

# 港湾技研資料

TECHNICAL NOTE OF  
THE PORT AND HARBOUR RESEARCH INSTITUTE  
MINISTRY OF TRANSPORT, JAPAN

No. 827 Mar. 1996

アスファルトコンクリートの層間付着における  
タックコートの効果

八谷好高  
野田工



運輸省港湾技術研究所

## 目 次

要 旨 .....	3
1. はじめに .....	4
2. タックコートの効果と表・基層間応力 .....	4
2.1 タックコートによる接着力 .....	4
2.2 表・基層接合面の応力 .....	6
3. 層間付着力の基本特性 .....	7
3.1 試験計画 .....	7
3.2 試験方法 .....	7
3.3 試験結果 .....	8
4. 現場採取混合物の層間付着力 .....	11
4.1 試験方法 .....	11
4.2 試験結果 .....	11
5. 室内試験による再現 .....	12
5.1 砂が境界面の付着強度に及ぼす影響 .....	13
5.2 養生時間の影響 .....	14
5.3 タックコート量の影響 .....	15
6. 結 論 .....	16
7. おわりに .....	16
参考文献 .....	16

# Effect of Tack Coat on Bonding Characteristics at Interface between Asphalt Concrete Layers

Yoshitaka HACHIYA\*

Takumi NODA\*\*

## Synopsis

Asphalt concrete surface courses are generally constructed in three lifts to obtain uniform densities and to provide a smooth surface. When there is a long interval between the construction of layers, a tack coat is usually applied to unite them. Recently, there have been frequent reports of breakage of surface courses in airport runway pavements caused by aircraft drastically reducing their speeds or turning sharply at high speeds. The separation between lifts is considered to be a predominant cause.

This paper reports the results of a laboratory investigation of the effect of tack coat on the bond between the asphalt concrete layers. First, the stress condition at the interface caused by the aircraft load was calculated. Second, the effect of tack coat was examined using samples taken from in-service airport pavements. Finally, laboratory tests were conducted to investigate how bonding characteristics are influenced by dirt adhering to the existing surfaces.

The following conclusions were obtained. The interval between the construction of the wearing course and binder course influences the bond strength. The strength decreases with an increase of the interval. If there is no dirt, the bond strength at the interface varies with the amount of tack coat. For improving the tensile strength, the optimum amount is  $0.2 \ell / m^2$ . Though the bond strength at the interface is lowered if dirt is adhered, it can be improved by applying the tack coat. Curing time, however, does influence the tensile strength; the strength after one hour of curing is approximately 40% of that after 24 hours of curing.

**Key Words :** asphalt concrete, bonding strength, tack coat, surface course, laboratory test

---

\* Chief, Runways Laboratory, Geotechnical Engineering Division

\*\* Researcher, Runways Laboratory, Geotechnical Engineering Division

# アスファルトコンクリートの層間付着におけるタックコートの効果

八谷 好高\*  
野田 工\*\*

## 要 旨

アスファルト舗装においては、一般的に、密度を均一にするとともに平坦性を良好にするために、アスファルトコンクリート表・基層がいくつかの層に分けて舗設される。この場合、層間の接着が十分でないと接合面が構造上の弱点となるので、層間の付着をよくしてアスファルトコンクリート全体を一体化する目的で、接合面にはアスファルト乳剤を用いたタックコートが施工される。

近年、アスファルトコンクリートの破損現象が、空港滑走路の航空機が制動をかけたり、高速でカーブを切るような箇所においてみられることがある。その原因として、上記のようなアスファルト舗装の層間付着が不十分なことが考えられている。

このような点は十分には検討されていないので、タックコートがアスファルトコンクリート層同士の接合力に及ぼす効果について室内試験により詳しく検討した。まず、航空機荷重が舗装に加わった場合に表層・基層間に作用する応力について検討した。次に、タックコートの有効性について室内試験により確かめたのち、施工方法の異なる現場から試料を採取して、表層・基層間の付着力の実態について調べた。そして、既設面の汚れの程度が付着特性に及ぼす影響について、室内でその汚れを再現して検討した。

一連の研究の結果、次のような結論が得られた。

- 1) アスファルト表・基層間の剥離現象は、航空機の制動等による水平荷重が作用する滑走路中間部で、夏期に生じやすい。
- 2) アスファルト表・基層間の付着力には基層と表層の間の施工間隔が影響し、施工間隔の長いほうが強度は小さくなる。
- 3) 表・基層間に砂等が付着していない場合、タックコートを施工することにより境界面の引張強度は増加する。層間剥離を防止するという観点からみると、最適アスファルト量は $0.2\ell/\text{m}^2$ 程度が適当である。
- 4) 表・基層間に砂等が付着した場合は、常温から高温側で強度低下が認められる。タックコート施工にあたっては、養生時間を十分確保することにより砂付着による強度低下を低減できる。また、タックコート量を $0.4\ell/\text{m}^2$ 程度に増加することは強度増加の点からは有利となる。

キーワード：アスファルトコンクリート、層間付着力、タックコート、表・基層、室内実験

\* 土質部滑走路研究室長  
\*\* 土質部滑走路研究室

## 1. はじめに

アスファルト舗装においては、一般的に、密度を均一にするとともに平坦性を良好にするために、アスファルトコンクリート表・基層がいくつかの層に分けて舗装されている。このうち、表層は、基層施工後数日から数週間経過した後施工される場合が多い。これは、表層を一度に大量に施工することにより、舗装表面での打継ぎ目をできるだけ少なくするためである。その反面、基層を施工してから表層を施工するまでの間に、表層と基層の接合面に土砂、ほこり等の汚れが付着するおそれも大きい。この汚れの影響を小さくし、層同士の付着をよくしてアスファルトコンクリート層全体を一体化する目的で、基層表面上にはアスファルト乳剤\*によるタックコート\*\*が施工される。このタックコートは、一般的に表層を施工する1日もしくは数時間前に施工され、接着力を確保するためには水分が蒸発するまで十分に養生する必要があるとされている。

層同士が十分に付着しないとその接合面が構造上の弱点となる。特に、空港舗装のような過酷な荷重条件下にあっては、層間剥離が危惧されるところである。この点は、新設工事ばかりではなく、アスファルト舗装上のアスファルトによるオーバーレイ工事においても懸念されている。これは、既設舗装面が土砂や航空機タイヤゴムの付着により汚れた状態となっていること、タックコートの養生時間が十分に確保できないことが、その理由である。

本資料では、タックコートがアスファルトコンクリート層同士の付着力に及ぼす効果について室内試験により検討した。まず、接合面の付着力について過去の試験データを用いて検討するとともに、航空機荷重が舗装に加わった場合に表・基層間に作用する応力について検討した。次に、タックコートの有効性について室内試験により確かめたのち、施工方法の異なる現場から試料を採取して、表・基層間の付着力の実態について調べた。そして、既設面の汚れの程度が付着特性に及ぼす影響について、その汚れを再現した室内試験により検討した。

## 2. タックコートの効果と表・基層間応力

### 2.1 タックコートによる接着力

タックコートの施工後、水分が十分蒸発しないうちに

\*アスファルトを0.5~0.6 $\mu$ mの微粒子として水中に分散させたもの

\*\*上層材料と下層材料を結合させるために歴青材料を少量散布したもの

上層アスファルトコンクリートを舗装すると、下層と付着しないおそれがあるので、十分に養生する必要がある<sup>1)</sup>。その例として、図-1には、乳剤を室内に放置して質量変化を調べた結果<sup>2)</sup>を示した(この図は、通常のアスファルト乳剤のほかに、ゴムラテックスを混入したものについても示している。試験条件は、温度21 $^{\circ}$ C、湿度50%である)。これによれば、放置後16時間程度経過した時点で質量が一定となるので、水分が十分に蒸発するまでにはこの程度の時間が必要となることがわかる。

