国土技術政策総合研究所 研究報告

RESEARCH REPORT of National Institute for Land and Infrastructure Management No.30 September 2006

空港コンクリート舗装の薄層付着オーバーレイに関する研究

八谷好高•水上純一•坪川将丈•江崎徹•野田悦郎•中丸貢•東滋夫

Study on Thin Bonded Concrete Overlay of Airport Concrete Pavement

Yoshitaka HACHIYA,Junichi MIZUKAMI,Yukitomo TSUBOKAWA,Toru ESAKI, Etsuro NODA,Mitsugu NAKAMARU and Shigeo HIGASHI



National Institute for Land and Infrastructure Management Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Japan 国土技術政策総合研究所研究報告 No. 30 2006年9月 (YSK-R-30)

空港コンクリート舗装の薄層付着オーバーレイに関する研究

八谷好高*・水上純一**・坪川将丈***・江崎徹****・ 野田悦郎*****・中丸貢*****・東滋夫******

要 旨

航空機の走行による繰返し荷重や地盤沈下等により,空港コンクリート舗装に破損が生じた場合, 大半が無筋コンクリート舗装であることから,その補修方法としてはオーバーレイが一般的である. この場合,表面勾配に厳しい規定があることから,オーバーレイ層を薄く施工できる付着オーバーレ イが有利であるが,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く,アスファルト によるオーバーレイに比較するとその施工量はきわめて少ないことから,表面処理方法と必要付着強 度に重点を置き,これらに関する室内試験ならびに現場試験施工を実施した.

その結果,以下の結論が得られた.

- 1) 現場試験舗装において、一部の区画で新旧層の界面で剥離が生じた原因は、界面に生じる垂直応力 が界面の引張強度を超過したことが原因であることを明らかにした.
- 2) 長期観測ならびに付着強度試験の結果から,新旧コンクリート層に必要な付着強度としては,引張 強度で1.6MPaが必要であることを明らかにした.
- 3)表面処理方法としては「ウォータージェット・ショットブラスト併用工法」ならびに「ショットブ ラスト・接着剤併用工法」が適用可能であることを明らかにし、必要付着強度を得るための両工法 の標準仕様を提案した.
- **キーワード**:薄層付着オーバーレイ,付着強度,ウォータージェット,ショットブラスト,接着剤, 空港コンクリート舗装

* 独立行政法人港湾空港技術研究所特別研究官(前 空港研究部空港新技術研究官)

- ***** 日本道路株式会社
- ****** 大成ロテック株式会社
- ******* 鹿島道路株式会社

〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬 3-1-1 国土交通省国土技術政策総合研究所 電話:046-844-5034, Fax:046-844-4471, E-mail:tsubokawa-y92y2@ysk.nilim.go.jp

^{**} 空港研究部空港施設研究室長

^{***} 空港研究部主任研究官

^{****} 空港研究部空港施設研究室

Study on Thin Bonded Concrete Overlay of Airport Concrete Pavement

Yoshitaka HACHIYA^{*}, Junichi MIZUKAMI^{**}, Yukitomo TSUBOKAWA^{***}, Toru ESAKI^{****}, Etsuro NODA^{*****}, Mitsugu NAKAMARU^{******} Shigeo HIGASHI^{*******}

Synopsis

Concrete overlay is considered as a standard method in rehabilitation of airport concrete pavement. Among several methods of concrete overlay, bonded concrete overlay is practical one because thin overlay is needed in airport due to strict slope restriction. However, this method is not widely used since it is difficult to gain enough bonding strength between overlay and existing slab. To solve this problem, the necessary bonding strength and the surface treatment method of existing slab to obtain that strength are studied.

As a result, the following conclusions were obtained.

- 1) It was clarified that large tensile stress occurred at interface between overlay and existing slab was the cause of distress of experimental pavements.
- 2) Based on various tests in laboratory and on site, and observation of experimental pavements, it is found that tensile strength at the interface had to be more than 1.6 MPa.
- 3) As surface treatment methods, applicability of both 'combination of water jet and shot blast' and 'combination of shot blast and glue', and each standard was proposed.

Key Words: thin bonded concrete overlay, bonding strength, water jet, shot blast, glue, airport concrete pavement

National Institute for Land and Infrastructure Management, Ministry of Land, Infrastructure and Transport 1-1, Nagase 3, Yokosuka 239-0826, Japan

Phone: +81-46-844-5034, Fax: +81-46-844-4471, E-mail: tsubokawa-y92y2@ysk.nilim.go.jp

^{*} Director for Special Research, Port and Airport Research Institute

⁽Former Research Coordinator for Advanced Airport Technology, Airport Department)

^{**} Head, Airport Facilities Division, Airport Department

^{****} Senior Researcher, Airport Department

^{****} Research Engineer, Airport Facilities Division, Airport Department

The Nippon Road Co., Ltd.

Taisei Rotec Corporation

^{********} Kajima Road Co., Ltd.

目 次

1. はじめに	1
2. 薄層付着オーバーレイに関する技術の現状・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	2
2.1 設計	2
2.2 施工	3
3. 事前検討	12
3.1 シリーズAの事前検討	12
3.2 シリーズBの事前検討	19
	•
4. 試験施工の計画ならびに美施(シリース A)	30
4.1 試験計画	30
4.2 試験施上	32
4.3 施上官理	41
4.4 刀字試験用アストピットその1のオーバーレイに関する実験結果	49
5. 試験施工の計画ならびに実施(シリーズ B)	60
5.1 試験計画	60
5.2 試験施工	62
5.3 施工管理	66
 試験施工に関する試験結果	68
6.1 新旧層付着面の強度	68
6.2 新旧層剥離状況	78
6.3 乾燥収縮量測定試験	85
7 試験施工の性能評価	87
7. 1 オーバーレイ舗装の構造解析	87
7.9 必要付善論度と標準工注仕様の検討	102
	102
8. まとめ	106
9. おわりに	109
参考文献	109

1. はじめに

本報告は、国土交通省国土技術政策総合研究所、日本 道路株式会社、大成ロテック株式会社、鹿島道路株式会 社の四者が2004、2005年度の2箇年にわたって実施した、 空港コンクリート舗装の薄層付着オーバーレイに関わる 技術開発についての共同研究の成果をまとめたものであ る.

コンクリート舗装には、供用開始後に交通荷重が繰返 し加わることや、地盤沈下といったことにより破損が生 じ、最終的には補修が必要な事態となる. 空港舗装にお いて用いられているコンクリート舗装は、大半が無筋コ ンクリート舗装であることから,その補修方法としては オーバーレイが一般的である. その場合には、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.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 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瀝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. 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 るものであり,付着ならびに分離オーバーレイ工法に比 べて施工方法が明確ではなく、設計上での取り扱いもあ いまいなものとなっている. そのため, 現行の空港舗装 構造設計要領¹⁾においては、付着ならびに分離オーバー レイのみが取り上げられている.

空港舗装では、舗装の表面排水や航空機のトーイング という観点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と考えられる.しかし、この工法は、 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 摘が多く、アスファルトによるオーバーレイに比較する とその施工量はきわめて少ない.

そこで、本研究において、コンクリートによる薄層付 着オーバーレイ工法に関する技術開発を行った.これは、 設計、材料、施工のそれぞれについて行っているが、中 でも施工、すなわち付着工法の研究開発に重点を置き、 これらに関する室内試験ならびにそれに引き続いて現場 試験施工を実施した.

本報告では、まず付着オーバーレイ工法に関する技術 の現状をレビューしてから、2つの付着工法について室内 試験による基本的検討結果を示す.次に、試験施工の状 況、付着強度試験ならびに現地観測結果をまとめ、数値 解析により試験結果の説明をした.最終的には、最適な 付着工法を明らかにするとともに、構造設計法とオーバ ーレイ材料についても言及している.

2. 薄層付着オーバーレイに関する技術の現状

本章では,現時点における薄層付着オーバーレイに関 する技術の概要について,設計と施工に分けて記述する.

2.1 設計

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.これらの設計に際し ては、いずれもオーバーレイ層である上層と既設コンク リート版である下層とを合成して1枚の板、すなわち複 合版として取り扱うことが必要である.そこで、この複 合版としての考え方について示してから、この理論を用 いて従来から行われているオーバーレイ舗装の厚さ設計 法を検証し、上下層の付着程度をパラメーターとしたオ ーバーレイ厚の算定例を示す²⁾.

(1) コンクリートオーバーレイの厚さ算定

前述のように、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種類があるが、これらのオーバーレイ厚算定式は、 以下のとおりである.

$$h_0 = (h_d^p - Ch_e^p)^{1/p}$$
 (2.1)

ここに,

- h₀: 必要オーバーレイ厚 (cm),
- $h_d: オーバーレイコンクリートにより舗装を新設すると$ したときの版厚(cm),
- h_e: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の値に関して、付着オーバーレイの場合の1.0は問題 ないが、それ以外の直接オーバーレイと分離オーバーレ イの場合についてはその根拠は明確にされてはいない.

(2) 複合版の力学

コンクリート舗装の設計・施工に際しては,コンク リート舗装をばね支承上の板(単板)と仮定するのが一 般的である.コンクリートによるオーバーレイがなされ た場合は,原則的にはこれと同一であるが,オーバーレ イ層と既設コンクリート版の材質等が必ずしも同一では ないことや両者が一体化したものとはならないこと等, 単板としては取り扱うことが出来ず,複合版と考えざる を得ないこともある.

その場合の解析法は次のようなものである.

いま,上下2枚のコンクリート版からなる舗装を考え る.そのとき,上層,下層,それぞれの弾性係数,ポア ソン比を E_1 , ν_1 , E_2 , ν_2 とする.その上下層の付着程度 によって,複合版のひずみと応力の厚さ方向分布は**図**-2.1.1のようになる.



図-2.1.1 複合版の厚さ方向のひずみと応力の分布

a) 完全付着の場合(R=100%)

b) 完全剥離の場合 (R=0%)

c) 不完全付着の場合(0% < R < 100%)

ここに, Rは, 上下層の付着率で, 式(2.2)中で定義される.

上下層の弾性係数の違いを,図-2.1.2のように部材 幅の違いに置き換えた換算断面を考えると,その中立軸 に関する単位幅あたりの断面2次モーメントは次式のよ うになる.



図-2.1.2 換算断面

$$I_R = I_0 + R(I_{100} - I_0)$$
 (2.2)

ここに,

I_R :ある付着率Rの場合の断面2次モーメント,

- I₀ :付着率0%の場合の断面2次モーメント(上下層の 中立軸はそれぞれの層厚の1/2のところ),
- I100:付着率100%の場合の断面2次モーメント(上下層の中立軸が一致したときのもの).

付着率Rを仮定して,式(2.2)により複合版としての断面2次モーメントを計算し,次に式(2.3)により,複合版としての換算厚h*を計算する.

$$h^* = (12I_R)^{1/3}$$
 (2.3)

この h^* を使って、Westergaard公式や有限要素法により、 荷重による曲げモーメント M_R を計算する.

上下層内の任意の点の応力は、次式により計算する.

$$\begin{split} S_1 &= M_{R1}/I_{R1}y_1 = M_R/I_Ry_1 \qquad (2.4) \\ S_2 &= M_{R2}/I_{R2}y_2 = M_R/I_Ry_1n \qquad (2.5) \end{split}$$

ここに, y₁, y₂は, それぞれ, 上下層の中立軸からの 距離である.

(3) 複合版としてのコンクリート版厚設計法

上記の複合版理論を使用して,既設コンクリート舗装上にコンクリートによりオーバーレイする場合のオーバーレイ厚について検討する.

計算条件として、コンクリートについては表-2.1.1 のものを考え、これが支持力係数70MN/m³の路盤に支持 されているとした.設計航空機はB-747型航空機(B-747-200B)であり、交通量としては設計カバレージ20,000回 を考えた.既設舗装は、設計航空機がB-747-200Bで、設 計カバレージが3,000回の場合に相当し、設計カバレー ジが3,000回から20,000回に変更した場合の強度増加に 必要となる、オーバーレイ厚を算定することが必要とな る.

層	項目	値
	層厚 (mm)	40~250
上層	弹性係数 (MPa)	35,000
	ポアソン比	0.15
	層厚 (mm)	340
下層	弹性係数 (MPa)	35,000
	ポアソン比	0.15

オーバーレイ厚と上下層の付着率の関係を図-2.1.3 に示す.付着率が100%の場合は40mmのオーバーレイで いいが,付着がまったく期待できない場合は250mm程 度のオーバーレイが必要となることがわかる.これから, 複合版としての版厚を設計する際に問題となるのは上下 層の付着率の選択であるとわかる.上下層の付着を良好 に保持できるならば版厚は小さくできるものの,上下層 が剥離するようなとき,すなわち上下層の付着程度が悪 い場合には版厚がかなり大きいものとならざるを得ない. したがって,版厚を小さくするためにはこの付着を確実 なものとすることが肝要となる.



2.2 施工

施工に関する事例として,成田国際空港,東京国際空港(羽田空港),東北地方整備局のものを以下に示す.

(1) 成田国際空港の付着型コンクリートオーバーレイ a) 概要

成田国際空港で開発された「ウォータージェットシス テムを用いたコンクリート上のコンクリートオーバーレ イ工法」(以下WJS工法)は1998年度から成田国際空港 のエプロン補修工事に適用され、2003年度末までに25万 m²を超える施工実績となっている.成田国際空港の既設 エプロンは、連続鉄筋コンクリート舗装であり、これに 対応した付着処理技術としてのWJS工法は、オーバーレ イに用いる特殊コンクリートの開発と合わせて、当該空 港ではほぼ確立された工法となっている^{3),4)}.

当該工法は、ウォータージェット(WJ)により既設 舗装の表面に粗い凹凸を付け、さらにショットブラス トによって細かい凹凸を付けることにより、新旧コン クリートの付着力を高め、一体化させることを特徴と している.WJの噴射圧力、ショットブラストの投射密 度などを適正に管理することで、高い付着強度を得る ことが可能である.

b) 施工の流れ

- 施工は図-2.2.1に示す流れに従って行われる.そのうち,特徴的な項目について以下に記述する.
- ①ロボット化したWJSによる表面研掃とがら・濁水の 回収
- ②レーザー変位計による研掃程度の評価確認
- ③ショットブラスト (スチールグリッド 100kg/m²)の施工
- ④鉄筋・型枠の設置
- ⑤コンクリート製造・ダンプ運搬(コンクリートには 高性能AE減水剤,収縮低減剤,膨張剤を混入)
- ⑥フィニッシャによるコンクリートの締固め・仕上げ (フィニッシャは敷きならし,締固め後直ちに精度 の良い仕上げが可能なように改良)

WJSは、図-2.2.2に示すように、3基の超高圧ポンプ, 自動表面処理機,がら回収機,および濁水リサイクル設 備により構成されている.それらは清水運搬車,特殊吸 引車,濁水運搬車などにより結合されている.

自動表面処理機は、3基の回転式高圧水噴射ノズルを 有し、ノズルは、作業用フレームに等間隔で配置され、 往復横行運動する. それぞれのノズルには独立した超高 圧ポンプ3台から高圧水が供給されるシステムとなってい る. 自動表面処理機は、高圧水噴射ノズルが横行中は、 進行方向に対して停止しており、施工幅員の端部までノ ズルが達すると同時に進行する(ステップ走行).

超高圧ポンプと表面処理機の写真を写真-2.2.1に,主

な仕様を表-2.2.1に示す.



図-2.2.1 施工のフロー



写真-2.2.1 超高圧ポンプと表面処理機

表-2.2.1 高圧ポンプ,表面処理機の仕様

高圧ポンプ				
	圧力	206 MPa (max)		
1基当たり	流量	117 <i>l</i> /min (max)		
	エンジン出力	550 kW		
高圧ポンプ数		3 基 (並列運転)		
	自動表面	面処理機		
高圧水噴射ノズル数		3 基		
施工幅員		7,000 mm		



図-2.2.2 WJSの機械編成

c) 工法の特徴

i) レーザー変位計による表面処理性状の管理

WJ工を実施した後に、レーザー変位計による表面形状の測定を行い、所定の管理基準を満足しているか否かを確認している.使用されているレーザー変位計を写真-2.2.2に、表面処理工の管理基準を表-2.2.2に示す.



写真-2.2.2 レーザー変位計

表-2.2.2 表面処理工管理基準

パラメータ	判定基準
斜長比	1.13以上
平均深さ	6.03~9.92mm
斜長比:各測定点の高低差か 累積值(斜長)を測 長)で除した値 平均深さ:解析対象データの最	・ら測定点間の距離を求め、その 記長(解析対象データの水平延 &高点と各測定点の差の平均値
料長(凹凸長) 制	定ビッチ:02mm 平均深さ 中均深さ 中均深さ

ii) オーバーレイ用特殊コンクリートの使用

オーバーレイコンクリートの配合に関する検討により, 図-2.2.3の例のように,高性能AE減水剤を用いたコンク リートに収縮低減剤と膨張剤を併用したものがひびわれ が生じにくいことから,この材料をオーバーレイコンク リートとしている.

オーバーレイコンクリートに関する具体的な要求性能は,**表-2.2.3**のように規定している.



コンクリートの種類	特徵
NC	通常の舗装用コンクリート
NC(収)	NCに収縮低減剤を添加したコンクリート
HC	高性能AE減水剤を用いたコンクリート
HC(収)	HCに収縮低減剤を添加したコンクリート
HC(収+膨)	HCに収縮低減剤と膨張材を併用したコンクリート

図-2.2.3 オーバーレイコンクリートとひびわれ間隔

表-2.2.3 オーバーレイコンクリートの要求性能

試験項目	要求性能			
スランプ	練り落とし30分後:6±1.5cm 練り落とし90分後:3±1.5cm			
ワーカビリティー ファクター(W.F)	練り落とし90分後:4±1.0mm (振動時間:60秒間)			
空気量	練り落とし30~90分後:4.5±1.5%			
一種拘束 影問,打線曼	材約7日:230μ以上 膨張量 圧縮強度(x)と膨張発現(y)の 関係:y=x*			
(JIS B法)	表量 + 材齢91日:0μ以上 宿量			
直接引張強度	材齢28日:f.=2.5N/mm ² 以上			
界面付着強度	材齢28日:0.85・f.以上			
圧縮強度	材齢 3 日:10N/mm ³ 以上 材齢91日:50N/mm ³ 以上			

*コンクリートの硬化過程において圧縮強度と膨張の発現を規 定したもので、圧縮強度10N/mm³増加に対して膨張量100μの 増加が必要となる。

(2) 東京国際空港沖合展開事業における試験施工5)

東京国際空港沖合展開事業第二期地区に建設されたコ ンクリートエプロン舗装が沈下した場合の高さ修正方法 として、コンクリートによる付着オーバーレイ工法が検 討された.これは、まず室内試験により最適な新旧コン クリートの付着方法を見いだしてから、試験施工により 検証している.

- a) 室内試験による新旧コンクリート層の付着
- i)付着材と表面処理に関する検討

セメントペーストならびにセメントモルタルを付着材 とした場合について,付着材をまったく用いない場合も 併せて,新旧コンクリートの付着強度を調べた.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、スランプが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. 付着強度としては、引張試験とせん断試験を実施した. 前者は、円柱供試体を用いる方法(JISA1132,1113)に 準拠して打継ぎ面が破壊面となるようにして実施した. 後者には一面せん断試験法を用いた(図-2.2.4).



四 2.2.4 田 270 阿 時候

図-2.2.5, 図-2.2.6がその試験結果である. この場合, セメントモルタルを用いた場合は湿潤状態としたほうが 高い強度を示しているが、他の例では乾燥状態としたほ うが高い強度を示しており、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 ることがわかった.このほか、施工性を考えると、実用 上は問題があることになろう.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.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 及ぼさなかったので,施工上からは乾燥状態としたほう が望ましいこととなろう. このほか、付着材を用いてい ないものは,使用するコンクリート,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.





ii) 表面処理に関する検討

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.そのための工法と して、既設版にグルービング状の溝を設けるものについ て試験した.なお、既設コンクリート版の表面処理方法 として、直径1.4~1.7mmの鋼球を投射速度73m/s、投射密 度100kg/m²にて施工することが有利であるとわかってい ることから、ここではこれも使用することを原則として いる.

溝の形状として用いたものは2種類で、一つは通常空

港舗装でグルービングとして用いられている細溝形式 (幅,深さとも6mmとグルービングと同じであるが,溝 間隔は25mmとグルービングの場合の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-2.2.7, 図-2.2.8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は、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.







図-2.2.8 溝切り工法における付着面の引張強度

b) 試験舗装による新旧コンクリート層の付着

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.

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が実施された.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.この上に、鋼 繊維補強コンクリート(鋼繊維長60mm,混入量0.5%) により、50mm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4.9MPa)を適用した.

上下層の付着方法としては、室内試験で効果のあった、 既設コンクリート面にショットブラストを施工した後、 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-2.2.4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-2.2.9 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,50cm間隔のもの(溝切りA) と100cm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.

表-2.2.4 溝切りの状況





図-2.2.9 溝切りの模式図

施工してから一冬経過した後(材令8箇月)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へアー 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)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が所定の効果を果たして いるものと考えられた.

しかし、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、溝切りの効果がは っきりと現れている.ここで用いたFWDは、196kNの荷 重を載荷できる型式のもので、載荷板の直径は450mmで ある.図-2.2.10は荷重196kN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 さは変化し、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.



c) 付着工法の改善

上記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 手法は以下のものである.

 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.

(3) 東北地方整備局の設計・施工指針(案)

東北地方整備局土木工事合理化委員会舗装技術研究会 は1996年8月に道路コンクリート舗装上のコンクリート付 着オーバーレイ工法について設計・施工指針(案)⁶⁾を まとめており,現時点では我が国では唯一の付着型コン クリートオーバーレイについてまとめられているものと 言える.

以下ではその概要を示す.

a) 適用範囲

ー般的な摩耗路面に適用するものとして,既設コンク リート版底面に達するひび割れが数多く発生している箇 所や既設舗装版の信頼性が期待できない場合には,適用 しないものとするとしている. b)事前調査による工法適否の判断

工法の適用可否の検討のため,①ひび割れ調査,②た わみ量調査,③横断形状調査,④沿道状況調査を行うこ ととなっており,このうち,①ひび割れ調査と②たわみ 量調査での既設版の事前処理の判断基準を以下に示す.

①ひび割れ調査

個々の版の事前処理の対応は表-2.2.5のとおりであ り、さらに重要な点は「部分打換え」「打換え」の両 方を含めた打換え率が30%を越える場合は、本工法は 適用不可としている.

	P1 110 = = =	•
版表面に達して	適用の判断目標	
	横断方向に版1/2未満	状況に応じ補修
计角体正	の場合	後,適用可能
対家面所 版1枚あたり	横断方向に版1/2以上	部分打換え後,
	~全幅	適用可能
	全幅にわたる	版の打換え

表-2.2.5 事前処理基準

2たわみ量調査

たわみ量も個々の版で規定しており,50kNの荷重車 によるベンケルマンビームによるたわみで表-2.2.6の ように判断基準を示している.0.7mm以下でもかなら ず,版下への注入(ブローンアスファルト)をするこ とにしている.

表-2.2.6 たわみ基準

	5tf輪荷重たわみ量	適用の判断目標
目地部	0.7㎜未満	注入工後, 適用可能
	0.7mm以上	打換え

c)舗装厚さ(オーバーレイ)の決定

厚さは、わだち掘れ、建築限界などに応じて決めるこ とを原則として、最小厚は5cmとするとなっており、断 面復旧としての工法の位置づけである.

d) 施工

施工の流れを図-2.2.11に示す.付着処理としてショ ットブラストを標準としている(付着材は用いない)点 に特徴がある.



図-2.2.11 施工の流れ

e) オーバーレイコンクリート

オーバーレイコンクリートの配合条件を表-2.2.7に示 す. なお、繊維を混入するかどうかはどちらでもよく、 ただし用いる場合は合成繊維とするとしている. 従来鋼 繊維も使用を許可していたが、これはタイヤのパンクの 発生を考慮したものと改訂理由に記述されている.

表-2.2.7 オーバーレイの配合条件

項目	特性
セメントの 種類	早強ポルトランドセメント
	1. 設計基準曲げ強度 4.5MPa
	2. 粗骨材の最大寸法 20mm
	3. 粗骨材のすり減り減量 25%以下
コンクリート	4. スランプ 6.5±1.5cm
の	5. 空気量 4.0±1.0%
配合基準	6. 水セメント比 45%以下
	7. 細骨材率
	・プレーンコンクリート 42%以下
	・合成繊維補強コンクリート 52%以下

f)オーバーレイコンクリートの付着強度

試験施工時において付着強度が数多く測定されたが, 本指針には判定強度や剥離の判断基準などは示されてい ない. (参考)

ウォータージェットの概要

ウォータージェット(WJと称す)は、参考図-2.2.1に示すように超高圧ポンプで加圧した水を小口径のノズルから高速 の水噴流として噴出させたものである.この水噴流が対象面に衝突した時に生ずる圧力(衝突圧)と力(衝突力)および水くさ び作用により対象物を破壊する.WJには、それ以外にも

①水の流れを利用した洗浄,運搬,撹拌,混合作用 ②噴射反力による推進

などさまざまな作用がある.



参考図-2.2.1 WJ作用概念図

産業界では、これらの作用を組み合わせて水力採炭、地盤掘削・改良、各種材料の切断、プラントや下水道管の洗浄、 コンクリートの破砕、目荒らしなど色々な形で利用されてきた.また、建設分野においては、コンクリート構造物の塩 害・凍害補修、コンクリート片はく落防止、部分撤去などのコンクリート除去を目的とした「コンクリート除去処理」、 「成形」、コンクリート床版の補修・補強、橋梁の耐震補強のための下地処理としての「表面処理」、コンクリート面に 施された塗膜などを除去するための「塗膜除去処理」、石・タイル・コンクリート面の付着物除去を目的とした「洗浄処 理」、さらにコンクリート舗装の摩擦抵抗回復を目的とした「すべり抵抗性の回復処理」などに幅広く採用されている. WJによる表面処理のイメージ図を参考図-2.2.2に、処理前後のコンクリート表面の状況を参考図-2.2.3に示す.



