

# 港湾技術資料

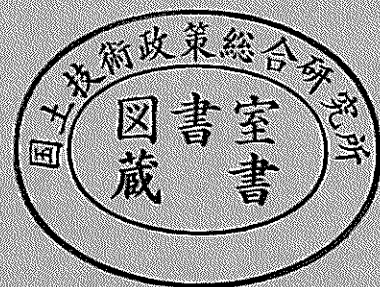
TECHNICAL NOTE OF  
THE PORT AND HARBOUR RESEARCH INSTITUTE  
MINISTRY OF TRANSPORT, JAPAN

No. 797      March      1995

コンクリートオーバーレイにおける付着工法の改善

八谷好高  
梅野修一

運輸省港湾技術研究所



# 目 次

要 旨 .....	2
1. はじめに .....	4
2. 付着工法とオーバーレイ厚 .....	4
3. 室内試験 .....	6
3.1 付着オーバーレイ工法 .....	6
3.2 表面処理と付着材 .....	6
3.3 溝形状 .....	9
4. 試験施工 .....	11
4.1 暴露試験 .....	11
4.2 繰返し走行載荷試験 .....	16
4.3 付着工法の改善 .....	17
5. 結論 .....	17
6. おわりに .....	18
参考文献 .....	18

# コンクリートオーバーレイにおける付着工法の改善

八谷好高\*

梅野修一\*\*

## 要 旨

コンクリート舗装上にコンクリートによる付着オーバーレイを実施する場合の付着工法の改善方策について、室内試験と試験舗装によって検討している。主要な結論は以下のとおりである。

- 1) 付着オーバーレイ工法において、上下層の付着程度を良好に保持できるならばオーバーレイ厚を小さくできるものの、十分な付着方法が採られないならばその厚さはかなり大きいものとならざるを得ない。
- 2) 上下層の付着を高める方法としては、ショットブラストを施工して、セメントペーストを塗布するという、既設コンクリート版面の処理方法が有効である。
- 3) セメントペーストの材質としては水セメント比の小さいもののほうが有利であり、また既設コンクリート版面は乾燥状態としたほうが施工上有利になる。
- 4) 既設コンクリート版の表面に溝を設けることによって上下層の付着強度、特にせん断強度は増加する。
- 5) 実工事においては、既設版周辺に加えて、内部に溝を設ける方法が版全体からみて有利である。また、これが煩雑な場合には周辺に施工するだけでも効果がある。

キーワード：コンクリートオーバーレイ、空港舗装、層間付着、室内試験、試験舗装

\* 土質部滑走路研究室長

\*\* 土質部滑走路研究室研究官

# IMPROVEMENT OF SURFACE TREATMENT PROCEDURE OF CONCRETE PAVEMENTS FOR BONDED CONCRETE OVERLAY

Yoshitaka HACHIYA\*  
Shuichi UMENO\*\*

## Synopsis

Pavement surfaces must be kept within the specifications even if pavements deteriorate. Typical rehabilitation method to keep this requirement is the overlay on the existing pavements. In contrast to asphalt pavements, concrete overlaying procedure on the concrete pavements may be troublesome.

Bonded concrete overlay has been seldom used in airport concrete pavements, because insufficient bond between concrete overlay and concrete slab has caused certain problems such as separation between them. To establish the bonding procedure, both laboratory tests and field experiments were conducted. The results are summarized below.

- 1) As the required overlay thickness varies with bonding conditions between two layers, the sufficient bond is required when designing especially thinner overlay.
- 2) Both careful surface treatments with shotblast on the existing pavement and application of cement paste as bonding media on the surface are essential to realize the sufficient bonding.
- 3) Cement paste with lower water cement ratio is suitable and the surface might be dried when applying the overlay layer.
- 4) Grooves on the interface are valid to increase the bonding strength.
- 5) Grooving should be installed on both edge and interior portion of the slab to ensure the bond. The grooving will be effective if the grooves are cut only on the edge portion.

Keywords : concrete overlay, airport pavement, bond between layers, laboratory test, experimental pavement

---

\* Chief, Runways Laboratory, Geotechnical Engineering Division

\*\* Research Engineer, Runways Laboratory, Geotechnical Engineering Division

## 1. はじめに

空港ではエプロンを中心にコンクリート舗装が多く使用されている。これはコンクリート舗装の優れた耐荷性のためであり、結果として、建設後の維持・補修の必要性が、アスファルト舗装に比較して、あまり大きくないという利点をも生み出している。しかし、近年は航空機の大型化ばかりではなく、その運行回数も増加しているため、空港コンクリート舗装では既設舗装の評価とそれに続く補修工事の重要性が大きくなっているのである。また、大都市周辺に空港用地を確保することが困難な現状では、それを海上埋立地に求めざるを得ないことも多く、地盤の沈下により舗装面の高さや勾配が変化することが懸念される。このような場合にも何らかの補修が必要となる。

舗装の補修工法には、舗装路面だけの修正を目的とするものと、舗装構造の改善までを目的とするものがある。交通に起因して発生した路面の荒れや平坦性の悪化といったものだけで舗装構造上の問題がない場合は前者に相当し、オーバーレイ工法が一般的に採用される。後者の場合にもオーバーレイ工法が用いられることが多いが、打換えられることもある。オーバーレイ材料としてアスファルトコンクリートを用いると、空港のエプロン区域などではわだちぼれの生ずる恐れが大きくなるため、コンクリートによるオーバーレイを考えざるを得ないことも多い。

コンクリート舗装上のコンクリートによるオーバーレイには、付着オーバーレイ、直接オーバーレイ、分離オーバーレイの3種類がある<sup>1),2)</sup>。付着オーバーレイ工法は、既設版の表面にオーバーレイ層との付着を高めるために何らかの処理を施した後、オーバーレイ層を敷設して一体化させるものであり、直接オーバーレイ工法は、既設版上にオーバーレイ層を直接敷設するものである。これに対し、分離オーバーレイ工法は、既設版とオーバーレイ層との間に歴青材料や粒状材料による分離層を設けて、上下層の付着を絶つものである。このうち、分離オーバーレイは、既設版の状況いかににかかわらず適用可能であるのに対し、その他の工法は既設版の破損がひどくない場合にのみ適用可能である。

空港舗装では、舗装の表面排水や航空機のトーチングという面から表面勾配に厳しい規定があるため、オーバーレイ層を薄くできる工法、すなわち付着オーバーレイ工法が有利である。この工法は、米国を始め、近年はわが国でも施工量が増えてきているが、上下層の付着を確保することがかなり困難であるとの指摘が多い。しかし、

その点が解決されれば、この工法の適用性が增大するものと思われる。

本資料は空港コンクリート舗装上のコンクリートによる付着オーバーレイ工法に関する研究成果をまとめたものである。まず、上下層の付着程度による所要オーバーレイ厚の違いについて述べた後、上下層の付着を確実なものとするために実施した室内試験ならびに現場試験の結果を示す。

## 2. 付着工法とオーバーレイ厚

空港で従来から用いられているコンクリート舗装上のコンクリートによるオーバーレイ工法でのオーバーレイ厚算定式は、以下のとおりである<sup>1),2)</sup>。

$$h_o^p = h_d^p - C \frac{h_d}{h_{db}} h_e^p \quad (1)$$

ここに、

$h_o$  : 必要オーバーレイ厚 (cm),

$h_d$  : オーバーレイに用いるコンクリートを使って現在の路盤上に新設版を建設するとした場合に必要となる版厚 (cm),

$h_{db}$  : 既設版に用いたコンクリートを使って新設版を建設するとした場合に必要となる版厚 (cm),

$h_e$  : 既設版の厚さ (cm),

$p$  : オーバーレイ層と既設版の付着状態による係数 (付着オーバーレイ、直接オーバーレイ、分離オーバーレイの場合で、それぞれ、1.0, 1.4, 2.0をとる),

$C$  : 既設版の破損状況による変数 (0.35から1.0までの値をとる)。

上記のオーバーレイ厚算定式で  $p$  の値が工法によって異なるのは、いうまでもなくそれぞれの工法において期待している上下層間の付着程度が違っていることに起因しているためであり、上下層が一体構造であるとみなす付着工法ではオーバーレイ厚が最小となる。また、(1)式によれば、上下層の付着状況は3種類にしか分類できないが、付着工法によってはこれ以外の値となることも考えられるので、その場合にはこの式に代わるオーバーレイ厚算定方法が必要となる。

