

鋼床版舗装の防水接着材について

久保 宏* 熊谷 茂樹** 小栗 学***

1 まえがき

橋面舗装は、一般道路の舗装と比べて厳しい条件下におかれているから、その構造や配合には特別な注意を払う必要がある。そのため、とくに鋼床版舗装では、水による鋼版の腐食を避けるための防水性と、床版に舗装を固定する接着性を具備した防水接着層を施工するのが一般的である。

また、鋼床版舗装は、コンクリート床版の場合よりも床版の局部たわみ、振動、床版と舗装のなじみなど、舗装に不利な条件が多いために、概してその破壊も早いこと^{1),2),3)}が経験上明らかとなっている。したがって、防水接着層の良否が、鋼床版とその上の舗装の寿命に大きく影響することになる。

ここでは、現在一般に市販されている防水接着材について、たわみ性、接着性、混合物舗設時の耐熱性、夏期晴天時の高温安定性などを比較して、鋼床版舗装の防水接着材としての機能を室内実験によって検討し、さらに数種類の防水接着材を現地の鋼床版に試験施工して、一般交通に供用した後の接着性について検討した結果を報告する。

2 室内実験

現在、橋面防水工に用いられている防水接着材に関する規格値および試験方法が確立されていない。したがって、防水接着材としての機能をある程度判断するには、他の試験方法を準用したり、暫定的な試験方法を考察しなければならない。本文では、市販されている防水接着材、あるいはこれらと同等と思われるものから代表的なものを選び、室内実験によって比較検討した。

(1) 防水接着材の種類

防水接着材は、表-1に示す10種類であるが、この中で、材料系、塗布量、使用法に類似しているものがあるので、これらについて若干の説明を加える。

エポキシ系のものは、材料自体はもちろん、配合割合も異なり、製品名も異なったものである。

アスファルト系のものについて、No.1は一般のスト

レートアスファルト・針入度・100~120をそのまま使用した。No.3とNo.4は同じ系統で、アスファルトを主原料としたペースト状のものであるが、No.4は低温、高温のどちらにも適するように、No.3はとくに高温に適するように改良されたものである。

(2) 塗布量および養生時間

防水接着材の塗布量、塗布から試験までの養生時間は、各メーカーの仕様に従い表-2のとおりとした。

(3) 試験の概要と方法

1) 折り曲げ試験

折り曲げ試験は、JIS・K 5400・塗料一般試験方法の耐屈曲性を調べる試験に準じて行った。

この試験は、塗膜を外側にして試験片を折り曲げ、この時に生じる塗膜の上面と下面との不均等な伸びによって起こる「われ」への抵抗性を調べるものである。折り曲げるときの中心となる心棒は、表-3のような種類があるが、軸径の小さいものほど、伸び率とその不均等性が大きくなるので、試験条件は厳しくなる。

イ 折り曲げ試験器

折り曲げ試験器は図-1のようなもので、黄銅にクロムめっき仕上げをし、一定の直径をもつ心棒を軸として回転させ、試験片を折り曲げる。

試験片受板、心棒、補助板の3つからなり、補助板は各径の心棒に合わせて受板の厚さを調節するものである。心棒の直径と補助板の厚さは表-3のとおりで、これらをおのおの組合わせると、心棒と試験片との間隔が約1mmになる。

ロ 試験方法

試験片は薬品処理で脱脂したブリキ板の片面に、防水接着材を規定量だけ塗り、規定の養生時間で乾燥させる。

試験前の試料処理は、次の4種類とした。

- (イ) 常温養生（曇天などの基本温度）
- (ロ) 常温養生後、50℃温水に5時間静置したもの（養生中または舗装施工後の晴天時）
- (ハ) 常温養生後、230℃電気炉で5時間熱処理したもの（グース・アスファルトが晴天時温度降下の

*舗装研究室長 **同副室長 ***同室員

表-1 防水接着材の種類室 (内実験)

試料 No.	材 料 系	塗 布 量 (kg/m ²)	使 用 方 法	塗 布 時 の 状 態	硬 化、乾 燥 の 状 態	数 カ 月 の 状 態
1	アスファルト系	0.5	板と試料を+50℃に温ためてから塗布する	塗布中に硬化して塗りにくい	塗布中に硬化 2～3時間後硬度あり	硬度あり 弾力なし
2	合成ゴム系 コータール	0.5	板に直接塗布する	量が多く、軟らかいので、平らな所に置かないと流れる	48時間後指触乾燥 96時間後表面硬化	軟らかいゴム状 板との付着悪い
3	アスファルト系	0.5	"	ハケぬりのため、均一に塗れないで、ムラになる	24時間後乾燥 ムラのまま固まる	粘着力弱い つめでこすると接着材はがれる
4	アスファルト系	0.5	"	ハケぬりのため、均一に塗れないで、ムラになる	24時間後指触乾燥ムラのまま固まる	粘着力弱い つめでこすると接着材はがれる
5	エポキシ系	0.5	主剤2、硬化剤1の割合で混合してただちに塗布する	液状のため、平らな所に置かないと流れる	24時間後指触乾燥 48時間後硬度あり	セルロイド状 粘着力なし 硬度あり
6	エポキシ系可撓	0.5	基剤2、硬化剤1の割合で混合してただちに塗布する	"	"	"
7	エポキシ系	0.5	主剤4、硬化剤6の割合で混合してただちに塗布する	"	"	"
8	合成ゴム系	①0.3 ②1.5	①剤を塗布、指触乾燥後②剤を塗布する	①塗りやすい ②量が多く、ねばりがあるので塗りにくい、凹凸になりやすい	①24時間後乾燥 ②24時間後指触乾燥48時間後 弾力あり	硬質ゴム状 弾力あり 粘着力あり
9	エポキシ系タール	0.7 砂0.5	試料を塗布直後2.5～1.2mmの砂を散布する	量が多い感じがする	24時間後指触乾燥 48時間後、接着材と砂粒に弾力あり	砂粒と接着材、粘着力あり、 弾力あり 板との付着悪い
10	アルキルシリケート 亜鉛末	①0.15 ②0.78	①剤を塗布、指触乾燥後②剤を塗布する	①塗布中に乾燥して、塗りにくい ②量が多く塗布直後乾燥	①塗布中に乾燥 ②塗布直後乾燥、指でこすると粉が付着する	つめでこすると粉がとれる 付着力悪い

