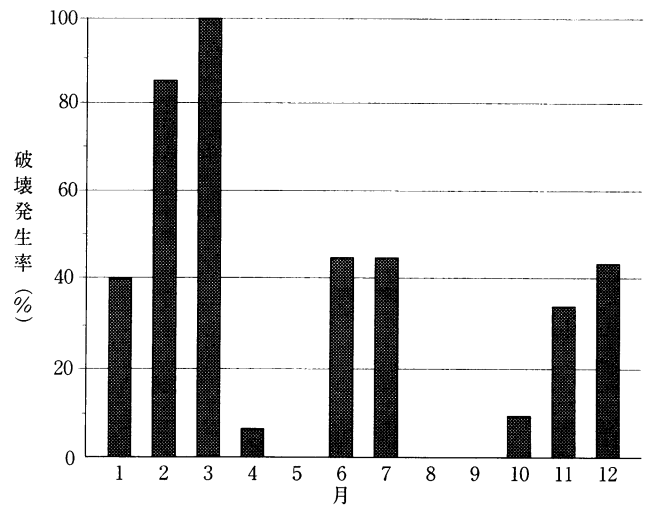
アンケート調査の回答の詳細は省略するが、この調査と研究の討論および現地視察によって得られた結果は、次のとおりである。

〇〇工事事務所〇〇出張所

- ① 破壊の発生時期は、梅雨期（6～7月）、降霜期（10～11月）、冬期（12～2月）および融雪期（2～3月）の4期に大きく分けられるが、融雪期の破壊発生が最大である。（図4-1）
- ② 破壊の外的原因としては、大型車の通行、路面の湿潤、タイヤチェーン、凍結融解が挙げられる。（図4-2）

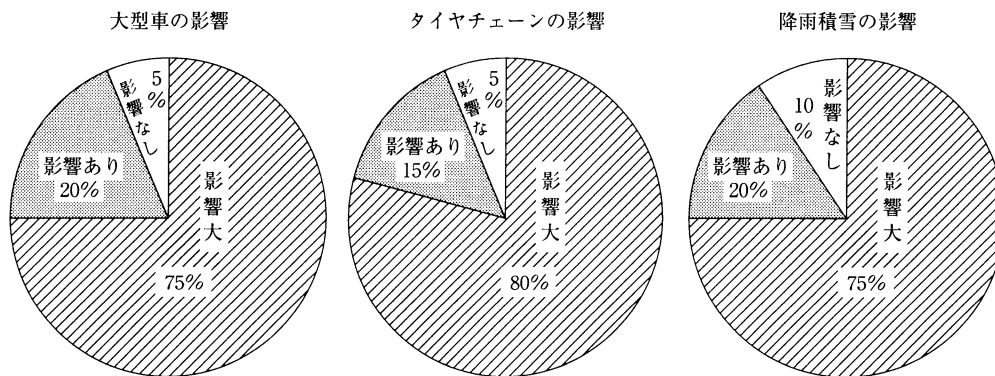
- ③ 破壊の前には、ヒビワレ・小ポットホールなどの前徴がある。
- ④ ポットホールの深さは5cm、直径30cmが標準であり、この大きさ以上になると急激に破壊が進行する。(図4-3)
- ⑤ 補修に際して、ポットホールの乾燥はなかなか困難であり、湿潤状態でも施工できる材料が望まれている。
- ⑥ パッチング後の転圧はあまり期待できない。
- ⑦ 既存の混合物はパッチング後の寿命が短く、現場では加熱するなどの工夫をして使用している。(図4-4)
- ⑧ 現在使用されている常温混合物の補修用材料は、現場にとって必ずしも満足すべきものではなく、より有効な材料および工法を望む声が高い。(表4-2)

図4-1 月別の破壊発生状況
(アンケート調査による)



註) 上記の破壊発生率は、調査数20のうち、その月に破壊があると回答したのは何%あるかを示す。たとえば3月はすべての地域(100%)で破壊が発生している。

図4-2 破壊におよぼす影響



註) 図中のパーセンテージは、調査数20のうち何%がその回答をしたかを示す。

図4-3 ポットホールの寸法

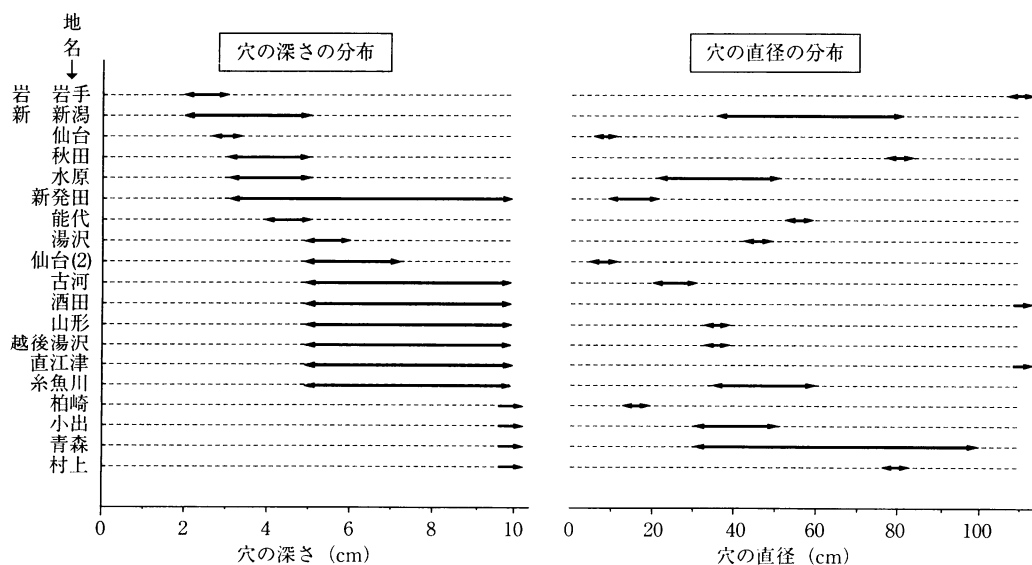


図4-4 パッチング後の寿命（常温混合物）

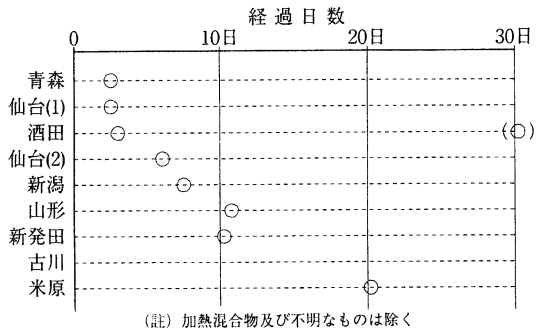


表4-2 現地補修材料

加熱混合物					
	トベカ	アスモル	シート	粗粒	グース
東北	7	1	0	0	0
北陸	7	5	2	2	1

常温混合物							
	カットバック系(1)	カットバック系(2)	カットバック系(3)	カットバック系(4)	カットバック系(5)	乳剤系(1)	アスファルトブロック
東北	8	2	2	2	0	0	1
北陸	9	0	0	0	1	1	0

現場のパッチング施工例

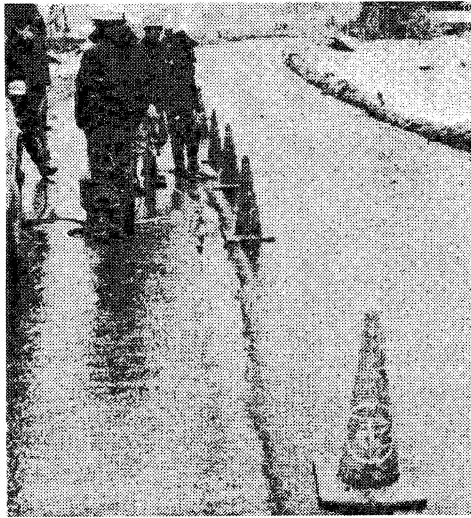


写真-1 補修箇所

上越国道湯沢維持出張所



写真-2 乾燥

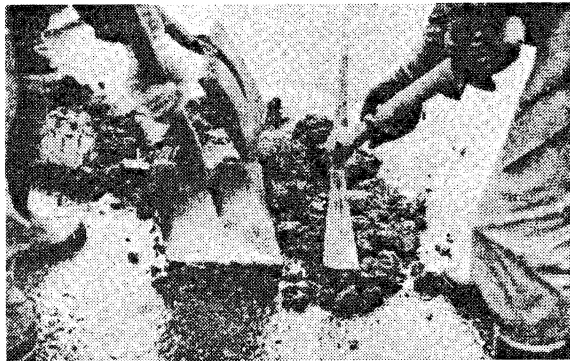


写真-3 混合物のときほぐし



写真-4 混合物の加熱



写真-5 混合物の舗設



写真-6 締め固め

5. 新材料の開発

5-1 現場条件の設定

新材料の開発するためには、どのような現場条件でその材料を使用するのかを明確にしておかなければならない。また新材料の現場実験・室内実験も、その現場条件に従って行なう必要がある。現場施工の実態調査および予備実験のデータを参考に委員会で数回にわたる討議の結果、次のように現場条件を設定した。

