

運輸省港湾技術研究所

# 港湾技術研究所 報告

---

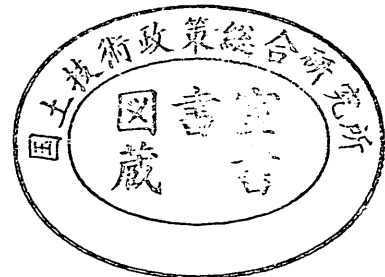
---

REPORT OF  
THE PORT AND HARBOUR RESEARCH  
INSTITUTE  
MINISTRY OF TRANSPORT

---

VOL. 33      NO. 2      JUNE. 1994

NAGASE, YOKOSUKA, JAPAN



# 港湾技術研究所報告 (REPORT OF P.H.R.I)

第33巻 第2号 (Vol.33, No.2), 1994年6月 (June.1994)

## 目次 (CONTENTS)

1. スペクトル形状による波群特性の変化  
.....鈴木康正・河合弘泰・望月徳雄・松森孝弘..... 3  
(Effect of Spectral Peakedness on Wave Grouping Characteristics  
...Yasumasa SUZUKI, Hiroyasu KAWAI, Norio MOCHIZUKI and Takahiro MATSUMORI)
2. 衝撃碎波力に対する防波堤ケーソンの動的挙動  
.....高橋重雄・下迫健一郎・上部達生 ..... 59  
(Characteristics of the Dynamic Response of Composite Breakwater  
against Impulsive Breaking Wave Force  
.....Shigeo TAKAHASHI, Ken'ichirou SHIMOSAKO and Tatsuo UWABE)
3. 海中に設置された汚濁拡散防止膜の水理特性に関する研究  
.....鶴谷広一・渡邊 弘・安岡大輔・工藤雅春 ..... 87  
(Study on hydrodynamic characteristics of floating flexible barrier  
.....Hiroichi TSURUYA, Hiroshi WATANABE, Daisuke YASUOKA and Massaharu KUDO)
4. 潜堤周辺の底泥の局所洗掘に関する実験的研究  
.....鶴谷広一・吉永宙司・佐々木豊喜 .....115  
(Experimental Study on the Local Mud Scour near Submerged Walls  
.....Hiroichi TSURUYA, Hiroshi YOSHINAGA and Toyoki SASAKI)
5. 合成版式ケーソンのフーチング部の力学特性と構造設計  
.....清宮 理・山田昌郎 .....141  
(Mechanical Properties and Structural Design of Composite Footing  
.....Osamu KIYOMIYA and Masao YAMADA)
6. コンクリート中の鉄筋のマクロ腐食と電気防食によるアノード,  
カソードへ流入する電流および分極量  
.....阿部正美・福手 勤・浜田秀則・三浦幸治 .....181  
(A Study of Current Density and Polarization Amounts by Cathodic  
Protection for Macro Cell Corrosion of Steel Bars in Concrete  
.....Masami ABE, Tsutomu FUKUTE, Hidenori HAMADA and Kouji MIURA)
7. 転圧コンクリートによる薄層オーバーレイ工法の開発  
.....福手 勤・三浦幸治・浜田秀則・寺野宜成 .....207  
(Thin Bonded Overlay using Roller Compacted Concrete for Airport Concrete  
Pavements  
.....Tsutomu FUKUTE, Kouji MIURA, Hidenori HAMADA and Yoshinari TERANO)

8. 増粘剤を用いた高流動コンクリートの過密配筋部材への適用性 .....	福手 勤・濱田秀則・三浦幸治 .....231
(Applicability of super-workable concrete using viscous agent to densely reinforced concrete members .....)	Tsutomu FUKUTE, Hidenori HAMADA and Kouji MIURA)

## 7. 転圧コンクリートによる薄層オーバーレイ工法の開発

福手 勤\*

三浦幸治\*\*

濱田秀則\*\*\*

寺野宜成\*\*\*\*

### 要 旨

近年、埋立地や高盛土に建設される空港のエプロンなどのコンクリート舗装には、不同沈下による舗装版の平坦性の低下に伴う補修や、大型機の乗り入れに伴う舗装版の増厚が必要な場合が増えている。既存の補修工法としては舗装版の打ち換え工法、既設コンクリート舗装上にコンクリート舗装をオーバーレイする工法などがある。しかしこれらの工法の場合、コンクリートの打設後、比較的長時間のコンクリートの養生が必要とされ、その間施設の閉鎖を強いられるため、空港業務に支障をきたすこともある。このため早期の供用が可能な補修工法の開発が必要とされている。

本研究では、コンクリート舗装の新工法として近年注目を浴びている超固練りの転圧コンクリートを用いた転厚コンクリート舗装に着目し、この転圧コンクリートを薄層オーバーレイ工法に用いた場合の施工性、舗装可能な厚さ、既設コンクリートとオーバーレイコンクリートとの付着性、舗装版のひずみの経時変化などを把握し、空港コンクリート舗装の補修工法としての適用性を検討した。

室内試験及び試験施工の結果より、適切な付着処理を行った後に、厚さ10cm以上のオーバーレイであれば既設コンクリート舗装の増厚工法として本工法を適用することが可能であることがわかった。

キーワード：薄層オーバーレイ、転圧コンクリート

---

\*構造部 材料研究室長

\*\*構造部 材料研究室

\*\*\*構造部 主任研究官

\*\*\*\*構造部 材料研究室研修生 (大阪セメント)

## 7. Thin Bonded Overlay using Roller Compacted Concrete for Airport Concrete Pavements

**Tsutomu FUKUTE\***

**Kouji MIURA\*\***

**Hidenori HAMADA\*\*\***

**Yoshinari TERANO\*\*\*\***

### Synopsis

The demand of strengthening of existing concrete pavements by means of thin bonded overlay is increasing in many airports in Japan, because heavier aircraft have become popular than before. For overlay works using conventional concrete, however, some shortcomings such as needs of special paving machines and long closing time of facilities until re-open to traffic for curing overlaid concrete have been pointed out.

This research work is carried out in order to develop new technique for thin bonded overlay using roller compacted concrete (RCC), which is zero-slump concrete and can overcome the shortcomings mentioned above.

Main conclusions obtained in this research are as follows.

- (1) Thin bonded overlay method using RCC newly developed is applicable to strengthen existing concrete pavements.
- (2) In order to assure the bond strength between existing concrete and overlaid RCC layer, adequate use of adhering material is necessary.
- (3) 10cm is enough as overlay thickness to secure the bond strength between existing and overlaid concrete layers.
- (4) Judging from laboratory tests, an overlaid pavement by RCC can be re-opened to traffic at 12 hours after RCC casting.
- (5) Thin bonded overlay using RCC can reduce the deflection of existing pavements and the remaining life of the pavement can be extended.

**Key Words** : Thin Bonded Overlay, Roller Compacted Concrete

---

\*Chief, Materials Laboratory, Structural Engineering Division

\*\*The 4th Port Construction Bureau (Ex-member of Materials Laboratory)

\*\*\*Seior Research Engineer, Structural Engineering Division

\*\*\*\*Osaka Cement Co., Ltd.

# 目 次

要旨 .....	207
1. まえがき .....	211
2. 室内実験による基本特性の把握 .....	212
2. 1 検討項目 .....	212
2. 2 使用材料 .....	212
2. 3 配合 .....	213
2. 4 供試体の製作 .....	213
2. 5 試験方法 .....	215
2. 6 試験結果及び考察 .....	217
3. RCCを用いた薄層オーバーレイ試験施工 .....	220
3. 1 試験施工の概要 .....	221
3. 2 試験方法 .....	223
3. 3 試験結果及び考察 .....	224
4. 結論 .....	228
5. あとがき .....	229
参考文献 .....	229

1. まえがき

近年わが国の空港においては、航空機の大型化に伴い、エプロンなどのコンクリート舗装の強化が必要とされる機会が増加している。一方、新空港の建設や既存空港の拡張が海面を埋立てて造成した地盤上で実施されることも多くなり、コンクリート舗装面の不陸修正のためのメンテナンスが重要になってきている。

これまでのコンクリートによる補修には、舗装版の打ち換えや既設コンクリート舗装に新しいコンクリート舗装をかき上げするといった方法があるが、これらの工法には施工機械が大がかりになること、長い養生期間が必要となり施設の閉鎖期間が長くなるなどの問題点がある。またコンクリート舗装のかき上げ工法はその技術も十分には確立されていない。このため、新しい補修工法の技術開発が強く望まれている。

空港コンクリート舗装は、航空機やトイングトラクターなどの重荷重が作用するため、舗装厚も30cmから40cmと極めて厚い。したがって、打ち換えなどの補修を行う場合コストが極めて高くなる。そこで既設コンクリート舗装を打ち換えせずに生かした方法として既設コンクリートの上に薄層のコンクリートをオーバーレイする方法が考えられる。この工法は施工性や経済性に秀れる補修工法と考えられるが、現在ではまだ施工例も少なくその技術も確立されていない。コンクリートの薄層オーバーレイに関して、解決すべき技術課題として、以下のようなものが挙げられる。すなわち、既設コンクリート版とオーバーレイコンクリートの付着性の確保、オーバーレイコンクリートの乾燥収縮量の低減および補修後の早期の供用開始、といった課題である。

一方、近年、道路や港湾ヤードなどで使用実績が増えてきて、海外の空港コンクリート舗装などで使用実績もあり注目を浴びているコンクリート舗装技術に、転圧コンクリート舗装 (Roller Compacted Concrete Pavement : RCCP)がある。このRCCPは、従来の一般的なコンクリート舗装のようにバイブレーターで締め固めるのではなく、単位水量が小さい超硬練りのコンクリートを、アスファルト舗装と同様にアスファルトフィニッシャーや振動ローラによって締め固めることにより、高密度、高強度のコンクリート版を製作する舗装である。

図-1<sup>3)</sup>に舗装におけるRCCの位置づけを示す。この図に示されるようにRCCPに用いる転圧コンクリート (RCC) の単位セメント量は通常のコンクリートに近く、単位水量はRCD (Roller Compacted Dam) やセメント安定処理に近い。このRCCPは通常のコンクリート

舗装と比べて以下のような特徴がある。

- ① 単位水量が少なく乾燥収縮が小さいので、目地を省略したり、目地間隔を長くすることができる。
- ② アスファルト舗装に使用するアスファルトフィニッシャーや振動ローラ等の施工機械を用いることにより高密度、高強度のコンクリート版が得られ、かつ施工速度が速く経済性に富む。
- ③ 初期材齢において高強度が得られるので、養生期間を短縮でき早期供用が可能となる。

これまでRCCPは主に新設のコンクリート舗装に適用されてきたが、筆者らは上記のような利点を有するこのRCCPを、空港コンクリート舗装の補修工法の一つとして、既設コンクリート舗装に薄層でオーバーレイすることを考えた。この工法により、通常のコンクリートによるオーバーレイ工法で問題となる施工性、早期供用性、経済性などを向上させようとするものである。図-2に既設コンクリート舗装の不陸修正及び劣化等の補修工法としてのRCCによる薄層オーバーレイ工法のイメージを示す。

本研究は、供試体を用いた室内実験によるRCCの基本特性の把握、および試験施工による施工性、強度特性、付着特性の把握より成る。図-3に本研究の基本的構成を示す。

まず室内実験により

- ① 適正な配合設計
- ② 強度特性
- ③ 乾燥収縮特性
- ④ 既設コンクリートとの付着特性
- ⑤ 早期供用性
- ⑥ 打設後長期にわたる既設コンクリートとの付着特性などRCCの基本特性に関する検討を行った。

