

港湾技研資料

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

No. 761

Sept. 1993

港湾用ローラー転圧コンクリート舗装の試験施工

八	谷	好	高
梅	野	修	一
野	田		工
工	藤	隆	志
福	手		勤
三	浦	幸	治

運輸省港湾技術研究所



Construction of Experimental Roller Compacted Concrete Pavement for Port Areas

Yoshitaka HACHIYA*
Shuichi UMENO**
Takumi NODA**
Takashi KUDO**
Tsutomu FUKUTE***
Koji MIURA****

Synopsis

An applicability of Roller Compacted Concrete Pavement (RCCP) to port pavements has been discussed. To develop the design method for port RCCP, both its bearing capacity and a load transfer efficiency at joint must be clarified.

Two structure types of RCCP have been tested. One uses a thicker Roller Compacted Concrete (RCC) that cannot be placed in one time: i.e., it must be conducted in two layers. The other utilizes the relatively thin RCC that can be placed in one time: a high strength base (e.g. Cement Treated Base, CTB) is applied to increase the bearing capacity of RCCP. To assure the load transfer efficiency at joint in RCCP, several joint types have also been tested.

- (1) In RCCP with thick RCC placing in two layers, structural integrity can be assured when constructed as intended. Thin RCC on CTB with high strength can be treated as a composite slab where bonding rate between RCC and CTB is 20%.
- (2) Some special consideration is needed to assure load transfer at joint as conventional types of joints cannot be used in RCCP. Joint opening must be kept small by installing joints with small spacing to keep the sufficient load transfer.
- (3) Untreated surface is sufficient in skid resistance on RCCP although grooving method is much more effective to increase it.
- (4) From construction viewpoint, thin RCC with small spaced dummy joints on strengthened base is desirable.

Key Words: Roller Compacted Concrete Pavement, Port Pavement, Experimental Pavement, Pavement Structure, Joint, Construction Procedure

* Chief, Runways Laboratory, Geotechnical Engineering Division

** Research Engineer, Runways Laboratory, Geotechnical Engineering Division

*** Chief, Material Laboratory, Structure Division

**** Research Engineer, Material Laboratory, Structure Division

港湾用ローラー転圧コンクリート舗装の試験施工

八谷好高*
梅野修一**
野田 工**
工藤隆志**
福手 勤***
三浦幸治****

要 旨

重荷重が長期間持続的に作用するエプロン、ヤードや、重車両の混入率が高い臨港道路といった施設を有する港湾区域には、耐久性のある舗装が必要とされる。従来のコンクリート舗装の欠点を克服するものとして開発されてきた、“第三の舗装”とも称されるローラー転圧コンクリート舗装(Roller Compacted Concrete Pavement, RCCP)は、施工性や早期供用性に優れるという反面、舗装表面の仕上がり、転圧可能な厚さ、目地部の補強といった面では問題があるとされている。

港湾区域の舗装としてこのRCCPの適用性を明らかにするために、試験施工を実施し、載荷試験を行った結果を、RCCPの構造、目地構造、路面性状および施工性の観点からとりまとめた。得られた結論は次のようなものである。

- 1) 二層施工によるRCCを用いる場合は、意図したとおりの施工ができれば構造的には十分なものが得られる。強化路盤上にアスファルト中間層を介して一層施工が可能なRCCを施工する場合には、RCCと強化路盤との間の付着率を20%とした複合版と考えられる。
- 2) 従来のコンクリート舗装の目地を用いることが難しいため、目地での荷重伝達機能を確保するために何らかの方策を講ずることが必要である。路盤を強化する場合には、目地を比較的小さい間隔で設けて、開口幅を小さく保つことが肝要である。
- 3) すべり抵抗性の点からは、グルーピング工法が効果的であるが、特別な処理をしなくとも十分なすべり抵抗性を有している。
- 4) 施工性も考慮すると、路盤を強化した上で一層施工形式によるRCC版を用い、荷重伝達装置を使用しない形式の目地を小さな間隔で設ける方式が望ましい。

キーワード：港湾舗装，ローラー転圧コンクリート舗装，試験施工，舗装構造，目地，施工性

* 土質部 滑走路研究室
** 土質部 滑走路研究室
*** 構造部 材料研究室長
**** 構造部 材料研究室

1. はじめに

コンクリート舗装は、アスファルト舗装に比べて耐久性に優れ、建設後の維持・補修が少ないという利点を有するが、その反面、施工が煩雑であり、供用開始までに長い養生期間が必要とされるなどの問題点がある。このような点に対処するためにローラー転圧コンクリート舗装 (Roller Compacted Concrete Pavement, RCCP) が開発されている。この RCCP は、施工性や早期供用性に優れるという反面、舗装表面の仕上がり、転圧可能な厚さ、目地部の補強といった面では問題があり、重交通道路や高速道路にはあまり用いられていない。

港湾区域では、重荷重が長期間持続的に作用するエブロン、ヤードや、重車両の混入率が高い臨港道路といった舗装対象箇所があるが、荷重の大きさとその頻度は一般の道路とはかなり異なったものとなっている。このような荷重条件に対しては、一般的に剛性の高いコンクリート舗装が有利である。しかも、港湾区域の舗装にあっては空港や高速道路で要求されるほどの路面性状は不要であると考えられることから、RCCP を用いることも可能であろう。

港湾舗装は上記のように重荷重を受ける面的舗装であるため、十分な荷重支持力を有していなければならない

が、RCCP は施工上一層の厚さに限界がある。その上、重荷重に対処するためには重要な目地部に関しては、スリップバー等により補強することが現状では難しい。したがって、RCCP を港湾舗装へ適用するためには、これらの点に対する構造上、施工上の対策を明らかにすることが不可欠となる。

本資料は、港湾舗装を対象とした RCCP の舗装構造、目地構造、路面性状およびその施工性について検討し、港湾舗装に適した RCCP を開発するための基礎的資料を得るために実施した試験施工の結果をとりまとめたものである。まず、RCCP の構造、目地といった構造面について考察したあと、路面性状についても検討する。そして、RCCP にとって重要な施工性についても検証する。

2. ローラー転圧コンクリート舗装

2.1 概要

ローラー転圧コンクリート舗装 (RCCP) は、通常の舗装用コンクリートよりも著しく水量を減じた硬練りのコンクリートを、路盤上にアスファルトフィニッシャーを用いて敷きならし、振動ローラーによる転圧で十分に締固めて舗設するコンクリート舗装である (図-1)。

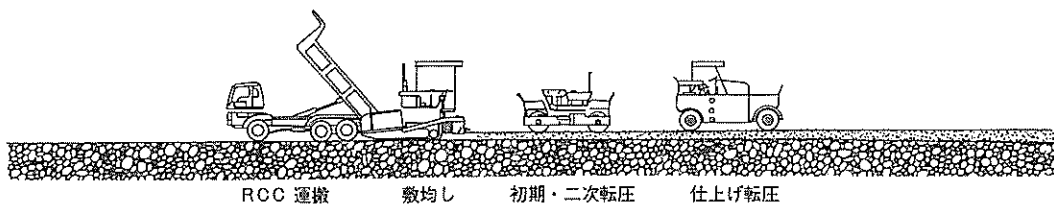


図-1 RCC 版の施工方法

RCCP は、施工面では従来のセメント安定処理路盤 (CTB) やアスファルト舗装に類似しているが、得られる品質面では流動や摩耗が小さいというコンクリート舗装の特質を有しているので、「第三の舗装」と称されることもある。

RCCP は従来のコンクリート舗装と比較すると次のような特徴がみられる。

- ① アスファルト舗装用の舗設機械で施工できる。
- ② 施工速度が早い。
- ③ 型枠を用いない施工が可能である。
- ④ 養生期間が短く、初期材齢時の耐荷力に優れている。

⑤ コンクリートの乾燥収縮が小さい。

このようなことから、RCCP は従来のコンクリート舗装の欠点であった施工の複雑さを解決し、しかも施工後の早期交通解放が可能な舗装であると認識されている。¹⁾

この RCCP は、オイルショック以降に多く用いられるようになり、1986年には全世界で700万 m^2 を超えるまでになった。わが国においても、1987年に最初に施工されて以来、1992年までの間にその施工量が約85万 m^2 に達している。また、RCCP の使用箇所をみると、わが国では道路とヤードがほぼ同じ比率となっているが、諸外国では重荷重が作用するヤードを中心に使用されている

ようである。

2.2 港湾コンクリート舗装の構造設計法

港湾区域における舗装設計法としては、エプロンと臨港道路のものが、技術基準として規定されている。²⁾

このうち臨港道路については一般道路を対象とした設計法に準拠することになっているものの、エプロンについては構造設計法が整備されている。舗装の種類としては、コンクリート舗装、アスファルト舗装、ブロック舗

装の3種類が示されているが、ここでは本研究に関係のあるコンクリート舗装の設計法の概要について概説する。

(1) 設計条件

設計条件のうち荷重については、エプロンを利用する荷役機械の大きさが広範囲に及んでいるので、便宜的に荷重の大きさと接地半径によってCP₁からCP₄に分類されており(表-1)、具体的な設計荷重はコンクリート版厚が最大となるものを選ぶ必要がある。

表-1 設計荷重の分類

設計荷重の分類	荷重の種類	荷重(tf)	接地半径(cm)
CP ₁	フォークリフトトラック 2t	2.5	9.8
	トラクタートレーラー 20ft,40ft用	5.0	17.8
	フォークリフトトラック 3.5t	4.5	12.6
	トラック T-14	5.6	17.8
CP ₂	トラクタートレーラー 40ftワード専用	7.0	17.8
	フォークリフトトラック 6t	7.0	16.0
	トラック T-20	8.0	17.8
CP ₃	フォークリフトトラック 10t	11.0	21.1
	ストラドルキャリア	11.0	19.5
	フォークリフトトラック 15t	17.5	27.1
CP ₄	トランスファークレーン 20t	20.0	27.6
	トラッククレーン 20型	20.0	20.0
	フォークリフトトラック 20t	24.5	31.7
	トラッククレーン 25型	25.0	21.6

荷重条件のひとつである作用頻度については明示されていないが、表-2に示した設計コンクリート版厚の規定には取り込まれており、荷重が大きいほどその作用頻度は小さいものと考えられている。それは、この表に示されたコンクリート版厚と荷重により計算されるコンクリート版の応力の強度に対する比(安全率)が、CP₁~CP₄のそれぞれで、1.9~3.0, 1.9~2.2, 1.4~2.0, 1.1~1.6となっていることからわかる。

路盤の設計支持力係数K₃₀とコンクリートの曲げ強度は、それぞれ、20 kgf/cm², 45 kgf/cm²(材齢28日)が標準とされている。

表-2 設計コンクリート版厚

設計荷重の分類	版厚(cm)
CP ₁	20
CP ₂	25
CP ₃	30
CP ₄	35

(2) 構造設計

コンクリート版厚は、ピケット公式（アーリントン公式とも称される）によって計算されるコンクリート版隅角部での応力に基づいて算定される。ここでは、目地部の荷重伝達を考慮して、荷重伝達装置が設置されていない場合の80%の応力の値が採用されている。K₃₀が20

kgf/cm²の標準的な路盤の場合、コンクリート版厚は表-2のように算定される。

路盤の厚さは、路盤上の設計支持力係数Kが20 kgf/cm²となるように、路床の設計支持力係数に応じて、表-3のように規定されている。

表-3 設計路盤厚

路床の設計支持力係数 K ₃₀ (kgf/cm ²)	上 層 路 盤		下 層 路 盤		合計
	セメント安定処理	粒度調整碎石	粒度調整碎石	碎石	
5 以上 7 未満	—	40	—	20	60
	20	—	20	—	40
	25	—	—	30	55
7 以上 10 未満	—	20	15	—	35
	—	20	—	20	40
	15	—	15	—	30
	15	—	—	15	30
10 以上	—	20	—	—	20
	15	—	—	—	15

(単位：cm)

(3) 目地構造

縦方向目地の間隔は、使用する舗装機械、舗装全体の幅等によって決定されるが、3.5~6.0mが標準である。目地の構造はタイバーで補強された突合わせ型が一般的である。

横方向目地は、収縮目地、施工目地、膨張目地に分けられる。収縮目地は、一般的に5~10m間隔に設けられ、その構造はスリッパーで補強されたのこ溝目地である。施工目地は横方向収縮目地の位置に一致させて設けられ、スリッパー付きの突合わせ型である。膨張目地は、施工時期が温暖な場合と寒冷な場合で、それぞれ100~200m、50~100m間隔を標準として設けられ、その構造は目地板を挟んだスリッパー目地である。

これらの目地に用いるタイバー、スリッパーの諸元、設置間隔はコンクリート版厚に応じて決定されるようになっている。

2.3 RCCPの港湾舗装適用上の課題

わが国におけるRCCPの構造設計法としては、道路を対象にしたものが整備され、運用されている。¹⁾

この方法を港湾舗装に対して適用するためには、港湾舗装と道路舗装の相違を考慮した上での検討が必要となる。具体的には、

① 港湾では、道路に比べ、重荷重が低速走行した

り、長期間持続的に作用する。

② 道路は「線」の舗装であるが、港湾は「面」の舗装である。

③ 港湾区域では、道路に比べて、一般に地盤条件が悪い。

といった点である。

これらに対処するための技術的課題は次のようにまとめられる。まず、重荷重に対しては舗装は十分な荷重支持力を有していなければならず、厚いコンクリート版を確保したり、路盤を強化したりすることが必要となる。また、面的な舗装では、施工レーンの境界である縦目地が多数生じてしまうことから、縦横両方向の平坦性といった路面性状についても十分に注意する必要がある。そして、地盤条件が良好でないことは、目地部での荷重伝達機能に対する要求をより厳しいものにしていく。以下では、これらの点について具体的にまとめる。

(1) 舗装構造

港湾エプロン舗装では、前述のように設計荷重ごとに標準コンクリート版厚が規定されており、CP₃やCP₄といった重荷重を対象とした場合は30cm以上となっている。一方、RCCPは十分な締固め密度を確保し得る一層施工での最大厚が25cmとされているのが現状であり、重荷重を対象とする港湾舗装としてRCCPを採用する

には、図-2に示すような方法を用いて、RCCを上層、下層の2層に分けて施工せざるを得ない。この場合は、上下層間の付着が完全に確保されることが重要であり、そのための設計・施工方法、使用材料に関する検証が必要となる。

これと異なり、RCC厚を現行の一層施工での最大厚である25cmに抑えるように、リーンコンクリートやセメ

ント安定処理材による強化路盤を用いる方法も考えられる。この強化路盤による版厚低減効果を設計に反映するために複合平板理論を適用する場合には、RCCと路盤の接合面での付着率を適切に評価することが重要である。それらの設計・施工方法、路盤を含めた使用材料に関する検討が必要となる。

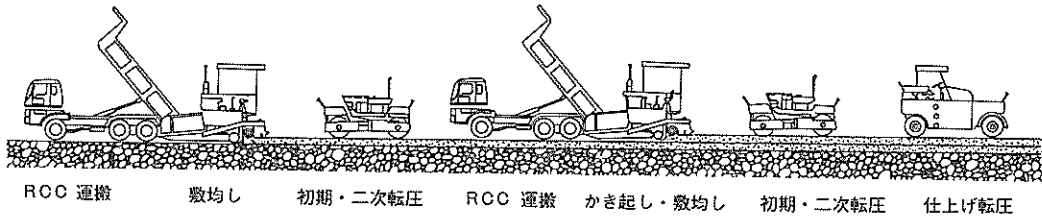


図-2 二層式RCC版の施工方法

(2) 目地構造

コンクリート舗装の目地部には、段差やたわみを抑制し、荷重伝達機能を確保するため、上記のようにスリッパやタイバーが用いられている。しかし、RCCPではスリッパやタイバーを設置することが施工上難しいため、目地部には特別な補強対策を取らないのが一般的である。港湾舗装においては目地の荷重伝達機能が重要な要素となるので、何らかの補強策を講じなくてはならない。具体的には、スリッパの設置、路盤上への鉄板の設置、および強化路盤の採用などが考えられるが、RCCPの施工に適した目地部の補強対策に関する検討が必要である。

(3) 路面性状

重車両の走行や荷役作業の安全性から、港湾舗装においても、空港や高速道路ほどではないが、路面性状は十分に確保される必要がある。RCCPは従来のコンクリート舗装とはその施工方法がかなり異なるため、平坦性と路面のすべり抵抗性を中心にして検証する必要がある。特に、後者については荷役作業の安全性に直接関係するため、対策の必要性について検討しなければならない。

3. 試験舗装

3.1 試験舗装の構造

(1) 基本方針

今回は、現行の港湾エプロンにおけるコンクリート舗装設計法において最も厚い35cmが必要とされる場合、すなわちトラッククレーン25tf（設計荷重の分類：CP）を設計対象荷重にしている。

ローラー転圧コンクリート舗装（RCCP）の構造設計法としてここでは二とおりを考えた。一つは、現行の港湾コンクリート舗装の設計法を踏襲して、一軸圧縮強度 20 kgf/cm^2 の標準的なセメント安定処理路盤（CTB）を15cmの厚さで施工した上に35cm厚のRCCを敷設するものである。この場合は、道路舗装設計法において一層施工が可能とされている25cm以上のRCC版厚が必要となるため、二層施工にならざるを得ず、一層目と二層目間の付着対策および目地部での荷重伝達を確保するため荷重伝達装置の設置を試みた。

もう一つは、RCCを一層施工が可能に25cm厚に抑えるために、標準的なCTBより弾性係数の高いものを用いて、上記の35cm厚のRCCを用いた舗装構造と等価にするものである。このような高強度CTBを用いたときのRCC版厚設計法として、

- ① 路盤支持力係数の増加とみなして、従来どおり隅角部設計公式を採用する方法
- ② RCC版とCTBに対して複合平板理論³⁾を適用する方法

の2種類があるが、今回はRCC厚を小さくできる後者の方法を採用した。RCCとCTB間の付着率については空港コンクリート舗装の設計法に準ずることとし、また目地部での荷重伝達は剛性を高めたCTBによって確保できるものと考えた。

