

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. 34      NO. 3      Sept. 1995

NAGASE, YOKOSUKA, JAPAN



# 港湾技術研究所報告 (REPORT OF P. H. R. I.)

第34巻 第3号 (VOL.34, No.3) 1995年9月 (Sept. 1995)

## 目 次 (CONTENTS)

1. 水中模型振動実験による軟着底構造物の地震挙動に関する研究  
.....上部達生・長田 信・高野剛光・川満逸雄・鷹羽信勝 ..... 3  
(A Study on the Earthquake Behavior of Soft Landing Structure  
by Under Water Shaking Table Experiment  
.....Tatsuo UWABE, Makoto OSADA, Takemitsu TAKANO,  
Itsuo KAWAMA, and Nobukatsu TAKABA)
  
2. ブロック舗装の港湾・空港舗装への適応性  
.....八谷好高・野田 工 .....35  
(Application of Block Pavements for Ports and Airports  
.....Yoshitaka HACHIYA, Takumi NODA)

## 2. ブロック舗装の港湾・空港舗装への適用性

八谷好高\*, 野田 工\*\*

### 要 旨

港湾・空港では地盤沈下が落ちつかないうちに重交通用舗装を建設しなければならない場合が多い。その場合、アスファルト舗装とコンクリート舗装のどちらかが建設されるわが国とは異なり、海外では寸法の小さいコンクリート製ブロックを表層に用いる形式の舗装も多用されている。この舗装は、地盤沈下に追従しやすく、しかもコンクリート製であるため、耐荷性も十分であるとされている。最近では、白黒以外の色彩を容易に実現できることもあって、景観面からこの形式の舗装に対する要請も大きい。

そこで、ブロック舗装として、海外の港湾・空港舗装で実績の多いインターロッキングブロック (ILB) 舗装、ならびにタイルのような化粧材を表層に用いる化粧材舗装の2種類を取り上げ、港湾・空港を対象とした設計法を構築することを目的として試験研究を実施した。実験は室内と現場でのものの二種類からなる。室内試験では化粧材舗装において重要な項目である化粧材とコンクリート版の接着特性について検討した。現場試験ではILB舗装と化粧材舗装の試験施工を実施したほか、港湾・空港区域に建設された試験舗装の挙動を調査した。

その結果、次のような知見が得られた。

- 1) ILB舗装の構造設計法としては、ILB層の等価値を適切に設定した上で、アスファルト舗装の構造的設計法に準拠する方法が妥当なものである。
- 2) 化粧材舗装においては、化粧材とコンクリート版の付着強度がアスファルト混合物同士の場合よりも小さいことから、化粧材には構造的機能を期待することが難しい。

このような知見に基づき、ILB舗装と化粧材舗装の構造設計法の基本方針を明らかにした。

キーワード：ブロック舗装, ILB, 化粧材, 港湾舗装, 空港舗装, 室内試験, 試験舗装

---

\* 土質部 滑走路研究室長  
\*\* 土質部 滑走路研究室

## 2. APPLICATION OF BLOCK PAVEMENTS FOR PORTS AND AIRPORTS

Yoshitaka HACHIYA \* Takumi NODA \*\*

### Synopsis

In the construction of ports and airports, heavy-duty pavements must often be laid before the ground settlement is complete. As opposed to Japan, where either asphalt pavement or concrete pavement is adopted, the use of block pavement, i.e., small concrete blocks laid as a surface layer, is sometimes chosen abroad. This type of pavement can easily follow with the ground settlement, and provides an effective and safe support for heavy loads. This type of pavement is also available in a variety of colors - not just black and white- an indispensable feature for creating an attractive environment.

Two types of block pavements are studied here. The first is an interlocking block (ILB) pavement that incorporates an interlocking block layer over a base course, and the second is a tile pavement consisting of tiles adhered to a concrete slab.

Both laboratory tests and field studies were conducted to develop the design procedures for ports and airports. The laboratory tests were conducted on the tile pavement to investigate the bonding characteristic between the tiles and the concrete slab, an essential parameter for the pavement's stability. In the field studies, both the ILB pavement and the tile pavement were constructed experimentally, and various structural aspects were studied in test pavements constructed in a port yard and an airport.

The following findings were obtained.

- 1) The structural design method of asphalt pavement will be applied to the ILB pavement after properly determining the structural equivalency factor of the ILB layer to the asphalt concrete layer.
- 2) Since the bonding strength between the tiles and the concrete slab is much lower than the strength between asphalt concrete layers, it is difficult to expect a structural value in the tiles of the tile pavement.

The design principle for these two pavement types has been established based on these findings.

**Keywords :** block pavement, interlocking block, tile, port pavement, airport pavement, laboratory test, experimental pavement

---

\* Chief, Runways Laboratory, Geotechnical Engineering Division  
\*\* Researcher, Runways Laboratory, Geotechnical Engineering Division

## 目 次

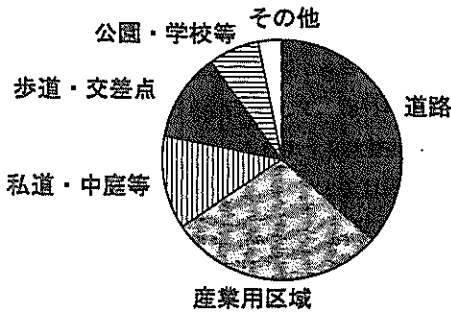
要 旨	35
1. はじめに	39
2. 重交通用ブロック舗装の課題	39
2.1 ILB舗装	39
2.2 化粧材舗装	44
2.3 港湾・空港への適用に関する試験計画	45
3. 化粧材の貼付け方法に関する室内試験	45
4. 港湾舗装に関する試験施工	48
4.1 試験舗装の計画	48
4.2 載荷試験の結果	53
5. 港湾・空港におけるブロック舗装の調査	58
5.1 コンテナヤード舗装	58
5.2 空港舗装	60
6. ブロック舗装の設計方針	64
7. ま と め	65
8. お わ り に	66
参 考 文 献	66

表一 港湾用ブロックの寸法

1. はじめに

舗装としてはアスファルト舗装とコンクリート舗装が一般的であるが、そのほかにも表層にブロックを敷き詰めた形式のブロック舗装などがある。このブロック舗装は、敷き並べたブロック間のかみ合わせの有無によって二種類に大別される。一つはかみ合わせ効果の期待できるインターロッキングブロック (ILB) 舗装、もう一つは相互の荷重伝達は期待できない形式のブロック舗装である。

小さい寸法のブロックを用いたILB舗装は、わが国では一般に歩道等の軽交通が対象となっている<sup>1)</sup>が、諸外国では産業用に広く用いられている。たとえば、旧西ドイツでは図一<sup>2)</sup>に示すように、全体の1/3が産業用区域に用いられている。このことから、ILB舗装はわが国の港湾・空港に対しても適用性が高いものと思われる。



図一 ILB 舗装の適用分野

わが国の港湾舗装を対象にしたブロック舗装としては、比較的寸法の大きなコンクリートブロック (平板) を用いるものが規定されている<sup>3)</sup>。その舗装構造の考え方は、コンクリート舗装の設計法を踏襲して、ブロックが路盤に支持されているものとみなしてその厚さを決定するというものである。ブロックの寸法は、BP<sub>1</sub>~BP<sub>2</sub>の4種類に分類された設計荷重に対して、表一のように規定されている (路盤支持力係数K<sub>30</sub>: 20kgf/cm<sup>2</sup>)。この場合、目地はブロック間に10~30mm幅の隙間を設けて砂を充填し、上部に目地材を注入することとしている。

このほかのブロック舗装としては、ブロックを化粧材としてコンクリート版に貼り付けた形式の化粧材舗装もある。この種の舗装は道路のような通常車両の交通に供する箇所を対象としてはいないが、港湾、空港においても、フェリーターミナルを始め、いろいろな区域で用いられる機会もあろう。

分類	荷重の種類	辺長 (cm)	厚さ (cm)
BP <sub>1</sub>	フォークリフトトラック 2t トラック T-14 トラクタートレーラ 20ft, 40ft 用	80	25
BP <sub>2</sub>	フォークリフトトラック 10t トラック T-20 トラクタートレーラ 40ftヤード専用 ストラドルキャリア	90	25
BP <sub>3</sub>	フォークリフトトラック 10t トラッククレーン 20型 トランスファークレーン 20t	110	30
BP <sub>4</sub>	トラッククレーン 25型 トランスファークレーン	120	35

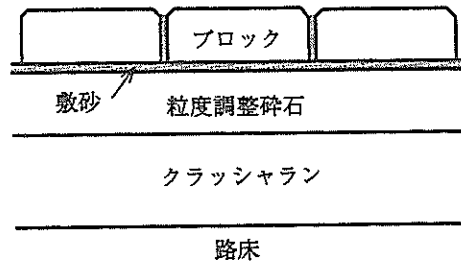
これらのILB舗装、化粧材舗装は、ともに現時点では、港湾・空港舗装としての規定が定められていない。そこで、港湾ヤードを対象としてブロック舗装の試験施工を実施するとともに、港湾・空港内で建設された試験舗装の挙動を調査して、その結果を取りまとめ、ブロック舗装の港湾・空港舗装への適用性を検証することにした。

2. 重交通用ブロック舗装の課題

2.1 ILB舗装

(1) 概要

インターロッキングブロック (ILB) 舗装は、基本的に図二に示すような構造を有する。すなわち、アスファルト舗装における表・基層がアスファルトコンクリートからILBを敷き詰めた層に代わった構造である。ブロック間にはブロック相互のかみ合わせ効果を高めるために目地砂を充填すること、ブロック相互間の間隔を一定に保つことが肝要である。また、路盤上には、路盤の凹凸を吸収して、ブロックの安定性を確保するためにサンドクッション (敷砂) 層を施工することが必要となる。



図二 ILB舗装の構造

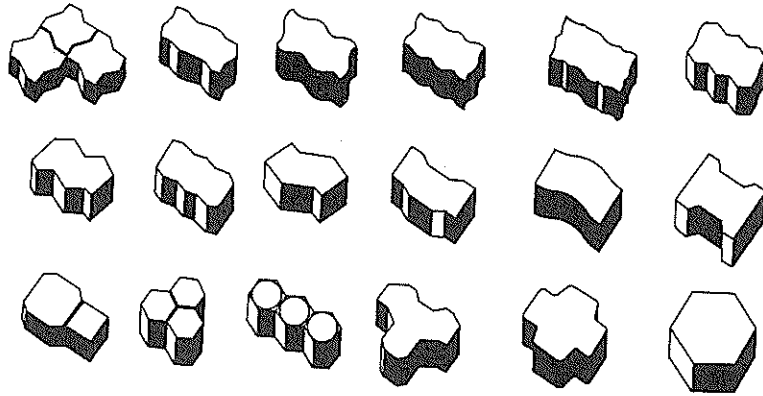


図-3 ILBの形状

ILB舗装の表層には、上記のように、比較的寸法が小さく、相互にかみ合わせが期待できるコンクリートブロックが敷き詰められる。現在製品化されているILBの大部分は、水平面のみでかみ合う形式、すなわち、平面的には凹凸があるが、高さ方向には凹凸がない形式を有している。ILBの寸法としては、長さがおおよそ225mm、幅がその半分程度、厚さが60~100mmといったものが標準である。ILBの一般的な形状は図-3<sup>2)</sup>に示すようなものである。また、強度について、わが国のインターロッキングブロック技術協会では50kgf/cm<sup>2</sup>という規格を提案している<sup>3)</sup>。

港湾ヤードや海上空港においては、舗装は軟弱地盤上に建設され、供用開始後も沈下が継続することが多い。そのような場合、ILB舗装ではILBをはがして路盤以下を施工し直すことにより対処できると考えられている。また、港湾、空港区域の舗装には一般的に非常に大きな輪荷重が加わるが、ILB舗装はILB相互のかみ合わせ効果により荷重を分散、支持することにより対応できると考えられている。このようなILB舗装の構造に関するこれまでの知見は、以下のようにまとめられる<sup>2)</sup>。

- ①ILB層は荷重分散効果を有し、特にヘリンボンボン形式（後述）で敷き詰められた場合にはその効果が高く、ILB舗装の変形量はアスファルト舗装のものよりも小さい。
- ②ILB層は、交通作用の比較的早い段階でかみ合い状態に到達し、その後の交通作用の影響を受けにくくなる。
- ③敷砂層には細粒分が10%以下の砂を使用して、締固め後の厚さが20~40mmになるようにする必要がある。
- ④ILB舗装は、路盤よりもILBを増厚するほうが構造的効果が高まる。

⑤ILB舗装の路盤には、地下水の高いような環境条件下では安定処理材を用いる必要があるが、排水条件が良好な場合には粒状材も使用可能である。

外国の産業用および港湾用のILB舗装のうち代表的な17箇所を選んでその構造について調査した結果<sup>2)</sup>を、ILBと敷砂層の厚さについて図-4、図-5にまとめた。これから、ILB厚は80~150mmの範囲にあり、全体の6割が80mmとなっていること、敷砂厚は20~50mmの間にあり、半数近くが50mmとなっていることがわかる。また、路盤に関しては、全体の1/3にあたる6箇所ではセメント安定処理材やリーンコンクリートを使用しているとの調査結果が得られている。これに基づいて、セメント安定処理路盤を交通荷重や路床強度の変化に対して敏感でなく、粒状材に比べてパフォーマンスの優れているとの理由で勧めている。

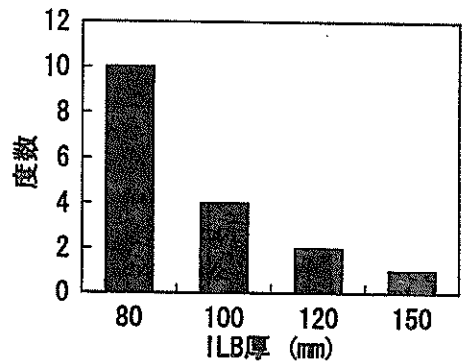


図-4 ILBの厚さ

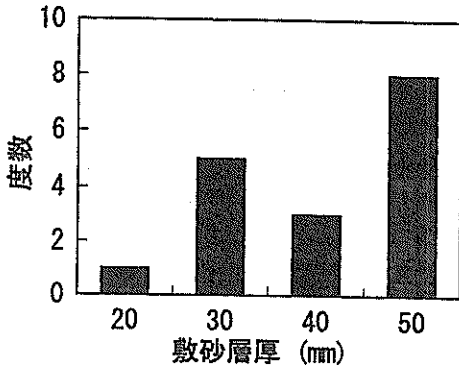


図-5 敷砂層の厚さ

(2) 設計法

ILB舗装の設計法としては、従来よりある経験的なものに加えて、近年ではいろいろな力学的設計法も提案されている。前者はアスファルト舗装の設計法の修正版といった形式なので、ILB層の他の層に対する構造的相対価値\*を見極めることが必要となる。後者については、アスファルト舗装用に提案されているものと同様に、路床上面の垂直ひずみや安定処理路盤下面の水平ひずみを許容値以下に抑えるといった手法を採用しているものが多い。

a) 道路舗装

道路用ILB舗装の構造設計法の大部分は、アスファルト舗装の構造設計法を準用する形式、すなわち、ILB層(敷砂層も含めて)の構造的相対価値を適切に定める方法を採用している。その場合のILB層の価値は、おおよそ、粒状材の2.1~2.9倍、アスファルトコンクリートに対して1.5~2倍といった範囲にある<sup>9)</sup>ようだ。

