

14.1 高機能防水システムによる床版劣化防止に関する研究

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 23～平 27

担当チーム：寒地基礎技術研究グループ（寒地構造）

研究担当者：西 弘明、今野久志、岡田慎哉、佐藤 京、表 真也、澤松俊寿

【要旨】

道路橋 RC 床版の劣化要因は主に大型車の輪荷重による疲労や床版内部への水の浸入とされている。積雪寒冷地においては、凍害や凍結防止剤の散布による塩害の影響を受けた劣化損傷が、比較的交通量の少ない路線においても顕在化してきている。RC 床版の劣化損傷を防ぎ円滑な交通を確保するためには、凍結融解や輪荷重の繰返し作用に対して、舗装、防水層および床版の三位一体の構造をもって劣化損傷を抑止し、さらに橋面に流入した水を速やかに排水するための排水設備までを含めた耐久性の高い床版防水システムの構築が重要と考えられる。

H25 年度は輪荷重の繰返し走行に対する舗装、床版防水層および床版からなる構造体の疲労耐久性評価を目的として、舗装、床版防水層およびコンクリートからなる供試体を用いた小型輪荷重走行試験を実施した。その結果、輪荷重負荷によるわだち掘れの大きさと床版防水層の変形特性には強い相関があることが示された。また、床版防水層の種類によってわだち掘れに対する抵抗性が異なり、舗装の維持修繕の目標値に相当する鉛直変位が発生しても床版防水層に付着切れが発生していない材料も確認された。さらに、舗装下端が水平方向に変位するメカニズムは 2 通りあり、床版防水層の層内でせん断変形が発生するモードと、舗装と床版防水層の界面がずれるモードに大別された。

キーワード：床版防水層、RC 床版、輪荷重走行試験、わだち掘れ、疲労耐久性

1. はじめに

道路橋における鉄筋コンクリート床版の劣化要因は、主に大型車輪荷重の繰返し走行による疲労であり、ひび割れを介した床版内部への水の浸入が床版の劣化を 50～300 倍にまで加速する可能性があることが報告されている¹⁾。また、積雪寒冷地において冬期に散布する凍結防止剤や海岸から近い橋梁にもたらされる飛来塩分は床版内部へ塩化物イオンを供給し、塩害による鉄筋の腐食をとおして床版上面側のコンクリートの剥離に起因する舗装路面のポットホールを引き起こす場合がある。さらに、冬期に気温が氷点下となる地域では、床版コンクリートに浸入した水の凍結融解によって床版上面側のコンクリートの損傷を発生させ、砂利化や床版の抜け落ちに至った事例も報告されている。近年では、反応性骨材を含んだコンクリート床版において、水の供給によりアルカリシリカ反応が生じて床版の劣化損傷が顕在化した事例もある。

道路橋床版の劣化損傷には種々の要因が考えられるが、これらのいずれの要因に対しても床版内部への水の浸入

が床版の劣化損傷の進行を著しく促進することが示されており、床版内部への水の浸入防止が床版の長寿命化に大きく貢献することは明らかである。

このような背景から、床版内部へ水を浸入させないことに対する重要性が強く認識されてきている。しかしながら、橋面全面への床版防水層（以下、「防水層」という。）の設置が基準化されたのは近年のことであり²⁾、多くの既設橋梁で防水層が未設置か部分的な設置にとどまっているのが現状である。また、比較的新しい建設年次で防水層が設置されている橋梁においても床版下面に漏水や遊離石灰が確認されており、防水層の低機能が懸念されている。このため、道路橋床版の劣化損傷を防ぎ安全で円滑かつ快適な交通を確保するためには、供用中の作用に対してアスファルト舗装（以後、「舗装」という。）、防水層および床版の三位一体の構造をもって床版の劣化損傷を抑止し、さらに橋面に流入した水を速やかに排水するための排水設備までを含めた耐久性の高い床版防水システムの構築が重要と考えられる。

輪荷重の繰返し走行は、舗装、防水層、床版からなる

構造体に対する供用中の主たる作用の1つであるといえる。当然ながら輪荷重が繰返し走行するような条件下においても舗装、防水層、床版からなる構造体は安全で円滑かつ快適な交通を確保できる状態にある必要がある。本報では、舗装、防水層、床版からなる構造体に対する輪荷重走行の繰返しに対する疲労耐久性評価を目的として、舗装、防水層およびコンクリートからなる供試体を用いた小型輪荷重走行試験を実施した。

2.. 舗装、防水層およびコンクリートからなる構造体の疲労耐久性評価に関する小型輪荷重走行試験

本実験では、輪荷重の走行位置の実現象に即した輪荷重負荷による圧縮力と界面せん断力の繰返しを同時に供試体に作用させることのできる試験機を用いて、舗装、防水層およびコンクリートからなる構造の損傷メカニズムの解明やわだち掘れの管理目標値に着目した疲労耐久性の評価を実施した。

2.1 実橋の条件と本実験の関係

舗装、防水層およびコンクリートからなる構造体の疲労耐久性や損傷メカニズムについて実験的に検討することを目的に、既往の研究ではこれまでにホイールトラッキング試験やランダムホイールトラッキング試験が行われている^{3),4)}。これらの研究では、各種の防水層材料の疲労耐久性の相互比較や防水層の損傷メカニズム等に着眼した成果を得ている。一方で、舗装、防水層およびコンクリートからなる構造体に要求される機能や、その水準を決定していくためには、実際の供用中の条件における作用や限界値を意識したアプローチをとっていく必要がある。

この点を踏まえて、本実験では図-1に示すように実橋における輪荷重の繰返し走行による変形の状態を、床版防水層の性能評価試験で一般的に用いられる縦300 mm、横300 mm、厚さ100 mm（舗装40 mm、コンクリート60 mm）の供試体²⁾に対して等倍のスケールで再現するとともに、舗装の維持修繕における管理目標値を一つの目安と位置づけた。

2.2 FEM解析に基づく実験条件の設定

実験において輪荷重の繰返し走行により供試体に与える負荷の大きさを設定する。ここでは、FEM解析結果と確率的な計算および橋面舗装の維持修繕におけるわだち掘れ量の管理目標値に基づき、図-2の手順で実験における舗装の目標沈下量設定、すなわちわだち掘れ量を設定した。

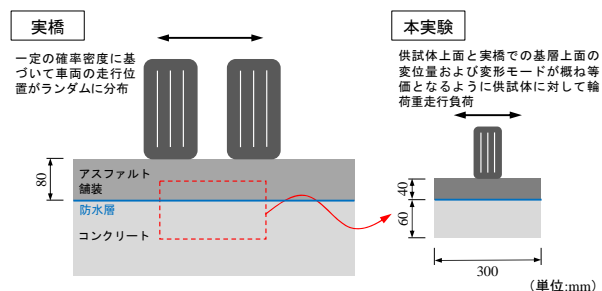


図-1 実橋の条件と本実験の関係

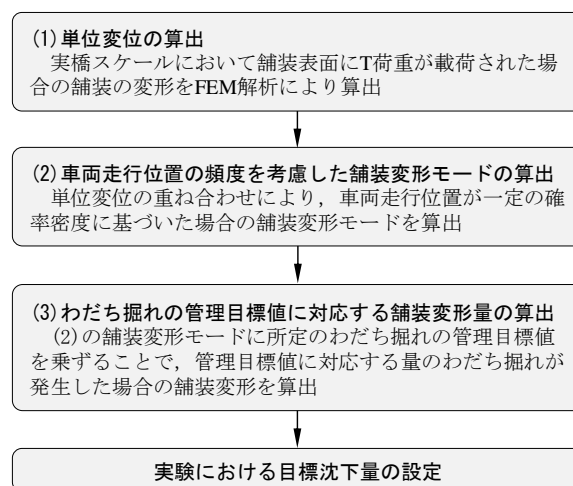


図-2 FEM解析に基づく目標沈下量の設定の流れ

2.2.1 単位変位の算出

まず、実橋スケールにおいて舗装表面にT荷重が載荷された場合の舗装の変形をFEM解析により算出した。防水層が舗装およびコンクリートと強固に一体化した条件では、舗装と防水層、防水層とコンクリートの界面のずれや防水層自体のせん断変形に比べて舗装の変形が大きいことが想定される。このことから、本解析においては舗装のみを解析対象とした。

本解析は、FEM解析の汎用コードであるMSC.Marc (ver.2010)を使用した2次元線形弾性解析である。舗装に用いられるアスファルトは、数値解析において通常、粘弾性体として再現される。本解析で算出する舗装の変形は繰返し荷重により生じるものであり、粘弾性体として現象を解釈すると、弾性変形の微小な残留の累積と考えられる。そのため、その変形性状は弾性変形と概ね等価と判断される。また、本解析では応力については評価しないことから、本解析においてはモデルを弾性体として実施することとした。

解析に当たっては、表層40 mm、基層40 mmの舗装構成を想定して舗装厚さは80 mmとし、水平方向は側面

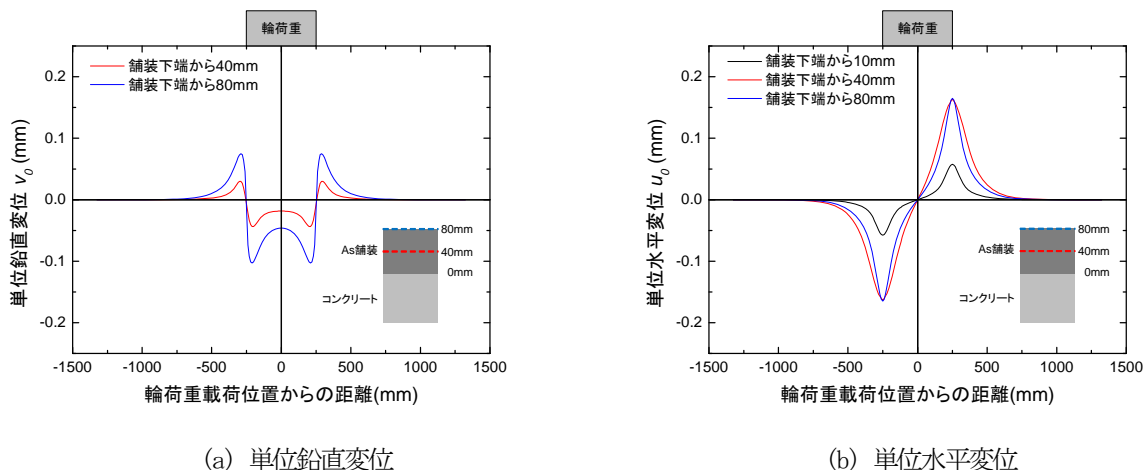


図-3 舗装の単位変位

の境界部の影響が無視できるような広がりを持たせた。要素は全て8節点ソリッド要素でモデル化した。

境界条件は舗装の下面について水平、鉛直方向の変位を固定条件、舗装の側面について水平方向の変位を固定条件とした。

荷重はT荷重を想定して、中央に100kNの鉛直荷重として考慮することとした。なお、輪荷重は幅500mmの範囲に作用するものとし、接地範囲にはすべて等分布荷重として作用させた。