そのためには、上層がオーバーレイ層、下層が既設コンクリート版からなる2層構造体を複合版として一体とみなす方法、すなわち複合版理論<sup>3),4)</sup>の適用性が高いと考えて、上下層の付着程度によるオーバーレイ厚の違いについて検討してみた。この複合版理論によれば、上下

層間の付着程度の違いは、一体構造としたときの版厚、すなわち等価版厚として定量化できる。

複合版理論では、上下層間の付着率を  $R$  としたときの、中立軸に関する断面2次モーメントは次式のようになる。

$$I_n = I_0 + R(I_{100} - I_0) \\ = (h_1^3 - nh_2^3) / 12 + R \{ h_1(h_1/2 - a)^2 + nh_2(h_2/2 - b)^2 \} \quad (2)$$

ここに、

$I_0, I_{100}$  : それぞれ、付着率0%, 100%の場合の断面2次モーメント、

$h_1$  : 上層の厚さ、

$h_2$  : 下層の厚さ、

$n$  : 上下層の弾性係数の比、

$a$  : 上層の中立軸の境界面からの距離、

$b$  : 下層の中立軸の境界面からの距離。

複合版としての等価版厚  $h^*$  は、上記の付着率  $R$  が求まれば、次式により計算できる。

$$h^* = (12I_n)^{1/3} \quad (3)$$

この  $h^*$  を用いて荷重による曲げモーメントを計算し、上下層の中立軸の位置でたわみ形状が同一となるように、すなわち、上下層の曲げ剛性に依じて曲げモーメントをそれぞれに分配する。そして、上下層の任意の点の応力が中立軸からの距離に応じたものとして計算できるので、これらの応力が許容値以下になるようにしてオーバーレイ厚を決定する。

このような方法によるオーバーレイ厚と(1)式によるオーバーレイ厚を示したものが図-1である。この場合の計算条件としては、厚さ34cmのコンクリート版が支持力係数 ( $K_{\tau}$ )  $7 \text{ kgf/cm}^3$  の路盤上に敷設された構造の舗装 (設計航空機が B-747-200B で設計反復作用回数が 3,000カバレッジとして設計) に対して、反復作用回数を 20,000カバレッジとして所要オーバーレイ厚を求める場合を考えた。具体的には、空港コンクリート舗装構造設計要領<sup>9)</sup> に従って、Westergaard の中央部載荷公式による荷重応力のコンクリートの設計曲げ強度に対する安全率が、1.7 (3,000カバレッジに相当) から 2.0 (20,000カバレッジに相当) となるために必要な版厚を計算することとなる。ここではオーバーレイ層に既設コンクリート版と同じ弾性係数をもつ材料を使用する場合 ( $n=$

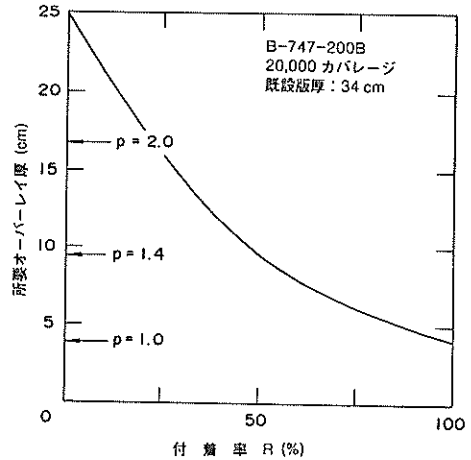


図-1 付着率とオーバーレイ厚

1.0) を考えた。

この図から、複合版理論によると付着率が100%の場合には4cm厚のオーバーレイでいいものの、付着がまったく期待できない場合は25cm程度の厚さのオーバーレイが必要となることがわかる。既設コンクリート版には破損がないとして ( $C=1.0$ )、(1)式の空港舗装補修要領<sup>9)</sup> によるオーバーレイ厚を考えると、付着オーバーレイ ( $p=1.0$ ) の場合は所要オーバーレイ厚が4cmとなり、 $R=100\%$ とした複合版理論によるものに一致する。これに対して、分離オーバーレイ ( $p=2.0$ )、直接オーバーレイ ( $p=1.4$ ) の場合は、所要オーバーレイ厚がそれぞれ17cm, 10cmとなり、複合版理論での付着率は20%, 50%に相当することがわかる。しかし、これらの付着率の値は、既設版厚等の設計条件によって異なり、一義的なものとはならないことがわかっている<sup>9)</sup>。

このように、現行では3種類からオーバーレイ工法を選択せざるを得ないのに対し、複合版理論による算定式は、オーバーレイ厚算定に際して任意の付着率を考慮できるので、設計上は非常に有利となろう。この複合版理論を使用すれば、図-1に示したように、上下層の付着程度に応じて所要オーバーレイ厚が連続的に変化することになるので、設計期間中確実に確保できる付着率を設計時に想定すればオーバーレイ厚を合理的に決定することが可能になる。その場合、付着率を良好にできるならばオーバーレイ厚を小さくできるものの、上下層の付着を確保できない場合にはかなり厚いものとせざるを得ないので、薄層オーバーレイ工法を可能とするためには上下層の付着を確実なものとするのが肝要となる。

### 3. 室内試験

#### 3.1 付着オーバーレイ工法

コンクリートによるオーバーレイの施工方法、特に、比較的薄層の付着オーバーレイ工法は極めて難しいと認識されている。わが国の空港において昭和50年代後半に実施されたオーバーレイ工事箇所（オーバーレイ厚10cm）<sup>6)</sup>でも、コンクリート版の端部、すなわち目地近傍を中心にしてかなりの範囲で上下層の剥離が生じ、施工後比較的短期間でアンカーボルトを打ち込むといった補修を行っている。この剥離はかなり広範囲で生じていたため、荷重がその直接の原因とは考えにくく、施工方法自体や気象作用といったものがその原因であると考えられた。

このことからわかるように、付着オーバーレイ工法においては、上下層の付着を確実なものとするのが重要なポイントである。そのために、現時点で一般的に採られている方策は、①既設版表面の清掃、②付着材の塗布、③注意深い施工、④十分な養生ということである<sup>7)</sup>。今回は、このうち、①と②に注目して、上下層の付着を確保する方法について検討を進めた。既設面の清掃方法としては、既設面を任意の厚さで切削するコールドミリング、鋼球や砂粒を高速で既設面に投射することにより粗面を形成するショットブラスト・サンドブラスト等が多く用いられており、また付着材としてはセメントペースト、セメントモルタル等が使用されることが多い。しかし、既設面を乾燥状態とするか湿潤状態とするかといった点を含めて、付着工法として確立しているとは現時点ではいい難いとされている<sup>7)</sup>。

#### 3.2 表面処理と付着材

まず室内試験により、上下層間の付着程度を高める方法について検討することとした。ここでは、上下層の付着程度は境界面の引張強度（割裂強度）とせん断強度で評価した。引張試験用の供試体は、円柱供試体を用いる

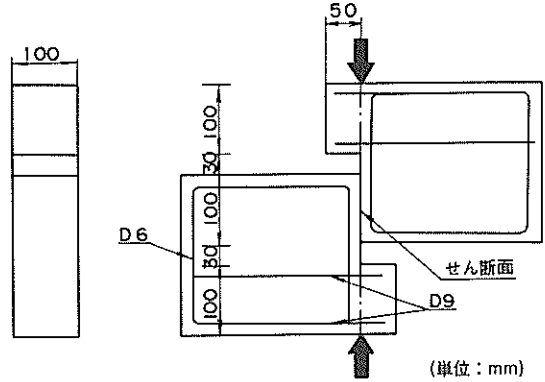


図-2 一面せん断試験

方法（JIS A 1132, 1113）に準拠したが、打継ぎ面が破壊面となるようにして試験を実施した。せん断試験方法としては、図-2に示すような一面せん断試験法を採用した。

既設面の清掃方法として、林・佐藤<sup>8)</sup>はショットブラストの有効性について次のような条件で実験を行っている。

- 1) ショットブラスト：直径1.4~1.7mmの鋼球  
 投射速度73m/sec  
 投射密度100kg/m<sup>2</sup>
- 2) 付着材：セメントモルタル（砂：セメント=2:1）  
 エポキシ樹脂  
 ラテックスモルタル（ラテックス：セメント=3:1）