重交通舗装の場合の設計法の例として、1978年に発表された文献<sup>9)</sup>に示されたものを以下に示す。この場合の舗装構成は、下から下層路盤、上層路盤、そして敷砂層を設けてからILBを施工するのが基本としている。ただし、標準軸荷重(8,200kgf)に換算した交通量が150万回以下の場合には上層路盤は省略できるとしている。下層路盤厚は、路床の設計CBRと交通量によって図-6<sup>9)</sup>に示すように決定できる。上層路盤には安定処理材を用いるのが望ましく、図-7のように規定している。この場合、安定処理材については最小厚も規定されており、セメント安定処理材、アスファルト混合物のそれぞ

れで100mm、75mmとしている。敷砂層については、厚さを50mm、その材質をシルト・粘土分が3%以下、粒径5mm以下の割合が10%以下と規定している。また、ILBの最小厚は80mmであるが、それ以上厚くしても荷重分散効果には変わりがないとも述べている。

このほかの設計法としては、ILB層の構造的価値を225mm厚のセメント安定処理路盤に相当するものと考え、PCAの設計法<sup>7)</sup>を準用したものもある<sup>9)</sup>。図-8は、この場合のセメント安定処理路盤の厚さ設計用のノモグラムで、この図より求まる厚さから225mmを減じたものが路盤厚となる。

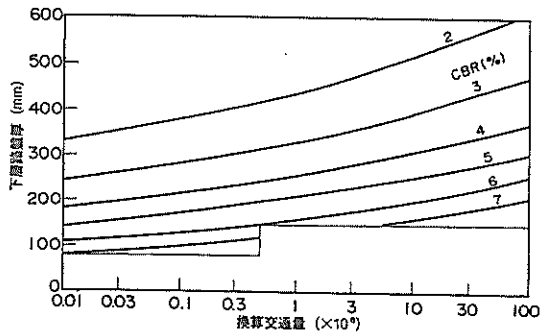


図-6 ILB舗装の下層路盤厚

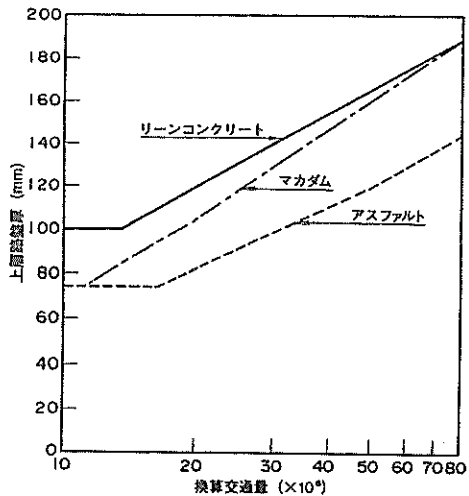
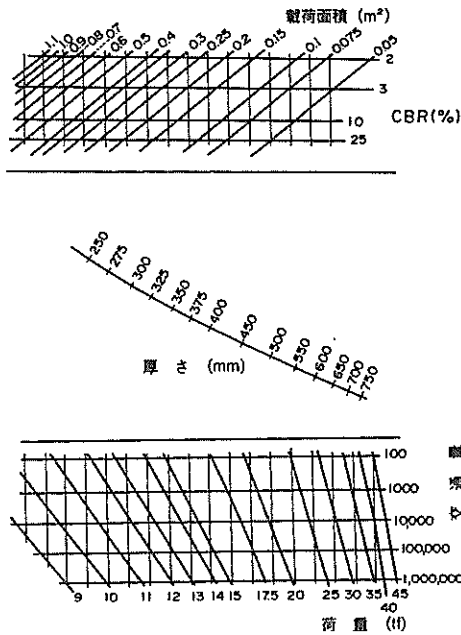


図-7 ILB舗装の上層路盤厚

\*アスファルト舗装要綱(道路用)では、表層アスファルトコンクリート材料に対するものとして等値換算係数と称し、空港アスファルト舗装構造設計要領では粒状路盤材に対するものとして等価値と称している。

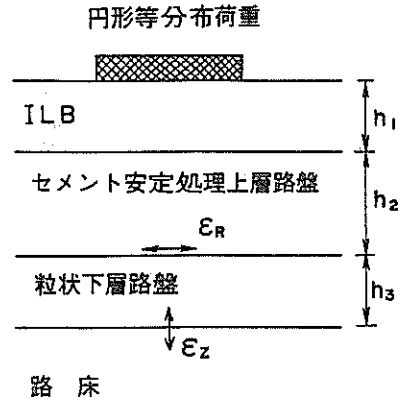




図一八 セメント安定処理路盤厚

わが国では、大型車が走行可能な道路用のILB舗装として、交通量区分がL, A, Bの場合を対象にした構造設計法<sup>4)</sup>が提案されている。この設計法はアスファルト舗装の構造設計法を準用したものである。ここでは、8 cm厚のILB層がアスファルトコンクリート層と構造的に等価であるとみなして、等値換算係数を1.0と規定している（敷砂層には構造的価値を持たせていない）。なお、比較的交通量の多い道路を対象とした場合には、アスファルトあるいはセメント安定処理材を上層路盤に用いることを原則としていることから、上層路盤の荷重支持力を重視していることがうかがえる。

上記のようなアスファルトあるいはコンクリート舗装の構造設計法を準用することに代わって、ILB舗装独自の設計法についてもいくつか発表されている。代表的なものは、上記のように、図一九に示すような舗装モデルを考へて、セメント安定処理路盤下面の水平ひずみと路床上面の垂直ひずみに注目する方法<sup>9)</sup>である。



図一九 ILB舗装の構造モデル

b) 港湾・空港舗装

道路では最大軸荷重が11.5tfとなっているのに対し、港湾では25tf（一輪）、空港では脚荷重92.8tf（四輪）が最大設計荷重となっている。港湾、空港では、一般に施設によって対象荷重の大きさが異なったものとなっていることも特徴である。このように荷重の大きさが異なれば舗装に対するダメージも当然異なるので、英国の港湾舗装設計法ではその点を考慮して、(1)式により舗装のダメージを算定している。この場合の荷重は、輪荷重12 tf、接地圧 $0.80N/mm^2$ を標準とするPAWL (Port Area Wheel Load) により表されている<sup>10)</sup>。

$$D \approx W^{2.75} \cdot p^{1.25} \quad (1)$$

ここに、 $D$  : 舗装のダメージ,

$W$  : 輪荷重,

$p$  : 接地圧。

このPAWLを使用した設計図表（路床CBR5%）を図一十<sup>9)</sup>に示す。この図表では、路盤のヤング係数、強度、厚さ、ならびにPAWLを与えることによって許容交通量が得られるようになっている。

ブロック舗装の港湾・空港舗装への適用性

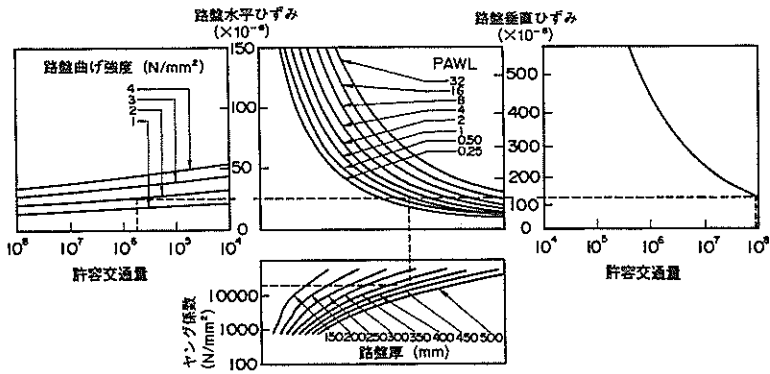


図-10 ILB舗装の設計図表

空港を対象とした設計法としては、アスファルト舗装のものを準用する形式<sup>11)</sup>が提案されている。この方法では、米国連邦航空局のアスファルト舗装設計法において、表層・基層部分を80mm厚のブロック層と30mm厚の敷砂層で単に置換えている。

(3) 施工法

下層路盤までの施工については通常の舗装と同様であるので特に注意すべきことはないが、上層路盤は直接ILB層の基礎となるので、施工にあたっては横断ならびに縦断方向の整正、厚さ、支持力および均一性について十分に注意しなければならない。所定の平坦性が確保できない場合は、砕石屑、砂等を十分に締固めることにより不陸を整正する必要がある。敷砂層としては、一般的

に粒度配合のよい川砂、砕砂といったものを使用する。

ILBの敷設パターンには、図-11に示すように、ヘリンボン、ストレッチャボンド方式等があるが、敷設を開始する基準点をまず設定してから、割付け計画図に基づいて順次敷設していくという点では同じである。ILBの敷設にあたっては、ILBを一旦既設のILBに強く押しつけてから据え付けることが肝要である。また、目地を揃えることがILB相互のかみ合わせを確保する上で重要となるので、水糸による基準線を設けた上で調整する必要がある。ILBの敷設後は、敷砂層を転圧するとともに、舗装面の不陸を調整するために、ILBの上からコンパクタ等により転圧する必要がある。

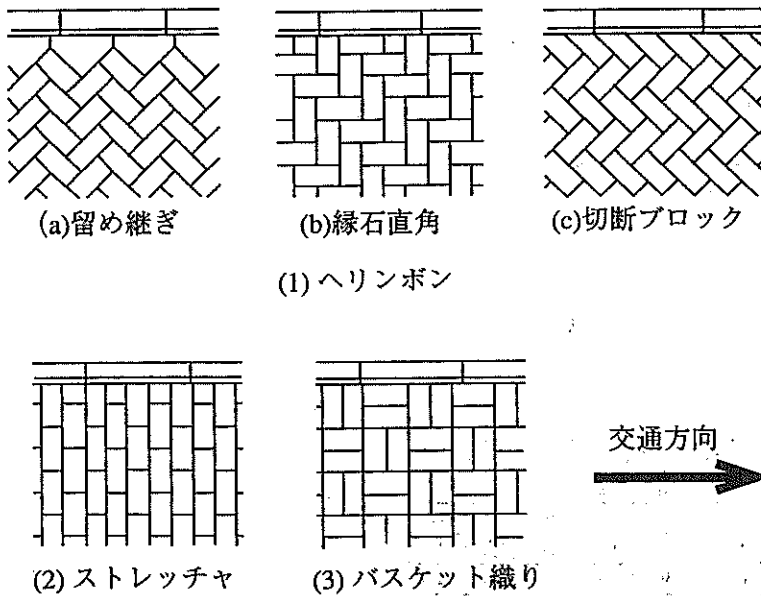


図-11 ILBの敷設パターン

ILB相互のかみ合わせを確保するためには目地砂が不可欠である。目地砂が不足すると、供用後交通荷重によりILBが移動して、所要の機能を果たさなくなる恐れが強くなる。目地詰めは、まず、ILB表面に砂を均一に撒いて、デッキブラシ等で掃くようにして砂を目地にすり込んでから、コンパクタを用いて充填することによって行う。

## 2.2 化粧材舗装

### (1) 概要

化粧材舗装の一般的構造は、図-12に示すようなもので、アスファルト舗装要綱には歩行者系道路舗装の一つとして取り上げられている<sup>9)</sup>。化粧材としては、タイル(石器質タイル、磁器質タイル)、天然石(小舗石、鉄平石、大谷石)、寸法の小さいコンクリート平板が挙げられている。このうち、コンクリート平板は、歩道用コンクリート平板として、表-2に示すように、JIS A 5304に規定されている。表中の破壊荷重は、平板1枚をそのまま供試体とした曲げ試験時のものである。

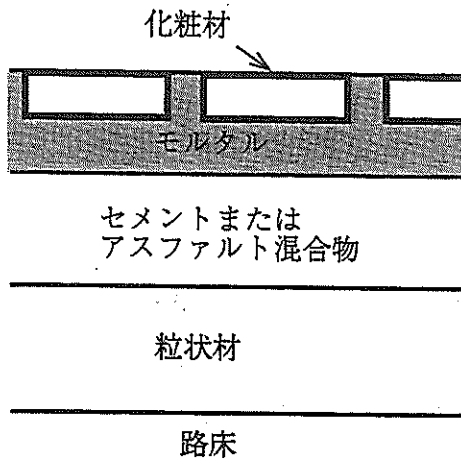


図-12 化粧材舗装の構造

表-2 コンクリート平板の規定

種類	記号	寸法 (mm)			破壊荷重 (kgf)
		縦	横	高さ	
普通平板	300 N300	300	300	60	1200 以上
	330 N330	330	330	60	1300 以上
カラー平板	300 C300	300	300	60	1200 以上

この形式の舗装においては、交通荷重は路盤で支持され、表層である化粧材は荷重支持力に寄与せずに、単なる化粧材料にすぎないものと考えられている。最大重量4t以下の管理用車両や限定された一般用車両が通行する場合の化粧材舗装として、アスファルト舗装要綱では路床上に15cm厚の粒状下層路盤と10cm厚のコンクリート層を設け、その上に3cm程度のセメントモルタル、または空練りモルタルにより化粧材を貼り付ける構造のものが示されている。

### (2) 施工法

化粧材は歩道用の薄いものと、交通車両を対象とした50mm以上となるような厚いものに大別されるが、路盤であるコンクリート版(下地)を施工した上で、化粧材を確実に接着させることが肝要であるという点では変わらない<sup>10)</sup>。その貼り付け方法には、路盤上に敷き均した敷きモルタル(敷きモル)上に化粧材を置いて圧着する方法と、路盤にタイルセメントのような接着材を塗布した上で化粧材を圧着する方法があるが、後者は路盤の平坦性や化粧材厚の違いに影響されるという問題点がある。このことから、一般的には敷きモルとしてバサモルタル(バサモル)\*を用いる圧着貼り法が最も普及している。敷きモルには、バサモルのほか、より接着力の強い比較的水量の多い湿式モルタルもあるが、化粧材が大きく重い場合や底面に凹凸のある場合にはバサモル工法が適しているといわれている。