① 対象とする現場

北陸・東北地方の積雪寒冷地

② 施工時期と温度

冬期および融雪期，したがって施工時の温度5℃前後を対象とする。

③ 補修の対象

直径30cm，深さ5cm程度のポットホールを対象とする。この場合ポットホールの内面は，ぬれた雑巾でふいた程度の湿潤状態とする。また転圧はせいぜいタンパーで5回程度のもとする。

④ 路面条件

冬期の積雪寒冷地であるから，当然，路面には雪または水があり，凍結融解，タイヤチェーンの通行がある。

⑤ 補修材料

プラントは閉鎖されているとみなし，材料は5℃程度でそのまま施工できるか，またはトーチランプによる程度の加熱で施工できるものに限る。

⑥ 貯蔵期間

材料は作製日から1週間～4週間に使用するものとし，その間に変質してはならないものとする。

以上の条件のもとに，新材料を開発し，室内試験・現場試験の計画をたてることに決定した。

表5-1 粒度 (通過重量百分率)

フルイ目 \ 材料	A	B	C	D	E	F	G
30mm		100.0					
20		99.4		100.0	100.0	100.0	
13	100.0	88.8	100.0	98.4	99.1	99.7	
5	90.0	60.5	69.9	71.4	67.1	89.9	100.0
2.5	50.0	34.9	45.6	46.6	45.3	69.9	96.7
0.6	...	9.6	25.1	26.3	25.9	50.1	83.4
0.3	...	2.8	14.6	14.7	15.9	36.8	64.8
0.15	...	0.7	2.2	8.1	6.3	17.9	28.0
0.074	10.0	0.4	0.3	5.3	2.8	10.5	15.4

表5-2 バインダー量 (%)

項目 \ 材料	A	B	C	D	E	F	G
アスファルト量	×	4.6	×	6.8	5.5	8.2	12.0
バインダー量	7.5	7.4	6.75	×	×	8.2	12.0

5-2 新材料の開発

既存材料の調査結果をもとに，性質の異なった材料を選定のうえ，これに改良，工夫を加えて以下の新材料7種を開発した。

新材料A……カットバックアスファルト系低温施工用材料

B……アスファルト乳剤系低温施工用材料

C……ゴム入りアスファルト系低温施工用材料
D……カットバックアスファルト系 (I) 常温施工用材料

E……カットバックアスファルト系 (II) 常温施工用材料

F……トベカ系常温施工用材料

G……シート系常温施工用材料

以上の新材料は3つのグループに分けられる。

第IのグループはA, B, Cの3種で，これらは5℃前後の室温では，袋から出してそのまま施工できるやわらかさを持っている。

第IIのグループはD, Eで，これらは，20℃程度で施工する材料である。したがって冬期の寒冷期で使用する場合には，袋から出した後，若干トーチランプで温める必要がある。このような材料を開発した理由は，現地調査の項で述べたように常温混合物を温めて使用すれば，長持ちするという報告にもとづいている。

第IIIのグループはF, Gで，これらはもともと加熱混合物であり，プラントで混合した後，バラバラにほぐして貯蔵したものである。したがってこれらの材料を現場で施工する場合には，トーチランプ等でかなり加熱する必要がある。

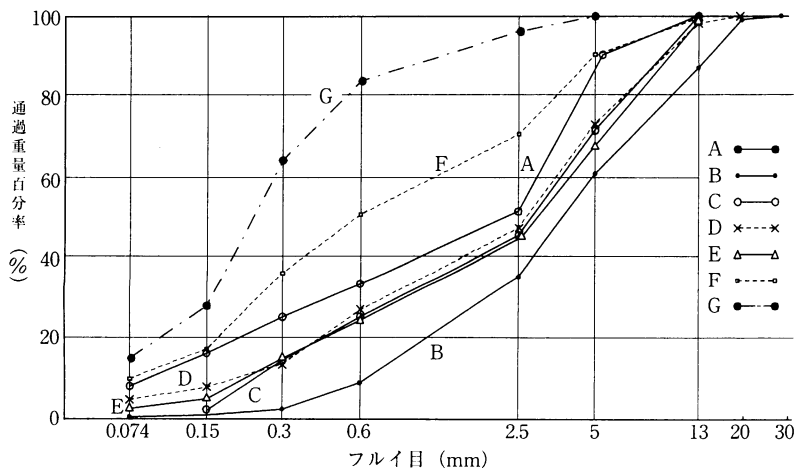


図5-1 材料の粒度分布

ある。なお、この材料を加えたのも、現地調査の結果によるものであり、新材料A～Eの良否を判定する基準になると考えられるからである。

A～Gの骨材の粒度分布、バインダー量を表5-1、表5-2、図5-1に示した。

6. 新材料の試験とその成果

現場施工の実態調査と予備試験をもとにして、7種的新材料が開発された。また、種々の予備試験により、室内試験の方法および現場施工の条件も確立され、新材料の試験をする準備がととのった。

試験は、室内試験と現場試験に分けて行なわれ、それぞれの試験の担当機関は次のとおりである。

室内試験

- 現場密度再現試験……………日瀝化学工業(株)研究所
- ラベリング試験(密度変化)…シェル石油(株)研究所
- ラベリング試験(凍結・溶解)…日本舗道(株)研究所
- マーシャル試験……………アスファルト協会
メーカー会員の研究所
- 貯蔵性試験……………東工大交通工学研究室

現場試験

北陸・東北各地建管内の出張所(30ヵ所)

6-1 新材料の室内試験による性状

室内試験は、新材料の力学的性状を知るとともに、現場の条件によって各材料がいかなる変化を示すかを試験して、現場施工法の改良をはかり、さらに現場試験の結果と比較して、良い材料の性質およびそれを判定するのに基準となる試験法を見い出すのが目的である。

室内試験は、規格試験・現場模擬試験・貯蔵性試験の3種について実施した。

6-1-1 ラベリング試験とその結果

本試験は、新材料7種について、凍結・融解を受けない場合と受けた場合、さらに締固め度に差がある場合の影響を調べるために行なった。

試験は北海道開発局土木試験所で研究開発された試験様式に準拠したが、適宜修正を加えた方法をとった。凍結融解は7サイクルを採用し、締固め度変化は2種類とした。供試体の作成方法や、試験方法の詳細についてはここでは省略する。

試験の結果は次のようであった。

(1) 材料による差について

各材料のすりへり断面積は図6-1のとおりである。

凍結融解を受けていない供試体のすりへり量は少ない順にならべると、

図6-1 すりへり断面積

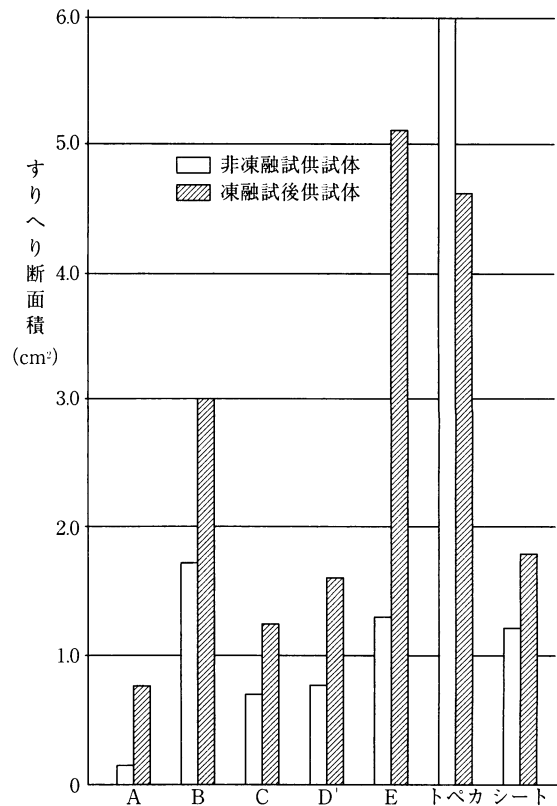
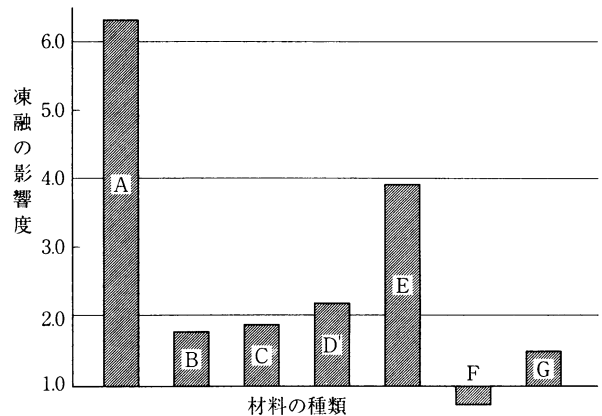


