

コンクリートオーバーレイにおける付着工法の改善

早田修一*・八谷好高**・佐藤勝久***

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について論じている。オーバーレイ厚が既設版との付着程度に影響され、薄層化を図るためには付着率を確保しなければならないことを示した。そのためには、既設面にショットプラストを施工するとともに、溝を設けて、セメントペーストを塗布する方が有効であることを室内試験と試験舗装によって明らかにした。

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

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かなり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・補修の必要性は、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は無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。その場合には、コンクリートによるオーバーレイを考えざるを得ない。

コンクリート舗装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^{1),2)}。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、既設版の状況いかん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あまりひどくない場合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増大するものと思われる。

本報文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に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. オーバーレイ厚の算定

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におけるオーバーレイ厚算定式は、以下のとおりである^{1),2)}。

$$h_0 = (h_a^2 - Ch_a^2)^{1/2} \dots \dots \dots (1)$$

ここに、 h_0 : 必要オーバーレイ厚 (cm),

h_a : オーバーレイコンクリートにより舗装を

* 正会員 運輸省第二港湾建設局東京空港工事事務所長
(〒144 東京都大田区羽田空港 2-7-2)

** 正会員 工博 運輸省港湾技術研究所土質部滑走路研究室長

*** 正会員 工博 長岡工業高等専門学校土木工学科教授 (前運輸省港湾技術研究所土質部長)

- 新設するとしたときの版厚 (cm),
- h_0 : 既設コンクリート版の厚さ (cm),
- p : 既設舗装の状態による係数 (付着オーバーレイ, 直接オーバーレイ, 分離オーバーレイ, それぞれの場合, 1.0, 1.4, 2.0をとる),
- C : 既設コンクリート版の破損状況による変数 (0.35 から 1.0 までの値をとる).

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おり, 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, 式 (1) 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^{3),4)}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ようになる.

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

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 が求めれば, 次式により計算できる.

$$h^* = (12 I_R)^{1/3} \dots \dots \dots (3)$$

この h^* を用いて荷重による曲げモーメントを計算し, 上下層の曲げ剛性に応じて曲げモーメントを分配することにより, 上下層の任意の点の応力が得られる. そして, 上下層の応力が許容値以下になるようにしてオーバーレイ厚が決定できる.

このような方法によるオーバーレイ厚と式 (1) 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 34 cm のコンクリート版

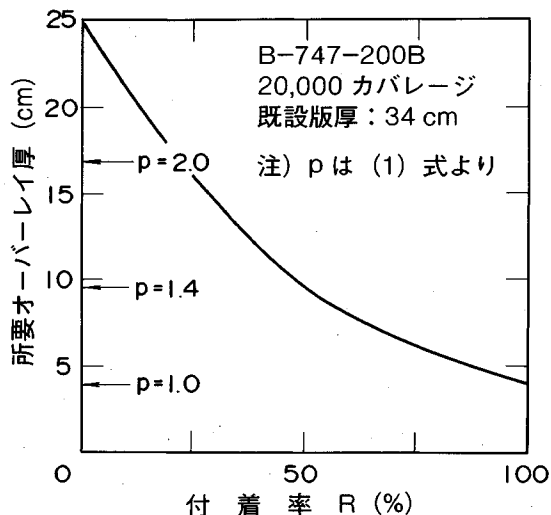


図-1 付着率とオーバーレイ厚

が支持力係数 (K_{75}) 7 kgf/cm^3 (68.6 MN/m^3) の路盤上に敷設された構造の舗装 (設計航空機が B-747-200 B 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⁵⁾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 から 2.0 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 ($n=1.0$) を考えたが, 付着率が 100% の場合は 4 cm 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 25 cm 程度の厚さのオーバーレイが必要となるのがわかる.