次に試験施工により

- ① 既設コンクリートとオーバーレイコンクリートの付

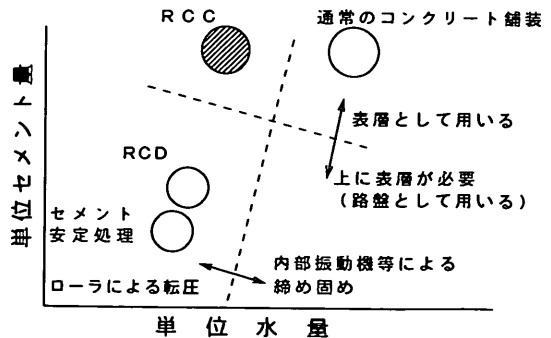


図-1 舗装におけるRCCの位置づけ

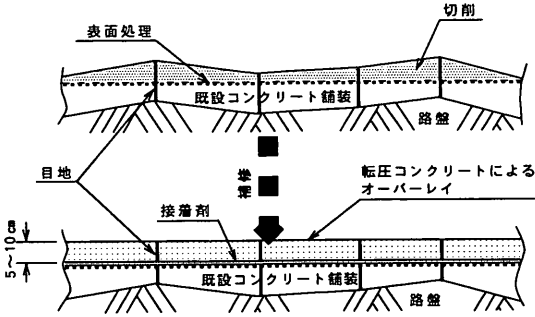


図-2 RCCによる薄層オーバーレイ工法のイメージ

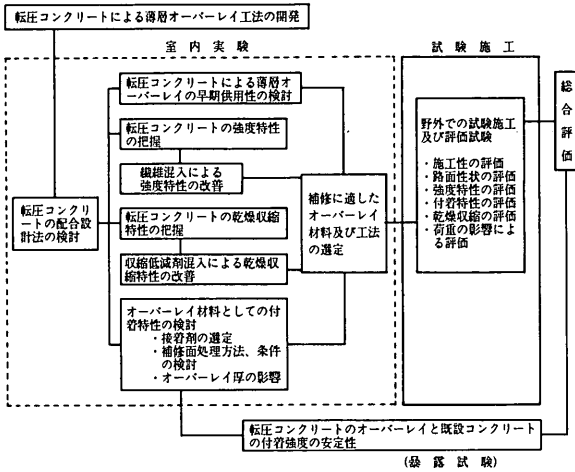


図-3 本研究の概要

着特性

- ② 舗装版に荷重が作用した際の舗装版のひずみ、たわみの減少効果
- ③ 舗装寿命の延長効果等に関する検討を行った。

2. 室内実験による基本特性の把握

2.1 検討項目

室内試験では以下に示す項目について検討を行った。

- ① RCCの適正な配合設計の検討
- ② RCCの強度特性の把握及び短繊維の混入によるRCCの強度特性向上に関する検討
- ③ RCCの乾燥収縮特性および収縮低減剤を混入した場合のRCCの乾燥収縮特性の検討
- ④ 既設コンクリートとRCCの付着特性及び表面処理方法、接着剤の種類、塗布方法が付着特性に及ぼす影響の検討

表-1 検討項目における供試体種類及び試験項目

検討項目	供試体種類	試験項目
付着特性 接着剤、補修表面処理 塗布方法、収縮低減剤 動的載荷による影響	A	引張り付着強度 曲げ付着強度
	B	ホイールトラッキング試験
初期材令時の動的載荷によるRCCPの表面性状	A	ホイールトラッキング試験
	B	
強度特性 (繊維補強)	C	曲げ強度
乾燥収縮特性 (混和材料, RCCP厚さ)	D	長さ変化測定
	E, F	ひずみ変化測定

表-2 使用材料及び適用

材 料	規格, 仕様	適 用
セメント	早強ポルトランドセメント	RCC, 接着剤
粗骨材	6号碎石 (奥多摩産)	RCC
細骨材	川砂 (鬼怒川産)	RCC
混和材料	AE減水剤	RCC
	高性能減水剤	接着剤
	アクリル系ポリマー	接着剤
	エポキシ樹脂	接着剤
	収縮低減剤	RCC, 接着剤
膨張材	RCC	
織 維	鋼繊維 (φ0.6×20, 30mm)	RCC
	ビニロン繊維 (プラストロン30mm)	RCC

- ⑤ 早期供用性の検討
- ⑥ 打設後長期にわたる既設コンクリートとオーバーレイコンクリートの付着特性の検討

表-1に各検討項目について使用した供試体の種類および試験項目を示す。

2.2 使用材料

表-2にRCCおよび接着剤に使用した材料と適用を示す。使用したセメントは、JIS R 5210を満足する早強ポルトランドセメントである。

RCCに用いた骨材は、粗骨材が奥多摩産の6号碎石、細骨材が鬼怒川産の川砂である。表-3に骨材の物理試験結果を示す。なお粗骨材の最大寸法は13mmである。

本実験で使用した接着剤は、高性能減水剤混入セメントペースト、アクリル系ポリマー混入セメントペーストおよびエポキシ樹脂の3種類である。セメント系には、高性能減水剤としてポリアルキルアリルスルホン酸系のものを使用し、エポキシ樹脂は2液混合型のものを使用した。

収縮低減剤は、RCC、セメント系接着剤にアルキレンオキシド系のものを使用した。膨張材はJIS A 6202を満足するものを用いた。

また使用した短繊維は、鋼繊維としてφ0.6×20mmとφ0.6×30mmの2種類、ビニロン繊維として、換算径が1.0mm×30mmのものを使用した。



表-3 骨材の物理試験結果

骨材の比重・吸水率											
材 料	表乾比重	吸水率 %	試験方法	規 定 値							
				表乾比重	吸水率						
粗骨材(6号碎石)	2.63~2.65	0.61~0.95	JIS A 1109	2.6以上	3%以下						
細骨材	2.57~2.58	2.33~2.38	JIS A 1110	2.5以上	3%以下						
骨材のふるい分け											
種 別	加積通過質量百分率(%)									粗粒率	規格値
	16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.60	0.30	0.15		
粗骨材	100	97~98	66~67	9	0~1					6.24~6.26	6.1~6.3
細骨材				100	93~97	63~66	27~31	18~21	7~8	2.80~2.89	2.8~3.0

また既設コンクリートとして、材齢が20年以上経過し、乾燥収縮が終了している古いコンクリート版を切断したものを使用した。

表-4 RCC配合条件

項 目	配 合 条 件
粗骨材の最大粒径	13mm
コンシステンシー	目標締固め率96%
目標曲げ強度 (材令7日)	50kgf/cm <sup>2</sup> (普通RCC) 70kgf/cm <sup>2</sup> (繊維・収縮低減剤, 膨張材RCC)

### 2.3 配合

#### (1) RCCの配合

RCCの配合においては、材料分離を生じないようにする、高い充填率を得る、および平坦性を確保する、という点に配慮する必要がある。また、RCCの品質は締固め程度に大きく左右されるため、配合設計においては施工性をよくすることと同時に硬化後に所要の品質のコンクリートが得られるようにしなければならない。このようなよわカピリティーを有するコンクリートを得るためには、所要のコンシステンシーが得られるように単位水量を選定する必要がある。このRCCのコンシステンシーを評価する試験方法には、マーシャル突固め試験、ランマーによる突固め試験、VC試験の3つの方法があるが、本研究ではこのうち現在最も標準的で、実績も多いマーシャル突固め試験方法によりコンシステンシーを評価し、それに基づいて配合設計を行った。配合条件を表-4に示す。また、図-4に配合設計の手順を示す。以上に示した手順により定めたRCCの配合を表-5に示す。また、同表に各配合の対象供試体も併せて示す。

#### (2) 接着剤の配合

今回使用した接着剤のうち、セメント系のセメントペーストおよびポリマーセメントペーストは、良好な施工性を確保するために、土木学会規準「プレパックドコンクリートの注入モルタルの流動性試験方法」に規定されるPロートフロー値が11秒となるように配合を定めた。また高性能減水剤およびポリマーはメーカーの仕様に従って混入した。セメント系の接着剤の配合及び対象供試体を表-6に示す。またエポキシ樹脂接着剤は、メーカーの示す仕様に従い、主剤7,硬化剤3の割合で混合したものをを用いた。

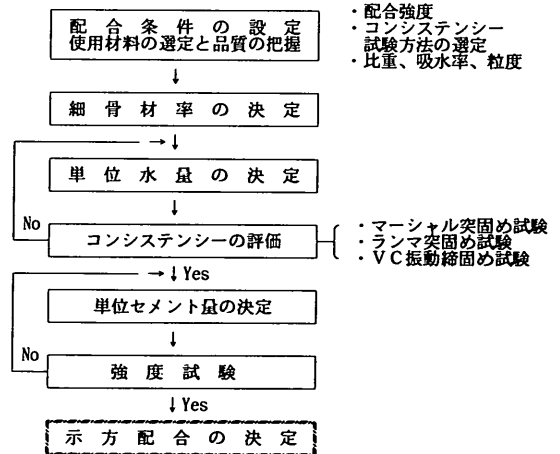


図-4 配合設計の試験手順

#### 2.4 供試体の製作

本室内実験で使用した供試体の形状寸法およびそれらの対象試験項目を表-7に、また供試体の形状及び寸法を図-5~図-7に示す。

図-5にA供試体(30×30×20cm), B供試体(30×30×15cm)の形状及び寸法を示す。その製作手順は以下のとおりである。まず30×30×20cmの型枠に既設版コンクリートを設置しその表面に接着剤を塗布した。その後、RCCを型枠に投入し、厚さが10cmまたは5cmになるようにローラーコンパクタにより締め固めを行った。このAおよびB供試体を用いて、既設版の表面処理方法、接着剤

表-5 示法配合及び対象供試体

番号	混入材料	細骨材率 (%)	水セメント (%)	単 位 量 (kg/m <sup>3</sup> )								理論密度	供試体
				水	セメント	細骨材	粗骨材	繊維	膨張材	収縮低減剤	混和剤		
①	—	45	45.0	121	269	917	1156	—	—	—	0.673	2.463	A, B, C D, E, F
②	鋼繊維 0.5%	45	36.5	120	329	894	1114	39	—	—	0.823	2.497	C
③	鋼繊維 1.0%	50	36.5	126	345	973	992	79	—	—	0.863	2.514	C
④	鋼繊維 1.5%	55	36.5	134	367	1042	869	118	—	—	0.918	2.533	C
⑤	鋼繊維 1.0%	45	36.5	119	326	891	1110	79	—	—	0.815	2.524	C
⑥	ピニロン 繊維 1.0%	45	36.5	119	326	891	1110	9	—	—	0.815	2.454	C
⑦	収縮低減剤 7.5kg/m <sup>3</sup>	45	36.5	110	323	905	1127	7.5	—	7.5	0.808	2.473	A, D E, F
⑧	収縮低減剤 9.0kg/m <sup>3</sup>	45	36.5	109	323	905	1127	9.0	—	9.0	0.808	2.473	D
⑨	膨張材 20kg/cm <sup>3</sup>	45	36.5	118	303	905	1127	—	20	—	0.808	2.473	D

表-6 接着剤の配合

配合種別	高性能減水剤 使用量 (C×%)	アクリル系ポリマー 使用量 (P/C%)	水セメント比 W/C (%)	単 位 量 (kg/m <sup>3</sup> )					Pポートフロ ー値 (秒)	使用 供試体
				セメント	水	高性能 減水剤	アクリ ル系ポ リマー	収縮 低減剤		
A セメントペースト	1	—	50	1222	599	12	—	—	10.8	A, B, E, F
B ポリマーセメント	—	10	60	1002	423	—	278	—	11.2	A, B
C セメントペースト (収縮低減剤混入)	1	2	50	1222	575	12	—	24	10.6	A, E, F