参考図-2.2.2 ウォータージェットのイメージ



参考図-2.2.3 コンクリート表面処理の例

WJの特徴としては、主に以下の項目があげられる.

- (1)ブレーカ,削岩機などの打撃破壊とは異なり、ノズルから噴射された高圧水のエネルギーにより、コンクリートのセメ ントモルタル結合を破壊するメカニズムであることから、振動が低く、環境問題への対応も容易である.
- (2) 対象物に与える変形, ひずみ, 残留応力が少なく, マイクロクラックもほとんど発生しないため, 構造物への影響が少ない.
- (3) 適切な圧力,流量を設定することにより,コンクリートの変状部分だけを除去する選択的なコンクリート除去処理が可 能である.
- (4) 圧力の調整によって、対象物の塗膜や付着物だけを除去することが可能である.
- (5)対象物とノズルが接触しないため、機械の遠隔操作化が容易で、自由な曲線・曲面の作業が可能でかつ均一な施工品質

が得られる.

ショットブラストの概要

ショットブラストは,機械加工分野で広く用いられており,投射材と呼ばれる粒体を高速で対象物に衝突させ,対象物 の加工等を行う手法である.インペラーと呼ばれる耐磨耗合金製の羽根車の遠心力により投射材を投射する.対象物は金 属,セラミック,コンクリート,ガラス,プラスチック等硬質なものが主である.この手法は主に対象物のバリの除去, 表面研削,模様付けなど広い意味での研削に用いられている.

建設分野では、鋼床版の研掃、コンクリートの表面処理等に多く用いられている. 投射材には、粒径2ミリ程度のスチー ルショット(球状粒子)もしくはスチールグリッド(エッジを持った多角形粒子)が用いられることが多い. 研掃の程度 は、投射材の単位面積あたり投射量によって調節する.

参考図-2.2.4にショットブラストマシンを示す.



参考図-2.2.4 ショットブラストマシン

3. 事前検討

3.1 シリーズAの事前検討

(1) 概要

成田国際空港貨物地区の NC 版を対象として,ウォー タージェットシステムの運転条件を変化させて表面処理 し,レーザ変位計により表面形状の測定を行った後,コ ア(ϕ 10cm)を採取した.一部は,ウォータージェット 処理後さらにショットブラスト処理を行ったほか,無処 理のコアも採取した(以下,ウォータージェットを WJ, ショットブラストを SB と略す).

その後,試験室内にて版表面側のコアに舗装用コンク リートを打継ぎ,28日間湿潤養生を行った後,直接引張 りによる界面付着強度試験を行い,付着界面処理方法と 付着強度の関係を調べた.

(2) 界面処理方法

付着界面の表面処理は,2003年1月7日に WJ 処理を, 1月8日に SB 処理を行った.

テストヤード位置は,成田国際空港貨物地区の NC 版 (5×5m 版,4 枚)である(図-3.1.1 参照).



図-3.1.1 テストヤードの位置

テストヤードの割付を図-3.1.2 に、WJ 処理の運転条件を表-3.1.1 に示す.ここで、WJ システムの運転条件は、WJ の圧力、横行速度、ノズル回転数を一定として、 ステップとスタンドオフ(図-3.1.3 参照)を変化させて 表面形状を変化させた.なお、①は成田国際空港のエプ ロン工事における運転条件例である.

各運転条件で WJ 処理後にレーザ変位計(後述のニッケン(株)製)により測定した表面形状データから,斜長比と平均深さの測定結果を表-3.1.2に,表面処理後の表面状況写真を写真-3.1.1~3.1.8に示す.

ここで、斜長比とは各測定点の高低差から測定点間の 距離を求め、その累積値(斜長)を測定長(解析対象デ ータの水平延長)で除した値で、平均深さとは解析対象 データの最高点と各測定点の差の平均値である.



図-3.1.2 テストヤードの割付

表-3.1.1 WJ システムの運転条件

運転条件	1	2	3	4	5	6	\bigcirc	8
ステップ(mm)	23	45	70	45	70	95	58	
スタンドオフ(mm)	30	30	30	60	60	60	30	
ノズル圧力(MPa)	176.4	176.4	176.4	176.4	176.4	176.4	176.4	₩J 毎1.
横行速度(m/min)	19	19	19	19	19	19	19	1.0
ノズル回転数(rpm)	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	
					Ŧ			



図-3.1.3 WJシステムのステップとスタンドオフ





写真-3.1.1 ヤード① (左:WJのみ,右:WJ+SB)





写真-3.1.2 ヤード②(左:WJのみ,右:WJ+SB)



←すじ



写真-3.1.3 ヤード③ (左:WJのみ,右:WJ+SB)





写真-3.1.4 ヤード④ (左:WJのみ,右:WJ+SB)



写真-3.1.8 ヤード⑧ (左:無処理,右:SBのみ)

表-3.1.2 表面形状測定結果 表面形状 医数 SB有無 AIEU 平

運転 条件	SB有無	斜長比	平均深さ (mm)	
1		1.286	7.878	
2		1.154	4.762	
3		1.175	4.569	
4	ср 4 щі	1.088	2.524	
5	いの無し	1.070	2.417	
6		1.059	1.622	
\bigcirc		1.122	3.767	
8		1.015	1.237	
1		1.177	7.238	
2		1.109	3.569	
3		1.121	3.721	
4	오모右네	1.072	2.316	
5	3D 19 9	1.059	1.873	
6		1.043	1.869	
$\overline{\mathcal{O}}$		1.073	3.154	
(8)		1014	0.877	

(3) 付着強度試験方法

試験室内にて採取したコアにコンクリートを打継ぎ, 直接引張りによる界面付着強度を求めた方法を以下に示 す.

a) 供試体の寸法

付着強度試験に用いる供試体の寸法は,直径 10cm,高 さ 30cm の円柱形とする.

- b) 供試体の準備
 - ①既設コンクリートから採取したコア供試体の表面 を,たわし等により水洗いする.
 - ②コア供試体は、高さが 15cm となるようにコアの底 面側をカッタ切断する.
 - ③カッタ切断した供試体は、水洗いした後、打継ぎ用 コンクリートの打設まで養生室内(20℃,湿度90% 以上)にて養生する.
- c) 打継ぎコンクリートの打設準備
 - ①コア供試体の打継ぎ面は、コンクリート打設前にエ アブラストにより清掃する.
 - ②コア供試体は、直径 10cm、高さ 20cm の 2 つ割りコンクリート円筒型枠を 2 段重ねし、図-3.1.4 に示すように底部に高さ 10cm のスペーサを置き、その上に設置する.



図-3.1.4 コア供試体の設置

- d) 打継ぎ用コンクリートの打設
- ①打継ぎ用コンクリートの練りまぜおよび打設は、試験室内で行う。
- ②コンクリートの練りまぜは、最大容量 0.1m³の室内 2 軸パグミルミキサを用いて行う.1回当たり練り量 は、付着強度試験用供試体 16 個分と強度試験用供試 体作製(曲げ強度用:15×15×53cm,3本,引張強 度用:φ10×30cm,3本)に必要な量とする.
- ③コンクリートは、スランプ、空気量の確認を行った後、図-3.1.4の型枠に1層で詰め、型枠中央部1ヶ 所を内部振動機により締め固める.内部振動機は、 コンクリート中にゆっくり差し込み、十分締め固め た後、ゆっくり引き抜く.なお、コンクリート中へ の差し込み深さは、付着処理面から2cm程度上まで とする.
- ④締固めたコンクリート表面は、金ゴテで平面に仕上 げる.
- e) 脱型および養生
 - ①打継いだ供試体は、打設後 24 時間まで養生室内 (20℃,湿度 90%以上)で養生をする.
 - ②供試体の脱型は、打設の24時間以上経過後に行い、 材齢26日まで標準養生(20℃水中)を行う.

f) 引張り試験用モールドの取り付け

①所定の養生を終了した供試体は、付着強度試験の2
 日前に養生水槽から取り出し、20℃、湿度60%の恒

温恒湿室内で1日間保存する.

②恒温恒湿室内で供試体表面を自然乾燥させた後,図 -3.1.5 に示すように供試体をエポキシ樹脂(速硬型,可使時間20~25分)を用いて引張試験用モールド(以下モールドという)に取り付ける.なお,供 試体の接着部およびモールド内面は,接着前にアセトンで洗浄する.



図-3.1.5 供試体の引張試験用モールドへの取付け

- ③使用するエポキシ樹脂は、コニシ(株)社製「ボン ドクイックセット 30」とする.
- ④供試体のモールドへの取付けは、取付け台にモール ドをセットし、モールド内に必要量のエポキシ接着 剤を流し込み、供試体をモールドの中心位置に埋込 む.モールド内へ流し込むエポキシ接着剤量は、モ ールドに供試体を埋め込んだ時に、モールドと供試 体の隙間から多少のエポキシ樹脂が溢れ出る量とす る.
- ⑤エポキシ樹脂が硬化し,片側端面へのモールド取り 付け終了後,上記と同様な操作で反対側(打継ぎ側) 端面へのモールドの取り付けを行う.
- g) 付着強度試験
 - ①付着強度試験は、打継ぎ用コンクリートの打設後材齢 28 日で行う.
 - ②付着強度試験用供試体は、写真-3.1.9に示すように 引張り試験用モールドに載荷ピン、ボールジョイン ト、テンションロッド等を用いて万能材料試験機に セットする.
 - ③載荷速度は、引張り応力の増加が毎秒 0.029~
 0.034MPa 程度とする.
 - ④破壊後,破断面(写真-3.1.10参照)で互いに直交する2方向の直径を0.1mmまで測定し,また,破断位

置を記録する.



写真-3.1.9 付着強度試験状況



写真-3.1.10 破断面の状況

h) 付着強度試験結果の整理

- ①供試体の直径は、破断面で互いに直交する2方向の 直径の平均とし、有効数字4桁に丸める.
- ②付着強度は、次式により算出し、有効数字3桁に丸 める.

 $\sigma_{\rm b} = P/(\pi d^2/4)$

(3.1)

ここに,

σ_b:付着強度 (MPa)

- P:最大荷重(N)
- d:供試体直径(mm)

(4) 付着強度試験用供試体の作製

表面処理後に採取したコアに舗装コンクリートを打 ち継ぎ,付着強度試験用供試体を作製した.打継ぎ用舗 装コンクリートは,目標スランプ 6.5cm,目標空気量 4.5%,設計基準曲げ強度を 5.0MPa とした.使用材料は, 普通ポルトランドセメント(密度;3.16g/cm³),細骨材 は鬼怒川産の陸砂(密度;2.58g/cm³,吸水率;2.55%), 粗骨材は秩父産の硬質砂岩砕石(密度;2.68g/cm³,吸水 率;0.82%)および AE 減水剤である.表-3.1.3 に打ち 継ぎに用いたコンクリートの示方配合を示す. なお,付着強度試験は3回に分けて供試体の作製および強度試験を実施した.すなわち,運転条件8種および SB 有無で16種類の付着処理した供試体を各1本ずつ作 製し,材齢28日での付着強度試験を3回繰り返し,3本 の平均を各付着処理方法の付着強度とした.

表-3.1.3 打継ぎ用舗装コンクリートの示方配合

粗骨材の	水セメント比	単位		単	位量(kg	/m ³)	
最大寸法	(W/C)	粗骨材	水	セメント	細骨材	粗骨材	AE
(mm)	(%)	容積	W	С	S	G	減水剤
20	45	0.73	160	356	620	1185	0.89

(5) 打継ぎ用コンクリートの性状

a) フレッシュコンクリートの性状

新旧付着試験で打継ぎに用いたコンクリートのフレ ッシュ性状は表-3.1.4に示すとおりである.

表-3.1.4 フレッシュコンクリートの性状

新旧	打継ぎ用	継ぎ用 スランプ 🕯		温度
コン	クリート	(cm)	(%)	(°C)
	1回目2/27	回目2/27 7.5		25
実測値	2回目3/3	6.0	4.4	23 (安泪)
	3回目3/6	5.5	4.0	(玉価)
E	標値	6.5±1.5	4.5±1.0	—

b)硬化コンクリートの性状

新旧付着試験で打継ぎに用いたコンクリートの材齢 28日における硬化性状は表-3.1.5に示すとおりである.

表-3.1.5 硬化コンクリートの性状(材齢28日)

学校ロ		強度 (MPa)	
武阪 口	直接引張	強度(MPa) 振 割裂引張 2.64 4.24 - 4.32 2.98 - 3.61 3.00 - 3.47	曲げ
1回日	3.26	2.64	6.74
1回日	2.61	4.24	6.24
(02/03/27)	_	_	6.00
2回日	3.81	4.32	6.58
2回日	3.82	2.98	6.26
(02/03/31)	_	_	5.90
2回日	3.07	3.61	6.29
3回日	3.29	3.00	5.95
(02/04/03)	_	_	6.27
平均	3.31	3.47	6.25
標準偏差	0.46	0.70	0.28

(6) 付着強度試験結果

付着強度試験結果を表-3.1.6 に, WJ システムの運転 条件と付着強度の関係を図-3.1.6 に示す.

表-3.1.6 付着強度試験結果

運転					
条件	SB≸	無し	SBZ	有り	
	2.62		3.19		
1	1.95	2.15	2.33	2.86	
	1.88		3.05		
	2.52		2.55		
2	2.30	2.35	2.25	2.49	
	2.24		2.68		
	2.28		2.50		
3	2.03	2.16	2.61	2.53	
	2.16		2.47		
	2.34		3.02		
4	2.45	2.62	2.39	2.50	
	3.07		2.08		
	1.40		2.65		
5	2.11	1.87	2.14	2.35	
	2.10		2.25		
	1.82		2.12		
6	1.59	1.74	1.90	2.04	
	1.80		2.09		
	1.85		2.91		
\overline{O}	2.23	2.28	2.09	2.54	
	2.76		2.63		
	1.17		2.63		
8	1.29	1.23	2.12	2.39	
	1.24		2.42		





図-3.1.6から,付着強度はWJシステムの運転条件に よって異なり,スタンドオフが30mm(運転条件①~③, ⑦)の場合は60mm(運転条件④~⑥)の場合より付着 強度が高かった.一方,ステップ間隔が大きくなると付 着強度は小さくなる傾向が見られるものの,スタンドオ フが30mmの場合だけで見ると,ステップ間隔(23~ 70mm)が付着強度に及ぼす影響は明確でなかった.ま た,運転条件の④を除いて SB 無しに比べて SB 有りのほうが付着強度は大きい傾向にあることがわかる.

次に,表面形状値として求めた斜長比と付着強度の関係を図-3.1.7に,平均深さと付着強度の関係を図-3.1.8 に示す.

図から付着強度は、斜長比が大きくなるほど、また、 平均深さが大きくなるほど増大する傾向が見られる.



図-3.1.7 斜長比と付着強度の関係



(7) 界面処理方法と付着強度試験のまとめ

- ①WJ 処理の運転条件が付着強度に及ぼす影響については、スタンドオフが 30mm のほうが 60mm の場合より付着強度が高く、ステップ間隔が大きくなると付着強度が小さくなる傾向が見られた。
- ②表面形状値として求めた斜長比と平均深さとも、表面形状値が大きいほど付着強度も大きくなる傾向を示した.これは、WJシステムによる表面処理により表面に適度な凹凸(マクロ的なテクスチャ)が形成されたためと考えられる.
- ③WJ処理のみに比べてSB有りのほうが付着強度は大 きい傾向を示した.これはWJシステムによる凹凸 面をさらにショットブラスト処理することにより,

表面にマクロ的なテクスチャとミクロ的なテクスチャが形成され,複合的に付着強度が向上したためと 推測される.

④SB有りに比べてWJ処理のみの表面形状値(斜長比ならびに平均深さ)と付着強度の相関は低かった(R²=0.22~0.26).これは、界面に垂直に載荷する引張付着試験では、WJ処理のような凹凸の大きな界面の付着強度を十分に評価できていないためと推測される.

以上から、表面形状値と直接引張試験による付着強度 は一定の傾向を示すものの、WJシステムのように凹凸 の大きな路面は、せん断強度など水平方向の付着性能に ついても評価する必要があるものと考える.

3.2 シリーズBの事前検討

(1) 室内試験の目的

新旧コンクリートの付着方法について室内レベルで 検討し、付着の確保が可能と思われる仕様を抽出するこ とにより、引き続き実施する実規模試験舗装での施工条 件を絞り込むことを目的として室内試験を行った.具体 的には、新旧コンクリートの界面処理方法と水準を種々 変化させ、せん断強度との関係を把握する.また、せん 断強度の代用特性の検討のため、引張接着試験も実施す る.

(2) 界面処理方法

界面処理方法は表-3.2.1の①~⑧に示す8種類とする. また,検討のための比較対象として一体化供試体(⑨ダ ミー)による試験も実施する.なお,①~⑧については, 見本として,サンプルを1枚ずつ保管するものとする. 界面処理方法①~⑧の仕上がり面を**写真-3.2.1**に示す.

(3) 供試体作製方法

供試体の作製方法は以下のとおりとする.

①早強コンクリート(レディーミクストコンクリート)を用いて、下地コンクリート版を作製する(大きさは縦 30cm×横 30cm×厚 5cm).なお、コンクリートの配合条件は表-3.2.2、表-3.2.3のとおりとする。

②打設の翌日に脱型し,20℃の水中で7日間養生する.③水中養生終了後,気乾養生を材齢14日目まで行う.

表-3.2.2 配合条件

版レアド	スラ	空気	粗骨材の	カンパの
呼い	ンプ	量	最大寸法	モメントの
蚀皮	(cm)	(%)	(mm)	俚积
40	0+25	4.5±	20	早強ポルトラン
40	8±2.5	1.5	20	ト゛セメント

表-3.2.3 配合表 (kg/m³)

セメント	水	細 骨 材 ①	細骨材②	粗 骨 材 2005	混和 剤	水t メント 比	細骨材率
451	173	480	206	998	4.510	38.4 %	41.3 %

** 上記配合表は生コン工場(宍戸コンクリート工業(株)世田 谷工場)の配合報告書による.

- ④気乾養生終了後,表-3.2.1に示した各種の界面処理 を行う.なお,表面のキメ深さの評価はレーザー(CT メーター)による凹凸度(MPD)とサンドパッチ法 (キメ深さ)との両方で測定するものとする.
- ⑤界面処理終了後、早強コンクリート(レディーミクストコンクリート)を用いて、オーバーレイコンクリートの打設を行う.オーバーレイコンクリートの仕様は下地コンクリートと同一とする.なお、下地コンクリートおよびオーバーレイコンクリートの強度を確認するため、曲げ試験および圧縮試験用供試体を作製する.養生日数は7日、14日、28日とする.

界面処理方法	仕様	備考
①ショットブラスト A	投射密度:100kg/m ² (φ1.4mm 球)	
②ショットブラスト B	投射密度 200kg/m ² (φ 1.4mm 球)	
③ショットブラスト C	投射密度 400kg/m ² (φ 1.4mm 球)	
のショットブラフト上控差刘Ⅰ	投射密度 150kg/m ² (φ 1.4mm 球)	
④マヨソドノノハト - 1女有別 I	接着剤 I : 塗布量 11/m ²	エポキシ系樹脂
◎ショットブラフト⊥控差刻Ⅱ	投射密度 150kg/m ² (φ 1.4mm 球)	
しマョンドノノハド 164月11	接着剤Ⅱ:塗布量11/m ²	エポキシ系樹脂
⑥グルービングのみ	溝形状:幅 25mm×深 15mm×ピッチ 55mm(芯々)	
のガルービンガムショットブラフトD	溝形状:同上	太溝に近似
	投射密度 200kg/m ² (φ 1.4mm 球)	
◎ 切削機 ⊥ ショットブラフト D	切削深さ 10mm	切削版は(社)日本建設
◎ 切削機干ショットノノスト B	投射密度 200kg/m ² (φ 1.4mm 球)	機械化協会より購入
⑨ダミー	一体化供試体	

表-3.2.1 界面処理方法



④⑤ショットブラスト+接着剤





⑥グルービングのみ





⑦グルービング+ショットブラストB





⑧切削機+ショットブラストB写真-3.2.1 下地コンクリートの仕上り面状況

⑥打設の翌日に脱型し,20℃の水中で7日間養生する.
 ⑦水中養生終了後,せん断試験用供試体,引張接着試験用供試体とも図-3.2.1のように10cm角に切り出す.

⑧せん断試験実施時のオーバーレイコンクリートの 材齢は、最低14日以上を確保するものとする.



図-3.2.1 せん断試験,引張接着試験用供試体

- (4) 強度試験項目と方法
- a) 初期強度の検討
- i) せん断試験

①せん断試験用治具

垂直荷重を考慮したせん断試験(以下,斜めせん断 試験という)が実施できるよう,図-3.2.2に示すよう な治具を用いる.なお,当該治具のせん断角度は垂直 荷重1:水平荷重0.8となるよう設定されている.



図-3.2.2 せん断試験用治具

このような斜めせん断試験方法はヨーロッパ(ドイ ツ,オーストリア,フィンランド等)において橋面防 水材のせん断抵抗の評価方法として規定されている ほか,わが国でもコンクリート構造物のせん断耐力の 評価に用いた実績⁷⁰のあるものである. ②せん断試験方法

アムスラーによりせん断試験を実施し,式(3.2)から 最大せん断強度を,式(3.3)から割線バネ定数を求める. なお,界面処理方法⑥,⑦はグルービングを施した供 試体であり,せん断強度には方向性があると考えられ ることから,ここでは,安全を見てせん断強度が低く 評価されると思われるグルービングに沿った方向(グ ルービングに平行な方向)で試験を実施するものとす る.

$$\tau_{\text{max}} = P_{\text{max}} \times \cos 51.34^{\circ} \text{ /A} \tag{3.2}$$

ここに,

τ_{max}:最大せん断強度(MPa) P_{max}:最大荷重(N) A:断面積(mm²)=10,000 mm²

 $K = \tau_{1/3} / \delta_{1/3}$ (3.3)

ここに,

 K:割線バネ定数 (N/mm³)
 τ_{1/3}:最大せん断強度 (τ_{max})の1/3の せん断強度 (MPa)
 δ_{1/3}:τ_{1/3}における変位 (mm)

せん断試験の試験条件は以下のとおりとする.

- ·試験温度:常温
- ・載荷速度:1mm/min
- ii) 引張接着試驗

せん断強度の代用特性と成り得るかどうかの検討を 行うため、インストロン万能試験機により、引張接着試 験を実施する.

- 引張接着試験の試験条件は以下のとおりとする.
 - ·試験温度:常温

・載荷速度:0.098MPa/sec (1 kgf/cm²/sec)

b)繰返し負荷後の強度の検討

初期強度用せん断試験供試体と同一条件で作製した 供試体について、インストロン万能試験機により繰返し 圧縮負荷を加え、その後、初期強度試験と同様の方法で せん断試験を実施する.

なお、繰返し圧縮負荷の試験条件は以下のとおりとする.

- ·試験温度:常温
- ・載荷荷重:実際に界面に生じる垂直応力相当の荷重
 多層弾性理論解析プログラム GAMES による計算値
 であるσ_z=1.35MPa (表-3.2.4, 図-3.2.3 参照)
- ・載荷回数:40,000回
- ・荷重波形:サイン波, 10Hz

		厚さ	弹性係数	ホ。アソン	層間	
		(cm)	(MPa)	比	すべり	
	コンクリート	15	25,000	0.20		
	版	43	33,000	0.20	完全	
各	アスファルト	12	4 000	0.25	すべり	
僧の	安定処理	12	4,000	0.35	完全	
物	中夕 点凸	22	200	0.25	付着	
值	峭盛	32	52 200		完全	
	收古		00	0.40	付着	
	 路 床	_	90	0.40		
		B747-40	0の1輪			
		• 輪荷重	重:910kN/4:	=227.5kN	1	
重	載荷荷重	・接地正	面積:1645cm ²	2		
		(等信	町の円の半径=	=22.9cm)		
		・水平荷	青重:垂直荷言	重×80%		

表-3.2.4 GAMES の入力条件



- (5) 試験結果
- a) 表面のキメ深さ

CT メータおよびサンドパッチ法による下地コンクリートの表面のキメ深さは表-3.2.5,図-3.2.4に示すとおりである.キメ深さ測定状況を写真-3.2.2(a),(b)に示す.