その結果は表-1のようにまとめられ、ショットブラストの有効性が高いこと、付着材としてはセメントモルタルに比較して、エポキシ樹脂、ラテックスモルタルの効果が若干大きいことを指摘している。さらに、セメントモルタルを付着材とする場合は、旧コンクリート層の表

表-1 付着工法と強度

表面処理	表面乾湿	付着材	引張強度 (kgf/cm <sup>2</sup> )	せん断強度 (kgf/cm <sup>2</sup> )
無	湿潤	セメントモルタル	5.2	6.5
ショットブラスト	湿潤	セメントモルタル	15.4	19.4
	乾燥	セメントモルタル	18.6	23.3
	乾燥	エポキシ樹脂	21.2	22.4
	湿潤	ラテックスモルタル	15.1	22.6
一体型			40.6	110.2

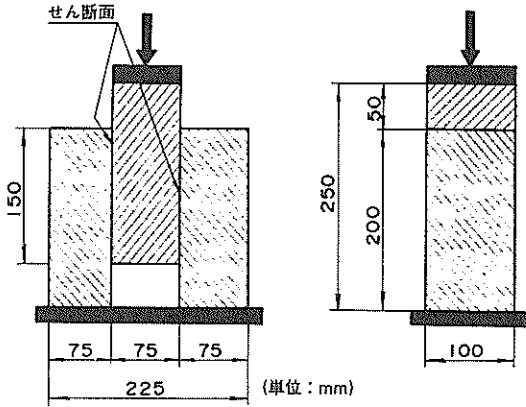


図-3 二面せん断試験

面を乾燥状態に保っておくほうが付着強度が高くなるとも結論づけている<sup>9)</sup>。ここでは、せん断試験として図-3に示す二面せん断試験法が用いられた。供試体は、図中の中央部分（既設版に相当）に引き続いて、両側部分（オーバーレイ層に相当）を既設部分の材齢が3か月となった時点で打設することにより作成された。

この結果を受けて、今回は、材料費や施工の点でモルタルに比べて有利と考えられるセメントペーストを付着材とした場合についても同様の検討を行った。ここでは、上記の試験結果と比較するために、セメントモルタルを付着材とした場合、付着材をまったく用いない場合についても試験を行っている。また、既設面を乾燥状態とした場合、湿潤状態とした場合についても検討を加えた。さらに、オーバーレイ用のコンクリートの乾燥収縮量を可能なかぎり小さなものとするために、スランブが0 cmのコンクリートをオーバーレイ用コンクリートとした場合についても試験を行っている。また、今回は試験法に改良を加えて、上記のように一面せん断試験法を採用している。

一面せん断試験用供試体は、図-3に示すように、片側部分をまず打設し（既設コンクリート版に相当）、4週間経過後に残りの部分を打設した（オーバーレイ層部分に相当）。どちらも打設後7日間水中にて養生してから、21日間気中養生を行った。目標スランブが0、2.5

cmのどちらにおいても、設計基準強度を50kgf/cm<sup>2</sup>、目標空気量を4±1%とし、普通ポルトランドセメントを用いた。表-2にはコンクリートの配合を示してあるが、粗骨材の最大寸法については20mmとした。新材打設時にはショットブラストにより旧材部分を研掃方法したが、その方法は前回のものを踏襲している。付着材として用いたセメントペーストは、新材打設直前に刷毛により旧材面に可能な限り薄く塗布した。塗布厚は平均で2.0mmであった。

図-4がその試験結果である。付着材としてモルタルを用いた場合はせん断強度がかなり小さなものとなること、ペーストを用いることによって一体ものとはほぼ同等の安定した強度を有するようになることがわかる。また、モルタルを用いた場合は、表-1に示した前回の結果とは異なり、湿潤状態としたほうが高い強度を示しているが、これは付着材として用いたモルタルの水セメント比の違いが影響しているものと思われる。水セメント比は原則としてオーバーレイコンクリートの水セメント比と同一としたが、表-1の場合は48%、図-4の場合は37%であった。また、付着材としてモルタルを用いる場合には、新材として用いるコンクリートの違いが現れており、目標スランブ0 cmと硬い場合のほうが強度は小さ

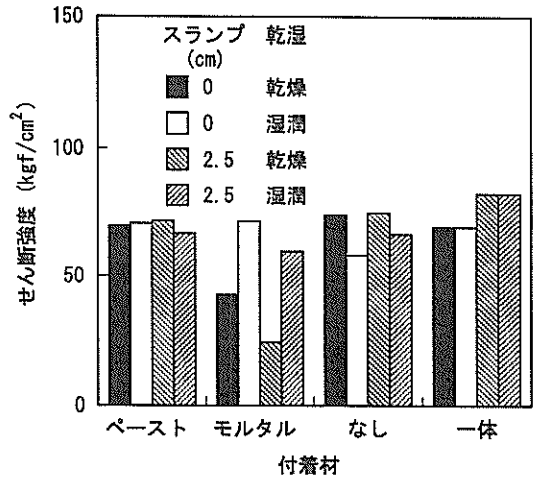
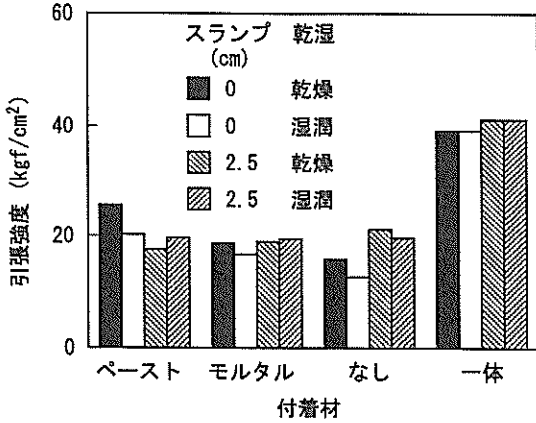


図-4 付着材とせん断強度

表-2 コンクリートの配合（室内強度試験）

目標スランブ (cm)	水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )					
			水	セメント	細骨材	粗骨材	減水剤	AE剤
0	37	37.9	136	368	689	1,168	0.920	0.1472
2.5		35.6	150	405	623	1,168	1.012	0.1215





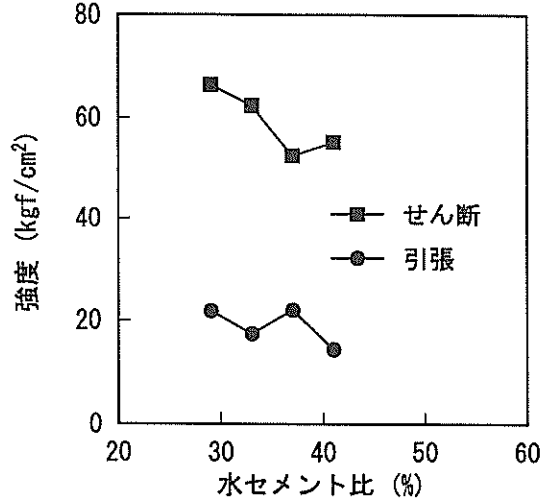
図一五 付着材と引張強度

なものとなっている。

これらの材料を用いて、前回と同様の方法で実施した引張試験の結果が図一五である。付着材を用いても引張強度は一体ものには及ばないものの、ペーストが若干有利となっていることがわかる。

以上の結果から、セメントモルタルを付着材とすると、既設面を乾燥状態にするか湿潤状態とするかはその水セメント比に大きく影響されるばかりではなく、施工上煩雑となることは避けられず、実用上は問題があらう。これに対して、セメントペーストを用いた場合は、既設面の乾湿によらず、引張強度、せん断強度のどちらでみても、他の方法より優れたものとなっていることがわかる。このほか、付着材を用いていないものは、スラブ、表面乾湿の違いによる強度のばらつきが多く、実用的ではないものと判断される。以上の結果を総合すれば、付着材としてはセメントペーストが適しているものと結論づけられよう。