表-7 供試体種類

供試体名	形状寸法	使用試験項目
A 供試体	(30×30×20cm)	付着強度試験 ホイールトラッキング試験
B 供試体	(30×30×15cm)	
C 供試体	(10×10×40cm)	曲げ強度試験
D 供試体	(10×10×40cm)	長さ変化測定
E 供試体	(20×20×80cm)	ひずみ測定
F 供試体	(20×15×80cm)	

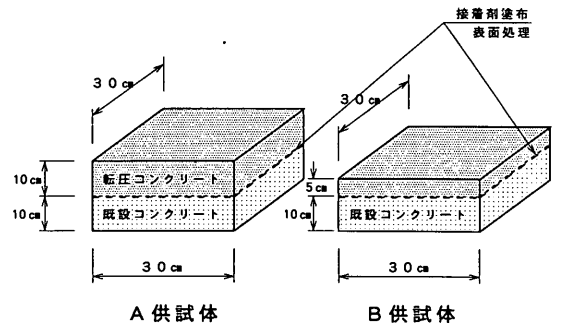


図-5 オーバーレイ供試体

の種類および塗布量、塗布方法の違いが既設コンクリートとオーバーレイコンクリートとの付着強度に及ぼす影響を検討した。またオーバーレイコンクリートの材齢初期における繰り返し載荷履歴が付着強度やRCCPの表面性状に及ぼす影響についても検討した。

既設コンクリート版表面の処理法として、ショットブラスト法およびグルーピング法を用いた。ショットブラ

スト法においては、砂の投射密度を150kg/m<sup>2</sup>と設定した。またグルーピング法においては切削する溝の幅、深さともに10mmとし、この溝を50mm間隔に縦横に切り込んだ。このグルーピング処理は機械的な付着効果を期待した方法であり、通常のコンクリートによるオーバー

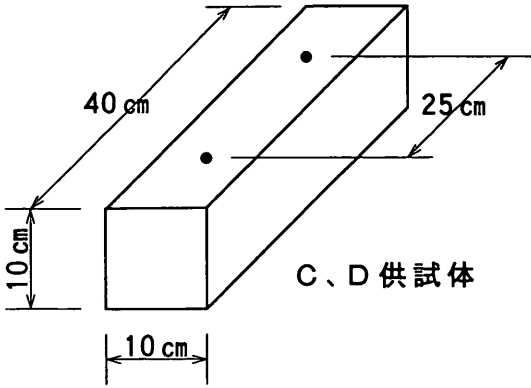


図-6 長さ変化測定供試体

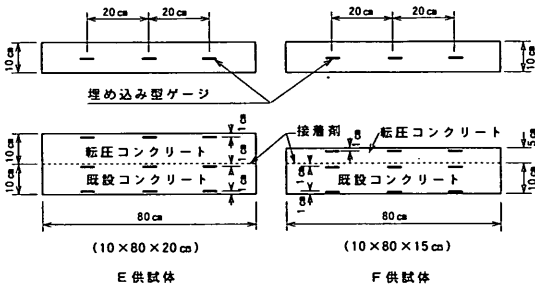


図-7 ひずみ測定供試体

イでは付着強度を高める効果があることが報告されている。⑥接着剤の塗布方法としては、セメントペーストおよびエポキシ樹脂、いずれを用いた場合もゴムベラを用いて既設コンクリート面に $11/m^2$ あるいは $0.51/m^2$ の密度で塗布する方法、スプレー（圧力 $=2.0kg/cm^2$ ）により供試体表面から20cmの高さから吹き付ける方法、および供試体表面から10cmの高さから吹き付ける方法の3種類の方法を用いた。

図-6にC供試体の形状および寸法を示す。C供試体は短繊維を混入したRCCの曲げ強度試験に使用した。その寸法は $10 \times 10 \times 40$ cmである。製作手順は以下に示すとおりである。型枠に締固め率（締固め後の単位容積質量と空隙が零の場合の単位容積質量との比）が96%なるようにRCCを詰め、パイローティングタンパにより締め固めを行った。なお、供試体の種類は $\phi 0.6 \times 20$ mmの鋼繊維をRCC容積の0.5%、1.0%、1.5%、 $\phi 0.6 \times 30$ mmの鋼繊維を1.0%混入したもの、およびビニロン繊維（換算径 $1.0$ mm $\times 30$ mm）を1.0%混入したものの、計5種類の繊維混入供試体および繊維を混入していないものの6種類である。このC供試体により短繊維を混入しないRCCと短繊維を混入したRCCの曲げ強度、および曲げ靱性を比較した。

図-6にD供試体の形状、および寸法を示す。このD供試体は収縮低減剤あるいは、膨張材を混入したRCCおよびそれらを混入しないRCCの長さ変化の測定に使用した。本供試体の製作手順は以下に示すとおりである。まず、 $10 \times 10 \times 40$ cmの寸法の型枠に締固め率が96%になるようにRCCを詰め、パイローティングタンパにより締め固めを行った。供試体には長さ変化を測定するためのポイントゲージを25cm間隔で埋め込んだ。

図-7にE供試体、およびF供試体の形状および寸法を示す。このE、F供試体の製作手順は以下に示すとおりである。まず、 $10 \times 10 \times 80$ cmの既設コンクリートを用意し、その表面をショットブラスト法により処理し、その後24時間湿潤状態に保った。養生後、表面に接着剤を塗布し、ただちにRCCをE供試体では厚さ10cm、F供試体では厚さ5cm、また両供試体とも、RCCの締固め率が96%になるように詰め、パイローティングタンパにより締め固めを行った。また乾燥収縮変化の測定のために既設コンクリート底面および上面、オーバーレイ版上面にゲージ長さ30mmの埋め込み型ひずみゲージを埋め込んだ。このE、F供試体により、オーバーレイを実施した後の既設コンクリート版のひずみ、およびオーバーレイ版の乾燥収縮ひずみを検討した。

## 2.5 試験方法

### (1) 付着強度試験

#### a) 準備

試験の準備として、材令7日においてA、B供試体に図-8に示すような $\phi 10$ cmのコアを、既設コンクリートとの接着界面より3cm下まで切り込んだ。その後、切り込んだコアの中心にアンカーを打ち込んだ。また、曲げ付着強度試験用として、 $10 \times 5 \times 20$ cmの寸法の供試体を切り出した。

#### b) 引張付着強度試験

試験は、RCCの材齢7日目に行った。引張強度試験の概要を図-9に示す。載荷速度は、変位速度表示で $1mm/分$ となるように設定した。引張り破断時の最大荷重P(kgf)を測定するとともに破断状況の観察を行った。測定された最大荷重及びコアの断面積A( $cm^2$ )を用い、(1)式により引張付着強度( $f_i$ )を算定した。

$$f_i(kgf/cm^2) = \frac{P}{A} \quad (1)$$

#### c) 曲げ付着強度試験

引張り付着強度試験と同様にRCCの材齢7日において試験を行った。A、B供試体から切り出した試験片を用

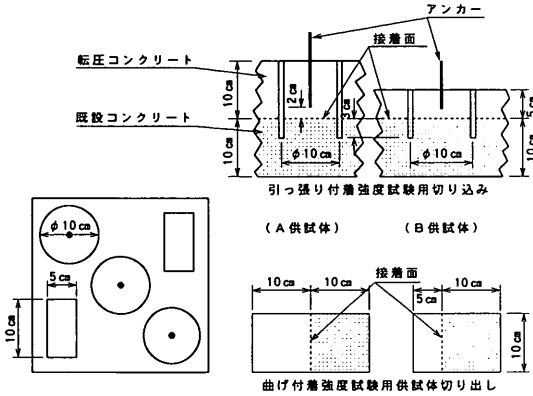


図-8 付着試験用供試体準備

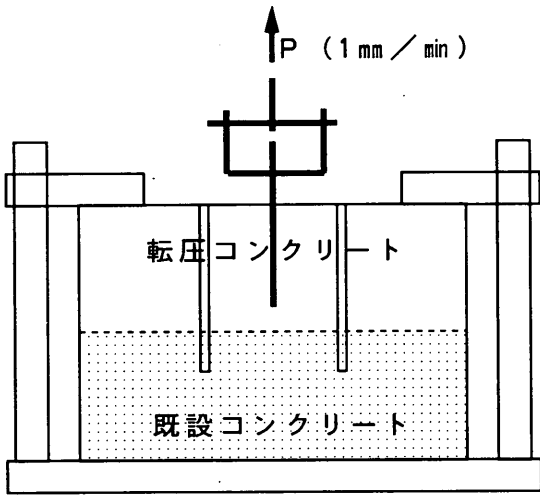


図-9 引張り付着強度試験

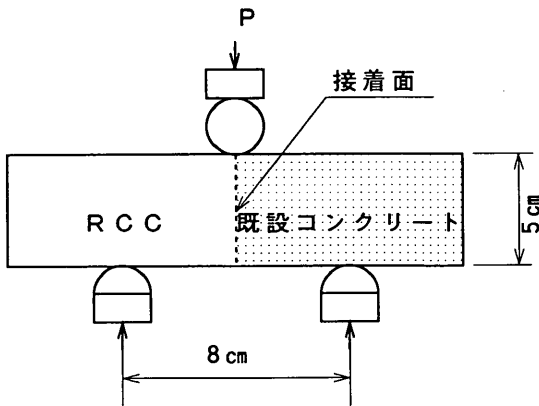


図-10 曲げ付着強度試験

いて、図-10に示すようにスパン8 cm、載荷速度を毎秒1.2kgf/cm<sup>2</sup>とし中央集中載荷を行った。曲げ付着強度( $f_b$ )は(2)式により算定した。

$$f_b(\text{kgf/cm}^2) = \frac{12 \times P}{B \times D^2} \quad (2)$$

ここにBは供試体の幅(cm)、Dは高さ(cm)、Pは最大荷重である。

(2) 繰り返し載荷試験

本試験は、A、B供試体を使用し、RCCのオーバーレイを行った後、6時間、12時間、1日および3日において実施した。試験方法の概要を写真-1に示す。写真に示すようなホイールトラッキング試験機を用いて繰り返し載荷を行った。載荷条件は輪荷重70kgf、載荷回数を42回/分として30分間継続した。

載荷試験後に、載荷面の表面性状の観察及び付着強度の測定を行った。付着強度の測定方法は上記(1)付着強度試験に示す方法と全く同様である。

(3) 曲げ強度試験、曲げタフネス試験

曲げ強度試験および曲げタフネス試験は、材齢7日まで20℃の水中養生を行ったC供試体を用いて実施した。本試験は、JIS A 1108、およびJIS A 1106に準じて行った。また、短繊維を混入した供試体の曲げ強度試験及び曲げタフネス試験は「繊維補強コンクリート設計施工指針(案)」<sup>7)</sup>に従って行った。

(4) 乾燥収縮試験

a) RCCの長さ変化の測定

本測定はD供試体を用いて行った。収縮低減剤もしくは膨張剤を混入していないプレーンのRCCおよび収縮低減剤あるいは膨張材を混入したRCCの長さ変化を測定した。供試体の養生方法、等を表-8に示す。供試体は

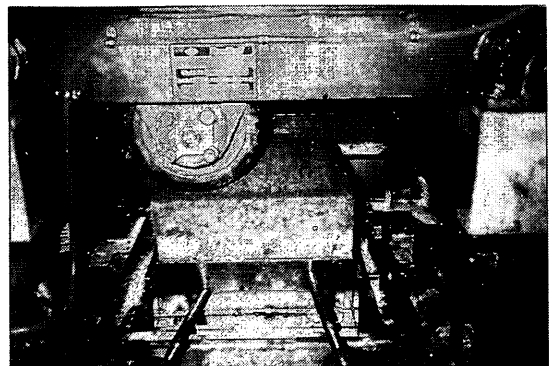


写真-1 ホイールトラッキング試験

表-8 供試体種類及び条件

供試体番号	収縮低減剤・膨張剤の種類	添加量 (kg/m <sup>3</sup> )	供試体の養生方法
D-1	なし	0	20℃水中 恒温高湿
D-2	収縮低減剤	7.5	20℃水中 恒温高湿
D-3		9.0	20℃水中 恒温高湿
D-4	膨張剤	20.0	20℃水中 恒温高湿