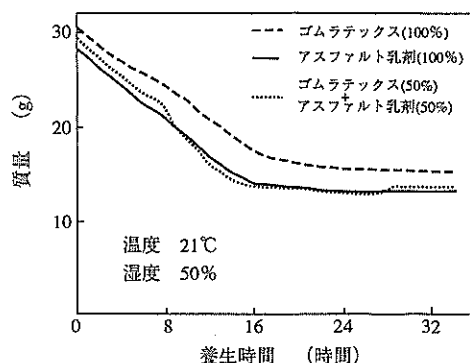


図-1 時間経過にもなう乳剤質量の変化

タックコートの効果を表すものとして、図-2、図-3には室内引張強度試験結果<sup>3)</sup>が示されている。これらは、いずれもオーバーレイ工事の現場から採取された試料に関するもので、図-2は交通量がほとんどない箇所、図-3は摩耗のため骨材が表面にでている箇所からの採取試料のデータである(タックコートの養生時間は24時間以上)。両者ともタックコートを施工することにより、上下層の付着程度が向上し、特に、骨材がむき出しになっている場合にはタックコート塗布の効果が大きいとしている。

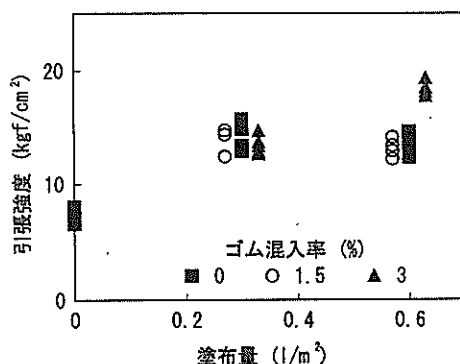
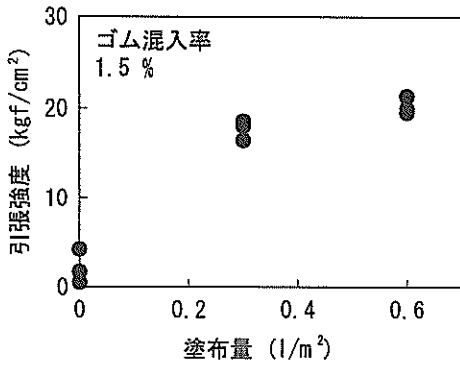
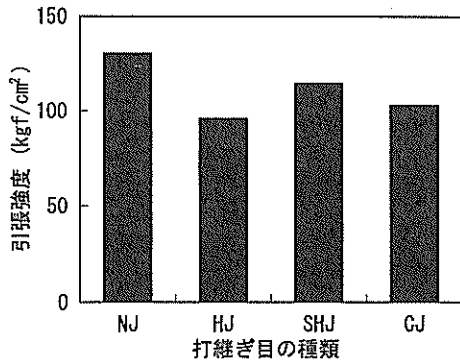


図-2 乳剤塗布量と引張強度 (交通量小)

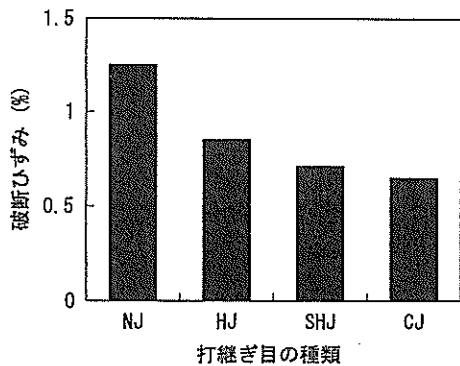
室内試験にてアスファルトコンクリート層の打継ぎ目\*の施工方法を検討した結果<sup>3)</sup>から、引張強度、破断ひずみを図一4、図一5にまとめた。打継ぎ目があると、ない場合 (NJ) に比べて、全体的に強度、破断ひずみと



図一3 乳剤塗布量と引張強度 (交通量大)



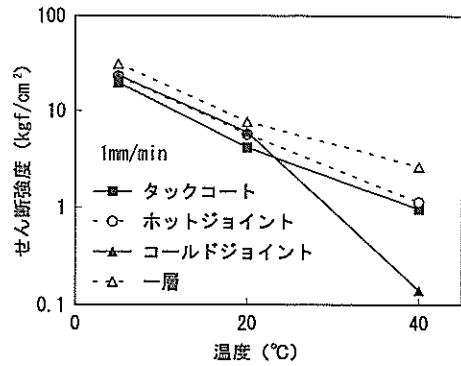
図一4 打継ぎ目の引張強度



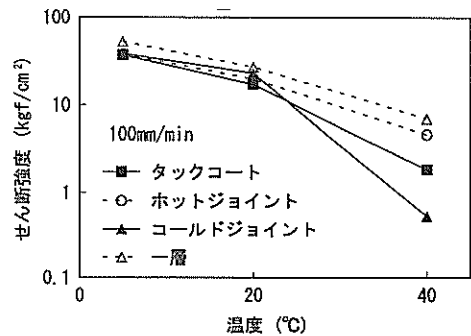
図一5 打継ぎ目の破断ひずみ

も低下することがわかる。この場合には打継ぎ目の種類として、先に施工した材料がまだ熱い (110°C程度) うちにもう一方を打継ぐホットジョイント (HJ), 材料の温度が常温にまで下がってから打継ぎ目をヒータで熱して (110°C程度になるまで) 打継ぐセミホットジョイント (SHJ), 常温のまま打継ぎ目にタックコートを施工するコールドジョイント (CJ) を用いている。これらのうちでは、特に、CJの破断ひずみが最も小さいことから、気象作用が厳しい地域の空港ではCJを避けることを提言している<sup>3)</sup>。

図一6、図一7には、同様の点について今回の試験において得られた結果をまとめてある。これらの図は、荷重速度をそれぞれ、1mm/min, 100mm/minとした場合で、接合面 (境界面) の処理方法を4種類に変えた場合のせん断強度である。ここで、ホットジョイントとは一層目の表面温度が60°Cに低下した時点で二層目を打継いだものであり、コールドジョイントとは一層目の温度が常温まで低下した時点で二層目をそのまま施工したものである。また、タックコートとは一層目の温度が常温にまで低下した時点で、アスファルト乳剤 (PK-4) を



図一6 打継ぎ目のせん断強度 (1mm/min)



図一7 打継ぎ目のせん断強度 (100mm/min)

\*アスファルトコンクリート層をいくつかのレーンに分けて施工する場合のレーン間の境界

0.4ℓ/㎡塗布して24時間養生後に二層目を施工したものである。全体的にみれば、載荷速度によらず、一層打ちが最大の強度を示し、タックコートが最小値となっている。しかし、試験温度が40℃となった場合には、コールドジョイントの強度が相対的に小さくなり、タックコートを施工することにより強度が数倍にもなることがわかる。

## 2.2 表・基層接合面の応力

空港舗装の設計では航空機の主脚重量を鉛直荷重としているが、滑走路中間部の舗装には航空機が制動をかけることによる水平荷重も作用することとなる。近年、このような力に起因すると思われるアスファルト舗装の破壊現象、すなわちアスファルト表・基層の破損が散見されるようになった。

本節では、舗装表面に鉛直荷重のほかに水平荷重が加わった場合に表・基層間の境界面に生ずる応力の算定を試みる。この計算の対象とした航空機はB-747-400(満載時)で、空港アスファルト舗装構造設計要領<sup>4)</sup>に従うと、基準舗装としては図-8に示す構造となる。計算上、表層と基層の付着状況は付着のある場合(粗)とない場合(滑)の2種類を考えた。荷重としては次の3ケースを考えた(水平荷重は航空機進行方向に作用)。

