

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

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。

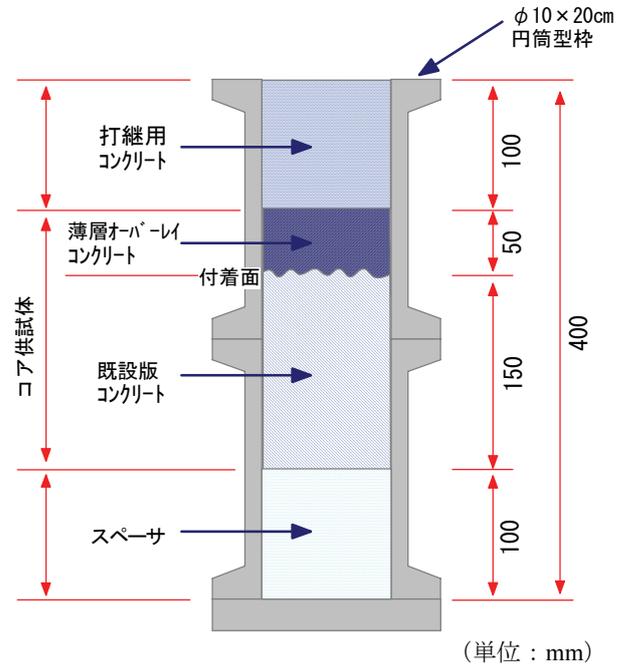


図-4.4.1 コア供試体の設置

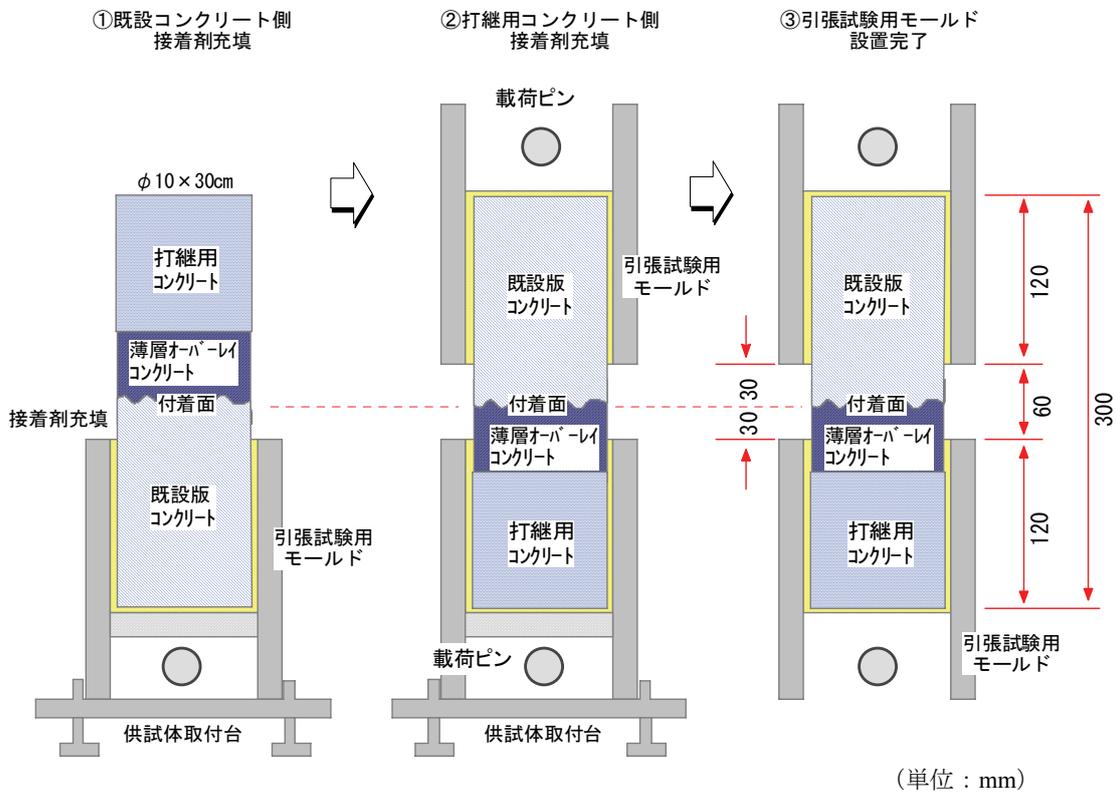


図-4.4.2 供試体の引張試験用モールドへの取付け

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り付けは、取り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。