材齢7日まで標準養生(20℃水中)を行い、その後標準養生または気乾養生(温度20℃,湿度60%)を行い、その間の供試体の長さ変化の測定を行った。

b) オーバーレイ供試体のひずみ変化測定

本測定は、E, F供試体を使用して行った。材齢7日まで表面を布で覆った状態で散水養生を行い、その後、乾燥面をオーバーレイ上面のみに限定するために他の面をテープでシールし、恒温恒湿室(室温20℃,湿度60%)に設置し、2カ月間供試体のひずみ測定を継続した。

2.6 試験結果及び考察

(1) 既設版の表面処理及び接着剤の種類が付着強度に及ぼす影響

図-11に曲げ付着強度試験および引張り付着強度試験の結果を示す。なお、本試験に使用した供試体の製作に使用したセメント系接着剤には収縮低減剤は混入していない。また、図中の値は、曲げ付着強度の場合は2データの平均値であり、引張り付着強度の場合は3データの平均値である。

まず表面処理の違いの影響を見るため、ショットブラスト処理のみを行った場合とショットブラスト処理とグルーピング処理の両方を行った場合を比較してみる。曲げ付着強度の結果によると、ショットブラスト処理のみを行った場合とショットブラスト処理とグルーピング処理の両方を行った場合とで同等の付着強度である。一方、引張り付着強度試験の結果によると、ショットブラスト処理のみの方が大きな強度を示している。このことから、グルーピング処理の効果は明確には認められなかった。これは、グルーピングの溝の幅が10mm,深さが10mmであるのに対して、オーバーレイコンクリートの粗骨材の最大寸法が13mmであったために、粗骨材がグルーピングの溝の中に十分入り込めなかったためと推測される。

次に、接着剤の効果について考察する。接着剤を塗布しなかった供試体の付着強度は塗布したものに比べて極

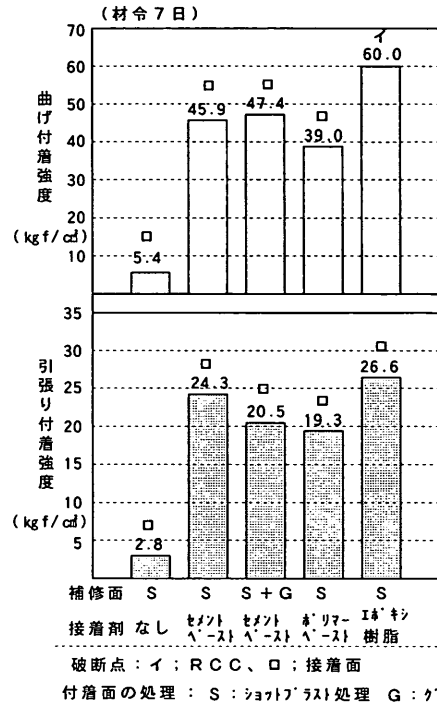


図-11 接着剤及び付着面の処理の影響による付着強度試験結果

めて小さくなった。これに対しセメントペースト、ポリマーセメントあるいはエポキシ樹脂といった接着剤を塗布した供試体は、引張り付着強度で19kgf/cm<sup>2</sup>,曲げ付着強度で39kgf/cm<sup>2</sup>以上の強度が得られ、これまでの他の研究者による試験結果と比較してみても既設コンクリートとオーバーレイコンクリートは十分な付着強度を有しているといえる<sup>9)</sup>。このことより、ペースト分の少ないRCCをオーバーレイする際には、新旧コンクリートの良好な付着を得るために、何らかの接着層(接着剤)が必要不可欠なことがわかる。

(2) 材齢3年における付着強度

図-12に、材齢7日および材齢3年における付着強度の試験結果を示す。なお、本試験に使用した供試体の製作に使用したセメント系接着剤には収縮低減剤は混入していない。なお、試験体は3年間屋外に放置されていたものである。なお、材齢3年における値は1回の試験データである。この図よりわかるとおり、接着剤を塗布しなかったものは、3年後には付着強度はほとんど残存していなかった。これに対し、接着層を設けたものは、3年後においても十分な付着強度を保持している。これらのことから、長期にわたって付着強度を保持するためにも、接着層を設けることが重要であることがわかる。

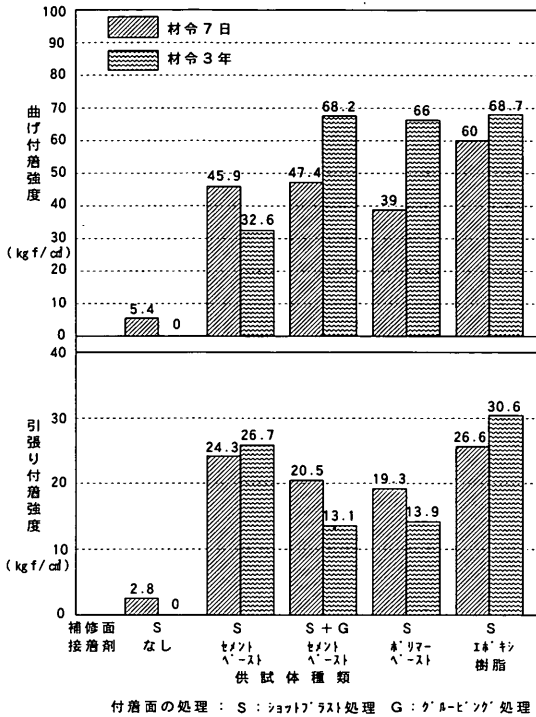


図-12 暴露環境における付着強度試験結果

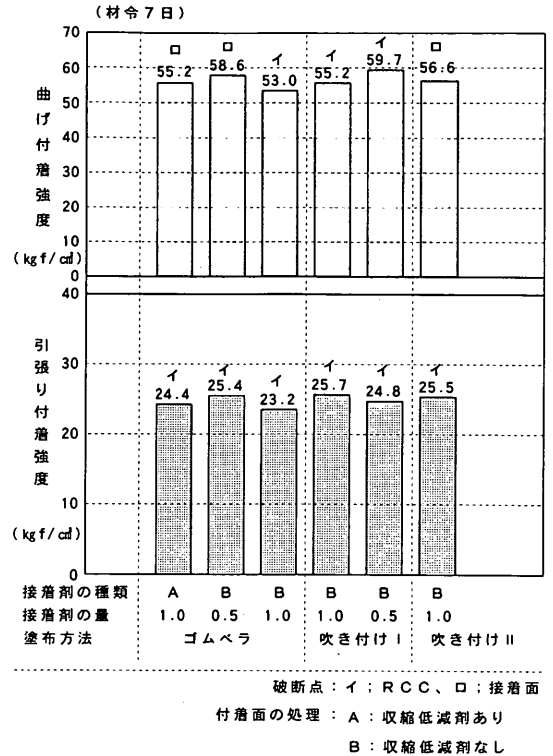


図-13 収縮低減剤混入及び接着剤の塗布条件による付着強度試験結果

(3) 接着剤への収縮低減剤の混入及び接着剤の塗布方法が付着強度に及ぼす影響

図-13は、接着剤への収縮低減剤の添加の有無、および接着剤の塗布量、塗布方法を要因として実施した曲げ付着強度試験および引張り付着強度試験の結果を示す。なお、図中の値は曲げ付着強度の場合は、2データの平均値であり、引張り付着強度の場合は、3データの平均値である。

引張り付着強度についてみると、供試体の破断点が接着界面ではなくRCC内部にあり、どの条件の場合にも接着界面での引張り付着強度は明らかではない。これより、接着剤を塗布した接着界面の付着強度はRCCの引張強度以上であることがわかる。このように本試験結果からは、接着剤の塗布量および塗布方法の違いが付着強度に及ぼす影響は判断できない。文献<sup>9)</sup>によると、RCC以外のコンクリートによる薄層オーバーレイの追跡調査が行われており、付着強度が16~17kgf/cm<sup>2</sup>であると報告されている。図-13に示されている付着強度試験結果はそれよりも大きなものとなった。

曲げ付着強度試験結果について見ると、半数の供試体において接着界面以外で破断が生じている。本試験結果からは、引張り付着強度試験結果と同じように接着剤の

塗布量及び塗布方法の違いが付着強度へ及ぼす影響は見られなかった。これにより接着剤への収縮低減剤の混入の有無、接着剤の塗布方法、塗布量の違いが付着強度に及ぼす影響は、今回の引張り試験、曲げ試験においては明確には認められなかった。

(4) 若材齢時の載荷が付着強度および表面性状に及ぼす影響

a) 付着強度

図-14は、オーバーレイ実施後6時間、12時間、1日、3日においてホイールトラッキングによる繰り返し載荷を行った供試体で、材齢7日において実施した引張り付着強度試験及び曲げ付着強度試験の結果を示している。なお、本試験に使用した供試体の製作に使用したセメント系接着剤には収縮低減剤は混入していない。また、図中の値は曲げ付着強度の場合は、2データの平均値であり、引張り付着強度の場合は、3データの平均値である。

RCC厚5cmのB供試体の引張り付着強度について見てみると、載荷を行っていない供試体(図-11に示した値、24.3Kg/cm<sup>2</sup>)に比べ、載荷を行った供試体の場合はいずれの載荷材齢においても30%程度の強度低下が見ら

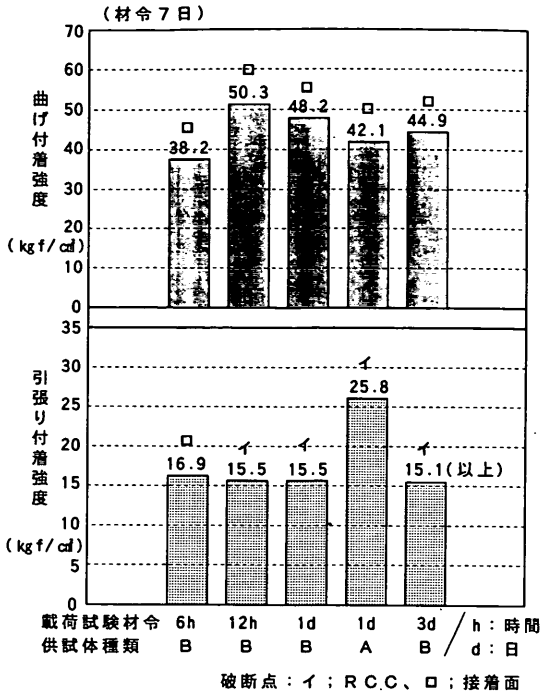


図-14 若材令時の荷重試験後の付着強度試験結果

れる。しかしRCC厚10cmのA供試体の場合は、材齢1日で荷重を行った供試体の付着強度は荷重を行っていない供試体の付着強度と同程度である。また、破断箇所について見てみると、打設後6時間において動的荷重を行った場合のみ、接着界面で破断が生じている。

曲げ付着強度試験結果について見ると、B供試体の、材齢12時間において動的荷重を行った場合の強度が一番高く出ており、材齢6時間において動的荷重を行った場合の強度は材齢12時間のそれより25%ほど低下している。材齢1日および3日において動的荷重を行った場合の強度は6時間のそれに比べて15%から20%高くなった。

b) RCCの表面性状

図-15は各材齢時のホイールトラッキング荷重前後のRCC表面の変形量を表したものである。これによると、施工後6時間で荷重を行った場合、および材齢12時間で荷重を行った場合は、荷重後に表面性状が変化していることがわかる。また、その変形の程度は6時間の場合が12時間の場合よりも大きい。しかしその後の材齢では、ほとんど変形していない。a)に示した付着強度結果と併せて考えると材齢12時間未満での荷重は舗装版および接着面に悪影響を与える恐れがあるといえる。

