

# 道路橋における鉄筋コンクリート床版の防水工に関する研究(その5)

—床版防水工上のアスファルト混合物の空隙率と透水性状—

Study on Water-Proof-Layer for Reinforced Concrete Slab in Road Bridges (5)

—Void Ratio and Water Impregnation Property of Asphalt Concrete on Water-Proof-Layer—

野 村 謙 二\* · 魚 本 健 人\*

Kenji NOMURA and Taketo UOMOTO

## 1. はじめに

近年、道路橋の鉄筋コンクリート床版の耐久性向上策として床版防水工が注目されていることは前報<sup>1,2)</sup>で述べた。また、床版防水工を敷設すればすべてが解決したことにならず、締固め作業時に床版防水工の機能が低下する可能性があること<sup>1)</sup>、供用後の交通荷重により床版防水工の機能が低下する可能性があること<sup>2)</sup>を確認した。さらに、床版防水工はその上に舗設されているアスファルト混合物の動きによって損傷を受ける可能性があることを確認している<sup>3)</sup>。

そこで、本稿では床版防水工を敷設しているものと敷設していないもののアスファルト混合物の動きやすさについて考えることとした。動きやすさの指標をアスファルト混合物の密度とし、アスファルト混合物の密度を測定し、その空隙率を算出して比較検討を行なった。さらに、床版防水工を敷設しているものと敷設していないもののアスファルト混合物の加圧透水試験を行ない、空隙率と透水性状について考察したのでその結果を報告する。

## 2. アスファルト混合物の密度測定

### 2.1 締固め直後のアスファルト混合物の密度測定

#### 2.1.1 概要

図1に示すように、密粒度アスファルト混合物をローラーコンパクターで締固めた後十分冷却し、密度測定用サンプルを300mm×300mm×35mmのアスファルト混合物から水を使用せず切り出した。平面図で4箇所に分割、深さ方向に2分割した密度測定用サンプルを抽出した。水中重量の測定は、測定前に密度測定用サンプルを水の中に1時間程度浸漬した後にいった。かさ密度は、式(1)により算出した。

$$\rho_A = W_A / (W_S - W_W) \dots\dots\dots (1)$$

ここに、 $\rho_A$  : アスファルト混合物のかさ密度 (g/cm<sup>3</sup>)

$W_A$  : サンプルの空中重量 (g)

$W_S$  : サンプルの表乾重量 (g)

$W_W$  : サンプルの水中重量 (g)

アスファルト混合物の配合を表1に示す。このアスファルト混合物の配合とそれぞれの比重から、アスファルト混合物中に空隙がまったくないと仮定した最大理論密度 $\rho_T = 2.438 \text{ g/cm}^3$ が得られた。

アスファルト混合物の空隙率は、最大理論密度を用いると式(2)で表される。

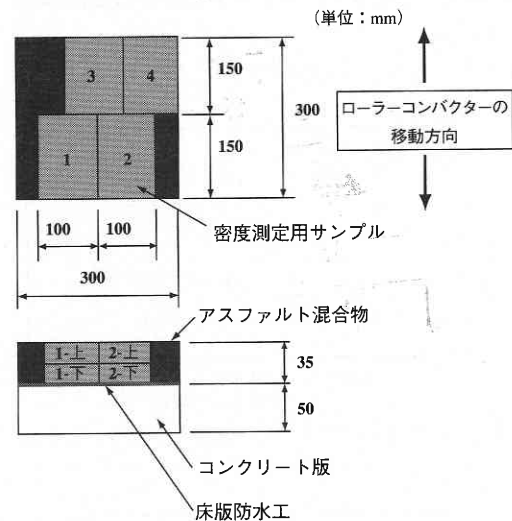


表1 アスファルト混合物の配合 (重量%)

改質Ⅱ型 アスファルト	6号碎石	7号碎石	粗目砂	細目砂	石粉
5.8%	35.8%	20.1%	23.4%	9.8%	5.1%
(1.030)	(2.705)	(2.641)	(2.627)	(2.613)	(2.700)