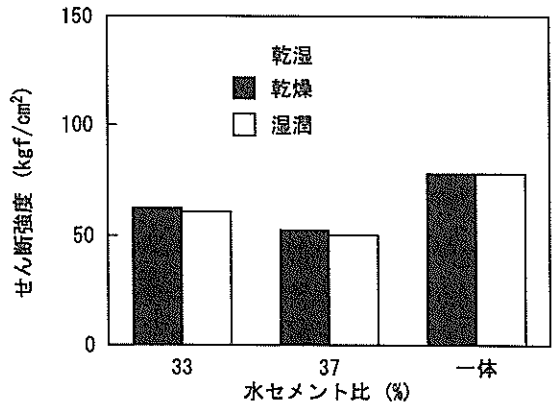
そこで、次に、付着材として用いるペーストの材質について検討した。この場合には、上記の一面せん断試験時のものと同様の材料(表一三)ならびに供試体作成方法を用いている(新材、旧材とも、目標スラブ2.5cm、粗骨材最大寸法20mmとし、付着面は乾燥状態としている)。コンクリートの水セメント比が37%であるので、ペーストの水セメント比についても37%を標準値としてその前後にいくつか設定した。図一六に示した一面せん



図一六 強度に及ぼす水セメント比の影響

断試験、引張試験の結果からは、水セメント比の小さいもののほうが大きい強度となっていることがわかる。

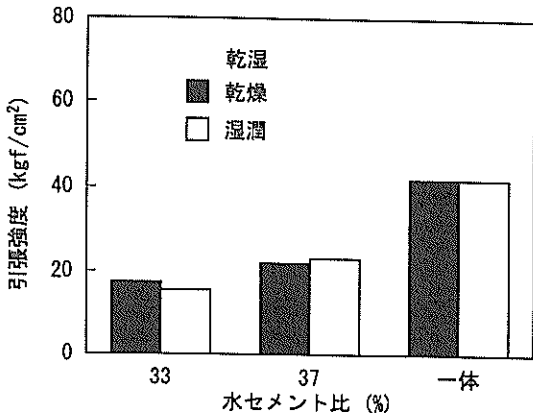
図一七、八には、セメントペーストの水セメント比を標準のもの(37%)と標準から若干小さくしたもの(33%)について、既設面を乾燥状態、湿潤状態にした場合の強度試験結果を示している。図一三、四に示した結果と同様に、乾湿状態の違いについては明確なことはいえず、既設面の乾湿の違いは強度にあまり影響を及ぼさないと判断される。したがって、施工上からは既設版の表面は



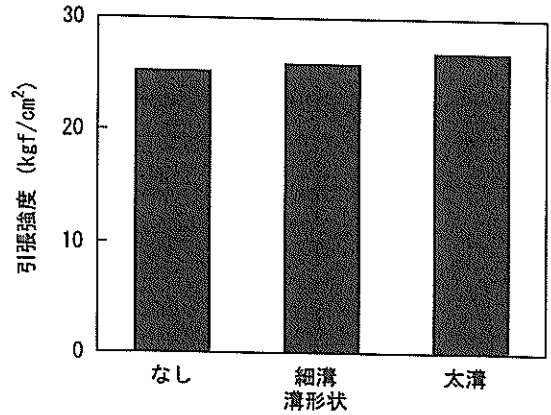
図一七 せん断強度と表面乾湿・付着材の材質

表一三 コンクリートの配合(ペースト材質試験)

水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	単位量 (kg/m³)					
		水	セメント	細骨材	粗骨材	減水剤	AE剤
37	34.8	153	414	613	1,168	1.035	0.0828



図一八 引張強度と表面乾湿・付着材の材質



図一十 溝形状と引張強度

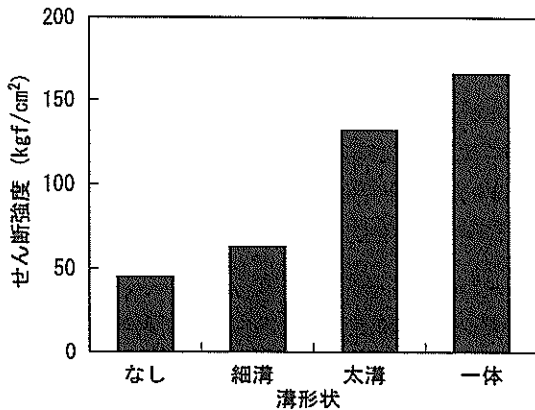
乾燥状態としたほうが望ましいこととなる。

### 3.3 溝形状

ショットブラストを施工してセメントモルタルを塗布するという方法によっても一体型と比較すれば付着強度の低下は免れないとして、林・佐藤は、強度を十分に確保する方策として、既設版にグルーピング状の溝を設ける工法について室内試験により検討している。図一9、10に示したせん断強度試験（二面せん断試験法）と引張強度試験の結果から、細溝形式では溝を設けないものと比較するとせん断強度において30~40%の増加が認められること、太溝形式では付着面のない場合の80~90%にまでせん断強度が増加することから、溝切り工法が新旧層の付着を確保する上では有効であると述べている<sup>9)</sup>。なお、細溝形式とは、空港舗装でグルーピングとして用いられている、幅、深さとも6mmの溝を25mm間隔で

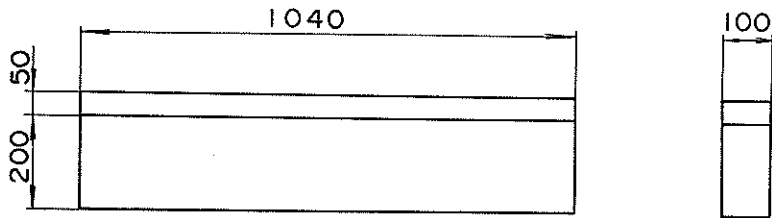
設けたものであり、太溝形式では溝の幅、深さ、間隔がそれぞれ、33mm、15mm、58mmとなっている。

舗装は自然環境下にさらされることから、オーバーレイの供試体を港湾技術研究所構内に暴露して、自然環境下における付着面の挙動を観測することとした。試験に用いた供試体は、図一11に示すように、幅100mm、長さ1,040mm、高さ250mm（上層部、下層部の厚さは、それぞれ、50mm、200mm）であり、下層部打設後4週間経過後に上層部を打ち継いでいる。下層部の表面には、室内強度試験のものと同様に、ショットブラスト処理を施して溝を設けた後に、セメントペーストを塗布している。溝は幅30mm・深さ15mmのもので、60mm間隔に設けた。この試験では、既設層に溝を設けることの効果を確認するために、溝を設けないものについても試験を実施している。供試体は、1990年9~10月に打設したが、側面にはシールを施して発泡スチロールにて保護した。用いたコンクリートの材質を表一4に示す。



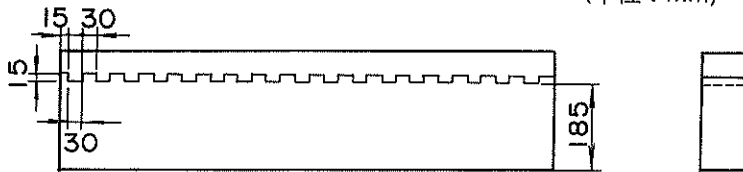
図一九 溝形状とせん断強度

コンクリートオーバーレイにおける付着工法の改善



a) 溝なし供試体

(単位：mm)



b) 溝あり供試体

図-11 屋外放置用供試体

表-4 コンクリートの配合 (屋外放置用供試体)

水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	単用量 (kg/m <sup>3</sup> )					
		水	セメント	細骨材	粗骨材	減水剤	A E 剤
37	35.6	150	405	623	1,168	1.012	0.2430

この試験では、コンクリートの乾燥に起因する収縮ひずみに注目し、供試体の中央部と端部のひずみの差異、溝の有無によるひずみの違いを調べた。

図-12, 13には、溝のない供試体について、打設後約2か年継続して測定した、供試体中央部と端部におけるオーバーレイ部分の乾燥収縮ひずみを温度とともに示している (測定位置は表面からの深さが40mmであり、中央部の場合は供試体の正に中央部、端部は供試体の端部から120mmの点である)。供試体中央部、端部とも、乾燥収縮ひずみは打設後約2年経過すると、 $-400 \times 10^{-6}$ 程度にまで達するものの、図-14に示した両者の関係からは端部と中央部ではほとんど差がみられないことがわかる。

溝のある供試体の場合を図-15に示したが、オーバーレイ層中央部と端部とで乾燥収縮ひずみに差は見られないようである。図-16は供試体端部の乾燥収縮ひずみの打設後の変化を溝がある場合とない場合とで比較したものである。この図からも明らかのように、今回の試験でみる限りは溝の有無については有意な差が認められない。