既設コンクリート版には破損がないとして ($C=1.0$), 式 (1) 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 4 cm 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 17 cm, 10 cm 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, 分離オーバーレイ, 直接オーバーレイでは上下層がここで示した例以外の厚さの場合には, 上記の付着率とはならないことがわかっており⁴⁾, 上下層の付着率を直接オーバーレイ厚算定時に使用することはできない.

これに対して, 式 (2) の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

なので、設計期間中実際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決定することが可能になる。その場合、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、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. 室内試験による新旧コンクリート層の付着

(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10 cm⁶⁾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剝離が生じ、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。この剝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⁷⁾。

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コールドミリング、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⁷⁾。

(2) 表面処理と付着材に関する検討

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⁸⁾。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。せん断試験用供試体は、図-2に示すように、二面をせん断面とするものとし、中央部分を施工したあとにその両側の部分を打設した。

オーバーレイ層に相当する新設部分は、既設コンクリート版に相当する既設部分の材令が3か月となった時点で施工したが、新旧層とも骨材最大寸法を25 mmとし、スランプ2.5 cm、28日曲げ強度50 kgf/cm²（4.9

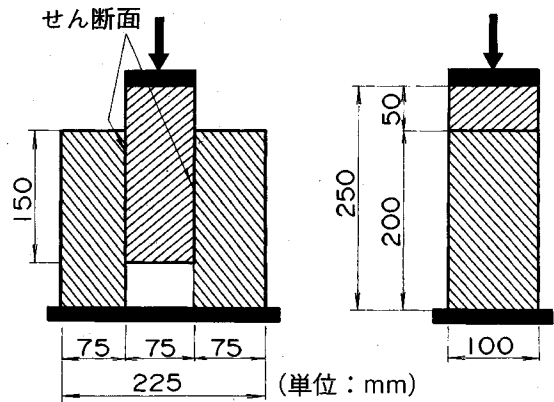


図-2 二面せん断試験

MPa) を目標としてコンクリートの配合を決定した。なお、オーバーレイ部分のコンクリートには流動化剤を使用して打ち込み時のスランプが5 cmとなるようにした。

既設面の清掃方法としては、コールドブレーナーを用いると切削面のゆるむ危険性が指摘されているため、ここでは施工性も考慮してショットブラストを使用することとして、その有効性について検討した。ショットブラストは、直径1.4~1.7 mmの鋼球を投射速度73m/sec、投射密度100 kg/m²にて施工した。付着材としては、セメントモルタル（砂/セメント=2.0）、エポキシ樹脂、ラテックスモルタル（ラテックスはセメントに対して重量比30%混入）の3種類を用いた。いずれもオーバーレイ層打設直前に刷毛により旧層面に薄く塗布した。塗布厚は可能な限り薄くしたが、施工上同一とはできず、セメントモルタル、エポキシ樹脂、ラテックスモルタルのそれぞれで、2.1 mm, 0.7 mm, 3.3 mmが平均であった。

試験結果は表-1のようにまとめられる。まず、旧コンクリート層面の処理としては、ショットブラストが有利であることが認められた。具体的には、ショットブラストを行うことによって、無処理のものに比べて引張強度が2~3倍、せん断強度が3~4倍と増加した。新旧層間の付着材の違いについてみれば、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を用いるほうが若干有効なようである。材料費の点では有利な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面を乾燥状態に保っておくほうが付着強度が高くなることがわかった。

このほか、施工上有利と考えられるセメントペーストを付着材として用いた場合についても同様の検討を行っている。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

表-1 種々の付着工法の効果

施工方法	表面処理	付着材	引張強度 (MPa)		せん断強度 (MPa)	
			材令		材令	
			28日	90日	28日	90日
ショットブラスト	湿	セメントモルタル	0.51 (13)	0.91 (24)	0.64 (6)	0.76 (6)
		セメントモルタル	1.51 (38)	1.90 (51)	1.90 (18)	2.96 (23)
	乾	セメントモルタル	1.82 (46)	2.08 (56)	1.82* (17)*	3.29* (26)*
		エポキシ樹脂	2.11 (53)	2.40 (64)	2.20 (20)	4.91 (38)
湿	ラテックスモルタル	1.48 (37)	1.73 (46)	2.22 (21)	3.75 (29)	
一体型			3.98 (100)	3.77 (100)	10.8 (100)	12.8 (100)