(2) 舗装構造

舗装構造は、その平面図を図-3に、断面図を図-4に示すようにA～D区画の4断面とした。試験舗装は舗設幅5mの2レーンからなり、全長は64mである。

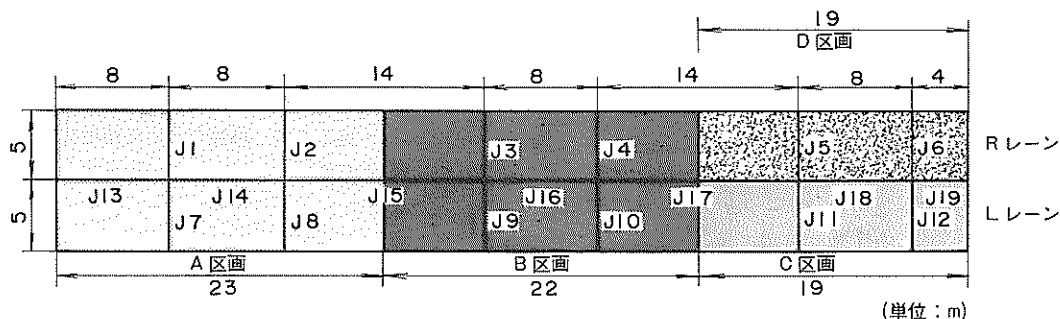


図-3 試験舗装平面図

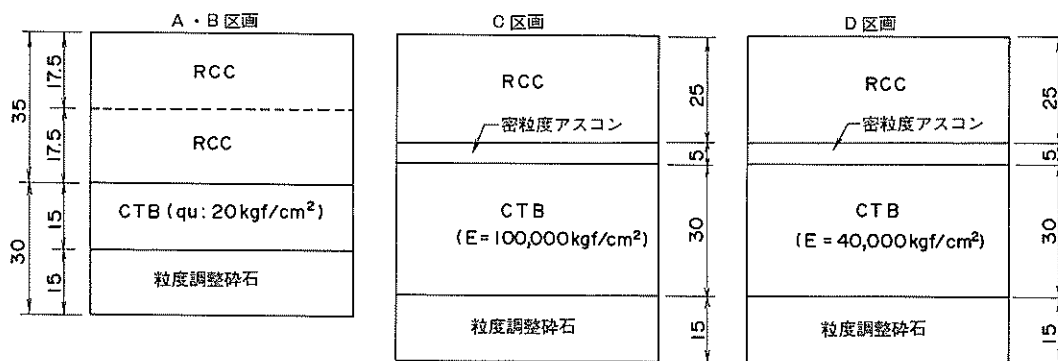


図-4 試験舗装断面図

A, B両区画は、港湾エプロンコンクリート舗装の設計法を踏襲して路盤の設計支持力係数を 20 kgf/cm^2 としたので、上層路盤 (CTB) 厚が 15 cm 、下層路盤 (粒度調整碎石) 厚が 15 cm 、そして RCC 厚が 35 cm からなる断面である。この場合、RCC は二層施工とならざるを得ないが、RCC 上下層の付着を確実にするためには上下層の施工遅れを1時間程度にとどめることが肝要である⁷⁾とされている。しかし、実際の施工を考えれば、このような方法をとることは難しいので、超遅延剤 (ヒドロキシカルボン酸エステル系) を添加して付着対策^{8) 9)}を講じた材料を下層に用いて、下層舗設後3時間以内に上層を舗設することを目標にした。A区画ではこのように施工することにより、上下層間の付着が十分に確保できるものと考えた。これに対して、B区画では、施工上何らかの問題が生じて上下層の施工遅れが3時間を越えた場合を想定して、硬化した下層 RCC 上にセメントペーストを散布してから上層を施工した。

CおよびD区画は、A区画の断面と等価になるように、複合平板理論を用いて舗装構造を設計した。具体的には、C, Dそれぞれの区画で、上下層の付着率を20%、70%と仮定して、弾性係数が $100,000 \text{ kgf/cm}^2$ 、 $40,000 \text{ kgf/cm}^2$

cm^2 のCTBを採用した。なお、高強度のCTBを用いるとリフレクションクラックや目地部直下のCTBにひびわれを生じる危険性があるため、⁷⁾ RCCとCTBの間にアスファルト中間層を設けることとした。

また、各区画とも、路床の設計支持力係数 K_{30} を7~ 10 kgf/cm^2 とみなしている。以上をまとめると、試験舗装の構造は表-4のようになる。

なお、RCC版とCTBのひずみ、温度ならびに目地幅を測定するために、ひずみ計と熱電対を図-5に示す位置に埋設している。このほか、横目地幅計測用として亀裂変位計も設置した。

(3) 目地構造

試験舗装に用いた目地の種類は表-5に示したとおりであり、横目地は図-3からわかるように、8m程度の間隔で設けた。

A, B区画では、上記のように、目地構造が舗装設計上重要な要素であるが、5種類の目地構造について検討した。横方向目地として用いたスリッパ目地では、従来のスリッパ設置方式を採れないため、RCCが二層施工であることを利用して、下層施工後にバーを敷き並べて仮固定してから上層を敷設するという方法を採

表-4 試験舗装の構造

区画	路床	路盤				アスファルト 中間層	RCC	
		粒度調整碎石	CTB				下層	上層
	支持力係数 (kgf/cm ²)	厚さ (cm)	q _u (kgf/cm ²)	E (kgf/cm ²)	厚さ (cm)	厚さ (cm)	厚さ (cm)	
A	7~10	15	20	-	15	-	17.5	17.5
B								
C				100,000	30	5	25	
D				40,000				

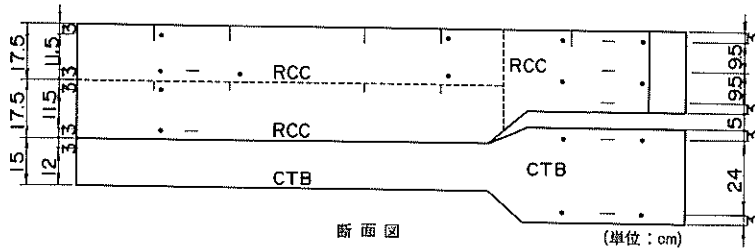
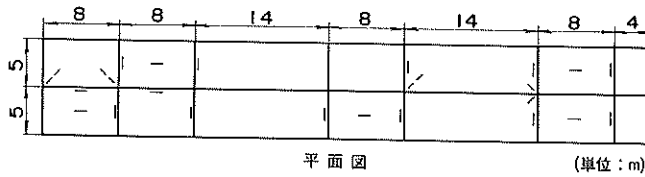


図-5 ひずみ計と熱電対の埋設位置

用した。今回使用したスリップバーは、港湾エプロンコンクリート舗装の基準に従って、材質がSR 24で直径32mm、長さ600mmのものを用いたが、スリップバー目地(1)では40cmの等間隔で設置し、スリップバー目地(2)では、アスファルトフィニッシャーが走行することによる影響を受けないように、クローラー部分避けてスリップバーを配置した。このように、スリップバーを使用することは施工上難しいので、路盤上に250×500×11mmの鉄板を敷いて荷重伝達を図る方法についても検討した。また、特別の荷重伝達装置を設けないもの、すなわちRCCPにおいて従来より用いられているのこ溝目地と突合わせ目地も用いている。これらの目地については図-6に詳細図を示した。

C、D区画では、高強度のCTBによって荷重伝達を図ることとしたため、特別の荷重伝達装置を設けないことを原則とし、のこ溝目地と突合わせ目地の両方を用いた。また、目地近傍のRCCを同時に転圧する形式の目

地、すなわちフレッシュジョイントについても検討した。

今回の試験では目地部にひびわれを確実に誘発する必要があるため、A、B区画では、下層RCC表面の横目地相当位置に深さ4cmの切り込みを入れた。また、二層施工時の上層表面および一層施工時のRCC表面では、転圧直後に切り込みを入れた後、翌日に深さ8cmの切り込みをカッターにより入れた。

(4) 表面処理

RCCPの表面処理工法としては、図-7に示すC、D区画の一部で骨材露出工法を、また、B区画の一部ではグルーピング工法を用いた。それぞれは以下の方法で行った。

- ① 骨材露出工法：施工終了後に超遅延剤をRCC表面に散布し、所定時間経過後にデッキブラシで表面のモルタルを除去することにより、骨材を露出させる。
- ② グルーピング工法：空港滑走路の標準的なグルー

表-5 目地の種類

目地の種類	図-3の記号	区画	目地構造	備考
横目地	J1	A	のこ溝	基準目地
	J2	A	スリップバー (1)	直径32mm、長さ60cmのバーを40cm間隔にて下層RCC上に敷設
	J3	B	のこ溝	基準目地
	J4	B	のこ溝	基準目地
	J5	D	のこ溝	高強度CTB (E=40,000kgf/cm ²)
	J6	D	カッター	カッターにて全厚切断
	J7	A	スリップバー (2)	直径32mm、長さ60cmのバーをフィニッシャーのクローラーを避けて下層RCC上に敷設
	J8	A	スリップバー (1)	直径32mm、長さ60cmのバーを40cm間隔で下層RCC上に敷設
	J9	B	鉄板	長さ25cm、幅50cm、厚さ11mmの鉄板を路盤上に敷設
	J10	B	スリップバー (1)	直径32mm、長さ60cmのバーを40cm間隔で下層RCC上に敷設
	J11	C	のこ溝	高強度CTB (E=100,000kgf/cm ²)
	J12	C	カッター	カッターにて全厚切断
縦目地	J13	A	突合せ	一般的な縦目地形式
	J14	A	鉄板	長さ25cm、幅50cm、厚さ11mmの鉄板を路盤上に敷設
	J15	A、B	突合せ	一般的な縦目地形式
	J16	B	鉄板	長さ25cm、幅50cm、厚さ11mmの鉄板を路盤上に敷設
	J17	B、C-D	突合せ	一般的な縦目地形式
	J18	C-D	フレッシュジョイント	超遅延剤使用による目地両側同時転圧
	J19	C-D	フレッシュジョイント	超遅延剤使用による目地両側同時転圧

ピング形状である深さ6mm、幅6mmの溝を32mm間隔で横断方向に設ける。

3.2 試験舗装の製作

(1) 材料および配合

CTBとRCCに用いた材料は同一であり、セメントは普通ポルトランドセメント、粗骨材は山口県美弥産の碎石、細骨材は木更津産の陸砂を用いた。混和剤は、超遅延剤としてヒドロキシカルボン酸エステル系のもの、AE減水剤としてリグニンスルホン酸塩系のものを用いた。セメントの試験結果を表-6に、また、骨材については粒度分布を表-7に、材質についてを表-8に記した。

CTBおよびRCCの配合設計は、表-9に示す試験

項目で行った。ただし、弾性係数が40,000および100,000kgf/cm²のCTBの場合は、RCCの配合設計方法に準じて供試体を作製した。一連の試験により決定されたCTBならびにRCCの配合を表-10、表-11に示す。

(2) 施工

試験舗装は港湾技術研究所野比実験場に平成3年8~9月に製作された。その状況について、施工順、すなわち、路床、粒度調整碎石下層路盤、CTB、アスファルト中間層、RCCの順にその概要を示す。

i) 舗装

まず、既設舗装をジャンボブレーカー、バックホウなどにより撤去した後、バックホウにて所定の深さまで掘削した。そして、ショベルローダーおよび小型ブルドー

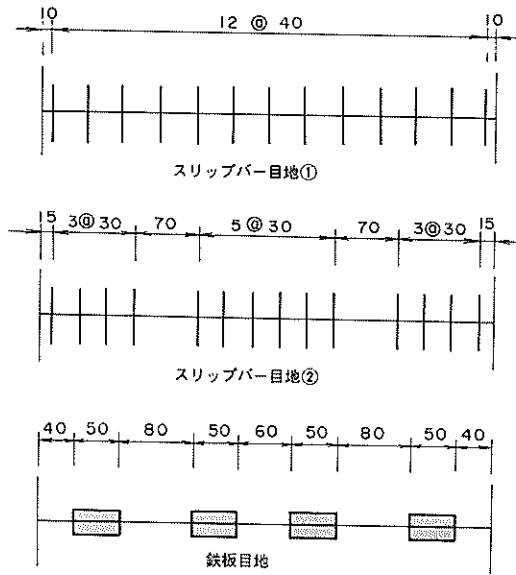
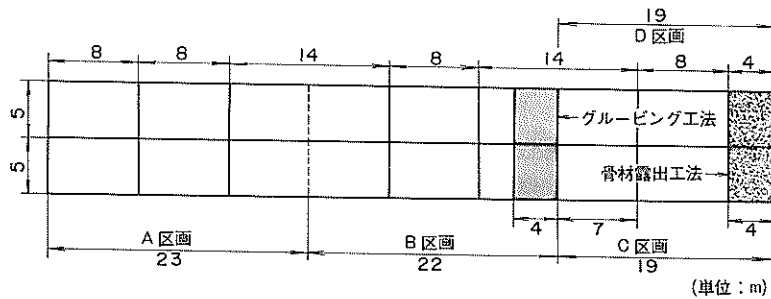


図-6 目地の詳細図

ザーにて整正し、4tfコンパインドローラーにて転圧し、路床面を仕上げた。

次に、粒度調整碎石をショベルローダー、小型ブルドーザーにて敷きならし、これを4tfコンパインドローラー、15tfタイヤローラーで転圧し、下層路盤を仕上げた。この下層路盤上に鋼製型枠を設置した後、生コンクリートプラントで製造されたCTB用混合物を11tfダンプトラックで運搬し、強化型スクリードを有する大型アスファルトフィニッシャーで敷きならし、10tf大型振動ローラーで転圧して仕上げた(写真-1)。そして、養生用にCTB表面にアスファルト乳剤(PK-3)をエンジンプレイヤーにて 0.8 l/m^2 散布した。

C、D区画ではアスファルト中間層を設けた。この場合は、CTB上に型枠を設置した後、アスファルトプラントで製造された密粒度アスファルト混合物(骨材最大粒径20mm)を11tfダンプトラックで運搬し、これをショベルローダーにて敷きならした後、4tfコンパインド



(単位:m)

図-7 表面処理工法試験区画

表-6 セメントの試験結果

セメントの種類	比重	比表面積 (cm^2/g)	凝 結			安定性	圧 縮 強 さ (kgf/cm^2)		
			水量 (%)	始発 (h-m)	終結 (h-m)		3日	7日	28日
普通	3.16	3,250	27.9	2-27	3-33	良	151	257	425

表-7 骨材の粒度分布

骨材の種類	ふるい通過率 (%)										粗粒率
	0.15	0.3	0.6	1.2	2.5	5	10	15	20	25	
粗骨材	—	—	—	—	2	5	38	70	95	100	6.60
細骨材	4	30	60	72	83	95	100	—	—	—	2.56

表-8 骨材の試験結果

骨材の種類	比重		吸水率 (%)	単位容積質量 (kg/m ³)	実績率 (%)	洗い試験 (%)	有機不純物	軟石量 (%)	粘土塊量 (%)	塩分含有量 (%)	比重1.95に浮くもの (%)	安定試験損失重量 (%)	すりへり減量 (%)	粒形判定実績率 (%)
	表乾	絶乾												
粗骨材	2.70	2.68	0.31	1,720	63.7	0.8	—	0.00	0.1	—	0.0	0.1	21.0	61.4
細骨材	2.58	2.53	2.04	1,630	64.5	1.8	良	—	0.8	0.00	0.4	1.6	—	—

表-9 配合設計における試験項目

層	試験項目	試験方法	備考
CTB	一軸圧縮強度	セメントコンクリート舗装要綱	材齢：7日、28日
	静弾性係数	JIS原案	材齢：7日、28日
	締固め率試験	マーシャル試験法	目標締固め率 96%
RCC	曲げ強度試験	JIS A 1106	材齢：3、7、28日 現場養生、水中養生
	静弾性係数	JIS原案	材齢：7日、28日
	圧縮強度	JIS A 1108	材齢：7日、28日

表-10 CTBの配合

区画	一軸圧縮強度の目標値 (kg/cm ²)	弾性係数の目標値 (kg/cm ²)	セメント量 (%)	水量 (%)	単位量 (kg/cm ³)				含水比 (%)
					水	セメント	細骨材	粗骨材	
A	20	—	3.02	6.09	117	68	1,000	1,279	6.1
B	—	—	—	—	—	—	—	—	—
C	—	100,000	7.05	5.73	111	155	975	1,247	5.7
D	—	40,000	4.03	5.73	110	91	1,000	1,279	5.7

表-11 RCC の配合

粗骨材の最大寸法 (mm)	コンシテンシーの目標値 (%)	細骨材率 (%)	水セメント比 (%)	単位粗骨材容積	単位量 (kg/m ³)					単位容積質量 (kg/m ³)	含水比 (%)
					水	セメント	細骨材	粗骨材	混和剤		
20	96	42.0	31.8	0.70	96	302	832	1,203	1.81/0.76	2.433	5.0
(1) 設計基準曲げ強度 = 4.5 kgf/cm ² (6) 粗骨材の種類: 砕石 2005 (2) 配合強度 = 5.8 kgf/cm ² (7) 細骨材の FM: 2.56 (3) 設計空隙率 = 4% (8) コンステーション評価: マーシャル試験法 (4) セメントの種類: 普通ポルトランドセメント (9) 施工時期: 9月10日~9月12日 (5) 混和剤の種類と量 (10) コンクリート運搬時間: 20~30分 超遅延剤(1.81kg/m ³)、または AE減水剤(0.76kg/m ³)											

ローラー、15tf タイヤローラーで転圧して、仕上げた。
 最後の層となる RCC の舗設手順は、図-8 に示したように、まず生コンクリートプラントで製造されたコンクリートをダンプトラックで舗設現場まで搬入し、これを強化型ダブルタンバースクリードを有するアスファルトフィニッ

シャーで型枠内に敷きならした。そして、コンクリートの初転圧および二次転圧を大型振動ローラーにより実施し、仕上げ転圧をタイヤローラー、水平振動ローラーで行った(写真-2, 写真-3)。さらに、初期養生として水を噴霧した後、散水養生を3日間行った(写真-4, 写真-

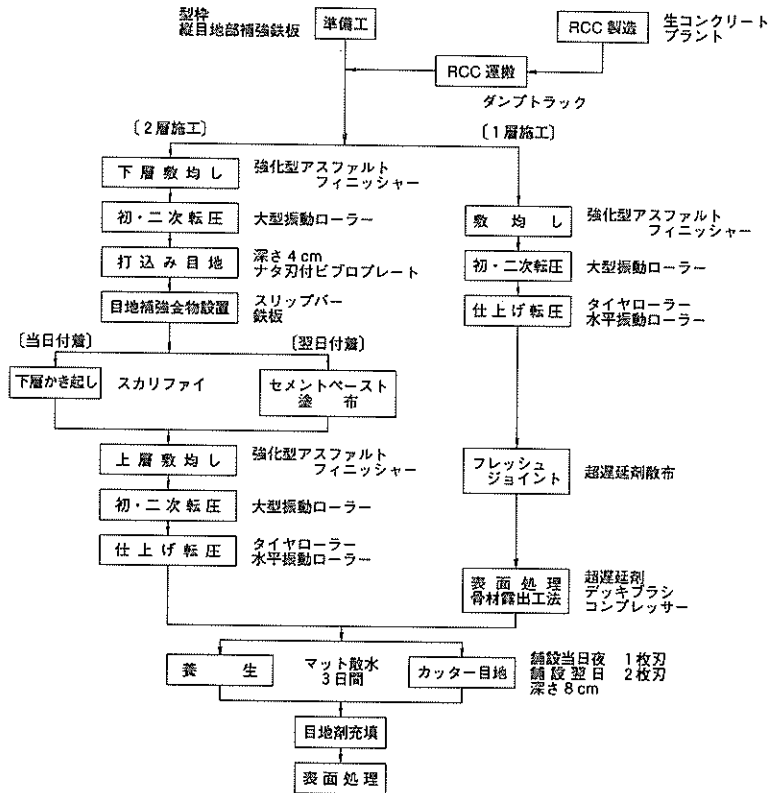


図-8 RCC 版の舗設手順

5)。以上のCTB，アスファルト中間層およびRCC版は、図-9に示す施工日程で舗設した(図中の区画は図-10)。なお、今回のRCCの施工に際しては施工性を考慮して型枠を使用した。

工種	月日	時刻															
		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17						
CTB	9/4		D												C		
	9/5		A-R	B-R		A-L	B-L										
アスファルト 中間層	9/6			C	D												
RCCP	9/10		A-R(下)	B-R(下)		A-R(上)											
	9/11		B-R(上)		A-L(下)	B-L(下)		A-L(上)									
	9/12			D				C									