モルタル圧着貼り工法は、一般的に下地コンクリート上にモルタルを敷き均してからセメントペーストを塗布した後、化粧材を置いて、プラスチックハンマー等で叩いて高さを調整しながらモルタルに密着させるといった手順からなる。その場合、モルタルが硬化しないうちに手早く施工しなければならないことはいうまでもない。モルタルは、下地コンクリート面の凹凸や化粧材厚の不均一性を吸収する必要があるため、その厚さを30mmとすることが多い。

化粧材と化粧材の間の目地には、敷きモルにまで到達できる程度に流動性が大きく、しかも収縮量の小さいモルタルを充填する必要がある。この目地モルタルは化粧材の移動を防止する上で重要であり、温度変化に対応するために伸縮可能な構造としなければならない場合もある。

\*握ったときに崩れない程度の水量を有するセメントモルタルで、ばさばさした感じがすることからこの名がある。一般にはバサモルと称されている。

### 2.3 港湾・空港への適用に関する試験計画

港湾、空港分野では、ILB舗装や化粧材舗装といった寸法の小さなブロックを用いる舗装の構造設計法が規定されていないので、今回それらの適用性について検討することとした。

ILB舗装では、ILBが相互にかみ合うことにより層として構造的に機能するものと考えて、敷砂層を含めたILB層の構造的価値を主に検討した。ILB舗装の構造設計法としてアスファルト舗装、コンクリート舗装のどちらを準用するにしても、ILB層の構造的相対価値を定量化する点は同じである。港湾・空港といった重交通舗装を対象とする場合には、ILB層が敷砂層を介して安定処理路盤により支持される構造と考えることが合理的であるので、路盤の安全性にも注目した。

化粧材舗装では、化粧材がコンクリート層上に貼り付けられることから、コンクリート舗装上のオーバーレイと考えることが可能であり、また合理的でもあろう。この場合にもモルタル層を含めた化粧材のオーバーレイ層としての構造的価値を検討することが必要となる。

化粧材厚とコンクリート層厚の関係は、(2)式で示したコンクリート舗装上のコンクリートによるオーバーレイ厚算定式<sup>13)</sup>が準用できよう。この場合、化粧材舗装を、化粧材の貼り付いたコンクリート層が下層路盤により支持された構造とみなすことになる。通常、化粧材は規格品であることが多いため、ここでは、下層厚、すなわちコンクリート版厚を算定することが主たる目的となる。

$$h_o = \left( h_d^p - \frac{h_d}{h_{db}} \cdot h_e^p \right)^{1/p} \quad (2)$$

ここに、

- $h_o$  : オーバーレイ (化粧材) 厚,
- $h_e$  : コンクリート版 (コンクリート層) 厚,
- $h_d$  : 上層材料 (化粧材) を用いた場合の全体厚,
- $h_{db}$  : 下層材料 (コンクリート層) を用いた場合の全体厚,
- $p$  : 上下層の付着程度を表す係数。付着、分離型の場合で、それぞれ、1.0, 2.0。

以上のことから、ILB装と化粧材舗装といったブロック舗装の港湾・空港舗装への適用性を検証するために、

- ① 化粧材の施工方法
  - ② ブロック舗装の構造設計法
- の2項目について試験研究を実施した。

具体的にいえば、前者では、種々の付着方法を試用して、最適なものを見いだすために、室内試験を実施した。後者では、実規模大の試験舗装を製作して、載荷試験を実施し、舗装の挙動を調べた。それと同時に、港湾・空港で実施された試験舗装の挙動を調査した。そして、それらの結果に基づいて、ブロック舗装の構造設計法の基本方策をとりまとめた。

### 3. 化粧材の貼付け方法に関する室内試験

化粧材舗装においては、2.で述べたように、化粧材をコンクリート版と十分に付着させることが肝要である。そこで、まず、付着工法として最適なものを室内試験により検討することにした。

室内試験において注目するものは付着強度であり、試験方法としては建研式引抜き試験\*を採用した<sup>14)</sup>。供試

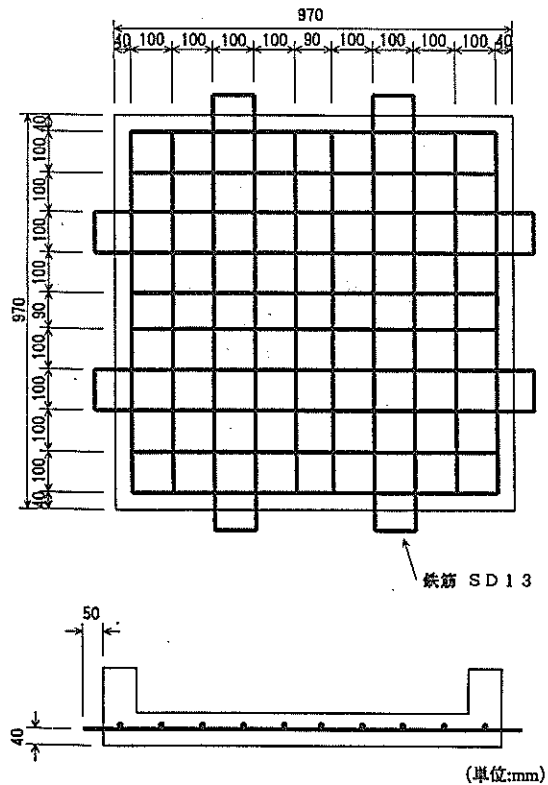
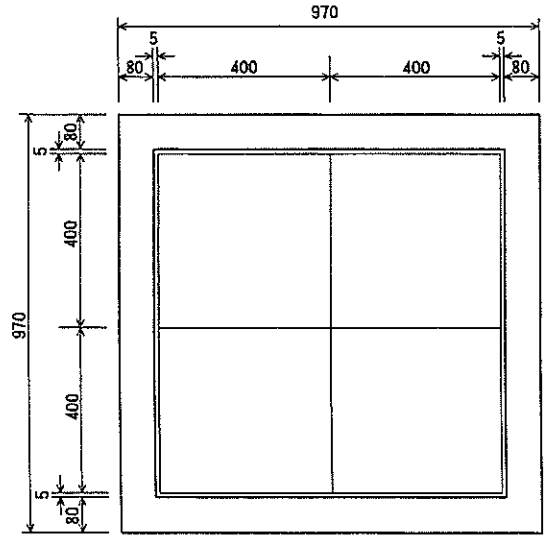


図-13 供試体型枠

\* 施工した化粧材の上から、カットによりコンクリート版に達する程度の切り込みを入れ、化粧材を引き抜く場合の抵抗力を求める試験。

体は図-13に示すようなコンクリート製型枠（コンクリート版に相当）に化粧材を貼り付けたものである。化粧材としては、写真-1、写真-2、写真-3に示すように、インターロッキングブロック（ILB、幅110mm、長さ222mm、厚さ80mm）、擬石平板（縦・横400mm、厚さ60mm）、自然石（縦・横400mm、厚さ60mm）の三種類を用いた。ILBは、前述のように、通常敷砂層上に敷き並べる形式（ILB舗装）で使用されるが、ここではコンクリート層に接着する形式（化粧材舗装）での使用も試みている。

ILBについては図-14に示すように、擬石平板・自然石については図-15に示すように、いずれも接着層として30mmを確保した上でコンクリート版に化粧材を貼り付けている。この接着方法としては表-3に示すようにA～D工法の四種類を考えたが、コンクリート版にモルタルを敷いてからセメントペーストを塗布するという方法は共通している。表-4には、それぞれに用いた材料の配合をまとめてある。



(単位:mm)

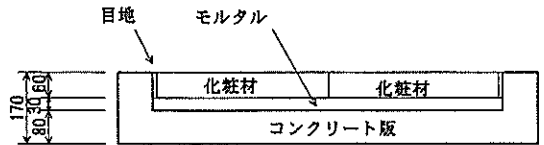
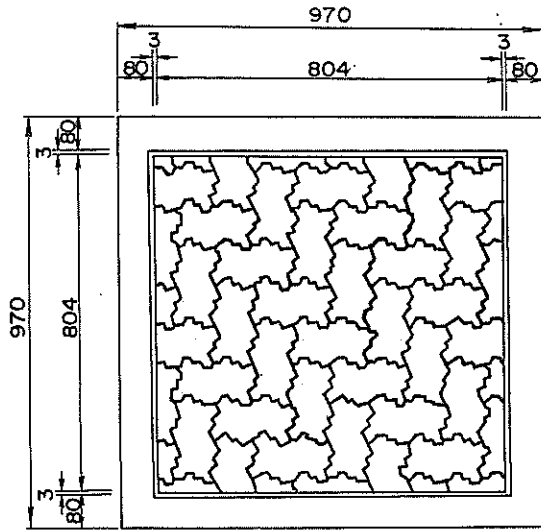
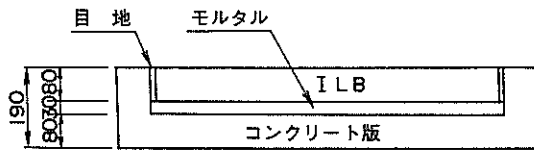


図-15 擬石平板・自然石供試体



(単位:mm)

図-14 ILB供試体

表-3 化粧材の接着方法

工法	モルタル	ペースト	目地材
A	通常練り	通常	通常練りモルタル
B	ばさ練り	通常	ばさ練りモルタル (砂:セメント=4:1)
C	混和材入 通常練り	混和材入	セメント系特殊目地材
D	混和材入 ばさ練り	混和材入	流し目地 (砂:セメント:水=2.5:1:1)

表-4 接着材料の配合

材料	種類	単位量(kg/m <sup>3</sup> )			
		水	セメント	砂	混和材
モルタル	通常練り	161	454	1808	-
	ばさ練り	89	493	1963	-
	混和材入通常練り	145	399	1739	60
	混和材入ばさ練り	-	466	2034	70
ペースト	通常	760	760	-	-
	混和材入	444	1193	-	179
目地材	ばさ練りモルタル	40	500	2084	-
	流し目地	439	439	1097	-

コンクリート製型枠は、後述の試験施工に使用したものと同一の材料を用いて作製した。型枠の内側はモルタル施工前に十分に水湿しを行い、化粧材の仕上がり面が型枠上面と一致するようにモルタルを均一に敷き均した。そして、まだ硬まらないうちにペーストを塗布してから、化粧材をプラスチックハンマーを用いて平坦性を取りながら確実に接着した（写真-4）。化粧材と化粧材の間の目地は、表-3に示すように、4種類の方法により施工した（写真-5は目地材充填後の状況を示す）。

化粧材の付着強度は、上述したように、建研式引抜き試験機を用いて測定した。この試験に用いた供試体の寸法は、図-16、図-17に示すように、化粧材、ILBともに80mm×80mmである。試験においては、型枠の上部から20mmの深さに達するような切り込みをカットにより入れた後、油圧ジャッキを用いて供試体を引抜いた。

このようにして得られた材齢14日における付着強度\*は表-5に示すとおりである。これから、擬石平板や自

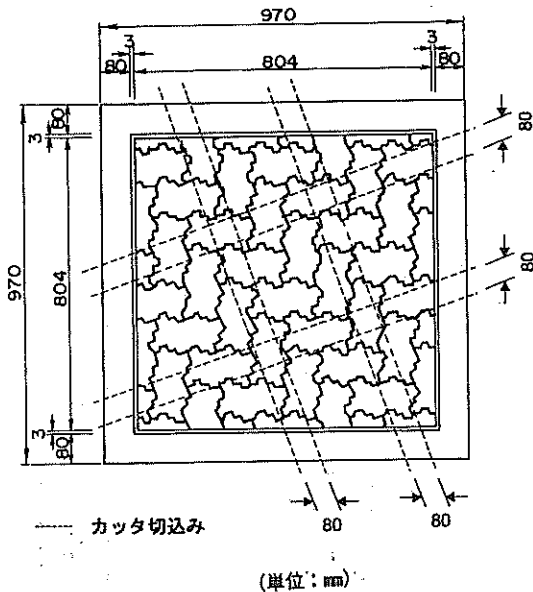


図-16 引抜き試験用ILB供試体

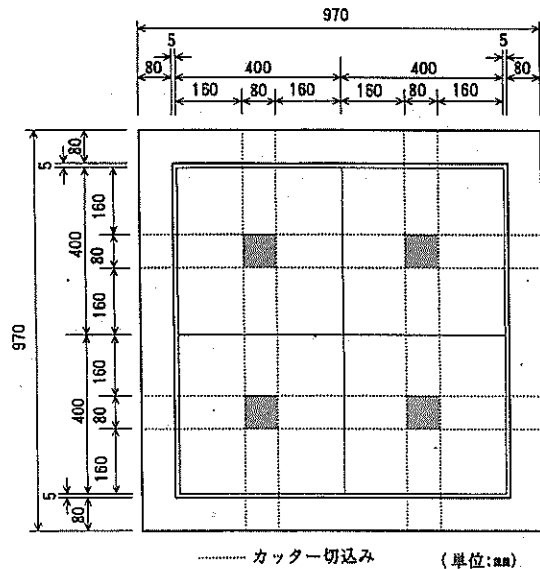


図-17 引抜き試験用擬石平板・自然石供試体

\*付着強度 (kgf/cm<sup>2</sup>) =  $F/A$ 、  
 $F$  : 最大荷重 (kgf)、 $A$  : 付着面積 (cm<sup>2</sup>)

然石のような400mm×400mmと比較的寸法の大きい化粧材は、ILBに比べて接着力が小さいことがわかる。ILBの場合にはモルタルの材質による違いが明らかではないが、化粧材においてはB工法（バサモル使用）が若干有利となるような結果が得られた。ペーストならびにモルタルに混和材入りのものを用いても、付着強度にはあまり変化がみられないようである（C、D工法）。

表-5 化粧材の付着強度

化粧材	貼付け工法			
	A	B	C	D
ILB	16.9	8.9	-	-
	5.4	6.9	-	-
	14.2	19.4	-	-
	20.0	18.0	-	-
擬石平板	-	2.2	1.7	0.2
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
自然石	-	2.10	-	-
	-	5.16	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-

(単位：kgf/cm<sup>2</sup>)

表-6 アスファルトコンクリート層の現場付着強度

上層/下層	接着強度 (kgf/cm <sup>2</sup> )
密粒度 AC/粗粒度 AC	7.4
密粒度 AC/半たわみ	4.8, 4.9
粗粒度 AC/半たわみ	5.3
半たわみ/AS 安定処理	4.3~5.0

注) AC：アスファルトコンクリート  
AS：アスファルト

表-7 港湾エプロン用試験舗装の構造

断面	表層		中間層		上層路盤		下層路盤	
	材料	厚さ (cm)	材料	厚さ (cm)	材料	厚さ (cm)	材料	厚さ (cm)
1	コンクリート	20	-	-	-	-	-	20
2	ILB	8	砂	2	コンクリート	12	クラッシュラン	18
3						16		14
4						20		10
5						16		13
6	擬石平板	6	特殊モルタル	3	11	20		
7	自然石	6			11	20		
8					14	17		