( ) 内は各材料の比重

\*東京大学生産技術研究所 都市基盤安全工学国際研究センター

研 究 速 報

$$V_r = (1 - \rho_A / \rho_T) \times 100 \dots\dots\dots (2)$$

ここに、

- $V_r$  : アスファルト混合物の空隙率 (%)
- $\rho_A$  : アスファルト混合物のかさ密度 ( $g/cm^3$ )
- $\rho_T$  : アスファルト混合物の最大理論密度( $g/cm^3$ )

2.1.2 結 果

図2に密度計測結果を、図3に空隙率算出結果を示す。図2を見ると、床版防水工を敷設したものは床版防水工を敷設していないものよりもかさ密度が小さい値を示している。シート系防水工と塗膜系防水工を比べると、シート系防水工を用いた方がアスファルト混合物のかさ密度が小さい結果となった。また、厚さ35mmのアスファルト混合物を上層と下層に分けて見ると、上層のかさ密度が下層に比べて小さいことが分かる。

図3を見ると、床版防水工を敷設したものは床版防水工を敷設していないものよりも空隙率が大きい値を示している。シート系防水工と塗膜系防水工を比べると、シート系防水工を用いた方がアスファルト混合物の空隙率が大きい結果となった。また、厚さ35mmのアスファルト混合物を上層と下層に分けて見ると、上層の空隙率が下層に比べて大きいことが分かる。

2.2 輪荷重走行後のアスファルト混合物の密度測定

2.2.1 概 要

密粒度アスファルト混合物をローラーコンパクターで締

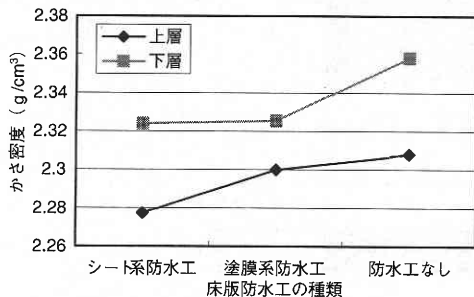


図2 締固め直後のアスファルト基層混合物のかさ密度

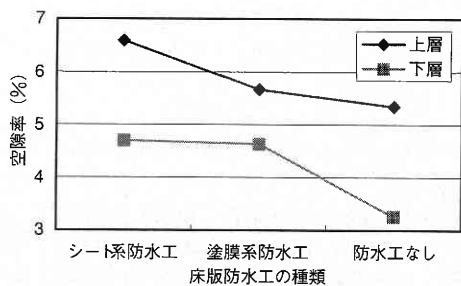


図3 締固め直後のアスファルト基層混合物の空隙率

固めた後、60°Cの環境でホイールトラッキング (WT) 試験機により輪荷重を載荷した。輪荷重強度は0.6272 N/mm<sup>2</sup>とし、載荷速度は30往復/分、載荷サイクルは10800回とした。図4に示すように、輪荷重載荷部分を考慮し、密度測定用サンプルを300 mm × 300 mm × 35 mmのアスファルト混合物から水を使用せず切り出した。平面図で6箇所に分割、深さ方向に2分割した密度測定用サンプルを抽出した。輪荷重載荷位置はサンプル番号2および5、その他の位置はサンプル番号1, 3, 4, 6としてかさ密度を区別した。アスファルト混合物のかさ密度の測定方法および空隙率の算出方法は、2.1と同様である。

2.2.2 結 果

図5に輪荷重載荷位置とその他の位置に分けてアスファルト混合物のかさ密度の測定結果を示した。床版防水工の有無および輪荷重載荷位置如何にかかわらず、アスファルト混合物のかさ密度は上層の方が下層より小さいことが分かる。シート系防水工を用いたものは、輪荷重載荷位置とその他の位置のかさ密度のばらつきが小さい。かさ密度の