- ① ケース1：鉛直荷重のみ
- ② ケース2：鉛直荷重+水平荷重

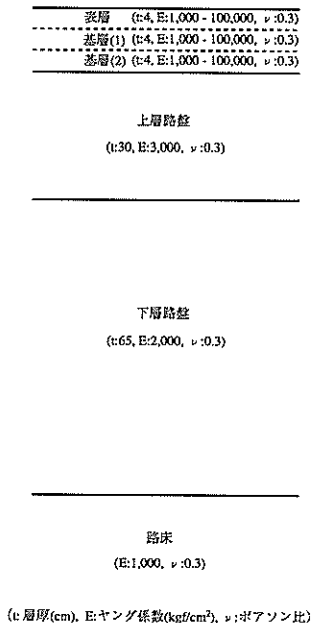


図-8 解析条件

(大きさは鉛直荷重と同じ)

### ③ ケース3：鉛直荷重+水平荷重

(大きさは鉛直荷重の50%)

図-9には、境界面に作用するせん断応力を示した。表・基層間に付着がある場合でも、鉛直荷重のみが作用する場合にはせん断応力は極めて小さいものの、水平荷重が増加するにつれてせん断応力が増加することが認められる。また、このせん断応力には、表・基層材料のヤング係数が大きく影響し、ヤング係数の小さいとき、すなわち、アスファルト表・基層の温度が高い夏期において応力が増加することがわかる。これに対して、図-6, 7に示した室内試験結果からは高温時のほうがせん断強度が小さいことがわかるため、夏期において境界面の剥離現象が起こりやすいものと推察される。

図-10には境界面(表層下面)の水平応力をまとめた。この場合には境界面の粗滑状態が大きく影響し、境界面が粗、すなわち付着が十分であれば引張応力が生じないことがわかる。これに対して、境界面が滑、すなわち表層と基層が剥離している場合には、表層下面には引張応力が生ずることがわかる。ただし、この場合には水平荷

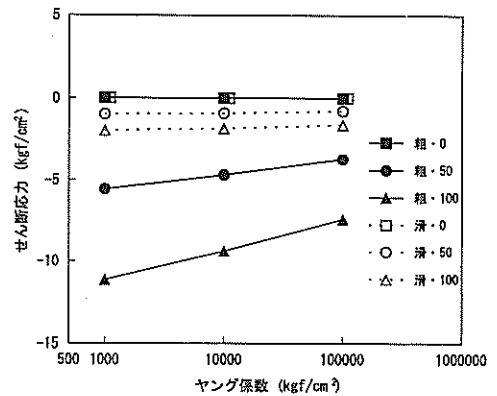


図-9 表・基層境界面のせん断応力

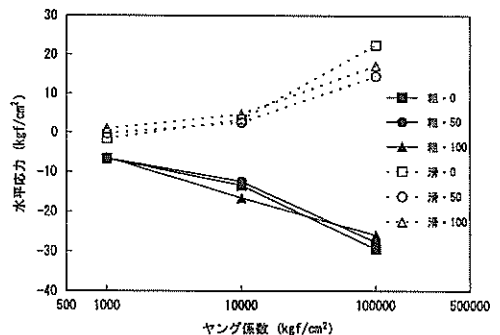


図-10 表・基層境界面の水平応力

重の影響は大きくはない。

以上のことから、鉛直荷重のほかに水平荷重が作用することによりアスファルト表・基層が破壊するメカニズムとしては、表・基層間が付着している状態で水平荷重が加わることで境界面が剥離し、そして鉛直荷重により表層材料が破壊したというものが考えられる。また、このような現象は夏期に起こりやすいこともわかった。

### 3. 層間付着力の基本特性

#### 3.1 試験計画

##### (1) 検討項目

タックコートは、上記のように、表・基層間の付着力を高めるために使用され、材料は、通常、アスファルト乳剤(PK-4)が用いられる。その量について、道路では $0.3\sim 0.6\text{ l/m}^2$ が標準とされている<sup>5)</sup>のに対して、空港では新設工事の場合では $0.2\text{ l/m}^2$ 、オーバーレイ工事の場合で $0.3, 0.4\text{ l/m}^2$ と規定されている<sup>1)</sup>(それぞれ、既設舗装がアスファルト舗装、コンクリート舗装の場合)。この量については、既設舗装面の状態に応じて適切に選択する必要があるとされている。

タックコートを施工する場合には、その量のほかに、養生時間も重要な要素である。それは、タックコートが、アスファルトコンクリート上下層の付着力を確保するという所定の機能を果たすためには、その中に含まれる水分が蒸発する必要があるからである。各種基準類においてもこの点は明記してあるものの、具体的な養生時間については言及していない。

タックコートの効果を確かめるために、このような点に着目して、散布量と養生時間を種々に変えた場合の引張強度とせん断強度について室内試験により検討した。

この試験ではタックコートとしてアスファルト乳剤(PK-4)を用い、その量は3種類、すなわち $0.2\text{ l/m}^2$ 、 $0.4\text{ l/m}^2$ 、 $0.7\text{ l/m}^2$ とした。このほか、タックコートを使用しない場合についても試験を実施した。養生時間、すなわちタックコート施工後にアスファルトコンクリートを舗設するまでの時間については、現場の状況を勘案して、1, 5, 24時間の3種類を考えた。

##### (2) 使用材料

試験に用いたアスファルトコンクリートは、空港土木工事共通仕様書で規定されている密粒度アスファルトコンクリート(骨材最大粒径13mm)である。アスファルトとしてはストレートアスファルト60~80を用いた。骨材の配合割合は表-1のとおりで、合成粒度は図-11のようになる。これらの材料を用いたアスファルトコンクリートの最適アスファルト量は、表-2に示す試験結果に基づいて、各項目の規格値を満足するアスファルト量(共通範囲)の中央値である5.6%とした。

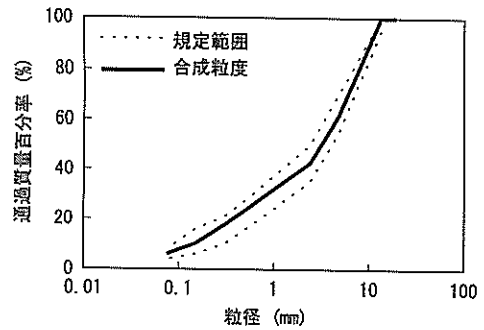


図-11 骨材の粒径加積曲線

#### 3.2 試験方法

##### (1) 供試体の作成

表-1 材料の配合率

材料	6号碎石	7合碎石	粗砂	細砂	スクリーニングス	石粉
配合率 (%)	40	19	20	3	14	4

表-2 アスファルト混合物の配合試験

アスファルト量 (%)	密度 ( $\text{g/cm}^3$ )		空隙率 (%)	飽和度 (%)	安定度 (kg)	フロー値 (1/100cm)
	理論	見掛				
4.5	2.500	2.303	7.9	56.1	1171	27
5.0	2.481	2.330	6.1	64.9	1263	28
5.5	2.463	2.358	4.3	74.6	1326	30
6.0	2.445	2.375	2.9	82.6	1286	32
6.5	2.427	2.374	2.2	87.2	1182	33
規格値	-	-	3~6	70~85	750以上	20~40



上下層境界面の付着力は、上記のように、引張試験とせん断試験により評価した。それらの試験には、幅300mm、長さ300mm、厚さ100mmの試料から所定の寸法に切り出した供試体を用いた。

この試料の作成方法のフローチャートを図-12に示す。

試料は、原則として、ローラコンパクターを使用して、密度がマーシャル試験法により求めた基準密度の $100\pm 1\%$ となるように作成した。1層目を施工してから2層目を施工するまで、境界面にほこりが付着しないように、1層目施工後12時間経過してから試料をビニール袋に入れて、温度 $20^{\circ}\text{C}$ 、湿度70%に保持した恒温恒湿室で保管した。