表-2 塗布から試験までの養生時間

試験名	試料 No.	塗 布 量 (kg/cm ²)	養 生		時 間	
			①	②	計	備考
折 り 曲 げ 試 験	1~7	0.5	①	②	計72時間または、77時間	(試験処理時間含む)後に試験。
	8	① 0.3 ② 1.5	①	②	計96時間または、101時間	(")後に試験
	9	0.7	①	②	計216時間または221時間	(")後に試験
	10	① 0.15 ② 0.78	①	②	計144時間または、149時間	(")後に試験
衝 撃 試 験	1~7	0.5	①	②	計72時間または24時間	(")後に試験
	8	① 0.3 ② 1.5	①	②	計96時間または24時間	(")後に試験
	9	0.7	①	②	計216時間または24時間	(")後に試験
	10	① 0.15 ② 0.78	①	②	計144時間または24時間	(")後に試験
断 試 験	1~7	0.5	①	②	計72時間または24時間	(")後に試験
	8	① 0.3 ② 1.5	①	②	計96時間または24時間	(")後に試験
	9	0.7	①	②	計216時間または24時間	(")後に試験
	10	① 0.15 ② 0.78	①	②	計144時間または24時間	(")後に試験
繰 り 返 し 曲 げ 試 験	1~7	0.5	①	②	計72時間または24時間	(")後に試験
	8	① 0.3 ② 1.5	①	②	計96時間または24時間	(")後に試験
	9	0.7	①	②	計216時間または24時間	(")後に試験
	10	① 0.15 ② 0.78	①	②	計144時間または24時間	(")後に試験
高 温 時 の 安 定 性 試 験	1~7	0.5	①	②	計72時間または24時間	(")後に試験
	8	① 0.3 ② 1.5	①	②	計96時間または24時間	(")後に試験
	9	0.7	①	②	計216時間または24時間	(")後に試験
	10	① 0.15 ② 0.78	①	②	計144時間または24時間	(")後に試験

表-3 軸径と補助板

軸径 (mm)	補助板の厚さ (mm)
2	4
3	3.5
4	3
6	2
8	1
10	補助板を用いずに 1 mm のすきまがあること

遅い場合)

- (二) 常温養生後、電気炉に入れて 230°C まで温度を上げ、ただちに扉を開放し放冷したもの（グース・アスファルトが通常の温度降下をする場合）

次に、おのおの試験片を -10°C の恒温室に 24 時間静置した後、塗面が心棒に対して外側になるようさし込み、約 1 秒間で 180 度折り曲げる。この折り曲げた部分を肉眼で見、塗布した防水接着材にひびわれが生じているかどうかを調べる。

2) 衝撃試験

衝撃試験は、JIS・K 5400・塗料一般試験方法の耐衝撃性を調べる衝撃変形試験器を応用し、当研究室で考案した方法で行った。

この試験では、車の走行によって生じる振動などの衝撃に対する防水接着材と鋼床版および混合物との接着性、試験後のはく離状態を調べるものである。

イ 衝撃試験器

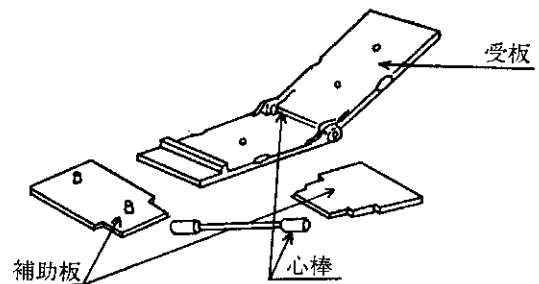
衝撃試験器は図-2 のようなもので、先端に一定の丸みをもつ撃ち型と、おもりを一定の高さから落下する装置とからできている。

ロ 試験方法

試験片は、研磨および薬品脱脂処理した 15×40×0.13 cm の冷間圧延鋼板の片面に、防水接着材を規定量だけ塗り、規定の養生時間で乾燥させる。これに 230°C のグース・アスファルトを中央部 20cm に成型し、室温になるまで放冷したのち、-10°C の恒温室に 24 時間静置する。

静置後支間 30 cm の支持台にグース・アスファルトを下向き状態で設置し、中央部に突起のついた当て金をおき、G(gr) のおもりを H(cm) の高さから落下させ、グース・アスファルトが鋼板からはく離するまでの回数と G および H を測定し、はく離状態も調べる。

3) セン断試験



(試験片：約 15 cm×5 cm×0.3 mm のブリキ板)

図-1 折り曲げ試験器

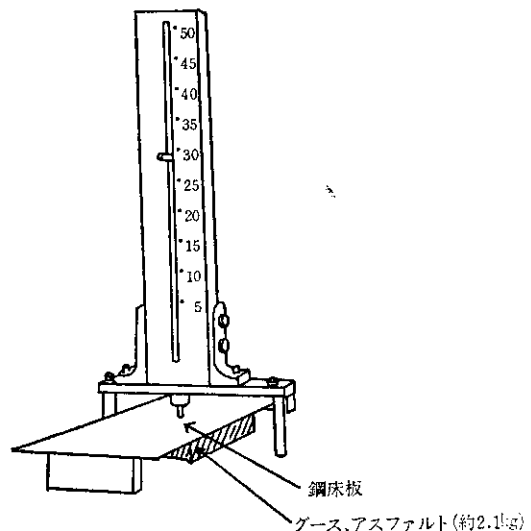


図-2.1 衝撃試験器

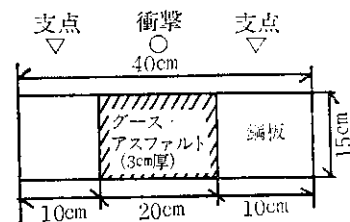


図-2.2 衝撃試験の試験片

せん断試験は混合物に横方向の力を加えて、防水接着層のせん断抵抗とはく離状態を調べるものである。

イ セン断試験機

載荷試験機本体は、毎分 1 mm の速さで載荷できる図-3 のような CBR 試験機を使用し、載荷部は当研究室の試作品を使用した。

ロ 試験方法

試験片は、研磨および薬品脱脂処理した 11×15×0.2 cm の軟鋼板の片面に、6×11 cm の広さで防水接着材を規定量だけ塗り、規定の養生時間で乾燥させる。これに 230°C のグース・アスファルトを 5×