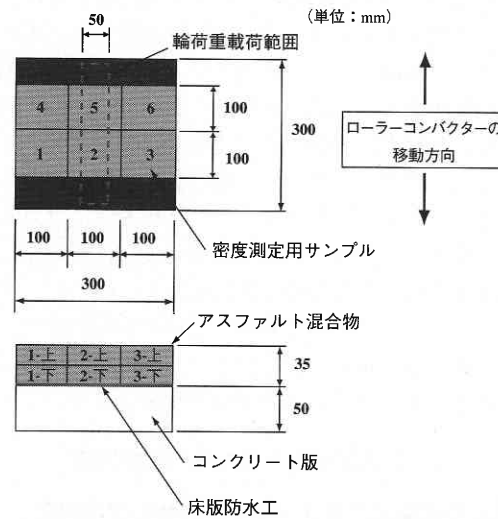


図4 密度測定用サンプルの抽出位置

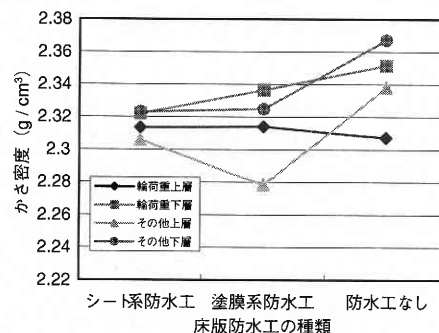


図5 輪荷重載荷後のアスファルト混合物基層のかさ密度

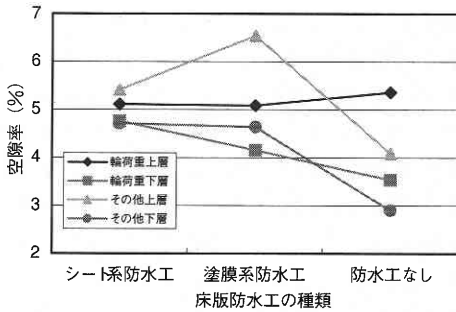


図6 輪荷重載荷後のアスファルト混合物基層の空隙率

大きい位置は、その他の位置の下層、輪荷重載荷位置の下層、輪荷重載荷位置の上層、その他の位置の上層といった順であった。塗膜系防水工を用いたものは、輪荷重載荷位置とその他の位置のかさ密度のばらつきが比較的大きい。かさ密度の大きい位置は、輪荷重載荷位置の下層、その他の位置の下層、輪荷重載荷位置の上層、その他の位置の上層といった順であった。床版防水工なしとしたものは、輪荷重載荷位置とその他の位置のかさ密度のばらつきが比較的大きい。かさ密度の大きい位置は、その他の位置の下層、輪荷重載荷位置の下層、その他の位置の上層、輪荷重載荷位置の上層といった順であった。

図6にかさ密度の測定結果から算出した空隙率を示した。床版防水工の有無および輪荷重載荷位置如何にかかわらず、ある位置での空隙率は上層の方が下層より大きいことが分かる。シート系防水工を用いたものは、アスファルト混合物の位置による空隙率のばらつきは小さいものの、空隙率はほぼ5%と比較的大きな値を示している。塗膜系防水工を用いたものは、位置によるばらつきが大きくなっており、その他の位置の上層が最も大きい空隙率6.5%程度を示している。防水工なしとしたものも位置によるばらつきが大きくなっており、輪荷重載荷位置の上層が最も大きい空隙率5.4%程度を示している。

### 3. アスファルト混合物の加圧透水試験

#### 3.1 概要

図7に示すように、輪荷重載荷後の供試体からφ100mmのコアを抜き、アスファルト混合物部分を取り出して加圧透水試験のサンプルとした。サンプルを鉛直透水圧0.5N/mm<sup>2</sup>、側圧0.55N/mm<sup>2</sup>で加圧し、24時間後の流出量を計測した。供試体の種類は、シート系防水工を用いたもの、塗膜系防水工を用いたもの、床版防水工なしとしたものの3種類とした。