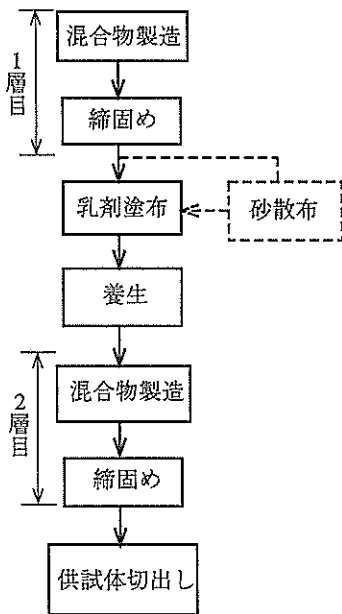


図-12 供試体作成のフロー

このようにして作成・保管した1層目を取り出して、その表面に所定量のタックコート散布して、所定の時間養生してから2層目を施工した。この2層目の養生方法は1層目と同様である。なお、タックコートを使用しない場合は、1層目施工後、そのまま直ちに2層目を施工した。

#### (2) 試験方法

引張試験用、せん断試験用の供試体は、作成した試料からカッタにより切り出した。それらの寸法は、図-13に示すように、引張試験用が $50\times 50\times 100\text{mm}$ 、せん断試験用が $100\times 100\times 100\text{mm}$ である（ともに、幅 $\times$ 長さ $\times$ 厚さ）。

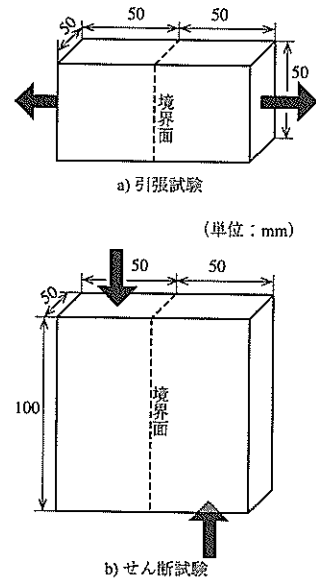


図-13 試験方法

試験条件は、両試験とも、下記のとおりである。

- a) 温度：5，20， $40^{\circ}\text{C}$
- b) 載荷速度：1，100mm/min

### 3.3 試験結果

#### (1) 塗布量の違い

タックコートの塗布量と強度の関係は、アスファルト乳剤が完全に分解したと考えられる24時間養生のデータを用いて考察した。

図-14、図-15に引張強度について示した（それぞれ、載荷速度が $1\text{mm}/\text{min}$ 、 $100\text{mm}/\text{min}$ の場合）。引張強度でみると、タックコート塗布量を $0.2\text{ l}/\text{m}^2$ 、 $0.4\text{ l}/\text{m}^2$ とした場合はタックコートを用いない場合と同じかそれより大きくなるものの、 $0.7\text{ l}/\text{m}^2$ とした場合は用いない

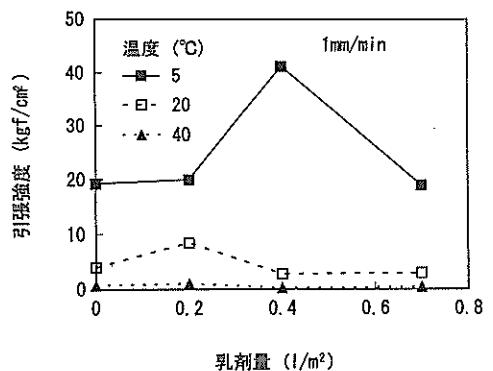


図-14 乳剤量と引張強度 (1 mm/min)

場合と同じかそれよりも小さな値となっている。最大強度が得られるタックコート塗布量は試験温度によって異なり、5℃では0.4 l/m<sup>2</sup>であるが、20℃、40℃では0.2 l/m<sup>2</sup>である。

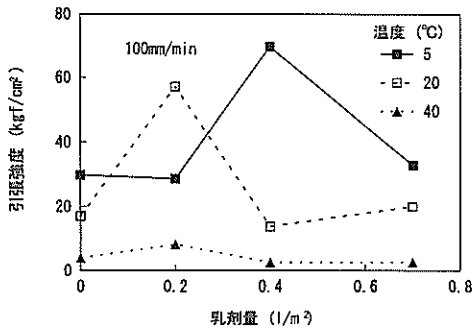


図-15 乳剤量と引張強度 (100mm/min)

せん断強度については図-16、図-17に示した。タックコート量を増加してもせん断強度の変化は認められない。

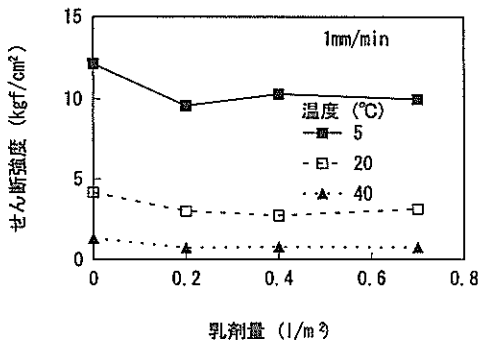


図-16 乳剤量とせん断強度 (1mm/min)

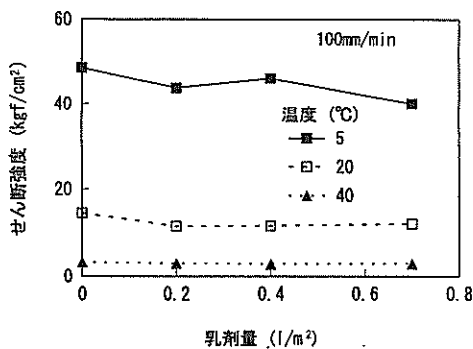


図-17 乳剤量とせん断強度 (100mm/min)

(2) 養生時間の違い

図-18、図-19、図-20には、タックコート塗布量別

にみた養生時間に対する引張強度の変化を示す(载荷速度100mm/min)。養生時間が長くなると引張強度も増加する傾向が一部にみられるものの、全体的には養生時間の影響は顕著ではない。

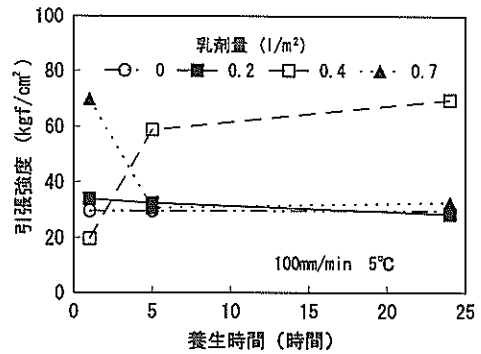


図-18 養生時間と引張強度 (5℃)

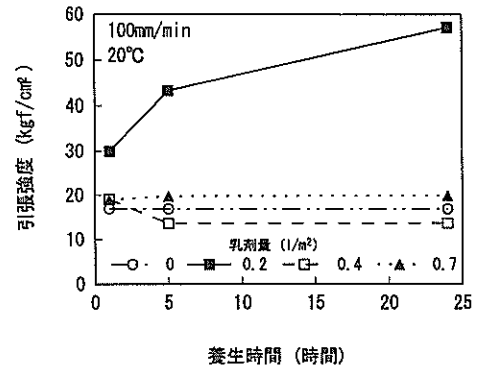


図-19 養生時間と引張強度 (20℃)