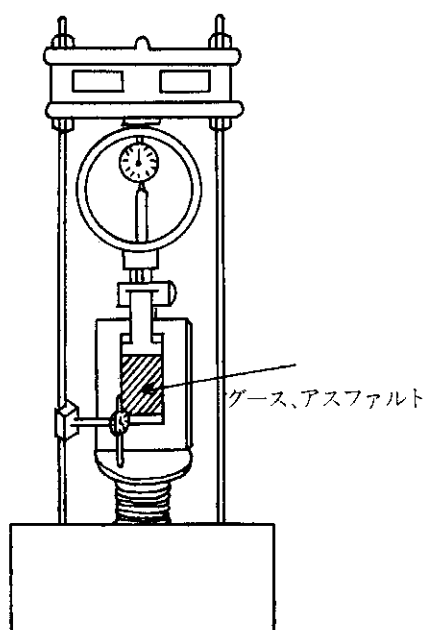


図-3.1 せん断試験機

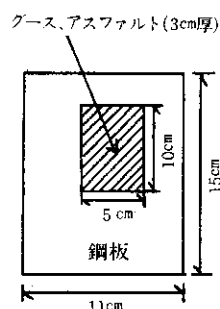


図-3.2 せん断試験の試験片

10×3 cm に成型し、室温になるまで放冷する。

次に、試験温度 -10°C の場合は24時間、 25°C の場合は温水に30分間、それぞれ静置する。静置後これをせん断試験機に設置して、毎分1 mm の速さで接着界面にせん断力を与え、せん断破壊したときの荷重と変位量を測定し、はく離状態も調べる。

4) 繰返し曲げ試験

鋼床版舗装の場合は、コンクリート床版に比べて、床版のたわみなど、不利な条件が多い。そこで、このたわみに対する防水接着材と鋼床版および混合物との接着力、混合物のはく離状態を調べるものである。

イ 繰返し曲げ試験器

繰返し曲げ試験器は図-4 のようなもので、支間30 cm で両端を固定し、中央部に繰返し曲げ作用を与える。

ロ 試験方法

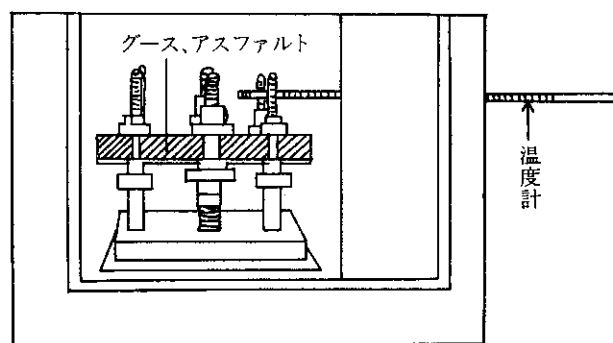


図-4.1 繰返し曲げ試験器

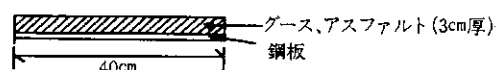


図-4.2 曲げ試験の試験片

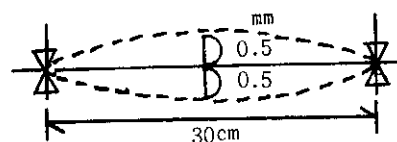


図-4.3 曲げ 振幅

試験片は、研磨および薬品脱脂処理した $15 \times 40 \times 0.13 \text{ cm}$ の冷間圧延鋼板の片面に、防水接着材を規定量だけ塗り、規定の養生時間で乾燥させる。これに 230°C のグース・アスファルトを厚さ3 cm で鋼板全面に成型し、室温になるまで放冷する。

次に、これを下記の試験条件に従って、試験温度に24時間静置後、試験器に設置して繰返し曲げを与え、曲げ回数、載荷荷重を測定する。

試験条件は、次のとおりである。

試験温度： $\pm 0^{\circ}\text{C}$ 、 -10°C

支間距離：30 cm

曲げ振幅：上下各0.5 mm、下0.5 mm

曲げ速度：2 回/毎秒

なお、試験途中での接着面のはく離は、一定曲げ回数ごとの載荷荷重の減少度合で判断し、最終的には試験器から取りはずして観察した。

5) 高温時の安定性試験

高温時の安定性試験は、防水接着材の高温時における流動および接着能力を調べるもので、当研究室による方法で行った。

イ 安定性試験器

安定性試験器は、図-5 のようなもので、 40°C の温度を保持できる恒温水槽に、試験片を長時間吊り下げられるようにしたものである。

ロ 試験方法

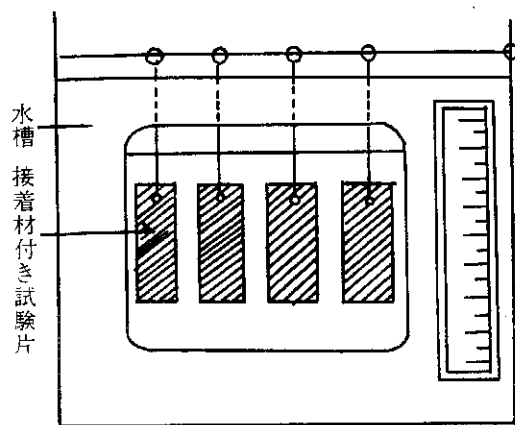


図-5 高温時の安定性試験器

試験片は、薬品脱脂処理した $5 \times 15 \text{ cm} \times 0.3 \text{ mm}$ のブリキ板の片面に、防水接着材を規定量だけ塗り、規定の養生時間で乾燥させる。

次に、これを 40°C に保った恒温水槽に吊り下げ、24、48、96時間の各経過時間ごとに、防水接着材の流動および硬化の状態を調べる。

(4) 試験結果と考察

1) 折り曲げ試験

鋼床版では、コンクリート床版より車両重量による局部たわみ量が大きいことから、防水接着材もたわみに富んだものが好ましい。そこで、これを折り曲げ試験によってひびわれが入る軸径で比較した。

試験結果は表-4のとおりである。

イ 常温養生

この試料処理後の試験結果では、試料 No. 2, No. 4, No. 8を除いた試料が、ほとんど最大の軸径でひびわれが生じ、折り曲げた部分の試料が板からはがれた。とくに No. 9は、試験片を手で少し曲げるだけでひびわれが生じた。