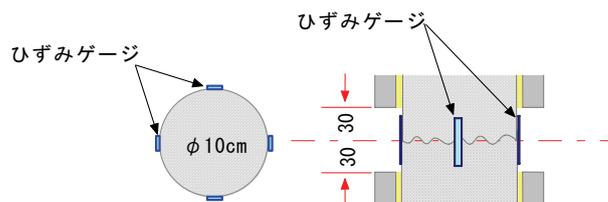


図-4.4.3 ひずみゲージ貼付位置

③ひずみゲージの貼付位置は、前処理(サンドペーパーで磨く)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。

$$\sigma_b = P/(\pi d^2/4)$$

ここに、

σ_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

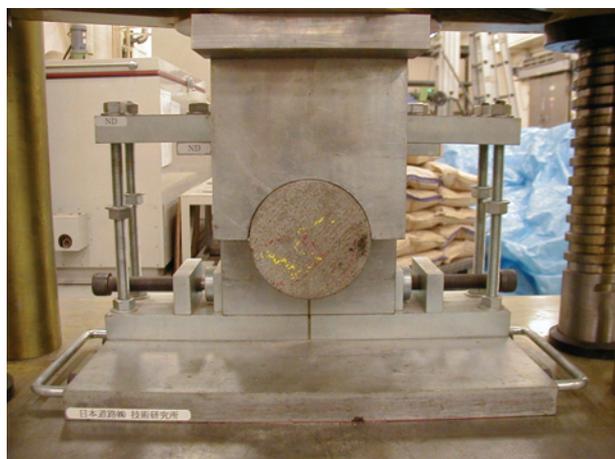
アイオワ式一面せん断試験の供試体は、直径 10cm の円柱形とし、付着界面が底面から 15cm 程度にしたものを用いる。