解析に使用した舗装の材料特性値は表-1のとおりである。アスファルト混合物の材料特性の温度依存性を考慮して、次式(9)により算出した23°Cにおける弾性係数を使用した。

$$E_{As} = \frac{1}{\left[\frac{1}{8500} + \left\{ 9.373 \times 10^{-19} \times (1.118^{T_k}) \right\} \right]} \quad (1)$$

ここで、 E_{As} はアスファルト混合物の弾性係数(N/mm²)、 T_k はアスファルト混合物の温度(K)である。

図-3には解析により算出したT荷重が作用した場合の舗装の変位分布を示しており、このときの変形を単位変位($v_0(x, y)$)は単位変位における舗装の鉛直変位、 $u_0(x, y)$ は単位変位における舗装の水平変位とした。舗装は輪荷重の直下では沈下し、輪荷重の周辺では盛り上がるような挙動を示していることがわかる。

2.2.2 車両走行位置の頻度を考慮した舗装変形モードの算出

実橋では車両の走行位置は、ある分布のもとにランダムに決定されている。既往の調査結果によると、その分布形状は平均値が0.69B~0.726B、標準偏差が0.096B

表-1 解析モデルの概要

| | | |
|---------------|--------|----------------------|
| 幾何特性 | 幅 | 2,350mm |
| | 厚さ | 80mm |
| 載荷荷重 | 荷重の大きさ | 100kN |
| | 載荷位置 | 中央 |
| アスファルト舗装の材料特性 | 載荷幅 | 500mm |
| | 弾性係数 | 230N/mm ² |
| | ポアソン比 | 0.49 |

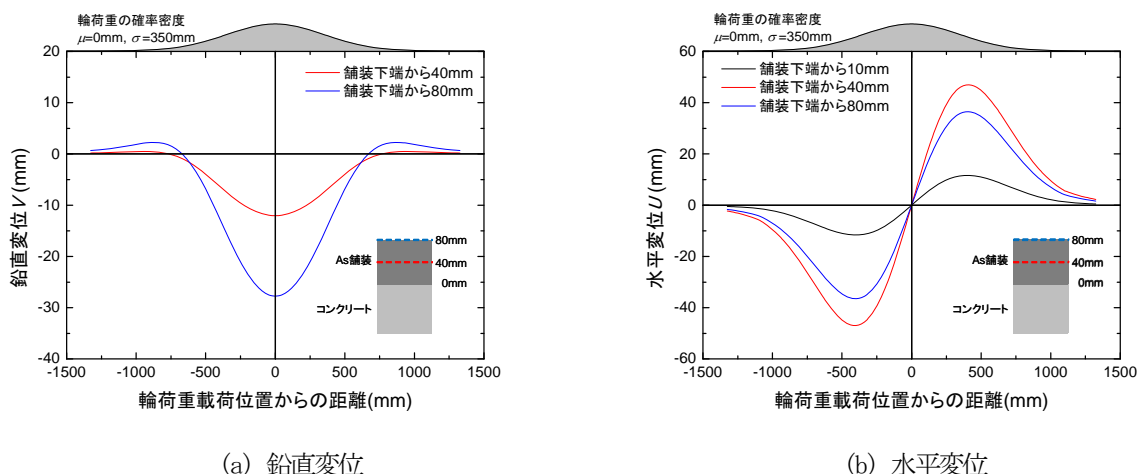
~0.097Bの正規分布に従う^{7,8)}。ここでBは車線幅である。これらの調査結果を参考に、本解析では大型車車輪の走行位置、すなわちT荷重の走行直交方向に対する作用位置が式(2)の正規分布に従うと仮定した。正規分布 $f(x)$ の関数形は車線幅員Bを国道橋の標準的な車線幅員の値である3,500mmとし、標準偏差 σ を350mm(0.1B)とした。T荷重の載荷位置が正規分布 $f(x)$ に従う場合の舗装変形 $u(x, y)$ 、 $v(x, y)$ を、正規分布 $f(x)$ により重みづけされた単位変位 $u_0(x, y)$ 、 $v_0(x, y)$ の重ね合わせにより式(3)のように算出する。なお、ここで算出された舗装変形はその分布形状が重要であり、その大きさ自体は問題としていない。

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left\{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right\} \quad (2)$$

$$u(x, y) = \int u_0(x-x', y) f(x') dx' \quad (3a)$$

$$v(x, y) = \int v_0(x-x', y) f(x') dx' \quad (3b)$$

ここに、 $u(x, y)$ は舗装の水平変位、 $v(x, y)$ は舗装の鉛直変位である。



(a) 鉛直変位 (b) 水平変位
 図-4 管理目標値 30mm に相当するわだち掘れが発生した場合の舗装変位

2.2.3 管理目標値に対応する舗装変形量の算出

上記(2)で算出した舗装変形 $u(x, y)$ 、 $v(x, y)$ に対して次のように演算することで、橋面舗装の維持修繕におけるわだち掘れ量の管理目標値 $\delta_r = 30 \text{ mm}$ が発生した場合の舗装変形 $U(x, y)$ 、 $V(x, y)$ を算出する。

$$U(x, y) = \frac{\delta_r}{\text{Max}[v(x, 80)] - \text{Min}[v(x, 80)]} u(x, y) \quad (4a)$$

$$V(x, y) = \frac{\delta_r}{\text{Max}[v(x, 80)] - \text{Min}[v(x, 80)]} v(x, y) \quad (4b)$$

δ_r は橋面舗装の維持修繕におけるわだち掘れ量の管理目標値、 $U(x, y)$ は δ_r のわだち掘れが発生した場合の舗装の水平変位、 $V(x, y)$ は δ_r のわだち掘れが発生した場合の舗装の鉛直変位、 $\text{Max}[v(x, 80)]$ は舗装表面における $v(x, 80)$ の最大値、 $\text{Min}[v(x, 80)]$ は舗装表面における $v(x, 80)$ の最小値である。わだち掘れ量の管理目標値 δ_r は、道路維持修繕要綱⁹⁾において車両走行の快適さや安全性および舗装の補修実態を踏まえて設定されたものでありその値は表-2のとおりである。ここでは交通量の多い一般道の上限側の値である 30 mm とした。図-4 は $U(x, y)$ および $V(x, y)$ の算出結果であり、それぞれ舗装下端から高さ 40 mm ($y = 40$)、80 mm ($y = 80$) の位置での値を示している。図-4(a) からわかるとおり舗装下端から 40 mm の位置では、最大で約 12 mm の沈下が生じており、本実験において目標とする舗装表面の鉛直変位量を 12 mm とした。

2. 3 実験方法

2.3.1 実験装置

本実験では、輪荷重が路面を押さえながらその走行位置が一定の法則に基づいて変わる実交通荷重の載荷条件

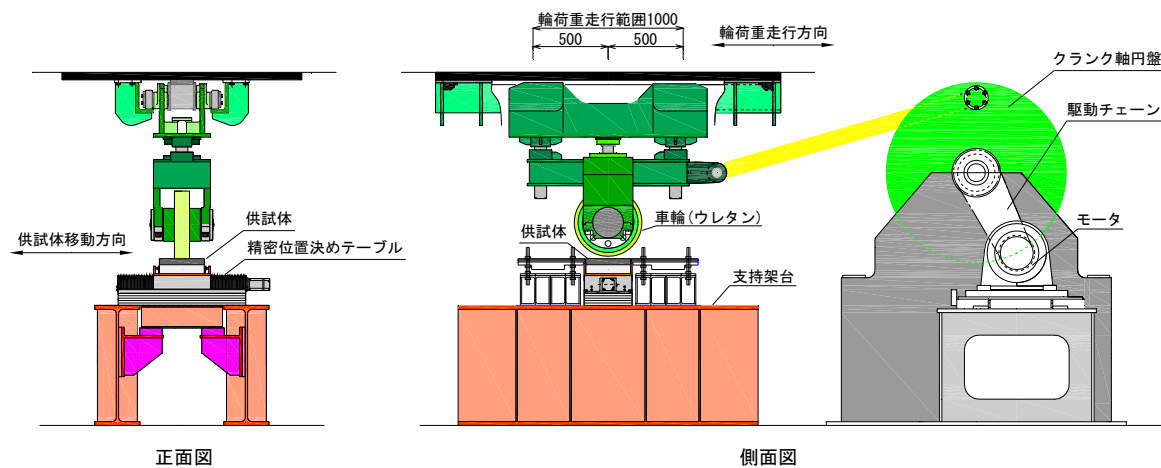
表-2 橋面舗装の維持修繕の目標値⁹⁾

| | わだち掘れ (mm) |
|------------|---------------|
| 自動車専用道路 | 15 |
| 交通量の多い一般道 | 20~30 |
| 交通量の少ない一般道 | 30~35 |

を再現することのできる試験装置³⁾を用いた。本試験装置は、輪荷重の繰返し作用を与える小型輪荷重走行試験機と供試体を走行直交方向に移動させる精密位置決めテーブルから構成されている。