図-9 RCCPの施工日程

二層施工によったA区画については、製造時に超遅延剤を添加した下層用材料を敷きならし、10tf振動ローラで転圧した後、表面を土木用シートで覆って保護し、その3時間後に上層を打ち継いだ。上下層の付着対策としては、上層施工時にアスファルトフィニッシャーの前部に装着した特殊スカリファイ(写真-6)により下層RCC表面を掻きほぐしながら(深さ10~20mm、ピッチ75mm、写真-7)、混合物を敷きならす方法を採用した。

また、B区画では3.1で述べたように、上下層の施工遅れを1日としたが、下層RCCを舗設した後、翌日上層を敷きならす直前に下層表面に水を噴霧するとともに、セメントペーストを2ℓ/m²塗布してから、上層を打ち継いだ(写真-8)。

C、D区画の縦目地部に一部試みたフレッシュジョイントは、D区画施工時にアスファルトフィニッシャーのスクリュースプレッダー端部(約50cm幅)に超遅延剤を噴霧し、(写真-9)パドルチップ付パイプアームにて攪拌しながら

舗設し、C区画施工時に同時に転圧する方法により施工した。この場合の超遅延剤の添加量は、RCCに用いるセメント量の0.6%(水で3倍に希釈)であった。

ii) 目地

A・B区画、B・C区画、B・D区画の境界は横方向施工目地となる。その施工方法は、先に敷きならしたRCC端部の表面にダイヤモンドカッターにより切り込みを入れたあと、電動ピックハンマーにより端部をはつき取り、その面にセメントペーストを塗布してから隣接区画のRCCを打ち継いだ(写真-10、写真-11)。

それ以外の目地は、初期ひびわれの発生を防ぐために、RCC舗設当日の夕方からあらかじめ細い切り込みを入れ、翌日にダイヤモンドカッターを用いて所定幅(8mm)の切り込みとした。そして、養生終了後、目地材を充填した(写真-12、写真-13)。二層施工の場合の下層RCCについては、ひびわれを誘発する目的で、転圧後にナタ刃付きビプロプレート(写真-14)で深さ4cmの溝を切削し、その中に水で溶解した石粉を流し込んだ。

スリッパー目地においては、下層RCC施工後にスリッパーにあわせた形状の溝を人力で掘削し(写真-15)、その中にスリッパーをRCC用モルタル分で埋戻しながら設置し(写真-16)、その後上層を打ち継いだ(写真-17、写真-18)。

目地補強用の鉄板(長さ25cm、幅50cm、厚さ11mm)は、CTB上に設置した。縦目地では、型枠設置上の制約から、CTB表面を鉄板の形状に合わせて約1.5cmの深さで人力にて削って鉄板を設置した。このとき鉄板の下面にコンクリートのモルタル分を敷き込んでCTBとの間に隙間ができないようにした(写真-19)。横目地部では、CTB上に鉄板をコンクリート釘にて仮固定し、そのまま下層RCCを舗装した(写真-20)。

以上のような施工にもかかわらず、冬期の載荷試験実施時まで一部目地(図-3のJ1、J3、J4、J7、J9、J10)では、版厚方向にひびわれが貫通していないことが確認できたので、静的破碎剤を用いて強制的にひびわれを発生させた。これは、冬期載荷試験に先立つ平成4

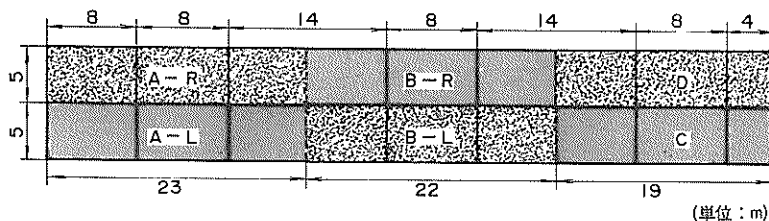


図-10 試験舗装の工区分け

年1月上旬に実施したが、ジャッキハンマーによって50cm間隔で設けた直径38mmの孔中に静的破砕剤を充填することによった。

iii) 表面処理

RCC P表面のすべり抵抗性を検討するため、上記のように、表面処理工法としてC、D区画の一部に骨材露出工法を、また区画の一部にグルーピング工法の区間を設けて、通常の仕上がり表面との比較を行った。

骨材露出工法は、仕上げ転圧後、RCCP表面にヒドロキシカルボン酸エステル系超遅延剤を1ℓ/m散布し、ビニールシートで3時間程度表面を覆った後、デッキブラシを用いてRCC版の表面をこすって骨材を露出させた(写真-21、写真-22)。

グルーピング工法では、RCCの養生終了後、グルーピングマシンにて所定の形状(深さ6mm、幅6mm、溝間隔32mm)の溝を横断方向に設けた(写真-23、写真-24)。

iv) 施工管理

路床工に関する施工管理とその試験結果を表-12に示す。同様に、路盤工に関しても表-13に示した。

RCC用コンクリートに関する生コンクリート製造プラントならびに現場での施工管理試験結果について、それぞれ、表-14、表-15にまとめた。

表-12 路床の施工管理項目と試験結果

試験項目	試験方法	頻度	測定結果の平均値			
			A区画	B区画	C区画	D区画
現場密度 (%)	砂置換法(10cm ² -1t')	2回/区画	98.5	7.4	98.8	98.4
現場CBR (%)	舗装試験法便覧	2回/区画	11.0	5.1	8.6	5.6
路盤支持力係数 K ₃₀ (kgf/cm ³)	JIS A 1215	2回/区画	9.4	7.0	9.0	8.4

表-13 路盤の施工管理項目と試験結果

試験項目		試験方法	頻度	測定結果の平均値			
				A区画	B区画	C区画	D区画
粒度調整碎石	路盤支持力係数 K ₃₀ (kgf/cm ³)	JIS A 1215	2回/区画	29.7	17.0	29.0	19.4
	現場密度 (%)	砂置換法(10cm ² -1t')		98.2	97.8	98.1	97.8
CTB	一軸圧縮強度 (kgf/cm ²)	セメントコンクリート舗装要綱	6個/区画	33		54	116
				42		75	173
	静弾性係数 (kgf/cm ²)	JIS原案		27,300		135,000	218,000
				23,600		184,000	276,000

注) CTBの上段は、材齢7日、下段は材齢28日を示す

表-14 コンクリートの品質（プラント）

試験項目	試験方法	頻度	測定結果の平均値		
			超遅延剤あり	超遅延剤なし	
締固め率 (%)	マーシャル試験	随時	96.4	96.3	
曲げ強度 (kgf/cm ²)	JIS A 1106 供試体寸法(cm) 10×10×40	現場	3日	38.1	44.4
			7日	49.7	47.9
		水中	28日	56.7	61.7
			28日	59.0	59.0
一軸圧縮強度 (kgf/cm ²)	セメントコンクリート舗装 要綱	7日	442	414	
		28日	481	443	
静弾性係数 (kgf/cm ²)	JIS原案	7日	371,000	380,000	
		28日	350,000	374,000	

表-15 コンクリートの品質（施工現場）

試験項目	試験方法	頻度	測定結果の平均値					
			A区画 上層	A区画 下層	B区画 上層	B区画 下層	C区画	D区画
締固め度 (%)	現場 R I 水分密度	3回/区画、層	96.6	98.8	96.9	98.7	96.5	96.3
	切取り供試体密度	3回/区画	98.7	97.7	98.7	97.5	98.1	97.1



写真-1 CTBの施工

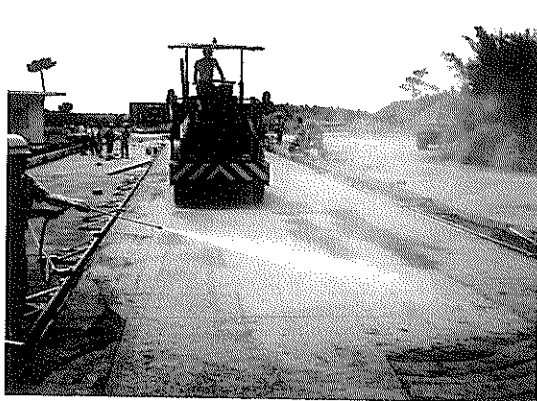


写真-4 水噴霧による初期養生



写真-2 RCCの初転圧と二次転圧



写真-5 散水養生



写真-3 RCCの仕上げ転圧

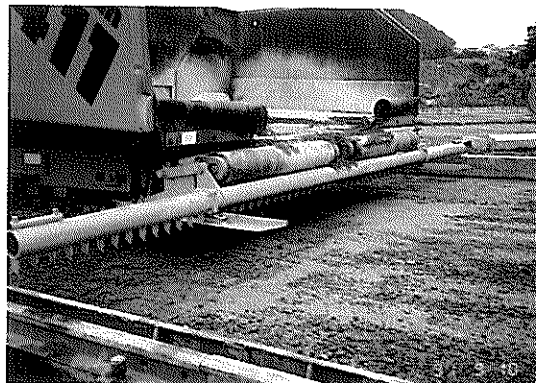


写真-6 特殊スカリファイ



写真-7 下層 RCC 表面の掻きほぐし



写真-10 施工目地の切り込み



写真-8 下層 RCC 表面のセメントペースト塗布

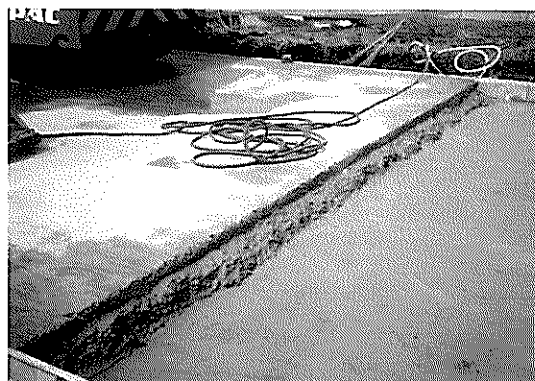


写真-11 施工目地の打ち継ぎ面

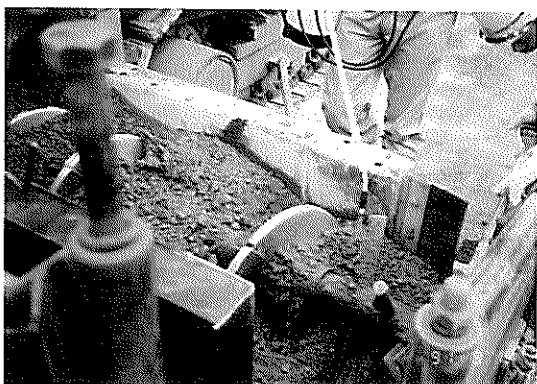


写真-9 フレッシュジョイントでの超遅延剤添加



写真-12 横目地の切り込み



写真-13 目地材の充填



写真-16 スリッパー周囲の埋戻し

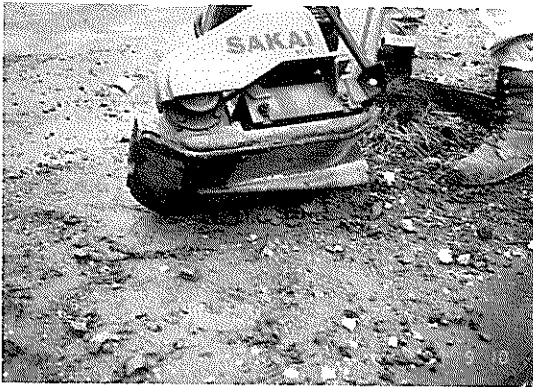


写真-14 ナタ刃付きビブロプレート

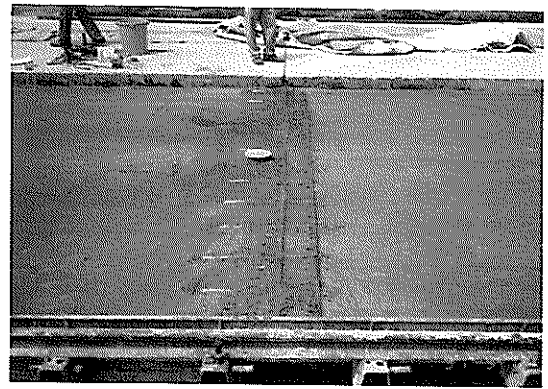


写真-17 スリッパーの設置

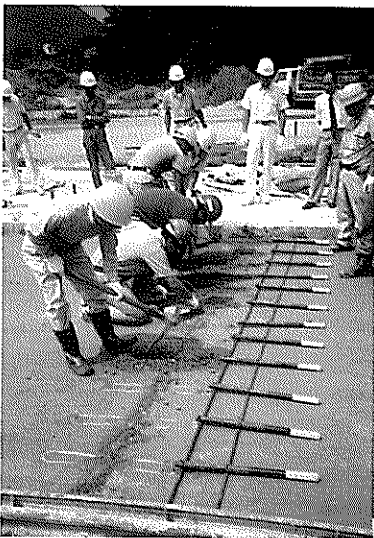


写真-15 スリッパー設置用溝の掘削



写真-18 スリッパーの目地の施工

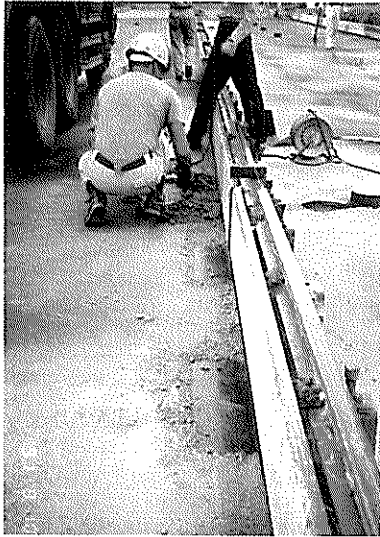


写真-19 縦方向鉄板目地



写真-22 骨材露出区間の舗装表面



写真-20 横方向鉄板目地

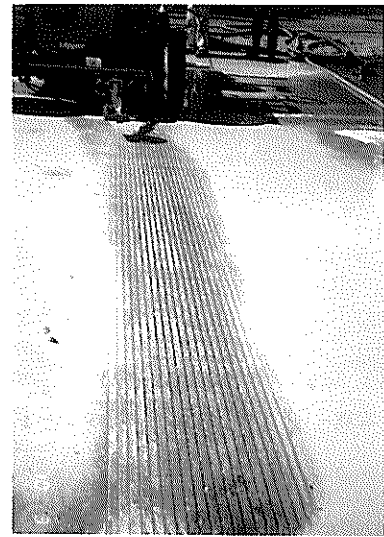


写真-23 グルーピング工法の施工



写真-21 骨材露出工法の施工



写真-24 グルーピング区間の舗装表面

3.3 載荷試験

3.2で述べたように、RCCPは平成3年8～9月に施工された。この試験舗装に関して、舗装構造、目地構造および供用性を評価するため、同年10月（材齢1箇月）ならびに平成4年2月（材齢5箇月）、9月（材齢1年）に載荷試験を実施した。

材齢1箇月ではダンプトラックによる載荷試験を実施し、材齢5箇月と1年では原型走行荷重車を用いた。ダンプトラックの場合には重量を20tfとし、原型走行荷重車の脚荷重はRCC版下面に生ずる最大応力を設計荷重相当のものとするために82tfとした。

これらを用いた載荷試験では、車両をRおよびLレー

ンとも1,000回ずつ走行させたが、その前後で舗装の挙動を観測した。基本的には、ダンプトラックあるいは原型走行荷重車の1輪が埋設ひずみ計の直上に載った場合のRCCとCTB内のひずみ応答を調べた。この試験は、図-5に示す23箇所の埋設計器位置で実施した。

同時に、FWD（フォーリングウェイトデフレクトメーター）によるたわみ測定も実施した（この場合の試験位置は図-11に示す65箇所）。試験では、最大荷重が5tfと20tfの2台のFWDを用いて、載荷重に対するたわみのほかRCC版とCTBのひずみについても測定した。具体的な測定方法は図-12、図-13に示すとおりである。

このほか、RCC版とCTBのひずみ、温度および目

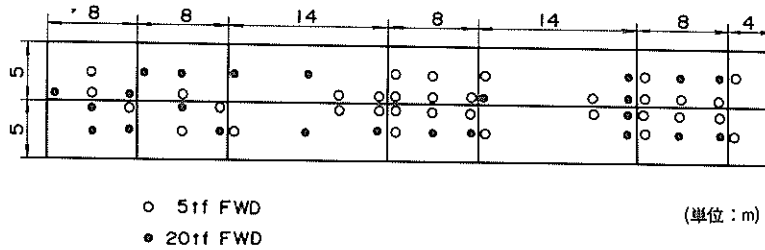


図-11 FWDによる試験位置

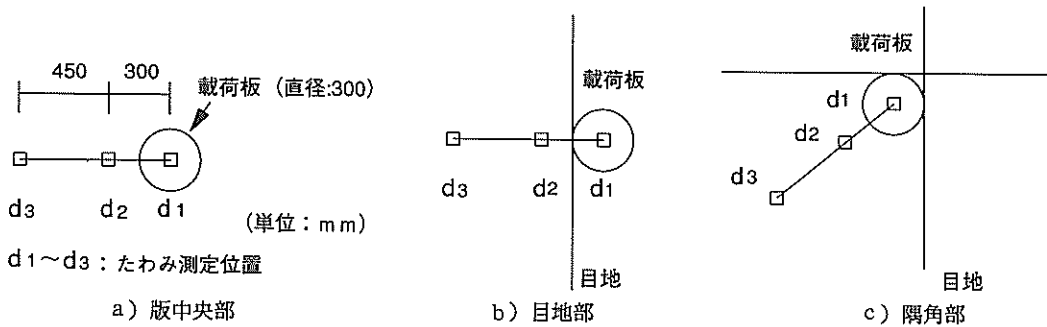
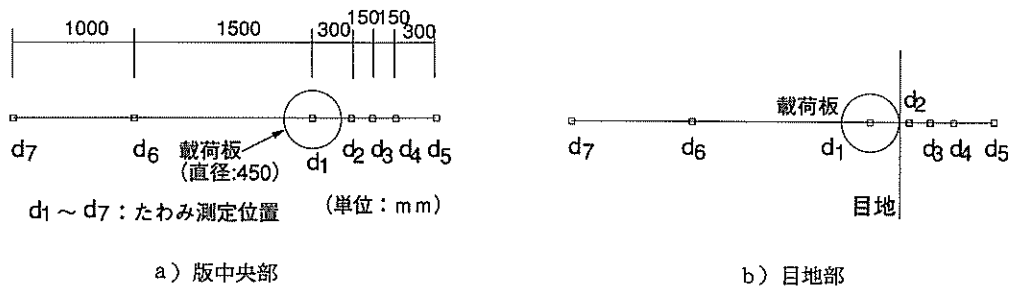


図-12 5tf FWDによるたわみ測定方法



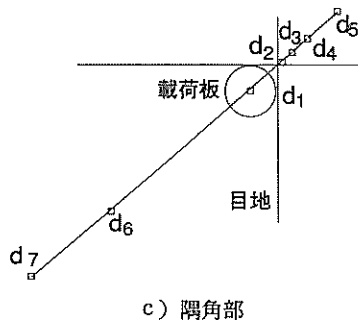


図-13 20 tf FWD によるたわみ測定方法

地幅については、舗装直後から材齢1年まで連続的に計測した。このうち、目地幅は、8箇所（J5～J12）において亀裂変位計によって測定したほか、目地表面の開き幅についてもデジタルノギスを用いて測定した。