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。

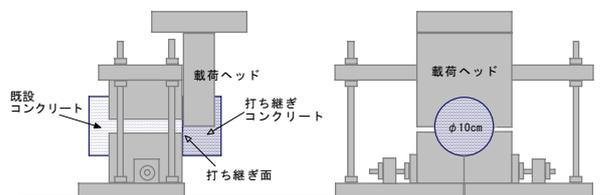


図-4.4.4 アイオワ式一面せん断試験装置の概要

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。

$$\sigma_b = P/(\pi d^2/4)$$

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

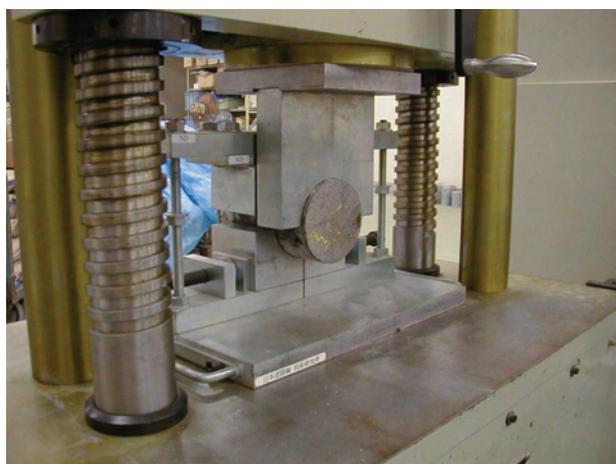


写真-4.4.2 アイオワ式一面せん断試験機による試験状況

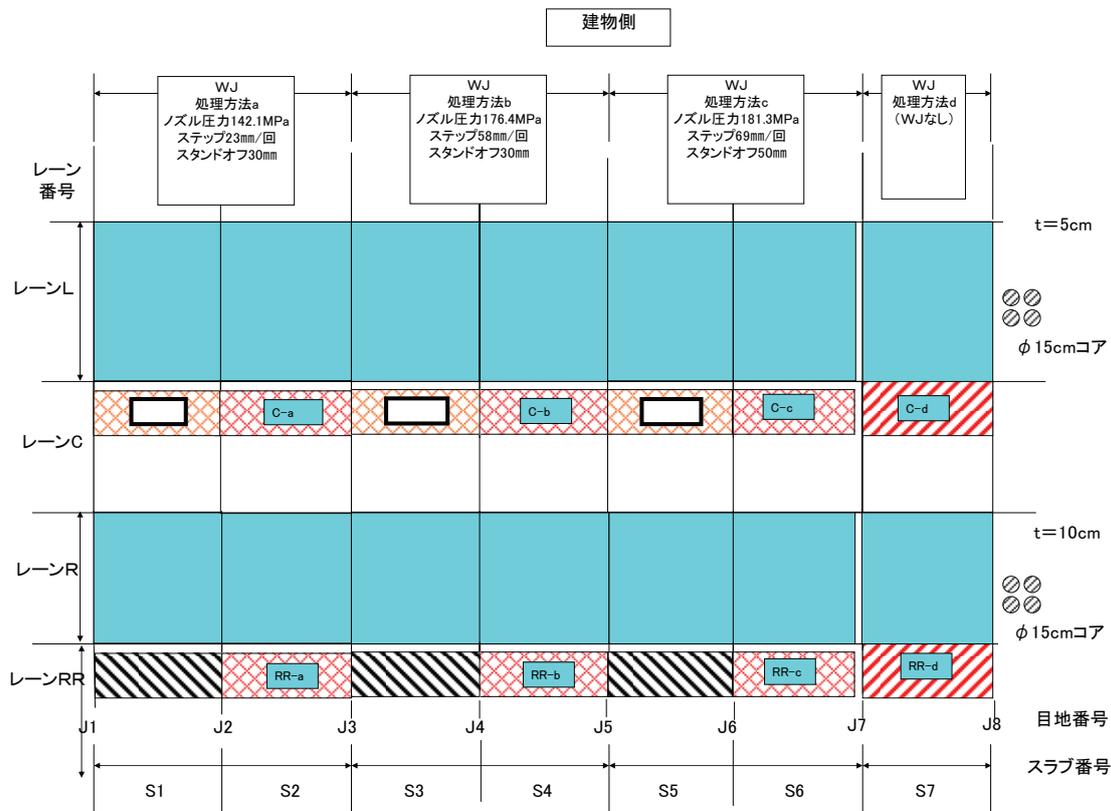


図-4.4.5 コア採取位置

(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。

表-4.4.1 切り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	φ10cm
一面せん断試験	φ10cm
圧縮強度試験	φ10cm, h=20cm
(既設コンクリート版)	φ15cm, h=30cm

施工：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)