図-5 に実験装置の概要図を、表-3 に実験装置の諸元をそれぞれ示す。小型輪荷重走行試験機は道路橋床版の疲労耐久性試験に用いられる輪荷重走行試験機¹⁾を縮小したもので、その機構も同様である。本試験機はクランク式の輪荷重走行試験機であり、油圧により 40 kN までの鉛直荷重を載荷した状態で車輪を繰返し走行させることが可能である。走行範囲は 1,000 mm で、1 分あたり 48 回 (24 往復) の輪荷重走行を作用させることができる。車輪は外径が 480 mm、幅が 102 mm、外周部分がウレタン製である。10 kN の鉛直荷重を載荷した場合の接地圧は 2.0 N/mm² である。ここで、接地圧は感圧紙を用いて所定の鉛直荷重を載荷した際の接地面の車輪痕から求めた接地面積で鉛直荷重を除することにより求めた。

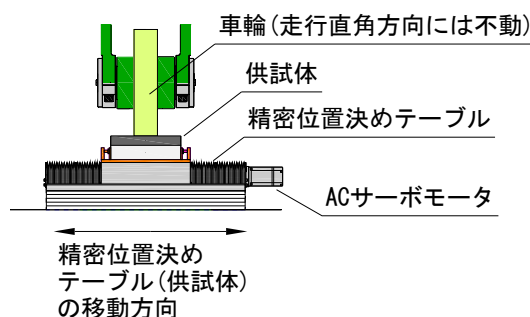
精密位置決めテーブルは AC サーボモータによりそのテーブル部を水平方向へ運動させる機構を備えている。移動のストローク、最高速度および位置決め精度は表-3(b) のとおりである。精密位置決めテーブルの運動によりテーブル部の上に固定した供試体を輪荷重の走行方向



(a) 小型輪荷重試験機



(b) 実験のセットアップ



(c) 供試体周辺部の概要図 (正面図)

図-5 実験装置

に対して直交する方向に移動させることにより、相対的に異なる走行位置で輪荷重の繰返し走行を与えるものである。

精密位置決めテーブルの運動は、小型輪荷重試験機のクランク軸円盤の回転変位をトリガとして所定のプログラムに基づく量を移動するように設定されており、車輪が供試体上を通過した後、再度供試体に到達するまでの間に1回の供試体移動が行われる。

2.3.2 供試体

供試体には図-6 示す縦 300 mm、横 300 mm、厚さ 100 mm (舗装 40 mm、コンクリート 60 mm) の平板供試体を用いた。

舗装は密粒度アスファルト混合物 13F (改質II型) とした。コンクリートには JIS A 5371 に基づくコンクリート平板を用いた。防水層には図-7 に示す材料や構成が異なる 5 種類を用いた。反応樹脂型塗膜防水 (ウレタン樹脂) A および B では、防水材と舗装の間の接着剤に異なる

表-3 実験装置の諸元

(a) 小型輪荷重走行試験機

| | |
|--------|-----------------------------------|
| 載荷荷重 | 最大 40kN |
| 走行範囲 | 1000 mm (中心より±500 mm) |
| 走行サイクル | 48 回/min |
| 車輪 | |
| 外径 | 480 mm |
| 表面の材質 | ウレタン |
| 接地面積 | 接地長 49 mm×接地幅 102 mm (10 kN 載荷時) |
| 接地圧 | 2.0 N/mm ² (10 kN 載荷時) |

(b) 精密位置決めテーブル

| | |
|--------|------------|
| 駆動 | AC サーボモータ |
| ストローク | 340 mm |
| 最高速度 | 500 mm/sec |
| 位置決め精度 | 0.02 mm |

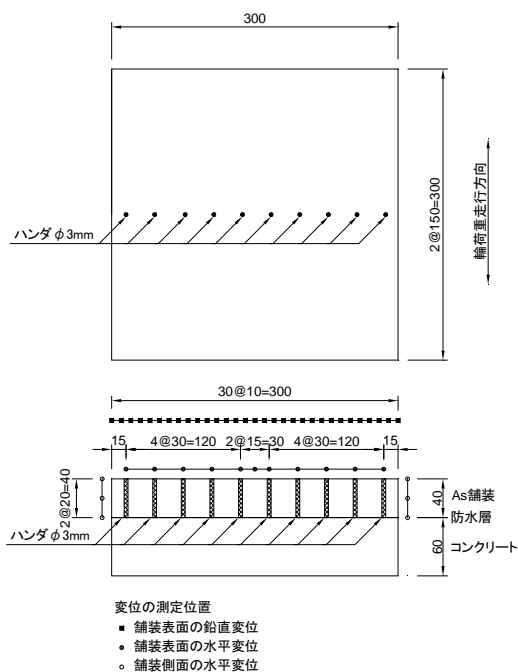


図-6 供試体および変位の測定位置

る材料が用いられている。本実験で用いたいずれの防水層も道路橋床版防水便覧⁵⁾の基本照査試験を満足するものである。

実験終了後に供試体を切断して舗装内部の変形の状態を確認することを目的に、事前に舗装内部にハンダを設置した。図-6に示すとおり供試体舗装部を舗装厚さの全長に渡ってφ3.5 mmで鉛直に削孔し、φ3.0 mmのハンダを挿入した。

2.3.3 走行プログラム

本実験では輪荷重の走行位置の異なる2種類の輪荷重走行プログラムを使用した。2.2節で設定した舗装の鉛直変位に着目しつつ輪荷重の走行位置が正規分布の条件下でランダムに決定されるプログラム1と、プログラム1による実験結果の舗装の水平変位に着目して意図的に一方向に舗装変形を卓越させることを目的に供試体の位置を一方向に漸増移動させたプログラム2である。

輪荷重の大きさは10 kNとした。このときの接地圧は表-3(a)に示すとおり2.0 N/mm²である。

(1) プログラム1

2.2節で設定した舗装の鉛直変位に着目しつつ実交通荷重の載荷条件を踏まえて正規分布に基づいてランダムに輪荷重の走行位置が決定されるように供試体を移動させたプログラムである。図-8(a)および表-4(a)に供試体移動プログラムの例とその概要を示す。輪荷重を走行させた場合の舗装上面の鉛直変位分布が図-4(a)に示す鉛

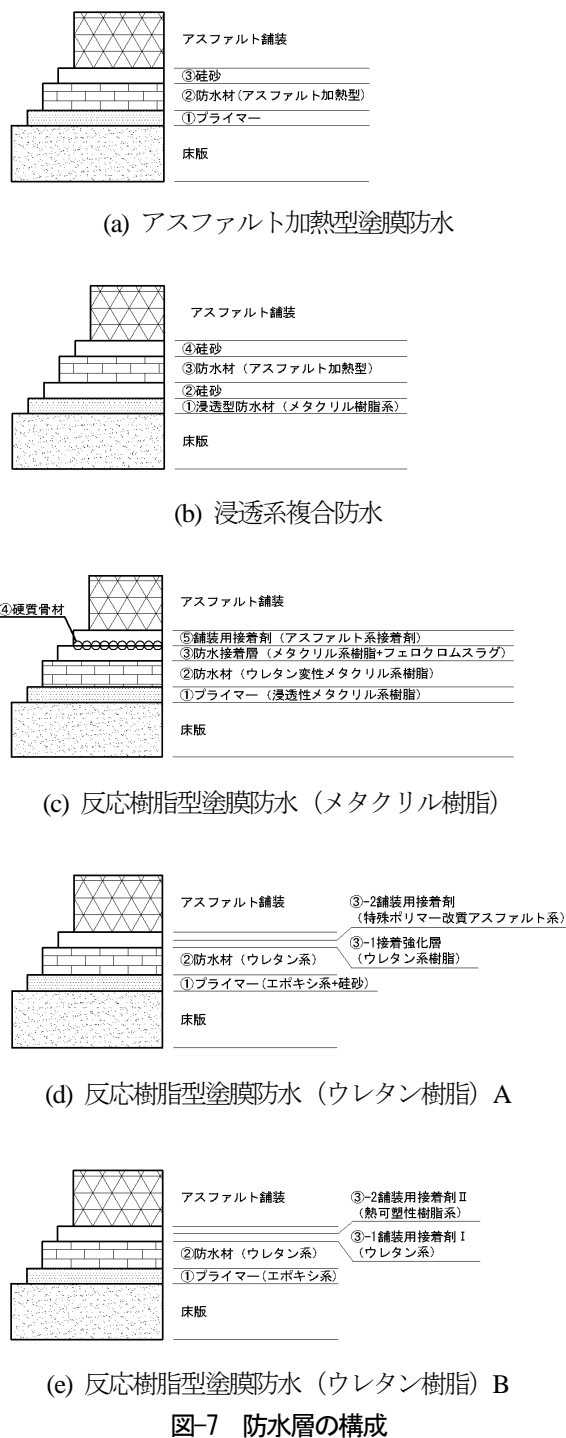
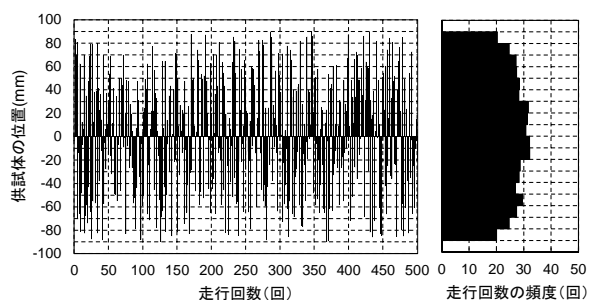
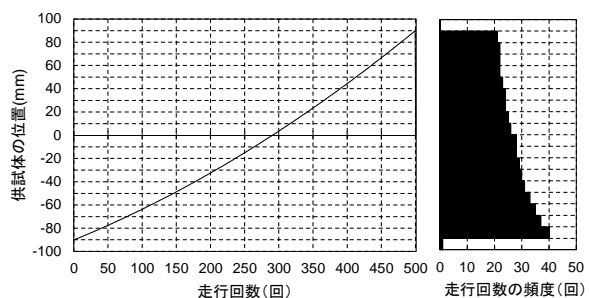


図-7 防水層の構成

直変位分布の-150 ~ 150 mmの範囲と近似するような正規分布形を予備試験により決定し、その平均を0 mm、標準偏差を100 mmとした。供試体の移動範囲は供試体の中心に対して±90 mmである。本実験では幅が約100 mmの車輪を用いていることから、供試体の中心に対して±140 mmの範囲に輪荷重が作用する。輪荷重走行は500回を1ステップとして実施した。供試体の移動がランダムとなるよう配慮して1ステップごとに乱