(5) 短繊維の混入がRCCの強度に及ぼす影響

図-16は、繊維を混入したRCCの曲げ強度、曲げ靱性

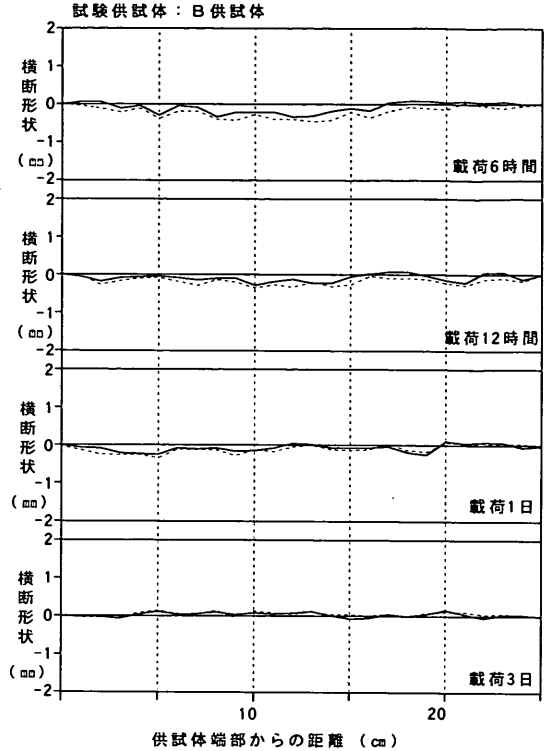


図-15 ホイールトラッキング走行荷重試験による変化量

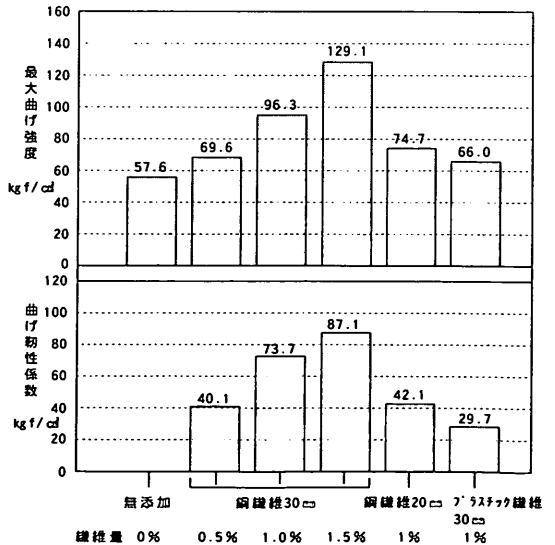


図-16 曲げ強度及び曲げ靱性係数試験結果

(タフネス)を示している。図中に示した値はいずれも4データの平均値である。この図より、繊維補強のない

プレーンのRCCに比べ、繊維補強のRCCはいずれの場合も曲げ強度が大きくなっている。また、鋼繊維による補強効果に比べプラスチック繊維の補強効果は小さい。また、曲げ靱性係数に関しても、鋼繊維の混入により改善されていることがわかる。

(6) RCCの乾燥収縮

a) 収縮低減剤及び膨張材の効果

図-17は収縮低減剤または膨張材を混入したRCCを気乾養生あるいは標準養生を行った場合の長さ変化を示している。気乾養生においては、収縮低減剤、膨張材とも混入効果が認められるが、両者を比較した場合、収縮低減剤の効果の方が大きい。膨張材を混入したコンクリートは初期の標準養生期間中は大きく膨張しているが、気乾養生期間は、プレーンコンクリートと同程度、同様の傾向の収縮が生じている。

これに対し標準養生供試体では、膨張材を混入したものは全試験期間の50日間、膨張側のひずみ傾向を示しているのに対し、収縮低減剤を混入したRCCはプレーンのRCCと同様に、長さ変化がほぼ零で推移している。これらのことから、膨張材は十分な保湿養生において初めてその効果が得られるのに対し、収縮低減剤は気乾養生でもRCCの収縮を低減する効果が期待できるといえる。

b) オーバーレイコンクリートおよび既設コンクリートのひずみ変化

図-18は、E, F供試体のひずみ測定結果を示している。この場合、ひずみ測定は供試体製作1週後にスタートした恒温恒湿室内での養生の開始時点の値を初期値としている。また、E, F供試体の諸条件を表-9に示す。図-18よりわかるとおり、オーバーレイ上面はオーバーレイ厚が5cmの場合も10cmの場合もほぼ同等な収縮ひずみを示している。

次に、収縮低減剤混入の効果を見てみる。なお、図中の配合Aは表-5の中に示されている配合番号①に相当し、収縮低減剤を混入していないものである。図中の配合Bは表-5中の配合番号⑦に相当し、収縮低減剤を混入したものである。収縮低減剤を混入したRCCと混入していないRCCを比較して見ると、オーバーレイ上面においては、収縮低減剤を混入したRCCの方が50%程度乾燥収縮ひずみが小さい。一方、既設版下面における伸びひずみは収縮低減剤混入のRCCと混入していないRCCでほぼ同程度の値となった。

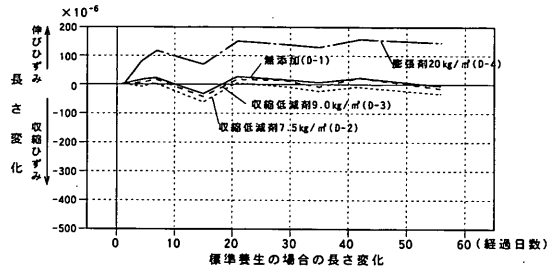
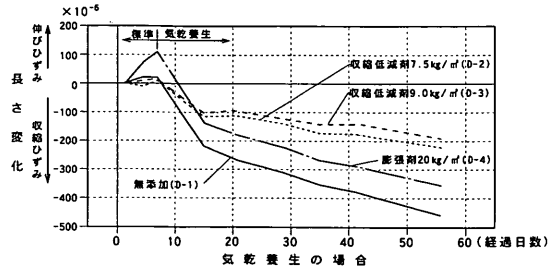


図-17 RCC供試体の長さ変化測定結果

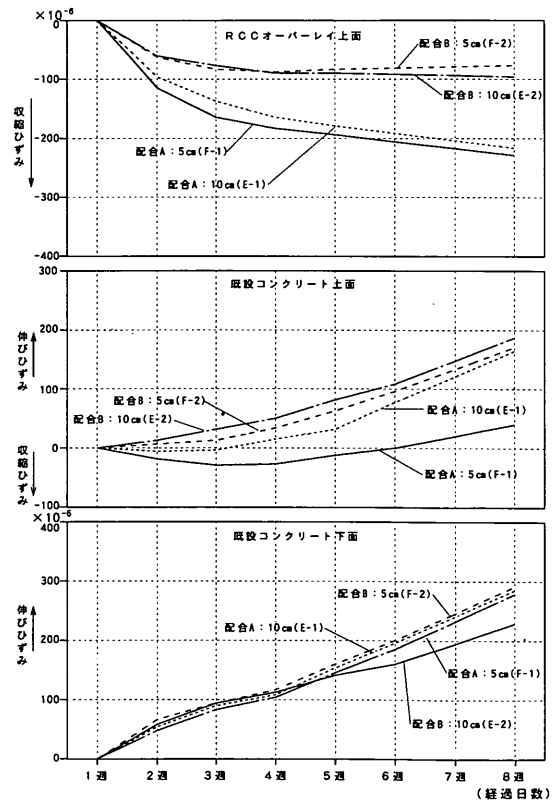


図-18 オーバーレイ供試体のひずみ測定結果

3. RCCを用いた薄層オーバーレイ試験施工

2章で述べた室内実験結果より得られた結果を踏まえ、

既設のコンクリート舗装に3種類のオーバーレイコンクリート、すなわちプレーンRCC、収縮低減剤混入RCC、



繊維補強RCCを用い、厚さ5cmおよび10cmの薄層オーバーレイの試験施工を行った。その後、オーバーレイ版の静的荷重試験およびFWD (Falling Weight Deflectometer) 試験を行い、力学特性を把握した。またRCCを用いた薄層オーバーレイ版の増厚効果およびそれに基づく舗装寿命の延長効果について検討した。

### 3.1 試験施工の概要

#### (1) 配合および舗装構造

試験施工に用いた転圧コンクリートの配合を表-10に示す。配合は、特殊な材料を用いないプレーンRCC、アルキレンオキド系収縮低減剤を用いた収縮低減タイプおよび異形加工した鋼繊維(φ0.6×30mm)を用いた鋼繊維タイプの3種類である。また、各配合ともマーシャル突固め試験方法による目標締固め率を96%、材齢7日における設計基準曲げ強度を普通および収縮低減タイプが50kgf/cm<sup>2</sup> (配合曲げ強度58kgf/cm<sup>2</sup>)、鋼繊維タイプが70kgf/cm<sup>2</sup> (配合曲げ強度81kgf/cm<sup>2</sup>) として配合を定めた。

薄層オーバーレイは、厚さ18cmの既設プレストレストコンクリート版上に厚さ5cmおよび10cmで行ったもので、図-19に平面図及び断面図を示す。

#### (2) ひずみ計の埋設

オーバーレイ版および既設コンクリート版のひずみの経時変化および荷重試験による深さ方向のひずみ分布を調べる目的で、版内にひずみ計を埋設した。ひずみ計の埋設箇所を図-19に、深さ方向の位置を図-20に示す。

既設コンクリート版へのひずみ計の埋設は、埋設箇所

のコンクリート版を50×50cmの大ききで除去し、所定の位置にひずみ計(東京測器社製: KM100BS)を設置した後、早強コンクリートで埋め戻した。

RCCのオーバーレイ内のひずみ計の設置方法は以下の手順によった。まず、ひずみ計(東京測器社製: PMS-60)を埋設箇所の既設コンクリート上に仮置き(木製の箱で保護)した。その状態でオーバーレイを実施し、オーバーレイ舗装後にひずみ計を掘り出して所定の位置に設置し、同一配合の転圧コンクリートにより埋め戻した。

#### (3) 施工方法

##### a) 既設版の表面処理及び付着処理

試験施工の概略手順を図-21に示す。既設コンクリート版は、切削機を用いて平均で深さ約10mm切削した後、切削面を100kg/m<sup>2</sup>の投射密度でショットブラスト処理した。ショットブラスト処理の実施状況を写真-2に示す。

付着処理は、表-11に示す配合のセメントペーストを用

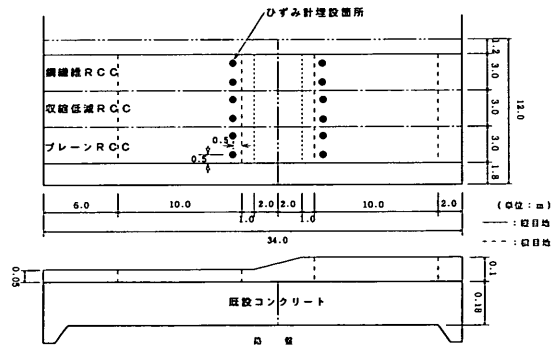


図-19 施行平面図及び断面図

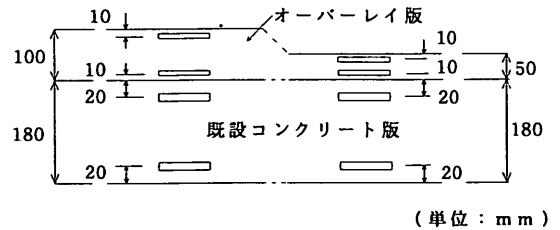


図-20 ひずみ計の深さ方向の位置

表-9 オーバーレイ供試体の試験条件

供試体番号	転圧コンクリートの版厚(cm)	RCCの種類	接着剤の種類	測定頻度
E-1	10	収縮低減剤なし	収縮低減剤なし	1日, 3日
F-1	5			1週, 2週
E-2	10	収縮低減剤混入	収縮低減剤混入	3週
F-2	5			1カ月 2カ月