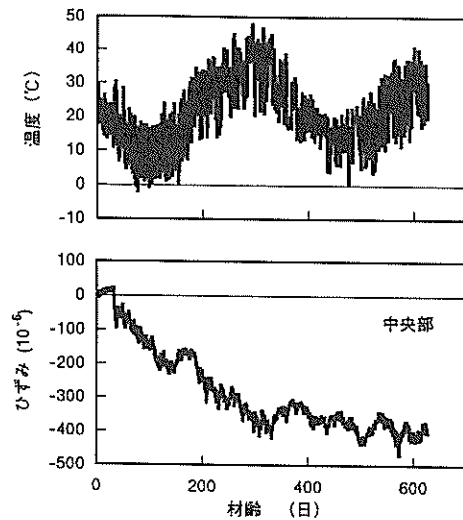


図-12 乾燥収縮ひずみの経時変化 (溝なし・中央部)

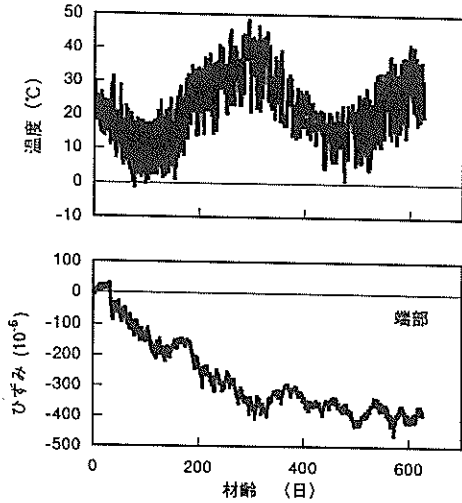


図-13 乾燥収縮ひずみの経時変化（溝なし・端部）

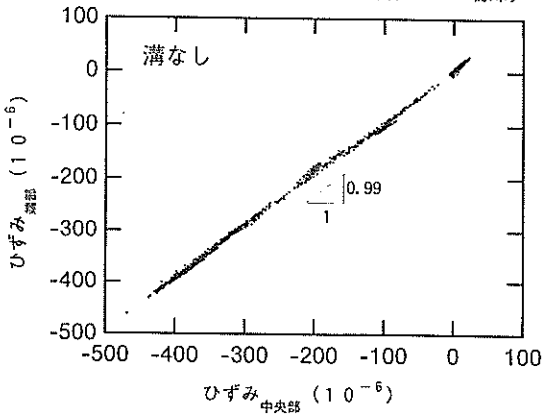


図-14 供試体中央部と端部の乾燥収縮ひずみ（溝なし供試体）

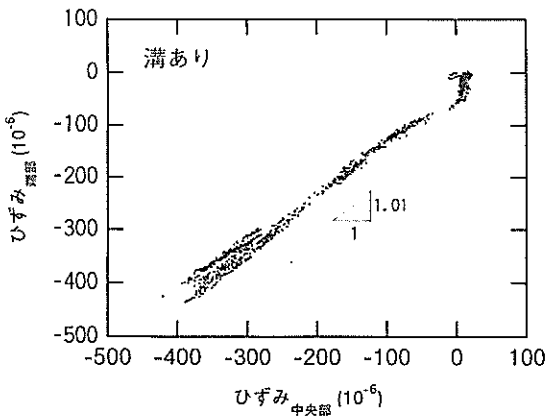


図-15 供試体中央部と端部の乾燥収縮ひずみ（溝あり供試体）

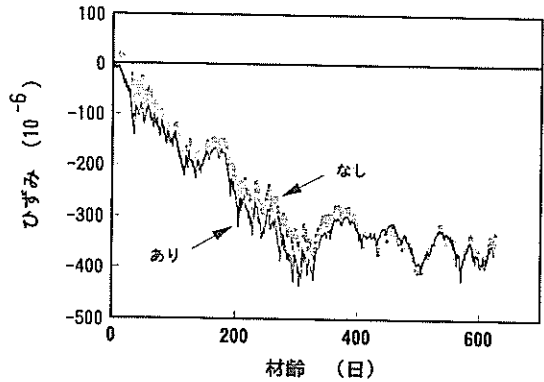


図-16 溝の有無による供試体端部の乾燥収縮ひずみの違い

#### 4. 試験舗装

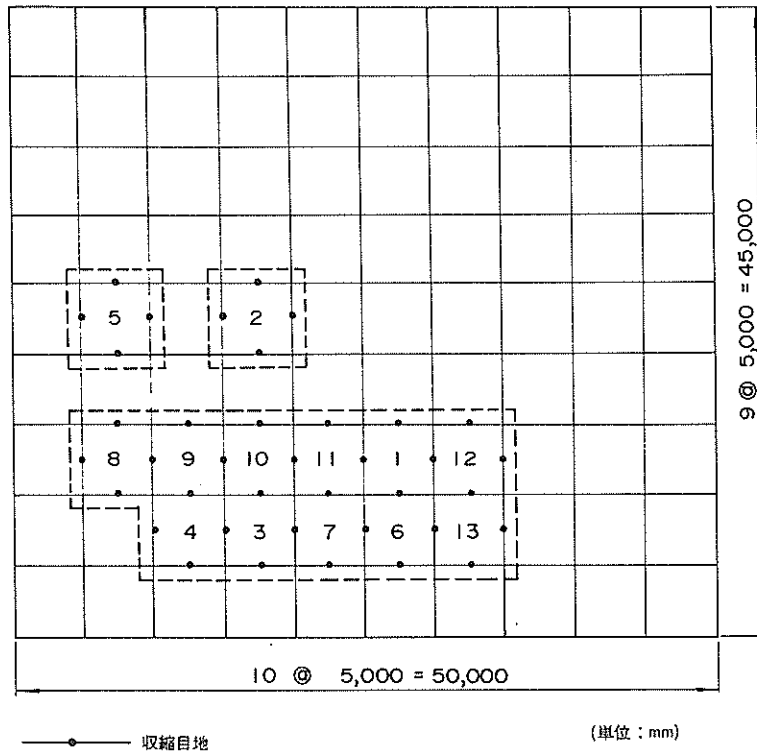
3. で述べた室内試験の結果から、既設版の表面を粗にして付着材を塗布することが上下層の付着を高めるには効果のあることがわかった。特に、ショットブラストを施してマイクロな凹凸をつけた上で、溝切りによりマクロな凹凸をつけるという工法が有効であることが確認できた。

この結果を受けて、付着工法として確立することを意図して、実規模のオーバーレイ工事を試験的にに行った。試験施工は2種類行ったが、一つは自然環境下にさらされたオーバーレイ舗装の挙動を調べるためのもので、もう一つは航空機の繰返し走行が及ぼす影響を検討するためのものである。

##### 4.1 暴露試験

荷重を作用させずに、自然環境の作用のみがオーバーレイ層と既設コンクリート版との間の付着程度に及ぼす影響を調査することを目的として、東京国際空港内で付着オーバーレイの試験施工を実施した。この試験舗装の平面図を図-17に示す。また、表-5にはそれらの仕様を示す。なお、試験施工は1989年7月に実施された。

コンクリートオーバーレイにおける付着工法の改善



図一17 自然暴露用試験舗装の平面図

表一5 自然環境暴露用試験舗装の仕様

区画	材質	オーバーレイ厚 (cm)	既設版表面処理		
			切削	周辺溝切り	内部溝切り
1	SFRC	5	無	A	-
2	SFRC	5	有	B	-
3	SFRC	5	無	A	B
4	SFRC	5	無	A	A
5	SFRC	10	無	A	-
6	SFRC	5	無	-	-
7	SFRC (低強度)	5	無	A	-
8	SFRC (超速硬)	5	無	A	-
9	SFRC (超速硬)	5	無	A	B
10	NC	5	無	A	-
11	NC (膨張材入)	5	無	A	-
12	RCC	5	無	A	-
13	RCC	5	無	A	B