ここで得られた化粧材とコンクリート版の付着強度について、他の材料の場合と比較しよう。一般に付着性が良好であると考えられている、アスファルトコンクリート同士、あるいは半たわみ性材料とアスファルトコンクリートとの付着強度（建研式引抜き試験機による）を表-6に示した<sup>19)</sup>。これは実施工において得られた結果であり、最低でも4.3kgf/cm<sup>2</sup>の強度が確保されていることがわかる。今回得られた化粧材とコンクリート版の付着強度はこのアスファルト舗装のものに比べて小さく、化粧材の接着力については懸念される結果となっている。

#### 4. 港湾舗装に関する試験施工

インターロッキングブロック（ILB）舗装ならびに化粧材舗装の港湾エプロンへの適用性について試験舗装により検討した。ここでは、ILB舗装、化粧材舗装とも、設計法としてコンクリート舗装のものが適用できるかどうかといった点に着目した。

##### 4.1 試験舗装の計画

###### (1) 舗装構造

ブロック舗装の港湾エプロン舗装としての適用性を検証するため、表-7に示すような試験舗装を計画した。ここでは、設計荷重を表-1に示したBP<sub>1</sub>としたので、支持力係数K<sub>90</sub>が20kgf/cm<sup>2</sup>の路盤上に20cm厚のコンクリート版を設ける構造が標準である。断面1がこれに相当する。断面2~4はコンクリート版上に敷砂層を敷設してからILBを施工するという通常のILB舗装であるのに対して、断面5~8はコンクリート版に化粧材を貼り付ける形式の化粧材舗装である。なお、全ての断面で路盤支持力係数は20kgf/cm<sup>2</sup>である。

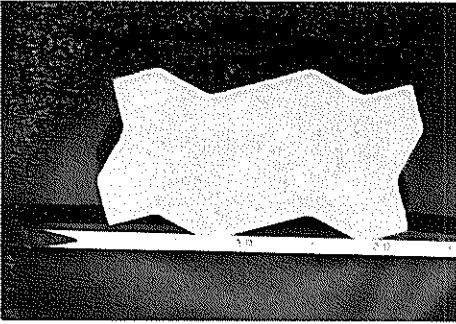


写真 1 ILB

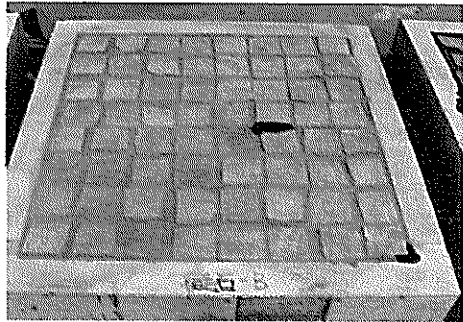


写真 5 引抜き試験用供試体

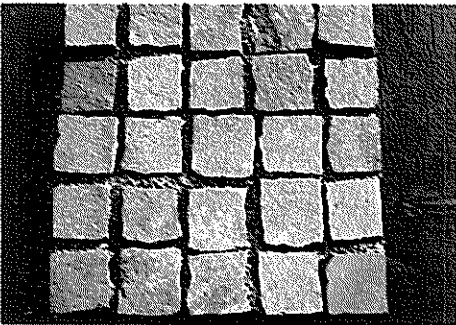


写真 2 擬石平板



写真 6 モルタルの敷均し

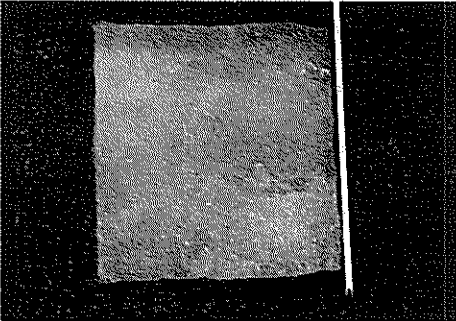


写真 3 自然石



写真 7 ペーストの塗布

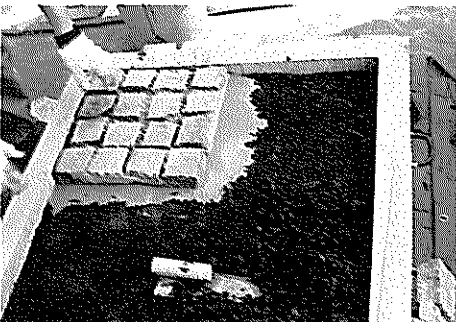


写真 4 化粧材の接着状況



写真 8 化粧材の接着





写真 9 流しモルタルの充填状況



写真 13 砂の目地詰め状況

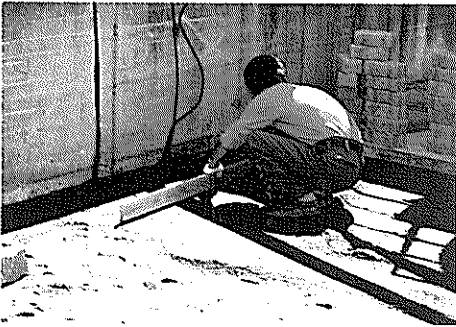


写真 10 敷砂均し作業の状況

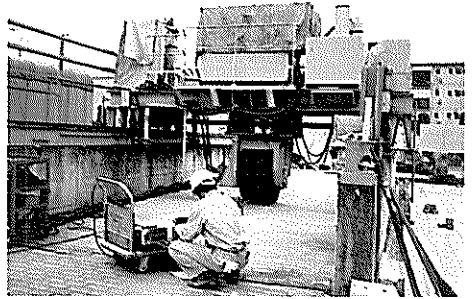


写真 14 走行載荷試験の状況



写真 11 ILBの敷並べ状況



写真 15 擬石平板の目地の破損

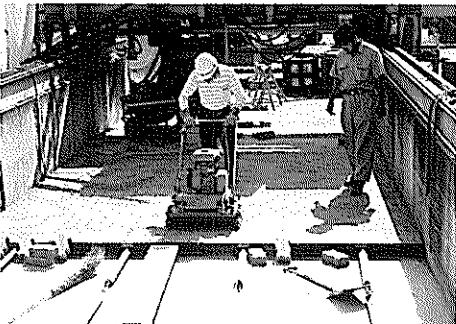


写真 12 ILBの転圧状況



写真 16 自然石の目地の破損

ILB, 擬石平板, 自然石は, いずれも3.で述べた室内試験で用いた材料と同一のものであり, ILBの寸法は $222 \times 110 \times 80$ , 擬石平板と自然石は $400 \times 400 \times 60$ である(縦 $\times$ 横 $\times$ 厚さ(mm)). ILB舗装では敷砂層厚を20mmとしており, 化粧材舗装におけるモルタル厚は30mmとしている。なお, 路床の仕上がり面が同一高さとなるように, 各断面ではクラッシュラン層の厚さを調整している。

ILB舗装については, ILBの構造的価値を3とおりに変えた構造を考えた。この試験舗装では, 上記のように, ILB舗装の構造設計法としてコンクリート舗装のものが適用可能かどうかという点に着目して試験舗装を立案した。断面2~4では, ILBのコンクリート版に対する構造的相対価値を, それぞれ, 1.0, 0.5, 0としている。すなわち, 断面2~4では, それぞれ, 8 (ILB)+12 (コンクリート), 4 (ILB)+16 (コンクリート), 0 (ILB)+20 (コンクリート) と, 合計厚はいずれも20cmとなっている。なお, いずれの断面においても, 敷砂層につい

ては構造に寄与しないものとみなしている。

自然石を用いた化粧材舗装では, 断面7がモルタルの構造的価値を考慮に入れて, 化粧材, モルタル, コンクリート版の合計厚が200mmとなっているのに対し, 断面8はモルタルを除いた化粧材とコンクリート版の合計厚が200mmとなっている。すなわち, 前者においてはモルタルに対しても構造的価値を見込んでいる。擬石平板を用いた断面6はモルタル層の効果を期待しているので, 断面7と同一の舗装構成になっている。さらに, ILBを化粧材として用いた断面5は, 断面3のILB舗装と同様に, ILBの価値を半分に割り引いて考えている。

(2) 施工

試験舗装は, 幅4m, 長さ10m, 深さ1.4mの土槽内に施工した。各断面の広さは幅4m, 長さ2mとし, 2回に分けて試験舗装を製作した(土槽の両端1mずつは使用しない)。具体的には, まず, 断面1と6~8を, 次に断面2~5を製作した(図-18)。断面の間は区切ることを原

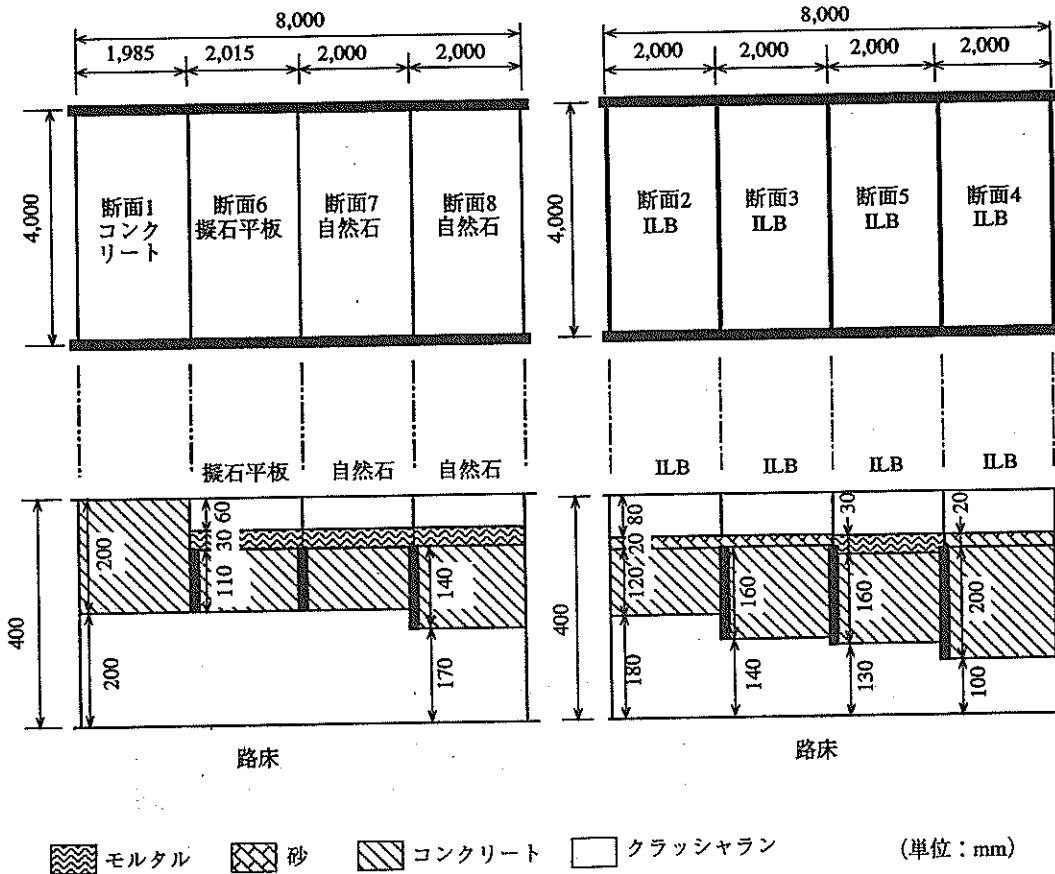


図-18 試験舗装の断面

則とし、コンクリート版は30mm厚の木板により、モルタル層は薄いブリキ板により区切った。なお、路床厚は1mとした。

土槽にはまず路床を構築した。路床に用いた材料は修正CBRが33%の山砂であり、1層仕上がり厚が20cmとなるように、振動ローラ等を用いて締固めた。路床上面で得られた現場CBRは26.6% (3点の平均) であった。また、直径30cmの平板による支持力係数 $K_{30}$ は15.8  $\text{kgf/cm}^3$ であった。

下層路盤には、修正CBRが118%のクラッシュラン(C-40)を用いた。第1回目の施工においては、2層に分けて路盤の転圧を行った。すなわち、まず全体を17cm厚で転圧してから、断面1, 6, 7についてのみ20cm厚となるように仕上げた。路盤上面では20.5 $\text{kgf/cm}^3$ の $K_{30}$ が得られている。

また、断面2~5を対象とした第2回目の施工では、1回目で施工された化粧材、コンクリート版ならびに路盤(上面から深さ10cm程度まで)を撤去した後、路盤を再修正した。この場合は、路盤厚が各区画で異なるため、施工は4層に分けて実施している。施工方法は1回目のものと同様であり、路盤上面での $K_{30}$ は24.2 $\text{kgf/cm}^3$ であった。

コンクリートとして表-8のような配合のものを用いた。施工においては、材料分離がないように注意して均

一に敷き均した後、十分に締固めた。表-9には施工管理試験結果を示す(表中には5,000回走行終了時のデータも示してある)。

化粧材の施工(断面5のILBも含む)にあたっては3、で示した室内試験の結果を反映させた。まず、コンクリート版を十分に水湿した後、バサメルを均一に敷き均した。そして、混和材入りセメントペーストを塗布して、まだ硬まらないうちに化粧材を置き、プラスチックハンマーでたたくことにより、高さを調整しながらモルタルに密着させた(写真-6、写真-7、写真-8)。擬石平板と自然石の場合には目地に流しモルタルを充填した(写真-9)が、ILBを用いた断面5では後述のILB舗装の敷砂層に用いた砂を水締め工法\*により充填した。

ILB舗装である断面2~4では、敷砂層としてコンクリート版上にまず砂を均一に敷き均した後、プレートコンパクタを用いて転圧した(写真-10)。この砂としては、シルト・粘土分の少ない(0.075mmふるい通過分5%以下)良質の粗砂を用いている。そして、ILBをヘリンボンボンド方式により敷設し(写真-11)、その上からコンパクタにより転圧した(写真-12)。目地には敷砂層に用いたものと同じの砂を充填したが、その方法は砂をILB表面に均一に撒いてから、ほうきで掃くようにして砂を目地にすりこみ、コンパクタにより振動を加えるものである(写真-13)。

なお、荷重に対する舗装の挙動を観測するためにコンクリート版にはひずみ計を埋設してある。その位置は各区画の中心線上で中央点ならびに中央から50cmずらした点である。また、上下面からは、ともに30mm内部の点である。図-19には2回目の試験舗装におけるひずみ計の埋設位置を示した。