表-10 転圧コンクリートの配合

配合の種類	骨材最大粒径(mm)	細骨材率s/a(%)	水セメント比W/C(%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )							理論密度g/cm <sup>3</sup>
				水	早強セメント	細骨材	粗骨材	AE減水剤	収縮低減剤	鋼繊維	
プレーンRCC	13	45	33.3	107	321	925	1165	0.80	—	—	2.519
収縮低減RCC		45	33.3	99.5	321	925	1165	0.80	7.5	—	2.519
鋼繊維RCC		55	37.0	116	314	1107	934	0.79	—	80	2.550

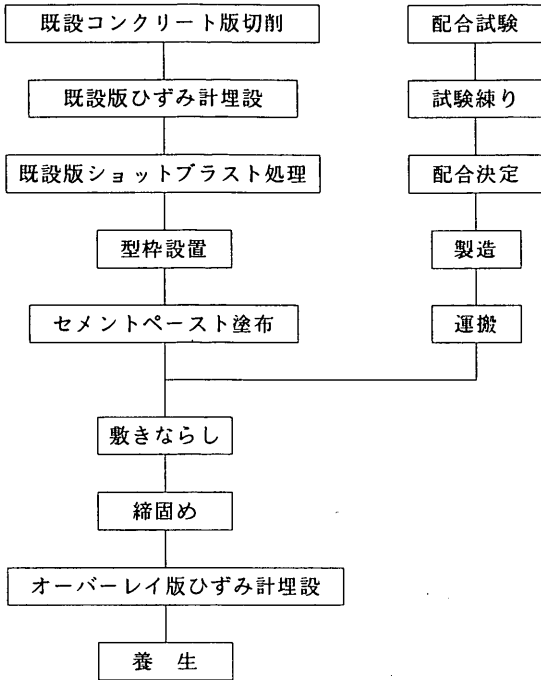


図-21 施行の概略手順



写真-2 ショットブラスト処理状況



写真-3 接着剤塗布状況



写真-4 フィニッシャーによる敷均し

表-11 セメントペーストの配合

水セメント比: W/C (%)	目標Pロートフロー値(秒)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )		
		水	早強セメント	高性能減水剤
50	11±1	599	1222	12

いて、転圧コンクリートを敷きならす直前にゴムレーキおよびデッキブラシを使用し、目標塗布量を11/m<sup>2</sup>として塗布した。写真-3にセメントペーストの塗布状況を示

す。

b) 施工

試験舗装は港湾技術研究所野比実験場において平成4年3月8日に行った。RCCの製造は、施工現場付近(運搬時間約30分)のレディーミクストコンクリート工場で行った。練混ぜは最大容量3m<sup>3</sup>の2軸パグミル型ミキサを用いて1バッチの練り量を1.5m<sup>3</sup>とし、運搬はダンプトラックにより1台あたりの積込み量を4.5m<sup>3</sup>として行った。

転圧コンクリートの敷きならしは、プレッシャバー型の強化型スクリード付きのアスファルトフィニッシャー(フェーゲル社製S-1700)を使用した。敷きならしは、プレーンRCC、収縮低減剤混入RCC、繊維補強RCCの順にそれぞれ厚さ5cmから10cmの方向に行った。なお、厚さが5cmから10cmに変化するすり付け区間では、スクリードの高さを徐々に上げて厚さを調整しながら敷きならした。敷きならし速度は、0.8m/分とし、余盛りは、厚さ5cmが10%(5mm)、厚さ10cmが8%(8mm)とした。写真-4にフィニッシャーによる敷き均し状況を示



写真-5 ローラー転圧状況

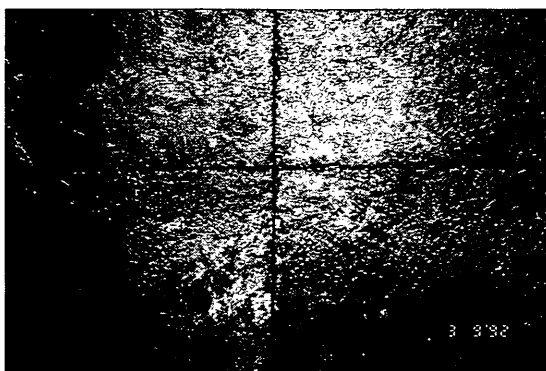


写真-6 目地切り

す。

締固めは、初転圧として水平式振動ローラー(7t)を用いて無振で1回、引き続き二次転圧として有振で1回行った後、タイヤローラー(12t)により仕上げ転圧を4~5回行った。写真-5にタイヤローラーによる転圧の状況を示す。

養生は、転圧終了後に速やかに舗設面を養生マットで覆い、表面が荒れないように散水し、施工後1週間まで散水養生を継続した。

目地は、図-19に示す縦目地、横目地を施工翌日に1枚刃(幅3mm)、施工後6日目に2枚刃(幅8mm)のコンクリートカッターによりRCCの全厚切削し、目地材を充填した。写真-6に切削後の目地の様子を示す。

### 3.2 試験方法

#### (1) 付着強度試験

図-22に、既設舗装版とオーバーレイ版の付着特性を調べるため引張り付着試験を行った場所を示す。付着強度試験は施工後、材齢7日および、材齢1年後のダンプ車

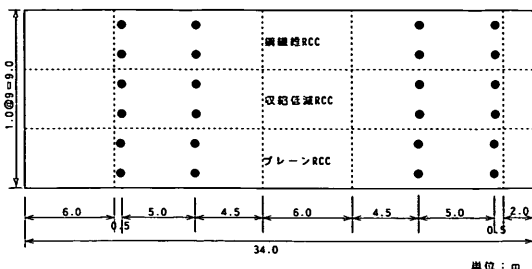


図-22 付着強度試験箇所

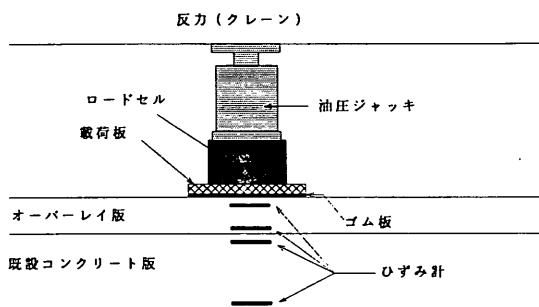


図-23 静的載荷試験方法

(後輪荷重8.1t、タイヤ接地圧10.6kgf/cm<sup>2</sup>)による走行載荷前と往復1,000回の走行載荷後に行った。試験方法は、2.5(1)に述べる室内実験で行った引張り付着強度試験と同一である。

#### (2) 静的載荷試験

静的載荷試験は、厚さ18cmの既設コンクリート上に厚さ5cmおよび10cmでRCCをオーバーレイした効果について検討するために行った。なお、本試験は薄層オーバーレイ施工の約10ヶ月後に行った。また、既設コンクリート版は約10mmを目標に切削したため、以下の検討では版厚を一様に18cmとして取り扱った。

載荷試験方法は、図-23に示すように、RCCのオーバーレイ内にひずみ計を埋設した箇所の真上に直径30cmの載荷板を置き、ロードセル(最大容量:50tf)、油圧ジャッキ(最大容量:25tf)および反力用トラッククレーン(総重量:38tf)を用いて載荷し、静ひずみ測定器により荷重とひずみの関係を測定した。写真-7に既設版の静的載荷試験の状況を示す。

#### (3) FWDによるたわみ試験

FWDによるたわみ量試験は、既設コンクリート上では薄層オーバーレイ施工前に、RCCオーバーレイ上では施工後8日目にいった。試験においては、直径30cmの載荷板に5tの衝撃荷重を載荷し、版のたわみ量を測定した。測



写真-7 既設版の静的載荷試験

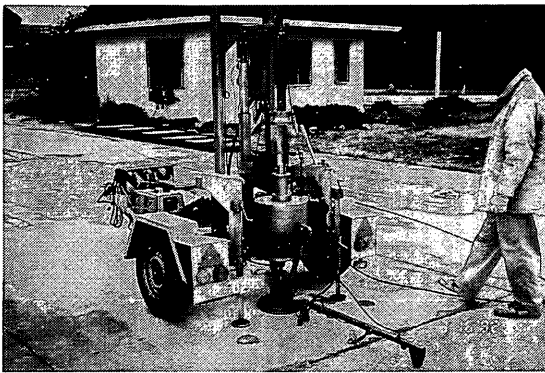


写真-8 FWDたわみ試験

点は、RCCのオーバーレイ 1種類につき 6点で、各点とも 3回の測定を行い、1回目の測定値は用いずに、後の 2回の平均値を各点の測定値とした。写真-8 にFWDたわみ試験の状況を示す。

### 3.3 試験結果及び考察

#### (1) オーバーレイコンクリートの付着特性

##### a) 経時変化及び荷重による付着強度の変化

図-24は、試験舗装後材齢 7日および、材齢 1年後の走行載荷前後の引張り付着強度試験結果を示す。図中の値は、測定結果の単純平均値である。

厚さ10cmの版のプレーンRCCの付着強度についてみると施工直後が $5.7\text{kgf}/\text{cm}^2$ で、1年後の走行前で $13.9\text{kgf}/\text{cm}^2$ 、走行後で $14.8\text{kgf}/\text{cm}^2$ と施工直後から走行後まで付着強度は増加している。収縮低減タイプは、施工直後が $12.6\text{kgf}/\text{cm}^2$ であり、走行前になると原因は不明であるが $5.8\text{kgf}/\text{cm}^2$ と低下し、走行後は逆に $12.1\text{kgf}/\text{cm}^2$ と施工直後と同等な強度が得られた。これよりプレーンRCC、収縮低減RCCについては、約1年後でも

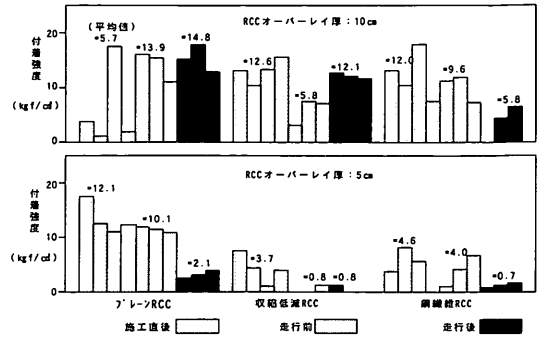


図-24 走行試験前後の引張り付着強度結果

付着強度は低下せず、また荷重車1000回走行後も付着強度に大きな変化はなかったといえる。一方、繊維補強RCCについては、施工直後が $12.0\text{kgf}/\text{cm}^2$ 、走行前で $9.6\text{kgf}/\text{cm}^2$ 、走行後は $5.3\text{kgf}/\text{cm}^2$ と付着強度の低下が見られた。

次に厚さ 5 cm版の付着強度は、プレーンRCCは、施工直後が $12.1\text{kgf}/\text{cm}^2$ で走行前が $10.1\text{kgf}/\text{cm}^2$ 、走行後で $2.1\text{kgf}/\text{cm}^2$ と材齢 1年後の走行前までは付着強度の低下は少ないが、荷重車の走行により大幅な強度変化が見られる。収縮低減RCC及び繊維補強RCCは施工直後、材齢 1年後の走行前、走行後と付着強度が低く、値がばらついている。これは、施工時に接着剤塗布からオーバーレイ施工までに時間があいたためペーストが乾燥しはじめたこと、また、接着剤の塗布面を部分的にダンプトラックやフィニッシャーが移動したことによるペーストの乱れが一因であると思われる。