ひびわれ状況の観察も施工直後から材齢1年の夏期載荷試験終了時まで実施した。さらに、路面性状のうち、平坦性については施工直後と材齢1年において、プロファイルメータを用いてRCCPの縦断ならびに横断凹凸量を測定した。また、すべり抵抗性についても、DFテスター（ダイナミックフリクションテスター）とポータブルスキッドレジスタンステスターを使用して把握した。

4. 舗装構造の検討

今回施工したRCCPに対して種々の載荷試験を実施したが、その試験では荷重に対するRCCPのたわみならびにひずみの応答に注目した。また、荷重以外にも、目地幅の季節変動やRCCPのひずみの環境要因による変動についても考察した。今回の試験舗装には4種類の構造のものを用いているが、ここではそれらの構造特性について検討する。

4.1 舗装構造別のたわみ

20 tfのフォーリングウェイトデフレクトメータ（FWD）により測定された最大たわみ（載荷板直下）を各区画ごとに示したものが図-14～図-17である。各区画とも、版中央部が最も小さく、次に目地部、そして隅角部で最大となっていることがわかる。A、B区画では、静的破碎剤を用いて強制的に開いた目地から繰返し走行載荷によりひびわれが生じたために、目地部のたわみがばらつきの大きいものとなっている。

図-18、図-19は、版中央部におけるたわみの区画による違いである（それぞれ、荷重は20 tf、5 tf）。これらのデータについて4区画で比較すると、A区画で最も小さいものとなっていることがわかるが、A区画とRCC版厚の等しいB区画では冬期と夏期の繰返し走行試験

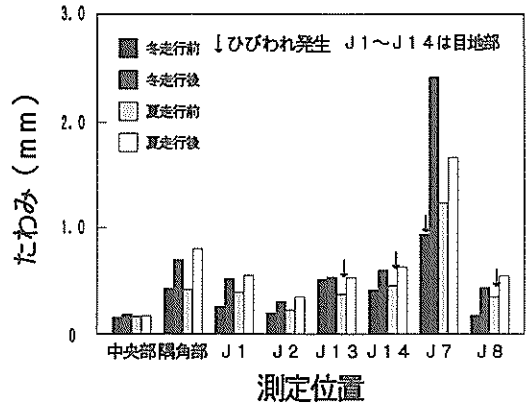


図-14 A区画版中央部のFWD最大たわみ

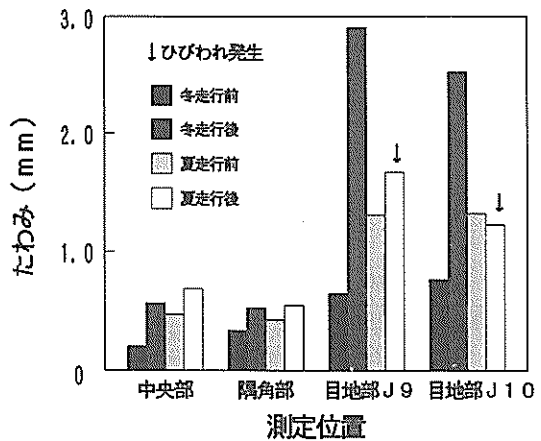


図-15 B区画版中央部のFWD最大たわみ

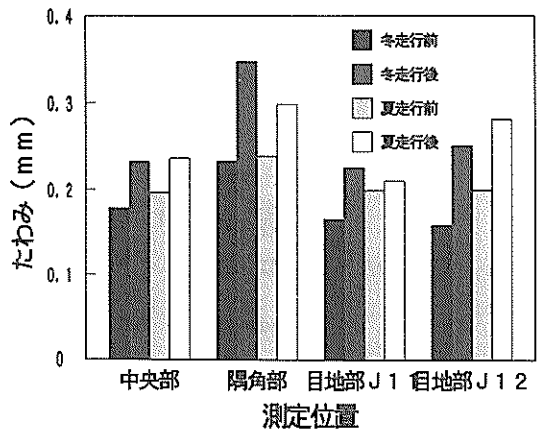


図-16 C区画版中央部のFWD最大たわみ

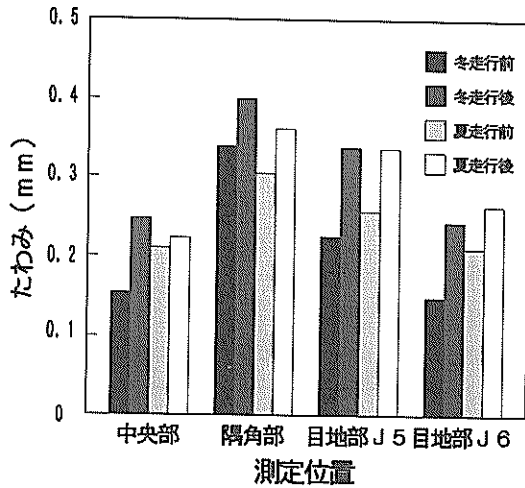


図-17 D区画版中央部のFWD最大たわみ

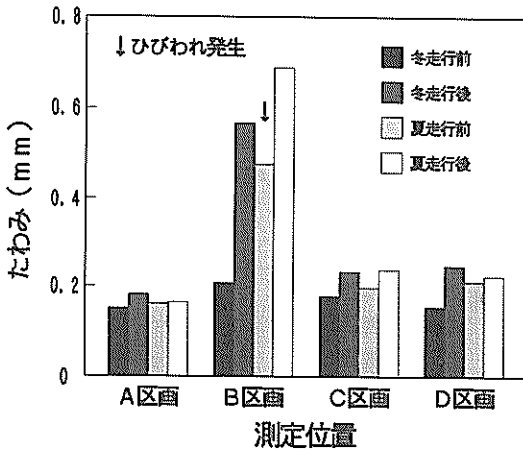


図-18 版中央部の20 tf FWDの最大たわみ

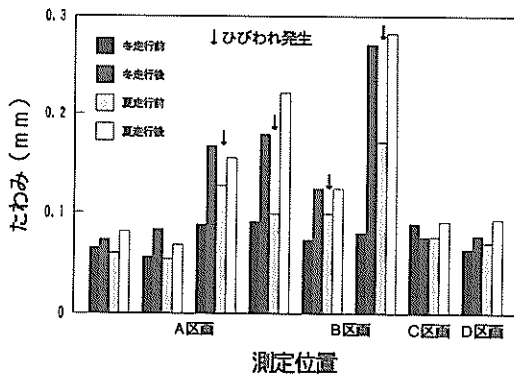


図-19 版中央部の5 tf FWD最大たわみ

によりひびわれが発生・進行したために、たわみが大きくなっている。また、A、B区画とは異なった構造、す

なわち高強度セメント安定処理路盤 (CTB) を有するC、D区画はA区画と同程度か若干大きいたわみとなっていることもわかる。

次に、コンクリート版の隅角部におけるたわみを図-20に示した。これは、荷重20 tfのデータで、測定箇所は4区画とも突合わせ形式の縦目地との溝形式の横目地で挟まれており、いずれの箇所でもひびわれは発生していない。この図からは、A、B区画に比較すると、C、D区画でたわみが小さくなっていることがわかる。たわみの大きさは舗装構造や目地の荷重伝達機能に影響を受けるが、測定箇所の横目地幅はA、B区画で5~6mm、C、D区画で0.5mm以下となっているので、得られたたわみにもこの目地幅が影響を及ぼしていることも考えられる。

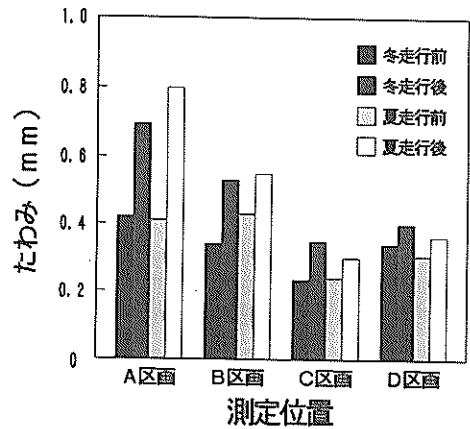


図-20 隅角部の20 tf FWD最大たわみ

同様に、5 tfのFWDによるたわみを示したものが図-21である。A、B区画では一部たわみの大きいものも見られるが、これはひびわれの進行による影響と考えられる。これを除けば、A、B区画でもたわみは小さいことがわかるが、20 tfのFWDによるデータでみられたように、C、D区画のほうが若干小さくなっている。特に、A区画の開き幅が0.4mm以下と小さい目地の地点 (J2とJ14の交点ならびにJ8とJ14の交点) で測定されたたわみは、C、D区画でのものと同程度となっている。

A、B区画におけるFWDたわみに違いがみられたことから、ROCの上下層の付着程度が、舗装の応力 (ひずみ) ばかりでなく、たわみにも影響を及ぼしていることが推察される。図-22には、多層弾性理論を使用して得られた20 tf荷重に対するたわみと各層下面の水平応

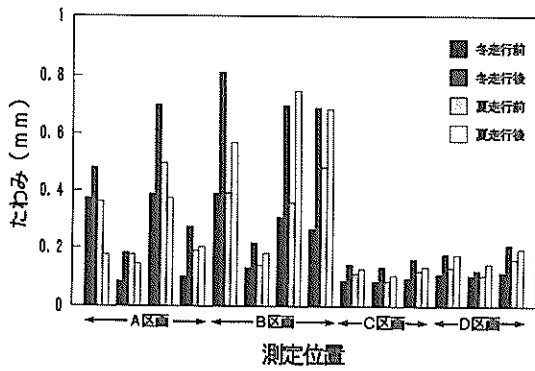


図-21 隅角部の 5 tf FWD 最大たわみ

力を示した。この計算には、各層の弾性係数として表-13、表-14に示した施工管理試験による値を用いた。この図から、A、B区画の実測値にもみられたように、上下層の付着程度はたわみに影響を及ぼしており、ほぼ完全に付着のある場合とない場合では5割程度の違いのあることがわかる。この図には、同様の計算をC、D区画について行った結果も載せてあるが、たわみのデータからはC、D区画の舗装構造が有利であることがわかる。

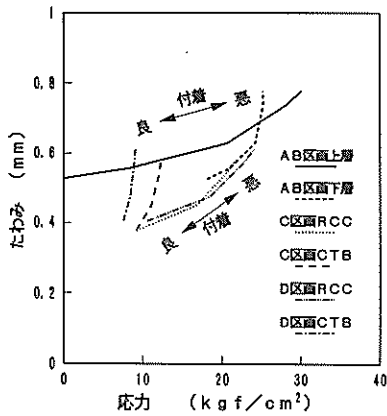


図-22 たわみと水平応力の計算値の関係

4.2 舗装構造別のひずみ

20 tf の FWD による試験時にはたわみのほかに、RC 版と高強度 CTB 内に埋設したひずみ計によりひずみを測定している。版中央部における水平ひずみの深さ方向分布を示したものが図-23~図-25である。B区画についてはデータが得られなかったので省略したが、A区画とC、D区画ではひずみ分布がかなり異なることが明らかである。すなわち、A区画では3.5 cm厚の RCC 版

が当初想定したとおりほぼ一体となって挙動していることが明らかであるのに対し、C、D区画では、RCC 版と高強度 CTB の間には付着はあまり期待できないことがわかる。

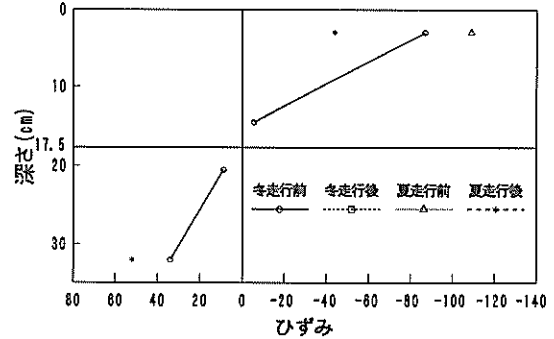


図-23 A区画版中央部のひずみ分布

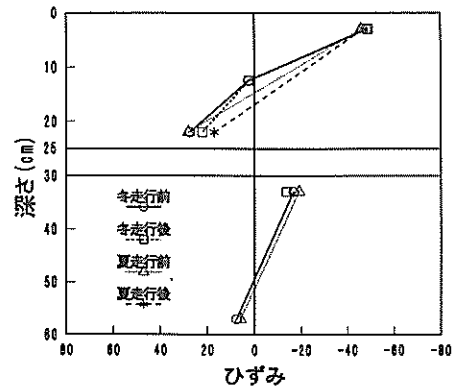


図-24 C区画版中央部のひずみ分布

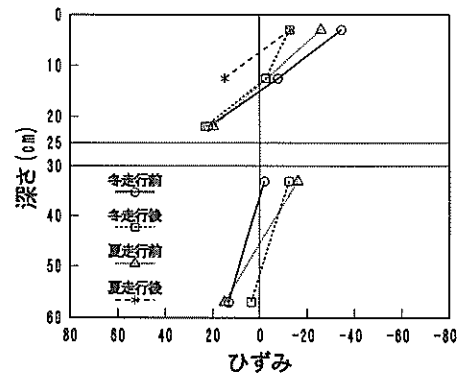


図-25 D区画版中央部のひずみ分布

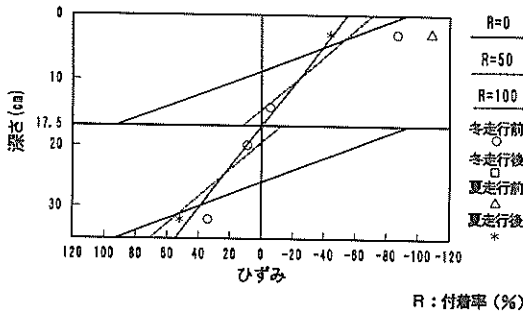


図-26 A区画のひずみの実測値と計算値

図-26は、A区画の舗装断面について、複合版理論による解析を行って得られたRCCの深さ方向のひずみ分布を実測値と対比したものである。この図には計算値として上下層間の付着率(R)を0, 50, 100%の3種類としたものと実測値を載せているが、A区画のRCC版は付着率がほぼ100%に近いような極めて良好な状態となっていることがわかる。この付着を確実にするためには、前述のように、下層を転圧した後60分以内に上層を施工すべきだと指摘している例が多いが、実際の施工を考えて今回用いた方法、すなわち下層RCC用材料に超遅延剤を用いたコンクリートを使用して下層施工後3時間以内に上層を敷設する方式によれば、上下層の付着は確保し得ることが認められた。

C, D区画の舗装がA区画のものと構造的に等価であるとみた場合の付着率が、それぞれ20%, 70%となることは前章で述べた。図-27, 図-28に示した実測値と計算値の比較からは、両区画とも付着率は20%には近い値となっているのが見受けられる。

このほか、原型走行荷重車の車体下部に取付けられたB-747型航空機の主脚と同様の載荷脚の車輪(1個)

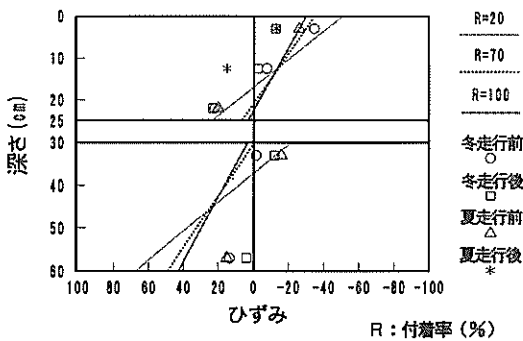


図-28 D区画のひずみの実測値と計算値

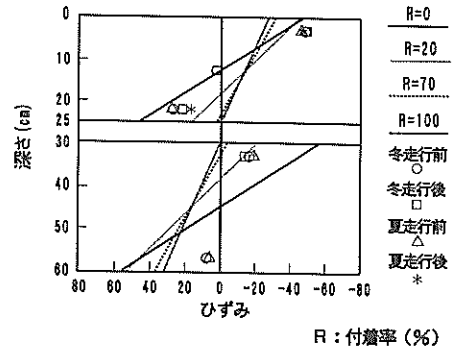


図-27 C区画のひずみの実測値と計算値

が舗装上に載荷された場合のひずみ分布を、図-29~図-31に示した。FWDによる試験のときにはひずみの連続性がみられたA区画であるが、この試験においては、C, D区画ほどではないものの、上下層の境界面で不連続性が若干みられる。C, D区画については、FWD試験のときと同様であるが、RCC版とCTB間のひずみの不連続性が明かである。

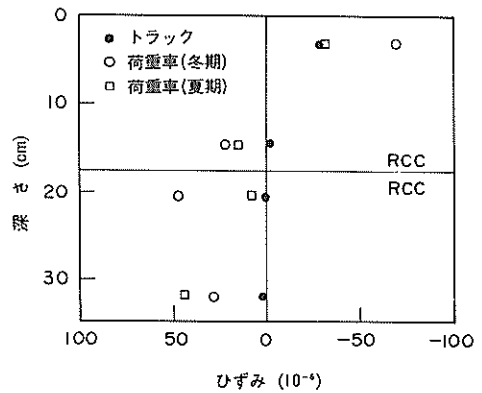


図-29 輪荷重に対するひずみ (A区画)

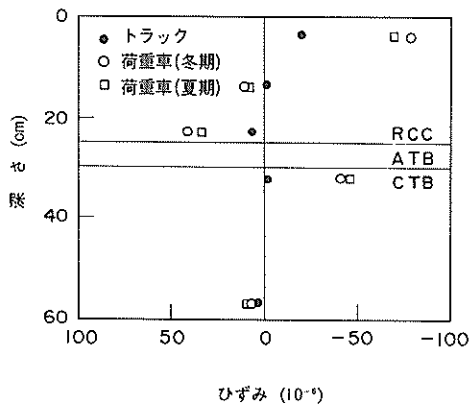


図-30 輪荷重に対するひずみ (C区画)

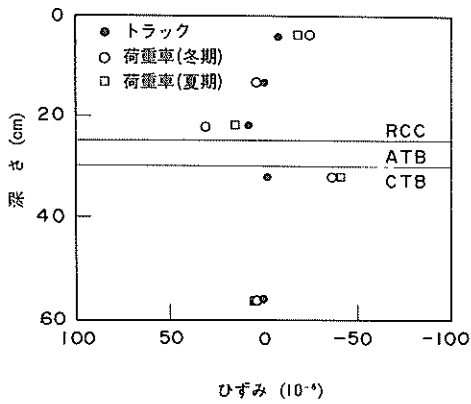


図-31 輪荷重に対するひずみ (D区画)

4. 3 繰返し走行载荷の影響

4. 1で示したFWDにより測定されたたわみでもみられたように、繰返し走行の前後でたわみが変化している。この点について詳しくみたものが図-32 (版中央部)、図-33 (隅角部) であるが、载荷位置、区画によらず、冬期の集中的な繰返し走行によりたわみは増加したあと、夏期の繰返し走行前には一旦低下し、再度の繰返し走行により再び増加する傾向が認められる。中央部载荷の場合のたわみをみると、ひびわれによって極度に増加しているものを除けば、実質的にはほとんど変化しておらず、今回用いたRCCPは、約2,000回の繰返し载荷に対して十分な構造安定性を有しているといえる。

しかし、図-33の隅角部のデータでは、荷重の繰返し走行前後によるたわみの著しい変化が明らかにみられる。前述のように、隅角部では、版中央部、目地部に比べてたわみが大きいために、繰返し载荷、目地の荷重伝達機能や路盤剛性の影響がたわみに現れやすいためであろう。しかし、この場合でもC、D区画は極めて良好な状態を

