

アルミニウム床版に適用する舗装材料の性能試験

報 告 書

平成 1 8 年 7 月

アルミニウム橋研究会
床版構造研究部会

アルミニウム橋研究会

床版構造研究部会

アルミニウム床版舗装ワーキング・グループ

委員長	近藤俊行	石川島播磨重工業株式会社 橋梁事業部設計部
委員	熱海 晋	株式会社宮地鐵工所 生産本部設計部
委員	石川敏之	大阪大学 大学院工学研究科
委員	大倉一郎	大阪大学 大学院工学研究科
委員	大隅心平	株式会社住軽日軽エンジニアリング 設計技術部
委員(協力)	岡本信人	日本道路株式会社 技術研究所第二研究室
委員*	北山暢彦	石川島播磨重工業株式会社 橋梁事業部設計部
委員	萩沢亘保	日本軽金属株式会社 グループ技術センター
委員	桧山裕二郎	株式会社住軽日軽エンジニアリング 設計技術部

* : 兼幹事

目次

1 . はじめに	1
2 . 試験目的	1
3 . 試験概要	2
3.1 付着試験	2
3.2 温度影響試験	2
4 . 使用材料	2
5 . 試験方法	3
5.1 付着試験	3
5.1.1 塗膜防水材	3
5.1.2 アスファルト混合物の敷設	4
5.1.3 引張試験	4
5.2 温度影響試験	5
6 . 試験結果	6
6.1 付着試験の結果	6
6.2 温度影響試験の結果	8
6.3 アルミニウム板の引張試験の結果	9
7 . 結論	10

1. はじめに

道路橋にアルミニウム床版を適用する場合、コンクリート床版および鋼床版と同様に舗装が必要となる。アルミニウム床版に用いる舗装材料を考えた場合、アルミニウム床版は鋼床版と同じ金属材料であるので、鋼床版の舗装に通常用いられるグースアスファルトが考えられる。しかし、グースアスファルトの施工時の温度は240℃程度であり、アルミニウムは180℃付近から軟化し始めるので、グースアスファルトをアルミニウム床版に適用することはできない。そこで、次に施工実績のある舗装材料として、施工時の温度が低い碎石マッシュアスファルト(SMA)が考えられる。しかし、SMAは施工時の充填性に問題があり、床版表面に突起があると適用することが難しい。アルミニウム床版の現場継手に高力ボルト接合の使用を想定しているため、アルミニウム床版の舗装材料としてSMAを使用することは問題がある。

このように、アルミニウム床版に適用する舗装材料には、施工温度と突起物への充填性の問題を解決しなければならない。しかし、これらの問題を解決するためには、長期間の開発研究が予想されたので、本ワーキング・グループでは、既製品の中から、上記を満たす舗装材料を探索することにした。

2. 試験目的

橋梁に使用される床版として、大別してコンクリート床版および鋼床版があり、従来の舗装材料はそれらに適應している。したがって、従来の舗装材料は、必ずしもアルミニウム床版に適應するとは限らない。アルミニウム床版に舗装が施工されるとき、従来のコンクリート床版や鋼床版で問題とならなかった項目がアルミニウム床版では問題となることが考えられる。

したがって、前述した施工温度と突起物への充填性に関して、アルミニウム床版に適應する舗装材料を選定し、アルミニウム板に舗装を施工し、アルミニウム板に施工された舗装が、鋼板に舗装が施工されたときと同等以上の性能を有するかどうかを明らかにするために、「付着強度」について調査する。さらに舗装が施工されたアルミニウム材料の引張試験および舗装材料の密度の計測を行うことにより、舗装が施工されたとき、アルミニウム材料および舗装材料の両方に影響が生じているかどうかを調査する。これらの調査により、選定した舗装材料が、施工温度や突起物への充填性を満足する性能を有しているかどうかを明らかにする。