図6-2



$A < C < D < G < B < F < E$

となる。A(カットバック系低温用)が非常に小で、B(乳剤系低温用)およびF(トベカ系常温用)は大である。

(2) 凍結・融解の影響について

材料が凍結・融解をくりかえし受けた場合のすりへり量は、少ない順にならべると次のようになる。

$A < C < D < G < B < F < E$

これを(1)の結果と比べると、E(カットバック系(II)常温用)が5番目から7番目に移っただけでその他の順序はかわらない。すなわち、凍結・融解前にラベリングに対して安定な材料は、凍結・融解後も一般に安定する。

凍結・融解の影響度を次式で表わし、図6-2にその

結果を示した。

$$\text{凍結・融解の影響度} = \frac{\text{凍・融後のすりへり断面積}}{\text{凍・融前のすりへり断面積}}$$

Fを除いて凍結・融解の影響度がいずれも1.0より大きいということは、凍結・融解があれば材料はすりへり易くなることを示している。A（カットバック系低温用）は、すりへのり量の絶対量は少ないが、影響度は一番大きくなっている。またF（トベカ系常温用）は、すりへのり量の絶対量は多かったが、凍結・融解の影響はほとんどないと言える。その他の材料においてはE（カットバック系常温用（Ⅱ））が、凍結・融解によってすりへり量が4倍程度になり、B（乳剤系低温用）、C（ゴム入り系低温用）、D（参考材料）およびG（シート系常温用）は2倍程度になる。

(3) 密度変化の影響について

ラベリング試験によるすりへり量は、供試体の密度によって当然変わってくると考えられる。そこで、各材料について締固めエネルギーを変えることにより、小密度・大密度2種類の供試体を作製し、密度変化の影響を調べた。

供試体作製条件

- 小密度供試体（速さ1t/分、1tで1分間保持、静的締固め）
- 大密度供試体（速さ5t/分、5tで1分間保持、静的締固め）

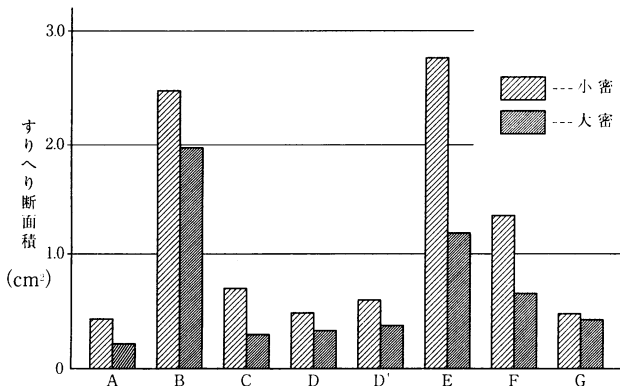


図6-3 ラベリング試験結果

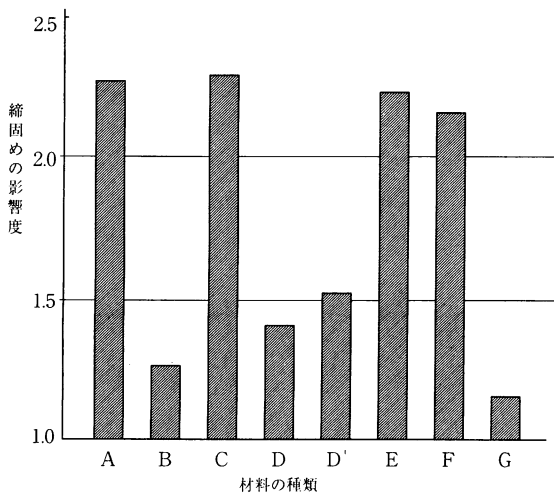


図6-4 締固めの影響度

図6-5 タンパー突き固め回数と密度の関係

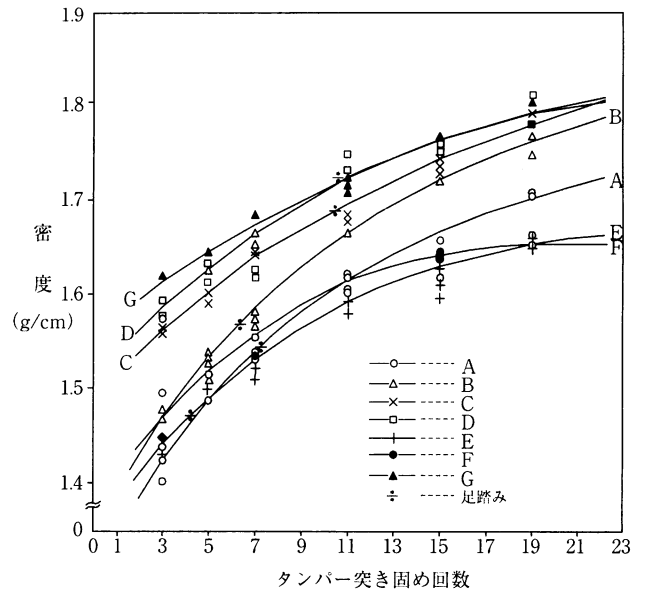
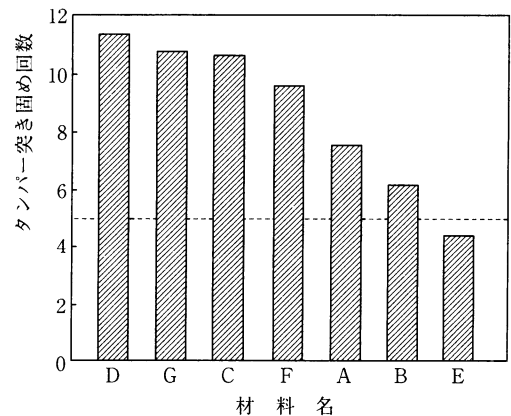


図6-6 足踏みに相当するタンパー突き固め回数



以上の供試体についてラベリング試験を行なった結果を図6-3に示す。また次式で表される影響度として、各材料の締固めの影響度をみると図6-4のとおりとなる。この結果をみるとA（カットバック系低温用）、C（ゴム入り系低温用）、E（カットバック系（Ⅱ）常温用）、F（トベカ系常温用）がとくに影響度が大きい。したがって、これらの材料のすりへり量は、密度のとり方によって、かなり左右されると考えられる。

$$\text{締固め影響度} = \frac{\text{小密度供試体のすりへり量}}{\text{大密度供試体のすりへり量}}$$

6-1-2 現場再現の密度試験

本試験は各材料の密度がタンパー突固め回数の増加によって、どのように変化するかを調べるもので、いわゆる締固めやすさを判定する基準になるものである。

試験方法の詳細については、ここでは省略し、結果の

みを示す。

図6-5は各材料の突固め回数と密度との関係を表わしたもので、この曲線の傾きが水平に近ければ近いほど締固めやすいこととなる。

図6-6は、体重53kgの人が全面を3回踏み固めるように足踏みしたときに相当する突固め回数を各材料について比較したもので、Eを除いていずれもタンパー5回突き固め以上の効用があることを示している点が注目される。

6-1-3 貯蔵性試験

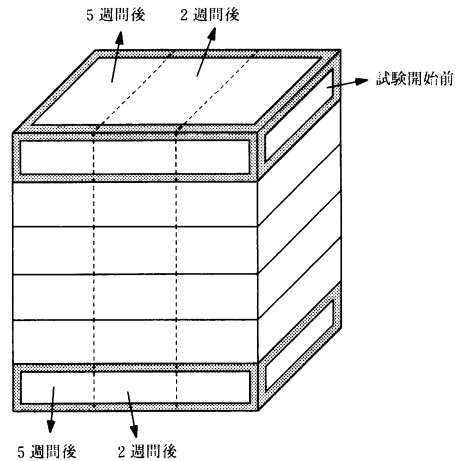
常温混合物は、一般に40kg程度ずつ袋詰めにして貯蔵される。この貯蔵期間は現場によって異なるが、1ヵ月程度は見っておかなければならず、その間に材料特性に変化があつてはならない。また、5袋程度は積み重ねられる可能性がある。

本試験は以上のような条件のもとで、今回開発した新

表6-1 供試体の寸法

供試体	項目	直径	高さ
一軸供試体		5cm	約10cm
マーシャル供試体		10cm	約6.35cm

図6-7 貯蔵性の検討



材料が変質しないかどうかを、一軸圧縮試験によって判定しようとするものである。

(1) 供試体作製方法

A・B・Cは5℃、D・Eは20℃であらかじめ24時間養生し、袋を開いてからただちに供試体を作製した。

供試体は、縦長のものと同扁平なもの2種類ある。前者を一軸供試体、後者をマーシャル供試体と呼ぶことにする。各供試体の寸法は表6-1のとおりである。

マーシャル供試体は、各材料とも1.000gとり、マーシャル用突固め機で表裏各50回突固めた。一軸供試体は各材料とも400gとり、表裏各1tで静的に締固めた。

(2) 一軸圧縮試験方法

供試体作成後、約3時間、A~Eの材料すべて5℃で養生し、マーシャル供試体・一軸供試体ともに3mm/分の変形速度で一軸圧縮試験を行ない、X-Yレコーダーによって荷重-変形量の関係を得た。