保持していることがわかる。

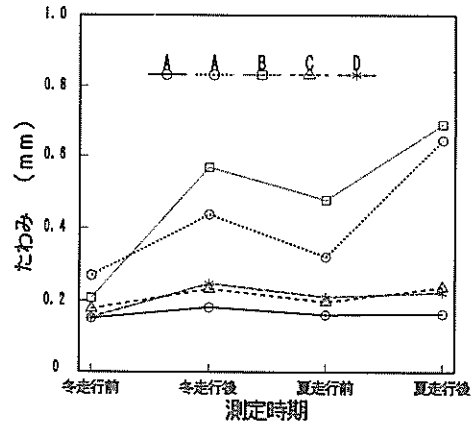


図-32 走行によるたわみ変化 (版中央部)

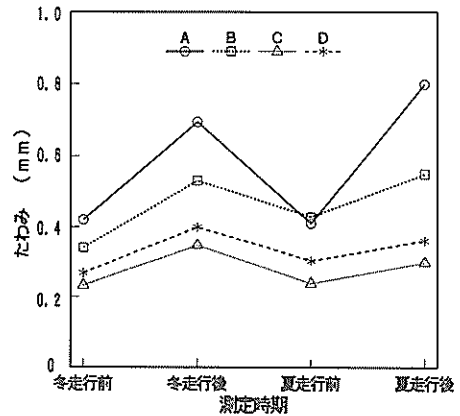


図-33 走行によるたわみ変化 (隅角部)

A区画の端部より1本目の横目地(J1, J7)とB区画の2本の横目地(J3, J4, J9, J10)では、前述のように、舗装完成後载荷試験を行うまでの間にひびわれが貫通しなかったため、静的破碎剤を用いて強制的に全断面にひびわれを貫通させた。このため、これらの目地は、構造的に非常に弱いものとなってしまい、目地近傍でそれ以外のひびわれが発生・進行することとなった。しかし、静的破碎剤を使用しても構造的な健全さを保持できたRレーンの横目地では、ひびわれの発生・進行がみられなかった。さらに、静的破碎剤を用いなかったC、D区画では、繰返し走行によってもひびわれは発生しなかった。これらのことから、構造的な弱点である目地部や隅角部で健全さを保たれるならば、RCCPは今回実施した程度の繰返し载荷に対して十分安全である

ものと思われる。

4. 4 環境要因によるひずみ挙動

RCCPの挙動に影響する荷重以外の要因として、ここではRCC版の乾燥収縮によるもの、温度変化によるものを取り上げる。

(1) 乾燥収縮応力

自由縁部で測定した温度、実ひずみおよび乾燥収縮ひずみの経時変化を図-34に示す。乾燥収縮ひずみは、材齢30日で約 50×10^{-6} 、材齢1年で約 70×10^{-6} となっている。一方、夏から冬までの温度低下に伴い、RCCは、実ひずみでみて 240×10^{-6} 程度収縮しているが、この間の乾燥収縮ひずみを差し引けば、温度ひずみは約 180×10^{-6} となる。このことから、乾燥収縮ひずみは、温度ひずみに比べ、季節変化にともなう変化の小さいことがわかる。また、乾燥収縮ひずみは材齢初期においてかなり増加するものの、材齢30日以降になるとその増加率が比較的小さくなることから、長期的にみれば乾燥収縮ひずみはあまり大きくならないものと推察される。

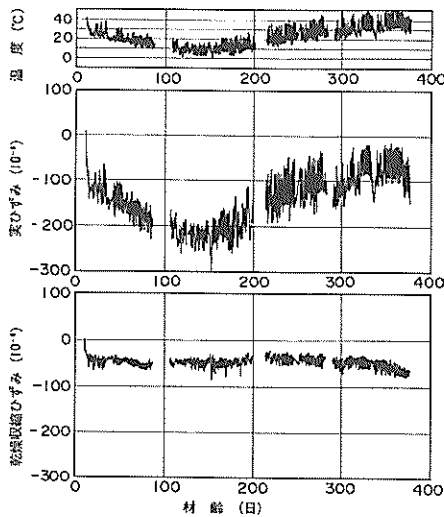


図-34 自由縁部における乾燥収縮ひずみ

ここで、乾燥収縮ひずみの終局値を 100×10^{-6} 、有効弾性係数を $150,000 \text{ kgf/cm}^2$ とし、RCC版がCTBにより完全拘束を受けるものと仮定して乾燥収縮応力を求めると 15 kgf/cm^2 となる。しかし、今回のように、目地間隔を8mとした場合には完全拘束状態になるとは考えられず、後述のように、温度変化が生じた場合の版中央部における軸方向の拘束度が30%以下であることや、乾燥収縮は弾性係数の小さな材齢初期で大きいといったこと

を考慮すると、乾燥収縮に起因する応力は 5 kgf/cm^2 以下の比較的小さい値にすぎないものと考えられる。

(2) 温度応力

温度応力としては、軸方向のものと版厚方向のものを分けて考えた。

ここでは、版中央部で測定した温度、実ひずみおよび応力ひずみ（版底面から3cmの位置）の経時変化に注目している。この場合の応力ひずみは、本来、温度、乾燥収縮、クリープなどが複合されたひずみであるが、乾燥収縮ひずみの影響が比較的小さいこと、ひずみの変化が温度変化に対応していることなどから、主として温度応力によるものとみなして評価した。

図-35に示すA区画の版中央部では、セメントの水和熱に起因する応力ひずみが舗装直後に約 80×10^{-6} 生じており、目地部にひびわれが誘発された時点でそれが一部解放されている。その後、応力ひずみは、温度低下時には引張側へ、温度上昇時には圧縮側へ変化しているが、真冬の温度低下時には約 80×10^{-6} のひずみが蓄積されている。有効弾性係数を $150,000 \text{ kgf/cm}^2$ と仮定すると、温度応力は 12 kgf/cm^2 程度となる。

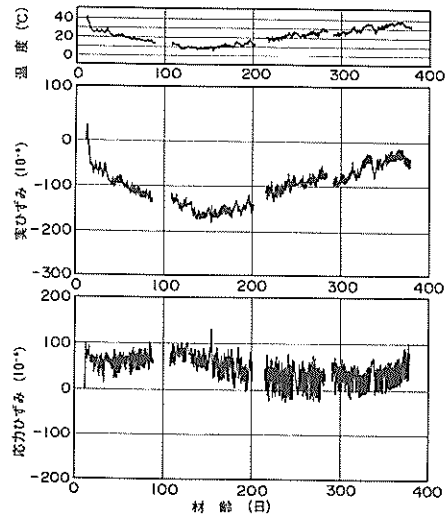


図-35 A区画RCC版応力ひずみ

RCC版厚が小さいD区画については、図-36に示した。舗装直後のセメントの水和熱に起因する版中央部の応力ひずみは約 60×10^{-6} となっており、前掲のA区画の場合に比べてやや小さくなっている。この応力ひずみは、温度低下に伴って増加しているが、真冬には 10×10^{-6} 程度となっている。目地、自由縁部から計測点までの距離は4mとA区画の場合と等しいが、応力ひずみの

蓄積は約 20×10^{-6} 大きいものとなっている。A区画の場合と同様に、弾性係数を $150,000 \text{ kgf/cm}^2$ と仮定すれば、温度応力は約 15 kgf/cm^2 となる。

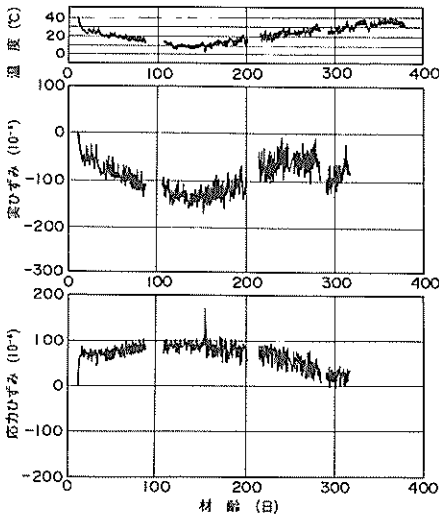


図-36 D区画 RCC 版の応力ひずみ

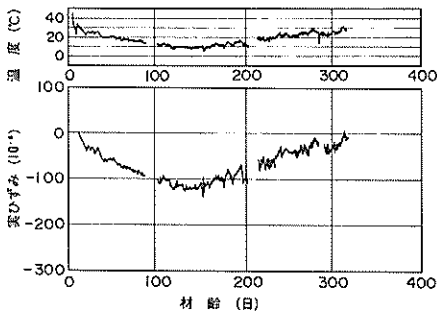


図-37 D区画 CTB の応力ひずみ

図-37には、D区画におけるCTB内の温度および実ひずみの経時変化を示す。実ひずみの変化は、RCC版の場合と同様であり、CTBがRCC版のひずみを拘束している傾向は認められない。これはC区画でもみられたことであるが、弾性係数の高いCTBを用いることにより路盤のRCC版に対する相対剛性が大きくなった場合でも、アスファルト中間層を設けることにより、リフレクションクラックを防止する、あるいはその開き幅を抑制する効果⁹⁾が期待できることになる。しかし、アスファルト中間層を設けると、CTBとRCC版の付着率を設計上大きく採ることが難しく、複合版とした場合の版厚低減効果を小さいものとみなさざるを得ない。

A区画の自由縁部と版中央部における温度変化量と実

ひずみの変化量との関係を図-38に示した(時期は9月、12月および6月)。この図に示した自由縁部に対する版中央部のひずみ変化率の関係から軸方向の拘束度が求められるが、A、B区画で $0 \sim 0.15$ 、C、D区画で $0 \sim 0.25$ の範囲であることがわかる。今回の試験舗装ではどの区画も目地間隔が 8 m であったため、軸方向の拘束度はいずれも小さな値であったが、版長の大きい場合を調べた既往の研究結果⁹⁾によれば、目地部からの距離が 4 m の場合の軸方向の拘束度は 0.3 程度となっており、今回得られた値はこれよりさらに小さな値であった。

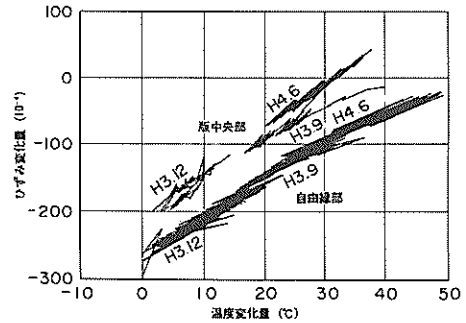


図-38 A区画 RCC の温度とひずみの変化

夏期に施工されたRCCPの温度応力は、セメントの水和熱と季節変動による温度低下量を 40°C 、線膨張係数を $10 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ 、有効弾性係数を $150,000 \text{ kgf/cm}^2$ 、軸方向の拘束度を $0.15 \sim 0.25$ と仮定すると、約 $9 \sim 15 \text{ kgf/cm}^2$ と計算されることから、今回の試験舗装においても、A、D区画で、それぞれ、 12 kgf/cm^2 、 15 kgf/cm^2 程度の温度応力が生じているものと推定される。このことは、RCCPを夏期に施工すれば、目地間隔を 8 m としても、無視し得ない大きさの温度応力が蓄積されることを意味している。

A区画の版中央部における、日内温度上昇時ならびに低下時の版厚方向でのひずみ分布をそれぞれ、図-39、図-40に示す。温度ひずみと実ひずみの版厚方向での分布は、目地部に強制的にひびわれを発生させた平成4年1月を境にして傾向が異なっており、ひびわれ発生後にはほぼ同じ傾向を示すようになってきている。これは、ひびわれ誘発後にはひびわれ間隔が 8 m と短くなり、しかもひびわれの開きが 6 mm 以上と大きいため、温度分布に応じたそり変形が可能となったためと考えられる。また、実ひずみが版厚方向で連続していることから、RCCの上下層は、施工後1年経過しても十分付着していること

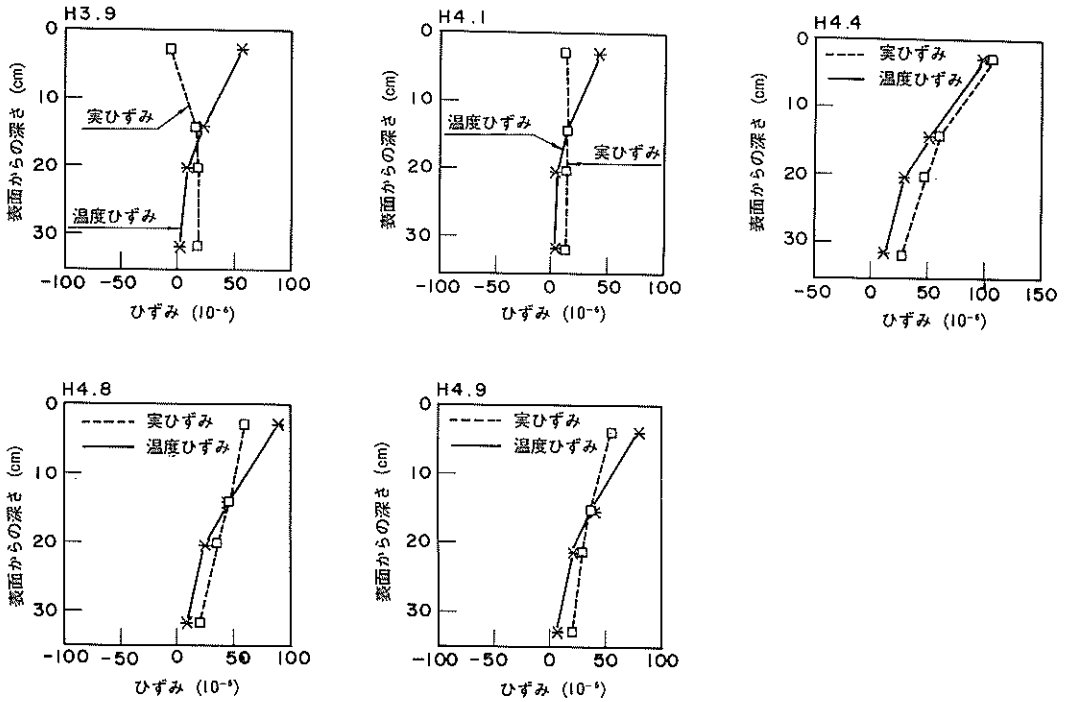


図-39 A区画の日内温度上昇時ひずみ分布

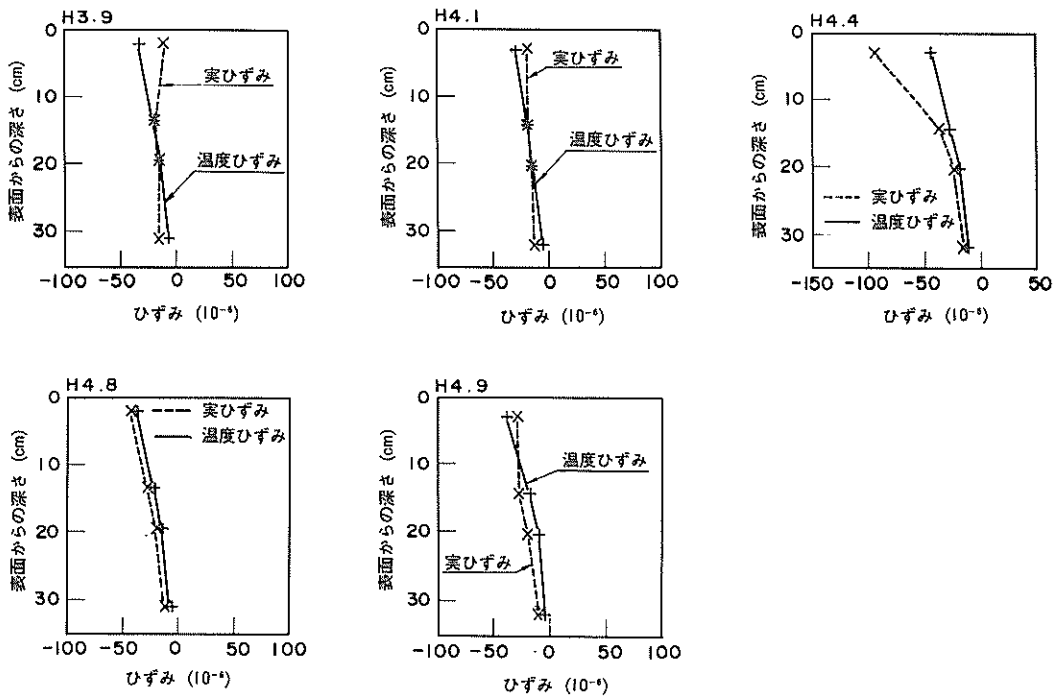


図-40 A区画の日内温度低下時ひずみ分布

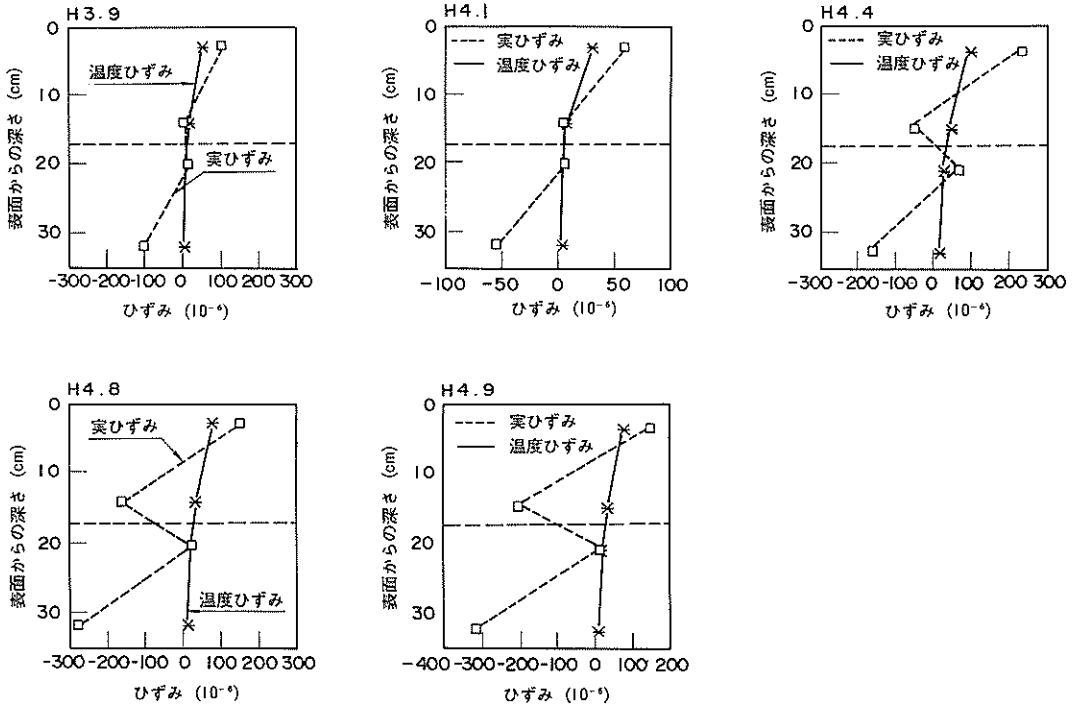


図-41 B区画の日内温度上昇時ひずみ分布

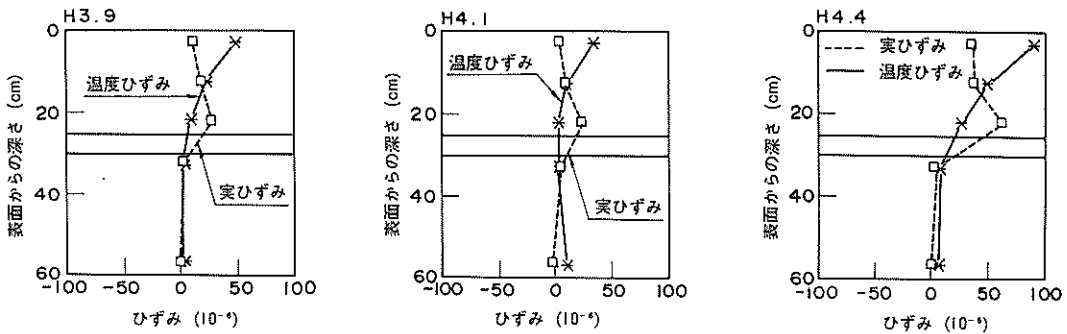


図-42 C区画の日内温度上昇時ひずみ分布

が認められた。

同様に、B区画の版中央部における日中温度上昇時の版厚方向でのひずみ分布を図-41に示す。版厚方向での実ひずみ分布をみると上下層の境界面で不連続となっていることがわかり、RCCの上下層間の付着が十分でなく、積層版的な挙動をしていると考えられる。C、D区画の場合を図-42、図-43に示すが、RCC版とCTBの間でやはりひずみ分布は不連続となっていることが明