3．試験概要

3.1 付着試験

付着強度を明らかにするために、300mm×300mmの大きさの供試体を作製し、その後引張試験を行う。さらに充填性を調べるために、ボルトを設けた供試体を作製し、引張試験後に目視検査を行う。ボルトには現場接合継手で使用することを想定しているコーティングボルト（商品名：タケコート）を使用する。鋼床版との比較を行なうために、鋼板の供試体も作製し、アルミニウム板の供試体と同じ条件で試験を行う。

床版の表面処理方法として、アルミニウム板については、実施工時の簡易性を考慮して脱脂処理とし、鋼板については、通常の施工どおり、ミルメーカーで施工されるジンクプライマをディスクサンダで除去する。

床版と舗装との間の接着層に対して、防水層を使用する場合と使用しない場合を想定して、「プライマ」のみと「プライマ+防水層」の2種類を考慮する。供試体の種類を表-1に示す。

表-1 供試体の種類

No.	床版	表面処理	接着層
1	アルミニウム	脱脂	プライマ+防水層
2	アルミニウム	脱脂	プライマ
3	アルミニウム+ボルト	脱脂	プライマ+防水層
4	アルミニウム+ボルト	脱脂	プライマ
5	鋼板	ジンクプライマ除去	プライマ+防水層
6	鋼板	ジンクプライマ除去	プライマ

3.2 温度影響試験

アルミニウム板が、舗装の施工時の温度の影響を受けるかどうかを明らかにするために、舗装が敷設されたアルミニウム板と、舗装が行なわれないアルミニウム板の引張試験を実施し、強度比較を行う。さらに舗装材料がアルミニウムの放熱性により影響を受けるかどうかを明らかにするために、施工後、舗装材密度の測定を行う。実施工を考えると、供試体はできるだけ大きい方が望ましいが、試験場の締固め機の制約から、供試体の大きさは450mm×450mmとした。供試体を作製する際、舗装施工中の温度を測定する。

4．使用材料

アルミニウム板に対しては、実際の床版に使用することを想定している A6061-T651 を用いた。鋼板に対しては、実験の目的から材質は限定されないため、入手が容易である SM400A

を用いた。

防水材料として、一般に鋼床版で用いられるアスファルト系塗膜防水剤では施工時の材料温度を 200 以上にする必要があることから、ゴム系塗膜防水剤（溶剤型）を選定した。防水材料を表 - 2 に示す。

舗装材料として、施工時温度が 160 程度でよく、充填性が良好である、固形エポキシ樹脂を用いたエポキシアスファルト混合物を選定した。この舗装材料は初期強度発現性が早く、舗装施工後直ちに交通開放ができる。舗装材料を表 - 3 に示す。

表 - 2 防水材料

種別	メーカー	商品名	備考
プライマ	アオイ化学工業	プライマ	鋼床版上のアスファルト防水のプライマ
防水層	アオイ化学工業	プロコート CR	塗膜防水材（常温型）

表 - 3 舗装材料

混合物種類	材料名	産地・メーカー	配合割合（％）
エポキシ細粒(5)F	7号砕石	(株)昭和石材工業所	45
	粗砂	西武建材(株)	13
	細砂	浮ヶ谷産業(株)	29
	石粉	菱光石灰工業(株)	13
	バインダ		8.4
	ストアス 60/80	昭和シェル石油	85
	エポキシ樹脂	ショーボンド HA	15

5 . 試験方法

5.1 付着試験

5.1.1 塗膜防水材

表 - 4 に示す条件で、板に塗膜防水材を塗布する。表 - 1 の供試体の種類 No.1、3、5（プライマ + 防水層）の場合、塗膜防水材の塗布は次の通りである。

アルミニウム板を脱脂し、粉塵を除去する。

鋼板のジンクプライマをディスクサンダで除去する。

板表面にプライマをハケで散布する。

プライマ塗布後 30 分乾燥させた後、防水層をハケで均一に塗布する。

防水層が乾燥後、2 層目、3 層目の防水層を重ね塗りする。

表 - 1 の供試体の種類 No.2、4、6 (プライマ) の場合、塗膜防水材の塗布は次の通りである。

アルミニウム板を脱脂し、粉塵を除去する。

鋼板のジンクプライマをディスクサンダで除去する。

板表面にプライマをハケで散布する。

表 - 4 塗膜防水材の塗布条件

種別	塗布量 (kg/m ²)	養生時間
プライマ	0.3	30 分
防水層 (1 層目)	0.3	60 分
防水層 (2 層目)	0.3	60 分
防水層 (3 層目)	0.3	60 分