試料 No. 2は、規定の養生時間においても防水接着材は固まらず、折り曲げて曲げた部分の防水接着材が伸びるだけで、最小の軸径でもひびわれは生じなかった。

試料 No. 4は、3、2 mm の軸径でひびわれが生じた。

表-4 折り曲げ試験結果表

試験概要		試料										備考
試験処理	軸径	No. 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
常温養生	2 mm		○		△××			×	○○		接	わ れ が 発 生 し て 接 着 剤 ② を 塗 布 す る と 、 板 全 面 に ひ び わ れ な れ 発 生 す る 。
	3		○		△				○○		着	
	4						×				剤	
	6	×		×	○	×	×				①	
	8	△×	○	△	○	×	×	×	○○		の	
	10	△××△	○	△×	○○	×	×	×		×	上	
50℃ 温水5時間処理	2	流動して 試験不能			○○△△××				○○		接	
	3				○○××				○○		着	
	4		×	○					○		剤	
	6		×	○			×		○		②	
	8			×	○	×	×	×	○		を	
	10		×	×	△△	○○	×	×	○○	×	塗	
230℃ 5時間熱処理	2	火膨れ 試験不能		ア		火	燃		火	燃	板	
	3			ル		膨	力		膨	力	全	
	4			め		れ	焼		れ	焼	面	
	6			ミ	×	し	ス		し	ス	に	
	8		×	く	△	て	し	×	て	し	ひ	
	10		×	試	△△	不	た	×	能	た	び	
230℃ から放冷	2			能		能	え	×		え		
	3				○△				火	燃		
	4				○				膨	力		
	6				○				れ	焼		
	8				○		×		し	し		
	10	×	×	×	○○	×	×	×	て	た		

また、試料No. 8については、8, 3, 2 mmの軸径で折り曲げてひびわれは生じなかった。

ロ 50°C 温水 5時間処理

この試料処理後の試験結果では、試料 No. 1は 50°C 温水に浸漬すると試料が板から流れ落ち、試験するまでにいたらなかった。

試料 No. 2は、常温養生のときとは一変して、最大軸径でひびわれが生じた。その他の試料は、常温養生のときとほぼ同じ結果であった。

ハ 230°C 5時間熱処理

ここではほとんどの試料が、燃焼して燃えカスだけが残ったもの、火膨れしてもろくなったもの、アルミ箔のようにめくれ上がったものなど、種々な形態で劣化し、折り曲げ試験不能であった。

ニ 230°C から放冷

この場合でも、試料 No. 4を除いた、試料 No. 8, No. 9は火膨れして試験不能となり、その他の試料についても試料が焼けて固まり、折り曲げを行っても最大軸径でひびわれが生じた。

試料 No. 4については、火膨れもなく、最小軸径で折り曲げてひびわれは生じなかった。

試料 No. 10については、防水接着材の①剤の上に②剤を塗った段階で、板全面にひびわれができ、試料が板からはがれて試験片を作成できず、各試料処理とも折り曲げ試験は実施できなかった。

以上の折り曲げ試験の結果では、各試料の処理によって結果が異なったが、全体的には試料 No. 4, No. 8が最もよいと思われる。

2) 衝撃試験

試験結果は、表-5のとおりである。

この試験では、衝撃の大小や打撃回数を検討事項としているが、他にはく離がどこの界面で起こるかも重要である。これは、実際に混合物がはく離した場合、鋼床版の防水層となり得るなんらかの層が残ることが好ましいから、鋼板と防水接着材界面ではなくはく離は、好ましくないことになる。

試料 No. 2, No. 4, No. 8を除いては、300 g, 10 cmで混合物がはく離した。その位置は、試料 No. 1, No. 3, No. 9は、鋼板と防水接着材の界面ではっきりはく離し、試料 No. 5, No. 6, No. 7は、防水接着材と混合物の界面ではっきりはく離した。また、試料 No. 10は、防水接着材の①剤と②剤との界面ではく離

表-5 衝撃試験結果表

荷重 (g)	落下高 (cm)	試料No. 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1,000	50	1			2 2.4				3		
300	50	1	2.5		85. 100 100 100				58 79. 33		1.1
300	20	1	7 5. 14	1	100 はく離なし	2.2	4	2	100 はく離なし	9	1
300	10	1.1	100 はく離なし	1			6	3		25 21. 23	4.4

表-6 せん断試験結果表

試 験 概 要			試料 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
-10℃	発 生 時 間 H (時間)		72	72	72	72	72			96	216	144			
	塗布量	kg/m ²	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5			①0.3 ②1.5	0.7 砂0.5	①0.15 ②0.78			
	荷 重	kg/cm ²	21.1	15.8	8.9	36.9	59.8			22.9	24.6	8.4			
	変位量	mm	4.02	4.16	1.67	3.53	6.20			3.21	5.77	2.60			
25℃ 温 水 (30分)	養 生 時 間 H (時間)		接着材軟らかく 試験不能	48	48	48	48			72	192	120			
	塗布量	kg/m ²		0.5	0.3	0.5	0.5	0.3	0.5	0.3		①0.3 ②1.5	0.7 砂0.5	①0.15 ②0.78	
	荷 重	kg/cm ²		3.4	10.3	10.3	6.9	6.2	4.6	5.9		3.3	5.1	6.1	5.7
	変位量	mm		1.77	5.23	5.23	4.27	3.57	2.44	2.33		1.95	2.75	2.61	1.85

(※変位量には、混合物の変形と接着材界面のズレを含む)

した。

試料 No. 2 は、300 g、10 cm で 100 回落下でもはく離はしなかったが、300 g、20 cm では、10 回程度ではく離し、鋼板と防水接着材の界面ではがれた。

試料 No. 4、No. 8 では、300 g、20 cm で 100 回落下させても、はく離もひびわれも生じなかった。

しかし、300 g、50 cm ではく離した場合では、防水接着材が鋼板に残った状態ではく離かまたは混合物の一部までを鋼板に残してはく離した。

以上、衝撃試験の結果では、試料 No. 4、No. 8 が最もよいと思われる。

3) セン断試験

試験結果は、表-6 のとおりである。

この試験では、せん断荷重とはく離の界面がどこかを検討した。試験温度は、 -10°C と 25°C について行った。

イ -10°C の場合

せん断荷重の小さかったものは、試料 No. 2、No. 3、No. 10 であった。この試料 No. 2、No. 3 は、防水接着材が軟らかいため、これと混合物との固着が悪く、荷重をかけるとずれてきて、せん断荷重の値が小さな値を示したと思われる。