表-3.2.5 キメ深さ測定結果

				`			
		CT メータ	MP	D (mm)			
界面処理方法	サンフ゜ル	せん断 試験用	繰 負 せ 蔵 荷 断 開	建研式 引張り 試験用	平均		
①ショットフ゛ラスト A	0.35	0.59	0.48	0.32	0.44		
②ショットフ゛ラスト B	0.94	0.84	0.74	0.58	0.78		
③ショットフ゛ラスト C	1.94	1.83	1.98	1.95	1.93		
④ショットブラスト +接着剤 I	0.64	0.55	0.88	0.64	0.68		
⑤ショットブラスト +接着剤Ⅱ	0.61	0.56	0.61	0.64	0.61		
⑥グルービングのみ※	(10.43	(6.78)	(6.78)	_	(8.61)		
⑦グルービング +ショットブラスト B [※]	(8.90)	(6.52)	(6.52)	_	(7.71)		
⑧切削機 +ショットブラスト B	2.27	2.31	2.47	_	2.35		
	サンドパッチ キメ深さ (mm)						
界面処理方法	サンフ゜ル	せん断 試験用	繰返し 負荷後 せん断 試験用	建研式 引張り 試験用	平均		
界面処理方法 ①ショットブラスト A	サンフ [°] ル 0.40	せん断 試験用 0.41	繰返し 負荷後 せん断 試験用 0.42	建研式 引張り 試験用 0.37	平均 0.40		
界面処理方法 ①ショットブラスト A ②ショットブラスト B	サンフ [°] ル 0.40 0.79	せん断 試験用 0.41 0.85	繰返し 負荷後 せん断 試験用 0.42 0.73	建研式 引張り 試験用 0.37 0.73	平均 0.40 0.78		
界面処理方法 ①ショットブラスト A ②ショットブラスト B ③ショットブラスト C	サンフ [°] ル 0.40 0.79 1.91	せん断 試験用 0.41 0.85 1.88	繰返し 負荷後 せん断 試験用 0.42 0.73 1.86	建研式 引張り 試験用 0.37 0.73 2.07	平均 0.40 0.78 1.93		
界面処理方法 ①ジョットブ [、] ラスト A ②ジョットブ [、] ラスト B ③ジョットブ [、] ラスト C ④ジョットブ [、] ラスト +接着剤 I	+ ⁺ ν7° μ 0.40 0.79 1.91 0.53	せん断 試験用 0.41 0.85 1.88 0.48	繰返し 負荷後 せん断 試験用 0.42 0.73 1.86 0.62	建研式 引張り 試験用 0.37 0.73 2.07 0.53	平均 0.40 0.78 1.93 0.54		
界面処理方法 ①ショットブ [、] ラスト A ②ショットブ [、] ラスト B ③ショットブ [、] ラスト C ④ショットブ [、] ラスト +接着剤 I ⑤ショットブ [、] ラスト +接着剤 I	+ ⁺ ν7° μ 0.40 0.79 1.91 0.53 0.55	せん断 試験用 0.41 0.85 1.88 0.48 0.51	繰返し 負荷後 せん断 試験用 0.42 0.73 1.86 0.62 0.52	建研式 引張り 試験用 0.37 0.73 2.07 0.53 0.56	平均 0.40 0.78 1.93 0.54		
界面処理方法 ①ショットブ [*] ラスト A ②ショットブ [*] ラスト B ③ショットブ [*] ラスト C ④ショットブ [*] ラスト +接着剤 I ⑤ショットブ [*] ラスト +接着剤 II ⑥ <i>f[*]</i> ルーヒ [*] ン <i>f[*]</i> のみ ^{**}	+ ⁺ ν7° μ 0.40 0.79 1.91 0.53 0.55 -	せん断 試験用 0.41 0.85 1.88 0.48 0.51 -	繰返し 負荷後 せん断 試験用 0.42 0.73 1.86 0.62 0.52 -	建研式 引張り 試験用 0.37 0.73 2.07 0.53 0.56 -	平均 0.40 0.78 1.93 0.54 0.54 -		
界面処理方法 Dショットブ [*] ラスト A 2ショットブ [*] ラスト B 3ショットブ [*] ラスト C 4ショットブ [*] ラスト +接着剤 I 5ショットブ [*] ラスト +接着剤 II 6 <i>f[*]</i> ルーヒ [*] ン <i>f</i> [*] のみ ^{**} 7 <i>f[*]</i> ルーヒ [*] ン <i>f</i> [*] のみ ^{**}	サンプ°ル 0.40 0.79 1.91 0.53 0.55 	せん断 試験用 0.41 0.85 1.88 0.48 0.51 - -	繰返し 負荷後 せん断 試験用 0.42 0.73 1.86 0.62 0.52 - -	建研式 引張り 試験用 0.37 0.73 2.07 0.53 0.56 - -	平均 0.40 0.78 1.93 0.54 0.54 - -		

* ⑥, ⑦の供試体はグルービング施工のため, 参考値として() 付とした.



図-3.2.4 キメ深さ測定結果



(a) CT メータ



(b) サンドパッチ写真-3.2.2 下地コンクリートのキメ深さ試験状況

- b) コンクリート性状
- i) フレッシュコンクリートの性状

フレッシュコンクリートの性状は表-3.2.6 に示すとおりである. 試験状況を写真-3.2.3(a), (b)に示す.

表-3.2.6 フレッシュコンクリートの性状

性状使用部位	スラ ンプ (cm)	空気量 (%)	単位体積 質量 (kg/m ³)	コンクリート 温度 (℃)
下地 コンクリート	8.5	5.2	2291	26.5
オーハ [・] ーレイ コンクリート	8.0	4.5	2297	32.9



(a) 下地コンクリート



(b) オーバーレイコンクリート写真-3.2.3 フレッシュコンクリートの性状試験状況

ii) 硬化コンクリートの性状

硬化コンクリートの性状は表-3.2.7 に示すとおりである. 試験状況を写真-3.2.4(a), (b)に示す.

項目	圧縮強	王縮強度(MPa)				曲げ強度 (MPa)			
使用部位	σ	σ ₁₄ σ ₂₈		σ ₇		σ_{14}	σ_{28}		
下地 コンクリート	43.2	48.7 54.0		6.22		5.76	6.71		
オーハ [、] ーレイ コンクリート	48.1	53.8	3.8 59.3		6.53	7.15		7.04	
項目			弾	生係	系数(MPa)				
使用部位		σ		σ ₁₄				σ ₂₈	
下地 コンクリート	26	26,170		28,890			29,530		
オーハ [・] ーレイ コンクリート	29	,800		31,600		0 32,810			

表−3.2.7 硬化コンクリートの性状



(a) 圧縮強度試験



(b) 曲げ強度試験 写真-3.2.4 硬化コンクリートの強度試験状況

- c) 強度試験結果
- i) せん断試験結果

せん断試験結果の一覧を表-3.2.8 に示す.また,せん 断強度の結果を図-3.2.5,割線バネ定数の結果を図 -3.2.6 に示す.なお,初期値のせん断試験実施時の材齢 は,下地コンクリート:41日,オーバーレイコンクリー ト:19日であり,繰返し負荷後のせん断試験実施時の材 齢は,下地コンクリート:115日,オーバーレイコンク リート:93日である. せん断試験状況を**写真-3.2.5**に示す.

表-3.2.8 せん断試験結果の一覧

界面		初期	期値		繰返し負荷後				
処理の	せん関	所強度	割線バ	ネ定数	せん幽	所強度	割線バネ	、定数	
方法	(M	Pa)	(GN	/m ³)	(MPa)		(GN/m ³)		
(Dýay)	35.39		73.40		41.44		79.62		
フ゛ラスト	35.34	35.23	75.35	75.10	43.53	42.57	108.61	88.42	
А	34.95		76.56		42.74		77.02		
@ショット	37.20		84.88		42.38		80.69		
フ゛ラスト	34.96	36.67	76.06	81.33	45.30	43.40	82.54	88.29	
В	37.85		83.05		42.51		101.65		
3¥37}	39.12		90.83		46.01		90.51	102.1	
フ゛ラスト	38.67	39.21	81.21	86.58	44.63	45.21	117.82	0	
С	39.84		87.71		45.00		98.23)	
(£)?∃ÿŀ	38.29		88.92		39.58		57.71		
ブラスト+	38.16	38 23	86.21	89.05	42.37	39 77	122.84	80 19	
接着剤	38 25	00.20	92.01	89.05	37 36	57.11	60.03	00.17	
Ι	50.20		2.01		57.50		00.00		
(5)¥¥yþ	30.09		90.25		38.07	34.80	50.23	49.60	
フ゛ラスト+	29.78	31.01	76.07	82.19	34.31		49.49		
接着剤	33.16		80.23		32.03		49.06		
П									
61°N-	28.31		72.06		25.56		89.02		
ヒ゛ンク゛	19.62	24.08	56.13	64.53	26.31	25.94	87.34	88.18	
のみ	24.32		65.39		_		_		
⑦グル-	28.42		66.62		32.83		76.82		
<i>ビング+</i>	28.00		61.70		32.96		73.69		
ショットフ゛		28.21		64.07		32.90		75.26	
ラストト	28.21		63.88		—		—		
B					41.00		(1.12		
(8)切削	34.56		71.83		41.83		61.48		
機 +シ	34.65	34.27	69.74	72.03	41.21	41.31	66.98	64.29	
ョットフ フ スト B	33.60		74.53		40.88		64.41		
@¢` ર	37.87		91.08		41.60		79.13		
(一体	38.06	27.21	75.98	04 60	37.05	20.50	78.54	80.57	
化供試	26.00	37.31	87.00	84.68	40.11	39.59	94.05	80.57	
体)	30.00		87.00		40.11		64.05		





図-3.2.5 せん断強度

図-3.2.6 割線バネ定数



写真-3.2.5 せん断試験状況

ii)引張接着試験結果

引張接着試験結果を表-3.2.9, 図-3.2.7 に示す. なお, 初期値のせん断試験実施時の材齢は,下地コンクリート:52日,オーバーレイコンクリート:30日であり, 繰返し負荷後のせん断試験実施時の材齢は,下地コンク リート:119日,オーバーレイコンクリート:97日である.

引張接着試験状況を**写真-3.2.6**に示す.

用三知四の十社	引	張接着強	度(MPa)	
界面処理の方法	初期値		繰返し負荷後		
	0.93		1.34		
ראָאָדאָ אדאָ אַזאָ \mathbf{A}	1.03	0.99	1.52	1.42	
	1.02		1.41		
	1.00		1.84		
②ショットフ゛ラスト B	1.98	1.38	1.79	1.83	
	1.15		1.85		
	2.04		2.41		
③ショットブラスト C	1.23	1.71	2.42	2.40	
	1.86		2.38		
()) 1) 1) 1) 1) 1)	2.61		2.48		
④/3ット/ ///	2.58	2.59	2.28	2.51	
「女伯月」	2.58		2.77		
⑤ショットブラスト	2.51		2.60		
	2.50	2.51	2.49	2.58	
⊤」女相月1Ⅱ	2.51		2.65		
	1.81		_		
⑥グルービングのみ	1.63	1.80	_	—	
	1.95		_		
(7)カ゛ルート゛いカ゛	2.43		_		
+ yawh7 77 77 B	2.21	2.40	—	—	
	2.57		—		
⑧切削機	2.22		2.38		
 ショノトリ1元 +ショットブ・ラスト R 	2.04	2.21	2.36	2.40	
	2.37		2.45		
(9) # ` `-	2.48		2.56		
●/ 、	2.42	2.49	2.49	2.59	
	2.56		2.71		

表-3.2.9 引張接着試験結果



写真-3.2.6 引張接着試験状況



図-3.2.7 引張接着試験結果

	せん聞	所強度	割線バ	ネ定数	引張接	着強度		
界面処理の方法	初期	負荷	初期	負荷	初期	負荷	総合評価	評価基準
	値	後	値	後	値	後		
①ショットフ [゛] ラスト A	0	0	0	0	×	×	×	
②ショットフ [*] ラスト B	0	0	0	0	×	×	×	
③ショットフ゛ラスト C	0	0	0	0	×	0	\bigtriangleup	○:一体化供試体の 90% に上
④ショットフ゛ラスト	0	\bigcirc	0	\cap	\cap	\cap	\bigcirc	△:一体化供試体
+接着剤 I	0	0						の 85%以上
⑤ショットフ゛ラスト	×	~	\bigcirc	×	\bigcirc	\bigcirc	×	×:一体化供試体
+接着剤Ⅱ	~~		0					の 85%未満
⑥グルービングのみ	\times	\times	\times	0	\times	—	×	
⑦グルービング	~	~	~	\cap	\cap	_	~	総合評価
+ショットフ゛ラスト B	^	~	^	U	U		~	○:すべての項目○
⑧切削機		0 0	\bigtriangleup	×		\bigcirc	^	△:1項目×
+ショットフ゛ラスト B	U							

表-3.2.10 総合評価結果

iii) せん断強度と引張接着強度の相関

室内試験ではせん断試験を引張接着試験を実施した. この両者に高い相関関係があれば、今後どちらか一方の 試験で付着強度特性を代表させることができると考えら れた.しかし、今回実施したせん断試験結果(表-3.2.8) および引張接着試験結果(表-3.2.9)より、両者の相関 は図-3.2.8に示すとおり寄与率(R²)が限りなく0に近 いことから、無相関という結果となった.このことから、 事前の室内検討ではせん断試験と引張接着試験の両面か ら検討を行うことが望ましいと考えられる.なお、図 -3.2.8 には初期値と繰り返し負荷後の全てのデータを プロットしている.



図-3.2.8 せん断強度と引張接着強度の関係

- iv) まとめ

ブラスト C), No.④ (接着剤 I) は高いせん断強度 を示しており,一体化供試体と遜色のない結果が得 られている.(ただし,後述するように引張接着強 度では,ショットブラストのみの供試体(No.①,②, ③)の性状は良好とはいえない)

- ③図-3.2.6は割線バネ定数の結果を示しているが、この値が大きいほど層間の付着は強く、一体化供試体に近いと考えられる.このような観点から考察すると、図-3.2.5のせん断強度の場合と同様に、No.②(ショットブラスト B)、No.③(ショットブラストC)、No.④(接着剤I)が良好であると判断できる.
- ④図-3.2.7の引張接着強度の結果から、良好な性状を示したのは接着剤を用いた No.④、⑤であり、次いで切削機の No.⑧であった. せん断試験で良好であったショットブラストのみの供試体(No.①、②、③)は引張接着強度では必ずしも良好とはいえない結果となった.
- ⑤せん断強度と引張接着強度には相関関係が認められなかったことから、室内試験による事前検討ではせん断試験と引張接着試験の両面から検討を行うことが望ましいと考えられる。
- ⑥せん断試験結果および引張接着試験結果より,総合的に判定した結果を表-3.2.10に示す.表-3.2.10より,ショットブラスト+接着剤Iによる界面処理方法が最も良好な結果を示したことから,試験施工では本工法を主体として実施するものとする.また,比較対象としてショットブラストのみと切削+ショットブラストの各工法についても実施することとする.

4. 試験施工の計画ならびに実施(シリーズ A)

4.1 試験計画

3章で述べた事前検討での主な結果と課題はつぎのと おりであり、それを試験計画に反映した.

- ①ウォータージェット(以下 WJ と略す)の運転条件 が付着強度に及ぼす影響については、スタンドオフ が 30mmの場合が 60mmの場合よりも付着強度は高 かった.また、ステップ間隔(23mm~70mm)が付 着強度へ及ぼす影響は小さく、施工効率を高められ る可能性が得られた。
- ②ショットブラスト(以下 SB と略す)だけでも高い 付着強度を示していることから、WJ のような大き な凹凸での路面の付着強度を評価する場合には,直 接引張試験のみでは十分でなく,せん断強度などか

らも評価する必要がある.

- ③評価に用いた供試体は現場作製の処理面に対して、 室内で打ち継いだものであるので、実施工を通じ経 年的な評価(長期観測)と、採取した供試体により 界面強度(力学試験)の評価を行う必要がある。 以上を踏まえて、以下の試験計画を作成した。
- (1) 試験舗装の目的

既設コンクリート版表面を WJ 処理して SB を行い,その上に薄層のコンクリートを付着オーバーレイする工法 について,既設の空港コンクリート舗装版に施工し,そ の供用性を長期観測するとともに,力学試験用テストピ ットも作製して力学試験も実施し,それらより本工法の 技術基準を確立する.



(2) 場所と試験施工期日

図-4.1.1に工区割を示す.場所は,東京国際空港(羽田空港)の旧コンパスヤード内(旧東急ホテル前付近) とした.既設のコンクリート版は目地間隔 5m,版厚 35cm のNC舗装(粗骨材最大寸法 40mm)である.NC舗装は 通常の民間空港エプロン舗装に多く用いられている.

施工期日と主要試験項目を表-4.1.1に,対象オーバー レイと使用コンクリートの関係は表-4.1.2に示す.

2003 年には、WJ 処理と SB 処理を実施し、その上に 長期観測用のオーバーレイの実施工を実施した.また、 力学試験用のテストピットその1も作製した.厚さは、 5cm と 10cm の 2 条件とした.コンクリートの種類は普 通コンクリートの1 種類である.

2004 年には, 2003 年に WJ 処理したがまだオーバーレ イされていない箇所を用いて, SB 処理し, 力学試験用テ ストピットその 2 を施工した. 厚さは 5cm の 1 条件であ る. コンクリートの種類は普通コンクリートと, 鋼繊維 (SF)を用いた鋼繊維補強コンクリート(以下 SFRC と 呼ぶ)の 2 種類である. ここで, SFRC は, 付着オーバ ーレイにひび割れが発生した場合の飛散防止, FOD

(Foreign Object Damage: 異物吸入)対策として,オー バーレイコンクリートとして新たに評価しようとしたも のである.

施工日		長期観測用 オーバーレイ	力学試験用	試験用テストピットの オーバーレイ		
			その1	その2		
	9月18日		WJ処理			
2003年	10月7日	SE	処理	—		
	10月8日	コンクリート打設 ・普通コンクリート	コンクリート打設 ・普通コンクリート	-		
	11月30日	-	-	SB処理		
2004年	12月1日	_	_	コンクリート打設 ・普通コンクリート ・SFRC		

表-4.1.1 試験施工期日と主要試験項目

表-4.1.2 オーバーレイコンクリートの種類と厚さ

項目	長期観測用 オーバーレイ	力学試験用テストピット のオーバーレイ				
		その1	その2			
普通 コンクリート	厚さ5cm 厚さ10cm	厚さ5cm 厚さ10cm	厚さ5cm			
SFRC - 厚さ5cm						
備考:普通コンクリートは、その1とその2では打設時期 が異なるが配合は同じ.						

(3) 界面処理方法

WJ 処理は 2003 年 9 月に,オーバーレイ施工箇所の面 積よりも広めに実施した.

WJ 表面処理の方法は、ノズル圧力、ステップ、スタ ンドオフは表-4.1.3のように4レベルを選定した.ノズ ル圧力が、3章で実施した条件と異なっているが、これ は本箇所の隣接箇所であらかじめ圧力調整区間を設け圧 力を変えて予備試験したところ、目視による粗さの判定 より、ノズル圧力が142MPaでほぼ成田国際空港にて実 施している粗さが再現できそうであることが分かったた めであり、処理方法aを基準とした.処理方法bでは施 工能率を2.5倍とし、その分単位面積あたりの処理エネ ルギが減少するので、ノズル圧力を176.4MPaに上げた. さらに処理方法cではノズル圧力は処理方法bとほぼ同 じで、ステップを増加させ、施工能率を3倍(ステップ 69mm)にしたものである.

SB の処理条件を表-4.1.4 に示す.SB 処理は,表面の 清掃も兼ねることからオーバーレイ直前に実施すること が望ましいので,オーバーレイコンクリートの打設前日 に実施し,処理面は打設まで汚れないように養生してお いた.

処理条件 呼び名	ノズル 圧力 MPa	ステップ mm/回	スタンド オフ 1000	横行速度 m/min	ノズル 回転数 rpm
処理方法a	142	23	30	19	1000
処理方法b	176	58	30	19	1000
処理方法c	181	69	50	19	1000
処理方法d	WJはなし				

表-4.1.3 WJ 表面処理の試験条件

表-4.1.4 SB の処理条件

処理条件	使用鉄球	投射密度	備考
呼び名	種類	kg/m ²	
SB-hr100	半割球	100	成田空港における完全付着 オーバーレイ工法に準じた
4.2 試験施工

(1) 使用機械

WJ処理とSB処理および長期観測用コンクリートオー バーレイの施工には, 表-4.2.1のような大型機械を用い た.

表-4.2.1 用いた主要な施工機械

施工種別	機械名	能力・ 仕様	台 数	備考
	WJ超高圧ポンプ	最大圧力205MPa 最大流量119兆/分	3	
	WJ表面処理機	施工幅 7 m	1	
	水槽	$20m^{3}$, $5m^{3}$	2	清水用
	小型回収機	1.5m幅	1	
	水中ポンプ	1.5 k w	3	清水供給用
	発電機	10 K V A	1	給水ポンプ用
	発電機		1	回収機用
WJ処埋	高能力吸引审	差圧-700mmHG	3	大型1台
	间配//双月平	風量50m ^{3/} s	0	ハイドローフ付き2台
	散水車	4 t 車	3	清水供給
	タ゛ンフ゜トラック	4 t 車	1	高圧洗浄機積載
	喜臣洗浄機		8	回収機用6台
	问/二1/11于17及		0	清掃用2台
	泥水運搬車		4	
	コンフ゜レッサー		1	回収機用
	10 t 平ボディ		1	回収機用
SB処理	ショットブラスタ		1	
	ブレード型スプレッダ	3.0-7.5m	1	敷きならし
	成田空港仕様コン クリートフィニッ シャ	3.0-7.5m	1	締固め・仕上げ 斜めスクリード付き、
+ _ 13 _	作業台	3.0-7.5m	1	粗面仕上げ。養生
オーハー	ラフタークレーン	50tf	1	資機材積み卸し
レイのユ	バックホウ	0. 4m ³	1	生コン荷下ろし
シクリート打殺	平面バイブレータ		2	端部締固め
1.1102	コンプレッサ		1	清掃
	散水車	4tf	1	養生
	タイヤショベル		1	片づけ
	ダンプトラック	2tf	1	片づけ・小運搬
	フォークリフト	1tf	1	資機材積み卸し

(2) 使用コンクリート

薄層施工であることから、コンクリートの供給能力と、 荷下ろし、敷きならし、締固めの施工速度を勘案し、ア ジテータ車による運搬とし、配合条件は表-4.2.2のとお りとした.なお、普通コンクリートの場合は、既往の羽 田空港内の工事にて実績があることからその配合を用い ることとした.また、SFRC の場合は、実績がないこと から試験練りを行い、配合を決定した.

表-4.2.2 配合条件(オーバーレイコンクリート)

コンクリートの種類による記号	舗装
呼び強度	曲げ5
スランプ	6.5
粗骨材の最大寸法による記号	20
セメントの種類による記号	Ν

a) 製造工場関東宇部コンクリート工業(株) 大井工場

b)使用材料 使用材料は表-4.2.3に示すとおりである.

表-4.2.3 使用材料の性状

材料	種類	特性	製造者または産地
セメント	普通ポルトランド セメント	密度3.16g/cm ³	三菱宇部セメント (株)製
細骨材	混合砂 (山砂:砕砂)	FM2.60 密度2.62g/cm ³ 吸水率1.55%	鶴岡、八戸砕砂 (70:30)
粗骨材	砕石2005	実績率60% 密度2.68g/cm ³ 吸水率0.46%	八戸2005
混和剤	レオビルドSP8S	高性能AE減水剤標 準形	(株) エヌエムビー
水	上水道	—	-
SF	鋼繊維	インデント型 0.5×0.5×30mm	ブリジストンIP

c) 普通コンクリートの配合

実績のある普通コンクリートの配合は表-4.2.4 に示 すとおりである.

表-4.2.4 普通コンクリートの配合

ſ	水セメ	細骨材			単位量kg/m ³						
	/ ト丘 (%)	半(%)	セメント	セメント 水 細骨材 粗骨材 混和							
L	(/0)	(70)					C×0.9				
Γ	39	38.7	400	156	681	1108	3.6				

d) 鋼繊維補強コンクリートの配合

試験練り

2004年の試験施工に用いる SFRC の試験練りを実施した. 試験箇所は上記工場の試験室で,試験錬り日は 2004年10月12日であった. なお,比較のため普通コンクリートについても,試験練りを実施した.

使用するコンクリートの配合条件は,表-4.2.5 に示す ものとした.ここで,鋼繊維量は,一般には1.0%以上(体 積比)の場合が多いが,本工法ではオーバーレイコンク リートに何らかのひび割れが発生した場合の断片,飛散 などの~FOD対策として用いることから,0.5%とした.

なお,試験施工の運搬時間を約 30 分とし,運搬によるロスをスランプ 2cm,空気量 1%見込み,出荷時の目標スランプおよび目標空気量を設定した.

ii) 試験練りしたコンクリートのフレッシュ性状 ①普通コンクリート

普通コンクリートは、2003 年羽田空港で実施した薄層 オーバーレイ試験施工に用いた配合であり、試験練りに よりスランプおよび空気量を確認するものであった.普 通コンクリートの配合を表-4.2.6に再掲する.

普通コンクリートの試験練りにおけるフレッシュ性 状は表-4.2.7に示すとおりであり、スランプ、空気量と も出荷目標値を満足し、性状も良好であった. ②SFRC

SFRC の配合は, 鋼繊維補強コンクリート設計マニュ アル(空港舗装編)⁸⁾の配合参考表および表-4.2.6 の普通 コンクリートの配合を参考にして, 配合を計算し, 試験 練りによりスランプおよび空気量を確認し,必要に応じ て配合修正し決定することにした.

配合参考表によると,SF 混入率 0.5%の場合の細骨材 率は40%となるため,表-4.2.6の配合を基本として,ス ランプの調整は化学混和剤の使用量で調整することにし つつ,表-4.2.8のように試行して s/a も修正して,フレ ッシュコンクリートの性状から見た配合を決めた.

項目 普通コンクリート SFRC 5MPa 設計基準曲げ強度 5MPa 粗骨材最大寸法 20 mm $20 \mathrm{mm}$ 8.5 ± 1.5 cm 8.5±1.5cm 出荷 目標 スランプ 現着 6.5 ± 1.5 cm 6.5±1.5cm 5.5 \pm 1.5% 出荷 5.5 \pm 1.5% 目標空気量 現着 4.5 \pm 1.5% 4.5 \pm 1.5% 0. 50% 鋼繊維混入率 _

表-4.2.5 試験練り配合条件

表-4.2.6 普通コンクリートの配合

ſ	粗骨材	目標	目標	W/C	s/a		単	i位量(kg/m ³)				
	取入 \ \ 伝	(cm)	空気里 (%)	(%)	(%)	セメント	水	細骨材	粗骨材	混和剤		
						U	w	3	G	$C \times 0.9$		
	20	現着6.5 ±1.5	現着4.5 ±1.5	39	38.7	400	156	681	1108	3. 6		

表-4.2.7 普通コンクリートのフレッシュ性状

スランプ	空気量	コンクリート温度	備考
(cm)	(%)	(℃)	
8.5	4.6	23	性状は良好である

表-4.2.8 試験練り結果(配合と経過)

粗骨材	目標ス	目標	m (a		SF混			単位量	(kg/m ³)			計験練りフレッシュが分散に用											
最大寸 法	ランプ	空気量	W/C	S/a	入率	水	セメント	細骨材	粗骨材				試験練りン	レツシュ	性状試験結:	米	次の配合への対応						
(mm)	(cm)	(%)	(%)	(%)	(%)	W	С	S	G	混和剤	SF	SF 投入	スランプ (cm)	空気量 (%)	コンクリート 温度(℃)	備考							
				00.7	0.5	150	400	601	1100	4.8	10	前	11.5	3. 9	23		モルタル分がやや不足ぎみの 感があり、施工性及び仕上げ 等を考慮し、S/aを3%大きく						
			39	38.1	0.5	100	400	681	1108	(C×1.2)	(C×1.2)	(C×1.2)	(C×1.2)	(C×1.2)	(C×1.2) 40	(C×1.2)	(C×1.2)	後	5.0	4.2	23	スラン プ 範 囲 外	し、かつ高性能AE減水剤の 添加量を増加することにし た.
			現着	4.8	4.8	4.8 40		20.0	3.4	23		スランプは大きく、範囲外と なったが、性状は改善され											
	現着	現着				0.0	150	400	734	101 1001	(C×1.4)	C×1.4))	後	10.5	4.8	23	スラン プ範 外	た。そこで高性能AE減水剤 添加量を減ずるものとした.				
20	1.5	4.5±1.5	現看 5±1.5 30	. 5	41.7	0.5	156	400	70.4	1054	5.2		前	20. 0	3. 8	23		目標値に近づけるため高性能 A F 減水剤添加量を減ずるも					
				11.1	0.0	100	100	104	1034	(C×1.3)	10	後	10.0	4.7	23	ス ラ ン プ 範 囲 内	のとした。						
			20	41.7	0.5	156	400	724	1054	4.8	40	前	15.5	3. 7	23		スランプ、空気量とも目標値 を満足し、性状も良好であっ						
			55	71.1	.7 0.5	100	400	.00 734	34 1054	(C×1.2)	. 2) 40	後	9.5	4.7	23	良好	レッシュコンクリートの性状 から見た決定配合とした						

iii) 試験練りの強度試験結果

普通コンクリートおよび SFRC の圧縮強度試験結果を 表-4.2.9,曲げ強度および曲げタフネス試験結果を表 -4.2.10に示す.