かである。

実ひずみ分布を二次関数と仮定してコンペンセーションライン¹⁰⁾を求め、RCCの版内温度分布の非線形性に起因する版底面での内部応力を、版内温度差の大きい4月の場合について計算した。弾性係数を $150,000 \text{ kgf/cm}^2$ とみなすと、AおよびC区画で 3 kgf/cm^2 程度、D区画で 4 kgf/cm^2 程度と比較的小さい値が得られた。

版厚方向での温度の違いに起因するそり変形に対する

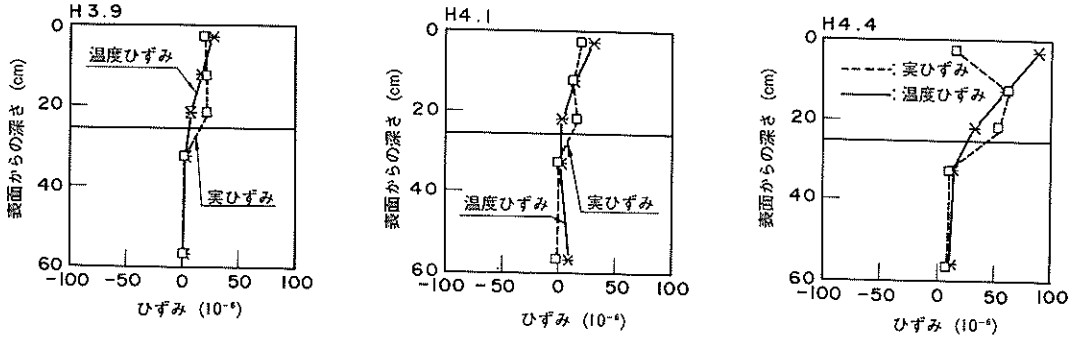


図-43 D区画の日内温度上昇時ひずみ分布

拘束度は、温度ひずみのコンペンセーションラインの曲率 (Φ_t) と実ひずみのコンペンセーションライン曲率 (Φ_i) から、 $((\Phi_t - \Phi_i) / \Phi_t)$ により求められる。このそり拘束度とひびわれ(目地)からの距離の関係として、既往の結果¹⁾に目地幅の大きいA区画のデータを加えて、図-44が得られる。この図から、目地幅が大きく隣接版の拘束を受けにくい場合には、目地間隔8mの版中央部(ひびわれからの距離4m)におけるそり拘束度は1未満であり、版厚方向温度分布に対応したそり変形を示すことがわかる。

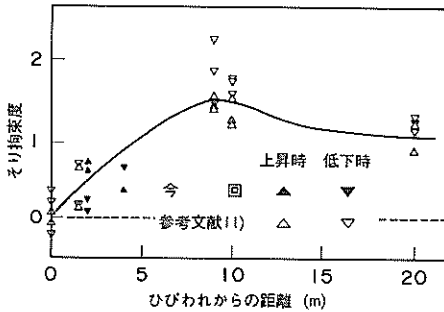


図-44 ひびわれからの距離とそり拘束度

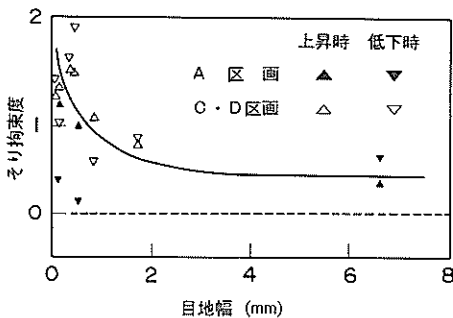


図-45 目地幅とそり拘束度の関係

そり拘束度と目地幅の関係を示した図-45(目地からの距離4m)から、目地幅の増加につれてそり拘束度の低下することが明かである。目地間隔を短くすることにより、版中央部での自重によるそりの拘束は小さくなるものの、目地幅も小さくなるため、そり応力の算定にあたっては両者の影響を勘案することが必要となる。

5. 目地構造の検討

本章では、今回試験を行ったローラー転圧コンクリート舗装(RCCP)を含め、コンクリート舗装の構造上の弱点となっている目地について考察を加える。特に、目地の片側のRCC版に荷重が載荷されたときのたわみ、荷重伝達率そして版内のひずみに着目して検討する。

5.1 目地構造別のたわみ

図-46~図-49には5tfのFWDによる最大たわみを示す。区画別にみれば、C、D区画では、A、B区画に比べて、たわみの小さいことがわかる。4. で示した中央部のデータではこのような点は認められなかったが、

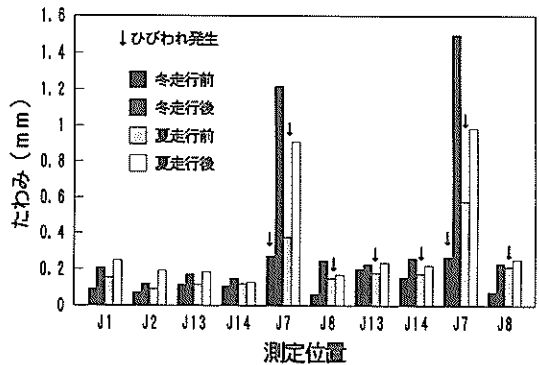


図-46 A区画目地部のFWD最大たわみ

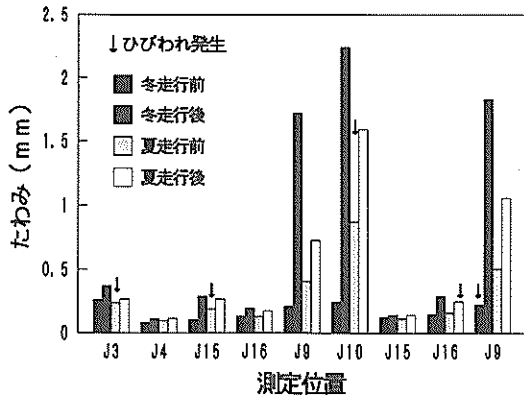


図-47 B区画目地部のFWD最大たわみ

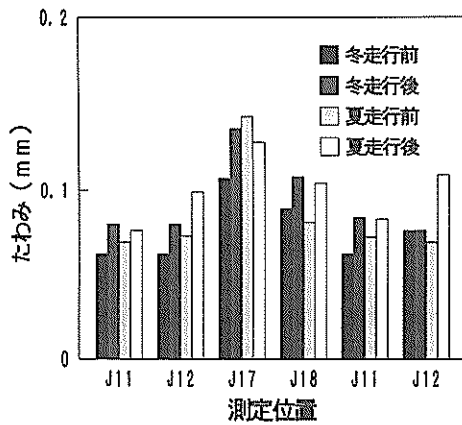


図-48 C区画目地部のFWD最大たわみ

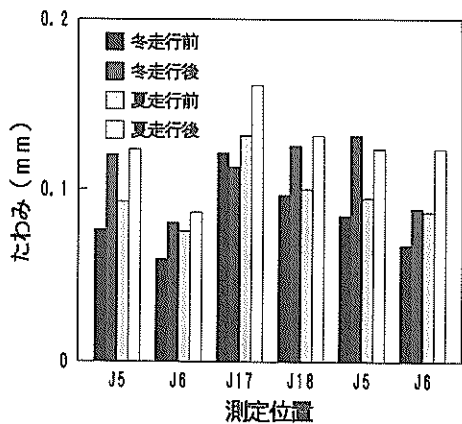


図-49 D区画目地部のFWD最大たわみ

隅角部においてはここで示した目地部のデータとほぼ同様な傾向であった。このことは、強化路盤により荷重伝達を図るというC、D区画の考え方が目地部におけるたわみの観点からは妥当であることを意味していよう。たわみが過度に大きくなることは、路盤のエロージョン、ポンピングといった現象を防止する上では避けなければならない事項であるが、通常路盤を用いたA、B区画のような構造のRCCPにおいては特に注意すべき点であろう。

同一区画内の目地構造による違いについて以下でみることにする。前述のように、A、B区画では、最適な目地構造を見いだすためにいろいろなものについて試験を実施しているが、静的破砕剤の使用に起因するひびわれの発生箇所を除いて考える必要がある。

A区画の、のこ溝目地(J1)、スリップバー目地(J2)、突合わせ目地(J13)、鉄板目地(J14)においては、たわみに顕著な差がみられない。ひびわれの影響のない冬期走行前のデータについてみると、目地幅の影響が明らかであり、J2、J8といった1mm以下の場合と、J1、J7といった6~7mmの場合では前者が小さくなっているものの、前者は全てスリップバー目地のデータであるため、目地構造の違いが反映されている可能性もある。縦目地では、目地構造の違いがたわみに影響を及ぼしており、突合わせ目地に比較すると鉄板目地の方が小さなたわみとなっていることがわかる。

B区画では、のこ溝目地(J4)、突合わせ目地(J15)、鉄板目地(J16)とも、冬期走行前のデータをみるとA区画より若干大きいたわみが見られるが、これはB区画の横目地幅が5mm程度となっていることに起因するものとも考えられる。この区画では、縦目地として通常の突合わせ目地のほかに、鉄板目地も用いたが、A区画とは逆に突合わせ目地が若干小さなたわみを示している。

C、D区画ではのこ溝目地、突合わせ目地、フレッシュジョイントの3種類を用いたが、両区画ともそれぞれの目地の間で顕著な差はみられない。また、A、B区画に比較してもたわみが小さいため、高強度CTBを用いた構造のRCCPでは、スリップバーのような荷重伝達装置を用いない形式の目地構造を使用することも可能となろう。

荷重伝達率については、図-50~図-53に示した。この場合は、図-46~図-49に示した最大たわみと同様に、5つのFWDを用いた試験により得られたものである。

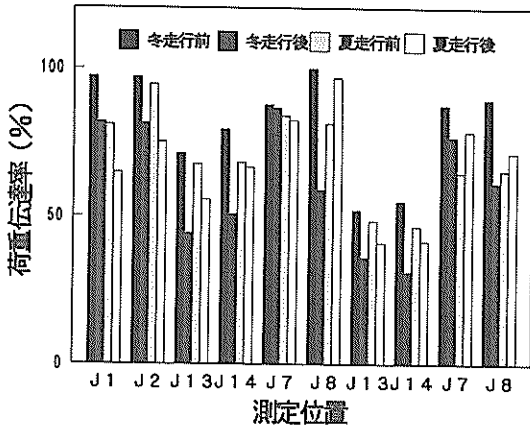


図-50 A区画における目地の荷重伝達率

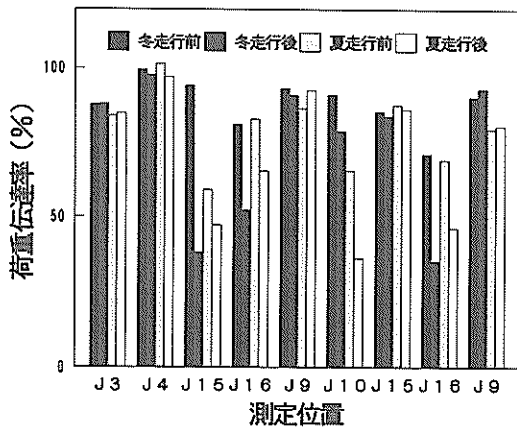


図-51 B区画における目地の荷重伝達率

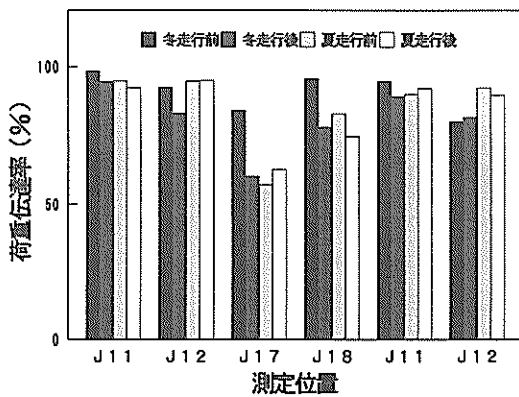


図-52 C区画における目地の荷重伝達率

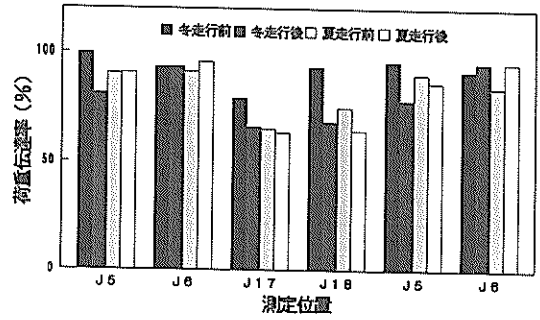


図-53 D区画における目地の荷重伝達率

ここで用いた荷重伝達率 (Eff') は次式のように定義される。¹²⁾

$$Eff' = \frac{d_2}{(d_1 + d_2)/2} \quad (1)$$

ここに、 d_1 、 d_2 は、図-12に示したように、FWDの載荷板をできるだけ目地に近づけた上で測定して得られた、目地からの距離がほぼ等しい載荷側と非載荷側のたわみである。

A区画のデータをみると、図-46に示した最大たわみに関して認められたように、開き幅の小さい目地における荷重伝達率が良好であるが、目地幅の大きい場合についても、荷重伝達率は冬期走行前において80%程度を保持していることが認められる。しかし、横目地と比べて開き幅の小さい縦目地においては、荷重伝達率が小さく、50%以下となっているものも見受けられるものの、B区画においてはこの傾向は顕著とはなっていない。この目地幅以外にも、CTBがRCC版の縦目地相当位置で打ち継がれたことの影響が現れているのかもしれない。

C、D区画では、この溝目地 (J5、J11) での荷重伝達率が良好であるが、目地幅が0.3mm以下になっていることがその理由であろう。縦目地である突合せ目地は、目地幅が1mm以下となっている全カッター目地 (J6、J12) に比べると荷重伝達機能は若干劣るようである。このことから、強化路盤を用いる舗装構造であっても、目地の開きを小さく保持することが荷重伝達の面からは重要であることがわかる。

5.2 目地構造別のひずみ

まず、20tfのFWD荷重に対するひずみ応答に注目する。図-54は、A区画におけるRCC版内の水平ひずみ分布である (J14)。中央部載荷時と同様に、目地部

に載荷された場合も上下層間でのひずみの連続性は明らかである。図-55、図-56は、C、D区画で、25cm厚のRCC版全厚にわたってカッターを入れた突合せ目地部におけるひずみ分布であるが、版中央部の場合と同様に、RCC版と高強度CTB層の間には不連続性がみられる(J12, J6)。

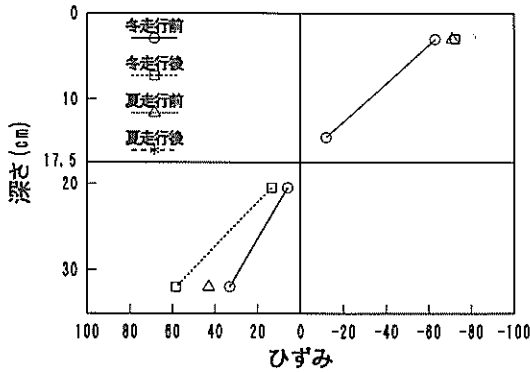


図-54 A区画目地部のひずみ分布

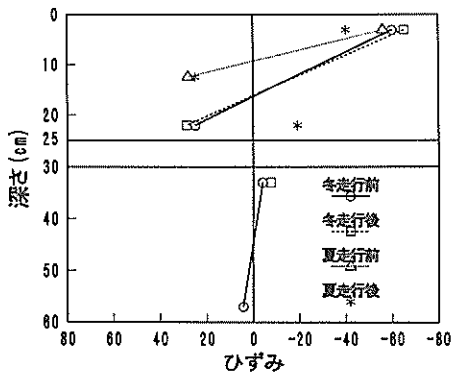


図-55 C区画目地部のひずみ分布

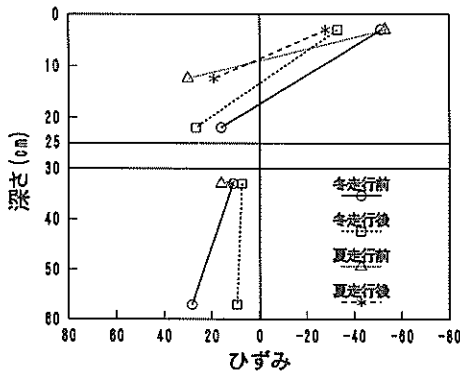


図-56 D区画目地部のひずみ分布

次に、原型走行荷重車による載荷試験結果として、図-57～図-60には、のこ溝目地の場合の水平ひずみ分布を示した。A、B区画ではRCC版上下層間でのひずみの連続性が見られるのに対して、C、D区画のRCC版とCTB間ではそれがみられない。しかし、いずれの区画においても繰返し走行によるひずみは増加していない。