表-8 コンクリートの配合

項目	配合条件
呼び強度 ( $\text{kgf/cm}^2$ )	160
スランプ (cm)	6.5
粗骨材の最大寸法 (mm)	20
空気量 (%)	4

表-9 コンクリートの施工管理試験結果

回数	フレッシュコンクリート		硬化コンクリート				走行回数
	スランプ (cm)	空気量 (%)	曲げ強度 ( $\text{kgf/cm}^2$ )	圧縮強度 ( $\text{kgf/cm}^2$ )	ヤング係数 ( $\text{kgf/cm}^2$ )	ポアソン比	
1	7.5	4.5	52.4	413	$2.80 \times 10^5$	0.155	0
			56.5	420	$2.82 \times 10^5$	0.157	5000
2	7.0	4.0	57.0	423	$2.75 \times 10^5$	0.159	0
			57.8	427	$2.78 \times 10^5$	0.150	5000

\* 散水しながら転圧する工法

ブロック舗装の港湾・空港舗装への適用性

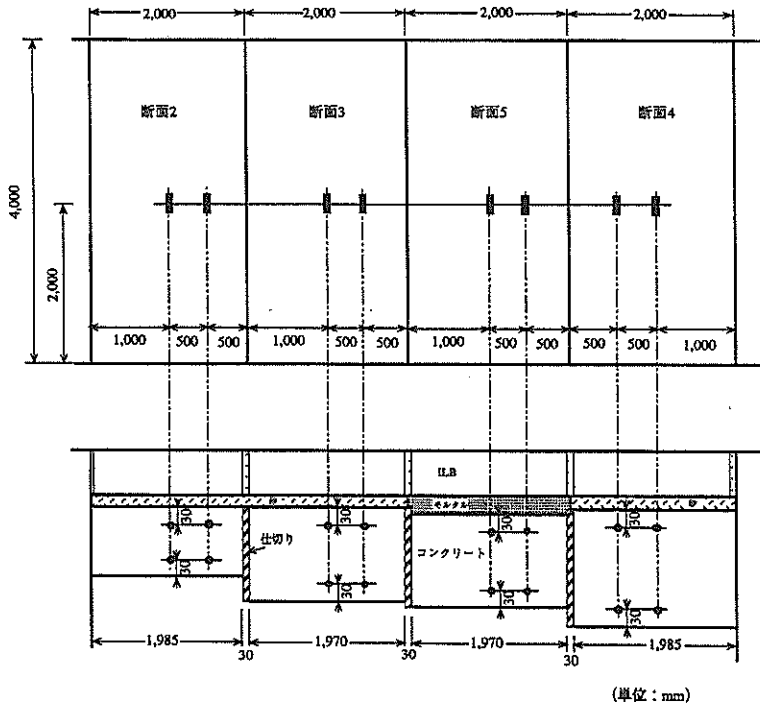


図-19 ひずみ計埋設位置

(3) 載荷試験

上記の試験舗装に対して、大型貨物自動車用タイヤ(複輪, 5tf輪荷重)を10,000回まで繰返して走行させた。タイヤのサイズは10.00-20-14PRで、空気圧は7 kgf/cm<sup>2</sup>である。走行開始前、ならびに走行回数1,000, 3,000, 5,000, 10,000回の時点で以下に示す調査を行った。写真-14には載荷装置を示す。

a) 静的載荷試験

5tf輪荷重が加わった場合の舗装の応答として、たわみとコンクリート版ひずみを測定した。たわみの測定にはベンケルマンビームによる方法\*を用いて、5tf増分に対応するものを測定した<sup>13)</sup>。コンクリート版のひずみは、ひずみ計を埋設した位置に片方の車輪が載るように置き、荷重を2tfから5tfに増加させたときのものを測定した。なお、走行10,000回終了時には最大荷重を7tfと

して試験を実施した。このほか、ILB舗装(断面2~4)とILBを用いた化粧材舗装(断面5)では、走行試験終了後に、FWDによるたわみ測定も実施した。これは、10tf荷重を標準とし、各断面の車輪通過部と非通過部でそれぞれ3点ずつ実施した。また、車輪通過部については15tfの荷重でも実施した。

b) 路面性状調査

路面性状としては、横断形状の変化とブロックの破損状況について調査した。また、化粧材舗装については走行試験終了時に化粧材とコンクリート版の付着強度についても調べた。

横断形状は各段面につき測定位置を2箇所定めて、4mプロフィロメータを用いて測定し<sup>13)</sup>、10cm間隔でデータ整理した。ブロックの破損状況については、ブロックのひび割れ、角欠けや剥離に注目して、目視により観察した。ブロックの付着試験は、室内試験と同様に建研式引抜き試験機を用いて、車輪通過部と非通過部で実施した。

4.2 載荷試験の結果

(1) ベンケルマンビームたわみ

\*長さ2mの鋼製ビーム(ベンケルマンビーム)の先端を測定地点においた複輪タイヤの間に差し込み、測定地点から十分離れるまでタイヤを移動させることによって生ずる復元たわみを測定する方法。

図-20, 図-21には、それぞれ、ILB舗装、化粧材舗装の場合のたわみをまとめてある。これは、ベンケルマンビームにより測定された荷重5tfに対するものである。基準舗装である断面1のデータと比較すると、ILB舗装、化粧材舗装ともたわみは大きくなっていることがわかる。

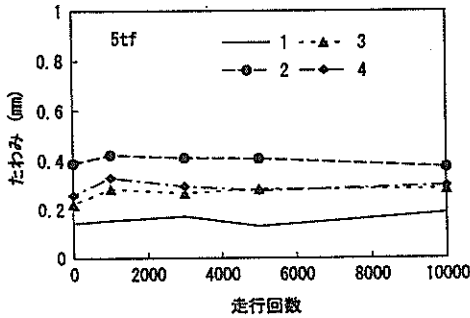


図-20 ILB舗装のたわみ

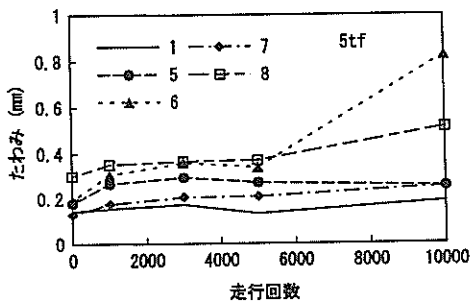


図-21 化粧材舗装のたわみ

ILB舗装では、コンクリート版厚が基準舗装と同一である断面4においても、たわみは基準舗装の場合よりも大きくなっていることがわかる。また、コンクリート版が12cmと最も薄い断面2でたわみが最大となっていることから、コンクリート版を薄くすることによりたわみは増加することがわかる。

化粧材舗装では、断面7（自然石）と断面5（ILB）のたわみが比較的小さいこと、断面6（擬石平板）のたわみが走行荷荷につれて増加していることがわかる。また、断面7, 8を比較すると、コンクリート版厚の違いがたわみに反映されていないこともわかる。

たわみの実測値をWestergaardの中央荷荷公式による計算値と比較したものが図-22, 図-23である。この計算はコンクリート版より上層部分を考慮せずに、すなわち、ブロック層とモルタル・敷砂層を無視して実施し

ている。全体的には実測値と計算値は符合するものの、走行荷荷終了後には実測値のほうが大きくなるのがわかる。後述するように、コンクリート版には走行荷荷の影響がみられないことから、走行により敷砂層も含めたILB層に何らかの問題の生じたことが推測される。また、化粧材舗装では、断面6, 7のデータにみられるように走行荷荷前は接着性が十分で、化粧材が貼付けられたことによりコンクリート版が厚くなったものとして挙動していることがわかる。走行荷荷終了後のデータを見ると、断面6では計算値の2倍程度にまで増加していることから、走行荷荷によって化粧材がコンクリート版から剥離している恐れがあるものと推測される。

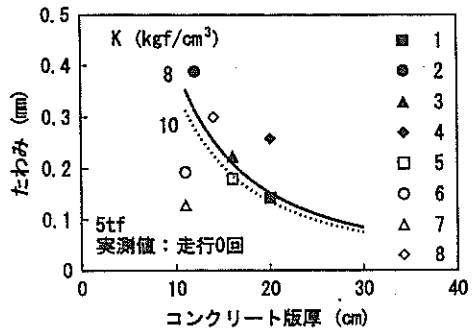


図-22 ILB舗装たわみの計算値との比較

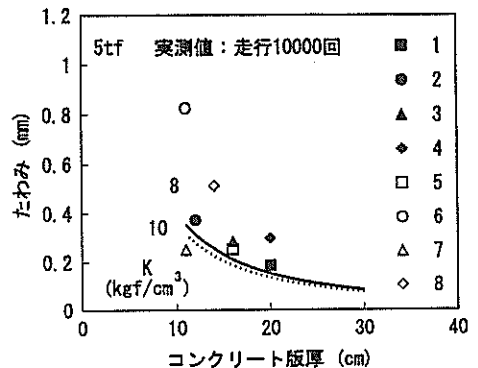


図-23 化粧材舗装たわみの計算値との比較

(2) コンクリート版ひずみ

荷重に対するコンクリート版ひずみについて、上面の場合を図-24に、下面の場合を図-25に示してある（走行荷荷前）。ひずみの値は、ILB舗装である断面2~4と、化粧材舗装である断面5~8の二つに分けられ、絶対値で

みると前者のほうが大きくなっている。このことから、ブロックを貼り付けるほうがひずみの点からは有利になるものと思われる。これは、ブロックの形状が同一である断面2~5(ILB)を比較すると、貼付方式の断面5の値(絶対値)が最も小さいことからわかる。

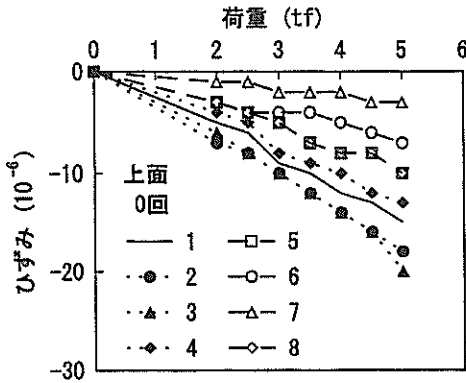


図-24 コンクリート版上面ひずみ

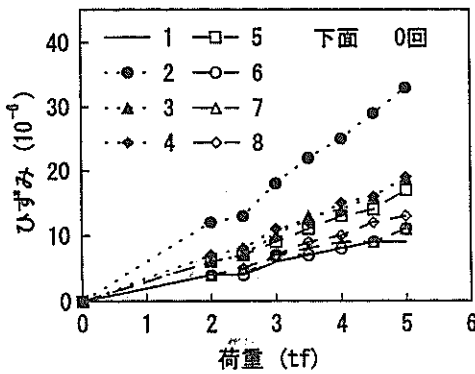


図-25 コンクリート版下面ひずみ

化粧材舗装ではブロックの寸法がひずみの値に影響を及ぼし、寸法の小さなブロックを用いた断面5が他の場合よりも大きなひずみ(絶対値)を示している。また、コンクリート版厚が異なる断面7, 8のひずみには、厚さの違いの影響ははっきりとはみられない。

ILB舗装の場合は、コンクリート版の厚さが影響を及ぼし、コンクリート版が最も厚い断面4が他に比べて小さなひずみを示すこと、最も薄い断面2のものが大きいことがわかる。

10,000回の走行載荷終了後の荷重とひずみの関係について図-26, 図-27に示した。全体的な傾向は走行載荷

試験前と変わらないが、断面6, 7についてはひずみ(絶対値)が非常に小さいことがわかる。断面6については、図-21に示したたわみにおいても増加する傾向がみられたことと対応しているものと思われる。

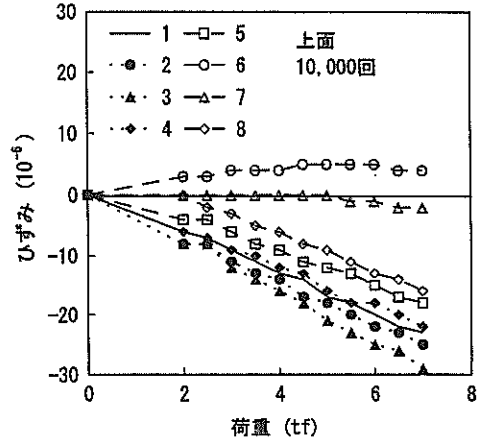


図-26 走行載荷後の版上面ひずみ

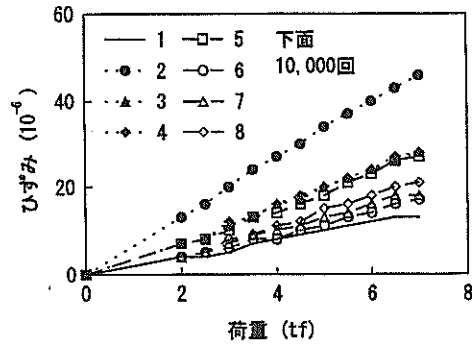


図-27 走行載荷後の版下面ひずみ

走行載荷試験中のひずみの変化については、図-28, 図-29に示した(それぞれ、上面、下面)。断面6, 7の上面のデータを除けば、繰返し走行載荷によるひずみの変化はほとんど認められない。

図-30, 図-31にはWestergaardの中央載荷公式により計算したひずみとの対比結果を示している。前掲のたわみの場合と同様に、この計算ではコンクリート版より上方のブロック等は考慮していない。いずれの断面においても実測値が計算値より小さいことから、ブロック層が構造上寄与していることは明らかである。この点は、図-22, 図-23に示したたわみにおいて、コンクリート版より上方のブロック層等が原因で実測値が計算値より

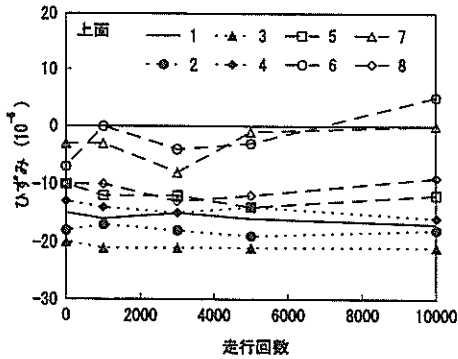


図-28 走行載荷にともなう版上面ひずみの変化

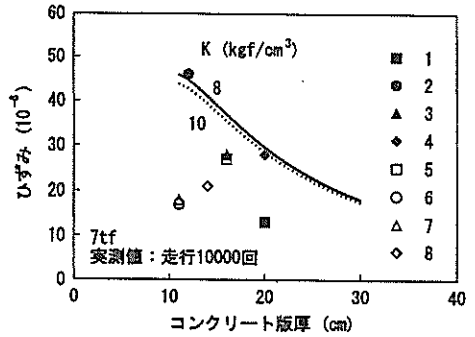


図-31 走行載荷後のひずみの実測値と計算値

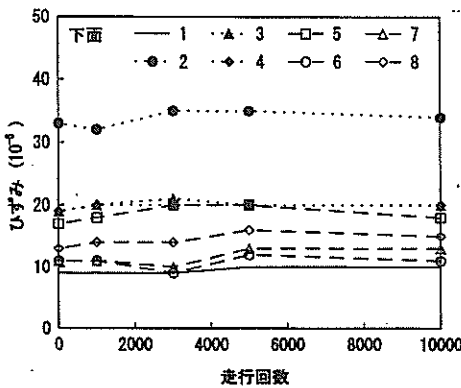


図-29 走行載荷にともなう版下面ひずみの変化

大きくなる場合のあることと対照的である。舗装形式の違いについてみれば、ILB舗装に比べて化粧材舗装のほうが実測値が小さいことから、貼付け工法がコンクリート版にとって有利となることがわかる。