#### 3.2 結果

試験結果を表2に示す。シート系防水工を用いたものお

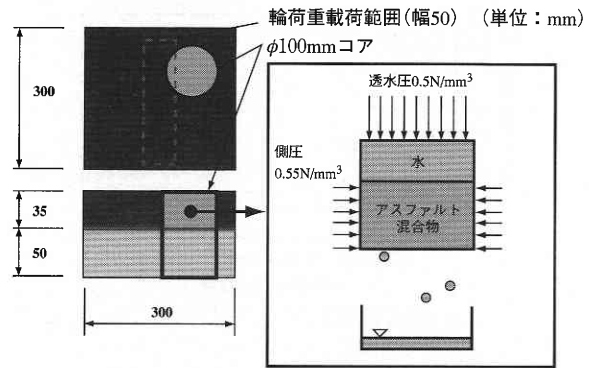


図7 加圧透水試験結果

表2 加圧透水試験結果

	断面積 (cm <sup>2</sup> )	高さ (cm)	流出流量 (cm <sup>3</sup> /s)	透水係数 (cm/s)
シート系防水工	9.825	2.36	0	計測不能
塗膜系防水工	9.875	2.85	0	計測不能
床版防水工なし	9.850	2.45	0.2587	1.66×10 <sup>-6</sup>

よび塗膜系防水工を用いたものから取り出したアスファルト混合物の透水係数は、加圧後24時間の流出流量が0であったため、計測不能であった。床版防水工なしとしたものから取り出したアスファルト混合物の透水係数は1.66×10<sup>-6</sup>cm/sであった。

## 4. 考察

### 4.1 アスファルト混合物の密度測定

図3、図6から、輪荷重載荷の有無にかかわらずアスファルト混合物の空隙率は上層の方が下層より大きいことが分かった。これはアスファルト混合物の締固め時において、空気に接している上層の温度低下が下層よりも大きいため、締固め温度が低い上層は締固め温度が高い下層に比べて締固めが十分でなく空隙率が大きくなったと思われる。

また、アスファルト混合物に含まれる全体平均空隙率を算出すると、輪荷重載荷前ではシート系防水工が5.64%、塗膜系防水工が5.15%、床版防水工なしが4.31%であった。輪荷重載荷後ではシート系防水工が5.00%、塗膜系防水工が5.11%、床版防水工なしが3.97%であった。ばらつきは大きいものの、床版防水工なしとしたものは床版防水工を有するものに比べて空隙率が小さくなる傾向があることが分かった。これは、コンクリート版に比べて柔らかい床版防水工材料がコンクリート版とアスファルト混合物の境界に敷設されることにより、アスファルト混合物の締固めを困難にしたものと考えられる。

図8に、10800サイクルの輪荷重載荷後におけるアスファルト混合物の空隙率を輪荷重載荷前でのアスファルト混

## 研究速報

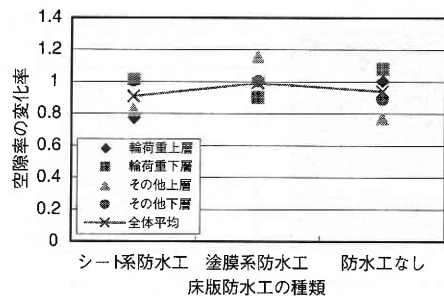


図8 輪荷重載荷前後の空隙率の変化率

合物の空隙率で除した値を空隙率の変化率とし、用いた床版防水工の種類別にその値を示した。シート系防水工を用いたもののアスファルト混合物の空隙率の変化率の平均は0.90塗膜系防水工を用いたもののそれは0.99床版防水工なしとしたもののそれは0.93となり、アスファルト混合物の空隙率は輪荷重載荷により減少する傾向にあることが分かった。これは、輪荷重載荷によりアスファルト混合物が圧密されているものと考えられる。