表-4.2.9 圧縮強度試験結果

種 別	圧縮強	度(MPa)	静弾h (M	生係数 Pa)	ポアソン比		
	σ ₇	σ_{28}	σ_7	σ_{28}	σ_7	σ_{28}	
普通コン クリート	52.8	60.0	34000	36200	0.23	0.24	
SFRC	47.9	56.0	34800	37900	0.24	0.23	

表-4.2.10 曲げ・曲げタフネス試験結果

			10×10	15×15	$15 imes 15 imes 53 { m cm}$			
種	別	関東宇	部生コン	大成口	テック	大成ロテック		
		σ_7	σ_{28}	σ_7	σ_{28}	σ_7	σ_{28}	
普通コン クリート	曲げ強度 (MPa)	7.07	7.71	6.56	6.82	6.50	6.94	
	曲げ強度 (初期) (MPa)	_	_	6.55	6.97	6.48	7.10	
SFRC	曲げ強度 (最大) (MPa)	7.37	8.30	7.26	6.97	6.48	7.47	
	曲げ靭性 係数 (MPa)		_	5.15	4.68	3. 97	4.86	

iv)決定配合

以上,フレッシュ性状と強度から十分な値が得られて いることから,決定配合を表-4.2.11,表-4.2.12 に示す.



写真-4.2.1 SFRC の試験練り

表-4.2.11 普通コンクリートの決定配合

粗骨材 最大	目標 スランプ	目標 空気量	W/C	S/a		単	位量(kg/m	n ³)	
寸法	(cm)	(%)	(%)	(%)	水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	混和剤 C×0.9
20mm	現着 6.5 ±1.5	現着 4.5 ±1.5	39	38.7	156	400	681	1108	3.6

表-4.2.12 SFRC の決定配合

粗骨材 最大	目標 スランプ	目標 空気量	W/C	S/a	SF 混入率		単	i位量(kg/m	n ³)		SF
寸法	(cm)	(%)	(%)	(%)	(%)	水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	混和剤 C×1.2	(kg)
20mm	現着 6.5 ±1.5	現着 4.5 ±1.5	39	41.7	0.5	156	400	734	1054	4.8	40

注)鋼繊維投入前(ベースコンクリート)のスランプは15.5cm

- (3) 主な作業フロー
- a) WJ 表面処理

施工のフローを図-4.2.1 に,施工の平面図を図-4.2.2 に示す.

- ①準備工として機械を運搬搬入し組み立てた.
- ②表面処理の施工幅員は 7m とし, うち 2m 分はオー バーレイせずに表面処理の形状を露出させておい た.
- ③圧力及びステップは,成田空港での NC 版表面処理 試験の結果を基準とし,圧力設定区間で,同様の表 面処理形状となるように調整した.
- ④WJ 使用後の濁水は,機械の吸引枠および止水堤よ り吸引,回収した.
- ⑤表面処理の廃材は、小型回収機を用いて回収、清掃 した.
- ⑥レーザ変位計により、WJ 処理後の表面形状を測定 した.





図-4.2.2 WJ 処理平面図



写真-4.2.2 WJ 施工全景



写真-4.2.5 WJ ポンプ



写真-4.2.3 WJ 処理機械(前から)



写真-4.2.6 処理後清掃



写真-4.2.4 WJ 処理後の状況(後ろから)



写真-4.2.7 濁水回収

- b) ショットブラスト (SB) 処理
 WJ 処理したのち、ショットブラスタを用いて投射密度 100kg/m²で研掃を行った.
- c)長期観測用オーバーレイのコンクリート打設 コンクリート打設の平面図を図-4.2.3に示す.



図-4.2.3 コンクリート打設の平面図

i)型枠およびレールの設置

型枠は,厚さ10cmと5cmの木製型枠を使用する.型 枠の設置位置は,既設コンクリート版の縦目地位置に あわせて設置する.

- ii) コンクリート打設
- ①既設コンクリート面の清掃

既設コンクリート面は乾燥面とし,コンクリート打 設前にエアーブラストにより路面を清掃する.

- ②コンクリートの製造,運搬
 - コンクリートは生コン工場にて製造し、アジテータ

トラックにて運搬する.

③荷卸し

コンクリートの荷卸しは,コンクリートをアジテー タトラックからバックホウのバケットに受け,既設 コンクリート面に荷卸しする.

④敷きならし

敷きならしは、コンクリートの材料分離などが生じ ないようにブレード型スプレッダを用いて均一に行 う.

⑤締固め,仕上げ

コンクリートの締固めは,コンクリートフィニッシ ャのバイブレータにより行い,平坦仕上げは,斜め フィニッシングスクリードにて行う.

⑥粗面仕上げ

人力によるフロート仕上げを行った後,ホウキにて 粗面仕上げを行う.

⑦養生

初期養生として被膜養生を行った後,マット,散水 養生を行う.

⑧目地切削および目地材注入

既設コンクリート版の目地に合わせて、オーバーレ イコンクリート版に横目地を設ける.目地切削は、 オーバーレイコンクリート版全厚とし、幅 8mm とし た.また、目地溝には図-4.2.4 に示すように目地材 を注入する.



既設コンクリート版

図-4.2.4 目地



写真-4.2.8 コンクリート打設前



写真-4.2.9 コンクリートの荷卸し



写真-4.2.10 コンクリートの敷きならし



写真-4.2.11 コンクリートの締固め



写真-4.2.12 コンクリートの平坦仕上げ(後部より)



写真-4.2.13 ホウキ目仕上げ

- d) 力学試験用テストピットその 1 のオーバーレイのコ ンクリート打設
- i)型枠およびレールの設置

厚さ 5cm,および厚さ 10cm の木製型枠をアンカーボ ルトによって既設コンクリート版に固定した.型枠寸法 は 1m×2m であった.



写真-4.2.14 テストピットその1の型枠放置状況

ii) コンクリートの打設

長期観測用のコンクリート打設と同時に,コンクリー トを人力にて荷卸しし,棒状バイブレータおよび壁面バ イブレータを用いて締め固めた.その後,人力で仕上げ を行った.



写真-4.2.15 テストピット部の打設

e) ショットブラスト (SB) 処理

2004 年 11 月 30 日には,力学試験用テストピットその 2 のためのショットブラストを実施した.研掃方法は前回と同じであった.



写真-4.2.16 SB 処理作業

f) 力学試験用テストピットその2コンクリート打設 2004 年 12 月 1 日には、厚さ 5cm の木製型枠にて 1.5m×2.5m の型枠を各処理法ごとに2ヶ設置した.その 中に、図-4.2.5のようにまず普通コンクリートを打設し、 さらに SFRC を打設した.



写真-4.2.17 テストピットその2の型枠放置状況

・延長 2m/版×3 版=6m ・延長 2m/版×3 版=6m ・幅員 1.5m(9 m²) ・幅員 1.5m(9 m²) ・厚さ 50mm (0.45m³) ・厚さ 50mm (0.45m³) コンクリート製造 コンクリート製造 (繊維なし) (繊維あり) 運搬 運搬 敷き均し(人力施工) 敷き均し(人力施工) 締固め(人力施工) 締固め(人力施工) 養生 養生

図-4.2.5 力学試験用テストピットその2の施工手順



写真-4.2.18 テストピットのコンクリート打設と締固 め



写真-4.2.19 コンクリート打設後の養生剤散布

4.3 施工管理

- (1) キメ深さ試験結果
- a)長期観測用オーバーレイおよび力学試験用テストピットのオーバーレイ1のキメ深さ

写真-4.3.1のように、レーザ変位計(ニッケン(株) 製)によりプロファイル測定を1箇所あたり9測線、 0.5mm ピッチ(図-4.3.1)で測定した.測定箇所は図 -4.3.2に、測定結果を斜長比と平均深さで整理した結果 を表-4.3.1に、レーン毎に整理した結果を図-4.3.3、図 -4.3.4に示す.

本結果によれば,

- ①RR レーンの平均深さが他のレーンの場合よりも深いことからわかるように、レーンのコンクリート強度などの違いにより、同じ WJ 施工条件でもレーンによりプロファイルが異なる.
- ②WJ 処理でもステップが 70mm(処理方法 c) になる と、平均深さが浅くなる.
- ③成田国際空港の管理基準を当てはめた場合は、表 -4.3.1の網掛け部分が満足しない処理であり、ステ ップが70mm(処理方法 c)の場合は満足する割合が 小さくなる.

なお、本施工箇所の WJ 処理後の表面写真と撮影箇所 を写真-4.3.2 と図-4.3.5 に示す.







図-4.3.1 プロファイルの1箇所あたりの側線



図-4.3.2 レーザ変位計によるプロファイル測定箇所

T	/`/		処理	方法		甘 滩 *					
L.		а	b	с	d	基毕					
	測 点	L−a	L-b	L-c	L-d	—					
	斜長比	1.25	1.19	1.11	1.04	1.14以上					
L	平均深さ (mm)	9.68	6.51	4.36	1.59	5.73~9.97					
	測点数	4200	4800	5400	5400	_					
	測 点	C−a	C-b	C-c	C-d	—					
	斜長比	1.19	1.24	1.15	1.04	1.14以上					
С	平均深さ (mm)	9.58	9.07	4.58	1.94	5.73~9.97					
	測点数	4800	3600	1800	5400						
	測 点	R−a	R-b	R−c	R−d						
	斜長比	1.28	1.21	1.16	1.03	1.14以上					
R	平均深さ (mm)	10.23	8.32	5.98	1.54	5.73~9.97					
	測点数	2400	3600	3600	5400	_					
	測 点	RR-a	RR-b	RR−c	RR-d	_					
	斜長比	1.29	1.26	1.18	1.03	1.14以上					
RR	平均深さ (mm)	13.11	11.09	5.27	2.28	5.73~9.97					
	測点数	4200	2400	5400	5400	_					
	斜長比	1.25	1.22	1.15	1.03	1.14以上					
平均	平均深さ (mm)	10.65	8.75	5.05	1.83	5.73~9.97					
	斜長比	1.29	1.26	1.18	1.04	1.14以上					
最大	平均深さ (mm)	13.11	11.09	5.98	2.28	5.73~9.97					
	斜長比	1.19	1.19	1.11	1.03	1.14以上					
最小	平均深さ (mm)	9.58	6.51	4.36	1.54	5.73~9.97					
*本基 ブレ- を表し してい	*本基準は、表-2.2.2の表面処理管理基準をレーザ-変位計のキャリ ブレーションにより変換した値であり、表-2.2.2と同等な表面性状 を表している.本試験では、ニッケン(株)製レーザ変位計を使用 している.										

表-4.3.1 レーザ変位計によるプロファイル測定結果 (灰色部分は成田空港の管理基準をはずれる)



図-4.3.3 レーン別の平均深さ



図-4.3.4 レーン別の斜長比







写真-4.3.2 路面の状況

b) 力学試験用テストピットのオーバーレイ 2 のキメ深 さ

3ヶのテストピット (レーン c) で、CT メータによる プロファイルと、レーザ測定器によるプロファイルを測 定した.CT メータによるプロファイルを図-4.3.6 に、 ニッケンのレーザ変位計によるプロファイルを図-4.3.7 に示す.

また結果を MPD (ISO 13473) として取りまとめた 結果を表-4.3.2 に示す. MPD は CT メータの場合は測定 器により自動で計算されるが,レーザ変位計の場合は測 定値より計算する必要がある.これによれば, MPD に関 しては, CT メータでも,ニッケン(株)製レーザ変位計 でもほぼ同じと見なせそうである.

MPD の計算方法は「ISO 13473 表面プロファイル データを用いた舗装テクスチュアの算定 PART 1 平均プ ロファイル深さの求め方」に定められており,本節の最 後に参考として示した.

表-4.3.2 MPD 算出結果

	CT	メーター	ニッ	,ケンレーザー		
			(各工区18データ=			
	MP	D (mm)	9 側緒	泉*2データ)		
工区			MPD (mm)			
	5.64		最大	9.78		
а	5.63	5.63	平均	5.95		
	5.62	(エラー率:3%)	最小	3.07		
	4.20		最大	7.94		
b	4.21	4.2	平均	5. 52		
	4.18	(エラー率:2%)	最小	3. 91		
	2.58		最大	4.23		
с	2.57	2.59	平均	2. 58		
	2.62	(エラー率:4%)	最小	1.19		



図-4.3.6 CT メータによる測定プロファイル



図-4.3.7 レーザ変位計(ニッケン製)による測定プロファイル (9測線のうち,3測線を例示)

- (2) オーバーレイコンクリートの性状
- a) 普通コンクリートの性状
- i)長期観測用オーバーレイおよび力学試験用テストピットその1の性状

アジテータ車から採取したコンクリートの性状は表 -4.3.3のとおりであった.また,硬化コンクリートの試 験項目と性状は表-4.3.4,表-4.3.5,表-4.3.6に示すと おりである.

表-4.3.3 フレッシュコンクリートの性状

スランプ	空気量	コンクリート温度			
(cm)	(%)	(°C)			
8	4.8	23			

表-4.3.4 曲げ強度

	種別			$\times 53$ cm	$10 \times 10 \times 40$ cm			
				σ_{28}	σ ₇	σ_{28}	σ_{91}	σ_{365}
	関東宇部 生コン	曲げ強度 (MPa)	6.11	6.67	-	-	-	-
普通 コンクリート	大成	曲げ強度 (MPa)	6.36	7.22	6.32	7.05	6.58	7.05
	ロテック	曲げ弾性 係数 (MPa)	-	-	32800	35000	34800	42300

表-4.3.5 圧縮強度

币	重別	$\phi 10 \mathrm{cm} imes 20 \mathrm{cm}$						
		σ ₇	σ_{28}	σ_{91}	σ_{365}			
	圧縮強度 (MPa)	47.5	58.0	65.8	72.4			
普通 コンクリート	弾性係数 (MPa)	34100	37000	40300	40300			
	ポアソン比	0.22	0.22	0.24	0.23			

表-4.3.6 直接引張強度

	種別	$\phi 10 \mathrm{cm} imes 20 \mathrm{cm}$						
		σ_7	σ_{28}	σ_{91}	σ_{365}			
普通 コンクリート	直接引張強度 (MPa)	3.13	3. 48	4.31	4. 08			

ii) 力学試験用テストピットその2のコンクリートの性状

1 台目のアジテータ車から採取したコンクリートの性 状は表-4.3.7 のとおりであった.また,硬化コンクリー トの性状は表-4.3.8 に示すとおりである.

表-4.3.7 フレッシュコンクリートの性状

種類	伯日	数量	測定時点	スランプ	空気量	温度
	Ш	(m^3)		(cm)	(%)	(°C)
普通	1	4	出荷	12	5.5	16
コンクリート	1	4	現着	8	4.5	18

表-4.3.8 硬化コンクリートの性状

插粨	計驗機問	圧縮	ì強度(№	IPa)	曲げ強度(MPa)			
1里大貝	时间天17月1月	σ ₇	σ_{28}	σ_{91}	σ	σ_{28}	σ_{91}	
普通 コンクリート	関 東 宇部 生 コン	47.6	56.6	_	6.52	7.37	_	
	大成 ロテック	—	_	67.8	5.78	6.73	6.76	

b) SFRC (力学試験用テストピットその2) の性状 鋼繊維の混入は生コンクリートの現着後,現地にてア ジテータ車へ投入した.採取したコンクリートの性状は 表-4.3.9 のとおりであった.また,硬化コンクリートの 性状は表-4.3.10 に示すとおりである.

表-4.3.9 フレッシュコンクリートの性状

種類	台目	数量 (m ³)	測定時点	スランプ (cm)	空気量 (%)	温度 (℃)				
SFRCの		(出荷	17.5	5.8	16				
ベース			現着(1回目)	19.5	6.6	_				
コンクリート	1	1	現着(2回目)	17.5	5.4	_				
現着:13:40	-	_	現着(3回目)	13.5	_	18				
SFRC (14:10)			SF投入後	7.5	4.7	19				
試験練り時のベースコンクリートのスランプ15.5cm程度に										
なるまで待った										

表-4.3.10 硬化コンクリートの性状

	種 別	σ_7	σ_{28}	σ_{91}
	曲げ強度(初期) (MPa)	6.97	7.51	7.68
SEDC	曲げ強度(最大) (MPa)	7.80	8.61	7.76
SFRU	曲げ靭性係数 (MPa)	5.76	5.73	5.41
	E縮強度 (MPa)	_	_	70.7

(3) 仕上がり高さ

力学試験用テストピットその2を打設した時には、その後の力学試験のために仕上がり厚さを測定した. 試験 箇所の仕上がり高さ測定位置および方法を図-4.3.8,図 -4.3.9に、結果を表-4.3.11に示す.



図-4.3.8 測定位置



図-4.3.9 各ピット測定位置測定位置

												· · ·—							
			(C−a−2			C-b-2								C	C−c−2			
	普通	通コンクリ	ノート		SFRC		普通	通コンクリ	ノート		SFRC			普通	通コンクリ	- ト		SFRC	
	AP1-3	AP1-2	AP1-1	ASF1-3	ASF1-2	ASF1-1	BP1-3	BP1-2	BP1-1	BSF1-3	BSF1-2	BSF1-1	С	P1-3	CP1-2	CP1-1	CSF1-3	CSF1-2	CSF1-1
	AP2-3	AP2-2	AP2-1	ASF2-3	ASF2-2	ASF2-1	BP2-3	BP2-2	BP2-1	BSF2-3	BSF2-2	BSF2-1	С	P2-3	CP2-2	CP2-1	CSF2-3	CSF2-2	CSF2-1
	AP3-3	AP3-2	AP3-1	ASF3-3	ASF3-2	ASF3-1	BP3-3	BP3-2	BP3-1	BSF3-3	BSF3-2	BSF3-1	С	P3-3	CP3-2	CP3-1	CSF3-3	CSF3-2	CSF3-1
													_						
型枠から	60	66	63	74	70	73	68	67	58	64	62	57		60	52	55	55	54	59
の下がり	63	74	67	69	66	57	65	62	60	64	61	65		54	53	55	58	56	56
H1	67	62	62	67	64	61	66	58	66	59	56	58		53	52	52	51	52	57
			64.9			66.8			63.3			60.7	_			54.0			55.3
型枠から	92	93	92	97	98	101	94	96	97	102	99	97		99	101	102	94	96	94
の下がり	93	93	94	96	97	98	93	93	97	97	97	98		100	97	97	94	95	96
H2	93	93	93	94	96	97	93	92	97	100	98	98		95	93	93	93	97	95
			92.9			97.1			94.7			98.4	_			97.4			94.9
できあが	68	73	71	77	72	72	74	71	61	62	63	60		61	51	53	61	58	65
り厚H	70	81	73	73	69	59	72	69	63	67	64	67		54	56	58	64	61	60
(mm)	74	69	69	73	68	64	73	66	69	59	58	60		58	59	59	58	55	62
			72.0			69.7			68.7			62.2	_			56.6			60.4

表-4.3.11 仕上がり厚の測定結果(単位 mm)

(参考)

ISO 13473 表面プロファイルデータを用いた舗装テクスチュアの算定 PARTI 平均プロファイル深さの求め方 測定したプロファイルの例を参考図-4.3.1 に示す.



参考図-4.3.1 プロファイルの測定事例とMPD の算出法

・測定したプロファイルは100mm 延長毎に整理する.

- ・100mm 延長を前半50mm と後半50mm に分ける.
- ・それぞれの50mm 区間で最も高いところをピークレベルという.
- ・100mm 長のプロファイルについては2 つのピークレベルの平均と, 100mm 延長の平均レベルの差をとり, これを MPD (平 均プロファイルデプス) という.
- ・MPD は2 次元なので、3 次元のサンドパッチのキメ深さ (ETD) は次式 ETD=0.2+0.8×MPD で推定する.

- 4.4 力学試験用テストピットその1のオーバーレイに関 する実験結果
- (1) 付着面の強度試験方法
- a) 直接引張強度試験方法
- i) 供試体の寸法

コンクリート薄層オーバーレイの直接引張(界面付着 強度)試験に用いる供試体の寸法は,直径 10cm,高さ 30cmの円柱形とし,付着界面が高さ方向の中央部(15cm の位置)になるように成形する.

- ii) 供試体の準備
 - ①オーバーレイコンクリートと既設コンクリート (15cm 以上)を一体でコア採取する.
 - ②コア供試体は、付着面高さが 15cm となるように既 設コンクリートの底面側をカッタ切断する.
 - ③カッタ切断した供試体は、水洗いした後、打継ぎ用 コンクリートの打設まで養生室内(20℃,湿度90% 以上)にて養生する.
- iii) 打継ぎコンクリートの打設
 - ①コア供試体の打継ぎ面は、コンクリート打設前に水洗いし表乾状態にする.
 - ②コア供試体は,直径 10cm,高さ 20cm の 2 つ割りコ ンクリート円筒型枠を 2 段重ねし,図-4.4.1 に示す





図-4.4.1 コア供試体の設置



図-4.4.2 供試体の引張試験用モールドへの取付け

- ③打ち継ぎコンクリートは、図-4.4.1の型枠に1層で 詰め、型枠中央部1カ所を内部振動機により締め固 める.内部振動機は、コンクリート中にゆっくり差 し込み、十分締め固めた後、ゆっくり引き抜く.な お、コンクリート中への差し込み深さは、付着処理 面から2cm程度上までとする.
- ④締め固めたコンクリート表面は、金ゴテで平面に仕 上げる.
- ⑤載荷速度は、引張応力の増加が毎秒 0.029~
 0.034MPa程度とする.
- iv) 脱型および養生
 - ①打継いだ供試体は、打設後 24 時間まで養生室内 (20℃,湿度 90%以上)で養生をする.
 - ②供試体の脱型は,打設の 24 時間以上経過後に行い 標準養生(20℃水中)を行う.
- v)引張試験用モールドの取り付け
 - ①所定の養生を終了した供試体は、付着強度試験の2日前に養生水槽から取り出し、20℃、湿度60%の恒温恒湿室内で1日間保存する.
 - ②恒温恒湿室内で供試体表面を自然乾燥させた後,図 -4.4.2 に示すように供試体をエポキシ樹脂(速硬型,可使時間 20~25分)を用いて引張試験用モー ルド(以下モールドという)に取り付ける.なお, 供試体の接着部およびモールド内面は,接着前にア セトンで洗浄する.
 - ③使用するエポキシ樹脂は、コニシ(株)社製「ボンドクイックセット 30」とする.
 - ④供試体のモールドへの取付けは、取付け台にモール ドをセットし、モールド内に必要量のエポキシ接着 剤を流し込み、供試体をモールドの中心位置に埋込 む.モールド内へ流し込むエポキシ接着剤量は、モ ールドに供試体を埋め込んだ時に、モールドと供試 体の隙間から多少のエポキシ樹脂が溢れ出る量と する.
 - ⑤エポキシ樹脂が硬化し,片側端面へのモールド取り 付け終了後,上記と同様な操作で反対側(打継ぎ側) 端面へのモールドの取り付けを行う.
- vi) ひずみゲージの貼付け

付着強度は,偏心荷重の影響により低下するため,偏 心の有無ならびに偏心の程度を確認するために,ひずみ ゲージにより載荷中の軸方向ひずみを検出する.

- ①ひずみゲージは、コンクリート用で、ゲージ長 30mm を使用する.
- ②ひずみゲージの貼付位置は,図-4.4.3に示すように 供試体中央部とし,断面中心に対象な4箇所とする.



図-4.4.3 ひずみゲージ貼付位置

- ③ひずみゲージの貼付位置は、前処理(サンドペーパ で磨く)を行った後、アセトンで脱脂,洗浄を行う。
 ④貼付位置にベース接着剤を薄く塗る。
- ⑤ベース接着剤の硬化後,瞬間接着剤にてひずみゲー ジを供試体に貼付する.
- vii) 付着強度試験
 - ①付着強度試験用供試体は、写真-4.4.1に示すように 引張試験用モールドに載荷ピン、ボールジョイント、 テンションロッド等を用いて万能材料試験機にセ ットする.
 - ②載荷速度は、引張応力の増加が毎秒 0.029~ 0.034MPa程度とする.
 - ③軸方向のひずみの測定は,データロガーを用いて供 試体が破壊に至るまで載荷重 2kN 間隔で行う.
 - ④破壊後,破断面で互いに直交する2方向の直径を
 0.1mmまで測定し、また,破断位置を記録する.