5.1.2 アスファルト混合物の敷設

粗骨材、細骨材、石粉を所定配合に計量し、160 に加熱する。

加熱した骨材をミキサで 10 秒間混合攪拌し、150 に加熱計量したストレートアスファルトとエポキシ材料を投入し、45 秒間混合する。

150 のアスファルト混合物を所定の密度になるように計量し、型枠に投入して、ローコンパクタで締め固めを行う。

5.1.3 引張試験

引張試験は、「コンクリート床版防水層の引張接着試験方法」(日本道路協会：舗装試験法便覧、p.921、昭和 63 年 11 月) に準拠して行う。

コアカッタを用いて、アスファルト混合物に、板まで達する、直径 100mm の切り込みを 4 個設ける (図 - 1 参照)。

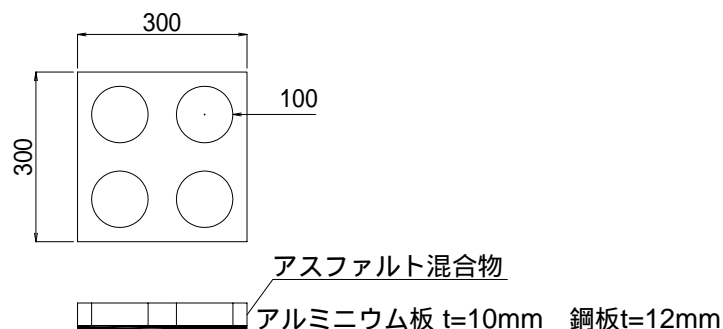


図 - 1 供試体

接着板が貼り付けられるアスファルト混合物層の表面をディスクサンダで磨く。
接着面を清掃後、エポキシ接着剤で接着板をアスファルト混合物に貼り付け1昼夜放置する。

引張接着試験機を接着板に装着して、0.09807Pa/s の速度で油圧を加え、接着力を測定する(図 2 参照)。試験温度は 20 とする。



図 - 2 引張試験の状況

5.2 温度影響試験

付着試験と同様に、アルミニウム板上にアスファルト混合物を敷設する。
アスファルト舗装がはがれやすくするために、アルミニウム板の上に離型紙を置き、アルミニウム板から引張試験片の採取を容易にする(図 - 3 参照)。

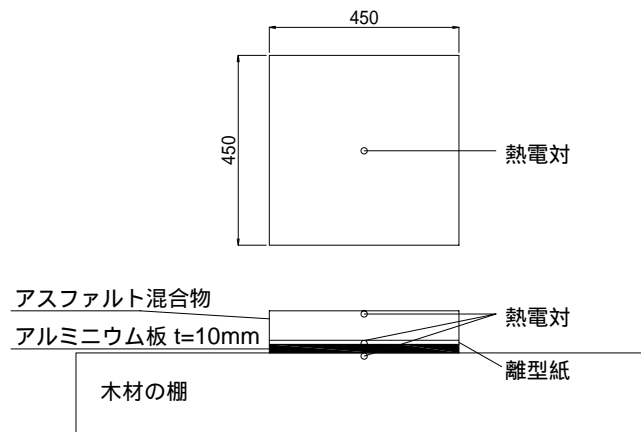


図 - 3 供試体

アスファルト混合物の敷設時の温度を測定するために、熱電対を、供試体の中央の位置のアスファルト舗装の上面、および、アルミニウム板の上面と下面に取り付け、室温と併せて、1分毎にデータロガーで温度を記録する。また供試体は木材の棚に置く。
試験後脱型し、供試体の密度を測定する。