注) SFRC : 鋼繊維補強コンクリート  
 NC : 無筋コンクリート  
 RCC : 転圧コンクリート

使用したコンクリート版は、1枚の大きさが縦、横とも5m、厚さ30cmのもので、建設後20年以上経過している。オーバーレイには鋼繊維補強コンクリートを用いること（鋼繊維長60mm、混入量0.5%）を原則とした。鋼繊維補強コンクリートはひび割れが多数生ずることに起因するコンクリートのパンチアウトを防止するために用いたが、特に5cm程度の薄層オーバーレイ工事ではこれを用いた例が多いことを考慮したためである。施工例の多くでは、鋼繊維を混入する時点のコンクリート（ベースコンクリート）の強度として、無筋コンクリート舗装に用いるコンクリートの規定（曲げ強度50kgf/cm<sup>2</sup>）を適用しているが、今回はそれよりも規定がゆるやかなもの（ベースコンクリートの曲げ強度35kgf/cm<sup>2</sup>、鋼繊維を混入することによって50kgf/cm<sup>2</sup>となる）についても試験している（7区画）。

また、鋼繊維補強コンクリートの施工性や工費等を考えて、鋼繊維を使用しないものも施工している。それは無筋コンクリート（10区画）と膨張剤入り無筋コンクリート（11区画）である。前者は、東京国際空港のVIPエプロンの補修に用いられたもの<sup>9)</sup>であり、後者は港湾の棧橋舗装でひびわれ抑制効果があったと報告されているもの<sup>9)</sup>である。

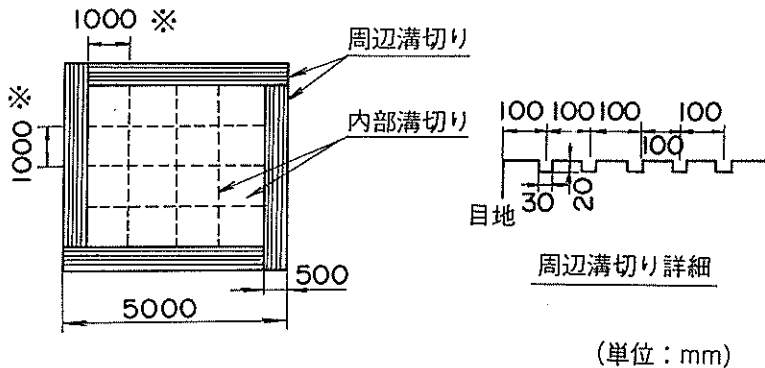
さらに、舗装の補修工事による施設閉鎖時間をできるだけ短いものにしたいという行政的要請に応えるものとして、超速硬セメントを使用した鋼繊維補強コンクリート（8、9区画）と転圧コンクリート（12、13区画）を試験した。なお、オーバーレイ層の目地は、既設版のものと一致させて、カッターにより施工した。

上下層の付着方法としては、室内試験で効果のあった方法、すなわち、既設コンクリート面にショットブラ

ストを施工して、既設コンクリート面を清掃した後、セメントペーストを塗布する方法を用いた。なお、セメントペーストは、既設面を乾燥状態とした上で、オーバーレイ層施工時に乾燥しない程度に薄層にて施工し、溝の部分では余分量を布で拭き取った。

この溝については、表-5に示したように、各区画で異なったものを試験している。今回は周辺溝切りと内部溝切りの2種類を用いており、それらの模式図は図-18のとおりである。周辺溝切りは、この種のオーバーレイ舗装の失敗として版周辺からの剥離が多いとの事例に基づいて設けることとしたが、版端から50cmまでの範囲に施工した。内部溝切りは、100cm間隔のもの（溝切りA）と50cm間隔のもの（溝切りB）の2種類を用いた。これは溝により上下層の付着程度を版中央部でも高めようという意図のもとに施工した。いずれの場合も、溝の形状は、施工性を考えて、幅30mm、深さ20mmとした。

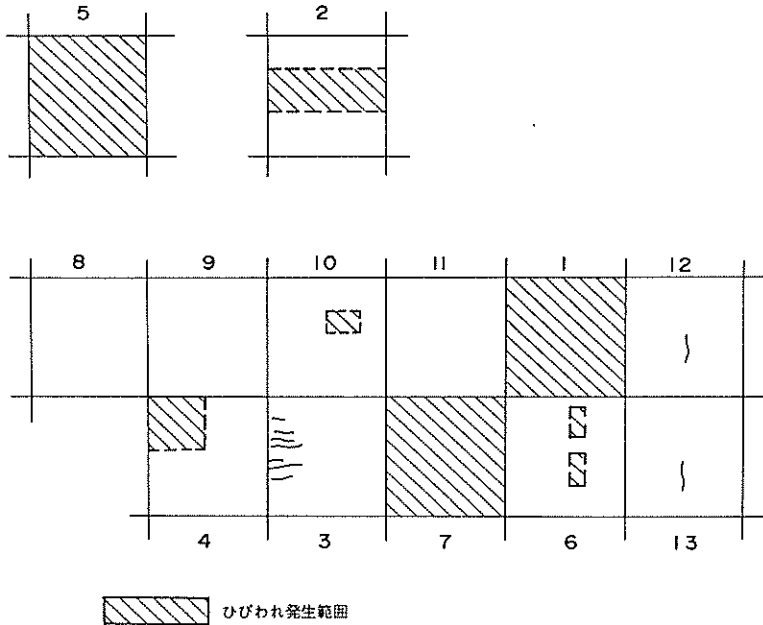
施工してから一冬経過した後（材齢8か月）の表面のひびわれ状況を図-19に示す。区画によってその発生状況には若干の差が認められるものの、散水してからコンクリート版の表面を観察しないと判別できないような非常に微細なヘアークラックである。また、周辺部からのオーバーレイ層の剥離も見られないことから、今回試験したいずれの区画でも上下層の付着は十分なものであると推定される。この調査と同時期に、上下層の付着力を調べるための現場直接引張試験（建研式現場引抜き試験<sup>10)</sup>）を実施したところ、付着面で破壊したものがなかったことから考えて、今回用いた既設版の表面処理方法（ショットブラスト後にセメントペースト塗布）が所定の効果を果たしているものと考えられた。



※ 注) 内部溝切り A の場合  
(B は 500 mm)

図-18 溝切りの模式図

コンクリートオーバーレイにおける付着工法の改善



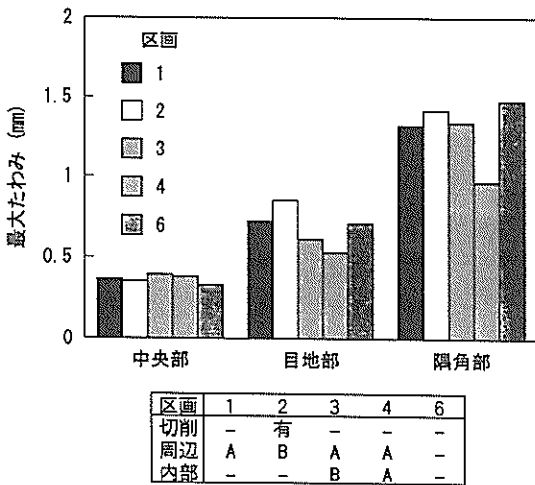
図一19 試験舗装表面のひび割れの状況

施工してから約2年経過後に、フォーリングウェイトデフレクトメーター（FWD）によるたわみ測定を実施して、オーバーレイ層と既設版の間の付着状況を調べた結果においては、溝切りの効果がはっきりと現れている。ここで用いたFWDは20tfの荷重を載荷できるもので、載荷板の直径は450mmである。図一20は荷重20tfのときの最大たわみ（載荷板中心）を示してある。載荷位置によってたわみの大きさが変わることはいうまでもなく、

隅角部>目地部>中央部となっている。このうち、隅角部と目地部のデータには区画による違いがよく現れており、周辺溝切りを施していないもの（6区画）が最も大きな値を示していることからみて、溝切りの効果が現れているものと判断できる。

2.で述べたように、複合版理論における等価版厚の概念を使用すると、上下層の付着程度をコンクリート版厚として定量化できるので、コンクリート版の弾性係数、路盤支持力係数、目地の荷重伝達率と関係づけることによって、付着率がFWDたわみから推定可能となる。その手法は、まず、版中央部におけるFWDの測定データからコンクリート版の弾性係数と路盤支持力係数を推定する。そして、FWDの測定結果において違いが最も顕著であった隅角部のデータに対して、このコンクリート版弾性係数と路盤支持力係数を用いて、目地の荷重伝達率（Eff）と等価版厚（上下層の付着率、R）を逆算するものである<sup>11)</sup>。この計算には目地部の荷重伝達を考慮できる有限要素解析プログラム<sup>12)</sup>を使用している。