写真-4.4.1 付着試験状況

- viii) 付着強度試験結果の整理
 - ①供試体の直径は,破断面で互いに直交する2方向の 直径の平均とし,有効数字4桁に丸める.
 - ②付着強度は、次式により算出し、有効数字3桁に丸 める.

- $\sigma_{\rm b}=P/(\pi d^2/4)$
- ここに,
 - $\sigma_{\scriptscriptstyle b}:$ 付着強度(MPa)
 - P:最大荷重(N)
 - d:供試体直径(mm)
- ③報告は以下の事項について行う.
- 材齢(日)
- ・供試体の直径 (mm)
- ・最大荷重(N)
- ·付着強度(MPa)
- ・載荷荷重とひずみの関係
- ・供試体の破壊状況

(2) 一面せん断試験(アイオワ式せん断試験)⁹⁾

a) 供試体の寸法

アイオワ式一面せん断試験の供試体は, 直径 10cm の 円柱形とし, 付着界面が底面から 15cm 程度にしたもの を用いる.

- b) 供試体の準備
 - ・①オーバーレイコンクリートと既設コンクリート
 (15cm 以上)を一体でコア採取する.
 - ②コア供試体は、付着界面が底面から 15cm 程度にな るように既設コンクリートの底面側をカッタ切断 する.
 - ③カッタ切断した供試体は、水洗いした後、標準養生 (20℃水中)する.
- c) 一面せん断試験 試験状況を**写真-4.4.2**に示す.

- ①一面せん断試験用供試体は、図-4.4.4に示すように 万能材料試験機にセットする.
- ②一面せん断試験の載荷速度は、JCI-SF6「繊維補強コンクリートのせん断試験方法」に準拠し、毎秒 0.06~0.1MPa とした.



図-4.4.4 アイオワ式一面せん断試験装置の概要

d) 一面せん断試験結果の整理

①供試体の直径は、破断面で互いに直交する2方向の 直径の平均とし、有効数字4桁に丸める.

②一面せん断強度は、次式により算出し、有効数字3 桁に丸める.

$$\sigma_{\rm b}=P/(\pi d^2/4)$$

ここに,

σ_b:一面せん断強度(MPa)

P:最大荷重(N)

d:供試体直径(mm)

③報告は以下の事項について行う.

- 材齢(日)
- ・供試体の直径 (mm)
- ・最大荷重 (N)
- ・一面せん断強度(MPa)
- ・供試体の破壊状況





写真-4.4.2 アイオワ式一面せん断試験機による試験状況



図-4.4.5 コア採取位置

(3) 付着面の強度試験結果

a) 室内力学試験用供試体採取

2003年10月8日に施工した試験舗装シリーズAのテ ストピットから,打設後1ヶ月以上経過してからコアボ ーリングにより供試体を採取し,室内で成形した後,直 接引張強度試験および一面せん断試験を実施した.

それぞれのコア採取位置を図-4.4.5 に示す.室内試験 はオーバーレイコンクリートの材齢が2ヶ月となる2003 年12月8日以降に実施した.試験項目を表-4.4.1 に示 す.

施 エ: 2003 年 10 月 8 日 コア採取: 2003 年 11 月 10 日 (材齢 1 ヶ月以降に採取した) 室内試験: 2003 年 12 月 15 日以降 (材齢約 70 日以上で試験した)

表-4.4.1 切取りコアの試験項目

試験項目	供試体寸法
直接引張強度試験	$\phi 10$ cm
一面せん断試験	ϕ 10cm
圧縮強度試験	φ10cm, h=20cm
(既設コンクリート版)	φ15cm, h=30cm



図-4.4.6 直接引張強度試験結果





b) 直接引張強度試験結果

直接引張強度試験結果を図-4.4.6に示す.

なお,工区 C-a~d が t=5cm, RR-a~d が t=10cm である(図-4.4.5 参照). 打継ぎコンクリートはオーバーレ イ用コンクリートのみの直接引張強度である.

SB のみである処理方法 d (C-d, RR-d) のうち, 厚さ 10cm の RR-d (レーン RR で処理方法 d) では小さな付着 引張強度しか得られなかった. これは 6 章で述べるよう に界面に剥離が生じたためであり, SB のみでは, 十分な 付着引張強度を得ること (C-d) もあるが, このように小 さい場合もあり確実な付着工法といえない. なお, WJ 処理をした工区 (a~c) では, 付着引張強度への WJ の 処理法の影響は, この範囲の処理であればほとんど影響 ないといえる. c)アイオワ式一面せん断試験結果

各工区における付着界面の一面せん断強度試験結果 を図-4.4.7に示す.

ここで、「供試体と治具間の隙間有り」とは、載荷へ ッドの曲率よりもコアの寸法が大きいものがあり、載荷 板が密着しない状況で試験を実施したものである.

C-b, C-c, C-c, C-d, RR-d の全部と RR-c の一部供試 体にコアの直径が 10cm よりやや大きいものが含まれて いた. したがって, これらのコア(△)の結果は集中荷 重が発生し,強度が小さ目に検出されていると考えられ る.

同一条件でみると、同じ隙間がある試験である C-b、C-cとC-dを比較する(△印の平均)と、明ら かにWJ処理のせん断強度(2~3MPa)は、SBのせ ん断強度(1~2MPa)より高い.

隙間がない RR-a から RR-c の間(○印の平均)で WJ 処理の違いのせん断強度への影響を見ると,ば らつきも考慮すると,この範囲の処理条件ではほぼ 同じせん断強度であるといえそうである.

d) 圧縮強度試験結果 (φ10cm)

既設コンクリート版から採取したコア供試体の圧縮 強度試験結果を図-4.4.8に示す. C-a と C-b が大きく, C-c が小さい. その他は同程度で ある. C-c はコアの側面の観察によればやや空隙が多い ようであった.

e) 圧縮強度試験結果 (φ15cm)

既設コンクリート版から採取したコア供試体の圧縮 強度および静弾性係数試験結果を表-4.4.2に示す.



図-4.4.8 圧縮強度試験結果(φ10cm)

供試体	圧縮強度	(MPa)	静弹性	系数(MPa)	ポアン	ノン比
番号		平均		平均		平均
L-1	48.1		39450		0.21	
L-2	38.8	45 5	39734	40100	0.19	0.20
L-3	48.6	45.5	40887	40100	0.21	0.20
L-4	46.6		40521		0.21	
R-1	48.7		41457		0.20	
R-2	53.5	40 1	38111	38000	0.20	0.20
R-3	49.8	49.1	39002	36900	0.20	0.20
R-4	44.4		37228		0.18	

表-4.4.2 圧縮強度および静弾性係数試験結果

- (4) コンクリート温度測定結果
- a) コンクリート版の温度

本試験施工では,現場内においてコンクリートの温度 を継続的(測定間隔 30 分)に測定している.測定位置を図 -4.4.9 に,施工当日(2003 年 10 月 8 日)から約 14 ヶ月 後(2004 年 12 月 3 日)までの測定結果を図-4.4.10, 4.4.11 に示す.

 10cm オーバーレイ工区
 5 点

 (既設 2 点, オーバーレイ 3 点)

 5cm オーバーレイ工区
 4 点

 (既設 2 点, オーバーレイ 2 点)

 外気温
 1 点

 計 10 点



図-4.4.10 温度測定結果(5cm 工区)



図-4.4.11 温度測定結果(10cm 工区)

b) コンクリート版各部の温度と温度差

オーバーレイ層表面と下面および既設コンクリート 版底面のコンクリート温度測定結果を図-4.4.12~ 4.4.14 に,オーバーレイ層表面と下面の温度差算出結果 を図-4.4.15,4.4.16 に示す.

ここで,5cm 工区(全層 40cm)と10cm 工区(全層 45cm) のコンクリート舗装版温度を比較すると,表面温度およ び既設コンクリート版底面の温度はほぼ同じであるが, オーバーレイ層下面の温度は5cm 工区のほうが10cm 工 区より振幅がやや大きかった.また,オーバーレイ層上 下面の温度差は,5cm 工区より10cm 工区のほうが正負 とも大きく(約2倍)なった.



図-4.4.12 オーバーレイ層表面の温度



図-4.4.13 オーバーレイ層下面の温度



図-4.4.14 既設コンクリート版底面の温度



図-4.4.15 オーバーレイ層の温度差(5cm)



図-4.4.16 オーバーレイ層の温度差(10cm)

c)温度勾配

オーバーレイ層表面と下面および既設コンクリート 版底面の温度測定結果から,全層(オーバーレイ層+既 設版),オーバーレイ層および既設版の温度勾配を算出 した.

温度勾配は図-4.4.17 に示す方法で温度差を深さで除 して求めた.

5cm 工区と 10cm 工区で全層,オーバーレイ層および 既設版の温度勾配算出結果を図-4.4.18~4.4.23 に示 す.なお,図中には温度勾配の最大値と最小値を表示し た.

ここで, 全層の温度勾配は 5cm 工区 (全層 40cm, 最 大 0.430, 最小-0.225) より 10cm 工区 (全層 45cm, 最大 0.371, 最小-0.211) の方がやや小さく, 既設版 (35cm) の温度勾配も 5cm 工区 (最大 0.406, 最小-0.220) より 10cm 工区 (最大 0.294, 最小-0.186) の方が小さくなっ た.

また,オーバーレイ層 5cm と 10cm は温度勾配がほぼ 等しく(最大値:0.8 程度,最小値:-0.48 程度),表層 下 5 から 10cm の範囲では,温度勾配がほとんど変化し ないことを示している.

なお,各層の温度勾配は,小さい方から既設版<全層 <オーバーレイ層の順になり,オーバーレイ層の温度勾 配は正負とも全層の約2倍程度になった.





図-4.4.18 全層 40cm の温度勾配(5cm 工区)



図-4.4.19 全層 45cm の温度勾配(10cm 工区)







図-4.4.21 オーバーレイ層 10cm の温度勾配



図-4.4.22 既設版の温度勾配(5cm 工区)



図-4.4.23 既設版の温度勾配(10cm 工区)

(5) 乾燥収縮試験結果

オーバーレイコンクリート(2003年10月8日施工) の材齢 650 日までの乾燥収縮試験結果を図-4.4.24 に示 す.



図-4.4.24 オーバーレイコンクリートの乾燥収縮試験 結果

(6) 路面粗さと付着面の強度の関係

a) 路面の粗さ試験結果

レーザー変位計による路面の粗さ測定結果を表 -4.4.3 に再掲する.なお,網掛け部分は,成田国際空港 の管理基準を適用した場合に満足しない処理方法とレー ン番号を示す.

b)路面の粗さと直接引張強度,一面せん断強度の関係 路面の粗さ(斜長比,平均深さ)と直接引張強度の関係を図-4.4.25,図-4.4.26に,路面の粗さと一面せん断 強度の関係を図-4.4.27,図-4.4.28に示す.

i) 直接引張強度

処理方法d(SBのみ)で厚さ10cmの場合(RR-d)で は6章で述べるように界面に剥離が生じた.一方,同じ 処理で厚さ5cmの場合は極端な剥離が生じなかったこと から,RR-dの結果には施工に起因して剥離が生じた可能 性が高い.したがって RR-dの結果を除いた場合で考察 すると,直接引張強度に関しては,斜長比,平均深さの キメはほとんど影響していないと傾向を示している. ii) せん断強度

せん断強度に関しては、4.4(3)で述べたように、供試体と治具間の隙間の有無で結果が異なることから分けて整理し、それぞれの群で下限の線を示した.これらの図によれば、斜長比が増加すればややせん断強度は高くなる傾向を示すが顕著ではない.平均深さは大きくなるとせん断強度が高くなる傾向があるが、5mm以上の場合がおおむね収束したせん断強度を示し、かつSBよりも高いせん断強度を確実に示すようである.

表-4.4.3 路面の粗さ試験結果

1	() (処理	方法		主 淮*	
L		а	b	с	d	奉华	
	測 点	L-a	L-b	L-c	L-d	-	
	斜長比	1.25	1.19	1.11	1.04	1.14以上	
L	平均深さ (mm)	9.68	6.51	4.36	1.59	5.73~9.97	
レ L C R R 平 最 大 基 - し い	測点数	4200	4800	5400	5400	-	
	測 点	C−a	C-b	C-c	C-d	-	
	斜長比	1.19	1.24	1.15	1.04	1.14以上	
С	平均深さ (mm)	9.58	9.07	4.58	1.94	5.73~9.97	
	測点数	4800	3600	1800	5400		
	測 点	R−a	R-b	R−c	R−d		
	斜長比	1.28	1.21	1.16	1.03	1.14以上	
R	平均深さ (mm)	10.23	8.32	5.98	1.54	5.73~9.97	
	測点数	2400	3600	3600	5400	_	
	測 点	RR−a	RR-b	RR−c	RR-d		
	斜長比	1.29	1.26	1.18	1.03	1.14以上	
RR	平均深さ (mm)	13.11	11.09	5.27	2.28	5.73~9.97	
	測点数	4200	2400	5400	5400	_	
	斜長比	1.25	1.22	1.15	1.03	1.14以上	
平均	平均深さ (mm)	10.65	8.75	5.05	1.83	5.73~9.97	
	斜長比	1.29	1.26	1.18	1.04	1.14以上	
最大	平均深さ (mm)	13.11	11.09	5.98	2.28	5.73~9.97	
	斜長比	1.19	1.19	1.11	1.03	1.14以上	
最小	平均深さ (mm)	9.58	6.51	4.36	1.54	5.73~9.97	
*本基 ブレ- を表し してい	準は, 表 - -ションに している. いる.	2.2.2の表 より変換し 本試験では	面処理管理 た値であ t, ニッケ	里基準をレ り, 表−2 .: ン(株)集	ーザ-変位 2.2と同等 リレーザ変	計のキャリ な表面性状 位計を使用	







図-4.4.26 平均深さと直接引張強度



図-4.4.27 斜長比とせん断張強度



図-4.4.28 平均深さとせん断張強度

4.5 まとめ

シリーズAの試験施工の実施およびテストピットの力 学試験の検討から得られた NC 版上のコンクリートオー バーレイの施工に関する結果をまとめた.

- ①東京国際空港のコンクリート舗装で成田国際空港の場合と同一の条件でWJ処理を実施した場合のキメは、成田空港の場合と異なっており、既設コンクリート版の強度、骨材の質などの相違が影響していると考えられる.したがって、本格的な処理のまえに、あらかじめWJ施工条件とキメの状態の関係を把握しておく必要がある.
- ②WJの処理後のキメの状態は、施工効率をこれまでの実績のある場合の2.5倍程度に上げても、キメに大きな変化はない。
- ③版厚 5cm とも 10cm でも、成田空港の連続鉄筋コン クリート舗装上の付着型コンクリートオーバーレ イに用いている施工機械(通常は 15cm の施工)を 用いて施工できる。
- ④キメ(斜長比,平均深さ)と付着強度の関係では, 界面の直接引張強度にはこれらの特性値は,大きな 影響は与えないようである.しかし,界面のせん断 強度に関しては,両特性値が影響し,特に平均深さ が 5mm 程度以上になると,SBよりも高いせん断強 度を示すと考えられる.

5. 試験施工の計画ならびに実施(シリーズB)

5.1 試験計画

(1) 試験施工概要

3.2 に示した付着方法に関する室内試験結果において 良好な性状を示した方法により,実規模に近い条件で試 験舗装を実施して,付着性状の長期観測を行う.具体的 には,選定された数種の方法で既設コンクリート版表面 を処理し,その上に薄層の普通コンクリートでオーバー レイを行い,付着性状を長期観測するとともに,力学試 験用テストピットも作製して,力学試験も実施する.

(2) 試験施工期日と場所

- ・場 所:東京国際空港(羽田空港)の旧コンパス
 ヤード内(旧東急ホテル前付近).
- ·施工期日:

2004年11月30日	下地処理
12月1日	コンクリート打設
12月2日	カッター目地
12月7日	目地材注入

(3) 工区割り

図-5.1.1に試験舗装の工区割りを示す.

(4) 界面処理方法

界面処理方法と施工規模は表-5.1.1 のとおりとした. 室内試験結果では,接着剤を用いた付着方法が最も良好 な性状を示したことから,④,⑤工区に接着剤を用いた 工区を設け,①,②工区(SBのみ)および③工区(切削 +SB)は比較対象のためのダミー工区とした.

表-5.1.1 界面処理方法と施工規模

工 区	界面処理の仕様	規模 *
1	ショットブラスト 400kg/m ² (ただし, テストピット部は 600kg/m ²)*** ・ φ 1.4mm 球を使用	延長 5 m× 幅員 8 m =40m ²
2	ショットブラスト 200kg/m ² ・ φ 1.4mm 球を使用	$5 \text{ m} \times 8 \text{ m}$ = 40m ²
3	切削機による切削+ショットブラスト 200kg/m ² ・切削深さ 10mm, φ1.4mm 球を使用	$5 \text{ m} \times 8 \text{ m}$ = 40m ²
4	切削+ショットブラスト 150kg/m ² +接着剤 I ・1.3 <i>l</i> /m ² (エポキシ系,塗布量は暫定量) 切削深さ 10mm, φ1.4mm 球を使用	$5 \text{ m} \times 8 \text{ m}$ = 40m^2
5	ショットブラスト 150kg/㎡+接着剤 I ・1.0 l/m ² (エポキシ系), φ1.4mm 球を使用	$5 \text{ m} \times 8 \text{ m}$ = 40m^2

** 界面処理は延長 5m×幅員 8m で実施し、コンクリート打設は 延長 5m×幅員 7.5m で一体施工とした. なお, 幅員 7.5m の うち, 5m 部分を長期観察用, 2.5m 部分を供試体採取用のテ ストピットとし、目地切削より区分した.

*** ①工区のテストピット部分(幅 2.5m×長さ 5m)において, 投射密度を当初計画の 400kg/m²で実施した結果,長期観察版 ほどの凹凸度が得られなかったため,投射密度を 600kg/m² に変更した.



図-5.1.1 工区割り

5.2 試験施工

(1) 使用機械 試験施工で使用した機械は表-5.2.1のとおりである.

(2) 使用コンクリート

オーバーレイに使用したコンクリートは各工区とも 普通コンクリートであり、4章シリーズAに示したもの と同一である.配合は表-5.2.2に示すとおりであり、製 造工場は関東宇部コンクリート工業(株)大井工場であ る.

施工種別	機械名称	仕様	台数	備考
	切削機		1	世話役車別途1台
	ダンプ(切削材積込み)		1	
	タイヤショベル(切削材清掃)		1	
付着処理	スイーパー(表面清掃)		1	
	ショットブラスト機		1	世話役車別途1台
	吸引機(ショットブラスト用)		1	
	マゼラー (接着剤混合)		1	作業車1台
コンクリート運搬	アジテータ車(生コン運搬)	10t 車	3	
	回送車(切削機運搬)	トレーラー	1	
機械回送	回送車(フィニッシャ運搬)	セルフ台車	1	
	回送車(タイヤショベル運搬)		1	
供給・敷均し補助	バックホー	0.4m ³ 級	1	台車運搬
載切し、滋田め	シリンダーフィニッシャ		1	
那時し●柿酉の	(ゴメコ社製 C-450)		1	
	レール	15kg/m	-	
その他機器等	フィニッシャ積み卸し用機械	クレーン	1	
	コンプレッサ (掃除用)		1	

表-5.2.1 使用機械

表-5.2.2 オーバーレイコンクリート(普通コンクリート)の配合

粗骨材	目標	目標	W/C	s/a	s/a 単位量 (kg/m ³)									
の最大	スランプ	空気量	(%)	5/a	水	セメント	細骨材	粗骨材	混和剤					
寸法	(cm)	(%)	(70)	(70)	W	С	S	G	C×0.9					
20mm	現着 6.5± 1.5	現着 4.5 ±1.5	39.0	38.7	156	400	681	1108	3.60					

- (3) 主な作業フロー
- a) 界面処理等の準備工:11月30日

界面処理等の準備工の作業フローは図-5.2.1 に示す とおりである.

施工手順は以下のとおりである.

- ①③および④工区において切削機にて既設コンクリート表面を切削し、表面に凹凸を設ける.目標切削深さは10mmとした(写真-5.2.1(a)).
- ②①~⑤の全工区において、ショットブラスターを用い、表-5.1.1に示す所定の投射密度で研掃する(写真-5.2.1(b)).
- ③所定位置に厚さ5cmの木製型枠を設置し,型枠の外 側に鋼製レールを設置する.
- ④コンクリート敷均し、締固め機械(ゴメコ社製
 C-450)を搬入し鋼製レール上にセットする.
- ⑤各工区において, CT メータおよびサンドパッチ法 によりキメ深さを測定する.



図-5.2.1 作業フロー(準備工)

b) コンクリート打設工:12月1日

コンクリート打設工の作業フローは図-5.2.2 に示す とおりである.

- 施工手順は以下のとおりである.
- コンクリート打設前にエアーブラストにより路面 を清掃する.
- ②コンクリートを生コン工場にて製造し、アジテータ トラックにて運搬する.
- ③④および⑤工区の既設コンクリート面に新旧コン クリート接着用の樹脂を所定量塗布する(写真 -5.2.1(c)).

- ④アジテータトラックからコンクリートを排出し、バックホウのバケットで受け、コンクリート面に荷卸しする(写真-5.2.2(a)).
- ⑤荷卸しされたコンクリートを人力で粗均しする.
- ⑥敷均し,締固め機械にてコンクリートの敷均しおよび締固めを行う(写真-5.2.2(b),写真-5.2.2(c)).
- ⑦人力によるフロート仕上げを行う(写真-5.2.2(d)).
- ⑧金ゴテ仕上げの後、ホウキにて粗面仕上げを行う (写真-5.2.2(e),写真-5.2.2(f)).
- ⑨初期養生として被膜養生を行った後、マット、散水 養生を行う.なお、散水養生は打設日を含め5日間 行った.
- ⑩コンクリート打設の翌日,既設コンクリート版の目 地位置に合わせて,オーバーレイコンクリート版に 横および縦目地を設ける.目地溝には目地材を注入 する.なお,目地切削深さはオーバーレイコンクリ ート版全厚とし,幅は8mmとした(写真-5.2.2(g), 写真-5.2.2(h)).

界面処理状況を写真-5.2.1(a)~(c)に、オーバーレイ コンクリートの打設状況を写真-5.2.2(a)~(h)に示す.



図-5.2.2 作業フロー (コンクリート打設工)



(a) 切削機による路面切削状況



(b) ショットブラスト状況



(c) 接着剤塗布状況 **写真-5.2.1** 界面処理状況



(a) 粗均し状況



(b) 敷均し, 締固め状況



(c) 締固め状況(接写)



(d) フロート仕上げ状況



(e) 金ゴテ仕上げ状況



(f) ホウキ目仕上げ状況



(g) カッター目地施工状況



(h) 目地材注入状況

写真-5.2.2 オーバーレイコンクリートの施工状況

5.3 施工管理

(1) 普通コンクリートの性状

1 台目のアジテータ車から採取したコンクリートの性 状は以下のとおりであった.

- ・スランプ: 8.0cm (目標 6.5±1.5cm)
- ・空気量:4.5%(目標 4.5±1.5%)
- ・コンクリート温度:18℃
- ・曲げ, 圧縮強度:表-5.3.1のとおり(設計基準曲げ 強度 5.0MPa)

表-5.3.1 普通コンクリートの性状

使用	⇒上展全长悠月月	圧縮	歯度(Μ	(Pa)	曲げ強度 (MPa)				
部位	时间 大利 大利 大利	σ	σ_{28}	σ ₉₁	σ	σ_{28}	σ ₉₁		
オーハ・ーレイ	プラント*	47.6	56.6	62.7	6.52	7.37	7.01		
コンクリート	大成ロテック	_	_	_	5.78	6.73	—		

* 関東宇部コンクリート工業(株)大井工場

(2) キメ深さ試験結果

CT メータおよびサンドパッチ法による各工区のキメ 深さ測定位置を図-5.3.1, 測定結果を表-5.3.2 に示す.

また,キメ深さ測定状況を写真-5.3.1(a),(b)に,界面 処理後の表面状況を写真-5.3.2(a)~(e)に示す.

	•	5m	,		5m			5m	,	-	5m			5m ★				
ľ	(5)ID	ζ	(4) I 🛛	ĸ		x	(x). Iz				1			
	с О	b ●	a O	с О	b ●	a O	с О	b ●	a O	° O	b ●	a O	° O	b ●	a O	a y	▲ 0.m 長期観察用版	
	e ●		d O	e		d O	e		d O	e		d O	e ●		d O	9 Km	★ <u>~~~~</u> テストピット	

凡例 ● : CT メーター+サンドパッチ, ○: CT メーターのみ

図-5.3.1 キメ深さ測定位置

	長期	観察用コ	ンクリート版	テストピット				
IZ	CT メ・ MPD	ーター (mm)	サンドパ ッチ キメ深さ (mm)	CT > MP	ヾーター D(mm)	サンドパ ッチ キメ深さ (mm)		
1	а	1.50		d	1.40			
SB(400kg/m ²) ただし テスト	b	1.33	2.00	e	1.21	1 75		
ピット部は	с	1.40	2.09			1.75		
600kg/m ² *	平均	1.41		平均	1.31**			
	а	1.00		d	0.87			
2	b	0.98	1.06	e	0.92	1.27		
$SB(200 kg/m^2)$	с	1.13	1.90			1.57		
	平均	1.04		平均	0.90			
	а	2.05		d	2.29			
3 3	b	2.15	2.00	e	2.10	2 11		
$SB(200 \text{kg/m}^2)$	с	1.91	3.09			3.11		
	平均	2.04		平均	2.20			
	а	2.20		d	1.98			
④ 切削+	b	2.27	2.00	e	1.87	2.20		
SB(150kg/m ²)+ 拉美知	с	2.23	2.99			5.29		
1女有用		2.23		平均	1.93			
	а	1.42		d	0.91			
SB	b	1.46	2.06	e	1.06	1.47		
(150kg/m ²)+接 美刻	с	1.56	2.00			1.47		
但月リ	平均	1.48		平均	0.99			

 * ①工区のテストピット部分(幅2.5m×長さ5m)において, 投射密度を当初計画の400kg/m²で実施した結果,長期観察 用コンクリート版ほどの凹凸度が得られなかったため,急遽, 投射密度を600kg/m²に上げた.MPD=1.31mmは600kg/m² での値である.参考までに,400kg/m²時のMPDは2箇所の 平均で0.99mm(1.07mmと0.91mm)であった.