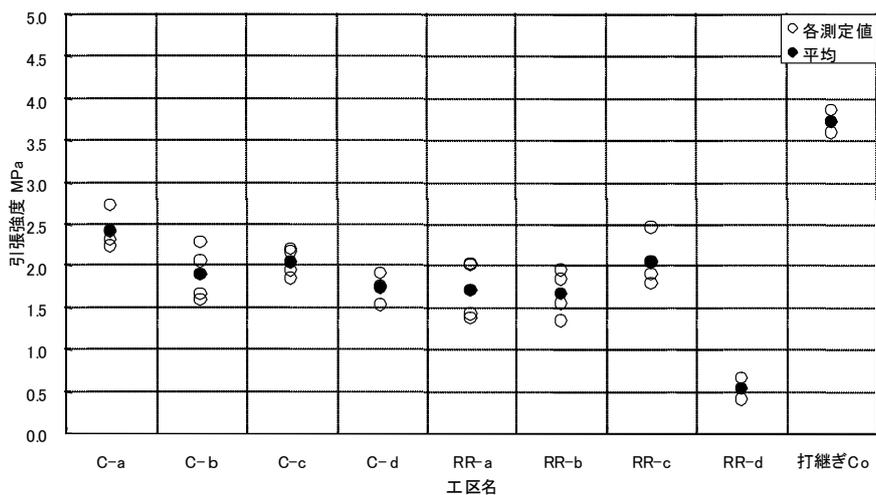


図-4.4.6 直接引張強度試験結果

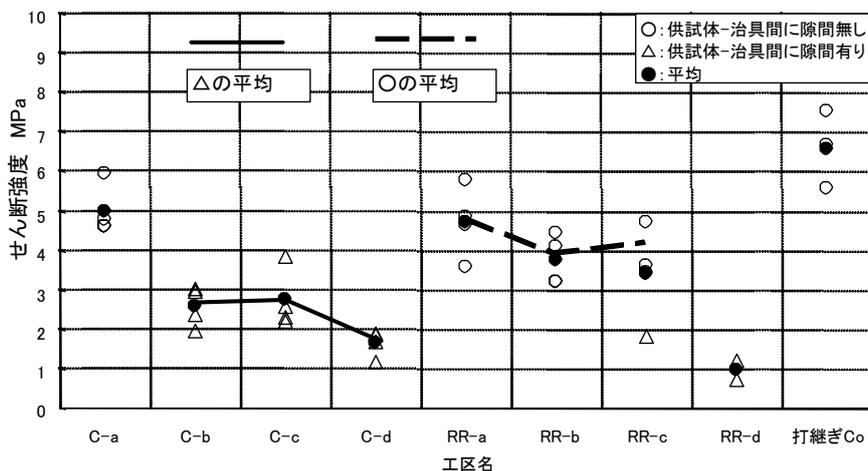


図-4.4.7 一面せん断強度試験結果

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 $t=5\text{cm}$ 、RR-a～d が $t=10\text{cm}$ 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、荷重ヘッドの曲率よりもコアの寸法が大きいものがあり、荷重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

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（φ 10cm）

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（φ 15cm）

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。

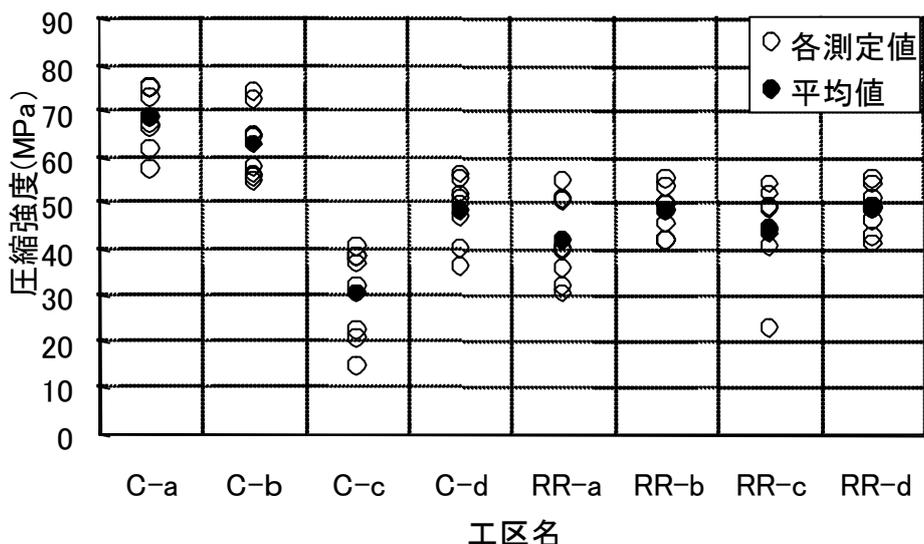


図-4.4.8 圧縮強度試験結果(φ 10cm)

表-4.4.2 圧縮強度および静弾性係数試験結果

供試体番号	圧縮強度 (MPa)		静弾性係数 (MPa)		ポアソン比	
	平均	平均	平均	平均	平均	平均
L-1	48.1	45.5	39450	40100	0.21	0.20
L-2	38.8		39734		0.19	
L-3	48.6		40887		0.21	
L-4	46.6		40521		0.21	
R-1	48.7	49.1	41457	38900	0.20	0.20
R-2	53.5		38111		0.20	
R-3	49.8		39002		0.20	
R-4	44.4		37228		0.18	