(a) プログラム 1



(b) プログラム 2

図-8 供試体の移動プログラム (1 ステップあたり)

数正規分布に基づいてプログラムを作成した。

舗装上面中央の鉛直変位量が2.2節で設定した12 mmとなった時点で輪荷重走行を終了した。ただし、後述のとおり Case 3-1 および Case 4-1 では、輪荷重走行1ステップ (500 回) あたりの鉛直変位量の増分が0.1 mmとなった時点で、変形の進展が十分に小さく、進展がほぼ収束したものと判断して走行を終了した。

(2) プログラム 2

プログラム 1 による実験結果の舗装上面の水平変位量に着目して意図的に一方向に舗装変形を卓越させることを目的に供試体の位置を一方向に漸増移動させたプログラムである。図-8 (b) および表-4 (b) に供試体移動プログラムとその概要を示す。1 ステップ (500 回) の輪荷重走行を実施した後の舗装表面が概ね等しく沈下するような移動プログラムを予備試験により検討し、式(5a)のような走行回数 n に対する供試体の移動増分 $\partial d / \partial n$ の形状が上辺と下辺が 2:1 の台形分布とした。式(5b)は供試体の位置と走行回数の関係である。

$$\frac{\partial d}{\partial n} = \frac{2W}{3N} \left(1 + \frac{n}{N} \right) \quad (5a)$$

$$d = \frac{2W}{3N} \left(n + \frac{n^2}{2N} \right) - \frac{W}{2} \quad (5b)$$

ここに、 d は供試体の位置、 n は走行回数、 W は供試体

表-4 供試体の移動プログラムの概要

(a) プログラム 1

| | |
|---------|--|
| 概要 | 正規分布に基づくランダム移動 |
| 正規分布 | 平均0 mm、標準偏差100 mm |
| 移動範囲 | ±90 mm |
| 走行終了の目安 | 舗装表面中央の鉛直変位 $\delta = 12$ mm または、走行500回当たりの沈下量増分が0.1 mm 以下 |

(b) プログラム 2

| | |
|----------|----------------------------|
| 概要 | 一方向漸増移動 |
| 供試体移動の増分 | 台形分布の移動増分 |
| 移動範囲 | -90 mm → 90 mm |
| 走行終了の目安 | 舗装表面の水平変位 $\delta = 40$ mm |

の移動範囲で180 mm、 N は1ステップ当りの走行回数で500回である。

本実験では、供試体舗装部の左右両側面の境界条件が自由であり現実の条件とは異なっていることから、後述する実験結果からも端部周辺については十分な精度が確保されていない可能性がある。そのためプログラム 2 では、プログラム 1 の試験結果において供試体端部に発生した水平変位と同等の水平変位を供試体の端部を除く範囲で発生させることとし、舗装表面の水平変位が40 mm程度となった時点で走行を終了した。

2.3.4 供試体の温度

本実験では、舗装の流動変形を促進するために図-5 (b) のように赤外線ランプの放射熱により供試体を高温に保った状態で輪荷重走行を実施した。輪荷重走行開始時の温度は、既往の研究³⁾に準拠して舗装上面の温度を $50 \pm 1^\circ\text{C}$ とした。輪荷重走行試験に先立って加熱方法に関する予備試験を実施し、加熱方法 (熱量、放射距離、加熱時間) を設定した。また予備試験により、加熱開始から10時間程度で供試体温度が定常状態となることが確認されたことから、輪荷重走行前の供試体の加熱時間の目安を12時間とした。

2.3.5 測定項目

1 ステップ (500 回) の輪荷重走行を実施する前に、舗装表面の温度を放射温度計の測定結果により管理した。また、1 ステップ (500 回) ないし 2 ステップ (1,000 回 = 500 回 × 2) の輪荷重走行を実施するごとにノギス

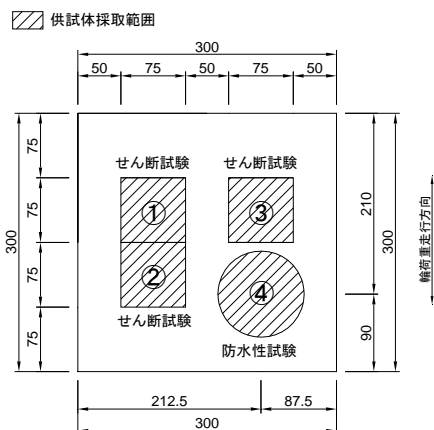


図-9 せん断試験および防水性試験のための試験片の採取位置

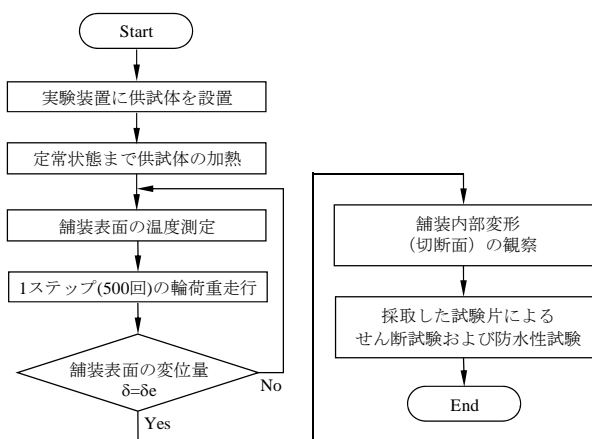


図-10 実験のフロー

により舗装上面の鉛直変位、舗装上面の水平変位、舗装側面の水平変位を測定した。測定した位置は図-6 に示したとおりである。

2.3.6 輪荷重走行を与えた供試体に対するせん断試験および防水性試験

輪荷重走行を与えた後の供試体が保有する残存性能を評価するためにせん断試験および防水性試験を実施した。輪荷重走行を与えた後の供試体に対して、図-9 に示す範囲から試験片を採取し、道路橋床版防水便覧⁵⁾に準拠してせん断試験および防水性試験Ⅱを実施した。試験温度は23℃とした。ただし、せん断試験に用いた試験片は輪荷重走行により舗装部の変形が卓越し、かつ供試体の端部を除く範囲を試験対象とするために、道路橋防水便覧で示されている大きさである縦100mm、横100mmよりも小さい縦75mm、横75mmとした。なお、せん断

表-5 実験ケース

| | 防水層の種類 | 走行プログラム |
|---------|------------|---------|
| Case1-1 | アスファルト加熱型 | プログラム1 |
| Case1-2 | 塗膜防水 | プログラム2 |
| Case2-1 | 浸透系複合防水 | プログラム1 |
| Case2-2 | | プログラム2 |
| Case3-1 | 反応樹脂型塗膜防水 | プログラム1 |
| Case3-2 | (メタクリル樹脂) | プログラム2 |
| Case4-1 | 反応樹脂型塗膜防水 | プログラム1 |
| Case4-2 | (ウレタン樹脂) A | プログラム2 |
| Case5-1 | 反応樹脂型塗膜防水 | プログラム1 |
| Case5-2 | (ウレタン樹脂) B | プログラム2 |

試験および防水性試験は走行プログラム1の実験および同ロットで製作した輪荷重走行を与えていない供試体について実施した。

2.3.7 実験の手順

実験は図-10のフローに示す手順で実施した。まず、供試体を実験装置に設置し、赤外線ランプにより12時間の加熱を行った。次に、舗装表面の温度を放射温度計により測定し、測定結果が $50 \pm 1^\circ\text{C}$ の範囲にあることを確認した。そして、所定の供試体移動プログラムのもとで1ステップ(500回)の輪荷重走行を実施し舗装表面の変位を測定した。舗装表面の変位量が、走行プログラムに基づく所定の変位量となるまで1ステップごとの輪荷重走行を繰り返した。舗装表面の変位量が所定の変位量となった時点で輪荷重走行を終了し、舗装内部および防水層の変形状況を目視観察するために、ハンダを設置した断面で供試体を切断した。さらに、供試体から試験片を採取してせん断試験および防水性試験を実施した。

2.3.8 実験ケース

表-5は実験ケースの一覧である。パラメータは防水層の種類と走行プログラムとし、全10ケースについて実施した。

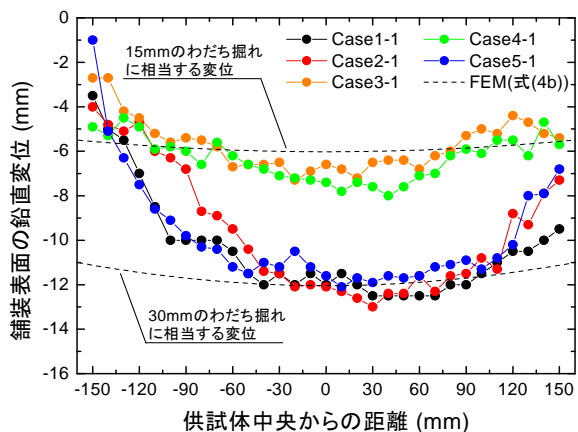
2.4 実験の結果

2.4.1 舗装変位と走行回数の関係

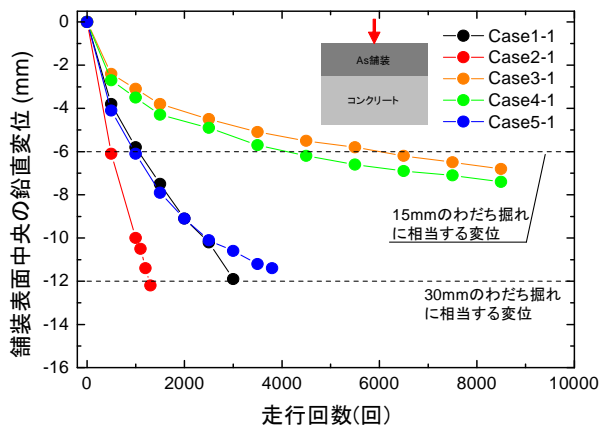
(1) プログラム1

プログラム1の実験結果について示す。図-11(a)は舗装表面の鉛直変位の分布である。輪荷重走行回数によらず同様の分布形状を示したことから、ここでは実験終了時の結果を示した。