注 1) ()内は一体型を100とした場合
2) * はアンカー筋のある場合

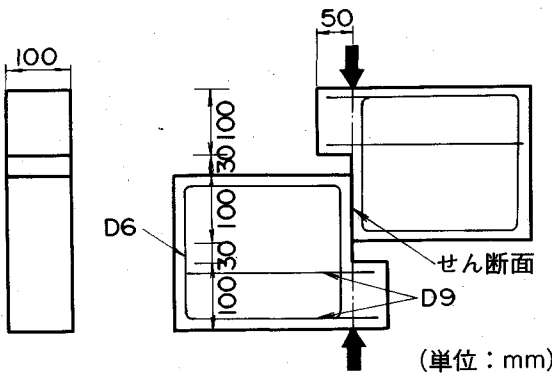


図-3 一面せん断試験

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限り小さなものとするために、スランブが0cm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。二面せん断試験法は、せん断面が二面であること、曲げによる破壊が生ずる恐れのあることから、ここではせん断試験方法について改良を加え、一面せん断試験法によってせん断強度を評価している(図-3)。

図-4、図-5がその試験結果である。この場合のセメントペーストの塗布厚は平均で2.0mmであった。セメントモルタルを用いた場合は、表-1に示した二面せん断試験による場合のものとは異なって、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

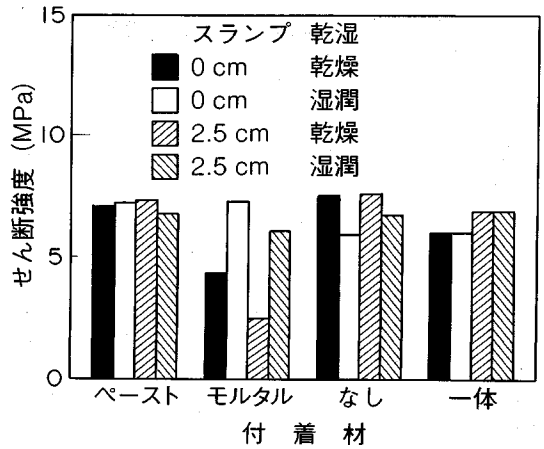


図-4 付着材とせん断強度

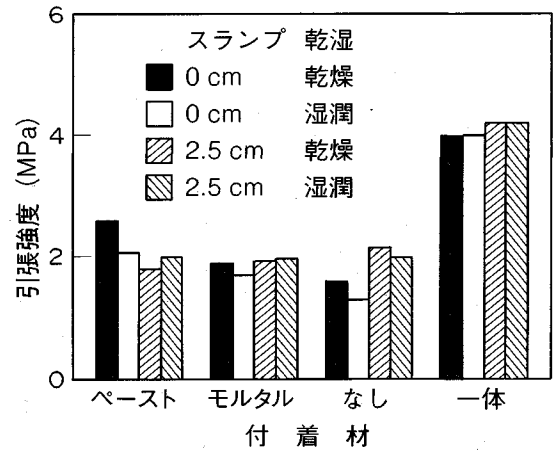


図-5 付着材と引張強度

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、5の場合は37%であった。

このように、セメントモルタルを用いると、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、実用上は問題がある。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。また、今回行った試験結果では、既設面の乾湿の違いは強度にあまり影響を及ぼさなかったため、施工上からは乾燥状態としたほうが望ましいこととなる。このほか、付着材を用いていないものは、スランブ、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る。