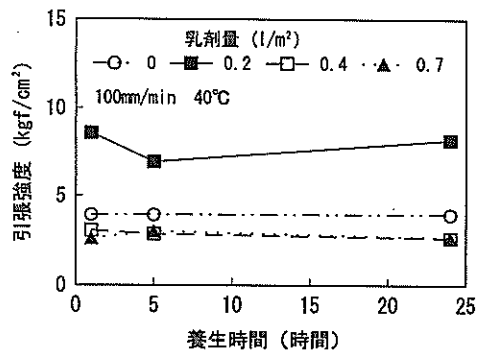
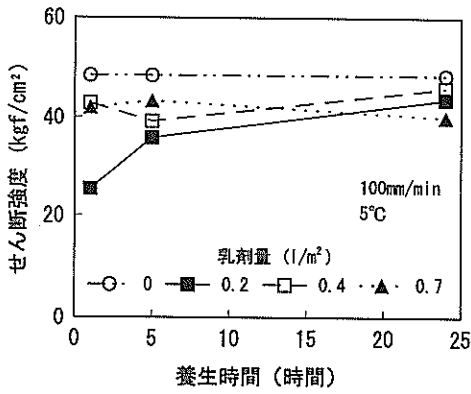
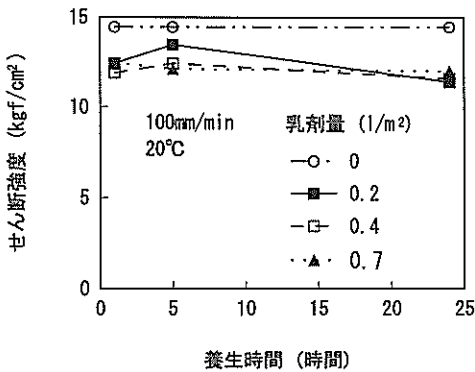


図-20 養生時間と引張強度 (40℃)

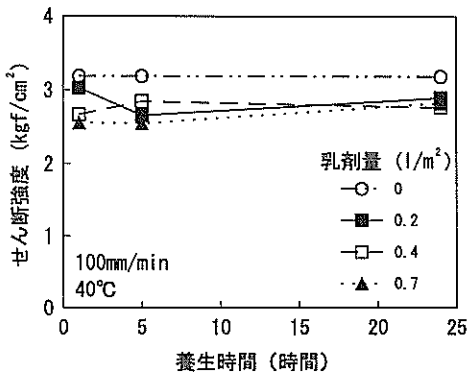
図-21、図-22、図-23にはせん断強度を示す(载荷速度100mm/min)。引張強度と同様に、せん断強度についていても養生時間の影響は明らかになっていない。



図一21 養生時間とせん断強度 (5°C)



図一22 養生時間とせん断強度 (20°C)

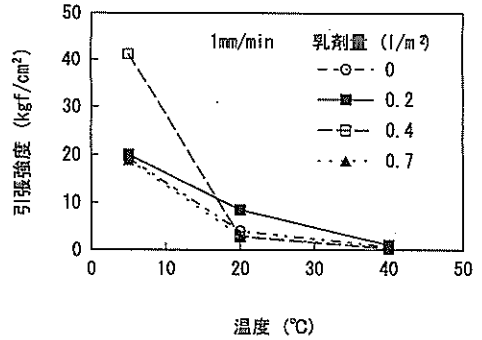


図一23 養生時間とせん断強度 (40°C)

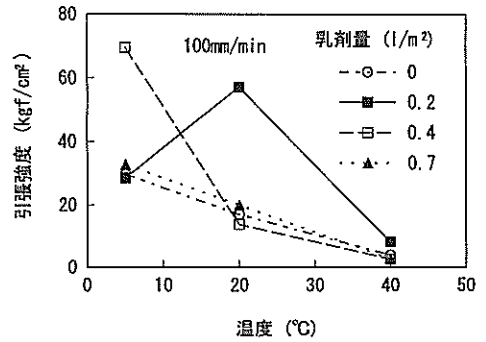
(3) 温度の違い

図一24, 図一25には, 載荷速度 1mm/min, 100mm/min の場合の, 温度による引張強度の違いを示す (24時間養生)。全体的にみれば, 載荷速度によらず, 温度が高くなるにつれて引張強度は低下することがわかる。試験温

度が 5°C の場合は塗布量 0.4 l/m<sup>2</sup> とすると最大引張強度が得られるが, それ以上の温度では塗布量 0.2 l/m<sup>2</sup> のものが強度は大きい。

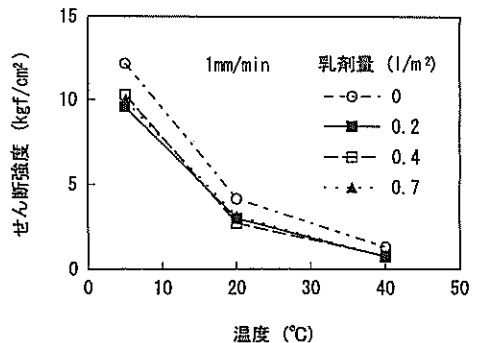


図一24 温度と引張強度 (1mm/min)



図一25 温度と引張強度 (100mm/min)

図一26, 図一27にはせん断強度を示す。全体的に, タックコートを施工しても, しない場合 (これは下層がまだ十分熱い状態で上層を施工したもの) の強度が得られないことがわかる。これは載荷速度によらないことから, せん断強度についてはタックコートの効果がみられないものと考えられる。



図一26 温度とせん断強度 (1mm/min)

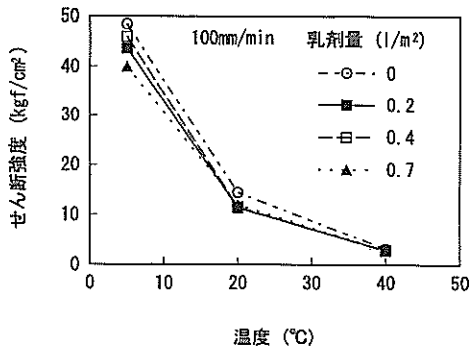


図-27 温度とせん断強度 (100mm/min)

#### 4. 現場採取混合物の層間付着力

実際の施工状況を考えると、既設面に付着している土砂やごみといった既設面の汚れは層間付着力に大きく影響しよう。特に、新設工事で基層施工後ある程度の期間が経過してから上層を施工する場合や、オーバーレイ工事においては、清掃によっても既設舗装面から土砂やごみを取り除けない恐れも大きく、付着力が懸念されるところである。

本章では、実際の現場より採取した供試体を用いて、基層を施工してから表層を施工するまでの経過期間が層間付着強度に及ぼす影響について検討した。同時に、室内試験との対比も行った。

##### 4.1 試験方法

###### (1) 試料採取

実際に施工された現場におけるものとして、東京国際空港の滑走路と誘導路から試料を採取した。前者では、370mm×920mm×160mm(縦、横、厚さ)の大きさの試料を1枚、後者では500×500×160mm(縦、横、厚さ)の試料を8枚切り出した。

この現場の施工状況については以下のことがわかっている。

- タックコートにはPK-4を用いたこと
- タックコートの散布量は0.4 l/m<sup>2</sup>であったこと
- タックコートを基層上に散布してから約1時間後に表層を打設したこと
- 滑走路の場合は基層を施工してから表層を打設するまで約6箇月経過したこと
- 誘導路では、基層の打設が終了してから表層を打設するまで13日ほど間隔があったこと

###### (2) 試験種類・方法

これらの試料から切り出した供試体を用いて引張強度とせん断強度を測定した。供試体の寸法は3. で示した室内試験の場合と同様に、引張試験用には50×50×100mm、せん断試験用には100×100×100mmとした。

試験条件は以下のとおりである。

- 試験温度：3種類 (5°C, 20°C, 40°C)
- 載荷速度：2種類 (1 mm/min, 100 mm/min)

なお、室内試験結果として用いたデータは、試験条件を現場材料に合わせるために、乳剤の種類がPK-4で、塗布量が0.4 l/m<sup>2</sup>のものである。

#### 4.2 試験結果

引張強度と載荷速度、試験温度の関係を、図-28、図-29、図-30に示す(図中のなし、あり、一層は室内試験のデータで、それぞれ、タックコートなし、あり、一層施工を意味する)。全体的にみれば、誘導路から採取したもののほうが滑走路からのものに比べて強度の大きいことが認められる。また、これらの現場採取試料の引張強度は室内試験によるものより全体的に大きいこともわかる。