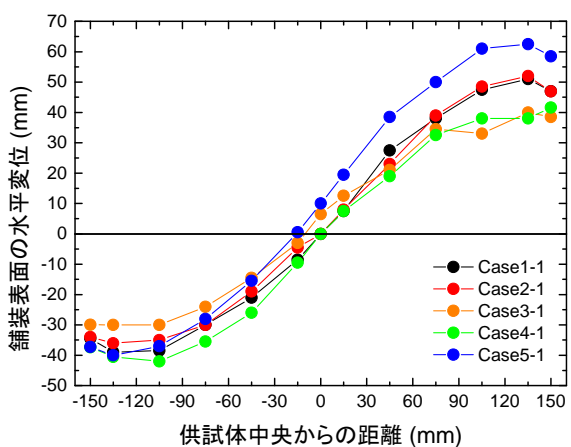
Case 3-1 および Case 4-1 では、8,500回の輪荷重走行終了時に輪荷重走行1ステップ(500回)あたりの鉛直



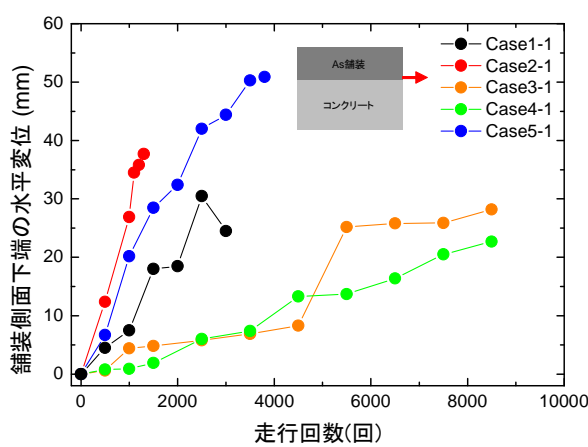
(a) 実験終了時における舗装表面の鉛直変位の分布



(b) 舗装表面中央の鉛直変位と走行回数との関係



(c) 実験終了時における舗装表面の水平変位の分布



(d) 舗装側面下端の水平変位と走行回数との関係

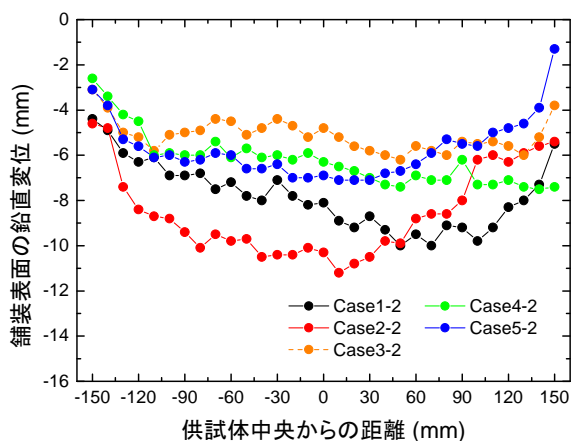
図-11 舗装の変形 (プログラム 1)

変位量の増分が 0.1mm となったため、変形の進捗が十分に小さいと判断し走行を終了した (図-11 (b))。その他のケースでは中央の鉛直変位が 12 mm となった時点で輪荷重走行を終了した。Case 1-1、Case 2-1 および Case 5-1 では供試体中央部付近を頂点に凸型のモードで変形しているが、FEM 解析結果と比較して供試体両端部の変位が小さめの値を示している。Case 3-1 および Case 4-1 では、その形状は FEM 解析結果と類似した分布となっている。

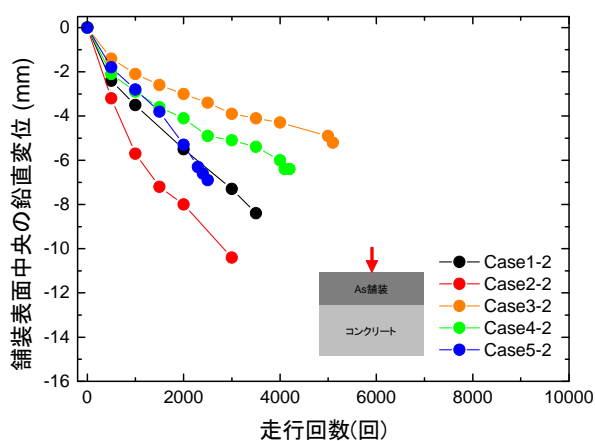
図-11 (b) は舗装表面中央の鉛直変位と走行回数との関係である。舗装表面の鉛直変位分布が供試体中央付近をピークとした凸型を示したことから、ここでは舗装表面中央を代表値としている。同図より防水層の種類によって鉛直変位の発生量、すなわち、わだち掘れに対する抵抗性が大きく異なることが分かる。ただし、Case 2-1 は供試体加熱用の赤外線ランプの不調により舗装上面の温度が 54°C 程度となっていたために、他のケースと比べて舗

装剛性が低下して同一の走行回数に対する鉛直変位が大きくなったものと考えられる。このため、その疲労耐久性を単純に比較することはできないが、後述のとおり、供試体切断面の舗装の変形モードは Case 2-1 と同様のアスファルト加熱型塗膜層を有する Case 1-1 と類似している。Case 3-1 および Case 4-1 は他のケースと比較して発生する鉛直変位の量が小さい。例えば鉛直変位 6 mm が発生した時点の走行回数は Case 2-1 が 500 回程度、Case 1-1 および Case 5-1 が 1,000 回程度、Case 4-1 が 4,100 回程度、Case 3-1 が 6,000 回程度である。ここで、式(4b)に基づく 6 mm の鉛直変位は 15 mm のわだち掘れ、すなわち、表-2 に示す自動車専用道路における橋面舗装の維持修繕の目標値に相当する値である。

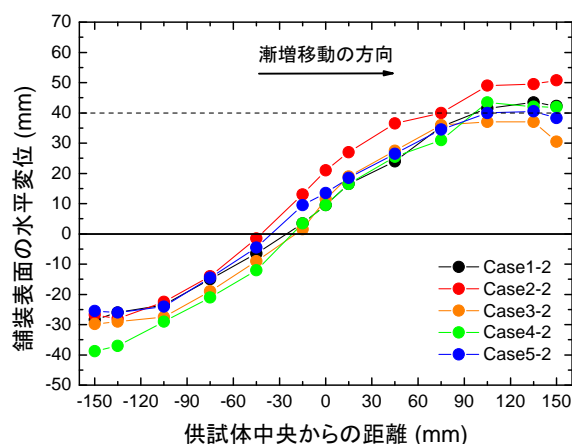
図-11 (c) は実験終了時における舗装表面の水平変位の分布である。防水層の種類によらず分布形状は同様であり、供試体中央から ±100 mm 程度の範囲を直線とした S 型の分布形状を示している。ここで、図-11 (a) より実



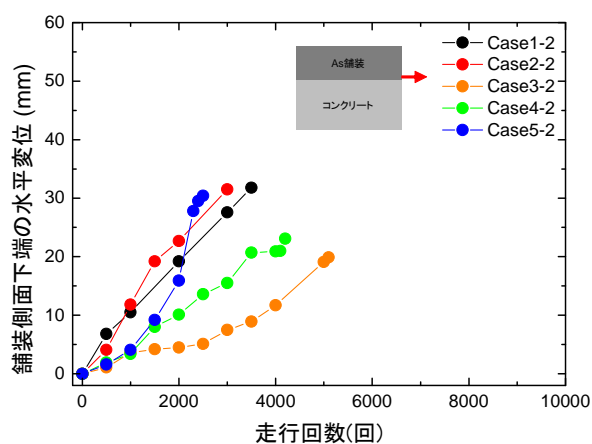
(a) 実験終了時における舗装表面の鉛直変位の分布



(b) 舗装表面中央の鉛直変位と走行回数(回)の関係



(c) 実験終了時における舗装表面の水平変位の分布



(d) 舗装側面下端の水平変位と走行回数(回)の関係

図-12 舗装の変形 (プログラム 2)

実験終了時の舗装表面中央の鉛直変位は Case 1-1、Case 2-1 および Case 5-1 が 12 mm 程度であるのに対し、Case 3-1 が 6.8 mm、Case 4-1 が 7.4 mm であった。(c) 図より鉛直変位の大きい Case 1-1、Case 2-1 および Case 5-1 と鉛直変位の小さい Case 3-1 および Case 4-1 を比較すると、舗装表面の水平変位は鉛直変位ほどの差異が認められない。これは、両方で舗装内部の変形モードが同一でないことを示していると考えられる。

図-11(d) は舗装側面下端の水平変位と走行回数(回)の関係である。ここでは、防水層と舗装の間のずれを評価するために舗装下端の水平変位を示した。舗装表面中央の鉛直変位と傾向は類似しており、Case 3-1 および Case 4-1 と比較して Case 1-1、Case 2-1 および Case 5-1 のほうが同一走行回数に対する水平変位の量が大きい。このことより、鉛直変位の量は舗装下端の変位すなわち舗装と防水層の相対変位と相関があることが示される。ただし、後述のとおり供試体の左右両側面の境界条件が自由であ

り現実の条件とは異なっていることから、端部付近は十分な精度を有していない可能性がある。

(2) プログラム 2

プログラム 2 の実験結果について示す。プログラム 2 は舗装表面の水平変位に着目したケースである。図-12(a) は実験終了時における舗装表面の鉛直変位の分布である。プログラム 1 と比較すると、やや平坦な分布となっている傾向が認められる。

図-12(b) は舗装表面中央の鉛直変位と走行回数(回)の関係である。防水層の材料ごとの同一走行回数における鉛直変位の大小関係はプログラム 1 と同様である。しかしながら、プログラム 1 よりも鉛直変位の量は小さく防水層の材料ごとの差も小さい傾向が認められ、走行プログラムの違いによる影響が表れている。

図-12(c) は実験終了時における舗装表面の水平変位の分布である。防水層の材料によらず概ね同様の分布であり、105 ~ 150 mm の範囲で 40 mm の水平変位が発生