(3) 貯蔵性の検討

平積みのもの、下積み(40kgの袋5つ上載した場合を想定)のものそれぞれについて初期(平積みのみ)、2週間後、5週間後に一軸圧縮試験を行なって、貯蔵による変化を調べた。

その結果の一部を図6-8、図6-9に示す。

これからみると、各材料によって圧縮強度

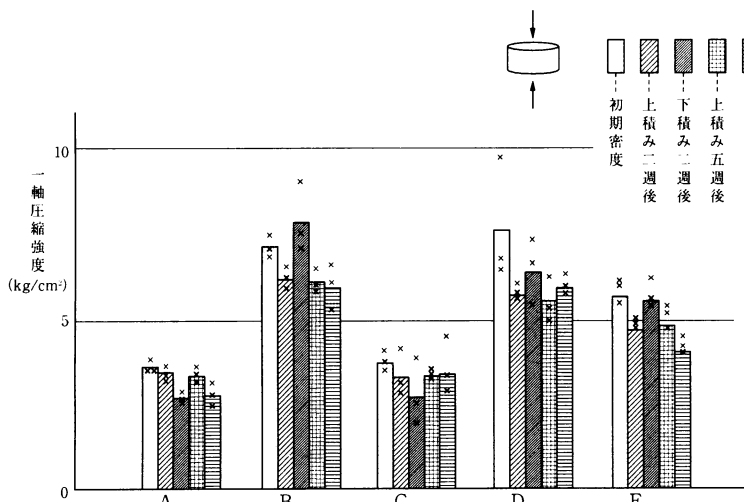


図6-8 マーシャル供試体 一軸圧縮強度

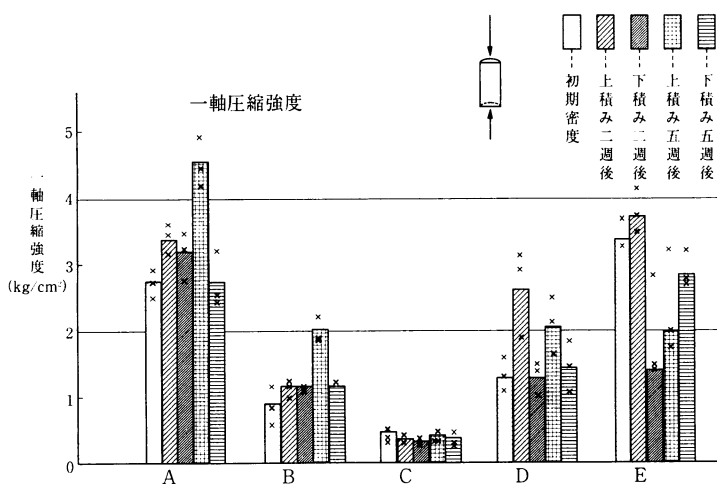


図6-9 一軸供試体 一軸圧縮強度

の差はあるが、貯蔵による影響について有意な変化はあらわれていない。

6-1-4 規格試験

新材料が標準的な試験（マーシャル安定度試験）に対して、どのような特性値をもつか、次の2つの試験法で調べた。

(1) 簡易舗装要綱によるマーシャル安定度試験

この方法は、試料をマーシャル安定度試験用モールド

表6-2 マーシャル試験結果

測定材料	簡易舗装要綱の方法		常温 (25℃)	
	安定度 kg	フロー値 1/100mm	安定度 kg	フロー値 1/100mm
A	350	27	270	32
B	270	31	270	33
C	170	18	160	23
D	220	18	150	20
E	200	18	180	25
F	550	65	レ	レ
G	230	130	レ	レ

に入れ、両面50ずつ突き固め（今回は25℃で）、モールドに入れたまま110℃±5℃の恒温乾燥炉に入れ24時間放置する。取り出してからただちに両面25回ずつ突き固め、室温で一晩放置後脱型し、60℃の水中に30分間浸漬してマーシャル安定度を測定する。

(2) 常温マーシャル安定度試験

これは、20℃で突き固め25℃で安定度を測定する方法である。

この試験結果は、実験者によってかなりのバラツキがみられたが、概ね表6-2のとおりである。

6-2 新材料の現場試験による性状

本試験は、新材料7種について、実際に東北・北陸のポットホールのパッチングに使用し、その施工性の良否とパッチング後の寿命を調査しようとするものである。

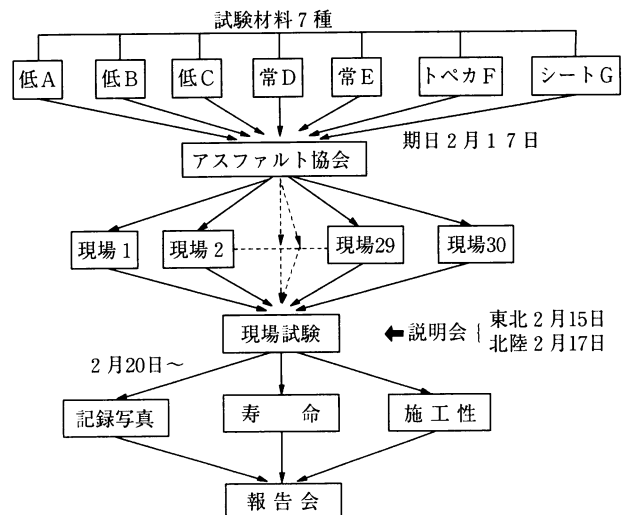
調査の手順は図6-10のとおりである。各材料は協会特製の袋（40kg入）に詰め、各現場に2種類の材料をそれぞれ200kgずつ、専用のトラック便で送付した（表6-3）。なお、袋には図6-11のような注意書をつけ、同時に表6-4のようなアンケート用紙によって調査した。

(1) 新材料の概括的評価

各材料の寿命の判定は、パッチング後・翌日・3日後・7日後・14日後・30日後に観察し、次の項目に相当する番号をパッチング記録に書きこむ方法をとった。

1. 変化なし
2. とびはじめた
3. 半分ぐらいとんだ
4. ほとんどとんだ
5. 圧雪等により判断できない

図6-10 現場試験概要



試験の数 2種類×現場30=60種類
各資料についての試験数 60÷7=8or9 (回)

表6-3 現場一覧表

事務所名	出張所名	送付材料名とその数量 (1袋40kg)					
		材料名	数量	袋数	材料名	数量	袋数
青森工事	1 十和田国道維持	A	200	5	E	200	5
	2 青森国道維持	B	200	5	F	200	5
	3 大鰐国道	C	200	5	G	200	5
	4 八戸国道	D	200	5	A	200	5
能代工事	5 能代国道維持	B	200	5	D	200	5
	6 大館国道維持	C	200	5	E	200	5
秋田工事	7 本荘国道維持	F	200	5	B	200	5
	8 秋田国道維持	G	200	5	C	200	5
	9 角館国道維持	A	200	5	D	200	5
湯沢工事	10 湯沢国道	E	200	5	G	200	5
	11 大曲国道	F	200	5	A	200	5
山形工事	12 山形国道維持	B	200	5	E	200	5
	13 新庄国道	C	200	5	F	200	5
	14 米沢国道	D	200	5	G	200	5
酒田工事	15 酒田国道維持	A	200	5	C	200	5
	16 鶴岡国道維持	B	200	5	D	200	5
新潟国道	17 新潟維持	E	200	5	B	200	5
	18 村上維持	F	200	5	C	200	5
	19 新発田維持	G	200	5	D	200	5
	20 水原維持	A	200	5	E	200	5
長岡工事	21 長岡国道維持	F	200	5	A	200	5
	22 柏崎国道	G	200	5	B	200	5
上越国道	23 湯沢維持	C	200	5	E	200	5
	24 小出	D	200	5	F	200	5
高田工事	25 直江津国道維持	G	200	5	B	200	5
	26 糸魚川国道維持	A	200	5	C	200	5
富山工事	27 小杉国道維持	D	200	5	F	200	5
	28 黒部国道維持	E	200	5	G	200	5
金沢工事	29 松任国道維持	A	200	5	C	200	5
	30 津幡国道維持	B	200	5	D	200	5

図6-11 使用上の注意 (必ずお読みください)

1. 材料は各袋にA・B・C…などと明記してありますので、A・B・Cの各記号のあるものは、そのまま使って下さい。
D・E・F・Gの記号のあるものは、トーチランプなどで軟くなるまで(スコップの裏でたたいてほぐれる程度に)あたためてから使用して下さい。
2. 穴は直径30~10cm程度のものに使用し、水気は雑巾で拭った程度(自由水がない程度)にパッチングして下さい。
3. 材料を穴に入れた後は、タンパーで5回一様につき固めて下さい。
4. 貯蔵する場合に7袋以上は積み重ねないこと。
5. 製造日から1カ月以内に使用して下さい。その期限内に使用できなかったものは、報告書にその旨を記しておいて下さい。
6. もし追加して試験したい場合や何かお気づきの点がありましたら、ご遠慮なく下記にご一報下さい。
社団法人日本アスファルト協会 住所 電話