図-31、図-32、図-33にはせん断強度を示した。こ

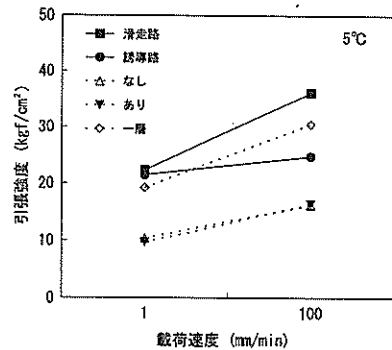


図-28 載荷速度と引張強度 (5°C)

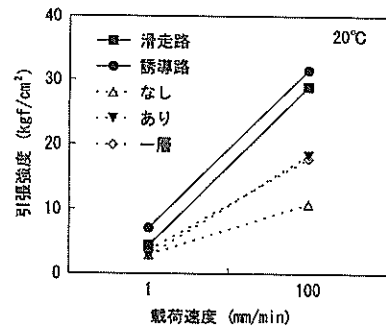


図-29 載荷速度と引張強度 (20°C)

の場合も、全体的にみれば、誘導路から採取したもののほうが大きな値を示すことがわかる。また、これらを室内試験によるものとくらべると、一層施工のものと同層施工のもの（タックコートなし、あり）の中間に位置することもわかる。

以上のように、引張応力とせん断応力の両方から見ても、誘導路から採取したもののほうが付着強度の大きいことがわかる。すなわち、上層と下層の施工間隔の長いほうが付着強度が小さいことから、下層施工後から上層を施工するまでの間に汚れが付着したことがこの原因であるものと推測される。

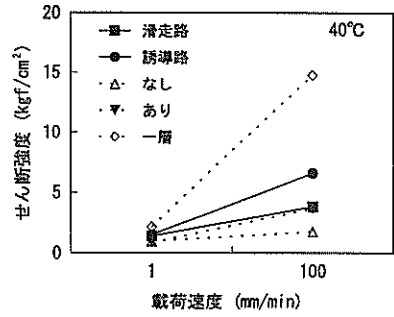


図-33 荷重速度とせん断強度 (40°C)

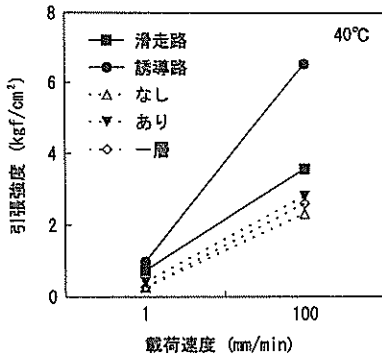


図-30 荷重速度と引張強度 (40°C)

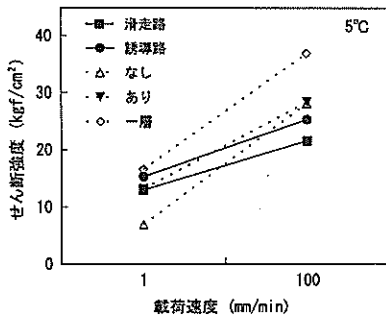


図-31 荷重速度とせん断強度 (5°C)

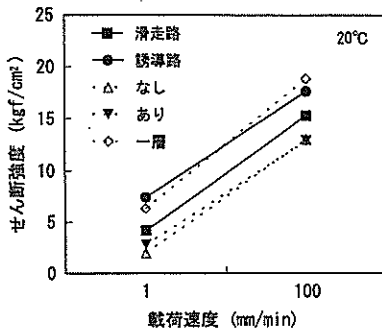


図-32 荷重速度とせん断強度 (20°C)

## 5. 室内試験による再現

3. では室内試験により、タックコートが境界面の付着強度に及ぼす影響をみてきた。また、4. では付着強度が上下層の施工間隔と関係のあることをみてきた。本章では、境界面に付着すると考えられる汚れを再現した室内試験により、下層表面が汚れた状態で上層を施工する場合のタックコートの有用性を明らかにする。試験方法は、3., 4. と同様に、引張試験とせん断試験である。

試験に用いたアスファルトコンクリートは、3. の場合と同様に、骨材最大粒径13mmの密粒度アスファルトコンクリートである。アスファルトとしてはストレートアスファルト60~80を用いた。骨材の配合割合は表-3のとおりで、合成粒度は図-34のようにになっている。これ

表-3 材料の配合率

材料	6号碎石	7号碎石	粗砂	細砂	石粉
配合率 (%)	40	18	25	12	5

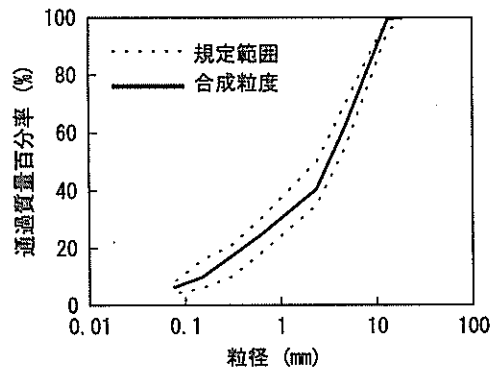


図-34 骨材の粒径加積曲線

表一 4 アスファルト混合物の配合試験

アスファルト量 (%)	密度 (g/cm <sup>3</sup> )		空隙率 (%)	飽和度 (%)	安定度 (kg)	フロー値 (1/100cm)
	理論	見掛				
4.5	2.518	2.354	6.5	61.3	1182	27
5.0	2.499	2.369	5.2	68.9	1263	28
5.5	2.480	2.378	4.1	75.6	1326	30
6.0	2.462	2.396	2.7	83.8	1240	31
6.5	2.444	2.391	2.2	87.3	1165	33

らを用いたアスファルトコンクリートの最適アスファルト量は、表一 4 に示す試験結果に基づいて5.5%となった。タックコートとして、アスファルト乳剤(PK-4)を用い、その量は0.2, 0.4, 0.7 l/m<sup>2</sup>である。

供試体の作成方法は、3. 2 に示したものを踏襲した。砂を用いる場合は、1 層目施工後直ちに表面に砂を散布してから、試料を上下逆さまにすることによって余剰分を取り除くという手法を用いた。こうすることにより、砂量はほぼ一定に保持できたものと考えられる。なお、供試体に付着した砂の量は表一 5 に示すとおりである。

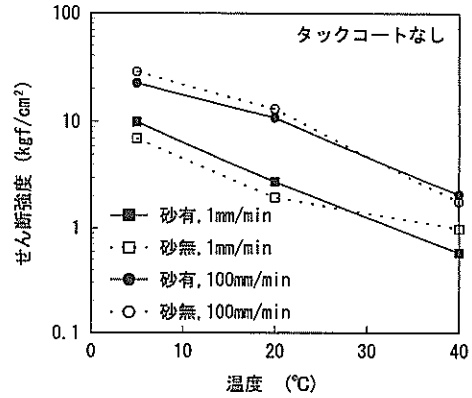
試験に用いた供試体の寸法ならびに試験条件は、3. 4. に示したものと同様である。

表一 5 供試体境界面の砂量

乳剤	塗布量 (l/m <sup>2</sup> )	養生時間 (時間)	砂量 (g)	
			引張試験	せん断試験
あり	0.2	1	0.5	1.77
		24	0.5	1.73
	0.4	1	0.6	1.49
		24	0.5	1.70
なし	0	24	0.5	1.55

5. 1 砂が境界面の付着強度に及ぼす影響

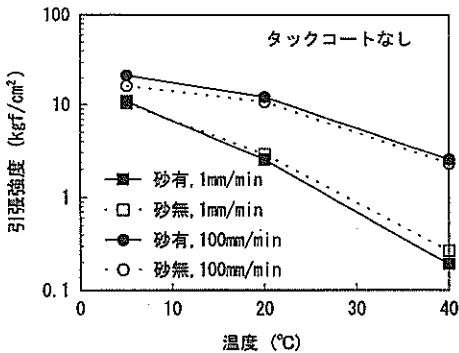
図一 35, 図一 36 は、タックコートを用いない場合の、境界面に付着した砂が引張強度、せん断強度に及ぼす影響を示している。載荷速度、温度によらず、砂の付着は