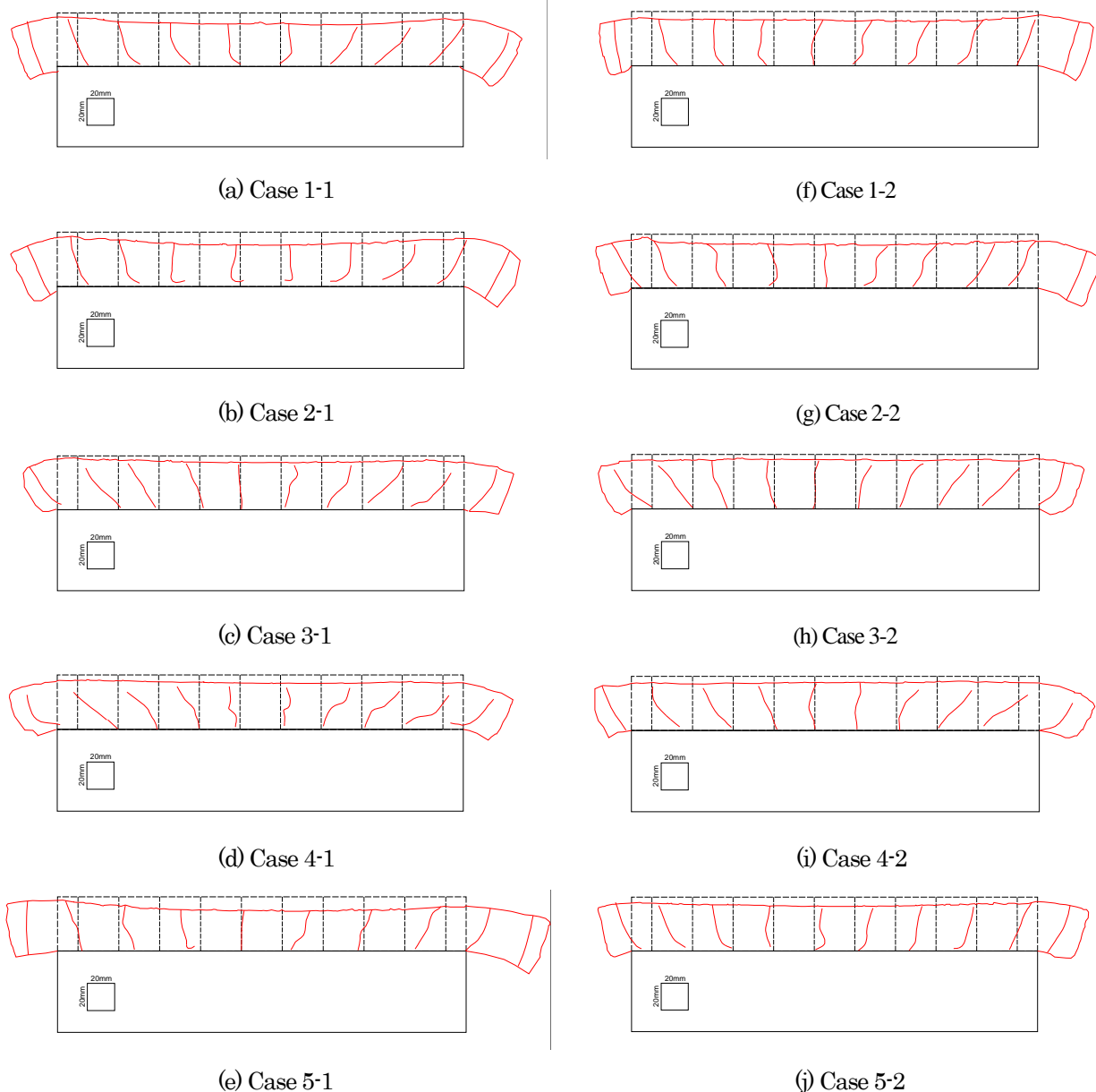


図-13 実験終了後の切断面の変形図（プログラム2については紙面に向かって右側の方向が相対的な車輪の漸増移動の方向である）

している。ただし Case 2-2 については 1,500 回から 2,000 回のステップの走行にかけて水平変位の増加量がやや大きくなったため、他のケースと比較して水平変位が大きくなっており、75 mm の位置で 40 mm の水平変位が発生している。

図-12(d)は舗装側面下端の水平変位と走行回数との関係である。舗装表面中央の鉛直変位とはほぼ同様な傾向を示している。ただし、Case 5-2 は走行回数 2,000 回程度から水平変位の増加量が大きくなっており、舗装と防水層の間のずれの進展が顕著となった可能性がある。

2.4.2 実験終了後の舗装および防水層の変形の状況

図-13 は実験終了後の供試体切断面の変形図である。変形図は図-6 に示すハンダを設置した断面に対してコンクリートカッターで供試体を切断し、供試体表面およびハンダの変形の状況を図化したものであり、実験前の設計上の位置を黒い破線で、実験後の実測位置を赤線で示している。なお、全てのケースにおいて供試体切断面にはその両端部付近を除いて舗装のひび割れは認められなかった。

(1) プログラム 1

図-13(a)～(e)はプログラム 1 の変形図である。防水層の種類によらず供試体の中心に対してはほぼ対象に外側

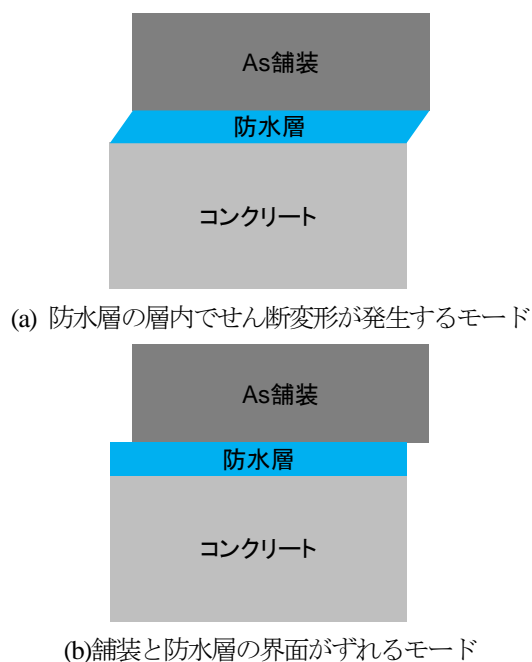
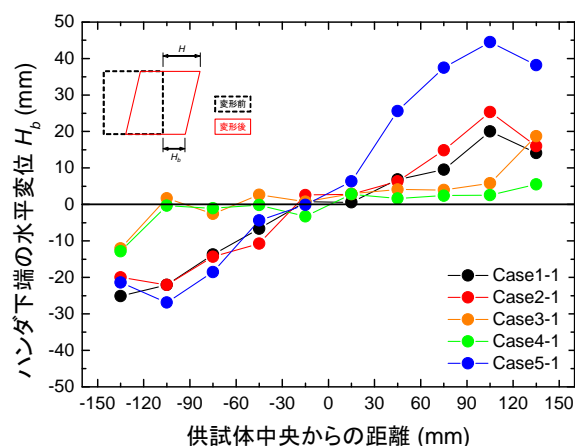


図-14 舗装下端が水平方向に変位するメカニズム

に向かって舗装が変形していることがわかる。舗装の下端部分に着目すると、Case 1-1、Case 2-1 および Case 5-1 は水平方向に比較的大きく変位しており、Case 3-1 および Case 4-1 は供試体の両端部を除いて変位が発生していないかごくわずかである。なお、供試体の左右両側面の境界条件が自由であり現実の条件とは異なっていることから、端部から 50 mm 程度の範囲は実現象と乖離している可能性がある。

図-11 (b) の舗装表面中央の鉛直変位と走行回数との関係において、試験結果を同一走行回数に対する鉛直変位が大きいグループ (Case 1-1、Case 2-1 および Case 5-1) と鉛直変位が小さいグループ (Case 3-1 および Case 4-1) に分類すると、前者は舗装下端が水平方向に比較的大きく変位しており、後者は舗装下端の水平変位が発生していないかわずかである。したがって、舗装表面の鉛直変位 (わだち掘れ) の大きさと舗装下端の水平変位には強い相関があるといえる。これは、実橋において供用中に著しいわだち掘れが認められる場合には、舗装との界面を含めた防水層の機能低下が発生している可能性を踏まえて、維持補修に関する調査や計画を実施する必要があることを示している。

舗装下端が水平方向に変位したケースのうち Case 5-1 の供試体切断面を目視したところ、図-7 (e) に示した接着剤Ⅱ (熱可塑性樹脂シート) と舗装の界面でずれて剥離した形跡 (開口) が認められた。一方で Case 1-1

図-15 実験終了時におけるハンダ下端の水平変位 H_b の分布 (プログラム 1)

および Case 2-1 では界面が剥離したような形跡は認められず、舗装下端の水平変位はアスファルト塗膜層自体のせん断変形によってもたらされている。これは、アスファルト塗膜材料の温度依存性による高温時のせん断剛性の低下が影響したものと考えられる。このことから本実験に用いた防水層においては舗装下端が水平方向に変位するメカニズムは 2 通りあり、図-14 のように防水層の層内でせん断変形が発生するモード (Case 1-1、Case 2-1) と舗装と防水層の界面がずれるモード (Case 5-1) に大別されると考えられる。

Case 3-1 および Case 4-1 では、実験終了時の舗装表面の鉛直変位がそれぞれ 6.8 mm および 7.4 mm であり、図-13 (c)、(d) によると少なくともこの時点までは舗装下端の水平変位が発生していないかごくわずかな状態である。ここで、式(4b)に基づくと自動車専用道路における橋面舗装の維持修繕の目標値であるわだち掘れ量 15 mm に相当する供試体舗装表面の鉛直変位は 6 mm である。これより、Case 3-1 および Case 4-1 では少なくとも自動車専用道路におけるわだち掘れの管理目標値である 15 mm のわだち掘れ条件下では防水層自体のせん断変形や防水層と舗装のずれが発生していないこととなる。