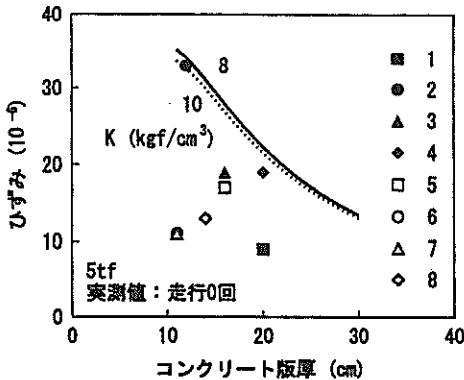


図-30 走行載荷前のひずみの実測値と計算値

(3) わだちばれ

走行載荷による舗装表面の累積塑性変位はILB舗装だけに生じている。図-32、図-33、図-34には断面2~4の場合の横断形状を示してある(2測線の平均値)、コンクリート版の最も厚い断面4で累積変位量が最小になっており、版厚の効果が顕著に現れている。

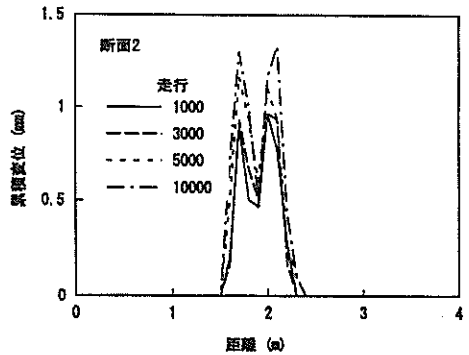


図-32 断面2における累積塑性変位

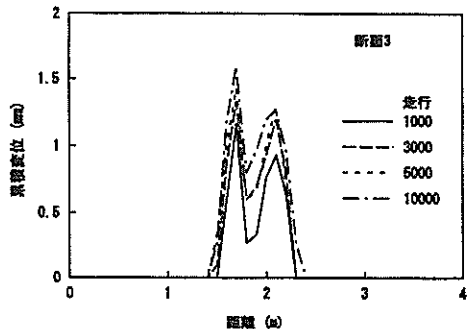


図-33 断面3における累積塑性変位

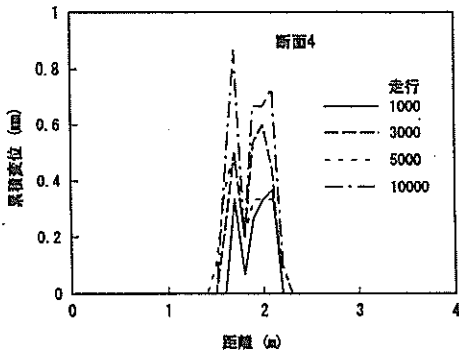


図-34 断面4における累積塑性変位

わだちぼれ\*の走行回数にともなう変化については図-35に示した。各断面とも、走行試験開始直後にわだちぼれは急増するものの、その後は落ちつくという傾向がみられる。断面ごとのわだちぼれからは、わだちぼれの大きさは図-20に示した弾性たわみ量と相関があるが、走行回数に対するわだちぼれの増加割合では断面による違いはあまりない。

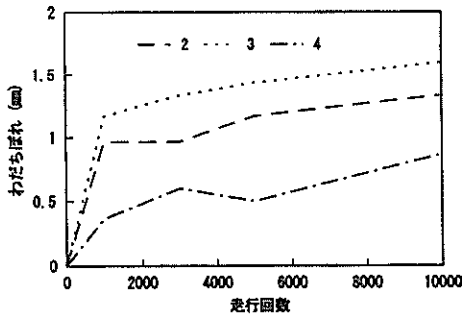


図-35 走行回数にともなうわだちぼれの変化

(4) ブロックの破損

擬石平板と自然石を用いた第1回目の試験舗装では、10,000回の走行載荷終了時に目地部、ならびに目地モルタルと化粧材との境界面にひび割れが発生したものの、化粧材が剥離するまでには至らなかった(写真-15, 写真-16)。第2回目の試験舗装であるILB舗装 (ILBを用いた化粧材舗装も含む) では、ILBの割れや角欠けといった現象はみられなかった。

\*非走行位置と走行位置の累積塑性変位量の差

(5) ブロックの付着強度

10,000回の走行載荷試験終了後に実施した化粧材の現場引抜き試験結果を表-10に示した。車輪非通過部のデータをみれば、ILBを用いた断面5を除いて室内試験で得られた値にほぼ近いものが得られている。

走行載荷の影響をみると、化粧材の種類によらず、車輪非通過部よりも通過部のほうで付着強度が小さくなっていることから、走行載荷により化粧材が剥離しやすくなったものと考えられる。ただし、化粧材の違いが付着強度に及ぼす影響は、表-5に示した室内試験結果とは異なり、あまり明確とはなっていない。

表-10 化粧材の現場付着強度

断面	化粧材	走行部	非走行部
5	ILB	1.64	1.81
		-	1.82
6	擬石平板	-	2.41
		-	3.69
		-	-
7	自然石	-	0.41
		-	1.44
		-	-
8	自然石	-	-
		-	-
		-	-

(単位: kgf/cm<sup>2</sup>)

(6) FWDたわみ

10,000回の走行載荷終了後に断面2~5で実施したFWDによるたわみ測定結果として、車輪通過部、非通過部の最大たわみを図-36、図-37に示した(各断面3箇所)。敷砂を用いたILB舗装(断面2~4)については、コンクリート版の厚さの影響が明らかにみられ、厚いものほどたわみが小さくなっている。また、貼付型の断面5については、それよりコンクリート版が4cm厚くなっている敷砂型の断面4と同程度のたわみを示していることがわかる。

走行載荷が最大たわみに及ぼす影響については図-38に示した(各断面とも4測点での平均値)。いずれも、車輪非通過部よりも通過部のたわみが大きくなっており、走行載荷の影響が認められる。たわみ量に対する変化量の比率をみると、貼付型の断面5では特に両者の差が大きくなっている。



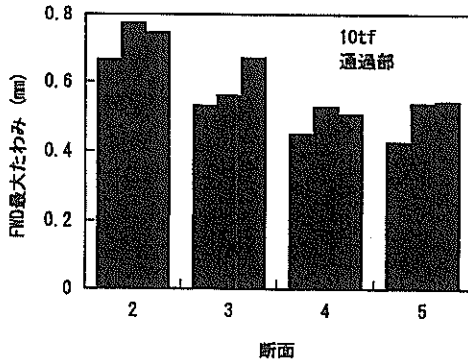


図-36 車輪通過部のFWD最大たわみ

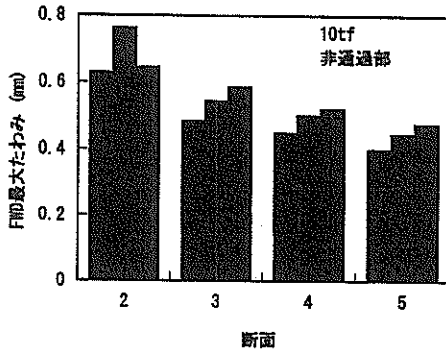


図-37 車輪非通過部のFWD最大たわみ

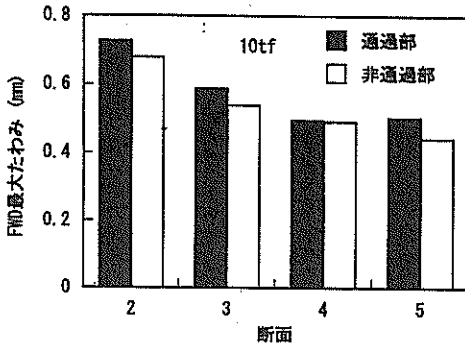


図-38 走行載荷の有無によるたわみの違い

このFWD最大たわみについても、計算値との比較を行った(図-39, 図-40)。計算方法としては、上記と同様に、ILBと敷砂を考慮せずに、Westergaardの中央載荷公式を用いている。この場合も実測値は計算値よりも大きいことから、たわみの点からみるとブロックの施工が不利になることがわかる。各断面のデータを比較

すると、ILB舗装ではコンクリート版の厚いほうがたわみも小さくなっていること、貼付け型のほうがたわみに関しては有利となることがわかる。

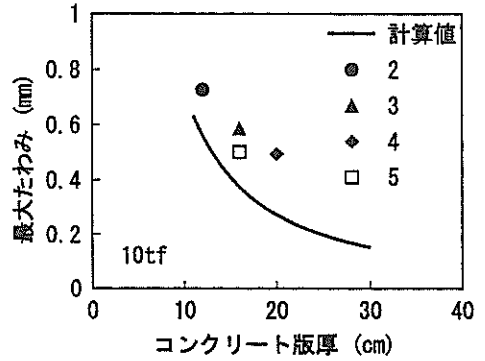


図-39 FWDたわみの実測値と計算値(10tf)

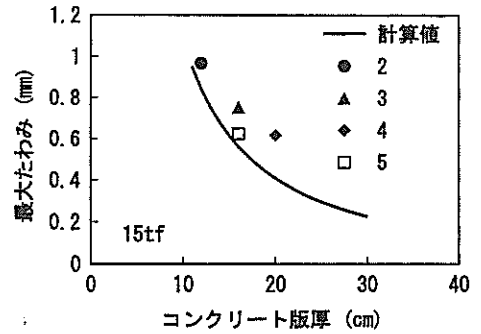


図-40 FWDたわみの実測値と計算値(15tf)

## 5. 港湾・空港におけるブロック舗装の調査

インターロッキングブロック (ILB) 舗装ならびに化粧材舗装の港湾・空港への適用性について、上記の試験施工のほかに、港湾・空港区域で実施された試験舗装の挙動についても調査した。これらの舗装は、一部を除き、その設計法としてアスファルト舗装のものの適用性に着目している。

### 5.1 コンテナヤード舗装

コンテナヤードを対象にした試験舗装上でFWDによるたわみ測定を実施した。舗装の種類は、ILB舗装とアスファルト舗装で、それらの断面は図-41, 図-42に示すとおりである<sup>10)</sup>。両舗装とも、路床条件ならびに路盤構成は同一である。すなわち、上層路盤にはリーンコン

クリート（貧配合コンクリート）を用いて、荷重分散効果を高めた構造となっており、下層路盤には粒度調整碎石を用いている。表層であるILBと敷砂層の合計厚はアスファルト舗装の表・基層厚と同じになっている。

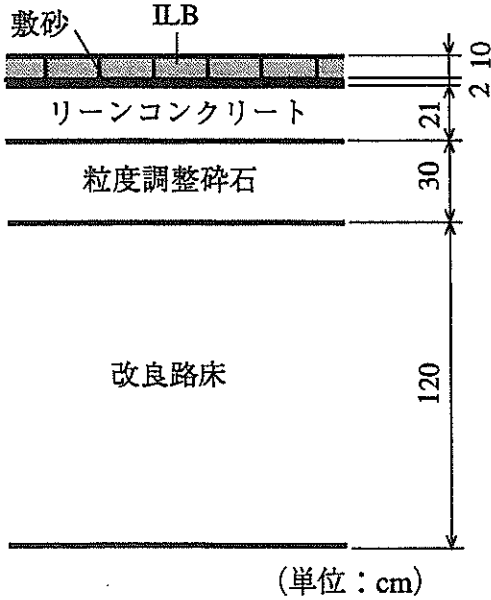


図-41 コンテナヤード用ILB舗装

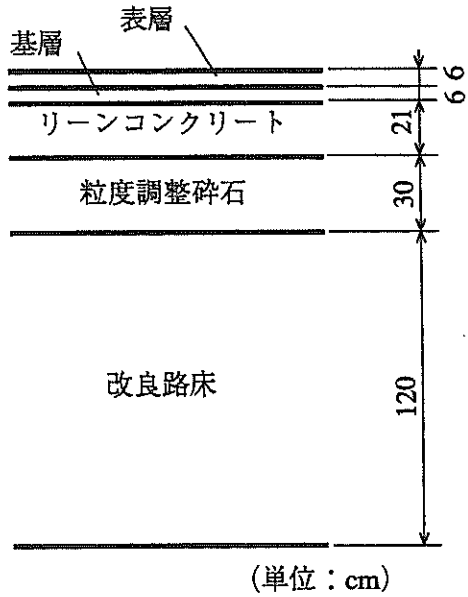


図-42 コンテナヤード用アスファルト舗装

試験舗装は、その平面図を図-43に示すとおり、193 m×38.7mの広さを有している。収縮目地は10mあるいは5m間隔で設けられている（この図の上部の直線部分が10m間隔）。膨張目地は直線部のほぼ中間点（工区境に相当）に位置している。いずれも鉄筋等は使用しない目地構造である。

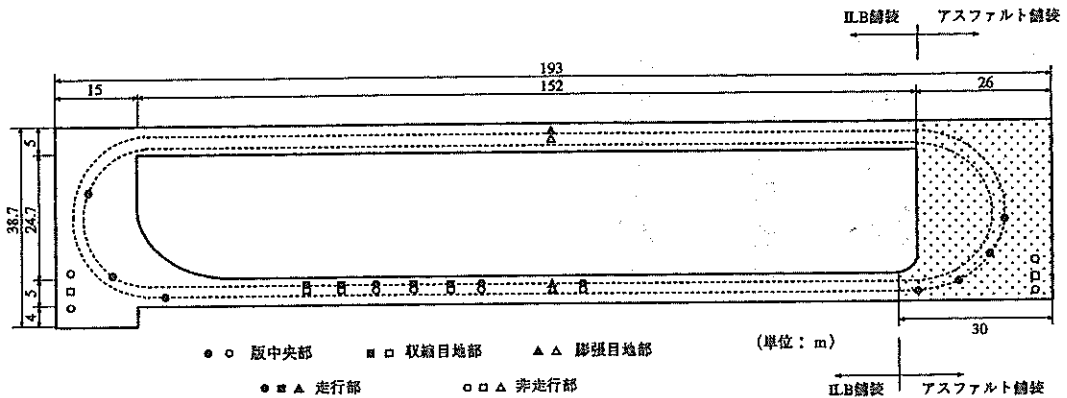


図-43 コンテナヤード舗装の平面図

この舗装に対して、輪荷重14.6tfのダンプトラックを22,000回繰返して走行させている。走行載荷試験終了後、車輪通過部と非通過部においてFWDを用いたたわみ測定を実施した。測定箇所はリーコンクリート路盤の版中央部と目地部（収縮目地部と膨張目地部）である。FWDの荷重としては、10tfならびに15tfの2種類とした。