図一21には、区画による違いが顕著であった隅角部におけるFWD最大たわみが、上下層の付着率と目地の荷重伝達率によって変化する様子を示している。図中には有限要素法で得られた計算値（線）と実測値（点）を示している。ただし、この図の計算値は5点のたわみか



図一20 施工後2年経過時のFWD最大たわみ

表-6 自然環境暴露用試験舗装でのFWD最大たわみ

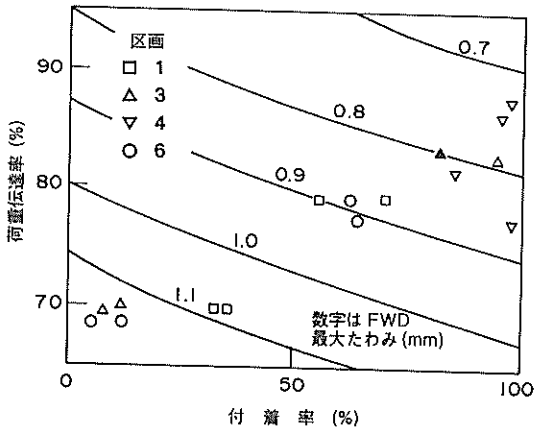


図-21 推定された付着率と目地の荷重伝達率

ら求められたものなので、最大たわみの実測値は計算値とは必ずしも一致したものとはなっていない。

付着率の違いを区画別で見ると、FWD最大たわみから推定できたように、溝切りをしたもののほうが良好な付着率となっていることがわかる。さらに、内部溝切りを施したもののほうが、4区画にみられるように、上下層の付着が良好であるということが推定される。このことから、内部溝切りの効果が、版中央部ばかりではなく、目地に近い部分にも及んでいるものと思われ、内部溝切りを設けたほうが上下層の付着に関してはよい結果が得られるようである。しかし、この溝切りを設ける間隔については明確なことが判明せず、今後のさらなる検討が必要である。

表-6、図-22~25には、目地部と隅角部におけるFWD最大たわみの経年変化の状況を夏期、冬期別に示してある。これらの図からFWDたわみがほとんど変化していないことがわかり、オーバーレイ施工後4年程度経過しても上下層の剥離といった構造上問題となるような現象は生じていないものと考えられる。

区画	測定年月	中央部	目地部	隅角部
1	1991.8	0.363	0.723	1.323
	1992.2	0.369	0.714	1.317
	1992.8	0.377	0.752	1.331
	1993.2	0.376	0.733	1.320
	1993.8	0.411	0.682	1.269
	1994.2	0.389	0.678	1.262
2	1991.8	0.352	0.854	1.417
	1992.2	0.354	0.820	1.414
	1992.8	0.396	0.888	1.456
	1993.2	0.380	0.864	1.436
	1993.8	0.407	0.835	1.352
	1994.2	0.418	0.827	1.360
3	1991.8	0.394	0.614	1.341
	1992.2	0.382	0.630	1.305
	1992.8	0.404	0.642	1.440
	1993.2	0.404	0.630	1.437
	1993.8	0.406	0.612	1.444
	1994.2	0.432	0.603	1.395
4	1991.8	0.381	0.532	0.971
	1992.2	0.357	0.523	0.935
	1992.8	0.381	0.602	0.994
	1993.2	0.375	0.589	0.996
	1993.8	0.402	0.562	0.970
	1994.2	0.422	0.539	0.935
6	1991.8	0.330	0.713	1.477
	1992.2	0.328	0.718	1.468
	1992.8	0.334	0.701	1.499
	1993.2	0.317	0.696	1.494
	1993.8	0.345	0.653	1.547
	1994.2	0.353	0.639	1.529

(単位: mm)



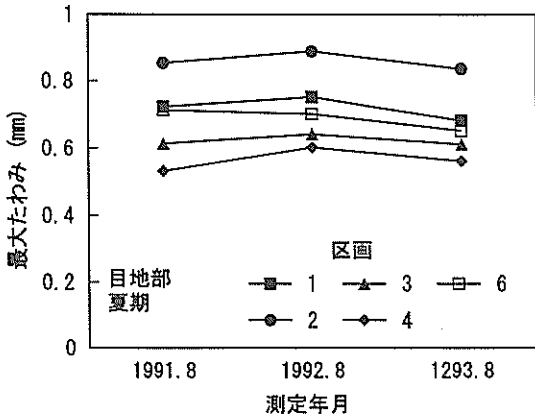


図-22 FWD 最大たわみの経年変化（目地部・夏期）

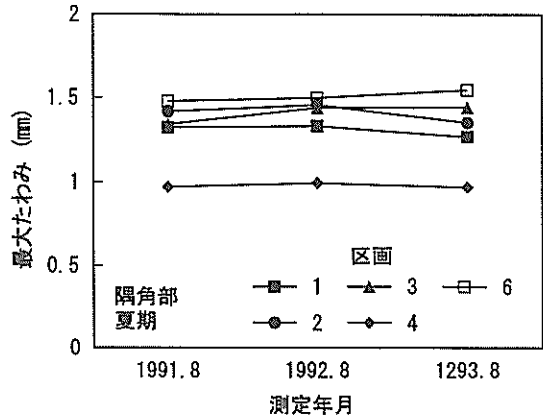


図-24 FWD 最大たわみの経年変化（隅角部・夏期）

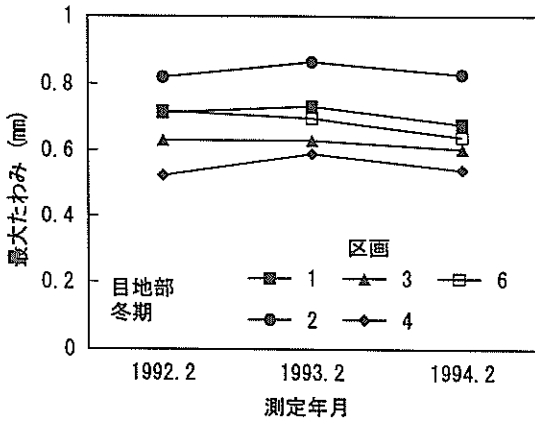


図-23 FWD 最大たわみの経年変化（目地部・冬期）

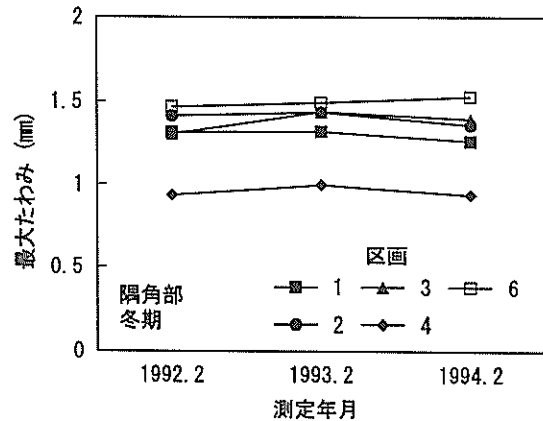


図-25 FWD 最大たわみの経年変化（隅角部・冬期）

#### 4.2 繰返し走行載荷試験

4.1で述べたものは、オーバーレイコンクリートの乾燥収縮、温度変化に起因する動きが既設版により拘束されて生ずる上下層間の剥離現象に重点をおいて実施した試験施工の結果である。付着工法を確立するためには、これ以外にも、荷重作用による影響について検討することが必要となる。

前述の試験結果から有利と考えられた、溝切り、特に内部溝切りと周辺溝切りを併用して、版全体としての付着を高める方法は、その施工性を考えると煩雑なものとなる。そこで、比較的実用性の高いと思われる最低限の溝切り工法、すなわち周辺溝切りのみを施した場合を対象として、繰返し載荷がオーバーレイ層と既設版の間の付着状況に及ぼす影響について検討することとした。

このような目的で製作された試験舗装は3区画から成

り、いずれも1辺7.5mのものである。38cm厚の既設コンクリート版を製作してから、約5か月後の1990年1月に50mm厚のコンクリート付着オーバーレイを施工した。このオーバーレイには、4.1と同様な理由で、鋼繊維補強コンクリート（鋼繊維の混入率は0.5%）を用いたが、区画ごとに異なった種類の鋼繊維を使用している。具体的には、コンクリートとの付着を高める工夫を施したものの（フック付き）2種類（直径・長さが0.5mm・60mmと0.6mm・30mmのもの）とフックなしのもの1種類（縦・横・長さが0.5mm・0.5mm・30mm）である。既設版の表面処理方法は4.1で述べた試験施工のものと同様であり、溝は周辺部のみに設けた。