(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

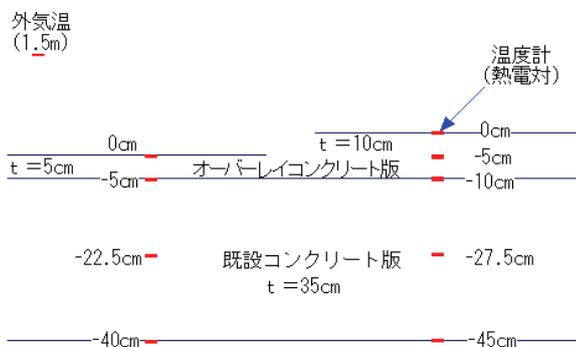


図-4.4.9 熱電対設置位置

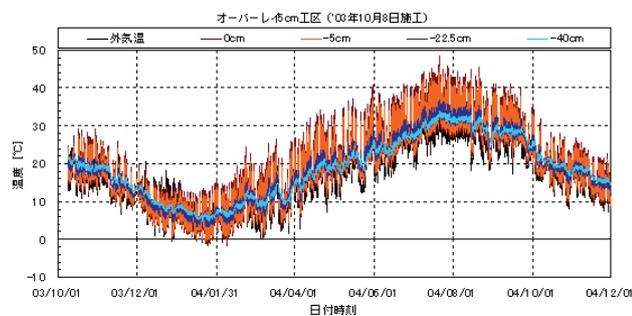


図-4.4.10 温度測定結果(5cm工区)

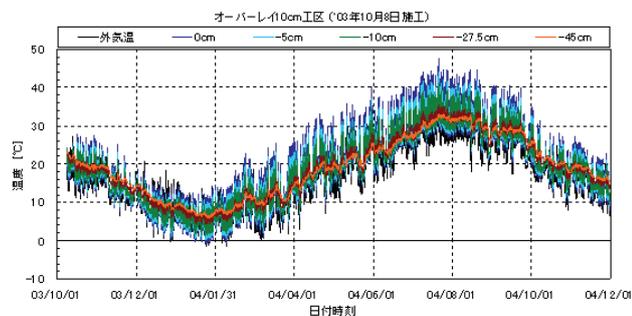


図-4.4.11 温度測定結果(10cm工区)