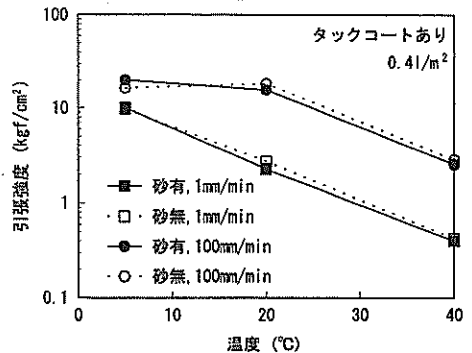
図一 36 温度とせん断強度 (タックコートなし)

強度には影響を及ぼさないようである。また、境界面には影響を及ぼさないようである。また、境界面にタックコートを塗布した場合の引張強度、せん断強度を図一 37, 図一 38 に示した (タックコート量 0.4 l/m<sup>2</sup>で、その養生時間は 24 時間である)。この場合も砂付着の影響は明らかではない。これは、タックコートを用いない場合は下層がまだ熱いうちに上層を上層を施工したこと、タックコートを用いた場合には養生を十分に行ったことがその理由であろう。

砂が付着した場合のしない場合に対する引張強度の比率を詳細に検討したのが図一 39 である。低温時には砂付着の影響は明確ではないが、常温から高温側では砂の付着により強度は若干低下することがタックコートの有無



図一 35 温度と引張強度 (タックコートなし)



図一 37 温度と引張強度 (タックコートあり)

によらず認められる。この点については、図-40に示したせん断強度でも、同様のことがいえる。

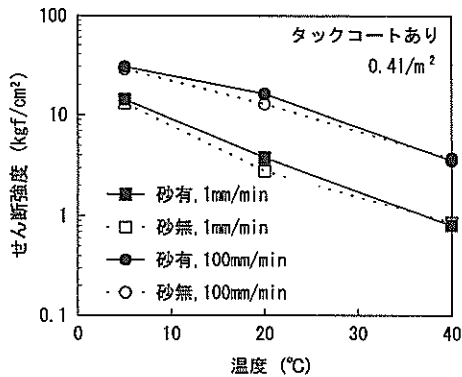


図-38 温度とせん断強度 (タックコートあり)

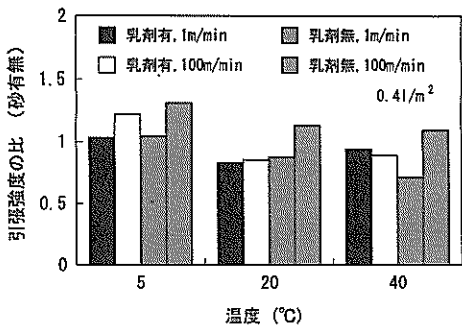


図-39 砂の有無による引張強度の違い

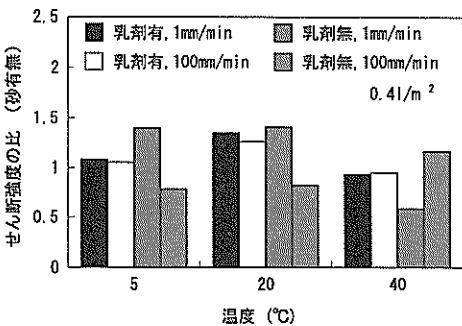


図-40 砂の有無によるせん断強度の違い

## 5.2 養生時間の影響

図-41は、境界層に砂が付着している場合で、タックコートがあるときのないときに対する引張強度の比を示している(塗布量:  $0.4 \text{ l/m}^2$ )。この図から、養生時間の影響が顕著にみられ、養生時間を長くすることによりタックコートの効果が現れてくるようである(タックコートなしの場合は下層が熱い状態で上層を施工している)。

したがって、十分な養生時間を確保できない場合、境界面が汚れていると上下層の付着が確保されないおそれがあることとなる。

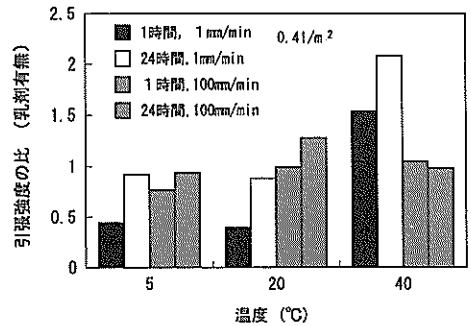


図-41 乳剤の有無による引張強度の違い

図-42にはせん断強度の場合を示している。この場合は、タックコートを施工することにより強度は増加するが、タックコートの養生時間の長さ自体は影響しないようである。ただし、 $20^\circ\text{C}$ で載荷速度 $100 \text{ mm/min}$ の条件下では、養生時間を長くすることの効果は認められる。

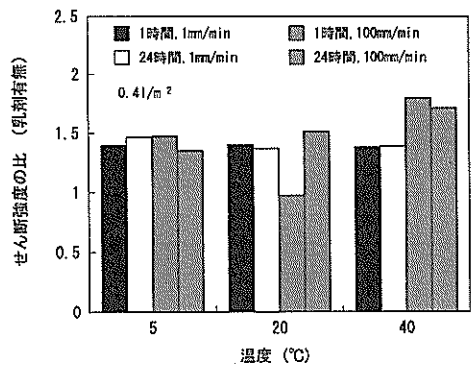


図-42 乳剤の有無によるせん断強度の違い

図-43には、タックコートの養生時間を1、24時間としたときの引張強度について、砂が付着した場合の引張強度のしない場合に対する比率を示した(塗布量は  $0.4 \text{ l/m}^2$ )。この図にはタックコートの養生時間の影響が顕著にみられ、1時間しか養生しないと、砂が付着することにより付着前の引張強度の4割以下に低下する場合もあることがわかる。

同様に、せん断強度について図-44に示した。この場合は、境界面に砂が付着することは引張強度の場合ほど問題にはならないようである。しかし、 $20^\circ\text{C}$ で載荷速度 $100 \text{ mm/min}$ のデータにみられるように、養生時間を長くすることは砂の付着に起因する強度低下を防ぐという

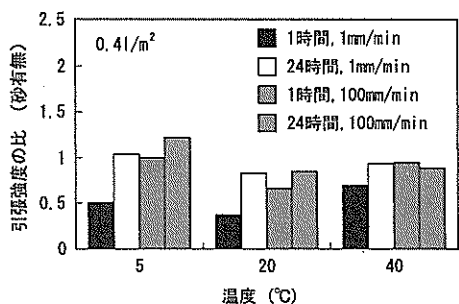


図-43 砂の有無による引張強度の違い

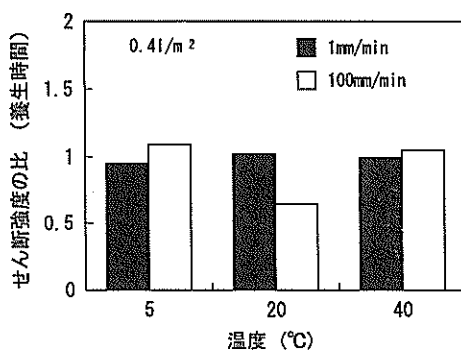


図-46 養生時間によるせん断強度の違い

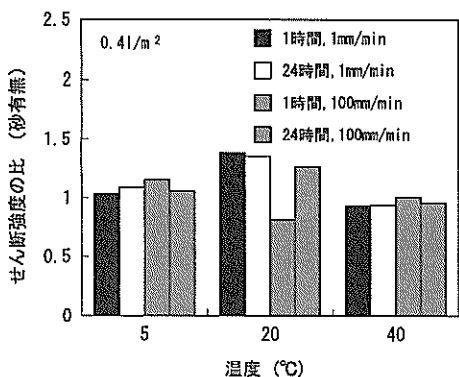


図-44 砂の有無によるせん断強度の違い

点で有利であることもわかる。

境界面に砂が付着している場合で、養生時間を1時間としたときの引張強度の24時間養生のものに対する比率を図-45に示した。いずれの条件でも養生時間が不十分であれば強度が小さいことから、タックコート中の水分を蒸発させることの重要性が明らかである。特に、載荷速度が1mm/minのときは養生時間の影響が顕著で、1時間の養生では24時間養生のもの半分の強度しか得られない場合もある。