表6-4 パッチングの記録

材料名 _____ 出張所名 _____ 報告者 _____				
項目	穴の番号	No.	No.	No.
①	路 線 名			
②	対 象 番 号			
③	施 工 年 月 時	月 日 時	月 日 時	月 日 時
④	天 候			
⑤	気 温 (℃)			
⑥	交 通 量(台/日)			
⑦	車 線 数			
⑧	穴の形状 (長径×短径×深さ)	(単位cm)		
⑨	舗 設 面 の 乾 湿	乾・湿・その他	乾・湿・その他	乾・湿・その他
⑩	タ ッ ク コ ー ト	有 無	有 無	有 無
⑪	数 量 (袋)			
⑫	寿 命 翌 日 (注2の 番号記入)	3日後		
		7日後		
		14日後		
		30日後		
⑬	施 工 法	良・普通・不良	良・普通・不良	良・普通・不良
⑭	転 圧 の 方 法			
⑮	舗 装 後 の 路 面 状 況			

- 注) 1. ②の対象番号は5万分の1の管内地図を添付し、その地点番号を記入。
2. ⑫寿命については、次の相当する番号を記入。
1. 変化なし 2. とびはじめた 3. 半分ぐらいとんだ
4. ほとんどとんだ 5. 圧雪等により判断できない
3. ⑭転圧は原則としてタンパーで全面5回ずつ突きかためとするが、他による場合はその方法を記入(例……足踏み)。
4. ⑮については、特に気のついた点がありましたら、記入して下さい。

このような方法では、厳密な評価はむずかしいがデータが多くなれば、かなりの信頼性がおけると思われる。

調査の結果は、図6-12~6-18に示すとおりで、現場の感触を加えて材料の評価をまとめると、次のとおりである。

① 材料A(カットバック系低温用)は、パッチング後30日経過してもほとんど変化はない。すなわち、この材料でパッチングすれば少なくとも30日間は再補修の必要がないことを示している。

ラベリング試験のすりへり量も小さい。ただ難点は若干作業がしにくい(混合物がかたい)点である。骨材は粒径が細かく、特に200#通過が10%である点が他の材

図6-12 材料A

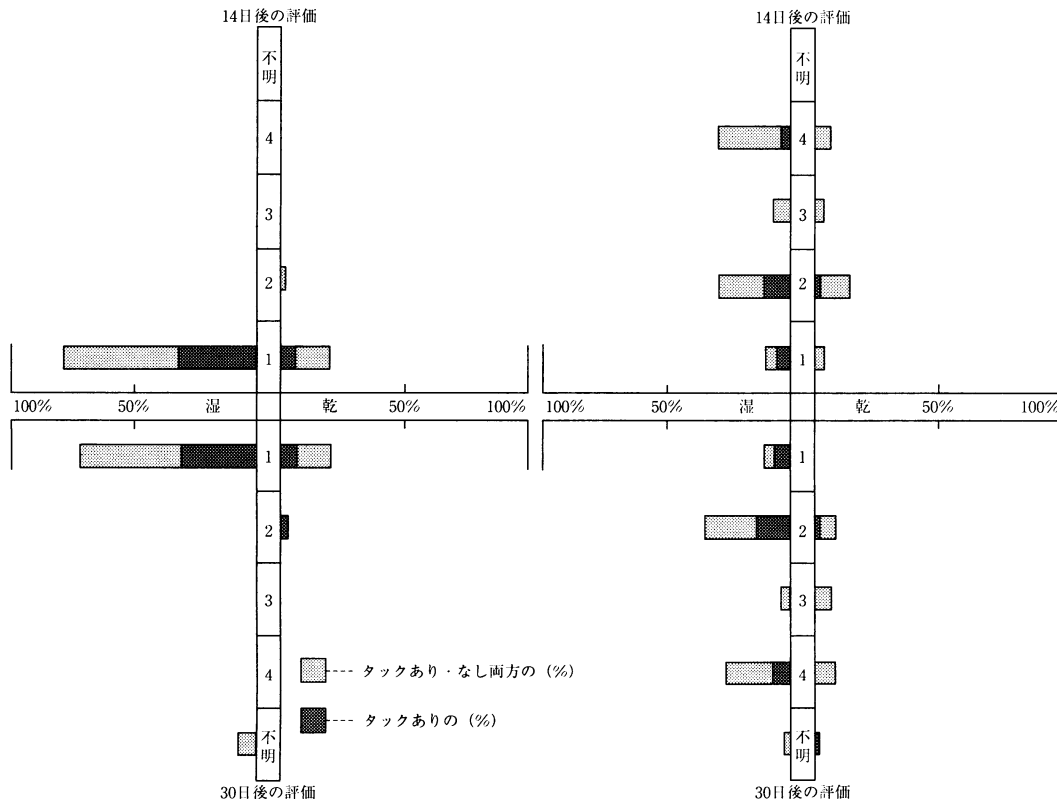
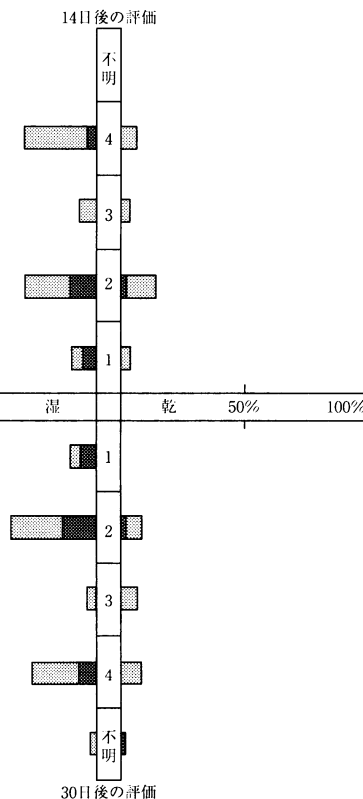


図6-13 材料B



料と大きく異なる。

② 材料B(乳剤系低温用)は、14日後の評価でみると、この材料がかなり飛散している。ラベリング試験のすりへり量も多い。粒径はかなり粗い印象を受ける。本材料の結果の悪かった原因が粒径のせいなのか、乳剤というタイプのせいなのか、他に原因があるのかわからない。なお、従来の材料との比較では、ほぼ同程度という評価を得ている。最初の14日間で飛散するようであるが、その後はあまり変化