(a) CT メータ



(b) サンドパッチ法

写真-5.3.1 キメ深さ測定状

表-5.3.2 キメ深さ測定結果



(e) 路面接写(⑤工区,接着剤塗布前)

写真-5.3.2 界面処理後の路面状況

(3) 仕上がり高さ

a) 全体の仕上がり高さ

試験施工箇所全体の仕上がり高さ測定結果を表-5.3.3 に示す.なお,測定位置は図-5.3.2に示すとおりである.

b) 強度試験箇所の仕上がり高さ

強度試験箇所の仕上がり高さ測定結果を表-5.3.4 に示す. なお,測定位置は図-5.3.3 に示すとおりである.

表-5.3.3 全体の仕上がり高さ(単位:mm)

工区	5				4			3			2			1		
測線	А	В	С	А	В	С	А	В	С	А	В	С	А	В	С	
а	55	60	62	70	67	68	66	70	70	57	61	55	60	60	57	
b	55	59	60	68	63	69	66	69	69	55	60	60	59	61	58	
с	56	57	56	76	69	71	69	72	70	57	62	60	59	56	57	



図-5.3.2 全体の仕上がり高さ測定位置

表-5.3.4 強度試験箇所の仕上がり高さ(単位:mm)

īΣ	5			4				3			2			1		
測線	А	В	С	А	В	С	А	В	С	А	В	С	А	В	С	
а	55	54	56	71	72	70	71	71	69	56	58	60	54	54	52	
b	53	54	55	69	69	67	67	66	64	56	57	59	55	53	52	
с	54	54	55	69	70	69	67	67	65	54	55	57	55	52	51	
型枠	54	53	53	70	70	70	70	71	69	55	56	55	56	55	55	



図-5.3.3 強度試験箇所の仕上がり高さ測定位置
6. 試験施工に関する試験結果

6.1 新旧層付着面の強度

(1) 現場試験

2004年12月1日に施工した試験舗装のテストピット において、現場直接引張試験ならびにブレークオフ試験 を実施した.それぞれの試験位置を図-6.1.1に示す.現 場試験はオーバーレイコンクリートの材齢が91日とな る2005年3月2日に実施した.現場試験を実施するにあ たり、試験前にコアボーリングを行う必要があるが、そ の際のボーリング深さとしては、現場試験実施位置(1 工区あたり9箇所)で施工前後に測定した舗装表面の高 低差から算出したオーバーレイ厚の平均値を参考とした. 各工区の表面処理方法と平均オーバーレイ厚は表-6.1.1 のとおりであった.WJの表面処理条件を表-6.1.2に再 掲する.

a)現場直接引張試験

i) 試験方法

現場直接引張試験を各工区5本ずつ実施した. 試験方法は「(社)日本道路協会 舗装試験法便覧 5-3-10 コンクリート床版防水層の引張接着試験方法」に従って実施した. 試験概要を図-6.1.2 に,試験実施状況を写真-6.1.1に示す.

まず,表-6.1.1に示した平均オーバーレイ厚を参考に, 平均オーバーレイ厚+30mmの深さまで直径100mmのコ アボーリングを実施した.コアボーリング終了後,接着 剤により供試体表面に治具を取り付け,一日養生した後 に試験を実施した.載荷は荷重制御で実施し,載荷速度 は 0.098MPa/sec とした.

工区名		コンクリート	表面処理古法	平均オーバーレイ厚
			衣面处理力伝	(mm)
	A-N	普通コンクリート	処理方法 a + SB 100 kg/m ²	72.0
	B-N	普通コンクリート	処理方法 b + SB 100 kg/m ²	68.7
	C-N	普通コンクリート	処理方法 c + SB 100 kg/m ²	56.6
59 - A	A-F	鋼繊維補強コンクリート	処理方法 a + SB 100 kg/m ²	69.7
	B-F	鋼繊維補強コンクリート	処理方法 b + SB 100 kg/m ²	62.2
	C-F	鋼繊維補強コンクリート	処理方法 c + SB 100 kg/m ²	60.4
	$\overline{\bigcirc}$	並通コンクリート	SB 400 kg/m ²	52.1
	Û	青地コングリート	(テストピットは SB 600 kg/m ²)	55.1
	2	普通コンクリート	SB 200 kg/m ²	56.9
シリーズ B	3	普通コンクリート	切削 10 mm + SB 200 kg/m ²	67.4
			切削 10 mm + SB 150 kg/m ²	60.6
	(4) 普通コンクリート	+ 接着剤 1.3 <i>l</i> /m ²	09.0	
	5	普通コンクリート	SB 150kg/m ² + 接着剤 1.0 l/m ²	54.4

表-6.1.1 平均オーバーレイ厚

表-6.1.2 WJ表面処理条件

処理条件	ノズル圧力	ステップ	スタンドオフ	横行速度	ノズル回転数
	(MPa)	(mm/回)	(mm)	(m/min)	(rpm)
処理方法 a	142	23	30	19	1,000
処理方法 b	176	58	30	19	1,000
処理方法 c	181	69	50	19	1,000
処理方法 d	WJは無し				





1500

(c) テストピット平面図 (シリーズ B 工区)

図-6.1.1 テストピット平面図



(単位:mm)

図-6.1.2 現場直接引張試験



写真-6.1.1 現場直接引張試験実施状況

ii) 試験結果

各工区における引張強度を図-6.1.3に示す.平均値の 算出では、写真-6.1.2に示すような既設コンクリートに おいて破壊したケースの測定値は除外した.各工区の引 張強度を比較すると、②、④工区における引張強度の平 均値は他工区と比べて低い.また、C-N、C-F、③工区に ついては、ほとんどが既設コンクリートで破壊している. これら以外の工区における引張強度の平均値は全て 2.0MPa 以上となっている.

供試体の破壊形態は、界面での破壊、新旧両層に及ぶ 破壊、そして既設コンクリートでの破壊の3種類に分類 することができる.写真-6.1.2にそれぞれの破壊形態を 示すが、引張強度が低い②工区では全ての供試体が界面 において破壊しているものの、引張強度が高い B-N 工区 や①工区においても同様の破壊形態であることから、界 面において破壊している場合に、必ずしも引張強度が低 いということではない.また、既設コンクリートで破壊 した場合、新旧コンクリート界面は破壊していないこと から、界面における引張強度は、ここで得られた強度以 上であると推測される.

オーバーレイコンクリートに普通コンクリートと鋼 繊維補強コンクリートを使用した A~C 工区における引 張強度の平均値は,ほとんどの供試体が既設コンクリー トで破壊した C-N, C-F 工区を除き,いずれも 2.3~ 2.7MPa 程度であり大差がない.このことから,オーバー レイコンクリートの種別が引張強度に与える影響は小さ いと考えられる.





(a) 界面での破壊(②工区)



(b) 新旧両層に及ぶ破壊(A-F 工区)



(c) 既設コンクリートでの破壊(C-N工区) 写真-6.1.2 供試体の破壊形態

- b) ブレークオフ試験
- i) 試験方法

ブレークオフ試験を各工区4本ずつ実施した. 試験方 法は「ASTM C1150-96 Standard Test Method for the Break-off Number of Concrete」を参考にした. ただし, ASTM に記載の試験法では供試体表面から破壊面までの 深さが 70mm と定められていること,その他試験装置の 寸法等に関する記述がないことから,図-6.1.4 ならびに 写真-6.1.3 に示す要領で試験を実施した.

まず,直径 75mm と 59mm のコアボーリングを表 -6.1.1 に示したオーバーレイ厚だけ実施した.次に,図 -6.1.4 に示すように供試体上部に直径18mmのピストン を供試体側面に接触させ,横方向から荷重を載荷した. 載荷速度は ASTM C1150-96 を参考とし,試験開始から 60±15 秒で破壊に達する載荷速度を予備試験により検 討した結果,0.2MPa/sec とした.また,供試体上部に変 位計測用金具を接着剤で取り付け,供試体上部における 載荷方向の変位を測定した.





(a) 載荷装置



(b) 試験実施状況



(c) 供試体の代表的な破壊形態 写真-6.1.3 ブレークオフ試験実施状況

ii) 試験結果

ブレークオフ試験における供試体の破壊形態は,写真 -6.1.3に示すように,工区によらず全ての供試体が界面 において破壊している.ここでは,工区によりオーバー レイ厚が若干異なることから,破壊荷重そのものよりも 破壊モーメントに注目した.これは,供試体が破壊した 際の水平荷重と破壊面から載荷点までの長さの積により 算出した.各工区における破壊モーメントと破壊時の水 平変位の平均値を図-6.1.5に示す.①,②,③工区にお ける破壊モーメントと破壊時の水平変位は,他工区より も小さい.また,現場直接引張試験結果と同様に,オー バーレイコンクリートの種別が破壊モーメントと破壊時 の水平変位に与える影響は小さいと考えられる.



(2) 室内試験

現場試験終了後,試験舗装横に設けたテストピットから,コアボーリングやカッタによる切削により供試体を 採取し,室内で成形した後,室内引張試験ならびに室内 せん断試験を実施した.

- a) 室内引張試験
- i) 試験方法

室内引張試験を各工区4本ずつの供試体について実施 した.まず,テストピットから直径 100mm でコアボー リングを実施して供試体を採取し,供試体高さが 100mm (新旧コンクリート層の厚さがそれぞれ 50mm 程度)と なるよう室内で成形した.次に,接着剤で供試体端面(上 下)に治具を取り付け,1 日養生した後に試験を実施し た.また,供試体中央側面の2箇所にひずみゲージを貼 り付けた.載荷は荷重制御で行い,載荷速度は「JIS A 1113 コンクリートの引張強度試験方法」を参考に,0.4MPa/min とした. また, 試験は各工区 4 本の供試体について, 2 日に分けて実施したため, 試験時の供試体材齢はそれぞ れ 112 日, 115 日であった.

ii) 試験結果

各工区における引張強度を図-6.1.6に示す.平均値の 算出では,既設コンクリートにおいて破壊したケースの 測定値は除外した.②,③,④工区以外の引張強度の平 均値は全て2.0MPa以上となっており,現場直接引張強 度試験の傾向と概ね一致していることがわかる.写真 -6.1.5に破壊形態を示す.現場引張試験と同様に①,② 工区についてはほぼ全ての供試体が界面で破壊しており, A-N, C-F 工区では,既設コンクリートにおける破壊が 多い.その他の工区に関しては,新旧コンクリート両層 にかかる破壊であり,現場引張強度試験において界面で 破壊していた B-N 工区, B-F 工区についても新旧コンク リート両層にかけて破壊していた.

各工区の現場引張強度と室内引張強度の平均値を比較したのが図-6.1.7である.ここでは,既設コンクリートで破壊するケースが多い工区は除外している.両試験における引張強度の相関は高いと考えられる.

両者を比較すると,図-6.1.3,図-6.1.6に示すとおり, 同一工区における現場引張強度は,室内引張強度よりも ばらつきが大きいことがわかる.この理由としては,現 場直接引張試験では,コアボーリングの深さが新旧コン クリート界面と一致していないことが原因の一つとして 考えられる.しかし,これを正確に行うことは困難と考 えられることから,現場引張試験よりも室内引張試験に より引張強度を確認するほうがばらつきの少ない結果が 得られると考えられる.



図-6.1.7 現場試験結果と室内試験結果の比較



写真-6.1.4 室内引張試験実施状況



(a) 界面での破壊(②工区)



(b) 新旧両層に及ぶ破壊(B-N 工区)



(c) 既設コンクリートでの破壊(A-N工区)写真-6.1.5 供試体の破壊形態

- b) 室内せん断試験
- i) 試験方法

室内せん断試験では、上載荷重強度を 0.0, 0.5, 1.0, 1.38MPaの4段階に変化させ、同一条件につき3本ずつ、計 132本の供試体に対して試験を実施した. 試験概要を図-6.1.8に示す.

まず,カッタによりテストピットからコンクリートブ ロックを採取し,供試体の幅が100mm,長さが200mm, 高さが100mm(新旧コンクリート層の厚さがそれぞれ 50mm程度),となるよう室内で整形した.次に,供試体 を載荷試験機に静置し,治具を取付け,上載荷重強度を 一定にした状態で横方向から載荷した.載荷は変位制御 とし,変位速度は0.5mm/minとした.試験に供する供試 体の数が多いことから,試験時の材齢は106日から142 日と,最大で36日の差があるが,同一の上載荷重強度条 件における一連の試験の中では,工区ごとに材齢の差が 大きくならないよう配慮した.



ii) 試験結果

各工区におけるせん断強度の平均値を図-6.1.9 に示 す.平均値の計算では,既設コンクリートにおいて破壊 したケースの測定値は除外した.全ケースの中では,上 載荷重強度によらず②工区におけるせん断強度が他の工 区と比較して低いことがわかる.また,工区によらず, せん断強度は上載荷重強度の増加に伴い大きくなること がわかる.また,オーバーレイコンクリートの種類の違 いによる影響はほとんど見られなかった.

室内せん断試験における供試体の破壊形態は,写真 -6.1.6に示すように,界面における破壊,斜め破壊,既 設コンクリートにおける破壊の3種類に分類することが できる.この中で,上載荷重強度の大きさに関わらず多 く見受けられるのは斜め破壊であった.ただし,①,② 工区に関しては,ほぼ全ての供試体が界面において破壊 していた. また,上載荷重強度が小さい場合は,既設コ ンクリートにおける破壊が生じているケースが多いが, 上載荷重強度が大きい場合には,この破壊形態は見られ なかった.



(a) 界面における破壊(②工区)



(b) 斜め破壊(⑤工区)



(c) 既設コンクリートにおける破壊(A-F工区)写真-6.1.6 供試体の破壊形態



- (3) まとめ
 - ①今回実施した室内,現場付着強度試験結果と,6.2 で後述する試験舗装における剥離状況とを比較する と、ブレークオフ試験ならびに室内引張試験では、 剥離が生じている工区における付着強度が、他の工 区よりも相対的に低い結果となった。
 - ②室内引張試験と現場引張試験で得られる付着強度に は高い相関性が確認された.
 - ③現場,室内引張試験から得られた強度には、同一工 区でもかなりの変動が認められるが、今回実施した 試験結果では、室内引張試験のほうが引張強度の変 動は小さい.また、新旧両層の引張強度を確認する ためには、試験本数を増やす等、十分に留意する必 要がある.
 - ④今回実施した現場直接引張試験では、平均オーバーレイ厚よりも30mm深い位置まで切削して試験を実施したが、既設コンクリートでの破壊が多く確認されたことから、正確に界面まで切削するのが適当と考えられる。
 - ⑤室内せん断試験に関しては、上載荷重強度に比例してせん断強度が増加する傾向が確認できるが、界面処理方法の違いがせん断強度に及ぼす影響は明確になっていない。
 - ⑥鋼繊維補強コンクリートを用いた工区の付着強度は、 普通コンクリートを用いた場合の付着強度と大差は ないと考えられる.

6.2 新旧層剥離状況

(1) シリーズ A

a)概要

シリーズ A の試験施工箇所(2003年10月8日施工) において,経時的な打音調査により新旧コンクリートの 平面的な剥離状況を調査した.

シリーズ A の試験施工には,機械施工による本体(5×35m,L・R レーン)と,人力施工による力学試験用テ ストピット(1×2m,C・RR レーン)がある.ただし, 力学試験用テストピットその1からは材齢4週経過時 (2003年11月11日)に直径10cmのコアを採取してい ることから,打音調査は主に機械施工による本体部分を 対象とした.シリーズAの試験施工配置を図-6.2.1に示 す.

b) 打音調査結果

第一回調査の施工後約2ヶ月後,約6ヶ月後,約11 ヶ月後,約19ヶ月後および最終調査にあたる施工後約 27ヶ月に実施した,打音による既設コンクリート版とオ ーバーレイコンクリート版の剥離状況調査結果を図 -6.2.2~6.2.6に示す.

①約2ヶ月後(2003年12月3日, 図-6.2.2)

処理法 d(SB のみ)で厚さ 5cm, 10cm とも版自由端 隅角部に剥離が認められた.また,人力施工による 試験用テストピットでは処理法 d の厚さ 10cm(RR-d)が中央部を残して大部分剥離していた. ②約6ヶ月後(2004年4月22日,図-6.2.3)

一冬が経過し,処理法 d で厚さ 5cm の剥離がやや進

行していた. また, 処理法 c(スタンドオフ:50mm) の厚さ 10cm 版でも隅角部にわずかに剥離の現象が 認められた.

③約11ヶ月後(2004年9月1日, 図-6.2.4)

1年弱が経過し,処理法 d で厚さ 10cm 版の剥離が一 気に進行しており,剥離部には放射状にひび割れも 発生していた.夏季を経過したことで剥離が一気に 促進し,そこにひび割れが入ったものと思われる. その他の舗装版に目立った変化は認められなかっ た.

④約 19 ヶ月後(2005 年 5 月 11 日,図-6.2.5) 二冬経過した時期で、処理法 d で厚さ 10cm の剥離 がやや進行しているものの、その他に新たな剥離は 認められなかった。

⑤約 27 ヶ月後(2006 年1月11日,図-6.2.6) 2 年以上経過したが,前回の19ヶ月後調査以降,新 たな剥離および剥離の進行は認められなかった.

c) まとめ

処理法 d(SB のみ)は、施工後約 2 ヶ月の最初の打音調 査で厚さ 5 cm、10 cm とも隅角部からの剥離が確認され た.約1年後、厚さ 5 cm は隅角部の剥離がやや進行した 程度であったのに対し、厚さ 10 cm は剥離が隅角部から 版周囲ほぼ全体に拡がっており、オーバーレイ厚が 10 cm のほうが 5 cm より剥離しやすい結果となった.

なお、いずれの区間でも約1年経過して以降に剥離の 進行や新たな剥離の発生は認められなかった.特に処理 方法aとb(共にスタンドオフ:30mm)では厚さ5cm,10cm とも剥離が全く認められず、この区間での新旧層の付着 は十分なものであったと推定される.







(2) シリーズ B

a)概要

シリーズ B の試験施工箇所(2004年12月1日施工) において,経時的な打音調査により新旧コンクリートの 平面的な剥離状況を調査した.

b)打音調査結果

打音調査は施工後約2ヶ月から約13ヶ月までの間に5 回実施した.打音調査による既設コンクリート版とオー バーレイコンクリート版の剥離状況調査結果を図-6.2.7 ~6.2.11に示す.

①約2ヶ月後(2005年1月15日, 図-6.2.7)

ショットブラストのみを施した①工区(投射密度 400kg/m², ただし供試体採取用テストピットは 600kg/m²)と②工区(投射密度 200kg/m²)において, 目地近傍,隅角部および版自由端に剥離が認められた. また,③工区(切削機+ショットブラスト(投射密度 200kg/m²))にも規模は小さいが縦目地部および版自由 端に剥離が認められた.接着剤を用いた④,⑤工区に は異常は認められない.

②約3ヶ月後(2005年3月2日, 図-6.2.8)

前回剥離が認められた①,②工区の版自由端に新た な剥離が認められたうえ,隅角部の剥離箇所にひび割 れ(幅0.1mm)が認められた.また,③工区における 前回の剥離箇所がわずかに拡大していた.接着剤を用 いた④,⑤工区には異常は認められない.

③約6ヶ月後(2005年5月11日,図-6.2.9)

①,②,③工区の剥離箇所の進行と、剥離箇所におけるひび割れの発生(幅0.1mm)が認められた.接着

剤を用いた④,⑤工区には異常は認められない.

④約10ヶ月後(2005年10月12日, 図-6.2.10)

①,②,③工区の剥離の進行はほとんどないが,剥 離箇所におけるひび割れの発生本数が増大していた

(幅 0.1mm). また,前回の調査まで異常が認められ なかった④,⑤工区において横目地付近と④工区の版 内にひび割れ(幅 0.1mm,長さ 5~20cm)が発生した が,打音調査の結果からは剥離は認められなかった. ⑤約 13 ヶ月後(2006 年 1 月 11 日,図-6.2.11)

①,②、③工区の剥離およびひび割れの進展はほとんど認められなかった.また、④、⑤工区のひび割れの進展はまったく認められず、打音検査の結果でも剥離は認められなかった。④、⑤工区のひび割れはオーバーレイコンクリートの乾燥収縮が原因と考えられるが、オーバーレイコンクリートの施工は⑤工区側から開始したため、施工開始初期において作業が順調に流れず、コンクリートの敷き均し、締固めに手間取ったことは否めず、このこともひび割れの発生を助長した可能性がある.

c) まとめ

ショットブラストのみを施した①,②工区および切削 機+ショットブラストの③工区は施工後早期より新旧界 面における剥離が認められたことから、これらの界面処 理方法では十分な新旧層の付着は得られない結果となっ た.一方,接着剤を用いた④,⑤工区は施工後13ヶ月が 経過した時点でも剥離が認められなかったことから、こ の両工区においては新旧層界面の付着は十分に得られて いるものと考えられる.



図-6.2.7 約2ヶ月後の剥離状況調査結果







図-6.2.10 約10ヶ月後の剥離状況調査結果



6.3 乾燥収縮量測定試験

(1) 試験概要

試験施工で用いたオーバーレイコンクリートと同一 のコンクリート配合ならびに施工,養生条件で作製した コンクリート供試体を用いて、コンクリートの乾燥収縮 量を測定した.供試体数量は、普通コンクリートによる 供試体が3本、鋼繊維補強コンクリート(以下、SFRC) による供試体が3本であり、供試体寸法は15cm×15cm ×53cmとした.供試体を作製した翌日,供試体が乾燥し ないよう湿潤マットで覆い、東京国際空港から国土技術 政策総合研究所航空機荷重載荷装置上屋へ運搬した.次 に、脱型し打設面以外からの水分の蒸発を防ぐために打 設面を除く周囲5面を図-6.3.1のようにアルミシートに より覆った.また、打設面に図-6.3.1のように乾燥収縮 量測定用チップ(ホイットモアひずみ計用)を接着剤に より貼り付けた.また、供試体底面の摩擦による変形拘 束を小さくするために、図-6.3.2のように供試体は直径 2mm のガラスビーズを敷き詰めたプラスチック製のコ ンテナの中に静置した.



(a) 平面図



(b) 周面図図-6.3.1 乾燥収縮量測定用供試体

測定項目としては,供試体の長さ変化(基準長さ:お よそ250mm,測定2径間/1供試体)を材齢1,2,3,5, 7日,以後1週間ごと,4週目以降は2週間ごと,8週目 以降は4週間ごとに,60週目まで測定した.また,その 間は温湿度計により,供試体周辺の気温,相対湿度を1 時間ごとに測定した.



図-6.3.2 乾燥収縮量測定用供試体静置図

(2) 試験結果

乾燥収縮量測定結果として,材齢7日までの結果を図 -6.3.3,材齢60週までの結果を図-6.3.4に示す.



図-6.3.3 乾燥収縮量測定結果(材齢7日目まで)



図-6.3.4 乾燥収縮量測定結果(材齢60週目まで)

図-6.3.3をみると、供試体ごとに2径間において長さ 変化を測定しているが、各コンクリート種で1径間ずつ、 異常と考えられる値がみられる. 普通コンクリートに関 しては、測定用チップ孔への接着剤の流入による異常、 SFRC に関しては、原因不明である. 材齢7日目までに 各コンクリート種の供試体で測定した値のうち、異常値 を除く5径間ずつによる平均値をみると、普通コンクリ ートの方が SFRC よりも若干大きな収縮ひずみが発生し ているようである.

図-6.3.4 をみると、材齢7日目までの結果と同様、各 コンクリート種の供試体での測定値のうち、異常値を除 く5径間の平均値は、緩やかな収縮の曲線を描いており、 普通コンクリートのほうが SFRC よりも若干大きい収縮 ひずみが発生し続けているようである.また、材齢 12 週目以降、普通コンクリートならびに SFRC の収縮ひず みは落ち着きつつあるが、材齢 20週目以降、両コンクリ ート種で若干ではあるが、逆に収縮ひずみが回復してい く傾向がみられる.これは夏場にかかる気温上昇による コンクリートの膨張によるものであると考えられ、36週 目以降では気温低下によるコンクリート収縮または乾燥 収縮により、収縮ひずみが促進されていっている.なお、 図-6.3.4 については異常値と考えられる値は除外して いる.



図-6.3.5 測定日の日平均気温ならびに日平均湿度

(3) まとめ

1 年余りに亘る乾燥収縮量測定の結果,緩やかながら も乾燥収縮量の増加は進行している.また,SFRC を用 いた場合は普通コンクリートと比べて乾燥収縮は大きく はないようである.そのことから SFRC を用いることで 新旧コンクリート界面に生じる界面水平応力,界面垂直 応力が大きくなることはないと考えられる.



写真-6.3.1 供試体養生状況



写真-6.3.2 アルミシート被覆,測定用チップ接着状況



写真-6.3.3 供試体静置状況

7. 試験施工の性能評価

7.1 オーバーレイ舗装の構造解析

航空機脚荷重や温度条件を考慮して、コンクリートオ ーバーレイを施した舗装の構造解析を実施した.解析手 法としては、新旧コンクリート界面の付着程度や目地の 影響を考慮するために、三次元有限要素法を用いた.

(1) ばね係数の決定

新旧コンクリート界面の付着程度を考慮するために, 界面にばね要素(垂直ならびに水平方向)を挿入した舗 装構造モデルを使用して解析を実施することとした.こ の解析では,界面に挿入するばね要素のばね係数の設定 は,解析結果に大きな影響を与えると考えられることか ら,室内試験結果ならびに室内試験条件をモデル化した 解析結果を基に決定することとした.この室内試験条件 をモデル化した解析では,汎用有限要素解析プログラム NASTRANを使用した.

a)界面垂直ばね係数の決定

i) 解析方法

有限要素解析により,室内引張試験をモデル化した解 析を実施することで,界面に挿入する垂直ばね要素のば ね係数を決定することとした.図-7.1.1にそのモデルを, 表-7.1.1,表-7.1.2に解析条件を示す.室内試験に供し た供試体は,直径 100mm,高さ 100mm(コンクリート オーバーレイ層と既設コンクリート層がそれぞれ 50mm)の円柱供試体であるが,この解析では,界面の ばね係数を簡易且つ一律に設定するためには同一寸法の 要素を用いるのが望ましいこと,界面には位置によらず 同一の垂直引張応力が発生すると考えられることから, 解析には幅 100 mm,高さ 100 mmの角柱モデルを使用し た.また,試験では垂直方向に引張力を載荷することか ら,界面に水平に挿入したばね要素のばね係数の影響は 小さいと考えられるため,室内せん断試験結果を参考に 一律に設定した.