(3) 溝形状に関する検討

新旧層の付着が比較的良好と考えられるこのような付着方法によっても、両者を同時に施工したものと比較すれば、付着強度の低下は免れないこともわかる。これを受けて、付着工法の信頼性を高めるには、既設面の清掃・付着材塗布のほかに、既設層・新設層の付着面におけるせん断強度・引張強度が十分に確保できるような方策を新たに開発することが必要であると判断した。そのためこの工法として、既設版にグルーピング状の溝を設けるものとアンカー筋を打ち込むものを候補に取り上げて、両者について試験した。このうち、後者については、予備試験の結果、変位を拘束する働きはあるものの、せん断強度自体を増加させる効果は認められなかったため、以後の検討からは除外した。

溝の形状として用いたものは2種類で、一つは通常空港舗装でグルーピングとして用いられている細溝形式（幅、深さとも6mmとグルーピングと同じであるが、溝間隔は25mmとグルーピングの場合の32mmとは異なっている）で、もう一つは太溝形式（溝の幅、深さ、間隔は、それぞれ、33mm、15mm、58mm）である。図-6、7は、それぞれ、せん断強度試験（二面せん断試験法）、引張強度試験の結果である。細溝形式では、溝を設けないものと比較すると、引張強度においては増加はみられないものの、せん断強度においては30~40%の強度増加が認められた。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といった著しい効果がみられた。さらに、この太溝形式の場合、細溝形式ではあまり効果の見られなかった引張強度に関しても、溝切りを行わない場合に比べて10%程度の増加が認められた。

溝の効果は、せん断試験、引張試験といった室内試験では明らかになったが、実際の舗装は自然環境下にさらされるということから、オーバーレイの供試体を運輸省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。温度変化がある場合のオーバーレイ層の挙動は既設層からの拘束の影響を受けるが、この試験では、溝の有無による拘束程度の違いに注目した。以下では、まったく拘束されないとした場合のひずみを自由ひずみとし、既設層による拘束がある場合の拘束分を拘束ひずみ、自由ひずみから拘束ひずみを差し引いた分、すなわち実際に生ずる分を実ひずみと定義する。上下層の付着程度良好なほうが拘束ひずみは大きいものとなる。

この試験に用いた供試体は、図-8に示すように、幅100mm、長さ1040mm、高さ250mm（上層部、下層部の厚さは、それぞれ、50mm、200mm）であるが、下層部打設後4週間経過後に上層部を打ち継いでいる。下層部の表面は、前述のものと同様に、ショットブラス

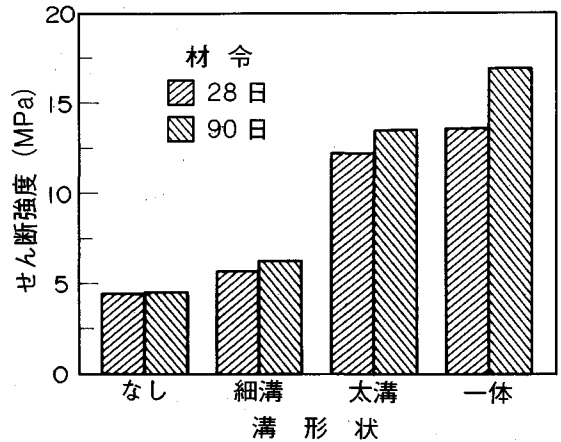


図-6 溝切り工法による付着面のせん断強度

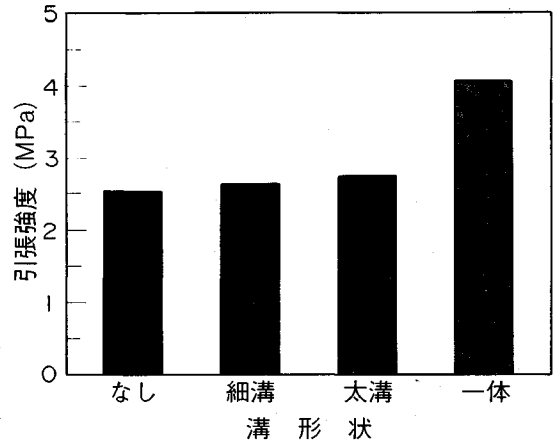


図-7 溝切り工法による付着面の引張強度

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。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。溝は幅30mm・深さ15mmのもので、60mm間隔に設けた。