図-46にはせん断強度の場合も示してある。引張強度

とは異なり、養生時間はせん断強度にはあまり影響を及ぼさないようである。

### 5.3 タックコート量の影響

図-47、図-48にはタックコート量が引張強度に及ぼす影響をまとめてある（それぞれ、載荷速度は1mm/min, 100mm/min）。いずれも、境界面に砂が付着している場合で、タックコートを施工したときのしないときに対する強度の比率である。全体的にみれば、タックコート量を増加することが強度増加の点からは有利であるとの傾向が認められる。しかし、載荷速度1mm/min, 温度40°Cの場合を除けば、タックコートを施工することの効果自体は明らかではない。

図-49、図-50には、タックコート量がせん断強度に及ぼす影響をまとめてある（載荷速度はそれぞれ1mm/min, 100mm/min）。いずれも、境界面に砂が付着している場合で、タックコートを施工したときのしないときに対する強度の比率である。載荷速度によらず、試験温度が20°C以下の場合には、タックコート量を増加すると強度も増加するようである。温度が40°Cの場合はタックコート施工による強度増加が著しいが、量自体の影響はみられない。

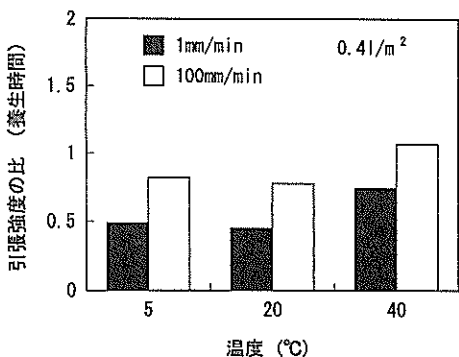


図-45 養生時間による引張強度の違い

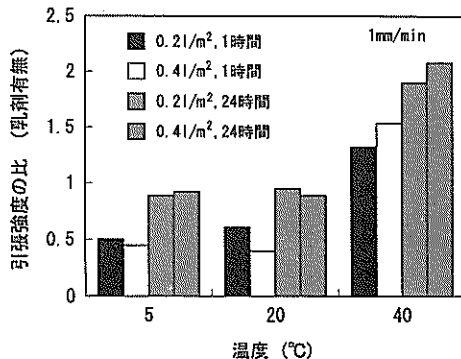


図-47 乳剤の有無による引張強度の違い (1mm/min)



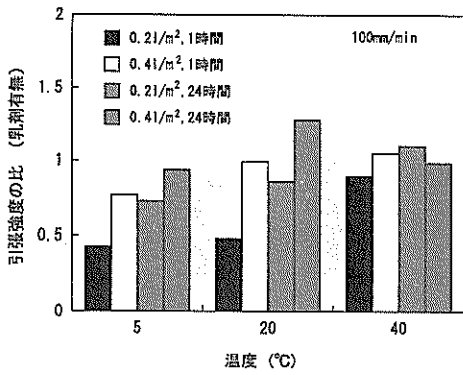


図-48 乳剤の有無による引張強度の違い (100mm/min)

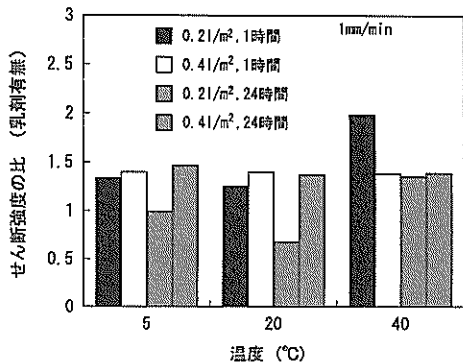


図-49 乳剤の有無によるせん断強度の違い (1mm/min)

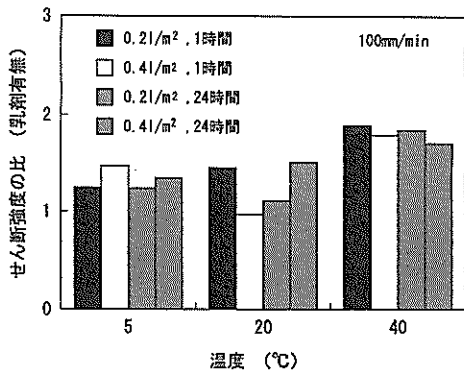


図-50 乳剤の有無によるせん断強度の違い (100mm/min)

## 6. 結論

アスファルトコンクリート表・基層間の付着特性におけるタックコートの効果に関する今回の研究により、以下のような知見が得られた。

- 1) アスファルト表・基層間の剥離現象は、航空機の制動等による水平荷重が作用する滑走路中間部で、夏期に生じやすい。
- 2) アスファルト表・基層間の付着力には基層と表層の間の施工間隔が影響し、施工間隔の長いほうが強度は小さくなる。
- 3) 表・基層間に砂等が付着していない場合、タックコートを施工することにより境界面の引張強度は増加する。層間剥離を防止するという観点からみると、最適アスファルト量は0.2ℓ/m<sup>2</sup>程度が適当である。
- 4) 表・基層間に砂等が付着した場合は、常温から高温側で強度低下が認められる。タックコート施工にあたっては、養生時間を十分確保することにより砂付着による強度低下を低減できる。また、タックコート量を0.4ℓ/m<sup>2</sup>程度に増加することは強度増加の点からは有利となる。

## 7. おわりに

本研究では、設計において考慮していない水平方向の荷重が原因でアスファルト表・基層に生ずる破壊現象について考察した。本文中で示したように、この破壊現象には境界面の汚れが大きく関わっており、砂等が付着することにより層間付着力が低下することがわかった。この点については、現在一般的に使用されているタックコート材料（アスファルト乳剤のPK-4）の有用性は認められたものの、養生時間が十分確保できないと付着力は十分とはいえないことがわかった。

したがって、オーバーレイ工事等で養生時間を十分に確保できない場合には、この材料では十分な強度を期待できないこととなる。この点については、新しいタックコート材料の開発や、施工層を大きくして境界面を設けないシックリフト工法といった新たな工法を考えることによって対処しなければならない。この点についてはすでに研究を開始しているので、順次成果を取りまとめていく。  
(1995年11月30日受付)

## 参考文献

- 1) 運輸省航空局飛行場部建設課：空港土木施設施工要領（改定案），304p.，1991.
- 2) 渡辺 隆，姫野賢治，川上 孝：タックコートの接着性に関する検討，土木学会第39回年次学術講演会講演集第5部，pp.445～446，1984.
- 3) 八谷好高，福手 勤，佐藤勝久：老化にともなうア

スファルトコンクリートの性状変化70° Cの熱履歴による促進老化の場合，港湾技術研究所報告，Vol.22，No.2，pp.267～287，1983.

- 4) 運輸省航空局：空港アスファルト舗装構造設計要領，78p.，1990.
- 5) 社日本道路協会：アスファルト舗装要綱，324p.，1993.

港湾技研資料 No. 827

1996. 3

編集兼発行人 運輸省港湾技術研究所

発行所 運輸省港湾技術研究所  
横須賀市長瀬3丁目1番1号

印刷所 株式会社 あんざい

Published by the Port and Harbour Research Institute  
Nagase, Yokosuka, Japan

Copyright © (1996) by P.H.R.I

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P.H.R.I

この資料は、港湾技術研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本資料の全部又は一部の転載、複写は、港湾技術研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。