外力条件としては,直接引張試験における供試体破壊 時の引張荷重をモデル上面に載荷し,解析における界面 付近の破壊ひずみが試験値と同一となる場合の垂直ばね 係数の値を採用した.直接引張試験におけるひずみの測 定は,界面付近に貼り付けた長さ30mmのひずみゲージ を用いていることから,測定した引張ひずみには,図 -7.1.2に示すように,新旧コンクリートの引張ひずみと 界面の相対変位が混在していることとなる.このことか ら,計算における引張ひずみは,界面から上下15mmの 位置における節点間の相対変位を基準長(30 mm)で除 すことで算出した.また,新旧コンクリートのひずみを 排除することで,破壊時における界面の相対垂直変位も 算定した.



(単位:mm)

図-7.1.1 解析モデル図

表-7.1.1 コンクリートの力学定数¹⁾

コンクリート層	弾性係数	ポアソン比
• / / / / /	(MPa)	
コンクリート	24.000	0.15
オーバーレイ層	34,000	0.15
既設コンクリート層	34,000	0.15

表-7.1.2 界面ばね要素の力学定数

	ばね係数 (GN/m³)
垂直ばね要素 (k _n)	100~2,000
水平ばね要素 (k _s , k _t)	100



図-7.1.2 供試体破壊時の変形模式図





ii) 解析結果

垂直ばね係数を変化させた場合の解析結果の一例を 図-7.1.3 に示す.垂直ばね係数が小さい場合は,界面付 着が弱いために,新旧コンクリート界面の垂直変位は大 きく,引張ひずみはそのほとんどが界面垂直変位による ものである.一方,垂直ばね係数が大きくなるに従い, 界面の付着が高くなるため,界面垂直変位は小さくなり, 界面垂直変位が全体の引張ひずみに占める割合が小さく なることがわかる.

上記の手順で算出した垂直ばね係数ならびに破壊時 の界面垂直変位を図-7.1.4 に、その平均値を表-7.1.3 にまとめた.垂直ばね係数は工区により大きく異なって おり、現場試験や室内試験における引張強度や破壊形態 との関連もあまりないようである.これは、既設コンク リートで破壊したケースは除いていることから、データ 数が少ないことも一因であると考えられる.しかしなが ら、現場引張試験や室内引張試験において供試体が界面 で多く破壊している②工区については 390GN/m³と、他 工区よりも比較的小さい値であることがわかる.

一方,破壊時の界面垂直変位に関しては,一部の工区 で大きな値となっているが,概ね2µm 程度を超過すると 破壊するケースが多いようである.



表-7.1.3 垂直ばね係数と破壊時の界面垂直変位の平均

- Т Г	垂直ばね係数	破壊時の			
	(GN/m^3)	界面垂直変位 (μm)			
A-N	620	3.81			
B-N	1,550	1.77			
C-N	310	7.94			
A-F	750	3.14			
B-F	1,250	1.97			
C-F	1,800	1.80			
1	850	3.14			
2	390	4.28			
3	1,590	4.41			
4	100	19.15			
5	710	3.78			

b)界面水平ばね係数の決定

i) 解析方法

室内せん断試験で計測された,水平荷重と水平変位の 関係の一例を図-7.1.5に示す.新旧コンクリート層の水 平変位は,供試体端部(図-7.1.6における Aと Bの位 置)にそれぞれ配置したターゲットと変位計により測定 していることから,この水平変位には,新旧コンクリー トの変形と界面の水平変位が混在していることとなる. このことから,測定された水平荷重と水平変位の比から 界面水平ばね係数を算出するのは妥当ではない.

以上の理由から,有限要素解析により,室内せん断試 験条件をモデル化した解析を実施することで,界面に挿 入する水平ばね要素のばね係数を決定することとした.

多くの室内せん断試験結果では、破壊時近辺における 水平変位が正確に測定されているとは言い難いことから、 図-7.1.7に示すように、界面水平ばね係数を変化させた 解析結果から、破壊時の水平荷重の 1/3 に相当する水平 荷重を解析モデルに載荷した際の水平変位が試験値と同 ーとなるような界面水平ばね係数を採用した.表-7.1.4, 表-7.1.5に解析条件を示す.界面に垂直に挿入したばね 要素のばね係数の影響は小さいと考えられるため、前述 の解析結果を参考に一定値とした.



図-7.1.5 水平荷重と水平変位の関係



図-7.1.6 解析モデル図



図-7.1.7 水平変位と水平ばね係数の関係

表-7.1.4 コンクリートの力学定数

コンクリート屋	弹性係数	ポアソン比		
	(MPa)			
コンクリート	24,000	0.15		
オーバーレイ層	34,000	0.15		
既設コンクリート層	34,000	0.15		

表-7.1.5 界面ばね要素の力学定数

	ばね係数 (GN/m ³)
垂直方向ばね要素 (k _n)	1,000
水平方向ばね要素 (k _s , k _t)	0.1~100

ii) 解析結果

上記の手順により算出した水平ばね係数を図-7.1.8 に、平均値を表-7.1.6に示す.水平変位が正確に測定さ れていないと考えられる試験ケースについては除外した. 全体的には水平ばね係数の値に若干のばらつきが見られ るが、水平ばね係数は概ね 1.0GN/m³程度であるといえる.

また,上記の解析により算出した,破壊時の1/3の水 平荷重を与えた際の,コンクリートの変形を除外した, 界面の相対水平変位の平均値を表-7.1.7に示す.破壊時 の相対水平変位はこれよりも大きな値と推測されるが, 参考値として示した.



表-7.1.6 水平ばね係数の平均値

	水平ばね係数 (GN/m ³)			
工区	上載荷重強度	上載荷重強度		
	1.00 MPa	1.38 MPa		
A-N	0.50	2.70		
B-N	0.55	1.60		
C-N	0.50	0.45		
A-F	7.00	1.10		
B-F	0.90	3.40		
C-F	1.00	1.73		
1	0.70	1.00		
2	3.00	0.27		
3	1.15	0.60		
4	1.55	0.58		
5	1.75	0.57		

表-7.1.7 界面水平変位の平均値

	界面水平変位 (μm)			
工区	上載荷重強度	上載荷重強度		
	1.00 MPa	1.38 MPa		
A-N	38.5	30.3		
B-N	33.5	13.3		
C-N	36.4	39.1		
A-F	1.7	20.5		
B-F	20.3	12.6		
C-F	18.2	27.3		
1	30.5	18.8		
2	3.7	75.2		
3	14.4	48.4		
4	13.8	40.2		
5	13.8	41.1		

(2) 界面付着強度

a)解析モデル

西澤が開発した有限要素解析プログラム Pave3D¹⁰⁾を 使用して,新旧コンクリート界面に必要な付着強度につ いて検討した.有限要素解析に用いる基本的な舗装モデ ルを図-7.1.9に,舗装を構成する各層の諸元を表-7.1.8 に示す.なお,この解析では,自重の影響を考慮してい る.

舗装モデルは東京国際空港西側エプロン舗装の断面 を参考とし、路床、下層路盤、上層路盤、既設コンクリ ート層、コンクリートオーバーレイ層の5層構造とした. 上層路盤と既設コンクリート層の界面、ならびに既設コ ンクリート層とコンクリートオーバーレイ層の界面には 3 方向 (s, t, n 方向, 図-7.1.10 を参照) に独立したば ね要素を挿入し, 界面の付着程度の違いを考慮すること とした.新旧コンクリート層に関しては目地間隔を7.5m とし, x 方向と y 方向のメッシュ間隔を 25cm, z 方向の メッシュを, 既設コンクリート層では 7.5cm 間隔, コン クリートオーバーレイ層では厚さに関わらず3分割とし た. 隣接版との目地には3方向に独立したばね要素を挿 入し, 目地垂直方向(図-7.1.10における n 方向)ばね 要素に関しては、目地幅の拡大を考慮するために、ばね 要素が挿入されている節点間の目地垂直方向変位差が閾 値(0.001mm)を超過した場合には、ばね係数 knが 0 と なるよう設定している.

解析に用いたばね係数を表-7.1.9に示す.これらの値 については、前項で検討した値を使用した.また、上層 路盤と既設コンクリート版間の界面水平方向ばね係数に ついては、界面すべりを考慮するため、他のばね係数と 比較して小さい値とした.



図-7.1.9 解析モデル断面図

表-7.1.8 計算条件

	-	-			
	弾性	ポアソ	層厚	単位体積	線膨張
	係数	ン比		質量	係数
	(MPa)		(cm)	(g/cm^3)	(10 ⁻⁶ /°C)
コンクリート	24.000	0.15	50.20	22	10.0
オーハ゛ーレイ層	34,000	0.15	3, 20	2.5	10.0
既設	24.000	0.15	15	22	10.0
コンクリート版	34,000	0.15	43	2.5	10.0
上層路盤	2,000	0.35	12	1.9	-
下層路盤	300	0.35	32	1.9	-
路床	100	0.35	406	1.9	-



図-7.1.10 界面ならびに目地部のばね要素

表-7.1.9 ばね要素のばね係数

	水平	垂直	
括16異	ばね係数	ばね係数	
押入业直	$k_{\rm s}, k_{\rm t}$	k _n	
	(GN/m^3)	(GN/m^3)	
目地間	100	100	
新旧コンクリート界面	1.0	1,000	
既設コンクリート版-	0.1	1,000	
上層路盤間	0.1		

b)解析条件

解析において考慮する外力としては、コンクリートオ ーバーレイ層の乾燥収縮ひずみとひずみ勾配、コンクリ ートオーバーレイ層と既設コンクリート層の温度勾配、 航空機脚荷重の3条件を考慮した.基本解析条件を表 -7.1.10に示す.

項目	設定値	
タイヤ接地圧 (MPa)	0.00, 1.38	
タイヤ培地西待 (am^2)	1,632	
クイ 「安地面積 (cm)	(34×48cm の矩形)	
オーバーレイ層厚 (cm)	5, 10, 15, 20	
既設コンクリート層厚 (cm)	45	
目地間隔 (m)	7.5	
コンクリートオーバーレイ層	0, 200, 400	
の乾燥収縮ひずみ (10-6)		
	-0.30, 0.00, 0.45	
温度勾配 (℃/cm)	(表面温度>下面温	
	度の場合を正)	
	0, -5.5	
乾燥収縮ひずみ勾配	(表面乾燥収縮ひず	
$(10^{-6}/cm)$	み>下面乾燥収縮	
	ひずみの場合を負)	

表-7.1.10 基本解析条件¹⁾

コンクリートオーバーレイ層の乾燥収縮ひずみの値 としては、2000年10月に運輸省港湾技術研究所野比実 験場(当時)に製作したコンクリート試験舗装の長期挙 動観測結果を参考にした.これは、試験舗装近傍に作成 した自由収縮測定用供試体(縦 53cm,横 15cm,厚さ 42cm)の温度とひずみの測定結果である.打設直後より 約1年2ヶ月にわたる測定結果から、コンクリートの熱 膨張係数を算出し、コンクリートの乾燥収縮ひずみを計 算した. その結果を図-7.1.11 (a) に示す. 乾燥収縮ひず みは版表面からの深さによって異なるため、解析モデル のコンクリートオーバーレイ層の厚さが 5cm であること を考慮し、版表面から 3cm, 21cm の深さに埋設したひず み計により測定した乾燥収縮ひずみを参考に、乾燥収縮 ひずみ勾配を算出したのが,図-7.1.11 (b)である.この 測定結果では、材齢91日以降で乾燥収縮ひずみはほぼ一 定値になることから、乾燥収縮ひずみとしては材齢 91 日以降の最大値である 200×10⁻⁶を,ひずみ勾配としては 材齢 91 日以降の最小値である-5.5×10⁻⁶/cm を入力値と して採用し、図-7.1.11 (d)に示すように設定した.



図-7.1.11 乾燥収縮ひずみの設定

コンクリートオーバーレイ層ならびに既設コンクリ ート層の温度勾配としては、上述の自由収縮測定用供試 体の温度測定結果のうち、図-7.1.12 (a)に示す1月から 12 月までの温度勾配の最大値と最小値を参考に設定し た.温度勾配は、深さごとに埋設された3つのひずみ計 により測定された供試体温度から算出した Compensation Line の傾き¹¹⁾を採用し、図-7.1.12 (b)に示すように設 定した.

航空機鉛直脚荷重は, B747-400型機の主脚荷重(2軸4輪)1脚を載荷することとし,載荷位置を版の中央部, 目地部(主脚を目地に対して直角方向と平行方向にそれ ぞれ配置),隅角部の4ケースとした.脚荷重載荷位置を 図-7.1.13に示す.





図-7.1.12 温度勾配の設定



(単位:mm) 図-7.1.13 脚荷重載荷位置

- c) 解析結果
- i) クリープの影響

乾燥収縮ひずみや温度による影響を持続的に受ける と考えられることから、クリープによる影響を考慮する ために、クリープ率を考慮した有効弾性係数を用いて検 討した.この場合、クリープ率は1.5とし¹²⁾、次式¹¹⁾に より有効弾性係数を算出した.

$$E_{\rm e} = E/(1+\phi)$$
 (7.1)

ここに,

$$E_{\rm e} = E/(1+\phi)$$
 (7.1)

 $E_e: コンクリートの有効弾性係数(MPa)$ E:コンクリートの弾性係数(34,000MPa) φ:クリープ率 (=1.5)

図-7.1.14 に示す版中央部と版目地部における,界面 応力の分布を図-7.1.15 に,界面応力の最大値を図 -7.1.16 に示す.界面水平応力に関しては,x 方向ならび に y 方向のどちらか大きな値の絶対値を,界面垂直応力 に関しては引張を正として示した.また、ここでは温度 勾配が 0.45℃/cm の場合(コンクリート版表面の温度が コンクリート版下面の温度より高い場合)のみ示した.

界面水平応力,界面垂直応力は,版の中央部よりも目 地部において大きくなる傾向がわかる.また、クリープ を考慮した有効弾性係数を用いることにより、界面水平 応力,界面垂直応力ともに,若干小さくなる傾向にある. 室内強度試験結果と比較すると、 クリープを考慮しない 場合の界面垂直応力は,引張強度の平均値をも超過する こととなるが、試験舗装において剥離が生じている工区 は少数にとどまっていること,温度勾配や乾燥収縮によ る影響は持続的に長期間作用する事を考慮すると、必要 付着強度の検討のためには、コンクリートのクリープを 考慮することが必要であると考えられる.

以上のことから,以降の検討では、 クリープを考慮し た有効弾性係数を用いて解析を実施した.





図-7.1.14 界面応力表示位置





図-7.1.16 界面応力と室内強度

ii) 温度勾配の影響

温度勾配を-0.30, 0, 0.45 ℃/cm とした場合の界面水 平応力,界面垂直応力の分布を図-7.1.17 に,界面応力 の最大値と温度勾配の関係を図-7.1.18 に示す.この場 合,コンクリート版表面の温度が,コンクリート版下面 の温度よりも高い場合を,正の温度勾配としている.

界面水平応力は、版中央からの距離に比例して大きく なり、目地部あるいは隅角部において最大となることが わかる.また、目地部や隅角部で発生している最大の界 面水平応力は、温度勾配が負の場合ほど、界面水平応力 は大きくなる傾向にある.

一方,界面垂直応力は,版中央からの距離とは関係な く,一様に分布しているが,温度勾配に関わらず,隅角 部において最大となる傾向がわかる.また隅角部で発生 している最大の界面垂直応力は,温度勾配がない場合に 最小となり,温度勾配がある場合にはそれよりも大きく なるが,今回の条件では温度勾配が正の場合が最大とな っている.



iii) 乾燥収縮量の影響

オーバーレイコンクリート層に生じる乾燥収縮ひず み、ならびにその深さ方向の勾配の影響を検討した.

乾燥収縮ひずみの影響については,前述した通常の空 港コンクリート舗装における乾燥収縮ひずみの実測値を 参考に,オーバーレイコンクリート層に 0,200,400× 10⁻⁶の一様な乾燥収縮ひずみを与えて計算を実施した.

乾燥収縮ひずみ勾配の影響については,前述した実測 値が,表面からの3cmの深さにおけるひずみ量であるこ とから,表面から3cmの深さのひずみ量を200×10⁻⁶と し,乾燥収縮ひずみ勾配は最小で-5.5×10⁻⁶/cmとした.

版界面に生じる最大の界面水平応力と界面垂直応力 を図-7.1.19に示す.ここでは、温度勾配が-0.3℃/cmの 場合の界面水平応力と、温度勾配が 0.45℃/cm の場合の 界面垂直応力を示した.また前述したように、いずれの 場合でも、最大応力は目地部や隅角部において発生して いる.

オーバーレイコンクリート層に生じる乾燥収縮ひず みが界面応力に及ぼす影響は,界面水平応力と界面垂直 応力で異なることがわかる.すなわち,乾燥収縮ひずみ が大きくなると,界面応力は大きくなる傾向があるが, その影響は界面水平応力において顕著であり,界面垂直 応力ではそれほど大きくはない.

乾燥収縮ひずみ勾配の影響は,界面水平応力ではほとんど現れないものの,ひずみ勾配を考慮した場合の界面 垂直応力は,一様な乾燥収縮ひずみを与えた場合の応力 と比較して,温度勾配が負の場合は減少し,温度勾配が ない場合や正の場合は増大する傾向がある.これは,図 -7.1.11(d)に示すような負のひずみ勾配を与えると,オ ーバーレイコンクリート層の温度勾配のみが小さくなる ことと同じ意味を持つ.このため,温度勾配が正である 既設コンクリート版には上に凸の変形が生じるが,オー バーレイコンクリート層には下に凸の反り変形が生じる ため,版端部の界面の相対変位が大きくなり,界面垂直 応力が増大すると考えられる.

以上のことから,界面水平応力に対しては乾燥収縮ひ ずみ量が,界面垂直応力に対しては乾燥収縮ひずみ勾配 が大きな影響を与えることが明らかとなった.実際のコ ンクリート舗装が曝されている環境を考慮すると,コン クリート表面ほど水分蒸発量が大きく,乾燥収縮ひずみ 量が大きいと考えられることから,コンクリートオーバ ーレイ層のひずみ勾配を考慮し,適切な乾燥収縮ひずみ 量を設定することで,界面に必要な付着強度を算定する 必要があると考えられる.しかしながら,今回計算に用 いたオーバーレイコンクリート層の乾燥収縮量,ならび に深さ方向の乾燥収縮ひずみ勾配値は、コンクリート薄 層オーバーレイ舗装において測定されたものではないこ とから、設定には十分留意する必要がある.





iv) 脚荷重載荷位置の影響

航空機荷重の載荷位置による影響を検討するために, 載荷位置を図-7.1.13 に示す4ケースについて解析を実施した.ここでの解析では,航空機荷重による影響と温 度勾配・乾燥収縮による影響を同時に考慮することは困 難であることから,以下の手順により実施した.

- ①本項で用いている,層間にばねを挿入したモデルを 使用して,温度勾配ならびにオーバーレイコンクリ ート層の乾燥収縮に起因する界面応力を算出する. この場合,コンクリートの弾性係数としては,クリ ープを考慮した有効弾性係数を使用する.また,温 度勾配は 0.45℃/cm とし、オーバーレイ層に生じる 乾燥収縮ひずみは,表面からの深さによらず 200× 10⁻⁶で一定とした.
- ②航空機脚荷重の載荷により発生する界面応力の計算では、クリープを考慮しない弾性係数を使用する. また、本項で使用している、層間にばねを挿入したモデルでは、新旧両層における曲げモーメントの伝達を考慮できないため、層間のばね要素は省略し、新旧両層の界面における要素は、節点を共有したモデルとする.
- ③上記①と②で算出した界面応力の和を求める.ただし、②の航空機荷重を想定した解析では、新旧両層の界面における要素は節点を共有しているため、層間における節点間の水平変位差が生じないこと、前述した解析において、界面水平応力は室内せん断強度と比較して小さいことから、ここでは界面垂直応力のみ算出する.

隅角部に発生する界面垂直応力と載荷位置の関係を 図-7.1.20 に示す.上記②による脚荷重の載荷により隅 角部に発生する界面垂直応力は,温度勾配や乾燥収縮に 起因する応力と比較すると非常に小さい引張応力,もし くは圧縮応力であることから,脚荷重の有無による界面 垂直応力の差はほとんど無い.また,界面垂直応力は, 載荷位置によらず室内引張試験強度の平均値よりも非常 に小さな応力であることがわかる.

以上のように,航空機脚荷重の載荷が界面垂直応力に 及ぼす影響は非常に小さいことから,界面付着強度を検 討するうえでは,温度勾配やオーバーレイコンクリート 層の乾燥収縮に起因する応力に着目することで十分と考 えられる.



図-7.1.20 載荷位置が界面垂直応力に及ぼす影響

v)オーバーレイ厚の影響

オーバーレイ厚を5, 10, 15, 20cm とした場合の,版 に生じる最大の界面水平応力と界面垂直応力を図 -7.1.21 に示す. ここでは,界面水平応力が最大となる 温度勾配が-0.3℃/cm の場合,ならびに界面垂直応力が最 大となる温度勾配が 0.45℃/cm の場合についてのみ示し た.また,オーバーレイ層に生じる乾燥収縮ひずみは, 表面からの深さ 3cm の位置において 200×10⁻⁶,乾燥収 縮ひずみ勾配は0(深さによらず一定の乾燥収縮ひずみ) ならびに-5.5×10⁻⁶/cm とした.

界面水平応力は、版厚の影響をほとんど受けないこと が明らかであり、室内せん断試験における平均せん断強 度と比較しても、極めて小さいことがわかる.

一方,界面垂直応力は,深さ方向の乾燥収縮ひずみ勾 配の有無により,傾向が異なることがわかる.すなわち, 乾燥収縮ひずみ勾配を考慮すると,界面垂直応力はオー バーレイ厚の影響を大きく受け,オーバーレイ厚が厚く なるほど,界面垂直応力は増大する傾向にある.

しかしながら,版厚が 10cm 以上の場合では,界面の ない一体のコンクリート供試体の室内引張強度を超過す ることから,現実には発生し得ないと考えられる.乾燥 収縮ひずみ勾配を考慮せず,オーバーレイコンクリート 層の乾燥収縮ひずみが一様であるとした場合は,オーバ ーレイ厚が 5cm の場合(1.1MPa)よりも厚い場合には大 きな応力(最大で 1.6MPa 程度)が生じると考えられ, オーバーレイ厚による影響は無視できないことがわかる.



vi)有限要素解析におけるメッシュ間隔の影響

図-7.1.15 に示すように,界面垂直応力の最大値は, 目地部あるいは隅角部において急激に大きくなる傾向が 認められることから,有限要素解析における水平方向の メッシュ間隔を,25cm(本項の解析における標準値)な らびに10cmとして解析結果を比較した.

図-7.1.22 に界面垂直応力分布を、図-7.1.23 にオー バーレイ厚と界面垂直応力の関係を示す.メッシュ間隔 を細かくした場合でも、隅角部において局所的に応力が 大きくなる傾向は変わらず認められる.しかしながら、 界面垂直応力とオーバーレイ厚の関係は、メッシュ間隔 を 10cm と細かくすることにより、25cm とした場合の傾 向とは大きく異なる.すなわち、メッシュ間隔を 10cm と細かくした場合には、オーバーレイ厚が厚くなるにつ れて、界面垂直応力は減少する傾向が認められる.また、 これら以外のメッシュ間隔による解析モデルにおいても 検討を実施したが、メッシュ間隔を広く、もしくは狭く することが界面応力に及ぼす影響には、定性的な傾向が 認められなかった.

本項の版を想定した解析では,図-7.1.10 に示すよう に,既設コンクリート層とコンクリートオーバーレイ層 の界面に,3 方向に独立したばね要素を挿入し,界面の 付着程度の違いを考慮することとした.しかしながら, このモデルでは,新旧両層における曲げモーメントの伝 達が考慮できない等,実際の現象を再現するためには十 分でないことが考えられること,算出される界面応力が メッシュ間隔に大きく依存することなどから,本項の解 析結果により,界面の必要付着強度を定量的に把握する ことは困難であると考えられる.

なお、図-7.1.23 には、参考として、新旧両層の層間 にばねを挿入せず、節点を共有しているモデルを使用し た解析結果も示した.このモデルでは、層間が完全に付 着している一体版として捉えることができるが、この場 合にも、層間にばね要素を挿入したモデルによる結果と 同様の傾向が認められる.すなわち、メッシュ間隔が 25cmの場合は、オーバーレイ厚が15cm程度の場合に層 間垂直応力が最大となる傾向にあるが、メッシュ間隔が 10cmの場合は、オーバーレイ厚が厚くなるほど、界面垂 直応力が減少する傾向がある.



図-7.1.22 メッシュ間隔と界面垂直応力分布



図-7.1.23 オーバーレイ厚と界面垂直応力の関係

vii) 解析結果の妥当性の検証

施工後,実際に剥離が生じた工区の引張試験結果を基 に界面ばね係数,付着強度を設定し,解析結果の妥当性 を検証した.ここでは,実際に剥離が生じた②工区にお ける試験結果を用いた.すなわち,版の寸法は実際の版 寸法である 5m×5m,界面垂直ばね係数,界面水平ばね 係数は室内引張試験により得られた平均値(390GN/m³, 0.27GN/m³)とした.また,オーバーレイ層に生じる乾 燥収縮ひずみは,表面からの深さ 3cm の位置において 200×10⁶,ひずみ勾配は-5.5×10⁶/cm とした.