図-9は、打設後約10か月経過した夏に測定した、供試体端部におけるオーバーレイ部分の実ひずみと温度の関係を示している（測定位置は端部から120mmで、深さは表面から40mmのところである）。この図から、オーバーレイ層は既設コンクリート版によって動きが拘束されていることが認められ、しかも、溝を設けることによりその程度が高まることがわかった。オーバーレイ層のコンクリートの熱膨張係数を 10×10^{-6} とすると、自由ひずみに対する拘束ひずみの比で定義される拘束度 (K_R) は、溝なし、溝ありの場合でそれぞれ0.7、0.75となるので、後者のほうが付着が良好であることがわかる。

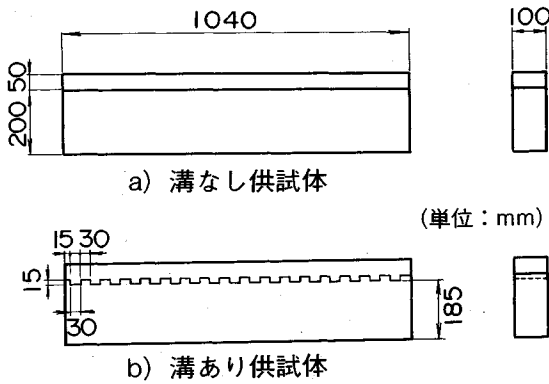


図-8 暴露用供試体

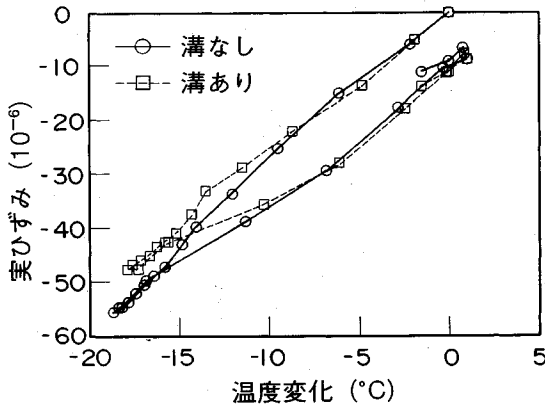


図-9 溝の効果

4. 試験舗装による新旧コンクリート層の付着

3. の室内試験の結果から、既設版の表面を粗に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ミ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行った。2種類の試験施工を実施したが、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。

(1) 既設版の表面処理工法

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。使用したコンクリート版は、1枚の大きさが縦、横とも5 m、厚さ30 cmのもので、建設後20年以上経過している。この上に、鋼繊維補強コンクリート（鋼繊維長60 mm、混入量0.5%）により、50 mm厚のオーバーレイを施工した。

鋼繊維補強コンクリートは、この程度の薄層オーバーレイに用いられた例も多いことを考慮するとともに、ポットホール防止効果を期待して採用した。鋼繊維を混入する前のコンクリート（ベースコンクリート）の設計基準曲げ強度として、無筋コンクリート舗装の場合の強度規定（曲げ強度50 kgf/cm²（4.9 MPa））を適用した。また、オーバーレイ層の目地は、既設版のものとは一致させて、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。