図-44、図-45にはそれぞれ、荷重が10tf、15tfの場合のILB舗装におけるFWD最大たわみを示している。リーコンクリート路盤の収縮目地部と版中央部との差はほとんどないが、膨張目地では車輪通過部、非通過部とも大きな値が得られた。これは、膨張目地では目地板が挿入されているだけであるので、目地を横切っての荷重伝達が十分にはなされないためであろうと推察される。

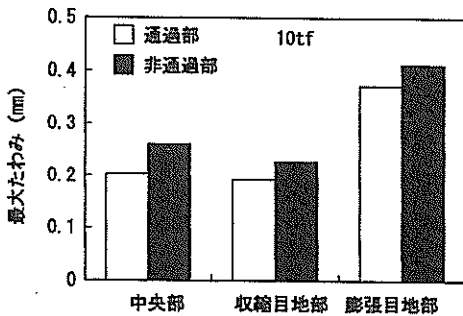


図-44 FWDたわみ(10tf)

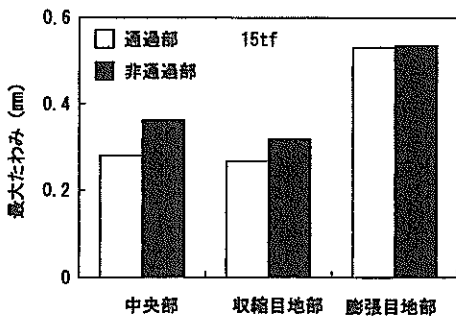


図-45 FWDたわみ(15tf)

ILB舗装とアスファルト舗装のたわみについては図-46、図-47に対比してある（それぞれ、荷重が10tf、15tf）。ここで示した版中央部と収縮目地部でのデータからは、アスファルト舗装に比べてILB舗装で若干大きなたわみが得られていることがわかる。

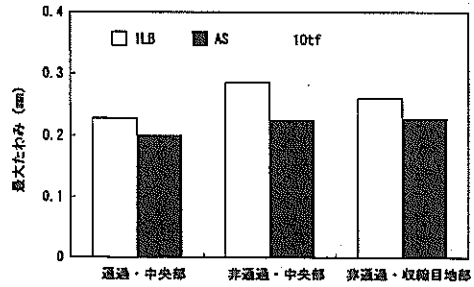


図-46 舗装種別によるFWDたわみの違い(10tf)

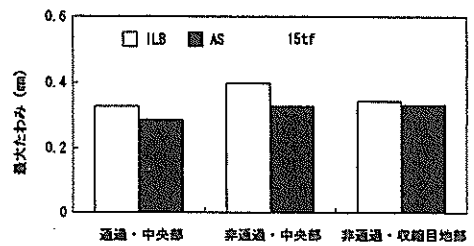


図-47 舗装種別によるFWDたわみの違い(15tf)

## 5.2 空港舗装

空港舗装を対象として、2種類の舗装の試験施工が行われた<sup>17), 18)</sup>。一つは、航空機荷重を対象にした場合、もう一つはGSE<sup>\*</sup>荷重を対象にした場合である。

### (1) 航空機荷重対象

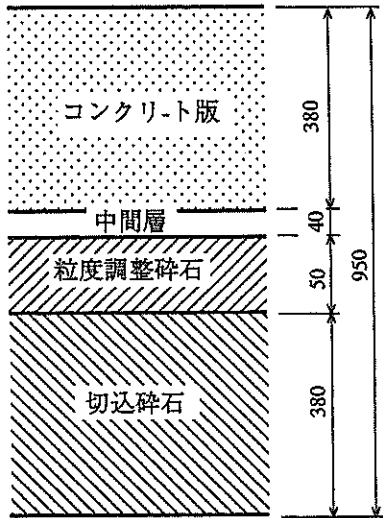
航空機荷重を対象とした試験舗装は、コンクリート舗装の補修工法を開発する過程で実施されたので、通常空港用無筋コンクリート舗装上にILBを施工した構造となっている。コンクリート舗装の断面は図-48に示すとおりで、7kgf/cm<sup>3</sup>の支持力係数を有する粒度調整砕石路盤上に4cm厚のアスファルト中間層を介して38cm厚のコンクリート版が舗設された構造となっている。

このコンクリート舗装上に図-49に示すように3種類のブロック舗装が施工されている。断面A、Bはモルタルを用いた貼付け型、断面Cは敷砂を用いた敷並べ型である。各断面のILBの厚さは30mmであるが、断面B、Cについては、設計対象が航空機であることを考慮して、曲げ強度を100kgf/cm<sup>2</sup>とした強化型ブロックを使用

\*Ground Service Equipment の略。トーイングトラックや、航空機の運航に必要な各種物資の搬入・搬出用車両が含まれる。

ブロック舗装の港湾・空港舗装への適用性

し、断面Aについては曲げ強度が $50\text{kgf/cm}^2$ の通常型ブロックを使用している。ブロックの形状は長方形型と正方形型（縦×横が、それぞれ、 $225\text{mm}\times 111\text{mm}$ 、 $111\text{mm}\times 111\text{mm}$ ）で、後者は敷並べ型（断面C）に用いた。なお、貼付型のモルタル厚と敷並べ型の敷砂厚はいずれも $10\text{mm}$ である。以上に述べた施工方法は表-11のようにまとめられる。



(単位：mm)

図-48 空港用コンクリート舗装の断面図

図-50には横断形状を示してある（2測線のデータの平均値）。各断面とも $10\text{mm}$ を超えるようなわだちぼれは生じていないこと、走行載荷があってもわだちぼれはあまり進行しないことがわかる。また、図-51にはブロック間の段差をまとめてある。段差量については、断面による差はあまりみられず、また、走行載荷につれて進行する様子もみられない。

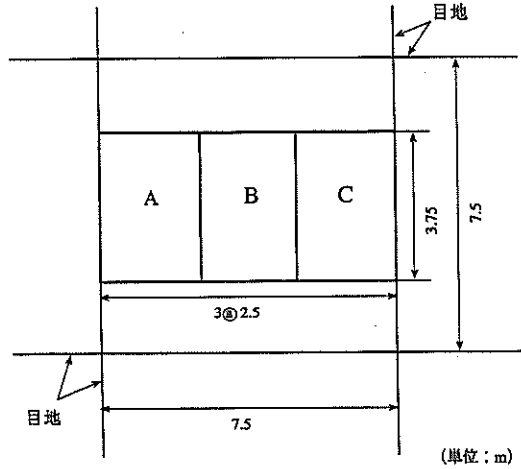


図-49 空港用コンクリート舗装の平面図

表-11 空港ブロック舗装の構成

断面	ブロック			敷設方法		
	形状	寸法 (mm, 縦×横×厚さ)	曲げ強度 ( $\text{kgf/cm}^2$ )	工法	モルタル / 砂	厚さ (mm)
A	長方形	$225\times 111\times 30$	50	貼付け	モルタル	10
B	長方形	$225\times 111\times 30$	100	貼付け	モルタル	10
C	正方形	$111\times 111\times 30$	100	敷並べ	砂	10

この舗装に対して、B-747型航空機の主脚と同一形式の車輪（4輪）を車体中央部に設けた原型走行荷重車（脚荷重 $82.5\text{tf}$ ）を $5,000$ 回走行させ、走行載荷にともなう路面性状ならびにたわみの変化について調査した。また、貼付け型の断面A、Bについては現場引抜き試験を実施して、ブロックとコンクリート版との付着強度を調べた。

ブロックの破損状況については図-52にまとめた。正方形ブロックを用いた断面Cでは、走行開始直後に舗装の端部でひび割れが発生した（ひび割れ率 $1.6\%$ ）ものの、それ以降の発生はみられない。これに対して、長方形ブロックを用いた断面A、Bでは、走行載荷の進行につれてブロックの破損数が増加している。破損率をみると、強化型ブロックを用いた断面Bのほうが大きいこと

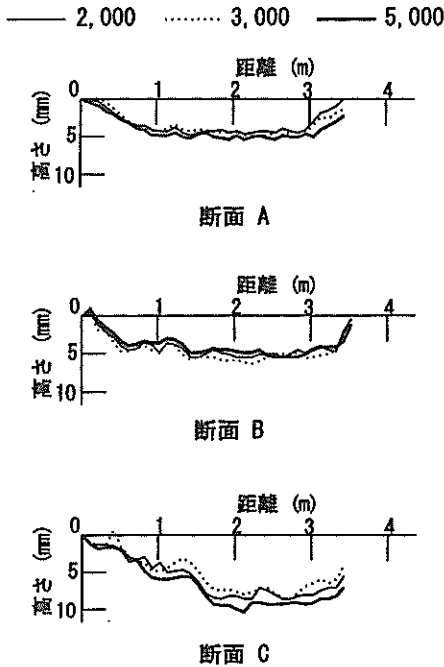


図-50 横断形状の比較図

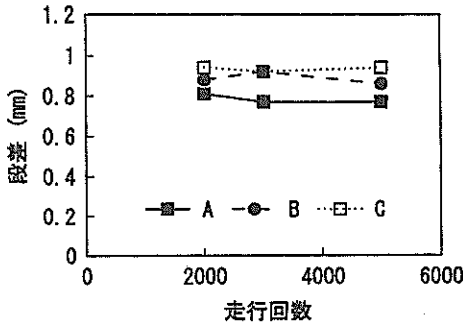


図-51 ブロック間の段差

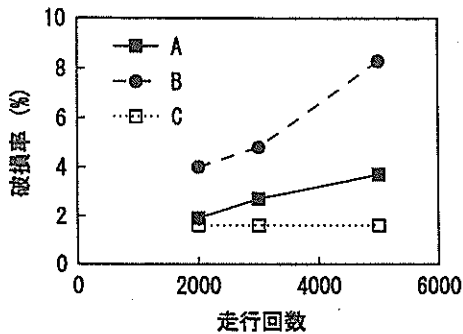


図-52 ブロックの破損率

から、ブロック自体の強化は破損を防止するという観点からはあまり重要ではないものと思われる。

表-12には現場引抜き試験で得られた付着強度を示している。断面Aよりは断面Bのほうが相対的には付着強度が大きいものの、3.で示したように、この程度の強度では剥離を防止するためには十分ではないものと思われる。

表-12 ブロックの現場付着強度

断面	A	B
強度 (kgf/cm <sup>2</sup> )	0.9	3.2
	0.3	0.7
	0.5	1.0

図-53にはFWD最大たわみを示してある。ブロック敷並べ型である断面Cは、貼付型の断面A、Bよりもたわみが大きいものの、走行載荷につれてたわみが増加するといった現象はみられない。また、断面A、Bについてもたわみが増加するようなことはない。この図には、4.で用いたものと同様の手法による計算値についても示してある。港湾エプロン試験舗装の場合と同様に、貼付け型では計算値よりも実測値が小さいこと、敷並べ型では実測値が大きいかほぼ等しくなっていることがわかる。

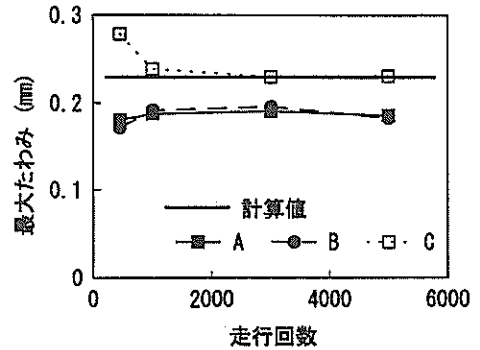


図-53 FWDたわみの比較

(2) GSE荷重対象

航空機よりも軽量のGSEを対象として、3区画からなる試験舗装が実施された。このうち、2区画ではILB舗装 (ILB-1, ILB-2と称す) が建設され、もう1区画にはこれらと対比するためにアスファルト舗装 (AC) が建設された。いずれも、路床の設計CBRが10%で、対象荷重がB-747型航空機用のトーイングトラクタ (輪荷

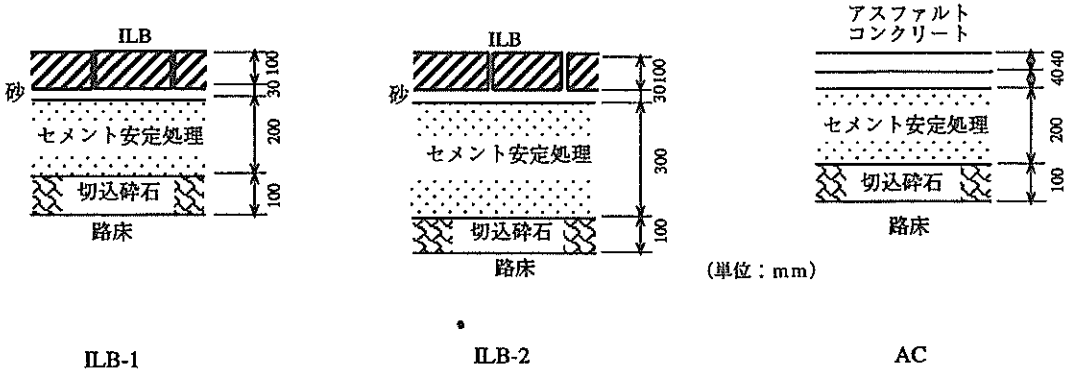


図-54 GSE用舗装の断面図

重12.3tf)、カバレッジが10,000回の設計条件で舗装構造が考えられている(図-54)。

アスファルト舗装は空港アスファルト舗装構造設計要領<sup>19)</sup>に従って断面が決定され、ILB舗装もこのアスファルト舗装の設計法を準用してその構造が決定された。ILB-1はILB層がアスファルト舗装の表・基層と構造的に等価であるとしているのに対して、ILB-2ではILB層の構造的価値を表・基層の1/2とみて上層路盤が増厚されている。用いられたブロックは幅100mm、長さ200mm、厚さ100mmの長方形型である。

これらの舗装に対して、輪荷重4.75tfのダンプトラックを5,000回走行させて、構造安定性について調査した。

図-55には、ILB-1とACについて、走行載荷前の舗装内土圧分布を示している(輪荷重が静的に載荷された場合の土圧)。この図から、ILB-1はACと同程度の荷重分散性能を有しているものと推察される。