6 . 試験結果

6.1 付着試験の結果

付着試験の結果を表 - 5 および図 - 4 に示す。

表 - 5 付着試験の結果

供試体の種類*	試験片 No.	荷重 (kN)	接着強度 (MPa)	破壊面	平均接着強度 (MPa)
1	1	5.34	0.680	アスファルト混合物と防水層との界面	0.643
	2	4.31	0.549	アスファルト混合物と防水層との界面	
	3	5.12	0.652	アスファルト混合物と防水層との界面	
	4	5.43	0.692	アスファルト混合物と防水層との界面	
2	1	4.80	0.611	アスファルト混合物とプライマとの界面	0.671
	2	5.59	0.712	アスファルト混合物とプライマとの界面	
	3	5.20	0.662	アスファルト混合物とプライマとの界面	
	4	5.49	0.699	アスファルト混合物とプライマとの界面	
3	1	5.97	0.761	アスファルト混合物と防水層との界面	0.743
	2	5.94	0.757	アスファルト混合物と防水層との界面	
	3	5.67	0.722	アスファルト混合物と防水層との界面	
	4	5.75	0.732	アスファルト混合物と防水層との界面	
4	1	7.29	0.929	アスファルト混合物とプライマとの界面	0.898
	2	6.54	0.833	アスファルト混合物とプライマとの界面	
	3	7.42	0.945	アスファルト混合物とプライマとの界面	
	4	6.95	0.885	アスファルト混合物とプライマとの界面	
5	1	3.91	0.498	アスファルト混合物と防水層との界面	0.546
	2	4.89	0.623	アスファルト混合物と防水層との界面	
	3	4.96	0.632	アスファルト混合物と防水層との界面	
	4	3.37	0.429	アスファルト混合物と防水層との界面	
6	1	5.59	0.712	アスファルト混合物とプライマとの界面	0.623
	2	4.70	0.599	アスファルト混合物とプライマとの界面	
	3	4.22	0.538	アスファルト混合物とプライマとの界面	
	4	5.06	0.645	アスファルト混合物とプライマとの界面	