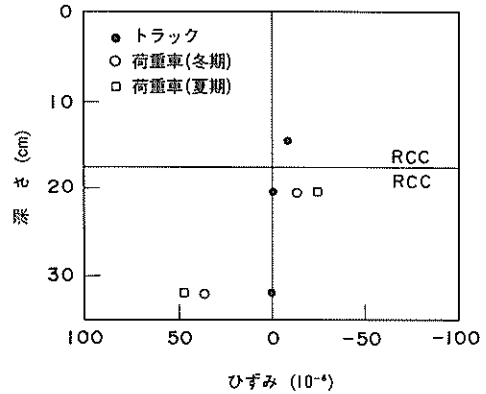


図-57 A区画のこ溝目地近傍でのひずみ分布

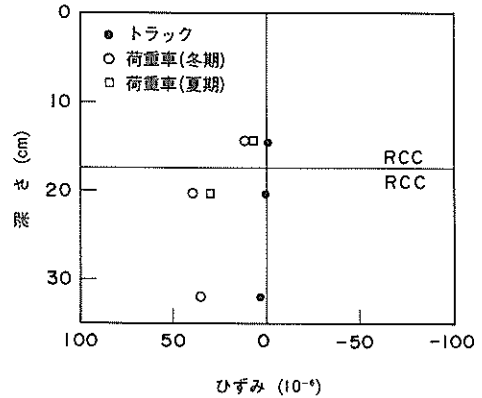


図-58 B区画のこ溝目地近傍でのひずみ分布

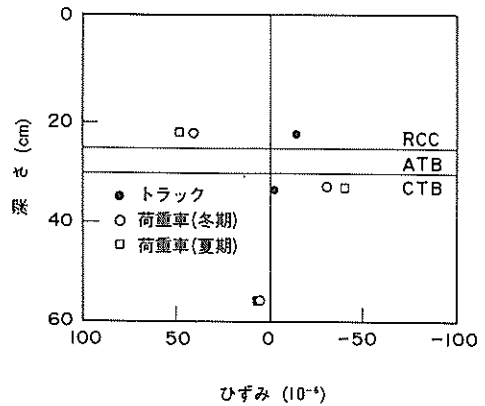


図-59 C区画のこ溝目地近傍でのひずみ分布

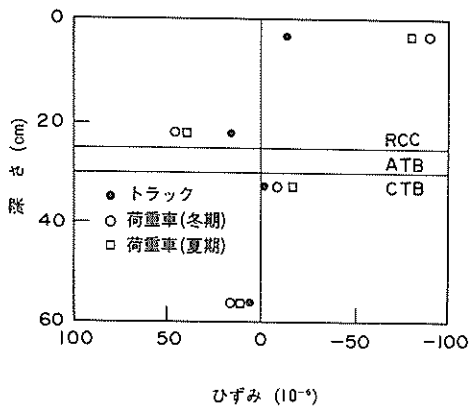


図-60 D区画のご溝目地近傍でのひずみ分布

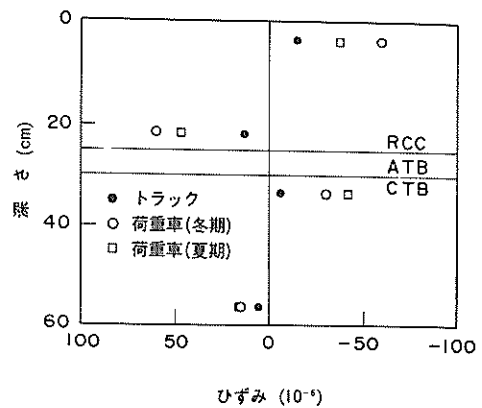


図-63 D区画突合わせ目地近傍でのひずみ分布

図-61～図-63には、突合わせ目地の場合を示す。RCC版の上下層間あるいはRCC版とCTB間の付着状況については、のご溝目地の場合と同様である。また、繰返し载荷による影響は現れておらず、ひずみの値そのものをみても、のご溝目地の場合とはあまり差がみられない。

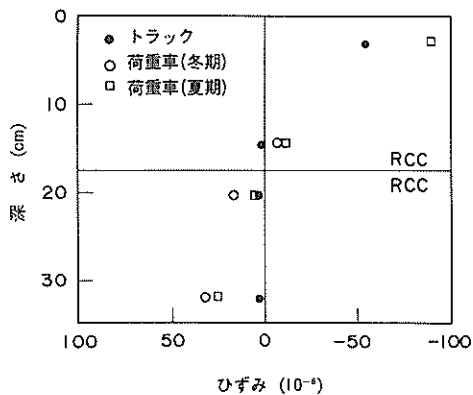


図-61 A区画突合わせ目地近傍でのひずみ分布

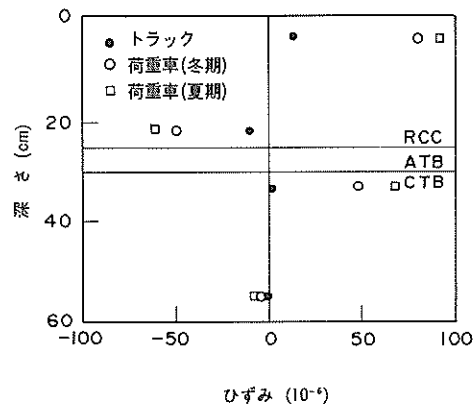


図-62 C区画突合わせ目地近傍でのひずみ分布

5.3 繰返し走行载荷の影響

20 tfのFWD試験により得られた目地部の最大たわみを区画別にみたものが、図-64～図-66である(B区画以外)。A区画のデータからは、目地構造の違いによる

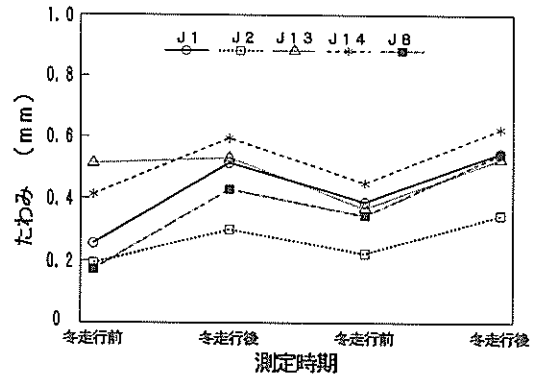


図-64 走行によるA区画目地部のたわみ

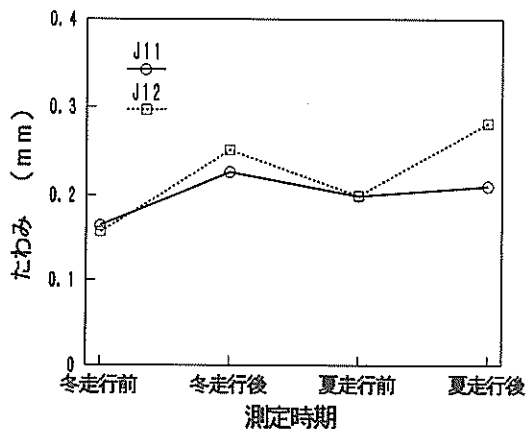


図-65 走行によるC区画目地部のたわみ

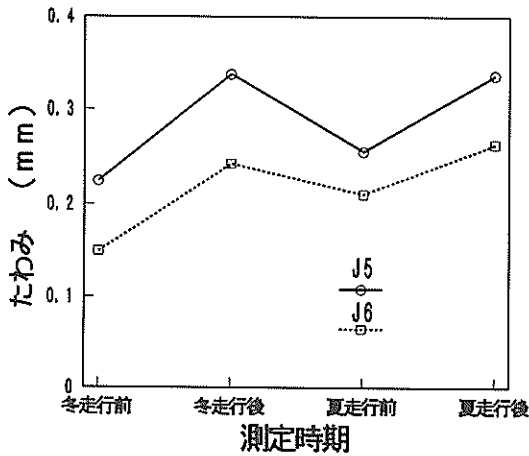


図-66 走行によるD区画目地部のたわみ

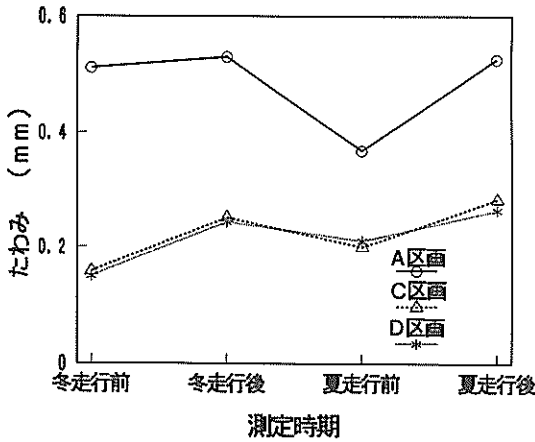


図-67 突合わせ目地におけるたわみの違い

るたわみの違いがみられ、スリッパを用いた目地 (J2, J8) ではたわみが小さいものとなっている。この溝目地 (J1) では、たわみ自体はスリッパ目地よりも大きいものの、繰返し走行によってたわみが極度に増加することはない。この溝目地に関しては、目地幅が1mm程度でも荷重伝達率は90%以上を確保できることが室内試験からわかっている¹⁹⁾ことを考えると、目地幅を比較的小さいままに保持できるならばこれを用いることもできよう。エプロン、ヤードといった面的な舗装区域を対象としたコンクリート舗装ではスリッパのような何らかの荷重伝達装置を有する目地を設けるのが基本である²⁾が、RCCPにおいては、施工の煩雑さを考えると、この溝目地を比較的小さい間隔で設けることが有利であろう。

C, D区画では、スリッパのような荷重伝達装置

を設けることなく、高強度CTBによって荷重伝達を図ることを意図したが、繰返し荷重によるたわみの増加はみられず、また、この溝目地 (J5, J11) と突合わせ目地 (J6, J12) の間にも顕著な差はみられない。突合わせ目地でのたわみを区画別にみたものが図-67である。C, D区画は、複合版理論によればA区画と等価な構造であるが、たわみに関してみれば、路盤の違いが顕著にでることがわかる。前述のように、たわみの大きいことは目地部にとっては極めて不利であることから、突合わせ目地、この溝目地を用いる場合には高強度CTBが必要となろう。

5.4 目地幅

目地幅については、前述のように、J5~J12の8箇所で測定している。図-68にはJ6における目地幅の経時変化を示してある。

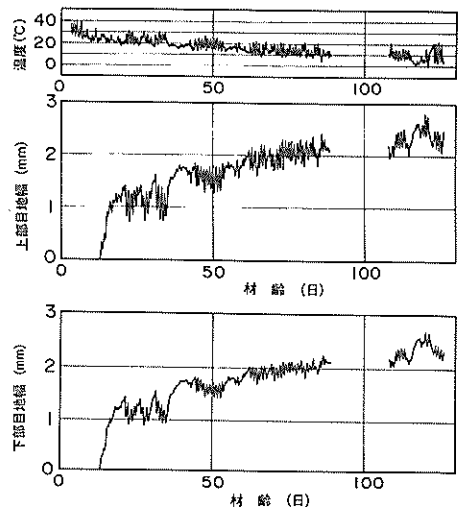


図-68 J6における目地幅の経時変化

(1) 発生時のひびわれ幅

A, B区画とB, C区画の境界では施工後10日までにひびわれが発生したが、そのときのひびわれ間隔は最大で26m, 平均で19mであった。しかし、前述のように、A, B区画の多くの目地では1月までひびわれが生じなかったため、静的破砕剤により強制的にひびわれを発生させた。

ひびわれの発生時の開口幅とひびわれ間隔の関係を図-69にまとめたが、材齢初期に発生するひびわれは、ひびわれ間隔が大きいため長期材齢で発生するひびわれに比べて、幅が大きいものとなっている。

(2) ひびわれ幅の経時変化

温度変化5℃あたりのひびわれ(目地)幅の変化量とひびわれ間隔の関係を図-70に示す。目地の開き幅の変化量は、温度とひびわれ間隔に依存し、ひびわれ間隔が大きいほど開口幅の変化率も大きくなるが認められる。

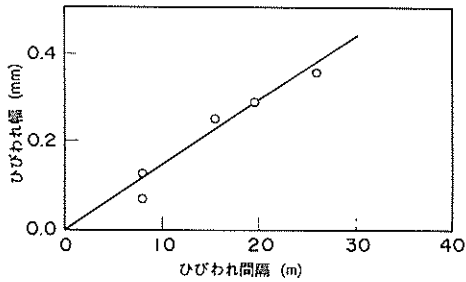


図-69 ひびわれ間隔とひびわれ発生時の開口幅

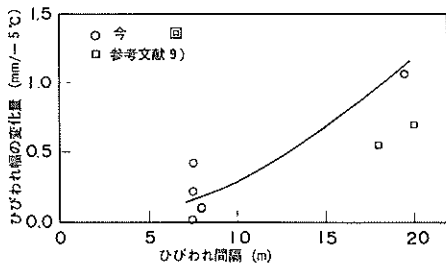


図-70 ひびわれ間隔とひびわれ幅変化率

図中には参考文献9)からのデータもプロットしてあるが、目地間隔を8mとした場合のひびわれ幅の変化量

は0.2mm/(5℃)程度であり、夏期から冬期での温度低下量を30℃と仮定すると、約1.2mmのひびわれ幅となる。

(3) RCC版のそり

D区画の目地(J6)における、舗装後17日、46日、4箇月における3日間のRCC版の上部と下部のひびわれ幅の経時変化を、図-71に示す。気温の高くなる日中ではRCC版表面部が膨張して目地上部の開口幅が小さくなっていること、気温の低くなる夜間では逆に表面部が収縮して目地下部の開口幅が大きくなっていることがわかる。また、長期的にみると気温の低くなる冬期に近づくにつれてRCC版全体が収縮し、ひびわれ幅が広がっていることも明かである(材齢4箇月のデータ)。

6. 路面性状

6.1 ひびわれ

試験舗装でのひびわれ発生状況を図-72に示した。施工直後においては、4本の目地(J2, J5, J8, J11)にひびわれが発生したが、その他の目地では発生しなかった。また、LレーンではA, B区画の境界とB, C区画の境界にひびわれが発生した。これ以外の目地にはその後もひびわれが発生しなかったため、冬期荷試験前に静的破砕剤を用いて強制的にひびわれを発生させた(H4.2)。しかし、これにより、A, B区画のLレーンでは目地部以外にも多くのひびわれが生じてしまった。

平成4年2月以降のひびわれ発生状況をみると、夏期の走行荷以前ではB区画のみに縦ひびわれが発生し、他の区画ではひびわれの発生はみられなかった(H4.6)。その後の2度の走行試験により、目地近傍にひびわれが発生して、進行した状況がわかる(H4.9)。

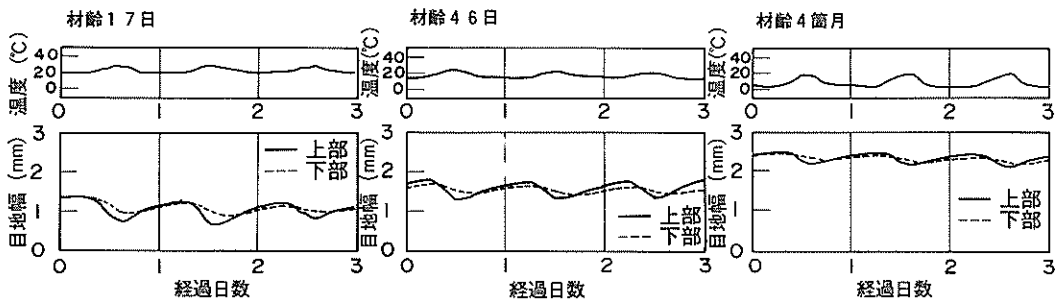


図-71 D区画の目地幅経時変化

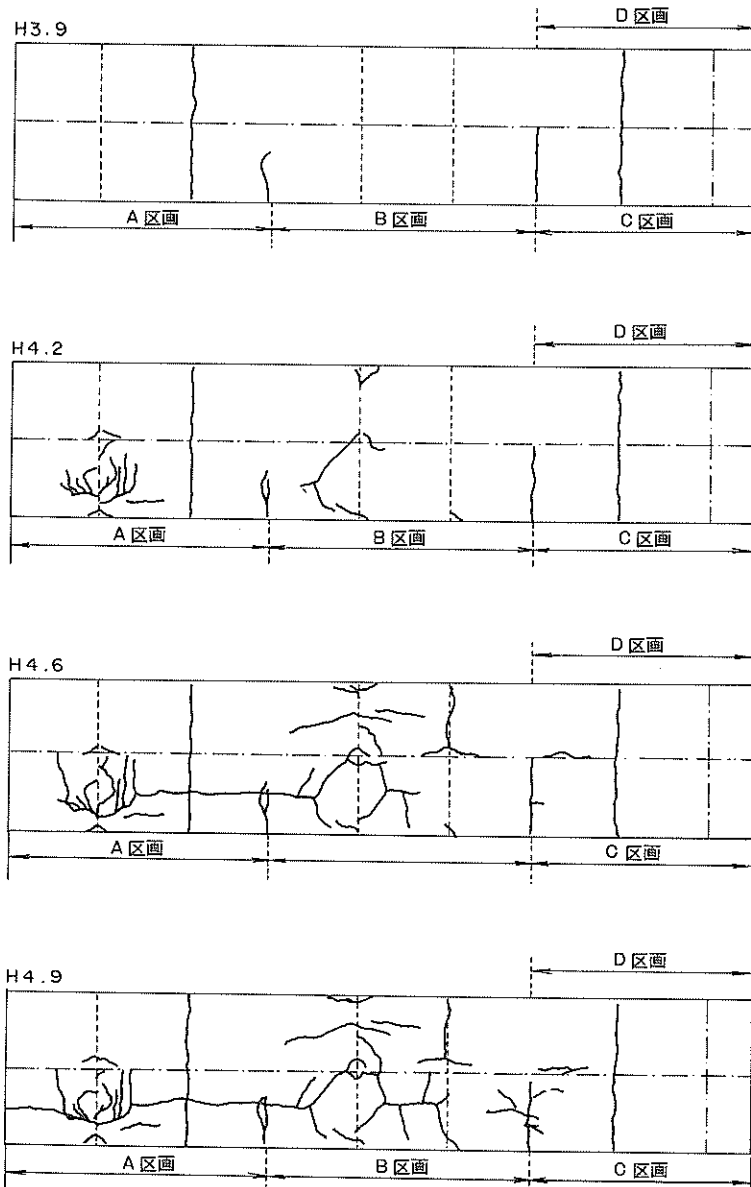


図-72 試験舗装のひびわれ発生状況

6.2 平坦性

3mプロフィールメーターにより測定した平坦性の測定結果を表-16に示す(測定位置は図-73)。施工直後における平坦性は、Rレーン、Lレーンとも転圧コンクリート舗装技術指針(案)に示されている出来形管理における合格判定値(標準偏差で3.0mm以内)以内の値であり、版厚25cmの場合の測定結果例¹⁴⁾(標準偏差2.4~3.0mm)

よりも小さい値であった。また、RレーンとLレーンを比較すると、スリッパバーや鉄板による目地補強箇所の多いLレーンのほうが若干標準偏差が大きくなっている。

施工1年後における測定結果では、静的破砕剤注入により発生した多数のひびわれにより、施工直後に比べて標準偏差は大きくなっている。この傾向はひびわれの多いLレーンにおいて顕著である。

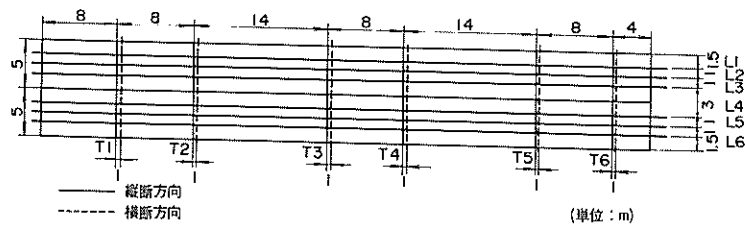


図-73 平坦性・横断凹凸量測定位置

表-16 試験舗装の平坦性

レーン	測線	標準偏差 (mm)	
		施工直後	施工1年後
R	L 1	2.33	2.90
	L 2	1.95	2.95
	L 3	2.15	2.54
	平均	2.14	2.80
L	L 4	2.33	3.97
	L 5	2.42	4.72
	L 6	2.26	4.87
	平均	2.34	4.52