また、試料 No. 10 については、防水接着材の①剤と②剤の界面ではく離し、鋼板に①剤、混合物に②剤が付着しており、これらの付着が悪いようであった。

その他のものについては、せん断荷重は大きい、試料 No. 8 以外は、鋼板と防水接着材の界面ではく離した。

ロ 25°C の場合

標準塗布量では多過ぎる感じもしたので、標準より量を少なくした場合についても、せん断試験を行ってみた。

試料 No. 1 は、防水接着材が軟化し、指で押すと混合物がずれるほどで、試験は不能であった。

25°C の場合は、 -10°C に比べて、せん断荷重は一般に小さく、塗布量の少ない方がせん断荷重は大きい傾向にあった。

せん断試験後のはく離面の観察では、混合物がある程度軟化するためか、混合物と防水接着材の界面ではく離しており、防水接着材は鋼板に付着していた。

試料 No. 6、No. 7 は、試料不足のため当試験ができなかった。

表-7 繰返し曲げ試験結果表

試料 No.	塗布量 (kg/m ²)	振幅 (mm)	曲げ速度 (回/毎秒)	曲げ回数	荷重 (kg)		試験温度 (°C)	備 考
					上	下		
1	0.5	下	0.5	2	20,000	故障	-10	供試体きれつはく離する
2	0.5	下	0.5	2	20,000	〃	-10	供試体きれつはく離する
3	0.5	下	0.5	2	20,000	〃	-10	〃
4	0.5	上下各 0.5	2	1,800	171	224	± 0	供試体きれつ (細粒ギャップアスコン)
				100,000	154	104		供試体きれつはく離なし
				1,800	230	257	± 0	供試体きれつ (グースアスファルト)
				100,000	99	95		供試体きれつはく離なし
5	0.5	下	0.5	2	20,000	故障	-10	供試体きれつはく離する
6	0.5	下	0.5	2	20,000	〃	-10	〃
7	0.5	下	0.5	2	20,000	〃	-10	〃
8	① 0.3	上下各 0.5	2	1,800	140	147	± 0	供試体きれつ (細粒ギャップアスコン)
	② 1.5			100,000	97	70		供試体きれつはく離なし
9	0.7	上下各 0.5	2	3,600	220	181	± 0	供試体きれつ (細粒ギャップアスコン)
	砂 0.5			100,000	162	73		供試体きれつはく離なし

(細粒ギャップアスコンのほかはグース、アスファルト合材を成型)

以上のせん断試験の結果では、温度条件によって異なる傾向を示し、明確な優劣はつけられなかった。

4) 繰り返し曲げ試験

試験結果は、表-7のとおりである。

試料 No. 1, No. 2, No. 3, No. 5, No. 6, No. 7 は、最初振幅を下方に 0.5 mm、温度を -10°C として曲げ試験を行ったが、試料 No. 1 を除いては、2 万回繰り返し曲げても混合物にひびわれが生じるだけで、はく離は見られなかった。そこで、残りの No. 4, No. 8, No. 9, No. 10 は振幅を上下各 0.5 mm、温度を $\pm 0^{\circ}\text{C}$ 、混合物をグース・アスファルトからゴム入り細粒ギャップアスコンに変更し、10 万回繰り返し曲げを行ってみた。その結果は、前者の場合と同じく、混合物にひびわれが生じただけではく離は見られなかった。

試料 No. 4 は、細粒ギャップアスコンとグース・アスファルトを比較し、試料 No. 8, No. 9 は、細粒ギャップアスコンについて、振幅上下各 0.5 mm、温度 $\pm 0^{\circ}\text{C}$ で曲げ試験を行った。結果は前述と同じであった。

なお、試料 No. 1, No. 2, No. 3, No. 5, No. 6, No. 7 は、荷重記録装置の故障のため、はく離の有無だけを観察した。

試料 No. 10 については、試料搬入が遅れたので、試

験はできなかった。

以上の繰り返し曲げ試験の結果では、試料 No. 1 を除いたほとんどが、混合物にひびわれは生じたが、はく離は見られなく、曲げ回数が多くなるにつれて、ひびわれが広がり、載荷荷重の値が小さくなるだけであった。したがって、防水接着材の特性を、この試験で判定することは困難であると考え、ここまですて切った。

5) 高温時の安定性試験

試験結果は、表-8のとおりである。

全般にみると、エポキシ系のものは、短時間で硬化し、折り曲げるとひびわれが生じる。しかし、アスファルト系、合成ゴム系のものは、硬化するのに長時間を要し、固まっても弾力があるので、折り曲げてもひびわれは生じない。

個々についてみると、試料 No. 1 は 96 時間後も防水接着材が固まらず流動しており、48 時間後のときには、防水接着材が温水に溶けたのか、水面に薄い膜ができていた。

試料 No. 2 は、48 時間後も固まらず、流動も 24 時間後より激しい。

試料 No. 3, No. 4, No. 8 は、防水接着材になんの

表-8 高温時の安定性試験

試料 No.	試験前の養生時間	試験温度	試験時間	観察
1	24 時間	40 $^{\circ}\text{C}$ 温水	開始後 24 時間 48 96	接着材固まらず、流動なし 接着材溶けて流れる 接着材固まらず、流動している
2	〃	〃	開始後 24 時間 48 96	接着材軟らかい、少量流動している 接着材固まらず、流動する一方 表面硬化、流動止まる
3	〃	〃	開始後 24 時間 48 96	接着材軟らかい、流動なし 表面硬化、流動なし 硬化、弾力あり
4	〃	〃	開始後 24 時間 48 96	接着材軟らかい、流動なし 表面硬化、流動なし 硬化、弾力あり
5	〃	〃	開始後 24 時間 48 96	接着材、硬化 〃 〃 硬度あり
6	〃	〃	接着材 24 時間 48 96	接着材、硬化 〃 〃 硬度あり
7	〃	〃	開始後 24 時間 48 96	
8	48 時間	〃	開始後 24 時間 48 96	接着材固まり、流動なし 〃 〃 弾力あり
9	168 時間	〃	開始後 24 時間 48 96	接着材固まり、流動なし 接着材板よりはがれはじまる 板よりはがれる、接着材弾力あり
10	96 時間	〃	開始後 24 時間 48 96	接着材硬化、流動なし 〃 〃 硬度あり

変化もなく、塗布時のまま固まっており弾力もあった。

試料 No. 9 は、短時間で固まり流動もないが、48 時間後では、防水接着材が鋼板からはがれ始め、96 時間後には、半分以上がはがれていた。しかし、防水接着材自体には弾力があった。