* : 表 - 1 参照

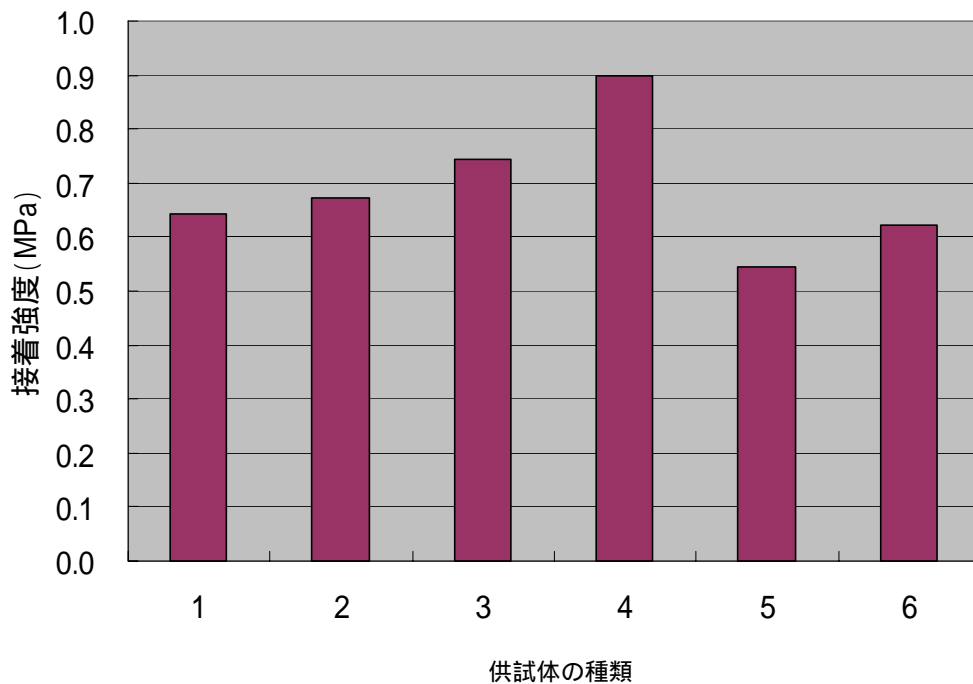


図 - 4 引張試験結果

「プライマ+防水層」と「プライマ」の比較では、「プライマ」が「プライマ+防水層」より平均接着強度が0.028~0.155MPa高い。破壊面は、いずれもアスファルト混合物との界面である。破壊面がアスファルト混合物との界面であることから、板と直接接している面はこれ以上の付着強度を有しているといえる。

アルミニウム板において、ボルトがある場合の平均接着強度は、「プライマ+防水層」で0.100MPa、「プライマ」で0.227MPa高くなっている。これは、ボルトの突起部分の接触面積が増えたことによる。

鋼板とアルミニウム板の比較では、「プライマ+防水層」、「プライマ」ともにアルミニウム板のほうが高い接着強度である。これは、アルミニウムの線膨張係数がプライマのそれと近いため、熱膨張差によってプライマあるいは防水層に生じる温度応力が、鋼板の場合と比べて小さいためであると想像する。

以上より、付着強度に関して、アルミニウム板の方が鋼板より高い。アスファルト混合物の突起物への充填性に関して、図-5に示すように、充填性は良好であり、引張試験の結果からもボルト周りにアスファルト混合物が十分に充填されていたといえる。



図 - 5 ボルト周りの充填状況

6.2 温度影響試験の結果

目標温度を 160 で混合したエポキシ細粒度アスファルト混合物をアルミニウム板が設置された 450mm × 450mmの型枠に詰め、締固めを行った時のアスファルト混合物の上部温度、アルミニウム板の上面および下面の温度の測定結果を図 - 6 に示す。