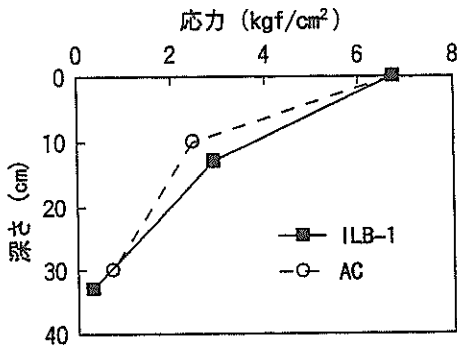


図-55 舗装内垂直応力分布

図-56には走行載荷前の各断面におけるたわみ(ダンプトラック走行時の動的たわみ)を示した。ILB-1、ILB-2はともにACより小さな値となっていることから、ここで用いたILB舗装はたわみからみると構造的にはアスファルト舗装よりも優れたものであることがわかる。

5,000回の走行載荷終了後の横断形状を走行開始前と比較したものが図-57である。わだちばれは、ILB舗装のほうがアスファルト舗装に比べて若干大きいようであるが、最大わだちばれ量を示したILB-1でも6mmと、空港舗装の補修基準<sup>19)</sup>に従えばあまり大きな問題とはならない程度であると判断される。

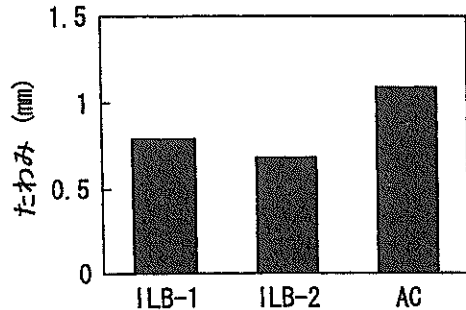


図-56 たわみの比較

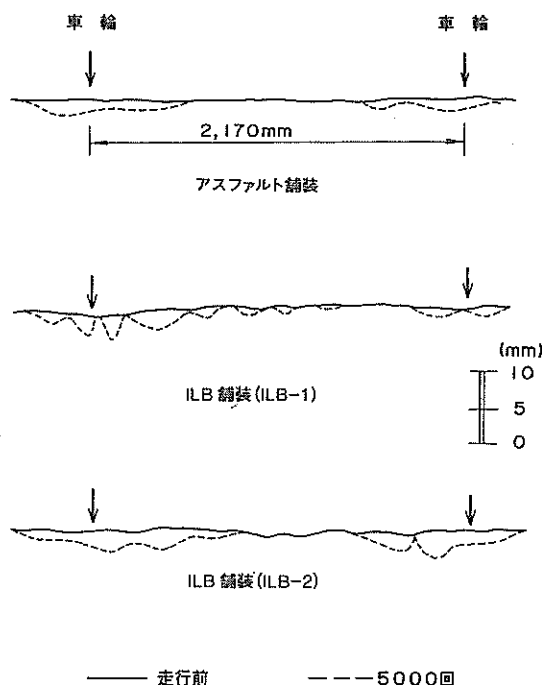


図-57 走行前後における横断形状の違い

## 6. ブロック舗装の設計方針

以上の試験結果で得られた知見から、ILB舗装と化粧材舗装についての設計方針を示すことにする。

### ① ILB舗装

ILB舗装では、ブロック層とコンクリート版とが接着していないため、その構造設計法としてはアスファルト舗装のものを準用することを基本に考えた。

この妥当性を確かめるために、港湾エプロン試験舗装においてコンクリート版厚が同一である断面(断面1,4)のたわみとコンクリート版のひずみを調べた。この断面は、ともにコンクリート版厚が20cmで、後者ではその上に3cmの敷砂層を介して80mm厚のブロックが敷設されている。そのため、後者のほうが舗装構造的には優れていると思われたが、たわみでは逆に増加する結果となった。しかし、コンクリート版厚が異なるILB舗装(断面2~4)のたわみをみると、たわみの値自体にはコンクリート版厚の違いが反映されており、厚いものほどたわみが小さくなっていることがわかった。

また、ILB層を敷設することによりコンクリート版のひずみ(絶対値)が減少することからも、ILBを敷設する効果のあることが認められる。それと同時に、ひずみ

にはコンクリート版厚の違いも反映されていることがわかった。しかし、化粧材舗装の場合に比べると、ILB層を施工することによるひずみの減少量は少なく、分離オーバーレイとして(2)式で計算するとILB層の値は非常に小さいものとなることから、ILB舗装をコンクリート舗装と考えることの利点はない。したがって、ILB舗装の設計法としては、ILB層に構造的価値を認めた上で、アスファルト舗装の構造設計法を用いることが妥当であろう。

次に、ILB層の構造的価値を明らかにするために、ILB舗装とアスファルト舗装の挙動を比較した。

まず、コンテナヤードを対象とした場合で、12cm厚の表・基層アスファルトコンクリートを有するアスファルト舗装ならびに100mm厚のILB層と2cm厚の敷砂層を用いたILB舗装のたわみをみると、後者のほうが若干大きな値が得られる結果となった。次に、空港のGSE通路を対象した場合で、100mm厚のILBを3cm厚の砂層上に敷設したILB舗装と10cm厚の表・基層アスファルトコンクリート層を設けたアスファルト舗装を比較すると、たわみでは前者のほうが小さいことが認められた。

路盤の応力・ひずみに関するデータが得られていないことから、たわみに着目して、ILB舗装の構造設計法としては、ILB層を表・基層用アスファルトコンクリートと等価とみなして、アスファルト舗装の構造設計法に準拠する方法を採用することを提案したい。ILBの厚さについては80mm以上としても荷重分散効果の増加はみられないとの指摘もあるが、アスファルト舗装で必要とされる表・基層と同じ厚さとするを原則とすればよい。しかし、この点について今回は詳しい検討をしていないので、諸事情を考慮して最も有利となるものを使用してもよからう。

このほか、ILB舗装では走行荷荷につれてわだちぼれの進行が顕著になり、5,000回の走行終了時には最大で6mm程度に達するまでになる例もみられた。ILB舗装の利点の一つはそのような箇所の補修が容易にできるという点である。しかし、補修をあまり行わないという前提に立つならば、走行条件の厳しい箇所に対してはILB舗装の適用性が小さいといわざるを得ない。

### ② 化粧材舗装

化粧材舗装について今回実施した一連の試験においては、化粧材層とコンクリート版との間の付着が確保できる、すなわち、両者は完全に一体化すると当初考えていた。そのため、設計法としては、化粧材層が構造的な価値を有する場合のコンクリート舗装のものに準拠する方法の採用を考えていた。

このような前提条件に立つと、化粧材層とコンクリート版との間に付着があるとした場合、ないとした場合の舗装構造については(2)式により計算できる。図-58には、化粧材厚を60mm、80mmとした場合の、付着の有無によるコンクリート路盤厚の違いについて示してある。付着型の路盤厚は全体から化粧材層の厚さを減じたものであるが、分離型では全体から1~2cmだけを減じた厚さとなる。したがって、分離型においては、化粧材層がコンクリート版1~2cmの構造的価値しかないこととなる。

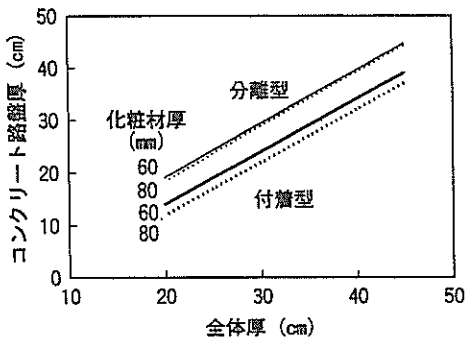


図-58 付着の有無によるコンクリート版厚の違い

このように、ブロック層とコンクリート版との間の付着程度によりコンクリート版厚は大きく影響を受けることになるので、付着状況について試験舗装のデータを次にみよう。

まず、港湾エプロンを対象とした試験舗装に対する繰返し走行試験の結果では化粧材の破損といった現象はみられなかった。また、空港における試験舗装でも剥離は生じなかったが、繰返し走行によりたわみは増加した。現場引抜き試験によるブロックの付着強度には走行履歴の影響がみられ、車輪通過位置の付着強度は低下した。さらに、ブロックとコンクリート版との間の付着強度は、アスファルト舗装の表・基層間の場合と比較して極端に小さいこともわかった。港湾ヤード対象の試験舗装における化粧材の施工方法は、室内試験の結果を受けて決定されたので、モルタルの改良といった手段だけでは付着強度を高めることは難しいものと思われる。さらに、この試験施工では熟練工が手作業によりていねいに化粧材を貼り付けたが、これは実際の施工条件とは異なっているとみなさざるを得ない。

以上のことから、化粧材舗装においては、化粧材層に

構造的価値を持たせることは難しいものと判断される。特に、交通荷重が繰返して走行する場合には化粧材がコンクリート版から剥離する恐れが強い。したがって、設計荷重に対する所要のコンクリート版厚をコンクリート舗装の構造設計法に従って決定し、そして化粧材を貼付けるといった方法を採用すべきであろう。

## 7. まとめ

寸法の小さいブロックを用いた舗装として、ILB舗装ならびに化粧材舗装の港湾・空港舗装への適用性について検証した。

ILB舗装についての知見は次のようにまとめられる。

- 1) ILBを敷設することにより路盤の応力・ひずみは減少するものの、たわみについては逆に増加する。
- 2) 繰返し走行荷重によりわだちぼれが生ずるものの、その大きさは補修が必要となる程度のものではない。走行荷重によるILB自体の破損はみられなかった。
- 3) ILB層とアスファルトコンクリート層の構造的価値は、たわみに関しては同等である。

化粧材舗装については、以下のようにまとめられる。

- 1) 化粧材とコンクリート版の付着強度は寸法の大きなブロックのほうが小さい。また、モルタルの材質についてはばさ練りモルタルのほうが付着にとって有利である。しかし、その場合でも化粧材の付着強度はアスファルト混合物の場合に比べると小さいものである。
- 2) 化粧材層を施工することにより、たわみならびに路盤のひずみは減少するものの、繰返し走行終了時には一部でたわみが増加した。
- 3) 繰返し走行によってブロックの破損が一部認められた。

今回実施した一連の試験研究を総括して、次のようなブロック舗装の設計法を提案する。

- 1) ILB舗装の設計法としては、ILB層の構造的価値をそれと同一厚さの表・基層アスファルトコンクリートと等価とみなして、アスファルト舗装の構造設計法に準拠するものを採用する。ただし、上層路盤には高強度の安定処理材を用いる。
- 2) 化粧材舗装の設計法としては、化粧材の剥離が懸念されることから、化粧材層には構造的価値を認めないで、コンクリート舗装としての構造設計法に従ってコンクリート版厚を決定し、その上に化粧材としてブロックを貼り付ける方法を採用する。



## 8. おわりに

本報告では、現時点で設計法が整備されていない寸法の小さいブロックを表層に使用する形式のブロック舗装についての設計法を提案した。これらはわが国の道路舗装設計法ならびに諸外国の設計法とある程度整合性のあるものとなっている。

しかし、対象荷重が小さい、走行頻度が少ないなど交通条件があまり厳しくない場合には舗装構造全体を薄くすることも可能であろう。これは、繰返し走行載荷により、ILB舗装ではわだちばれが生じ、化粧材舗装ではブロックの付着強度が低下したことから推定される点である。

今回検討の対象としたブロック舗装については、従来より港湾・空港における重交通を対象としたものとは考えていなかったこともあって、比較的短期間で構造設計法の方針をとりまとめた。今後は、現場からのデータを収集するなどして、設計法の確立に向けて研究を継続したいと考えている。なお、本研究の実施にあたっては、第二港湾建設局、第四港湾建設局が実施した試験施工に関する貴重なデータを使用させて頂いた。また、5.で示した港湾・空港におけるブロック舗装の適用事例の調査においては、インターロッキングブロック協会との共同研究、川崎市よりの受託試験研究の成果の一部を使用させて頂いた。関係者に対し深く感謝いたします。

(原稿受理 1995年6月28日)

## 参 考 文 献

- 1) (社) 日本道路協会：アスファルト舗装要綱，324p.，1993.
- 2) B.シャクル（三浦裕二，巻内勝彦，林 重徳訳）：インターロッキングブロック舗装の設計と施工，鹿島出版会，226p.，1992.
- 3) (社) 日本港湾協会：港湾の施設の技術上の基準・同解説（下），1989.
- 4) (財) 土木研究センター，インターロッキングブロック協会：インターロッキングブロック舗装設計施工要領（車道編），127p.，1994.
- 5) Lilley, A.A., Walker, B.J.: Concrete Block Paving for Heavily Trafficked Roads and Paved Areas, Cement and Concrete Association, 15p., 1978.
- 6) Road Research Laboratory: A Guide to the Structural Design of Pavements for New Roads, Road Note 29, Her Majesty's Stationary Office, 36p., 1970.
- 7) Portland Cement Association: Thickness Design of Soil-Cement Pavements for Heavily Industrial Vehicles, 11p., 1975.
- 8) Cement and Concrete Association: Concrete Block Paving for Specialized Traffic - A design Method, Advisory Data Sheet No. 36, 1978.
- 9) Barber, S.D., Knapton, J.: Structural Design of Block Pavements for Ports, Proceedings, International Conference on Concrete Block Paving, pp. 141-149, 1980.
- 10) Barber, S.D., Knapton, J.: Port Pavement Loading, The Dock & Harbour Authority, Vol. LX, No.712, 1980.
- 11) Emery, J.A., Knapton, J.: The Design of Concrete Block Aircraft Pavements, Proceedings, Third International Conference on Concrete Block Paving, pp. 178-192, 1988.
- 12) 小林恒己，多田宏行，藤田晃弘：修景石材と舗装，141p.，1994.
- 13) 運輸省航空局：空港舗装補修要領（案），95p.，1984.
- 14) (社) 日本道路協会：舗装試験法便覧，1069p.，1989.
- 15) 沖本見次，原田秀賢，倉原良民：半たわみ性舗装を用いたコンポジット舗装，舗装，第26巻，第5号，pp.9-14，1991.
- 16) 川崎市港湾局，東亜建設工業株式会社，インターロッキングブロック協会：東扇島コンテナヤード基盤整備工事諸試験報告書，159p.，1994.
- 17) Yoshitaka Hachiya, Hiroshi Yokota, Noboru Kanzaki: Application of Interlocking Block Pavements to Airports, 4th International Conference on Concrete Block Paving, vol.2, pp.189-198, 1992.2.
- 18) 塩崎正孝，八谷好高，千田國善，朝倉光夫：空港ILB舗装の走行試験，土木学会第45回年次学術講演会講演集第5部，pp.54-55，1990.
- 19) 運輸省航空局：空港アスファルト舗装構造設計要領（旧版），86p.，1982.