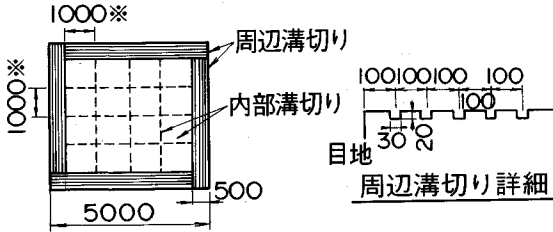
この溝については、表-2に示すように、4区画で異なったものを試験している。今回は周辺溝切りと内部溝切りの2種類を用いており、それらの模式図は図-10のとおりである。周辺溝切りは、この種のオーバーレイ舗装の失敗として版周辺からの剝離が多いとの事例に基づいて設けることとしたが、版端から50 cmまでの範囲に施工した。内部溝切りは、50 cm間隔のもの（溝切りA）と100 cm間隔のもの（溝切りB）の2種類を用いた。これは溝により上下層の付着程度を版中央部でも高めようという意図のもとに施工した。いずれの場合も、溝の形状は、施工性を考えて、幅30 mm、深さ20 mmとした。

施工してから一冬経過した後（材令8か月）の表面のひびわれは、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剝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）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、今回用いた旧層の表面処理方法（ショットブラストして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。

ところが、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コンクリート版の間の付着状況を調べた結果においては、溝切りの効果ははっきりと現れている。ここで用いたFWDは、20 tf（196 kN）の荷重を載荷できる型式のもので、載荷板の直径は450 mmである。図-11は荷重20 tf（196 kN）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

表-2 溝切りの状況

区画	周辺溝切り	内部溝切り
1	なし	なし
2	あり	なし
3	あり	A型
4	あり	B型



※注) 内部溝切り A の場合 (B は 500 mm) (単位: mm)

図-10 溝切りの模式図

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が最も大きな値を示していることからみて、溝の効果が明らかであると判断できる。

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 のデータ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⁹⁾。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¹⁰⁾を使用している。

図-12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、図-11の 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、この図の No. 4 にみられるように、上下層の付着が確保でき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

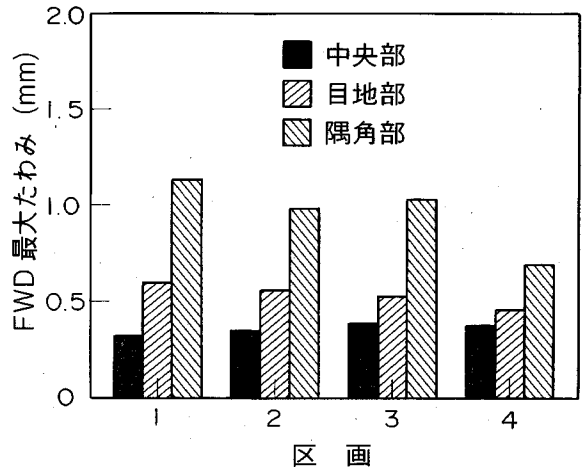


図-11 FWD 最大たわみ

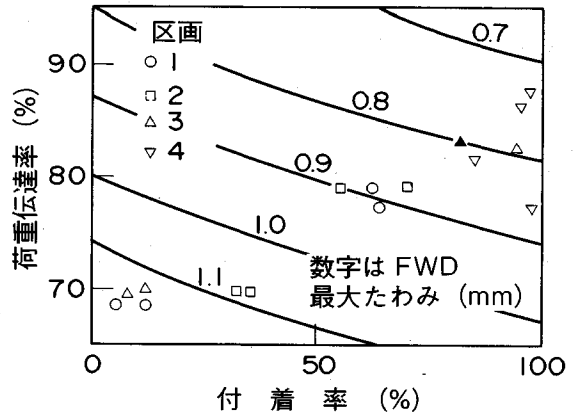


図-12 推定された付着率と目地の荷重伝達率

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る、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。