図-15 は実験終了後におけるハンダ下端の水平変位 H_b の分布を示したものである。ハンダ下端の水平変位は、実験終了後の供試体の切断面におけるハンダの位置とハンダの設計位置の差によって算出した。なお、ハンダの設置に当って舗装部を鉛直に削孔するように努めたが、コンクリートドリルが骨材にあたるなどした部分があったために、ハンダの下端は設計位置に対して 1 から 2 mm 程度の誤差を有する可能性があることを断っておく。Case 3-1 および Case 4-1 については、供試体の左右両

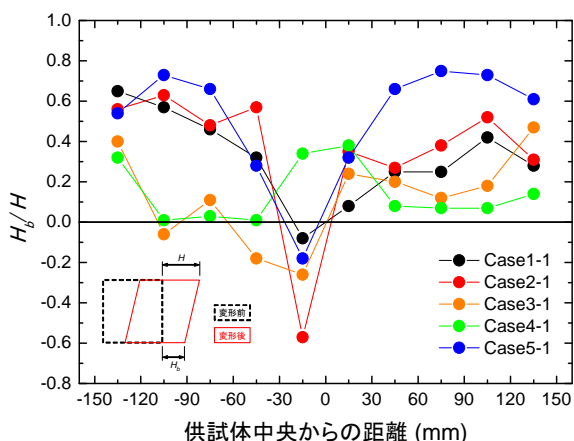


図-16 実験終了時における H_b / H の分布 (プログラム 1)

端部を除いて水平変位はほぼゼロである。その他のケースでは、供試体の中央から外側に向かうにつれて大きな水平変位が発生している。その量は Case 1-1 および Case 1-2 が ± 105 mm の位置で 20 から 25 mm 程度である。Case 5-1 は -105 mm の位置で 28 mm、105 mm の位置では 45 mm と供試体の舗装厚さである 40 mm を超えるような極めて大きな変位が発生している。

図-16 は供試体の舗装表面の水平変位 H のうち、ハンダ下端の水平変位 H_b が占める割合 H_b/H の分布を示したものである。供試体の中央付近については、発生している変位量が小さいために H_b/H が十分な精度を持っていない可能性があることに留意されたい。供試体の中央付近 (± 15 mm の位置) および左右両端 (± 135 mm の位置) を除くと、 H_b/H の大きさは Case 1-1 および Case 2-1 が 0.3~0.6、Case 3-1 が最大で 0.2 程度、Case 4-1 が最大で 0.1 程度、Case 5-1 は 0.3~0.8 程度である。

舗装下端が水平方向に比較的大きく変位しているものうち、防水層の層内でせん断変形が発生したと考えられる Case 1-1 および Case 2-1 に対して、防水層すなわちアスファルト加熱型塗膜層の層内の平均的なせん断ひずみ γ を次式により算出した。

$$\gamma = \frac{H_b}{t_d} \quad (6)$$

ここに、 H_b は実験終了時におけるハンダ下端の水平変位、 t_d はアスファルト加熱型塗膜層の設計厚さで 2.3 mm である。図-17 は実験終了時における防水層のせん断ひずみ γ の分布である。供試体の左右両端 (± 135 mm の位置) を除いても、せん断ひずみの値は最大で 1,000% 程度となることがわかる。

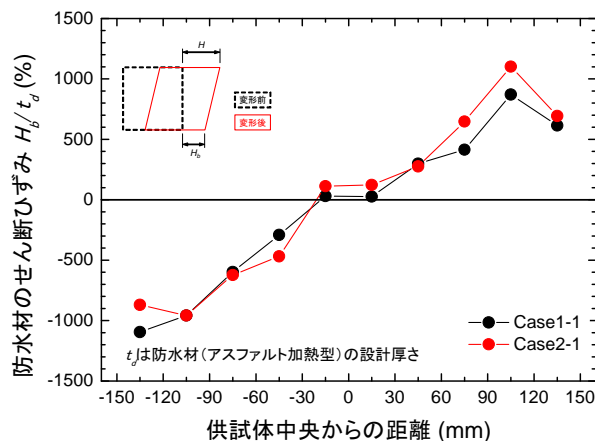


図-17 実験終了時における防水層のせん断ひずみ $\gamma = H_b / t_d$ の分布 (Case 1-1、Case 2-1)

(2) プログラム 2

図-13(f)~(j) はプログラム 2 の変形図である。防水層の種類によらず供試体の中心から紙面左へ 30 mm の位置を境に外側に向かって舗装が変形していることがわかる。舗装および防水層の挙動の傾向はプログラム 1 と同様であった。

2.4.3 輪荷重走行を与えた供試体に対するせん断試験および防水性試験の結果

図-18 はプログラム 1 により輪荷重走行を与えた供試体および当該供試体と同ロットで製作した輪荷重走行を与えていない供試体のせん断試験の結果を示したものである。せん断試験は各 3 体について実施しており、せん断接着強度は試験中に与えた最大荷重を供試体の接着面積で除して求めた。

図-18(a) はせん断接着強度を示したものである。なお、図中の凡例の τ はプログラム 1 の実験終了後の供試体から採取した試験片のせん断接着強度の平均、 τ_0 は同ロットで製作した輪荷重走行を与えていない供試体のせん断接着強度の平均、 τ/τ_0 は τ_0 に対する τ の比で輪荷重走行によるせん断接着強度の変化を示している。Case 5-1 を除いて τ は τ_0 と同程度か 20% 程度大きい値を示している。せん断接着強度の増加は、輪荷重走行の繰返しに伴う鉛直応力によって舗装と防水層の周辺で構造が緻密になったことによりもたらされたものと考えられ、既往の研究においても類似の傾向が示されている。一方で、一方で Case 5-1 は輪荷重走行を与えた後のせん断接着強度がほぼゼロである。破断面の目視観察によると破断は舗装と防水層の界面で発生しており、輪荷重走行試験終了時に供試体切断面において視認した付着切れの位置と一致

する。ここで特筆すべきは Case 1-1 および Case 2-1 において σ/τ_0 が 1 程度の値を示していることである。これは、図-18 のようにアスファルト加熱型塗膜の層に最大で 1,000%程度の残留ひずみが生じてもそのせん断接着強度が保持されていることを示している。

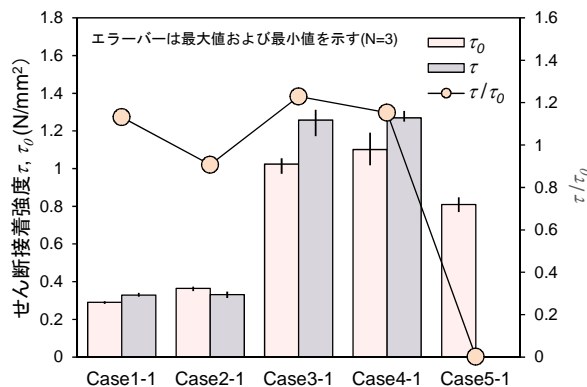
図-18(b)は最大荷重時すなわちせん断接着強度時の変位量を示したものであり、 δ はプログラム 1 の実験終了後の供試体から採取した試験片の最大荷重時の変位の平均、 δ_0 は同ロットで製作した輪荷重走行を与えていない供試体の最大荷重時の変位の平均、 δ/δ_0 は δ_0 に対する δ の比である。なお、Case 5-1 についてはプログラム 1 の実験終了時に付着をほぼ失っていたため、せん断の変位に対する抵抗性をほとんど示さず舗装が剥離した。その他のケースについては、輪荷重走行の影響により最大荷重時の変位 δ がやや減少していることが認められるが、これはせん断強度とは逆の傾向である。詳細な原因は本研究の範囲では明らかではないが、輪荷重走行の繰返しに伴う鉛直応力によって破断面となる層の厚さが薄くなり、破壊に要する変位量が小さくなったことが要因の 1 つとして考えられる。

図-18(c)はせん断試験時の破断面の破壊モードを示したものである。ここで、破壊モードは破壊面における破壊形態を i) 舗装の材料破壊 M_{As} 、ii) 舗装と防水層の界面破壊 I_{AsW} 、iii) 防水層の凝集破壊 M_W 、iv) 防水層と床版コンクリートの界面破壊 I_{WS} 、v) 床版コンクリートの材料破壊 M_S の 5 種類に分類し、供試体の断面積に対する面積率としたものである。Case 5-1 を除くと、輪荷重走行を与えても破壊モードが大きく変化するような傾向は認められない。Case 5-1 は輪荷重走行を与えていない供試体の破壊モードが舗装の材料破壊 M_{As} が 60%、舗装と防水層の界面破壊 I_{AsW} が 40%であるのに対し、輪荷重走行を与えた供試体は舗装と防水層の界面破壊 I_{AsW} が 100%へ移行している。

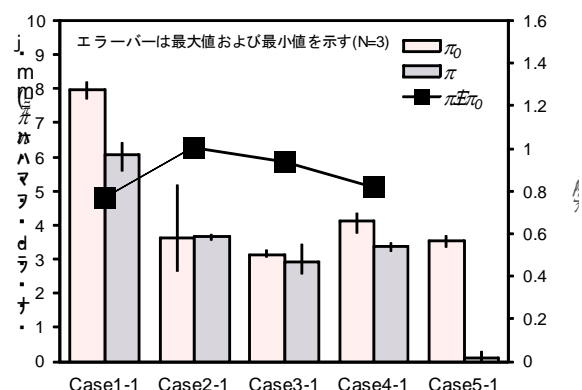
表-6はプログラム 1 により輪荷重走行を与えた供試体の防水性試験Ⅱの結果を示したものである。全てのケースにおいて漏水は認められず、輪荷重走行を与えても防水性が確保されている結果が得られた。