しない。したがって、この材料は、施工の方法を考慮すれば良い材料として使える可能性がある。

③ 材料C（ゴム入り系低温用）は、14日後まではほとんど変化なしだが、30日後には破壊数が多くなるようである。粒径は細かく作業性は7種のうち最も良い。

④ 材料F（トベカ系常温用）は材料Bと同じく、14日までにかなり飛散するが、その後はあまり破壊しない。

現場で最もよく使われている加熱混合物のトベカとほとんど同じものであるが、寿命は他の新材料に比べて特に良いというほどではない。

⑤ 材料D（カットバック系（I）常温用）、材料E（カットバック系（II）常温用）材料G（シート系常温用）は若干ポットホール

の周囲に飛散する程度で、パッチング後30日経過しても安全である。しかし、これらはいずれも加熱して施工するために作られているので施工性はあまりよくない。

⑥ 従来の材料と比べて総合評価した結果を表6-5に示す。

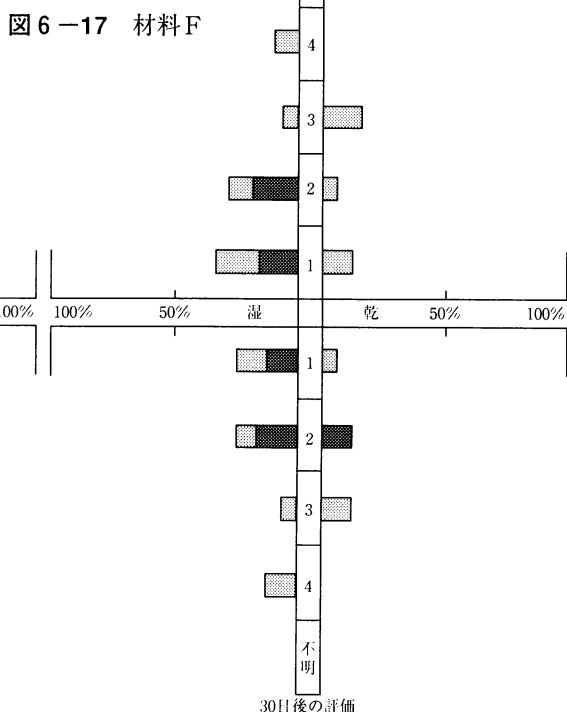
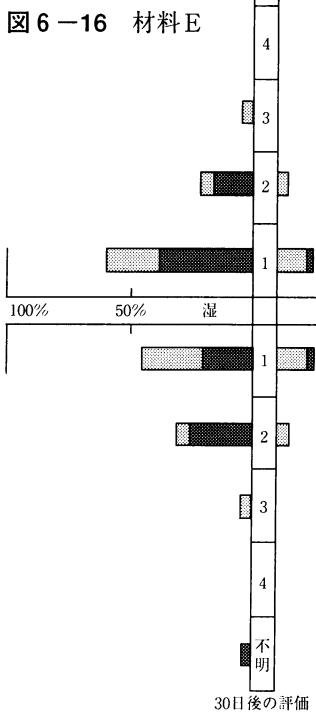
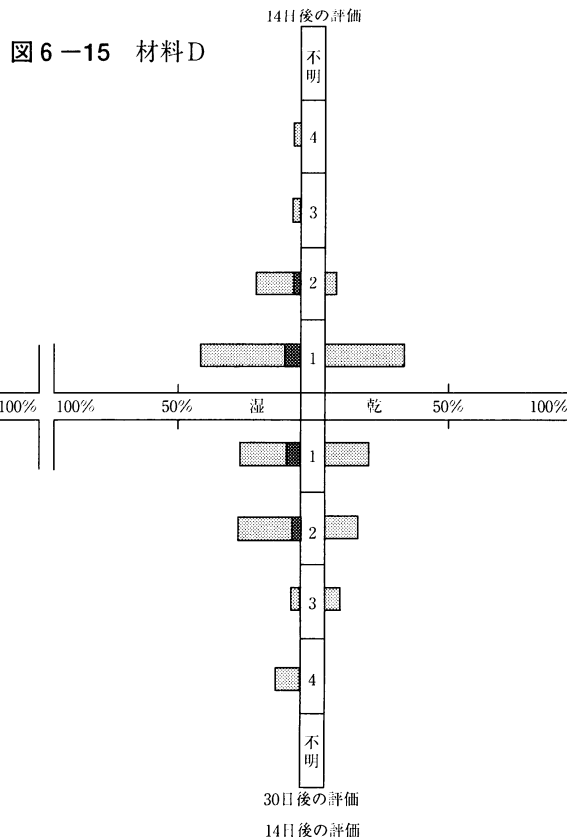
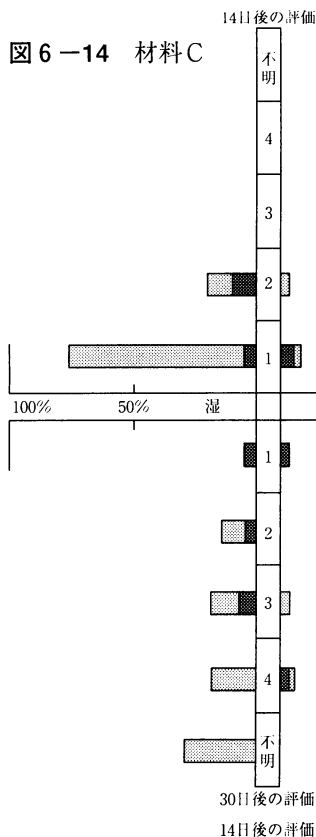


表6-5 新材料の評価

材料 評価	A	B	C	D	E	F	G
良い	4	2	7	2	3	0	2
同じ	1	2	0	4	0	1	1
悪い	0	2	0	1	0	3	0

図6-18 材料G

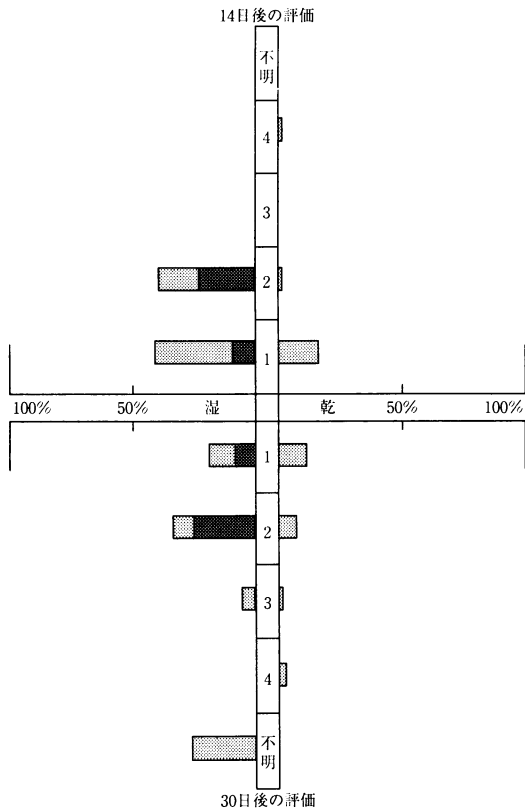


図6-19 交通量の分布 材料B

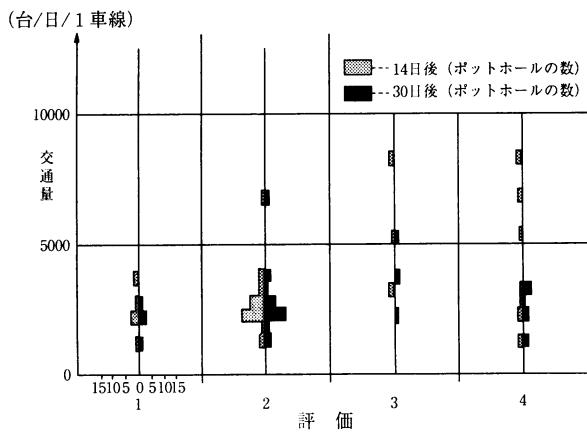
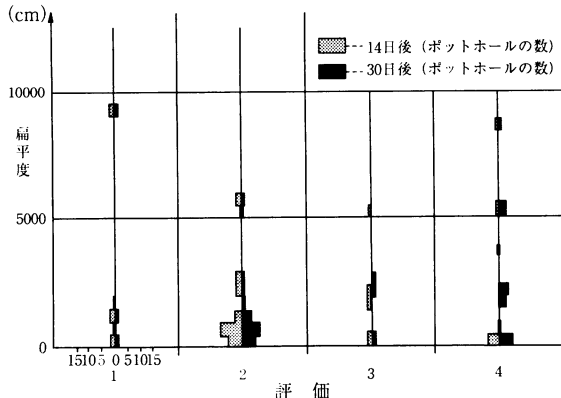


図6-20 偏平度の分布 材料B



従来の常温混合物がせいぜい7日程度の寿命であったことを考えると新材料はいずれも従来の材料に比べて良い結果を示しているのではないかと想像される。

(2) 交通量の影響について

各材料の寿命は交通量の多少によってかなり影響を受けると考えられる。

そこで各材料ごとに、交通量の分布と評価 (1, 2, 3, 4) の関係を調べ比較してみると、各材料ごとに交通量が多いほど破壊が早いという傾向は、特に見受けられない。

したがって今回の実験では、交通量の多少による影響はあらわれていないと見てよいと思われる。

その一例を図6-19に示す。

(3) 穴の形状の影響について

ポットホールにパッチングされた材料は、一般にポットホールの形が偏平なほど車両の通行によって破壊されやすいと考えられる。今回の現場試験においてもパッチング後の寿命に、その影響が現れるのではないかと考えて、各材料ごとに調査を行なった。ここでは次式で表わされる値を偏平度と定義して分析した。

$$\text{偏平度} = \frac{\text{ポットホールの長径 (cm)} \times \text{ポットホールの短径 (cm)}}{\text{ポットホールの深さ (cm)}}$$

調査の結果は、交通量の場合と同じく偏平度による有意差は見られなかった。図6-20にその一例を示す。

7. その他の材料

(1) 樹脂系の材料

合成樹脂をパッチング材として使用しようとする試みは、作業性、経済性等で問題点も多いが、将来のためにここで検討したものである。

当初、合成樹脂として選んだものは

- 1) スチレンブタジエン
- 2) ポリ酢酸ビニル
- 3) セルローズ誘導体
- 4) ポリビニルアルコール
- 5) フェノール樹脂
- 6) ポリエステル
- 7) エチレン酢ビ樹脂
- 8) 塩化ビニル樹脂

の8種類であったが、室内実験に供したものは、塩化ビニル樹脂、フェノール樹脂、ポリエステル、ポリ酢酸ビニルの4点である。

実験-1

使用樹脂 塩化ビニル樹脂 樹脂外観 白色粉末

樹脂成分 塩化ビニル 10部に対しDOP 8部

融点150℃

複合材料配合 塩ビ粉末 16

硅砂混合物 84

計 100

処理 硅砂混合物のみバーナーで10分間加熱し、その中へ塩ビ粉末を混ぜ合わせる。

8. 適合材料への考察

補修材料の寿命の長さを表わす一つの尺度として、耐久度を次のように定義してみる。

$$\text{耐久度} D = \frac{\begin{pmatrix} 3 \\ \times \\ \text{評価} \\ \text{1の} \\ \text{数} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 2 \\ \times \\ \text{評価} \\ \text{2の} \\ \text{数} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 \\ \times \\ \text{評価} \\ \text{3の} \\ \text{数} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ \times \\ \text{評価} \\ \text{4の} \\ \text{数} \end{pmatrix}}{3 \times (\text{評価} 1, 2, 3, 4 \text{ の総数})}$$