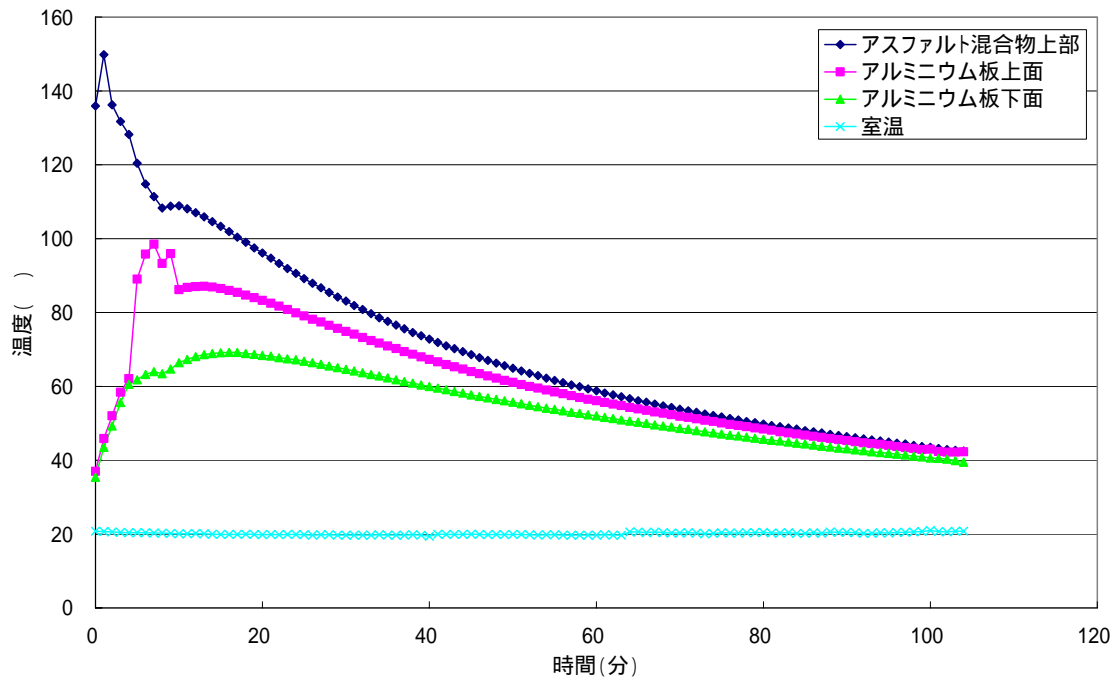


図 - 6 温度の測定結果

アスファルト混合物の上部温度は、敷設 1 分後に最大 149.8 に達し、その後経時的に低下し、敷設 100 分後に 43.5 になった。アルミニウム板の上面の最大温度は 98.5 、下面の最大温度は 69.2 であり、敷設後 4 分までは上面および下面は同様に上昇しているが、

敷設 5 分後からは、アルミニウム板の上面温度が高くなり、7 分後に最大 34.5 の差が生じた。アルミニウム板の上面と下面の温度差が、アルミニウム板にどのような影響を与えるかは現時点では不明であるが、上面の最大温度が 100 以下であることから、アルミニウム板の温度は舗装材料の施工温度よりも常に低いことが分かる。

敷設後のエポキシ細粒度アスファルト混合物の密度測定を行った結果を表 - 6 に示す。締固め度は 99.7%であり、目標値の $100 \pm 1\%$ を満足しており、室内試験レベルでは、アルミニウム板の放熱作用がアスファルト混合物の締固め作用に与える影響は無いといえる。

表 - 6 密度測定結果

空中質量 (g)	水中質量 (g)	表乾質量 (g)	体積 (cm^3)	密度 (g/cm^3)	基準密度 (g/cm^3)	締固め度 (%)
18500	10452	18505	8053.0	2.297	2.304	99.7

6.3 アルミニウム板の引張試験の結果

アルミニウム板の引張試験の結果を表 - 7 に、試験状況を図 - 7 と 8 に示す。TP は舗装が行なわれなかったアルミニウム板であり、PAV が舗装施工が施されたアルミニウム板である。両アルミニウム板は同一のロットから切り出されたものである。それぞれのアルミニウム板から 3 つの 14B 号の引張試験片 (JIS Z 2201) を採取し、引張試験を実施した。3 つの試験片の平均値で比較すると、舗装施工が施されたアルミニウム板のほうが破断伸びおよび引張強度が小さいが、その差異は非常に小さく、舗装施工による材料の機械的性質という観点から有意な影響は無いといえる。

表 - 7 アルミニウム版の引張試験結果

試験片	ヤング率 (GPa)	ポアソン比	0.2%耐力 (MPa)	引張強度 (MPa)	破断伸び (%)
TP	70.86	0.32	307.6	329.0	16.5
PAV	70.68	0.32	303.2	321.5	15.7



図 - 7 引張試験状況

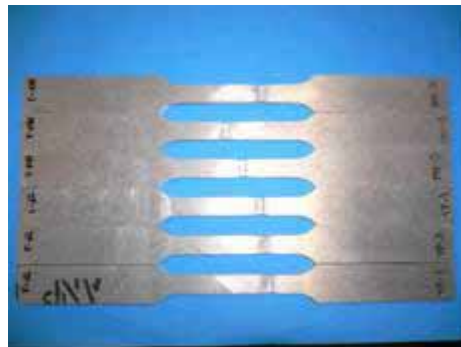


図 - 8 試験終了後供試体

7. 結論

アルミニウム床版に適用する舗装材料を選定し、アルミニウム板に舗装を施工して付着強度試験および温度影響試験を行い、以下のことが明らかになった。

- 1) 付着試験の結果より、アルミニウム板と鋼板では優位な差は見られず、目視によりボルト部の充填性も良好である。
- 2) 温度影響試験、引張試験および密度測定の結果より、舗装施工時の温度がアルミニウム床版と舗装材料の両方に与える影響はほとんど無い。

以上より、本試験で選定した舗装材料は、実施工においてもアルミニウム床版に適用できる可能性があるといえる。