このオーバーレイ舗装に対して、B-747-200Bの脚荷重と同じ重量（82.5tf）をもつ原型走行荷重車を使用して載荷試験を実施した。これは、トレーラーの車体中

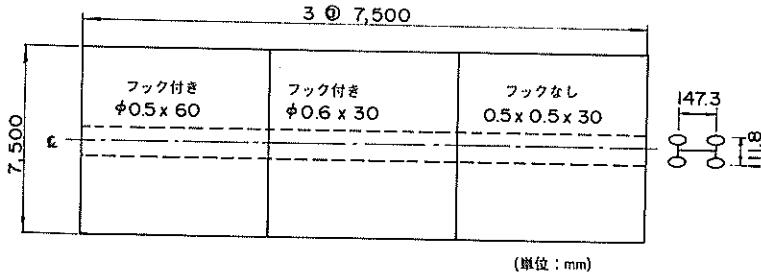


図-26 走行載荷用試験舗装の平面図

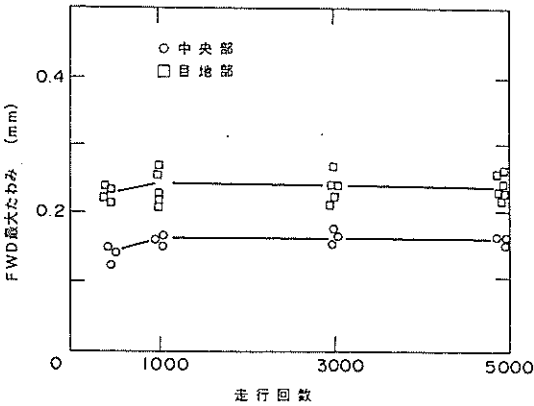


図-27 走行にともなう FWD 最大たわみの変化

中央部に B-747型航空機の脚と同じ配置をしたタイヤ (4個) を取り付けたものである。これを試験舗装の上を5,000回まで走行させた (図-26) が、各区画とも5,000回の走行後でも何らのひびわれも認められなかった。

この試験でも、上記の FWD によるたわみ測定を実施して、繰返し走行にともなうオーバーレイ舗装の挙動の変化を調べている。図-27には FWD 最大たわみを示している。版中央部、目地部とも走行回数の増加につれてたわみは若干増加する傾向にあるものの、上下層の剥離が生じているような兆候はみられない。原型走行荷重車による載荷試験によっても同様な結果が得られたことから、今回開発した方法により施工したオーバーレイ舗装の荷重に対する安定性は高いものと判断される。

#### 4.3 付着工法の改善

4.1, 4.2の検討結果をまとめて、付着オーバーレイ工法において上下層の付着を確保するために最適と考えられる手法を以下に示す。

- 1) 既設コンクリート版の表面にはショットブラストを施す。
- 2) 付着材としてはセメントペーストを使用する。
- 3) オーバーレイ施工時には既設コンクリート版の表面

を乾燥状態にする。

- 4) 既設コンクリート版の表面には、今回用いたような幅30mm、深さ20mmといった比較的寸法の大きな溝切りを施工する。
- 5) 今回用いたようなコンクリート版端から50cmの範囲の周辺溝切りと50cmあるいは100cm間隔の内部溝切りが望ましいが、施工性の観点からは周辺溝切りのみでもよい。

#### 5. 結論

本資料では、既設コンクリート舗装がまだ版としての機能を有する状態のときに、コンクリートによる付着オーバーレイ工法を実施する場合について検討し、既設コンクリート版とオーバーレイ層の付着程度を確実なものとする方法を示した。

得られた知見をまとめると以下ようになる。

- 1) 付着オーバーレイ工法において、オーバーレイ厚を設計する際に問題となるのは付着率の選択であることがわかった。付着率を良好に保持できるならばオーバーレイ厚を小さくできるものの、十分な付着方法が採られないならばその厚さはかなり大きいものとならざるを得ない。
- 2) 上下層の付着を高める方法として、室内試験の結果から、ショットブラストを施工して、セメントペーストを塗布するという、既設コンクリート版面の処理方法が有効であることがわかった。
- 3) セメントペーストの材質としては水セメント比の小さいもののほうが上下層の付着にとっては有利となる。また、既設コンクリート版面は乾燥状態としたほうが施工上有利である。
- 4) 既設コンクリート版の表面に溝を設けることによって上下層の付着強度、特にせん断強度の増加することが、室内試験の結果から明らかになった。
- 5) 2)~4)の室内試験から得られた知見の妥当性が試験施工の結果から確認できた。また、溝を設けることの

有意性が明確にされ、特に、周辺の溝切りに加えて、内部溝切りを設ける方法が版全体からみて有利であることが、フォーリングウエイトデフレクトメータのたわみを用いた検討結果から認められた。

- 6) 航空機相当荷重の繰返し載荷試験の結果からは、周辺のみならず溝切りを施した場合でも耐荷性が十分なものであることが確認できた。したがって、周辺の溝切りと内部溝切りを併用する方法が煩雑な場合、上下層の付着を確実なものとするためには、周辺溝切りだけでも有効であると考えられる。

## 6. おわりに

航空需要の増加にともなう航空機の大型化や運航便数の増加に対処するため、さらには地盤沈下が生ずる場合に対応するために、今後空港舗装ではオーバーレイの必要性は増加していくものと考えられる。そのうち、従来あまり経験のないコンクリート舗装上のコンクリートによる付着オーバーレイに関して、付着率を考慮したオーバーレイ厚算定方法と付着を確実なものとする方法について方向を示すことができたものと思われる。今後は、施工性を重視した工法の確立ならびに付着率を取り込んだオーバーレイ厚設計法の開発に向けて努力したいと考えている。

本資料の取りまとめにあたり、港湾局早田修一海岸・防災課長ならびに長岡工業高等専門学校佐藤勝久教授より貴重なお意見をいただいた。また、4.で述べた試験施工による検証については、第二港湾建設局が実施した試験研究の成果を使用させていただいた。記して感謝いたします。

## 参考文献

- 1) 運輸省航空局：空港舗装補修要領（案），95p.，1984.
- 2) Federal Aviation Administration：FAA Advisory Circular，AC150/5230-6C，159p.，1978.
- 3) 福田 正：コンクリート舗装の荷重分散機構に関する研究，土木学会論文報告集，第242号，pp.63-72，1975.
- 4) 福手 勤，佐藤勝久，八谷好高：コンクリート舗装の合理化に関する最近の試み，昭和57年度港湾技術研究所講演会講演集，pp.85-128，1982.
- 5) 運輸省航空局：空港コンクリート舗装構造設計要領，121p.，1990.
- 6) 高瀬博行，福手 勤：付着かさ上げによる空港コンクリート舗装の補修，土木学会第38回年次学術講演会講演概要集第5部，pp.485-486，1983.
- 7) Hutchinson, R.L.: Resurfacing with Portland Cement Concrete, NCHRP No.99, 90p., 1982.
- 8) 林 洋介，佐藤勝久：コンクリートかさ上げの付着特性，港湾技術研究所報告，第24巻，第2号，pp.275-304，1985.
- 9) 佐藤勝久，森口 拓，浅島豊明，渋谷英男：棧橋スラブ上のコンクリート舗装の収縮ひびわれと防止対策，港湾技術研究所報告，第14巻，第2号，pp.111-138，1975.
- 10) 財団法人道路協会：舗装試験法便覧，pp.921-929，1989.
- 11) 八谷好高，佐藤勝久，田中孝士：コンクリート舗装構造の非破壊評価法の開発 -フォーリングウエイトデフレクトメータによる-，港湾技術研究所報告，第26巻，第2号，pp.465-492，1987.
- 12) 福手 勤，八谷好高，山崎英男：コンクリート舗装の目地部における荷重伝達機能，港湾技術研究所報告，第21巻，第2号，pp.207-236，1982.

港湾技研資料 No. 797

1995・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 東京プリント

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

Copyright © (1995) by P.H.R.I

All right 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。