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。

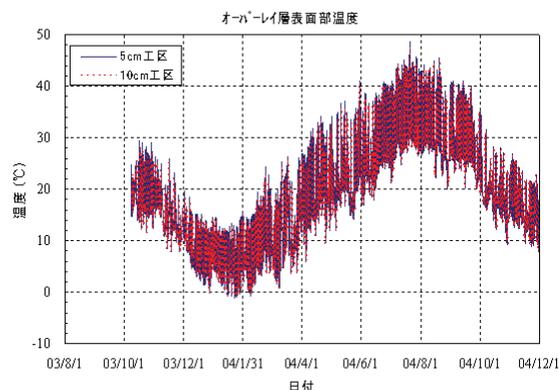


図-4.4.12 オーバーレイ層表面の温度

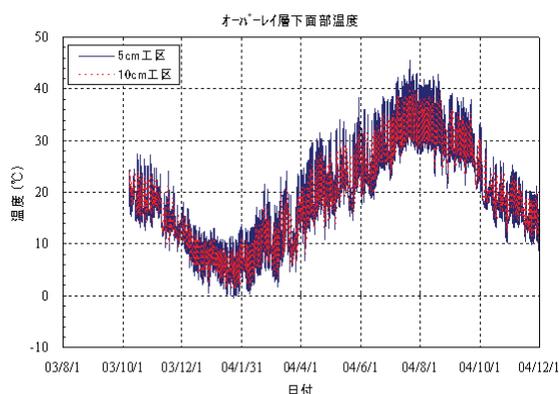


図-4.4.13 オーバーレイ層下面の温度

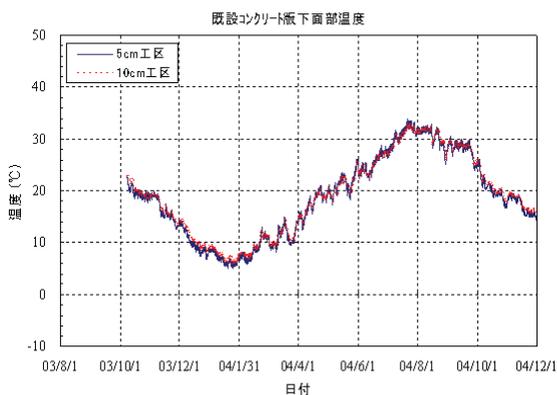


図-4.4.14 既設コンクリート版底面の温度

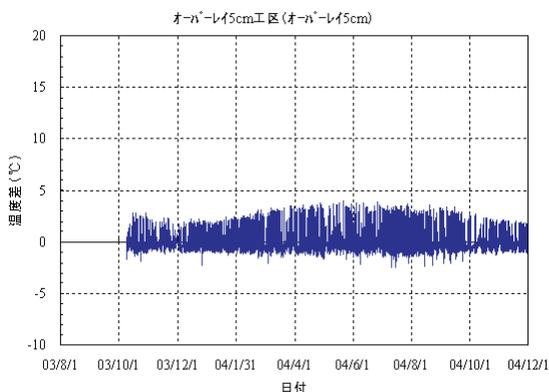


図-4.4.15 オーバーレイ層の温度差(5cm)

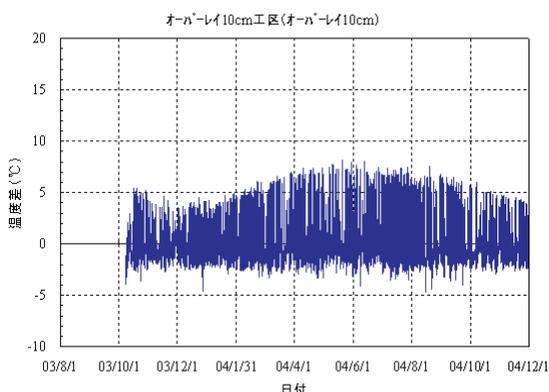


図-4.4.16 オーバーレイ層の温度差(10cm)

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。

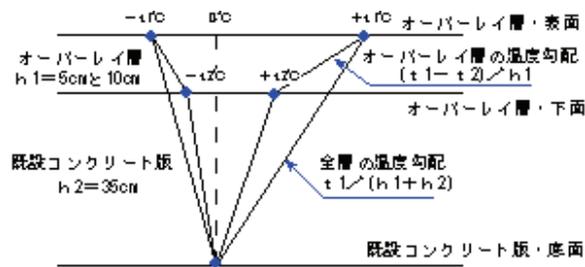


図-4.4.17 温度勾配の算出方法

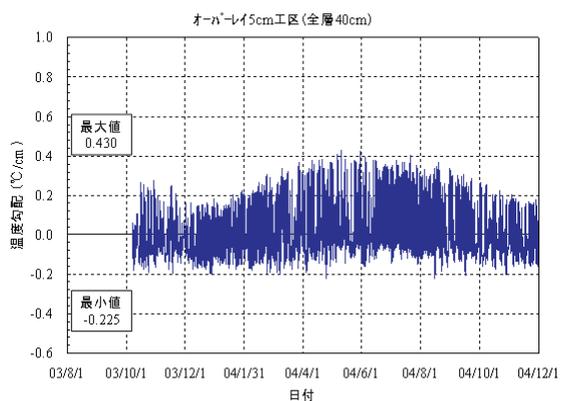


図-4.4.18 全層 40cm の温度勾配 (5cm 工区)