2.4.4 考察

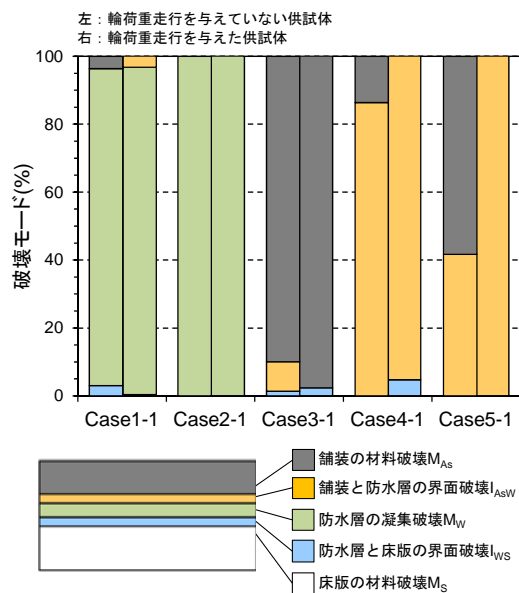
図-11(b)および図-14 のように舗装表面の鉛直変位(わだち掘れ)の大きさと舗装下端の水平変位には強い相関があることが認められた。これは、舗装、防水層およびコンクリートからなる構造体の変形特性の観点からは、舗装にとって防水層は下端での境界条件としての役割を果たしていることに他ならない。そのため、構造体



(a) せん断接着強度



(b) 最大荷重時の変位量



(c) 破壊モード

図-18 輪荷重走行を与えた供試体と与えていない供試体のせん断試験の結果

としてわだち掘れに対する高い抵抗性を確保するためには舗装に耐流動性の優れた材料を用いるだけでなく、防

水層および防水層と舗装との界面においてせん断接着強度と一定程度のせん断剛性が要求されるといえる。

一方で、舗装、防水層およびコンクリートからなる構造体としてのせん断接着強度やせん断剛性が低く、わだち掘れに対する抵抗性が低い、あるいは低下したとしても、実験で確認された図-14のような2とおりのメカニズム、すなわち防水層と舗装の界面がずれて剥離する場合と防水層自体がせん断変形する場合とでは、損傷の進展特性や修復性の観点において、両者が持つ意味合いは大きく異なるものと考えられる。

図-18によると、Case 5-1 で用いた防水層は輪荷重の繰返し走行の結果としてもたらされた防水層と舗装の界面の剥離が、後の供用中にその一体性を回復するようなことはない。さらなる輪荷重の繰返し走行が作用すると、この防水層と舗装の界面の剥離を起点として面的にずれや剥離が進展することが容易に想像される。さらにこの剥離した部分に雨水等が浸入すると輪荷重による圧縮応力下で静水圧を超える大きな水圧が発生し、剥離の進展の速度が著しく増加するものと考えられる。そして界面においてある程度の剥離が発生した結果として、舗装のよれや基層からのポットホールとして外観に顕在化し、車両走行の安全性の低下を招くものと考えられる。一方で、Case 1-1 や Case 2-1 のようなアスファルト加熱型塗膜の層を有する防水層では、輪荷重の繰返し走行の結果としてアスファルト加熱型塗膜の層にそのせん断ひずみが 1,000%程度となるようなせん断変形がもたらされたとしても(図-17)、図-18 および表-6 のとおり防水層のせん断接着強度は低下しておらず、防水性も確保されている。ここで、作用の前後における強度低下を損傷として定義した場合には、Case 5-1 はあきらかな損傷であるが、Case 1-1 や Case 2-1 は損傷には該当し得ない。

例えば、橋面に発生した舗装のわだち掘れを切削オーバーレイによって補修する場合、前者は舗装の表層および基層さらには防水層を補修する必要があるが、後者は表層のみの補修で良いこととなる。また、アスファルト加熱型塗膜の層を有する防水層は Case 3-1 や Case 4-1 と比較するとわだち掘れに対する抵抗性は低いものの、その材料費が相対的に廉価であることを踏まえると、舗装の管理水準がそれほど高くない場合や、大型車交通量が少ない場合には床版防水層として十分に適用性があるものと考えられる。

本実験に用いた防水層は、いずれも現行の防水層に関する試験規格⁵⁾を満足するものである。しかし、現行規格による結果からは Case 5-1 や Case 5-2 で用いた防水

表-6 輪荷重走行を与えた供試体の防水性試験Ⅱの結果

| | 判定 |
|---------|------|
| Case1-1 | 漏水なし |
| Case2-1 | 漏水なし |
| Case3-1 | 漏水なし |
| Case4-1 | 漏水なし |
| Case5-1 | 漏水なし |

層に損傷が発生するような評価を得ることはできない。このことから、輪荷重の繰返し走行に対して適切に防水層の持つ性能を評価するためには、作用の与え方や温度等の試験条件およびその規格値等に対して大きな改善が必要であると言えよう。一方で、本実験のようなランダムトラバースホイールトラッキング試験は、装置が大きかりであることから、より簡易に性能を評価できるような試験方法を開発していく必要がある。

本実験は実橋における輪荷重の繰返し走行による変形の状態を、床版防水層の性能評価試験で一般的に用いられる縦 300 mm、横 300 mm、厚さ 100 mm (舗装 40 mm、コンクリート 60 mm) の供試体⁶⁾に対して等倍のスケールで再現するとともに、舗装の維持修繕における管理目標値を一つの目安として取り込んだものである。防水層に求められる機能を設定するための足掛かりになる結果を得たものと考えている。しかし、本実験は限定的な条件の範囲のものであり、舗装、防水層およびコンクリートからなる構造体に要求される機能や水準さらにはその評価方法を決定していくためには、供用中の条件における作用、舗装および床版に要求される機能および設計や維持管理の考え方等を踏まえて今後の検討を実施していく必要がある。

3. まとめ

本研究では、輪荷重の繰返し走行に対する舗装、防水層および床版からなる構造体の疲労耐久性評価を目的として、舗装、防水層およびコンクリートからなる供試体を用いた小型輪荷重走行試験を実施した。本研究の範囲で得られた知見を以下に示す。

- (1) 舗装表面の鉛直変位(わだち掘れ)の大きさと舗装下端の水平変位、すなわち防水層の変形特性には強い相関がある。
- (2) 防水層の種類によってわだち掘れに対する抵抗性が大きく異なり、わだち掘れに関する橋面舗装の維持

修繕の目標値に相当する鉛直変位が発生しても防水層の付着切れが発生していない材料も確認された。

- (3) 舗装下端が水平方向に変位するメカニズムは2通りあり、防水層の層内でせん断変形が発生するモードと舗装と防水層の界面がずれて剥離するモードに大別された。修復性の観点においては両者が持つ意味合いは大きく異なるものと考えられる。
- (4) 橋面においてわだち掘れに対して高い抵抗性を確保するためには舗装に耐流動性の優れた材料を用いるだけでなく、防水層および防水層と舗装との界面において一定程度のせん断接着強度とせん断剛性が要求される。
- (5) 現行の試験規格による結果からは Case 5-1 や Case 5-2 で用いた防水層に損傷が発生するような評価は得られない。このため、輪荷重の繰返し走行に対して適切に防水層の持つ性能を評価するためには、作用の与え方や温度等の試験条件およびその規格値等に対して大きな改善が必要であると言える。
- (6) 供用中に著しいわだち掘れが認められる場合には、舗装との界面を含めた防水層の機能低下が発生している可能性を考慮して、維持補修に関する調査や計画を実施する必要があると考えられる。

謝辞

本研究は、(独)土木研究所寒地土木研究所が一般財団法人災害科学研究所と共同で実施した「積雪寒冷地にお

ける橋梁床版等の補修・補強技術に関する研究」における成果の一部であり、関係各位に多大なるご協力をいただいた。ここに記して感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 松井繁之：道路橋床版 設計・施工と維持管理，森北出版株式会社，2007。
- 2) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説，I 共通編，pp.102-103，2002。
- 3) 松井繁之：ランダムトラバースホイールトラッキング試験機による床版+防水工+舗装の耐久性評価，平成 17 年度～平成 18 年度科学研究費補助金基盤研究 C 研究成果報告書，2007.3
- 4) 野村謙二，魚本健人：床版防水工とコンクリート床版の付着性状がもたらす影響，コンクリート工学年次論文集，Vol.23，No.2，pp.1303-1308，2001
- 5) 日本道路協会：道路橋床版防水便覧，2007.3
- 6) 安倍隆二，丸山記美雄，熊谷政行：積雪寒冷地におけるアスファルト舗装の理論的設計方法に用いる材料特性および環境条件に関する検討，寒地土木研究所月報，No.708，pp.2-12，2012。
- 7) 谷垣博司：近畿管内の道路橋における交通荷重の実態から見た路線別交通特性と橋梁部材の確率論的安全性評価に関する基礎的研究，大阪大学大学院修士論文，1996
- 8) 国広，井上：道路橋の疲労指針，道路，1972.3
- 9) 日本道路協会：道路維持修繕要綱，1978

STUDY ON HIGHLY-DURABLE SLAB WATERPROOFING SYSTEM FOR KEEPING PERFORMANCE OF BRIDGE DECK SLABS

Budgeted : Grants for operating expenses
General account

Research Period : FY2011-2015

Research Team : Cold-Region Construction
Engineering Research Group
(Structures)

Author : NISHI Hiroaki
KONNO Hisashi
OKADA Shinya
SATO Takashi
OMOTE Shinya
SAWAMATSU Toshikazu

Abstract : The small wheel running test was conducted on specimens consisting of asphalt pavement, a slab waterproofing and concrete, for the purpose of evaluating the fatigue resistance against repeated wheel loading of a structure that consists of asphalt pavement, a slab waterproofing and a RC deck slab. In this experiment, we used a testing apparatus that simultaneously and repetitively applies compressive force and surface shear stress to specimens, recreating the actual phenomenon at the running position of the load. The results show that there is a strong correlation between flow rut depth and the deformation characteristics of the slab waterproofing. They also confirm that flow rut resistance differs depending on the type of slab waterproofing, and that no adhesive breakdown is found on a slab waterproofing with a certain kind of material even when vertical displacement reaches the threshold value for asphalt pavement maintenance and repair. Furthermore, two mechanisms were found to be involved in horizontal displacement at the bottom of the pavement, and these two mechanisms are described as follows: in one, shear deformation occurs inside the slab waterproofing; in the other, surface slip occurs at the interface between the pavement and the slab waterproofing. The fact that there are two mechanisms suggests that there may be differences between them in terms of reparability.

Key words : Slab waterproofing, RC deck slab, Wheel tracking test, Flow rut, Fatigue durability