試料 No. 10 は、防水接着材の①剤を塗布乾燥後、②剤を塗布した直後に小さくひびわれができ、試験不能となった。これは、折り曲げ試験でも同じだったが、鋼板ではこのようなことがなかったの、ブリキ板との間でなんらかの化学反応が起きたものと考えられる。一応、このひびわれのままで温水に吊り下げてみたところ、防水接着材自体は固まっていたが、指でこすると容易にブリキ板からはく離した。

試料 No. 7 は、試料不足のため試験ができなかった。

ここでの結果でも、やはり明確な優劣はつけられないが、防水接着材としての性質上、適当に硬化し、かつ弾力を持っている試料 No. 3, No. 4, No. 8 がよいように思われる。

6) 耐熱性について

実際の舗装では、防水接着材上に直接加熱アスファルト混合物が敷きならされることから、この防水接着材の耐熱性が懸念される。本試験では、230°C のグ

ス・アスファルトを想定した。

折り曲げ試験での、230°C の電気炉で直接加熱した例では、燃焼して燃えカスだけ残るもの、火膨れしてもろくなったもの、アルミ箔のようにめくれ上がったものなど、形態はさまざまであるが、防水接着材としての役目を果たすと思われるものはなかった。

しかしながら、実際に 230°C のグース・アスファルトを 3 cm 厚に成型して行った衝撃、せん断、繰り返し曲げの各試験の試験片では、防水接着材が極端にもろくなったものはなく、接着度合の違いこそあれ、いずれも防水接着材の役目は果たしていた。

この耐熱性について、表-1 の試料の各系からほぼ 1 つずつ計 4 種類を選び、大型ブリキ板上で試験を行ってみた。これは、115×80 cm のブリキ板に 4 種類の防水着接材を塗布し、規定の養生後 230°C のグース・アスファルトを 3 cm 厚に成型する。

これを、2 カ月後にハンマーなどでグース・アスファルトを砕いてはがし、接着具合や火膨れなどを観察した。

結果は表-9 のとおりで、はがした後の防水接着材に高熱による異常のあったものはなかった。

以上のことから、230°C のグース・アスファルトを

表-9 耐 熱 性 試 験

試料 No. 8	グース・アスファルトと②剤、または①剤と②剤の間ではく離し、①剤は完全に残る。グース・アスファルトをはがすのに非常に困難
試料 No. 2	一部はうすく残るところもあるが、ほとんど完全にブリキ板と接着材面とはく離する。手で比較的容易にグース・アスファルトがはがれる。
試料 No. 4	グース・アスファルトをはがすのに非常に困難、グース・アスファルトを割ったときのひびわれ部分だけ接着材は残るが他は小さいブツブツを残してブリキ板と接着材面ではがれる。
試料 No. 5	接着材はそのままで接着材とグース・アスファルトの間ではく離する。手で容易にグース・アスファルトがはがれる。

表-10 総 合 評 価

試 験 項 目		最も優れたもの	次に良いもの	良くないもの
折り曲げ試験	常 温 養 生	No. 2, 8	No. 4	No. 5, 6, 7, 9, 10
	50°C 温水 5 時間処理	No. 8	No. 4	No. 1, 2, 5, 6, 7, 9, 10
	230°C 5 時間熱処理	—	No. 4	No. 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10
	230°C から放冷	No. 4	—	No. 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10
衝 撃 試 験		No. 4, 8	No. 2	No. 1, 3, 10
せん断試験	-10°C 25°C	No. 5 —	— —	No. 3, 10 No. 1
繰 り 返 し 曲 げ 試 験		—	No. 3, 4, 8	No. 1
高 温 時 の 安 定 性 試 験		—	—	No. 1, 2, 9, 10
耐 熱 性		電気炉で焼くと No. 4 が最も耐えるが、グース・アスファルトをのせるとくに悪いものはない。		

直接のせることによる熱劣化の程度は、よくわからないが、実用上はさしつかえないと考えられる。

(5) 室内実験のまとめ

以上の各試験結果に、はく離面の位置やはく離の難易度などを含めて、総合的に評価すると、表-10 のようになる。

これらの試験項目だけから検討するならば、この10種類の防水接着材のなかでは、総合して試料 No.4 と No. 8 が最もよいようである。

この試料 No. 4 と No. 8 は、アスファルト舗装施工時の異状高温に対して、実用上耐えうると考えられ、たわみ性に富み、鋼板やアスファルト混合物との接着力も強く、通常の舗装温度では、アスファルト舗装を鋼板に十分固着させうるものとする。また、両者には次のような長短所があると思われる。

試料 No. 4 は、とくに耐熱性はあるが、なんらかの原因で舗装が破壊されて無くなった部分は、防水層としての防水接着材が残らないこともあり得る。

試料 No. 8 は、舗装が破壊されて無くなっても、防水接着材の全層、あるいは、最低でも一層は残るものと考えられる。

3 現場実験

現場実験では、現地に試験的な鋼床版を作成し、5種類の防水接着材を試験施工した。

場所は、一般国道 231 号石狩郡石狩町の石狩川河口橋付近である。

昭和 47 年 6 月に施工し、51 年 8 月まで一般交通に開放した後、土木試験所構内に搬入し、接着力試験を行った。

供用期間は 4 年 2 カ月で、この間の大型車累計交通量は、約 98 万台/1 車線であった。

(1) 防水接着材の種類および塗布量

表-11 防水接着材の種類（現場実験）

試料 No.	材 料 系	塗布量 (kg/m ²)
4	アスファルト系	1.0
8	合 成 ゴ ム 系	① 0.3 ② 1.5
11	アスファルト系	① 0.3 ② 0.8 ④ 1.0m ² ⑤ 0.8 ⑥ 1.0m ² ⑦ 0.3
12	アスファルト系	① 0.3 ② 0.8 ④ 1.0m ² ⑤ 0.8 ⑥ 1.0m ² ⑦ 1.0
13	エポキシ系	① 0.2 ② 0.5 珪砂 0.5