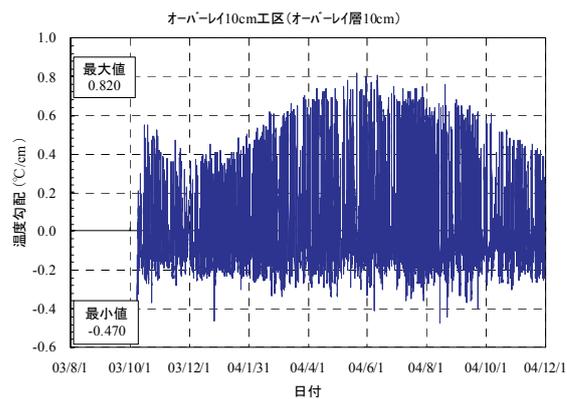


図-4.4.21 オーバーレイ層 10cm の温度勾配

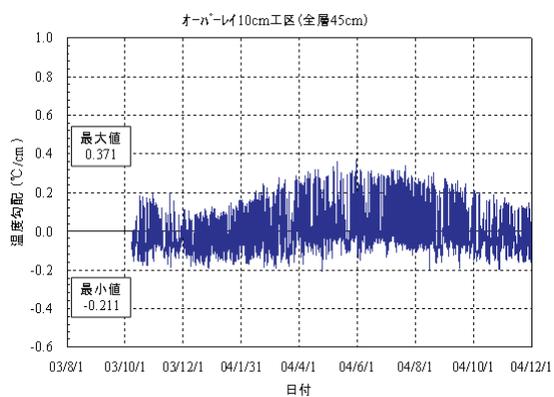


図-4.4.19 全層 45cm の温度勾配 (10cm 工区)

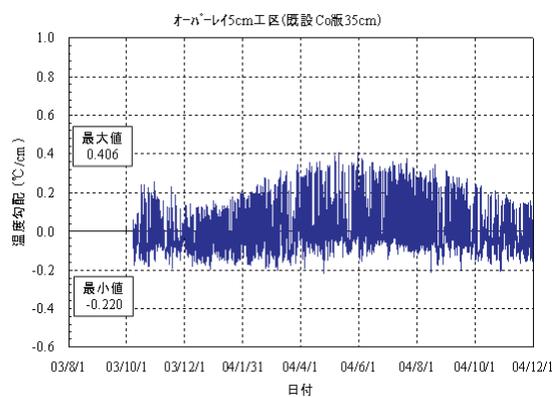


図-4.4.22 既設版の温度勾配 (5cm 工区)

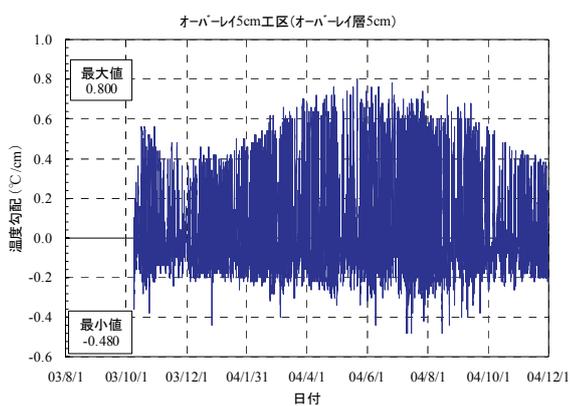


図-4.4.20 オーバーレイ層 5cm の温度勾配

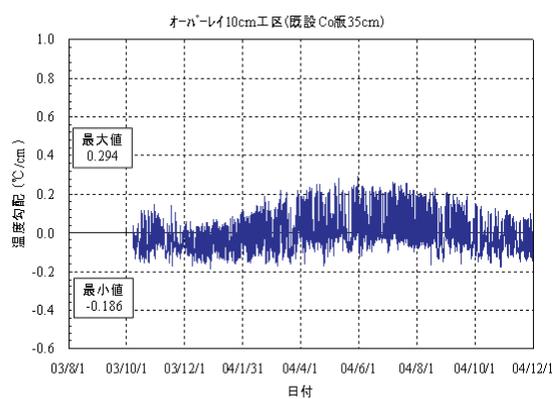


図-4.4.23 既設版の温度勾配 (10cm 工区)