6.3 横断凹凸量

横断凹凸量の測定結果は表-17に示すとおりである(測定位置は図-73)。施工直後においては、強化路盤を用いた区画(C, D区画)が、RCC二層施工区画(A, B区画)に比べて最大凹凸量が大きくなっている。これはRCCの一層当たりの敷きならし厚が二層施工のほうが小さくなるためであり、既往の報告⁷⁾における平坦性の結果と同様の傾向を示している。

また、スリッパ目地近傍(A-L-T1, A-L-T2, A-R-T2, B-L-T3)はスリッパのない目地(A-R-T1, B-R-T3, B-R-T4)に比べて最大凹凸量が大きくなっていることもわかる。しかし、鉄板補強部分(B-L-T3)では鉄板の影響は認められず、C-L-T5とC-L-T6, D-R-T5とD-R-T6を比較すると、骨材露出工法を用いても横断凹凸量にはほとんど影響を及ぼさない結果となっ

表-17 試験舗装の横断凹凸量

レーン	測線	最大凹凸量(mm)		備考
		施工直後	施工1年後	
R	T 1	3.0	11.2	二層施工
	T 2	3.5	8.6	二層施工、スリッパ目地
	T 3	2.0	2.0	二層施工
	T 4	3.5	7.9	二層施工
	T 5	6.5	11.6	一層施工
	T 6	7.0	7.2	一層施工、骨材露出箇所
L	T 1	5.0	14.2	二層施工、スリッパ目地
	T 2	7.0	3.6	二層施工、スリッパ目地
	T 3	2.0	24.2	二層施工、鉄板目地
	T 4	5.0	15.3	二層施工、スリッパ目地
	T 5	9.5	7.0	一層施工
	T 6	7.0	6.5	一層施工、骨材露出箇所

表-18 グルーピング区間のすべり抵抗値

測定位置		BPN値 (ぎ'ク' 77'による)		摩擦係数 (μ) (DFテスターによる)					
		施工直後	施工1年後	施工直後			施工1年後		
				速度 (km/h)			速度 (km/h)		
				20	40	60	20	40	60
Rレーン	未処理	74	74	0.55	0.54	0.52	0.54	0.49	0.47
	グルーピング	—	90	—	—	—	0.61	0.59	0.54
Lレーン	未処理	74	76	0.57	0.56	0.54	0.54	0.49	0.47
	グルーピング	—	95	—	—	—	0.70	0.67	0.62

ている。

施工1年後では、A、B区画においては静的破砕剤注入により発生した多数のひびわれにより最大凹凸量が大きく変動している。ひびわれの発生していないC、D区画における施工1年後の横断凹凸量に着目すると、D-R-T5では最大凹凸量が施工直後に比べ大きくなっているものの、その他の測定位置においてはほとんど変化していないことから、わだちぼれの進行はほとんどないものと考えられる。

6.4 すべり抵抗性

通常の方法により表面を仕上げた箇所とグルーピング施工箇所におけるすべり抵抗性の測定結果を表-18に示す。また、骨材露出工法を採用した箇所におけるBPN値を表-19に示す(平成5年2月測定)。

表-19 骨材露出区間のすべり抵抗値

区画	表面処理	走行	BPN値
D	未処理	無	59.3
		有	62.4
C	骨材露出工法	無	54.6
		有	54.5
D	骨材露出工法	無	58.3
		有	61.3

グルーピング施工箇所の値に着目すると、未処理部分と比べて大きな値を示しており、すべり抵抗性を向上す

る上でグルーピング工法は効果的であることが明かである。一方、骨材露出工法を用いた箇所については未処理部分と差がなく、すべり抵抗性の向上にはほとんど効果がない結果となっている。しかし、未処理部においても、イギリス道路研究所のポータブルスキッドレジスタンステスターによるすべり抵抗値に関する基準を満足していることから、RCCPのすべり抵抗性は十分なものであると評価できる。

7. 施工性

7.1 二層施工

今回の試験では、RCCの一層施工と二層施工の両者について検討した。RCCPの施工の容易さからみれば、既存の施工技術そのまま使える一層施工とした形式、すなわち強化路盤を用いる方法が有利である。二層施工では、上下層を同日に施工する形式(A区画)は、上下層の打継ぎ時間間隔の管理が施工性を低下させる要因となる。さらに、この形式で2台のフィニッシャーを使用する場合(2パーティ施工)は、打継ぎ時間間隔の管理が1台のフィニッシャーを使用する場合に比べて容易となるものの、施工規模、材料供給量などの面からみてその適用性は大きいとはいえない。なお、下層RCC表面のかきほぐしについては、アスファルトフィニッシャーの前部に特殊スカリファイを装着することにより実施したが、敷ならし開始時については人力によらざるを得ない。また、二層施工のうち、上層を下層の翌日に施工する形式(B区画)は、上下層の付着対策としての特殊セメントミルク散布が追加作業となる。

7.2 目地

(1) 縦目地

縦目地は、鋼製型枠を用いた突合せ目地を中心と考えたが、一部には路盤上に鉄板を敷設した目地とフレッシュジョイントとした目地を設けた。

今回の施工にあたっては型枠を使用したので、縦目地補強のための鉄板敷設は、CTBを約1.5cm人力にて削り、路盤と鉄板との隙間にはセメントモルタルを充填せざるを得なかったが、鉄板とのなじみを良くすることは難しく、型枠の据え付け作業にも影響がでた。また、このCTBの削り取り作業は路盤表層部を乱すことにもなる。なお、型枠を用いない施工法を採った場合には、鉄板の下にセメントモルタルを薄く敷き込み、鉄板をコンクリート釘等で仮固定するだけでいいので、上記のような問題は生じず、施工性を大きくは阻害しないものと思われる。

フレッシュジョイントの施工においては、前述のように超遅延剤を添加することにより打継ぎ時間間隔の延長を図ることができる。¹⁹⁾ 今回の施工では、生コンクリート製造プラントでの添加方式ではなく、施工現場での添加混合方式¹⁹⁾を採用したが、施工上特に問題となる点はなかった。フレッシュジョイントの施工において一般的に用いられている型枠を用いない方式を採用した場合は、型枠の設置・撤去作業が省略できるほか、隣接レーンを連続して施工できることとなるので、ヤードのような広大な区域の舗装には適していると考えられる。さらに、今回試みた舗装レーンの端部に超遅延剤を現場で添加混合する方式を採用すれば、打ち継ぎ時間間隔をより延長できることとなるので、施工性がさらに改善できることとなろう。

(2) 横目地

RCCの二層施工区間における横目地として、RCC版上下層の境界面にスリッパーを設置する形式のものについて試験した。また、縦目地と同様に、路盤上に鉄板を敷く形式の目地も設けた。

上層RCC舗設時のスリッパーの移動・浮き上がり、ならびにスリッパー周囲のコンクリートの充填性を考慮して、下層RCCの表面を人力によりスリッパーの形状にあわせて溝掘りしてスリッパーを設置した後、コンクリートのモルタル分にて埋戻して上層RCCを舗設した。スリッパーは、所定間隔に並ぶように横鉄筋2本で組み立てたものを使用した。アスファルトフィニッシャのクローラーによる踏みつぶしを考慮して、クローラー部分のスリッパーを取り除いた形式のものも設けた。今回の施工では、上層RCC舗設時のスリッパーの浮き上りはみられなかったものの、下層RCC表

面の掘削、スリッパー周囲の埋め戻し作業等で工程が複雑になるばかりでなく、埋め戻し部の転圧作業の確実性にも問題があるといったことを勘察すると、その施工性には難があるものと判断される。

鉄板を用いる目地は、縦目地の場合とは異なり、CTB上に鉄板をコンクリート釘などで仮固定しておくことにより、施工上特に問題は生じなかった。

RCCの二層施工区間(A, B区画)において、下層RCC表面の目地相当箇所には、ひびわれを誘発するため、底面に鉄製のナタ刃を溶接したビプロプレートにより深さ約4cmの溝を切り、さらに溝の両側にRCCが付着するのを防止するため、溝に水で溶かした石粉を充填することを試みた。しかし、ビプロプレートの振動により溝の表層部分が崩壊してしまい、必ずしも完全に充填されなかったが、これが下層であることから、この表面の乱れはあまり問題にはならないものと思われる。

7.3 表面処理

RCCPの表面処理は、ダイヤモンドカッターによるグルーピング工法と、転圧直後に超遅延剤を散布して表面をビニールシートで覆い、その約3時間後に表面をデッキブラシで研掃するという骨材露出工法の2種類を一部区間で実施した。養生終了後のグルーピングについては通常のコンクリート舗装と同様であり、特に品質および施工性に関して問題はなかった。

これに対して、骨材露出工法は、RCCPでは初めてのことであり、試行的に人力にてRCCP表面の削り取りを行ったが、その作業には多大の労力を要した。省力化のためには、スーパードによる研掃も考えられよう。また、超遅延剤散布後のビニールシートによる覆いは、通常のコンクリート舗装の場合と同様、特に施工面積の大きい場合や、風が吹く場合には施工が難しいものと考えられ、何らかの工夫が必要とされよう。

8. 結 論

コンクリート舗装の問題である施工が煩雑で、供用開始までに長い養生期間が必要などといった点を改良するための新しいコンクリート舗装として、ローラー転圧コンクリート舗装(RCCP)が開発されている。

港湾地域の舗装には、エプロンやヤード舗装のように重荷重が長期間持続的に作用したり、臨湾道路のように重車両が低速走行するが、その載荷頻度が少ないという特徴がある。また、港湾舗装は面的な広がりや構造であり、一般に路床条件が悪い場合が多いため、目地部の段差やたわみを小さくすることが重要である。港湾舗装を対象としたRCCPの舗装構造、目地構造、路面性状お

よびその施工性について試験を実施し、RCCPの港湾舗装への適用性について検討した。

港湾舗装として、

- ① 通常路盤と二層施工による厚いRCC版の組み合わせ
- ② 高強度セメント安定処理路盤(CTB)と一層施工による薄いRCC版の組み合わせ

の2種類の構造形式について試験した。その点に関して得られた結論は以下のとおりである。

- (1) FWDによる最大たわみは、2種類の形式の舗装構造とも、版中央部が最も小さく、次に目地部、そして、隅角部で最大となる。二層形式と一層形式の舗装を比較すると、たわみの点からは後者が有利である。
- (2) 二層形式においても、超遅延剤を用いた材料を使用して下層を施工した後、3時間以内に上層を施工する方式によれば、上下層の付着の確保できることがRCC版内部のひずみ分布から認められた。
- (3) 一層形式の舗装では、RCC版とCTBの間にアスファルト中間層を設けたために付着率は20%程度となっていることが、ひずみ分布にみられた。
- (4) RCCPにおいて構造的な弱点と考えられる目地部や隅角部であっても、高強度CTBを用いること等によって舗装としての構造的な健全性を保てるならば、2,000回程度の繰返し載荷に対しては十分な安全性が確保される。
- (5) 目地間隔を8mとした場合にRCC版に発生する乾燥収縮応力は、 5 kgf/cm^2 以下の小さい値にすぎないものと考えられた。
- (6) 目地間隔が8m程度のRCCPでは、長期の季節変動に伴う軸方向の温度応力は比較的小さいが、舗装時期によっては無視できない大きさの温度応力が生ずることも考えられる。
- (7) 目地の開き幅が大きく、隣接版の拘束を受けにくい場合には、目地間隔8mの版中央部におけるそり拘束度は1未満である。そり応力の算定にあたっては目地間隔と目地幅の影響を考慮しなければならない。

RCCPの構造的な弱点である目地部では荷重伝達機能を確保することが重要であるが、RCCの二層施工形式では何らかの荷重伝達装置により、また一層施工形式では高強度CTBにより、目地での荷重伝達を図ることを考えた。この点について次の結論が得られた。

- (1) 二層施工形式と一層施工形式を比較すると、後者のほうがFWDたわみは小さいことから、この点

からは後者が望ましいこととなる。

- (2) 二層施工形式における目地構造として、一般的小溝目地、突合わせ目地のほか、スリップバー目地、鉄板目地について検討したが、目地構造よりも目地幅の影響が大きく、目地幅を小さく保持することが荷重伝達の面からは有利であることが認められた。
- (3) 一層施工形式では、路盤として高強度CTBを用いることにより、目地の荷重伝達を図ることが可能であるが、目地幅を小さく保つことが肝要である。
- (4) 目地部においても、2,000回程度の荷重繰返しに対しては十分な安全性を有していることが認められるが、目地を比較的小さい間隔で設けることが望ましい。
- (5) 発生時のひびわれ(目地)幅、ならびにその後の温度変化に対するひびわれ幅の変化率は、ひびわれ間隔が大きいほど大きいものとなっている。目地間隔を8mとした場合のひびわれ幅の変化率は $0.2 \text{ mm} / 5^\circ \text{C}$ 程度であった。

RCCPの路面性状については次のような知見が得られた。

- (1) 平坦性、横断凹凸量は、施工後と材齢1年を比べても大差はなかった。しかし、スリップバー目地の近傍では、スリップバー設置に起因する平坦性の標準偏差、横断凹凸量がともに若干大きくなった。
- (2) すべり抵抗性の向上では、グルーピング工法が効果的であった。骨材露出工法を用いても、未処理の場合とあまり変わらないが、この場合でも十分なすべり抵抗性を有していることが認められた。

RCCPの施工性については以下のようにまとめられる。

- (1) 二層施工形式と一層施工形式を比較すると、前者はRCCの上下層の時間間隔に関する制約があるため、既存の施工技術をそのまま使える後者のほうが施工性は良好であった。
- (2) 縦目地の施工法としては、型枠を用いない方式が望ましいが、フレッシュジョイントとするような場合には、敷均し時に超遅延剤を添加混合することにより打継ぎ時間間隔の延長が図れ、より施工性が改善されよう。
- (3) 横目地としてスリップバーを用いる方式は施工が非常に煩雑なので、目地間隔を小さくした小溝目地を用いるほうが施工上有利である。
- (4) RCCPの表面処理工法として用いたグルーピング工法は、通常のコンクリート舗装に対するものと

同様に、品質や施工性には問題がなかった。骨材露出工法においても、人力施工に起因するものを別にとすると問題はなかった。

9. おわりに

今回実施した一連の試験により、ローラー転圧コンクリート舗装(RCCP)を港湾区域へ適用していく場合の基本方針が整理できたものと考えている。

今回の試験施工からは、RCCPが港湾舗装として十分使用可能であるということは認識できたが、その反面、港湾舗装の特徴である、大きい作用頻度の小さいという荷重条件下でRCCPを運用していくためには、いくつかの問題点が残されているという点も明らかにされた。

たとえば、

- ① 厚いRCCの施工法
- ② 目地部の荷重伝達
- ③ 構造設計法
- ④ 耐久性

といった点が挙げられる。①については、RCCが必然的に二層施工にならざるを得ないことに起因する問題、たとえば、上下層の付着の確保策といったものである。また、②は、RCCPでは従来型のコンクリート舗装で必須のものとなっているスリップバーといった構造の目地が使用できないことに起因する問題である。そして、③について、今回は従来どおりの港湾コンクリート舗装設計法と、高強度路盤を使用して複合版理論による新しい設計法による舗装構造を用いて試験を実施したが、①、②を含めて全体的な判断が必要となる。最後の④については、実際の現場での追跡調査を待たざるを得ない。

上記の点については、今回の試験施工だけでは十分には明らかにできなかったため、重荷重を対象にしたRCCPの事例調査を実施して、RCCPの設計・施工法としてとりまとめる所存である。

なお、本資料は、運輸省港湾技術研究所と社団法人セメント協会との共同研究の成果の一部をまとめたものである。環境要因によるRCCPの挙動は社団法人セメント協会RCCP推進専門委員会技術部会委員(渡辺夏也、吉田孝三郎、五十嵐浩行、長岡誠一、濱園喜代一、安在六男、村田芳樹、佐藤智泰の各氏)、RCCPの施工については鹿島道路株式会社加形護氏、RCCPの構造ならびに本資料の全体とりまとめについては筆者が担当した。

試験計画の立案からとりまとめに至るまで、港湾技術研究所佐藤勝久前土質部長、野田節男前構造部長、小林正樹土質部長、上田茂構造部長、土田孝前土質部滑

走路研究室長、ならびに社団法人セメント協会RCCP推進専門委員会(河野俊夫委員長)と同技術部会の委員の皆様方に貴重なご意見をいただいたことを記し、感謝の意を表します。
(1993年6月30日受付)

参考文献

- 1) 社団法人日本道路協会：転圧コンクリート舗装技術指針(案)，88p.，1990.
- 2) 社団法人日本港湾協会：港湾の施設の技術上の基準・同解説(下)，pp.269-277，1989.
- 3) 運輸省航空局：空港コンクリート舗装構造設計要領，121p.，1990.
- 4) 八谷好高：ローラー転圧コンクリート舗装の可能性，Coastal Development, No.10, pp.45-55, 1989.
- 5) 加形護，淵上学，渡辺夏也，草野昌夫：重交通量RCCPにおける簡易施工の開発，道路建設，No.521, pp.54-59, 1991.
- 6) 熊倉正志，渡辺夏也，小野寺孝樹，佐藤良一：D交通道路に適用したRCCPの挙動，セメント・コンクリート，No.540, pp.49-58, 1992.
- 7) 熊倉正志，奥平真誠，小野寺孝樹，渡辺夏也：D交通道路へ適用したRCCPの挙動，舗装，Vol.26, No.11, pp.3-9, 1991.
- 8) 小野寺孝樹，熊倉正志，渡辺夏也，佐藤良一：RCC版とCTBの境界面に関する一考察，セメント技術大会論文集，No.46, pp.1050-1055, 1991.
- 9) 渡辺夏也：RCCPの目地とひびわれ部の挙動，道路とコンクリート，No.93, pp.22-26, 1991.
- 10) 社団法人日本コンクリート工学協会：マスコンクリートのひびわれ制御指針，pp.71-82, 1986.
- 11) 渡辺夏也，加形護，佐藤良一，阿部洋一：RCCPの拘束度に関する研究，セメント技術大会論文集，No.46, 1044-1049, 1992.
- 12) 八谷好高，佐藤勝久，田中孝士：コンクリート舗装構造の非破壊評価法の開発—フォーリングウエイトデフレクトメーターによる—，港湾技術研究所報告，Vol.26, No.2, pp.465-492, 1987.
- 13) 福手勤，八谷好高，山崎英男：コンクリート舗装の目地部における荷重伝達機能，港湾技術研究所報告，Vol.21, No.2, pp.207-236, 1982.
- 14) 多田宏行：転圧コンクリート舗装の現状と課題，土木学会論文集，No.408, pp.11-20, 1989.
- 15) 加形護，児玉孝喜，草野昌夫，相田勇治：RCCPフレッシュジョイントへの擬結遅延剤の適用，第46回セメント技術大会講演集，pp.996-1001, 1992.
- 16) 東滋夫，加形護，草野昌夫：擬結遅延剤を現場混合したRCCPフレッシュジョイントの性状，土木学会第47回年次学術講演会，pp.62-163, 1992.

港湾技研資料 No.761

1993・10

編集兼発行人 運輸省港湾技術研究所

発行所 運輸省港湾技術研究所
横須賀市長瀬3丁目1番1号

印刷所 株式会社 東京プリント

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

Copyright © (1993) by P.H.R.I

Allright reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of. P.H.R.I

この資料は、港湾技術研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本資料の全部又は一部の転載、複写は、港湾技術研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。