注 1. 下層からの順序である。

2. ④、⑤とは、シート系の材料である。

3. ①、②および④、⑤などの番号は、各試料ごとの材料の仮番号で、同一のものではない。

使用した防水接着材の種類および塗布量は、表-11 のとおりである。塗布量、使用法などは、各メーカーの仕様に従った。

これら 5 種類の中には、先の室内実験にも使用したものがあるので、これらについての試料 No. は同番号とし、その他は室内実験からの続き番号とした。

また、ここでは試料 No. 11 と No. 12 が同系で、両者ともシート系の材料を使うなど、非常に似かよっているが、これらは異なる材料である。

(2) 施工断面

施工断面は、図-6 に示すように、一般道路の下層路盤上に厚さ 10 cm のコンクリートを打ち、その上に鋼床版

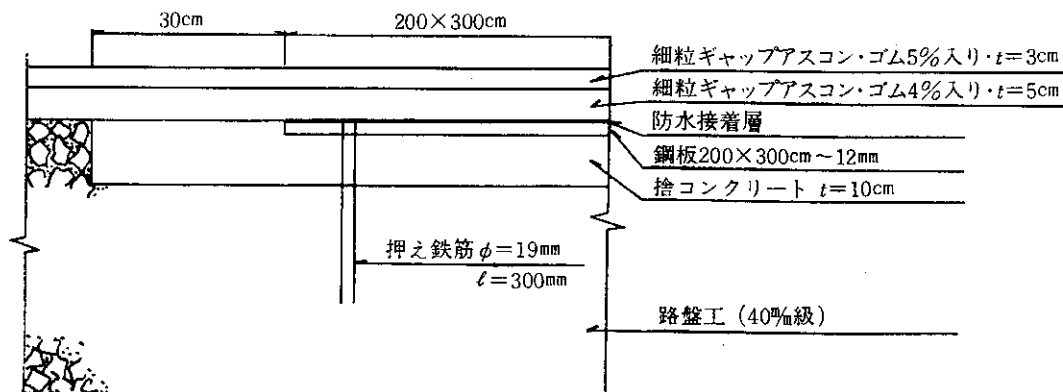


図-6 施工断面

と仮定した厚さ 12 mm の鋼板を固定して施工した。そこで、実際の橋梁における鋼床版舗装とは、若干条件が異なるが、防水接着材の相互比較という点では、支障はないと考えた。

(3) 試験の概要と方法

当初は接着力、せん断、衝撃、繰返し曲げなどの各試験を実施すべく検討した。

しかし、試験用供試体の作成時には、鋼板やコンクリート板の切断および混合物をはがすときに生じる衝撃が伴う。これが、防水接着層やタックコートの接着部分などの機能を多少とも損なうことになり、統一した供試体での試験はむずかしくなる。

また、上記の影響を少なくするため供試体を大きくすると、試験器具が大がかりなものとなり、試験方法にも問題が生じてくる。

したがって、混合物に切り込みを入れるだけで実施できる、接着力試験⁴⁾だけを実施した。

1) 接着力試験

接着力試験は、防水接着材と鋼床版および混合物との接着力を評価するもので、現地においても比較的簡単に実施できる。

イ 接着力試験機

接着力試験機は、写真-1 のようなもので、油圧を利用した引張り試験機である。

ロ 試験方法

現地において施工し、一般交通に供用された供試体を、変形しないようコンクリートをつけたまま土木試験所に搬入した。

まず、混合物にコアカッターで直径 10 cm の切り込みを鋼板上面まで入れ、水分をきれいに布き取る。この切り込まれた混合物の表面に、円形でネジ棒のついた吊金具を、樹脂系の接着剤でかぶせるように接着させ、完全に固着するまで十分養生する。その後、この吊金具に試験機の固定部を取りつけて引張り、接着力を測るものである。

試験の時期は、温暖時と低温時の比較をするため、9月と3月に実施し、個数はそれぞれ5個、3個で行った。ここで温暖時とは外気温が 22~27°C 程度、また、低温時とは 4~6°C 程度の時期であった。

(4) 試験結果と考察

1) 接着力試験

この試験では、接着力とはく離面の位置などについて検討した。

試験結果は、表-12、図-7 のとおりである。

イ 接着力

建設省土木研究所舗装研究室では、この接着力試験における舗装のはがれ具合を、次の3つに大別している。

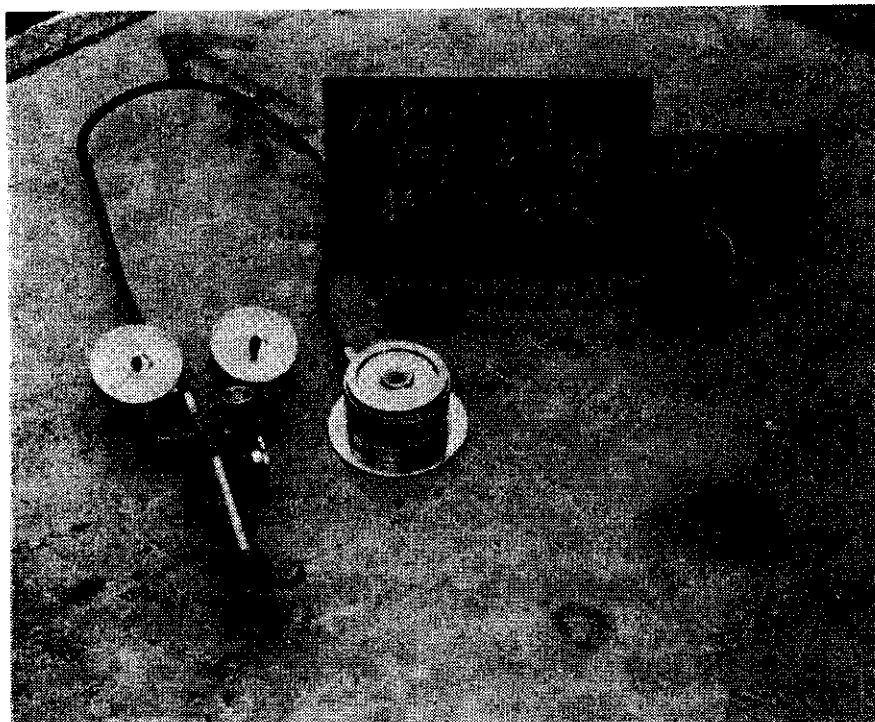
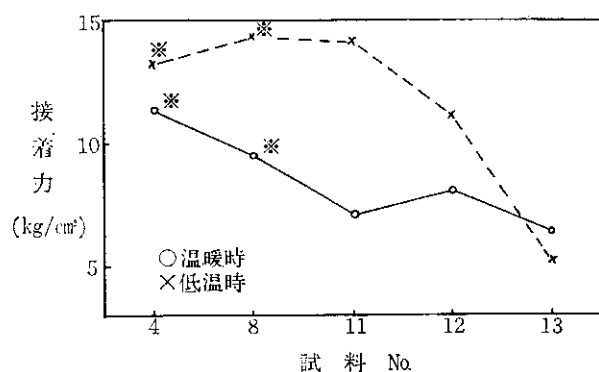