(2) 繰返し走行載荷の影響

(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コンクリート版により拘束されて生ずる上下層間の剝離現象に重点を置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も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、繰り返し載荷がオーバーレイ層と既設コンクリート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7.5 mのものである。38 cm厚の既設コンクリート版を製作してから、約5か月後に50 mm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、(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鋼繊維を使用している。具体的には、フック付きのもの2種類(直径・長さが0.5 mm・60 mmと0.6 mm・30 mmのもの)とフックなしのもの1種類(縦・横・長さが0.5 mm・0.5 mm・30 mm)である。既設版の表面処理方法は(1)で記述した試験施工のものと同様であり、溝は、上述のように周辺部だけに設けた。

このオーバーレイ舗装に対して、B-747-200 Bの脚荷重と同じ重量(82.5 tf (809 kN))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央下部に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-13)。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、上述の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-14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、上下層の剝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、溝切りのない場合については走行試験は実施していないが、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。

(3) 付着工法の改善

(1)、(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ことにする。

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30 mm、深さ20 mm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50 cmの範囲の周辺溝切りと50 cmあるいは100 cm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

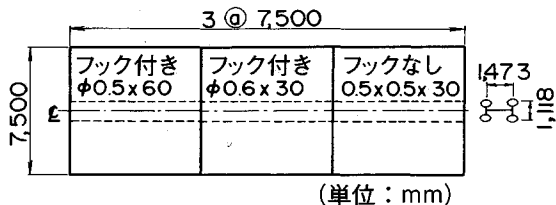


図-13 試験舗装

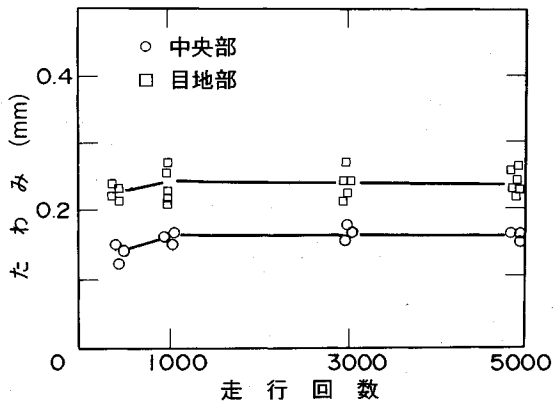


図-14 走行にともなうFWD最大たわみの変化

のみでもよい。

5. まとめ

本報文では、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) 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。さらに、自然暴露した供試体によってもその効果が認められた。

(4) (2)~(3)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は版全体からみて有利であることが、FWD のたわみを用いた検討結果から認められた。

(5) 航空機相当荷重の繰り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形化や運航便数の増加に対処するために、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本文中の図-12 に示したような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。

参考文献

- 1) 運輸省航空局：空港舗装補修要領（案），95 p.，1984.
- 2) Federal Aviation Administration : FAA Advisory Circular, AC 150/5230-6C, 159 p., 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，105 p.，1977.
- 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, 90 p., 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) Yoshitaka Hachiya and Katsuhisa Sato : Nondestructive Evaluation Method of Concrete Pavement by FWD, 土木学会論文集，第 420 号，V-13, pp. 303-309, 1990.
- 10) 福手勤・八谷好高：コンクリート舗装の目地部における荷重伝達機能，土木学会論文報告集，第 343 号，pp. 239-246, 1984.

(1992.2.3 受付)

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

Shuichi SODA, Yoshitaka HACHIYA and Katsuhisa SATO

Bonded concrete overlay has been seldom used in airport concrete pavements in Japan, because insufficient bond between concrete overlay and concrete slab has caused certain problems such as separation between them. As the required overlay thickness varies with bonding conditions between two layers, the sufficient bond between two layers is required when designing especially thinner overlay. Both careful surface treatment with shotblast on the existing pavement and application of bonding medium like cement paste on the surface are necessary to realize it. This bonding technique has been verified through several kinds of laboratory tests. Furthermore, groovings should be applied on edge portion of the slab to ensure the bond. Two series of experimental pavements are constructed to confirm this procedure where Falling Weight Deflectometer is used to evaluate the structural conditions of the overlay pavements.