以上の結果より厚さ10cmのプレーンRCC、収縮低減RCCについては荷重車走行後も $12\text{kgf}/\text{cm}^2$ 以上の付着強度を有し、ほぼ良好な供用性を有していると考えられる。しかし、厚さ 5 cmの場合はいずれのRCCのオーバーレイについても、上述したような施工時のトラブルも一因ではあると思われるものの、付着強度の低下が見られたため、信頼性のある技術を確認するためには更なる検討が必要である。

##### b) 舗装版の剥離

図-25は、走行前と走行後のオーバーレイ版の剥離調査結果である。荷重車の走行前後においてオーバーレイコンクリート表面を小型ハンマーでたたき、打撃音によってRCCと既設コンクリートとの剥離の有無を調べた。これより、プレーンRCC、収縮低減RCCの版厚 5 cmの区間においては荷重車の走行により剥離面積が広がっていることがわかる。また、図の剥離箇所は、主にRCC施工時のダンプトラック、フィニッシャーや荷重車の走行部分で、

縦目地部に集中し、各車線の中央部では剥離は確認されていない。一方、厚さ10cmのオーバーレイ区間においては、剥離している箇所は確認されなかった。

c) RCC版の付着強度と剥離の関係

荷重車走行前後におけるRCC版の引張り付着強度及び剥離面積率の測定結果を表-12に示す。また、図-26は、付着強度と剥離面積率の関係である。表-12よりRCCの厚さ5cmについては走行前後で引張り付着強度の低下

と剥離面積率の増加の傾向がうかがえる。一方、RCCの厚さ10cmについては剥離は認められず、走行前後の引張り付着強度に大きな変化がなかった。これは、RCCと既設コンクリートの合計厚さが薄いほど荷重車による版のたわみが大きくなり付着界面に生じるせん断応力が大きくなるためと考えられる。図-26に示される引張り付着強度と剥離面積率の関係から、引張り付着強度が3 kgf/cm<sup>2</sup>程度以下になると、剥離面積率が急激に増大しているといえる。

(2) 載荷試験におけるオーバーレイ内のひずみ分布

プレーンRCCでオーバーレイ厚5cmの場合の載荷荷重と版内ひずみの測定例を図-27に示す。図から、版内ひずみは、いずれの場合も載荷荷重の増加に伴い、ほぼ直線的に増加する傾向がわかる。その他の測定結果についても、載荷荷重と版内ひずみがほぼ直線関係にあったことから、両者の一次相関式を求め、載荷荷重10tにおける版内の深さ方向のひずみ分布を調べた。その結果を図-28に示す。これによると、版内のひずみは、いずれの場合も深さ方向に直線的に変化している。

(3) 舗装版の増厚効果の検討(ひずみ量による検討)

図-28に示した載荷荷重10tにおける舗装版内のひずみ分布測定結果を用い、オーバーレイによる舗装版の増厚効果を検討した。なお、実測の底面ひずみと比較するために、Westergaardの中央部応力式<sup>9)</sup>を用いて理論計算を行い、実験値と比較した。合成版の舗装厚は、オーバーレイと既設コンクリートの弾性係数が異なるため単純合計厚とすることができないことから、ここでは両者が完全に付着している複合版と考え、複合版の等価単版厚<sup>10)</sup>を求めてこれを応力計算に用いた。また、計算に用いた弾性係数およびポアソン比はいずれも実測値を使用し、路盤の支持力係数は当該箇所での既往の測定結果<sup>11)</sup>の平均値を用いた。

底面ひずみの実測値と計算値を表-13に示す。表中、既設コンクリートの底面ひずみの実測値は、厚さ5cmのオーバーレイを50×50cmの大きさに除去(ひずみ計直上)し、載荷試験により測定した結果である。(図-23参照)

表によると、底面ひずみの実測値は、既設コンクリー

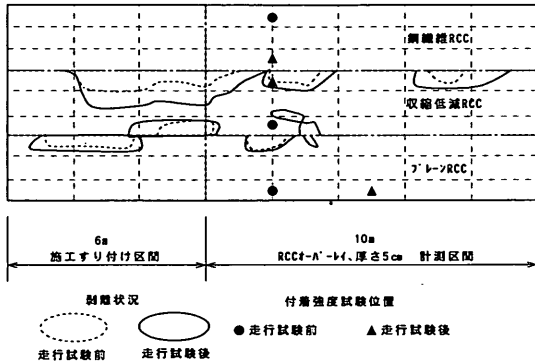


図-25 走行試験前後の剥離調査結果

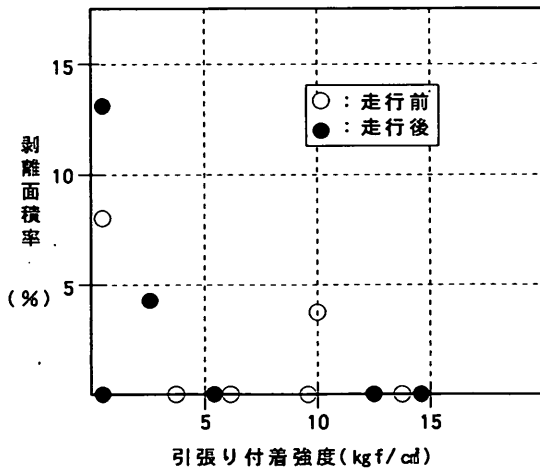


図-26 付着強度と剥離面積の関係

表-12 荷重車走行前後における引張り付着強度と剥離面積

配合の種類	RCC版厚5cm				RCC版厚10cm			
	引張り付着強度		剥離面積率		引張り付着強度		剥離面積率	
	走行前	走行後	走行前	走行後	走行前	走行後	走行前	走行後
プレーンRCC	10.1	2.1	3.5	4.0	13.9	14.8	0	0
収縮低減RCC	0.8	0.8	8.0	13.0	5.8	12.1	0	0
繊維補強RCC	4.0	0.7	0	0	9.6	5.3	0	0

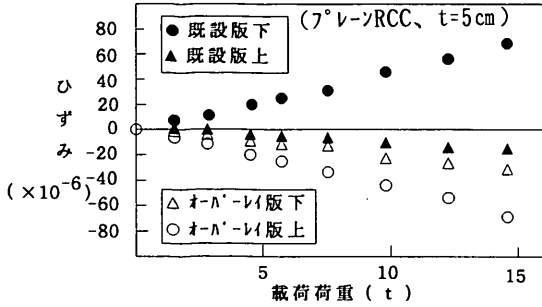


図-27 載荷荷重と舗装版内ひずみの測定例

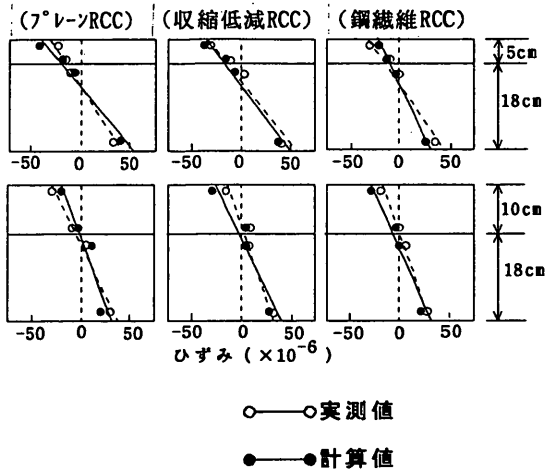


図-28 載荷荷重10tにおける版内のひずみ分布

ト版が $63 \times 10^{-6}$ であるのに対して、オーバーレイ厚が5cmでは $46 \sim 54 \times 10^{-6}$  (平均 $49 \times 10^{-6}$ )、厚さ10cmでは $31 \sim 40 \times 10^{-6}$  (平均 $35 \times 10^{-6}$ )とオーバーレイ厚が厚くなるほど底面ひずみが小さくなっている。

一方、計算値についてみると、既設コンクリート版が $134 \times 10^{-6}$ であるのに対して、オーバーレイ厚が5cmでは $77 \sim 86 \times 10^{-6}$  (平均 $82 \times 10^{-6}$ )、厚さ10cmでは $57 \sim 60 \times 10^{-6}$  (平均 $59 \times 10^{-6}$ )と実測値の場合と同様に、オーバーレイ厚が厚くなるほど底面ひずみは小さくなっている。ただし、実測値と計算値では絶対値が異なっており、これについては、載荷試験方法等を含めて今後の課題と考える。

図-29は、オーバーレイ厚と底面ひずみ比(既設コンクリート版の底面ひずみに対する比で3種類の版の平均値)の関係を示したものである。これから、実測値および計算値とも底面ひずみ比は、オーバーレイ厚が厚くなるほど小さくなり、厚さ5cmの場合は実測値が0.78、計算値が0.61、厚さ10cmでは実測値が0.56、計算値が0.44となっている。以上のことから、RCCによるオーバーレイを行うことにより、既設版の底面ひずみの減少、すなわち荷重応力の低下が認められたことから、RCCによる薄層オーバーレイの増圧効果が確認された。

(4) 舗装版の増厚効果の検討(たわみ量による検討)

前項(3)で述べた静的載荷試験の場合と同様に、FWD試験の結果を用いてオーバーレイによる舗装版の増厚効果を検討した。表-14に、FWDによるたわみ量の測定結果

表-13 底面ひずみの実測値および計算値

項目	既設コンクリート版	オーバーレイ厚：5cm			オーバーレイ厚：10cm		
		プレーンRCC	収縮低減RCC	鋼繊維RCC	プレーンRCC	収縮低減RCC	鋼繊維RCC
載荷荷重	kg	10000					
接地半径	cm	15					
路盤支持力係数 $K_{75}$		9.7					
弾性係数	kgf/cm <sup>2</sup>	288000	386000	315000	277000	386000	315000
ポアソン比		0.24	0.28	0.23	0.19	0.28	0.23
等価単版厚	cm	18	21.7	22.7	23.2	25.9	27.4
中央部応力	kgf/cm <sup>2</sup>	38.5	29.9	26.0	23.9	21.9	18.7
底面ひずみ $\times 10^{-6}$	実測値	63	48	54	46	34	40
		(1.00)	49 (0.78)			35 (0.56)	
	計算値	134	77	83	86	57	59
		(1.00)	82 (0.61)			59 (0.44)	

[注] 表中 ( ) 内の数字は既設コンクリート版のひずみに対する比を示す。

表-14 FWDによるたわみ量測定結果（載荷荷重：5t）

項 目	既設コンクリート版	オーバーレイ厚：5cm			オーバーレイ厚：10cm			
		プレーンRCC	収縮低減RCC	鋼 織 維RCC	プレーンRCC	収縮低減RCC	鋼 織 維RCC	
版中央部たわみ量 (cm)	FWD 実測値	0.020 (1.00)	0.014	0.014	0.010	0.011	0.011	
	計算値	0.016 (1.00)	0.011	0.011	0.008	0.008	0.009	
			0.013 (0.65)			0.011 (0.55)		
			0.010 (0.63)			0.008 (0.50)		