写真-1 接着力試験機

表-12 接着力試験結果表

試料 No.	材 料 系	温 度 ℃			接 着 力 (kg/cm ²)	平均的はがれ具合	鋼板との 接着状態	混合物との 接 着 状 態
		気温	路面	鋼板				
4	アスファルト系	22	26	16	11.26	吊金具接着部付近の合材破断 (コア抜き取りは、ノミ使用)	ほぼ良好	良 好
		6	12	10	13.17	(//)	//	//
8	合 成 ゴ ム 系	24	24	16	9.49	(//)	良 好	//
		4	8	10	14.34	(//)	//	//
11	アスファルト系	27	25	16	7.12	③材料の上面より離脱	//	//
		4	9	10	14.13	//	//	//
12	アスファルト系	24	26	19	8.06	④材料の内部より離脱	//	//
		6	12	13	11.14	//	//	//
13	エポキシ系	25	26	17	6.42	防水接着材と鋼板との界面より はく離	//	不 良
		4	8	10	5.16	//	//	//

注 上段は温暖時試験値 $\bar{x}_s$ (51年9月) }
下段は低温時試験値 $\bar{x}_s$ (52年3月) } である。



注. ※印の値は、吊金具接着部分からはがれたもので、防水接着材の接着力はこれ以上の値である。

図-7 低温時および温暖時における接着力

A: 防水接着層部分からはがれる。

B: 上下いずれかのアスコン部分、またはその境界面ではがれる。

C: 吊金具の接着部付近からはがれる。

これによると、A では防水接着材の接着力、B はアスコンの引張り強さ、またはタックコート材料の接着力、C ではアスコンの引張り強さが測定される。

今回の試験結果をみると、試料 No. 11, No. 12, No. 13 が防水接着材の接着力を示している。

試料 No. 4 と No. 8 は、細粒ギャップアスコンの引張り強さを示しているの、防水接着材の接着力はこの値より大きいことになる。

次にそれぞれの接着力を比較すると、温暖時では試料 No. 4 と No. 8 が大きかった。

低温時では試料 No. 4, No. 8, No. 11 が大きく、

かつ、試料 No. 13 以外は温暖時を上まわった。

試料 No. 13 は、混合物との「なじみ」が悪いようで、低温時にはさらにはがれやすくなり、接着力も弱まったと思われる。

防水接着材の接着力は、温暖時および低温時のどちらにおいても強いことが望ましいので、ここでは試料 No. 4 と No. 8 がよいようである。

ロ 接着状態

それぞれの防水接着材の接着状態やコアのはがれ具合は、温暖時、低温時ともまったく同じであった。次にそれらの状態を個々に比較する。

試料 No. 4 と No. 8 は、吊金具接着部付近の表層混合物が破断してはがれ、下層アスコンや鋼板との接着は良好であった。ただ、残ったコアの抜き取りには両者ともノミを使用した、試料 No. 4 は軽くねじるだけで簡単にはがれ、その位置は鋼板と防水接着材の界面ではなく離れた。

試料 No. 11 と No. 12 は、防水接着材に含まれるシート類の上面か内部よりのはがれ、下層アスコンや鋼板との接着は良好であった。しかし、一部にはむらがあって、この部分の接着は不良であった。

これらは使用する材料が多いため、施工も比較的面倒なことから生じたと思われる。

試料 No. 13 は、防水接着材自体が堅固で鋼板に固着しており、下層アスコンとの界面から簡単にはがれた。また、コアカッターで切り込み時の水分が接着部に浸透していたり、切り込み中にコアがはがれ

るなど、接着部が完全に密着せず、空げきが生じていたと思われ、混合物との「なじみ」が悪いようであった。

また、鋼板に固着している防水接着材は、堅く固まっているだけで、ノミで強くこするとわれてはがれてきた。

(5) 現場実験のまとめ

防水接着材の機能は、舗装との関連において室内実験結果でも述べたように、たわみ性に富み、鋼板やアスファルト混合物との接着力の大きいことが望ましい。

このことから、現場実験に用いた5種類の防水接着材の中では、試料 No. 8 と No. 4 がよいようである。

4 結 論

以上の室内および現場実験の結果を総合して判断すると、鋼床版舗装の防水接着材として最も適するものは、合成ゴム系の試料 No. 8 であった。この No. 8 は、鋼床版および混合物との接着が非常によく、もし、なんらかの原因で舗装が破壊されて無くなったとしても、防水接着材の全層あるいは一部は残るものと考えられる。

その次によいものは、アスファルト系の試料 No. 4 であった。この No. 4 も、鋼床版および混合物との接着はともによいが、横方向からの力には多少弱い面があり、この場合には、鋼床版と防水接着材の界面ではがれる。すなわち、舗装が破壊されて無くなったとき、防水層としての防水接着材が残らないことも考えられる。

5 あとがき

今回の防水接着材に関する実験は、標準試験方法や規

格がないため、暫定的な試験方法によったこと、市販品のすべてを網らしているとはいえないことから、最良の結果が得られたかどうかわからない。いずれせよ、防水接着材の施工にあたっては、仕様を守ることが、その材料を生かす最も大切なことである。

これら一連の実験は、一般国道 231 号石狩川河口橋の橋面舗装に関連して行ったものである。石狩川河口橋には、試料 No. 8 の防水接着材を使用し、その後6年を経ているが、今のところ支障がなく、その役割を十分果たしていると思われる。

なお、本実験には斎藤幸俊前舗装研究室長、岩崎信行前舗装研究室主任研究員および西村忠秋前舗装研究室研究員、ならびに札幌開発建設部札幌道路事務所の関係各位の多大な協力があつた。

また、接着力試験機は、建設省土木研究所化学研究室のものを借用した。

ここで、以上の方々に心から厚く謝意を表する。

参 考 文 献

- 1) 野沢米次；“橋面舗装”舗装，Vol. 4, No. 11, 1969 年
- 2) 藤井治芳；“橋面舗装について(3)”アスファルト第 13 巻，第 72 号，昭和 45 年 3 月
- 3) 建設省土木研究所；“鋼床版舗装の実態調査（第 3 回）と橋面の薄層舗装について”土木研究所資料第 425 号，昭和 44 年 3 月
- 4) 南雲貞夫，小島逸平；“鋼床版舗装の実態調査結果”舗装，Vol. 10, No. 10, 1975 年

*

*

*