(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。

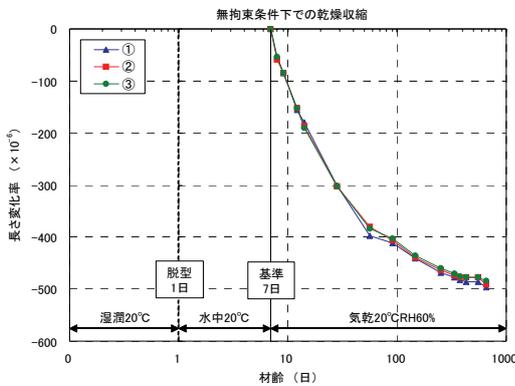


図-4.4.24 オーバーレイコンクリートの乾燥収縮試験結果

(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

レーン		処理方法				基準*
		a	b	c	d	
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	—
C	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
	平均深さ (mm)	9.58	9.07	4.58	1.94	5.73~9.97
	測点数	4800	3600	1800	5400	—
R	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
	平均深さ (mm)	10.23	8.32	5.98	1.54	5.73~9.97
	測点数	2400	3600	3600	5400	—
RR	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
	平均深さ (mm)	13.11	11.09	5.27	2.28	5.73~9.97
	測点数	4200	2400	5400	5400	—
平均	斜長比	1.25	1.22	1.15	1.03	1.14以上
	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ー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）製レーザー変位計を使用している。

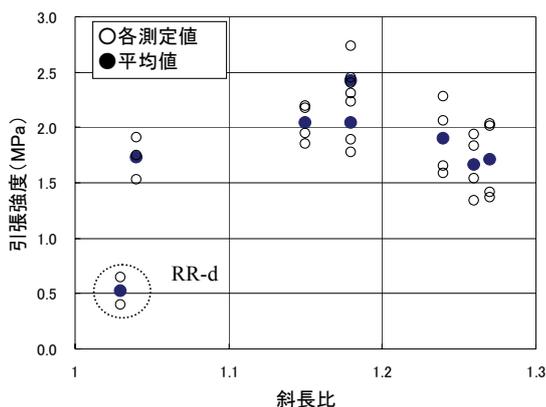


図-4.4.25 斜長比と直接引張強度

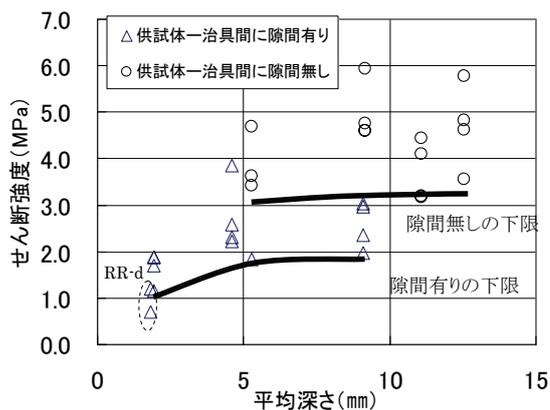


図-4.4.28 平均深さとせん断張強度

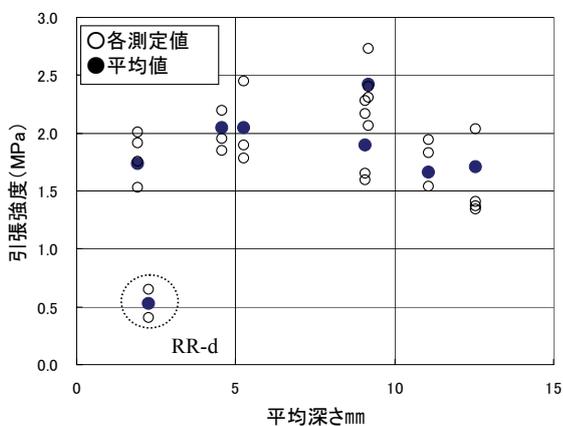


図-4.4.26 平均深さと直接引張強度

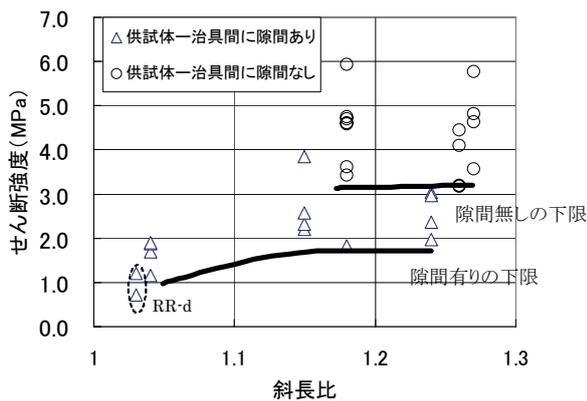


図-4.4.27 斜長比とせん断張強度

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。