図-7.1.24 に、版端部における界面水平応力、界面垂 直応力の分布を示す.界面水平応力は室内試験における 平均強度(1.24MPa)と比べてきわめて小さいことから, 試験舗装において生じた剥離の原因とは推測しがたい.

一方,界面垂直応力は,隅角部付近で室内試験における平均強度(1.11MPa)の80%程度である0.89MPaの引 張応力が発生している.また,②工区における室内引張 強度最小値は0.91MPaであることから,室内引張強度の ばらつきも考慮すると,試験舗装に発生した剥離は,新 旧コンクリート層の界面に発生する垂直応力が界面引張 強度を超過したことが原因と推測される.



図-7.1.24 ②工区における界面応力分布

(3) まとめ

以上の解析結果から,新旧コンクリート界面に発生す る応力に関して以下の知見が得られた.

- ①新旧コンクリート界面に発生する応力は、目地部ならびに隅角部で最大となる傾向が認められる.
- ②温度勾配,乾燥収縮,乾燥収縮勾配が界面に発生す る応力に及ぼす影響を検証するためには、コンクリ ートのクリープ率を考慮した有効弾性係数を用い るのが現実的と考えられる。
- ③界面水平応力は、温度勾配の増加とともに減少する 傾向がある.一方、界面垂直応力は、温度勾配が正 負の両方で増加する傾向があるが、実際の温度分布 を考慮すると、温度勾配が正の場合の垂直応力のほ うが大きい.
- ④オーバーレイコンクリート層に発生する乾燥収縮 ひずみが増加した場合,界面水平応力は増加するが, 界面垂直応力に与える影響は小さい.
- ⑤深さ方向の乾燥収縮ひずみ勾配の有無は、界面水平 応力に対しては無視できる程度である。一方、乾燥 収縮ひずみ勾配の影響は界面垂直応力において顕 著であり、温度勾配が正の場合には応力が増加する 傾向がある。
- ⑥試験舗装において剥離が生じた②工区における室 内強度試験結果を考慮すると、剥離が生じた原因と しては、界面の垂直応力が引張強度を超過したこと が原因と推測される。
- ⑦航空機脚荷重の載荷が界面応力に及ぼす影響は小 さい.
- ⑧オーバーレイ厚が界面水平応力に及ぼす影響は小 さい.一方,界面垂直応力はオーバーレイ厚の影響 を受ける傾向が認められる.
- ⑨種々の条件を考慮した解析結果から、界面に作用する水平応力は、室内試験におけるせん断強度と比べて非常に小さい.一方、界面に作用する垂直応力は、室内試験における引張強度を超過する場合も確認された。
- ⑩オーバーレイ厚を考慮した解析結果から、新旧コン クリート界面の剥離を防止するためには、1.6MPa 程度以上の引張強度を有する必要があると考えら れる.しかしながら、一連の解析結果は有限要素モ デルのメッシュ間隔に大きく依存することから、本 項で示したような解析モデルでは、必要付着強度を 定量的に決定することは困難と考えられる.

7.2 必要付着強度と標準工法仕様の検討

(1) 必要付着強度の検討

前節における解析結果から,新旧コンクリート界面の 剥離を防止するためには,界面に発生する垂直応力に着 目する必要があるとわかった.このことから,試験舗装 施工前後に実施した引張強度試験結果を参照し,必要付 着強度の確認方法について検証する.

図-7.2.1に、試験舗装施工前後に実施した現場ならび に室内引張試験結果をまとめた(多数の供試体が既設コ ンクリートで破壊した、SFRCを用いた C-c 工区は除外 した).実施した引張試験条件には若干の相違があるが、 ここでは試験条件を考慮せず、同一の界面処理を施した 供試体の引張強度をまとめた.

同一工区における引張強度には、かなりの変動が認め られる. 各工区における引張強度の変動係数の平均は 17%程度であり、変動が非常に大きいことから、付着強 度を試験により確認するためには、この変動を考慮する 必要があると考えられる.

今回施工した試験舗装の剥離状況の有無,ならびに引 張試験結果と引張強度の変動に着目すると,図-7.2.1に 示したとおり,界面に必要な付着強度として,最小引張 強度が 1.6MPa 以上であることが必要と考えられる(普 通ポルトランドセメント使用,材齢91日).また,界面 の引張強度を確認するうえでは,以下のことに留意する 必要がある.

- ①新旧コンクリート界面における付着強度の確認は引張 試験にて実施することとし、引張強度の変動が大きい ことを考慮して、なるべく多くの供試体で試験を実施 し、最小引張強度が 1.6MPa 以上であることを確認す る.
- ②現場引張試験強度と室内引張試験強度の相関は比較 的高いが,現場引張試験では試験時の切削を新旧コ ンクリート界面まで正確に実施することは困難であ ること,切削深さは引張強度の変動に影響すると考 えられることから,室内引張試験により検証するの が望ましい.
- ③検討する施工条件が、本研究の試験舗装で実施確認した施工法や使用材料と異なる場合は、新たに試験舗装を製作し、少なくとも1年間の長期観測を実施した上で適用性を判断することが望ましい。その場合は、試験舗装とは別に、引張試験供試体採取用のテストピットを設けるのがよい。



(2) 標準工法仕様の検討

a) シリーズ A 工区

i)長期観測の結果から推奨される処理方法

6.2の長期観測用版とテストピット1の観測結果によれば、版厚10cmのオーバーレイ構造において、WJ処理した工区である処理方法 a, b, c の工区の中でも、WJのエネルギーが小さい処理方法 c で、長期観測版(レーン番号 R) もテストピット1(レーン番号 RR)でも隅角部に若干の剥離箇所の存在が打音調査で推定されることから、現時点では処理方法 a および処理方法 b までが、確実な付着工法として推奨される.

ii) 引張強度のばらつきと必要付着強度の関係

6.1 で示されたシリーズ A に関係する界面の引張強度 結果 (テストピットその2から採取,レーン番号 C)を表 -7.2.1 に再整理して示す (図-7.2.1参照). さらに,既 設コンクリート版で破壊した場合を除いて整理したのが, 表-7.2.2 である. この結果より選定した範囲の WJ 処理 条件の範囲では,以下の事項がわかる.

①WJ処理方法およびオーバーレイコンクリートの種類が引張強度に及ぼす影響は明確ではなかった。

②全個数 24 ヶの引張強度の平均値は 2.45MPa,最小値 1.93MPa,標準偏差は 0.32,変動係数 13%であった. 既設版からの破壊の場合を除くと,最小でも 2.06MPa となっている.この平均値は,構造設計上必要とされ る 1.6MPa を標準偏差の 3 倍上回った値に相当し, 1.6MPa を下回る付着強度が発生する確率は著しく小 さいと推定される.

表-7.2.1 界面の付着引張強度結果	(テストピットその2)
---------------------	-------------

		普通	コンク	リート		SFRC			亚坎 見-	見 上	シート 見小	標準 変動係数			
工区名	1	2	3	4	平均	5	6	7	8	平均	平均	取八	取小	偏差	(%)
C-a	2.05	2.10	2.62	2.36	2.28	2.34	2.18	2.32	2.06	2.23	2.25	2.62	2.05	0.19	8.64
C-b	2.60	2.79	2.74	2.73	2.72	2.70	2.73	2.17	2.04	2.41	2.56	2.79	2.04	0.29	11.30
C-c	2.35	2.54	2.20	1.93	2.26	2.73	3.24	2.43	2.78	2.80	2.53	3.24	1.93	0.40	15.83

網掛け部分は既設コンクリート側で破壊

全平均	全最大	全最小	標準 偏差	変動係数 (%)
2.45	3.24	1.93	0.31	12.82

(単位:MPa)

表-7.2.2 界面の付着引張強度結果 (テストピットその2, 既設版での破壊を除く)

Г	匚区名	平均	最大	最小	標準 偏差	変動係数 (%)	
	C-a	2.25	2.36	2.06	0.13	5.71	
	C-b	2.56	2.73	2.17	0.27	10.38	
	C-c	2.60	3.24	2.20	0.56	21.65	

全平均	全最大	全最小	標準 偏差	変動係数 (%)
2.44	3.24	2.06	0.30	12.49

(単位:MPa)



図-7.2.2 処理方法と平均深さ,斜長比の関係
iii) シリーズA工区の施工仕様

ii)では構造解析でクリティカルとされた引張強度に
関し、今回設定した WJ の処理エネルギーが引張強度に
及ぼす影響は明確ではなかったものの、引張強度は必要
付着強度を十分に満足する高い強度を示すと判断された.
一方、i)で述べたように、今回設定した WJ の設定範
囲内でもエネルギーの小さい場合(処理方法 c)で、厚
さ 10cm の場合に、隅角部に剥離している兆候も見られ
た.これは、処理面のキメの大小が界面剥離の経時的な
進展に影響を及ぼすことを示唆している.したがって、
路面のキメの基準を設定すれば、付着強度はもとより、
付着強度の耐久性を確保して、経時的な剥離の危険性も
小さいことを確認できると考えられる.

路面のキメを図-7.2.2, 表-7.2.3 に再掲する. ここで, 処理方法 c で若干界面剥離の兆候が見られたことから, 安全側に判断して,処理方法 a, b のキメで耐久的な付着 を確保できると考えられた.処理方法 a, b における平均 深さ,斜長比の最小の値は,それぞれ 6.51mm, 1.19 で あることから,これを丸めて,平均深さ 6.5mm 以上,斜 長比 1.2 以上を WJ 処理後のキメの判断基準とする.

なお、本基準は、平均深さ、斜長比の最小値に関して は、成田国際空港の基準(表-7.2.3の換算基準参照)よ りも高くなっているが、これは、本開発では、①既設版 が NC 版上でのその実績が無いこと、②オーバーレイコ ンクリートには通常のコンクリートを用いており、乾燥 収縮が成田国際空港で採用されている特殊コンクリート より大きいこと、③オーバーレイコンクリート層の厚さ が薄層で鉄筋や鉄網が挿入されておらず FOD 対策から キメを深め付着の耐久性を確保しておきたいとの観点に よっていること等のためである.

以上より, NC 舗装版上の WJ 処理を用いた付着オーバ ーレイ工法では,WJ 処理後に,レーザ変位計によるプ ロファイルの測定(0.5mm ピッチ,延長 20cm, 2.5cm 間 隔の測線で複数線)を実施し,平均深さ6.5mm 以上,斜 長比 1.2 以上を確認することにより,構造的に必要な付 着強度を十分な確実性で満足することができ,かつ長期 暴露でも剥離が生じない処理面を確保することができる と判断される.

表-7.2.3 レーザ変位計によるプロファイル測定結果

レーン		処理方法					
		а	b	с	d	基準	
L	測 点	L-a	L-b	L-c	L-d	_	
	斜長比	1.25	1.19	1.11	1.04	1.14以上	
	平均深さ (mm)	9.68	6.51	4.36	1.59	5.73~9.97	
	測点数	4200	4800	5400	5400	_	
	測 点	C−a	C-b	C-c	C-d	_	
	斜長比	1.19	1.24	1.15	1.04	1.14以上	
С	平均深さ (mm)	9.58	9.07	4.58	1.94	5.73~9.97	
	測点数	4800	3600	1800	5400		
	測 点	R−a	R-b	R−c	R−d		
	斜長比	1.28	1.21	1.16	1.03	1.14以上	
R	平均深さ (mm)	10.23	8.32	5.98	1.54	5.73~9.97	
	測点数	2400	3600	3600	5400	—	
	測 点	RR-a	RR-b	RR-c	RR-d	—	
	斜長比	1.29	1.26	1.18	1.03	1.14以上	
RR	平均深さ (mm)	13.11	11.09	5.27	2.28	5.73~9.97	
	測点数	4200	2400	5400	5400	_	
	斜長比	1.25	1.22	1.15	1.03	1.14以上	
平均	平均深さ (mm)	10.65	8.75	5.05	1.83	5.73~9.97	
最大	斜長比	1.29	1.26	1.18	1.04	1.14以上	
	平均深さ (mm)	13.11	11.09	5.98	2.28	5.73~9.97	
最小	斜長比	1.19	1.19	1.11	1.03	1.14以上	
	平均深さ (mm)	9.58	6.51	4.36	1.54	5.73~9.97	
*本基準は,表-2.2.2の表面処理管理基準をレーザ-変位計のキャリ ブレーションにより変換した値であり,表-2.2.2と同等な表面性状 を表している.本試験では,ニッケン(株)製レーザ変位計を使用 している.							

b) シリーズ B 工区

シリーズB工区に関しては、ショットブラストのみを 施した①、②工区および切削機+ショットブラストの③ 工区は施工後早期より新旧界面における剥離が認められ たこと、ならびに図-7.2.1の付着試験結果からも強度不 足の箇所が見受けられるうえ、付着強度のばらつきが大 きいことから、これらの界面処理方法では十分な新旧層 の付着は確保できないものと考えられる.一方、接着剤 を用いた④、⑤工区は施工後1年以上が経過した時点で も剥離が認められていないこと、ならびに図-7.2.1の付 着試験結果からも必要付着強度である 1.6MPa 以上の強 度が得られていることから、この両工区においては新旧 層界面の付着は十分に確保されているものと考えられる.

以上のことから判断すると、シリーズ B 工区における 新旧界面処理方法は、ショットブラスト(投射密度 150kg/m²)にて既設コンクリート面を研掃した後に、接 着剤 I (エポキシ系)を 1.0/m²の量で塗布する方法を標 準仕様とすることが望ましいと考える.なお、端部や凸 部等のすり付け部においては品質確保の面から、いわゆ るゼロすり付けは避ける必要があることから、オーバー レイコンクリート厚が 5cm 未満となる箇所(端部、凸部 等)は切削機により事前に切削した後にエポキシ系接着 剤を 1.3/m²(既設コンクリートの粗骨材の最大寸法が 40mmの場合)の量で塗布するものとする. 接着剤としては、本研究で用いたものを基本とするが、耐久性を考慮して、表-7.2.4に示すような性能を有するものが適当であると考えられる.

項目	試験方法	性能				
圧縮強さ	JIS K 7181	50 MPa 以上				
圧縮弾性係数	JIS K 7181	1000 MPa 以上				
曲げ強さ	JIS K 7171	35 MPa 以上				
引張せん断強さ	JIS K 6850	10 MPa 以上				
コンクリート付着強さ	JIS A 6909	1.6 MPa 以上または母材破壊				
残留引張強度	強度試験:室内引張試験	90%以上または母材破壊				
(材料耐久性)	暴露条件: JIS K 6857 処理条件 E	(暴露後の強度/初期の強度)				

表-7.2.4 用いる接着剤の性能(試験温度:20℃)

8. まとめ

本共同研究の成果は、以下のようにまとめられる.

(1) 施工

既設コンクリート版とオーバーレイコンクリート層 (新旧層)間の付着工法として,ウォータージェットを 使用するシリーズAと使用しないシリーズBの両方を対 象としている.

- a) 室内試験による基礎的知見
- i) シリーズA
- ①新旧層の付着強度は、処理を受けた既設コンクリート版の表面形状を定量化した値(平均深さならびに斜長比)と相関性のあることがわかった。
- ②付着強度を高めるためにはウォータージェット工法においてスタンドオフを小さく、ステップ間隔を小さくする必要のあること、ショットブラストを併用する必要のあることが有効とわかった。
- ii) シリーズB
- ①ショットブラストのみにより既設コンクリート版の表面処理をした場合、せん断強度は確保できるものの、 引張強度の点で不十分であるとわかった。
- ②ショットブラスト処理に加えて接着剤を用いると、せん断および引張強度の点で満足できる結果が得られた.
- b) 現場試験施工
- ①ウォータージェット工法により処理した既設コンクリート表面のきめは、ウォータージェット工法の仕様が同一であっても、既設コンクリート版の材質により異なる。
- ②厚さ 15cm のオーバーレイを対象とした施工機械であっても厚さ 5cm ならびに 10cm に対応可能である.
- c) 施工結果
- i) 付着強度
- ①室内引張強度と現場引張強度の間には高い相関性がみられ、しかも前者のほうが変動は小さいことがわかった。
- ②室内引張強度が小さい場合は、新旧コンクリート層に 剥離の生ずる危険性の大きいことがわかった。
- ③室内せん断強度には、付着工法による違いは明確でないことがわかった.

ii) 剥離状況

- ①ショットブラストのみによる表面処理では付着を確保 することは難しいことがわかった.
- ②ウォータージェットとショットブラストを併用した場合,適切な処理方法を採用することにより,新旧層間の付着を十分確保できることがわかった.
- ③ショットブラストと接着剤を併用した場合,適切な処 理方法を採用することにより,新旧層間の付着を十分 確保できることがわかった.

d) 必要強度と最適な付着工法

新旧コンクリート層界面にばね要素を挿入したモデ ルを使用して,付着オーバーレイ舗装構造を解析した結 果は次のようにまとめられる.

- ①新旧コンクリート界面に発生する応力は、目地部ならびに隅角部で最大となる傾向が認められる。
- ②深さ方向の温度勾配が増加すると、界面水平応力は減少する傾向がある.一方、界面垂直応力は、温度勾配が正負のいずれになっても増加する傾向があるが、温度勾配が正の場合のほうが大きい.
- ③オーバーレイコンクリート層の乾燥収縮ひずみが増加 すると、界面水平応力は増加するものの、界面垂直応 力はあまり変化しない.また、深さ方向で乾燥収縮ひ ずみの勾配があると、界面水平応力はほとんど変化し ないが、界面垂直応力は大きく変化する傾向があり、 温度勾配が正の場合には応力が増加する.
- ④新旧コンクリート層の界面で剥離が生じた原因としては、界面の垂直応力が引張強度を超過したことが原因と推測される。
- ⑤航空機脚荷重の載荷が界面応力に及ぼす影響は小さい.
- ⑥オーバーレイ厚が界面応力に及ぼす影響は、水平応力の場合は小さいものの、垂直応力はオーバーレイ厚の影響を受ける傾向が認められる。
- ⑦本研究の構造解析で用いた、新旧コンクリート層界面にばねを挿入するモデルでは、解析結果がメッシュ間隔に大きく影響を受けること、界面における曲げモーメントの伝達を考慮できないこと等から、定量的な検討は困難である.

試験舗装施工前後に実施した引張試験結果,解析結果 ならびに試験舗装の剥離状況長期観測結果を総合的に検 証した結果として,界面における必要付着強度と最適付 着工法については以下のようにまとめられる. ①新旧コンクリート層の付着強度としては,引張強度で

e)界面における必要付着強度と最適付着工法

1.6MPa が必要である.

- ②付着強度については、比較的多くの供試体を用いて室 内試験を実施し、最小強度が 1.6MPa 以上であること を確認する必要がある。
- ③本研究で対象とした以外の付着工法の場合は、新たに 試験舗装を製作し、付着強度試験を行うとともに、少 なくとも1年間の長期観測を実施した上でその適用性 を判断する必要がある。
- ④シリーズAにおける新旧界面処理方法は、WJ処理後に、レーザ変位計によるプロファイルの測定(0.5mm ピッチ、延長20cm)を実施し、平均深さ6.5mm以上、 斜長比1.2以上を確認し、その後ショットブラスト(投 射密度100kg/m²)を施す方法を標準仕様とすることが 望ましいと考えられる。
- (⑤シリーズBにおける新旧界面処理方法は、ショットブ ラスト(投射密度150kg/m²)にて既設コンクリート面 を研掃した後に、接着剤I(エポキシ系)を、平滑な 面の場合は1.0l/m²、切削面の場合は1.3l/m²(既設コン クリートの粗骨材最大寸法が40mmの場合)の量で塗 布する方法を標準仕様とすることが望ましいと考え られる.ただし、今後、接着剤のさらなる耐久性の確 認ならびに大規模補修への適用を視野に入れた機械 散布装置の開発の検討も必要である.

なお、付録として、薄層付着オーバーレイ舗装工事特 記仕様(案)を示した.それでは、既設コンクリート舗 装と新設コンクリート版の付着確保策は試験施工を原則 とするが、本共同研究で有効性が確かめられた新旧コン クリート層の付着工法ではそれを省略できるとしている.

(2) 材料

- ①鋼繊維補強コンクリートを用いた場合でも、付着強度は、普通コンクリートを用いた場合と大きな違いはないことがわかった。
- ②鋼繊維補強コンクリートを用いた場合でも、乾燥収縮 量は、普通コンクリートと比べて大きくなることはな いことがわかった。
- ③これらを総合すると、新旧コンクリート層間の付着が 十分確保できるならば、普通コンクリートを採用して いいものと考えられる。
- (3) 構造設計
- ①新旧コンクリート層間の付着が確保された場合は、両 者が一体となった構造と考えて設計してよいものと 考えられる。

②新旧コンクリート層間の付着が確保された場合、厚さ 5cm、10cmとも、剥離が生ずるようなことはないこと から、5cmを最小オーバーレイ厚としてもよいものと 考えられる。 (参考)

薄層付着オーバーレイ舗装工事特記仕様(案)

~ 既設コンクリート舗装と新設コンクリート版の付着確保に関して ~

X. 舗装工

X.X コンクリート舗装工

X.X.X 新旧層付着工

- 1) 既設コンクリート舗装と新設コンクリート版との付着強度は、事前に試験施工を実施し、室内引張試験により、最小強度が 1.6MPa 以上であることを確認しなければならない.
- 2) 上記試験舗装は施工後少なくとも1年以上放置して,層間剥離等の損傷が生じないことを確認しなければならない.
- 3) 以下の二方法は,監督職員の承諾により,1)の規定を確認すれば,2)の規定によらず適用してよい.

①ウオータージェット・ショットブラスト併用工法 ウォータージェット処理後に、レーザ変位計によるプロファイルの測定(0.5mm ピッチ、延長 20cm)を実施し、平 均深さ6.5mm 以上、斜長比1.2以上を確認した後、投射密度100kg/m²のショットブラストを行うことを標準とする.

②ショットブラスト・接着剤併用工法

投射密度を 150kg/m² としたショットブラストを用いて既設コンクリート面を研掃した後に,平滑な面の場合は 1.0//m²,切削面の場合は 1.3//m²(既設コンクリートの粗骨材最大寸法 40mm の場合)の接着剤を塗布する方法を標準とする.用いる接着剤はエポキシ系とし,以下の性能を満足するものとする.

項目	試験方法	性能	
圧縮強さ	JIS K 7181	50 MPa 以上	
圧縮弾性係数	JIS K 7181	1000 MPa 以上	
曲げ強さ	JIS K 7171	35 MPa 以上	
引張せん断強さ	JIS K 6850	10 MPa 以上	
コンクリート付着強さ	JIS A 6909	1.6 MPa 以上または母材破壊	
残留引張強度	強度試験:室内引張試験	90%以上または母材破壊	
(材料耐久性)	暴露条件: JIS K 6857 処理条件 E	(暴露後の強度/初期の強度)	

用いる接着剤の性能(試験温度:20℃)

9. おわりに

本研究では、空港に用いられているコンクリート舗装 を対象とした、コンクリートによる付着オーバーレイ工 法について、現場試験施工ならびに構造解析の両者を用 いて検討した.本付着オーバーレイ工法は社会的要請で ある省資源に叶うものであるが、既設コンクリート版と オーバーレイ層との付着を確実なものにすることが難し く、空港で一般的に用いられている無筋コンクリート舗 装を対象にしては従来試みられていなかった.

本研究で見いだした方法によれば、この点については 満足できるものであることが確認されたことから、今後 各地の空港において用いられて行くことが期待される.

本共同研究を実施するにあたり,現場試験施工の場所 を提供いただいたばかりか,工事ならびに試験・観測と いった際に便宜を図っていただきました,国土交通省東 京航空局東京空港事務所施設部土木建築課・保全企画室 にお礼申し上げます.同様に,国土交通省関東地方整備 局東京空港整備事務所には本研究の必要性を認めていた だいた上に,いろいろとご協力を頂きました.厚くお礼 申し上げます.また,付着オーバーレイ舗装の構造解析 には石川工業高等専門学校環境都市工学科西澤辰男教授 が開発した三次元有限要素解析プログラムを使用させて 頂きましたほかに,多くのアドバイスも頂きました.あ りがとうございました.

参考文献

- 国土交通省航空局(監):空港舗装構造設計要領,(財) 港湾空港建設技術サービスセンター, 1999.
- ハ谷好高:空港コンクリート舗装のマネージメントシ ステムに関する研究,港湾技研資料, No.698, 167p., 1991.
- 3) 喜渡基弘, 久川裕史, 亀田昭一:完全付着型オーバー レイ工法による既設エプロン舗装の改修, セメント コンクリート, No.635, pp.21-36, 2000.
- 4) 亀田昭一:成田空港第1期エプロン舗装の改修工法 完全付着型オーバーレイ工法の開発-,土木技術, 第54巻, No.2, 1999.2, pp.99-107.
- 5) 早田修一, 八谷好高, 佐藤勝久: コンクリートオーバ ーレイにおける付着工法の改善, 土木学会論文集, No.451/V-17, pp.323-331, 1992.
- 6) 東北地方整備局土木工事合理化委員会舗装技術研究 会:コンクリート薄層オーバーレイ設計・施工指針 (案), 1996.
- 7)後藤祐司,長滝重義:コンクリート接合部のせん断耐 力に関する基礎研究,土木学会論文報告集,pp.95-106, 1976
- 鋼材倶楽部:鋼繊維補強コンクリート設計マニュアル (空港舗装編), 1994.
- AASHTO designation TP29-94 standard test method for determination the shear strength at the interface of bonded layer of portland cement concrete.
- 10) 西澤辰男,村田芳樹,中川達裕:薄層ホワイトトッ ピング工法におけるコンクリート版のそり応力,舗装 工学論文集第6巻,181p.,2001.
- 11) セメント協会重交通舗装専門委員会:重交通舗装専 門委員会報告書,社団法人セメント協会,1995.
- 12) 土木学会コンクリート委員会:コンクリート標準示 方書【舗装編】,社団法人土木学会, p. 26, 2002.

国土技術政策総合研究所研究報告 RESEARCH REPORT of NILIM No. 30 September 2006

編集·発行 ©国土技術政策総合研究所

本資料の転載・複写のお問い合わせは

〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬3-1-1
 管理調整部企画調整課 電話:046-844-5018