〔注〕表中（ ）内の数字は既設コンクリート版のたわみ量に対する比を示す。

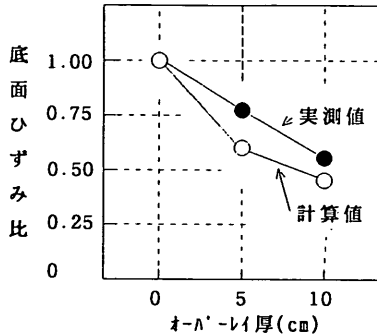


図-29 オーバーレイ厚と底面ひずみ比の関係

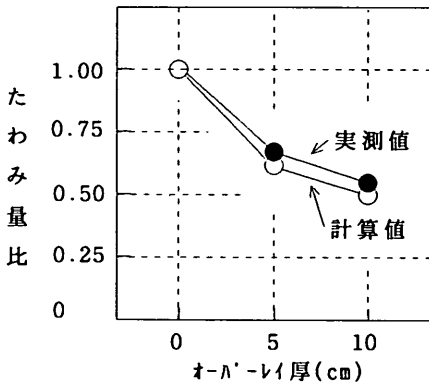


図-30 オーバーレイ厚とたわみ量比の関係

を示す。なお、ここで示した測定値は、1種類の版で行った6点の測定値の平均値で示した。また、表中のたわみ量の計算値は、実測値と比較する目的でWestergaardの中央部たわみ式<sup>12)</sup>を用いて算出したものである。計算に用いた数値は、荷重が5tであることを除いてすべて表-13と同一のものを用いた。

表によると、FWDによるたわみ量の実測値は、既設コンクリート版が0.02cmであるのに対して、オーバーレイ厚が5cmでは0.013cm、10cmでは0.011cmと、オーバーレイ厚が厚くなるほどたわみ量は小さくなっている。また、計算値についてみると既設コンクリート版の0.016

cmに対して、オーバーレイ厚が5cmでは0.010cm、10cmでは0.008cmと実測値とほぼ同様な傾向を示している。

図-30は、オーバーレイ厚とたわみ量比(既設コンクリート版のたわみ量に対する比で3種類の版の平均値)の関係を示したものである。これから、実測値および計算値ともたわみ量比はオーバーレイ厚が厚くなるほど小さくなり、厚さ5cmの場合は実測値が0.65、計算値が0.63、厚さ10cmでは実測値が0.55、計算値が0.50と実測値と計算値とが比較的良好に一致している。

以上、FWDによるたわみ量の測定結果から、薄層オーバーレイを行った版は、増厚によってたわみ量の低減効果があることがわかった。

#### (5) 薄層オーバーレイによる舗装寿命の延長に関する検討

薄層オーバーレイの効果によって、荷重応力は低下することが明らかになったが、反面、増厚による版の温度応力の増加が想定される。このため、薄層オーバーレイを行った舗装の増厚効果については、繰返し荷重および繰返し温度応力の合成応力を用いて、疲労設計まで含めた検討を行う。

薄層オーバーレイは空港・港湾の重交通を対象とした増厚工法として位置づけているが、今回は試験舗装に用いた既設舗装が厚さ18cmのプレストレストコンクリート版であったことから、耐荷力は大型航空機にも十分対応できるものの、たわみ量をパラメーターとする解析を考えると大型車両を対象とする一般道路として評価するのが適当である。すなわち、今回の試験舗装の版厚はオーバーレイ後でも23~28cmとなり、たわみやひずみの観点からは一般の道路舗装並みである。そこで今回は、当初設計に比べて交通量が増大したコンクリート道路舗装を想定し、設計年数未満で薄層オーバーレイを行った場合の舗装寿命を試算し、RCCのオーバーレイ厚の効果を検討した。なお、舗装寿命の試算は、セメントコンクリート舗装要綱付録のコンクリート版設計公式<sup>13)</sup>により行った。

薄層オーバーレイを行った舗装版の舗装寿命の試算結

表-15 薄層オーバーレイの舗装寿命に関する検討

設計条件	設計輪荷重 : $P=5t$			
	設計基準曲げ強度 : $\sigma_{bk}=45\text{kgf/cm}^2$			
	弾性係数 : $E=350000\text{kgf/cm}^2$			
	ポアソン比 : $\mu=0.25$			
	温度膨張係数 : $\alpha=10 \times 10^{-6}$			
	路盤支持力係数 : $K_{75}10\text{kgf/cm}^3$			
	目地間隔 : 10m 4車線道路			
	温度差大の地域		郊外部	
項目	版厚 (cm)	年数 (年)	日交通量 (台)	疲労抵抗の合計
①当初設計	25	20	250	1.000
②交通量増	25	15	250	0.752
		3.3	375	0.248
③5cmオーバーレイ	30	11.5	375	0.248

果を表-15に示す。なお、舗装寿命の試算は、設計輪荷重を道路舗装でよく用いられる5t、その他の条件は表のとおりとして行った。また、オーバーレイ材料の強度、弾性係数等の品質は表に示す既設コンクリート版と同一と仮定した。したがって、厚さ5cmの薄層オーバーレイを行った場合には、単純に5cm増厚したことになる。以下、検討した手順にしたがって、舗装寿命の考え方を示す。

表-15の①(当初設計)では、コンクリート版の版厚25cm、設計年数20年とした場合の疲労抵抗が1.000となる日交通量を求めた結果、250台/日であることを示した。

②(日交通量増)は、供用後16年以降の日交通量が1.5倍(375台/日)となることを想定し、上段では15年目までの疲労抵抗の合計を試算した結果が0.752であることを示した。下段は、16年目以降に残された疲労抵抗の合計が0.248(=1-0.752)であることから、補修を行わずに版厚25cm、日交通量を375台として疲労抵抗が0.248となる年数を求めると3.3年となり、交通量増により当初設計に比べて1.7年舗装寿命が減少することを示している。

③では、15年目で厚さ5cmの薄層オーバーレイを実施する場合を想定し、版厚30cm、日交通量を375台として②と同様に疲労抵抗が0.248となる年数を試算すると11.5年となり、オーバーレイを行わない場合の3.3年に比べて8.2年舗装寿命が延長することを示している。なお、増厚に伴う温度応力の増大の影響はもちろん考慮している。

この結果から、薄層オーバーレイを行うことによって、舗装寿命の延長が可能となることがわかった。

#### 4. 結論

本研究は、コンクリート舗装上に転圧コンクリートを用いて薄層オーバーレイを行う技術を開発することを目的

として実施してきた。まず一連の室内実験から、既設コンクリート版の表面処理の方法、接着剤の種類、RCCに混入する各種混和材料の効果、また材齢初期の荷重の影響などを検討した。次に、その結果を踏まえ、試験舗装を製作し、RCCでオーバーレイしたコンクリート舗装の力学特性の改善効果を明らかにした。

本研究から、以下の諸点が明らかになった。

#### (A) 室内実験から

- (1) 既設コンクリートにオーバーレイを行う場合、表面処理としてショットブラスト処理を施すことにより既設コンクリートとRCCオーバーレイの付着性を保持できる。
- (2) グルーピング処理が付着強度の改善に及ぼす効果は認められなかった。本実験では骨材の最大粒径よりグルーピング幅、深さが小さかったため十分な付着強度が得られなかったと思われる。
- (3) RCCと既設コンクリートの良好な付着を得るため、またRCCの薄層オーバーレイの耐久性を高める上でも、既設コンクリート版との間に接着層をもうけオーバーレイ版と既設版を一体化をはかる必要がある。
- (4) 若材齢での荷重履歴がその後の付着力に及ぼす影響を調べた結果、材齢6時間までに荷重した場合はその後の付着力に影響があり、12時間以降に荷重した場合は、その後の付着力は保持された。また、荷重によるオーバーレイの表面性状の変化から材齢6時間までに荷重した場合は変形量が大きい。以上の結果より若材齢での供用開始は12時間以前では難しい。
- (5) 鋼繊維をRCCに混入することによりRCCの強度及び靱性を改善する事ができる。
- (6) オーバーレイコンクリートの乾燥収縮は既設コンクリートにさほど大きな影響を及ぼさない。

#### (B) 試験舗装から

- (1) 初期材齢と1年後での既設版とオーバーレイ版の付着力は、プレーンRCC及び収縮低減RCCのオーバーレイ厚さ10cmについては概ね良好な付着力が得られた。
- (2) 5cm厚のオーバーレイコンクリートの付着強度は、いずれのRCCの場合も十分ではなかった。
- (3) 施工作业においては、ペーストなどの接着剤の塗布方法、材料の搬入、敷き均しなどの施工速度等を十分に管理することが重要である。
- (4) 概ね付着強度が3Kg/cm<sup>2</sup>以下の場合には、走行荷重により舗装版が剥離する傾向にあった。



- (5) オーバーレイ厚が5cmの場合も10cmの場合も舗装版の増厚効果が認められ、その効果は10cmの場合が5cmの場合よりも大きかった。
- (6) 薄層オーバーレイを行った版の舗装寿命を試算した結果、薄層オーバーレイを行うことによって舗装寿命が延長されることが示された。

以上のことから、既設コンクリート版表面をショットブラスト処理し、適切な接着層を設け、10cm程度以上の厚さのRCCでオーバーレイをすることにより、コンクリート舗装を補強することができることがわかった。

## 5. あとがき

RCCを用いた薄層オーバーレイの増厚効果について検討した結果、通常のコンクリート版と同様、版厚の増加による荷重応力の低下（オーバーレイ効果）が見込めることがわかった。また、本研究の一連の試験結果からRCCによる薄層オーバーレイとしては、施工厚さを10cm程度とすることが適当であることがわかった。ただし、既設コンクリート版とオーバーレイ版とが一体化していることが必要であり、このための長期的な付着強度の確保等が重要な問題となる。特に、オーバーレイ材料としてRCCを用いた場合には、施工性や早期供用性など望ましい特長を有しているが、長期的な付着強度を確保するための接着剤の種類や塗布方法などの付着処理に関しては実施工上で調整していく必要がある。

最後に本研究当初から今回のとりまとめに至るまでに多大な協力をいただいた山本邦夫元材料研究室研究員、大成ロテック（株）中丸貢、鈴木秀輔、深沢邦彦各氏に感謝の意を表します。

## 参考文献

- 1) 赤塚雄三：嵩上げ舗装の設計方法に関する調査研究、港湾技研資料No.51, 1968年, pp. 4～6
- 2) 羽山高義, 根本信行, 澤正：コンクリートの薄層オーバーレイ工法, セメント協会, 道路技術専門委員会報告, 最近のオーバーレイ技術R6, pp.103～119
- 3) 安崎裕：転圧コンクリートの現状と技術課題, 月刊生コンクリート, Vol. 8, No11, 1989
- 4) 中丸貢：転圧コンクリートの薄層オーバーレイ工法への適応性に関する検討, 舗装23-4, P10, 1988
- 5) (社) 日本道路協会：転圧コンクリート技術指針(案), 1990
- 6) 佐藤勝久：コンクリートのかき上げの付着特性, セメント協会, 道路技術専門委員会報告, 最近のオーバーレイ技術R6, pp.11～31
- 7) 土木学会：鋼繊維補強コンクリート設計施工指針(案), コンクリートライブラリー第50号, PP.58～61, 1983
- 8) 山谷外行：耐久性を考慮した薄層コンクリートによるオーバーレイ, 舗装25-11, Vol.11, 1990
- 9) 松野三郎, 養王田栄一, 三浦裕二, 飯島尚：道路建設講座5 道路舗装の設計, 山海堂, 昭和63年
- 10) 福手勤, 佐藤勝久, 八谷好高：コンクリート舗装の合理化に関する最近の試み, 昭和57年度港湾技術研究所講演会講演集, PP.85～128
- 11) 佐藤勝久, 八谷好高, 上中正志, 犬飼晴雄, 川本 幸広, 塚田悟：沈下したプレストレストコンクリート舗装版のリフトアップ工法の開発, 港湾技術研究所報告, 第28巻, 第2号, 1989.6
- 12) 竹下春見, 岩間滋：道路舗装の設計, オーム社昭和35年6月
- 13) (社) 日本道路協会：セメントコンクリート舗装要綱, 昭和59年