## 4.2 アスファルト混合物の加圧透水試験

アスファルト混合物の配合が変わらないのに透水性状が異なる結果となった。すなわち、床版防水工を有するもののアスファルト混合物は、床版防水工なしとしたもののアスファルト混合物よりも透水係数が小さくなっていることが分かった。

一方、床版防水工を施したもののアスファルト混合物のかさ密度は、床版防水工を施さないもののアスファルト混合物のそれよりも小さい結果が得られている。アスファルト混合物のかさ密度が大きい方が、また、空隙率の小さい方が、透水係数が大きいという結果となった。このことについて、次のことが考えられる。

## 1) シート系防水工を用いたもの

シート系防水工は不織布にゴム入り改質アスファルトを染み込ませたものである。コンクリート床版上にコンパウンド材を $1.2 \text{ kg/m}^2$ 程度塗布し、ゴム入り改質アスファルトを $1.08 \text{ g/m}^2$ 程度含浸させたシート系防水工を施工する。その上に敷き均したアスファルト混合物をローラーコンパクタで締固める際に、アスファルト混合物中にコンパウンド材やシート系防水工から染み出したゴム入り改質アスファルトが浸透上昇し、アスファルトリッチなアスファルト混合物になったと考えられる<sup>3)</sup>。コンパウンド材および改質アスファルトの比重は1.030程度であり、アスファルトリッチになると当初配合よりも理論最大密度が小さくなり、アスファルト混合物の空隙率が小さくなり不透水となったことが考えられる。

## 2) 塗膜系防水工を用いたもの

塗膜系防水工を用いたものでは、アスファルト混合物と床版防水工の接着性を改善するためにアスファルトコンパウンドという瀝青材を散布する。この量は $0.5 \text{ kg/m}^2$ 程度であるが、その上に敷き均したアスファルト混合物をローラーコンパクタで締固める際に、アスファルト混合物中にコンパウンド材が浸透上昇し、アスファルトリッチなアスファルト混合物になったと思われる。コンパウンド材の比重は1.030程度であり、アスファルトリッチになると当初配合よりも理論最大密度が小さくなり、アスファルト混合物の空隙率が小さくなり不透水となったことが考えられる。

## 3) 床版防水工なしとしたもの

床版防水工なしとしたものは、計測された透水係数が舗装系防水材の透水係数の標準値 $1.0 \times 10^{-6} \sim 1.0 \times 10^{-7}$ の範囲<sup>4)</sup>にあることから、当初配合が変えられることなく舗設されたと思われる。

## 5. ま と め

本研究により得られた知見は、次のとおりである。

- 1) アスファルト混合物のかさ密度は、上層と下層では下層の方が大きい。
- 2) 床版防水工を有する場合はそれがない場合よりも、その上に舗設されるアスファルト混合物のかさ密度は小さくなり、空隙率は大きくなる傾向がある。
- 3) 輪荷重載荷後のアスファルト混合物のかさ密度は、輪荷重載荷前に小さくなる傾向がある。
- 4) 床版防水工を有するもののアスファルト混合物の透水係数は、床版防水工なしとしたもののそれよりも小さいことを確認した。

## 謝 辞

本研究を実施するにあたり、多大なご協力を賜ったニチレキ株式会社の蒔田實氏、山梨安弘氏ほかの方々に深く感謝の意を表します。

本研究を手伝っていただいた千葉工業大学の津久井美紀君に深く感謝致します。

(2001年9月11日受理)

## 参 考 文 献

- 1) 野村・魚本「道路橋における鉄筋コンクリートの防水工に関する研究(その1)」pp.54～pp.57生産研究2001年3月。
- 2) 野村・魚本「道路橋における鉄筋コンクリートの防水工に関する研究(その2)」pp.58～pp.61生産研究2001年3月。
- 3) 野村・魚本「道路橋における鉄筋コンクリートの防水工に関する研究(その4)」生産研究2001年9月。
- 4) 道路橋鉄筋コンクリート床版防水層設計・施工資料p.31(社)日本道路協会昭和62年。