これは1, 2, 3, 4の評価にそれぞれ3, 2, 1, 0の重みをつけて、あらわしたものである。各材料の14日後, 30日後の評価によって、耐久度の大小を出してみると、

14日後

A > C > D > G > E > F > B

30日後

A > E > D > G > F > C > B
となっていて、従来よく使用されていたFよりも耐久度が小さくなっているのは、B, C材料のみである。また、トベカよりもシートの方が耐久度が大きいことも示している。計算結果は表8-1, 図8-1に示す。

このような結果から、将来よりよい補修材料に改善していくために、いくつかの考察を進めてみることにする。

(1) 凍結融解の影響について

図8-2, 図8-3に、ラベリング試験(密度の影響)における小密度の場合のすりへり量と、前に定義して求めた耐久度との関係を示した。

(I)のグラフから明らかなように、すりへり量と耐久度とはかなり強い相関関係にある。30日後のデータは材料Cだけが特にとびはなれた値を持っているが、これは材料Cが、2週間を過ぎると急激にとびはじめる特殊な性質を持っているためであろう。

(II)の凍結・融解後のデータにおいて、14日後では材料Fがとびはなれているほかは、かなり相関がある。しかし30日後になるとバラバラになってくる。

以上(I), (II)を比較して、(I)の方が相関が強いことは明らかであり、このことは凍結融解をしない方が、現場に則した性質を示すことができることを意味する。

図8-2 耐久度とラベリング結果(I) 小密度の供試体

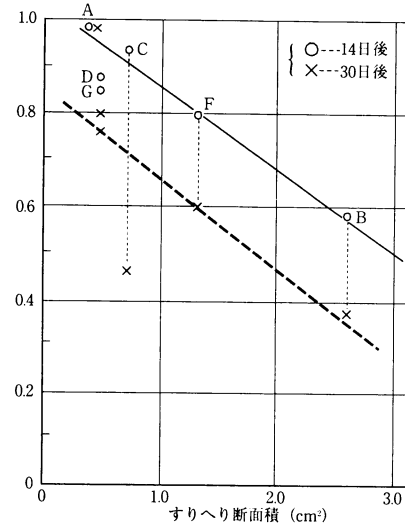


図8-3 耐久度とラベリング結果(II) 凍・融後の供試体

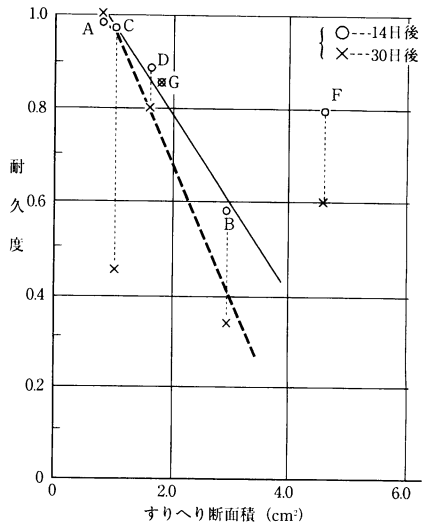


図8-4 耐久度と変形係数の関係(I) マーシャル供試体

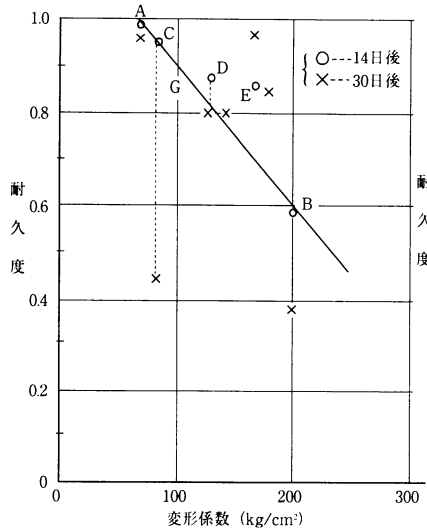
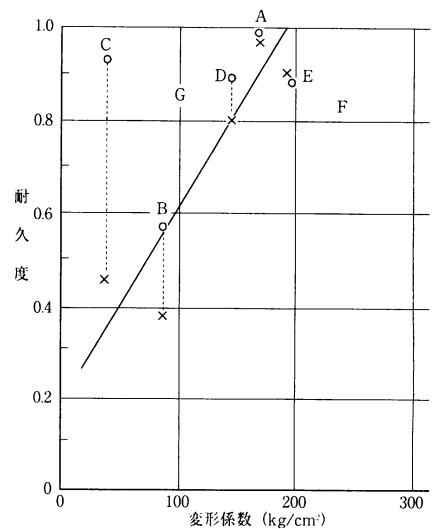


図8-5 耐久度と変形係数の関係(II) 一軸供試体



これは今年(47年1~2月)は雪が少なく、現場の路面が乾燥していたことを反映しているとも考えられる。この点は今後の検討がまたれるところである。

(2) 一軸圧縮試験結果と耐久度について

貯蔵性試験で実施した一軸圧縮試験における変形係数と耐久度との関係を、マーシャル供試体、一軸供試体にかけて図8-4, 図8-5にそれぞれ示した。なお変形係数とは、一軸圧縮試験において、破壊強度を歪量で除したもので、5回の試験(初期, 上積み2週間, 下積み2週間, 上積み5週間, 下積み5週間)の平均値でとつてある。

まずマーシャル供試体の変形係数と耐久度との間には、負の相関関係がある。すなわち変形係数が大きければ大きいほど耐久度は小さくなる。そして、この相関関

係は30日後の耐久度よりも、14日後の耐久度について相関関係が強い。

この結果はパッチング材料が、初期には適度の流動性（ぐにゃぐにゃしたやわらかさ）を持っている方が、寿命が長いことを示していると考えられる。

一方、細長い一軸供試体の変形係数と耐久度の間には、正の相関関係がある。すなわち変形係数が大きければ大きいほど耐久度は大きい。そして、マーシャル供試体の場合とは逆に14日後の耐久度よりも、30日後の耐久度と相関関係が強い。直径5cm、高さ10cm程度の細長い一軸供試体においては、骨材のかみあい効果があまり期待できないため、変形に対する抵抗はほとんどバインダーの粘着力が受けもつと考えられる。したがって長期の耐久度（30日後）と、この変形係数の間に相関関係が強いということは、バインダーの粘着力が長期の寿命を支配することを意味していると思われる。

以上の考察により、パッチング直後には材料の流動性、その後はバインダーの粘着力が必要であると推論できる。

さらにこの考え方をすすめれば、初期には骨材の粒度とバインダーの性質（カットバックのオイル量とその性質等）に、後期にはアスファルトの量と質に問題があるのではないとも考えられるが、この点は今後、現場の条件を再現するような室内試験を実施して、さらに詳しく検討する必要がある。

(3) 骨材の粒度について

現場試験の結果から、補修材料としてはA～Gいずれも従来の材料と同等、またはそれ以上であるが、特に材料Aが優れていることがわかった。いま材料Fと材料Gを別にして、材料A～Eの30日後の耐久度を比べると、

$$A > E > D > C > B$$

のようになる。一方、これらの材料の粒度分布を細かい方から並べると

$$A < D \div E \div C < B$$

の順になる。すなわち細かい粒度分布を持った材料ほど大きくなる。

その他、特に材料Aだけにみられる特徴は0.074mm以下が10%もあるということである。この0.074mm通過%と30日後の耐久度の関係をプロットすると、図8-6のようになる。

この図8-6からみると、0.074mm通過重量パーセントと耐久度には、かなりの相関関係がある。つまり以上の材料でみるかぎり、0.074mm以下が多ければ多いほど耐久度は大きいと言える。

フィラー量（0.074mm以下）は、施工性とのかねあいもあり、無制限に多くするわけにはいかないが、以上の

考察からみて補修用材料の耐久性をかなり左右すると考えられる。

(4) バインダーの性質について

(2)での考察により、バインダーはやわらかいことと同時に、かなりの粘着力を持つべきであることが判明し

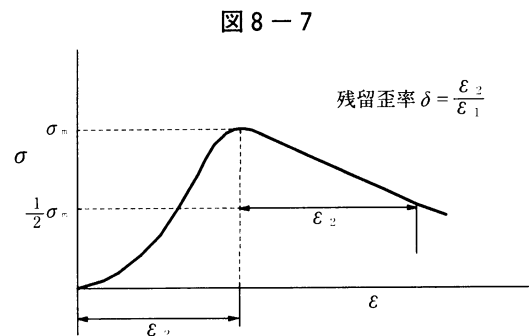
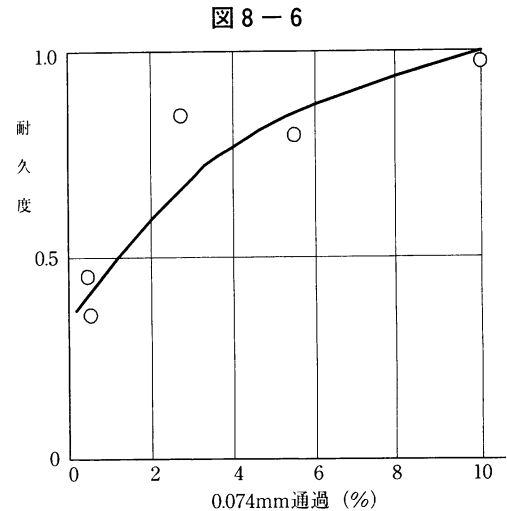
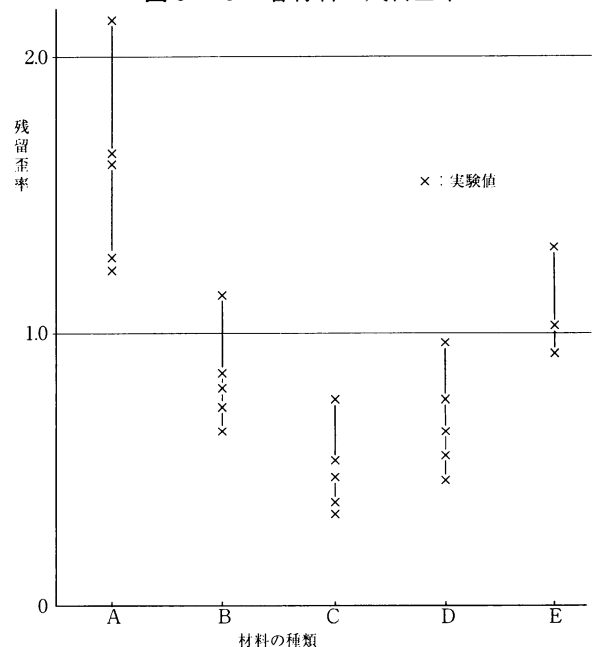


図8-8 各材料の残留歪率



た。このような材料は、降伏点に達した後も応力がなかなかさがらず、ずるずるといわば塑性的な変形の仕方をすると考えられる。これを確かめるために、貯蔵性試験で行なった一軸圧縮試験の応力-歪曲線から図8-7のような量を求めた。

ここで ε_1 は σ 最大までの歪量、 ε_2 は σ 最大点からその半分の強度になるまでの歪量である。この δ をマーシャル供試体の試験結果 (No. 1 ~ No. 5) から求めた結果を表8-2、図8-8に示す。かなりバラツキはあるが材料間の差ははっきりうかがえる。これらの平均値をとって耐久度と比較した結果を図8-9に示す。

図8-9から明らかなように残留歪率 δ と耐久度は、かなりの相関関係がある。すなわち残留歪率が大きければ大きいほど耐久度も大きいと言える。

(3) おいて、補修材料の耐久性にはフィラー量がかなり影響することを述べたが、図8-8のような残留歪率 δ の大きいことは、特殊なフィラー (消石灰、カオリン等、アスファルト量を多く必要とするフィラー) を使用した混合物によくあらわれる性質である。

混合物にフィラーを添加することにより、バインダーの粘着力が上昇することは周知の事実であるが、補修用材料の耐久性を高めるためには、バインダーの性質を改善するとともに、このフィラーの量と質に工夫を加えることも必要ではなからうか。

(5) 今後の問題点

昭和46年~47年は全般的に雪が少なかった。このためタイヤチェーンもあまり通らず路面も乾いていたところが多い。したがって本研究は、厳密な意味での積雪寒冷地における湿潤時作業可能な補修材料の研究とは言いがたい側面もある。できればもう一度積雪の状態で現場試験をすることが望まれる。

しかしながら、今回の研究で補修材料として必要な性質がかなりはっきりしてきたので、これをもとに研究をすすめれば、さらに優秀な補修材料を開発出来る可能性がある。また今回は、瀝青系の補修材料のみを対象としたが、今後は樹脂系、イオウ等に対する研究を進めるのも興味深いことである。

9. 結 論

本研究によって得られた結果は次のとおりである。

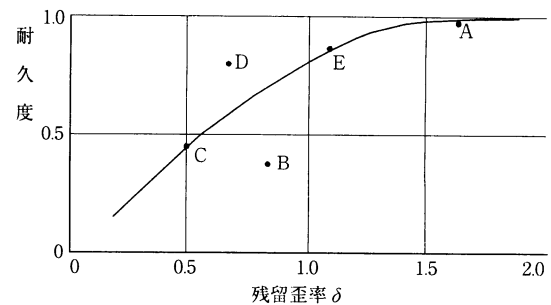
9-1 現地施工の実態について

(1) 破壊の発生時期は、梅雨期 (6~7月)、降霜期 (10~11月)、冬期 (12~2月)、融雪期 (2~3月) の4期に大きく分けられるが、融雪期の破壊発生が最大である。

表 8-2

実験材料	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5
	初期	平積み 2週後	下積み 2週後	平積み 5週後	下積み 5週後
A	1.258	1.229	1.633	2.182	1.633
B	0.724	0.622	0.800	1.139	0.861
C	0.387	0.333	0.519	0.769	0.480
D	0.472	0.758	0.469	0.970	0.645
E	—	—	0.909	1.306	1.028

図 8-9 残留歪率と耐久度の関係



- (2) 路面破壊の外的原因としては、大型車 (重量車) の通行、路面の湿潤、タイヤチェーン、凍結、融解があげられる。
- (3) 破壊の前には、ヒビワレ、小ポットホール等の前徴がある。
- (4) 補修の場合、ポットホールの乾燥は、なかなか困難であり、湿潤状態でも施工できる材料が望まれている。
- (5) 従来の常温混合物でパッチングした場合の寿命は短く、せいぜい10日程度しか保たない。

9-2 新材料の開発について

既存材料の調査結果をもとに委員会で検討し、性質の異なった材料を選定のうえ、これに改良工夫を加えて、以下の新材料7種を開発した。

新材料A……カットバックアスファルト系低温施工用材料

B……アスファルト乳剤系低温施工用材料

C……ゴム入りアスファルト系低温施工用材料

D……カットバックアスファルト系 (I) 常温施工用材料

E……カットバックアスファルト系 (II) 常温施工用材料

F……トベカ系常温施工用材料

G……シート系常温施工用材料

以上の材料のうち、A・B・Cは5℃、D・Eは20℃、

F・Gは70℃程度で施工することを目標としている。

9-3 新材料の試験について

新材料の試験を、室内試験と現場試験にわけて行なった。

現場試験は、東北・北陸両地方建設局管内の出張所(30ヵ所)に材料を送付し、一般国道のポットホールにパッチングして、その経過を報告してもらう方法をとった。

室内試験の項目とその相当機関は次のとおりである。

- ラベリング試験(密度の影響)……シェル石油(株)研究所
- ラベリング試験(凍結・融解の影響)……日本舗道(株)研究所
- 現場再現密度試験……日瀝化学工業(株)研究所
- 規格マーシャル試験……アスファルト協会
メーカー会員研究所
- 貯蔵性試験……東工大交通工学研究室

以上、現場および室内試験によって得られた結果は次のとおりである。

- (1) 現場試験結果によれば、新材料はいずれも、従来の常温混合物にくらべて耐久性がある。新材料の中で特に、カットバック系低温用材料、カットバック系(I)常温用材料、カットバック系(II)常温用材料、シート系常温材料の4種は30日以上寿命が期待できることがわかり、とくに低温用材料でも耐久性のあるものが作製できることが実証された。

なお、本実験で使用した乳剤系低温用材料は、材料の選定が適切ではなかったようである。しかし

乳剤系材料の本質的に不適合であるとは思われないので、今後さらに研究をすすめるべきであると考ええる。

- (2) ラベリング試験におけるすりへり量の小さいものは、一般にパッチング後の寿命も長い。したがって補修材料の良否を判断する基準として、ラベリング試験を利用できる可能性がある。
- (3) 交通量、ポットホールの形状等は、パッチング後の寿命にあまり影響していない。パッチング後の寿命を支配するのは、主に補修材料の性質である。
- (4) 一軸圧縮試験において、偏平なマーシャル供試体の変形係数は、耐久性と負の相関関係があり、細長い一軸供試体の変形係数は、耐久性と正の相関関係がある。
したがって、補修材料の良否を判断する基準として、一軸圧縮試験を利用できる可能性がある。

9-4 適合材料の方向について

- (1) 骨材の程度は細粒のものが望ましい。特にフィラー量は多い方が一般的に耐久性がある。
- (2) バインダーは、流動性を持つとともに、粘着力を持ったものが望ましい。

本研究の現地調査、および現場試験にあたっては、建設省道路局、東北地方建設局、北陸地方建設局ならびに両地建管内の多くの方々に積極的なご協力をいただいた。

関係者各位に厚くお礼申し上げる次第である。