

## 道路橋における床版や舗装を含む多層構造体のせん断疲労耐久性に関する研究

### Evaluation for Bonding Fatigue Durability of Composite Multilayer of Bridge Deck, Waterproof and Pavement in Highway Bridges

大塚 匠<sup>\*1</sup>, 大西 弘志<sup>\*1</sup>, Chai Hwa Kian<sup>\*2</sup>, 松井 繁之<sup>\*3</sup>

Takumi Otsuka, Hiroshi Onishi, Chai Hwa Kian and Shigeyuki Matsui

<sup>\*1</sup> 大阪大学大学院 工学研究科 地球総合工学専攻(〒565-0871, 大阪府吹田市山田丘 2-1)

<sup>\*2</sup> 飛島建設 技術研究所(〒270-0222, 千葉県野田市木間ヶ瀬 5472)

<sup>\*3</sup> 大阪工業大学 八幡工学実験場(〒614-8289, 京都府八幡市美濃山一ノ谷 4)

The major causes of serious deterioration of bridges in Japan are corrosion of steel members and reinforcements in concrete and fatigue failure of RC slabs. According to previous researches, the fatigue failure mode of RC slabs is punching shear failure. It is well-known that the penetration of rainwater into the cracks from the top surface accelerates the fatigue failure progress and shortens the fatigue life time of a slab to 1/50 to 1/100 of that under dry condition. Therefore, Surface of bridge decks are covered with waterproof and asphalt pavement to prevent penetration of water. Behaviors of these multilayer composite structures are desired to be effective between deck and surface structure such as pavement or waterproof layer. In order to evaluate the multilayer composite structures appropriately, it is important to evaluate not only individual element characteristics but also the durability as whole multilayer composite structures.

In this study, authors proposed a new evaluation method which is combined with Random Wheel Tracking test and Shear Fatigue test to evaluate relation between deformation of pavement under wheel load and fatigue durability of bonding strength between waterproof layer and asphalt pavement. Compared with the evaluation by each individual test, the combined evaluation method seems to be more useful for real multilayer structures.

Keywords: Bridge Deck, Waterproof layer, Random Wheel Tracking, Shear Fatigue

#### 1. はじめに

橋梁床版、ひいては橋梁はその使用環境において、様々な劣化要因の影響を受けている。RC床版や鋼・コンクリート合成床版では、コンクリートの乾燥収縮や活荷重作用による引張力により生じた床版上面のひび割れに、雨水が浸入することで、コンクリートの劣化が著しく加速されることが分かっている<sup>1)</sup>。既往の研究によると、この雨水の影響によりRC床版の疲労寿命は1/50から1/100に低下することが指摘されている。また、寒冷地で使用される凍結防止剤に含まれる塩分の床版内への浸入により、床版内部の鋼材の腐食が促進される。

雨水のひび割れへの浸入による劣化機構は次のとおり説明されている。活荷重によりひび割れの擦り磨き現象が起こる際に、床版防水層がない場合には、舗装を通して浸入した雨水が貫通ひび割れ内に浸入して、床版コンクリートの圧縮応力域で曲げ応力の繰り返しに同調して水圧の繰り返し作用が発生する。また、せん断力やねじりモーメントの作用に対する骨材のインターロッキング抵抗が、水の浸入によって骨材回りの付着切れを誘発することにより早期に低下する。この現象が継続することにより、ひび割れ面でのせん断抵抗能力を失い、コンクリートが泥と骨材に分解する。このような骨材化現象は、床版コンクリートの圧縮側領域で発生するため、発生すると床版は耐力を失い、局部陥没破壊という最終破壊に至る。

これらのことから、床版自身が保有する耐久性を十分に発揮させるには、床版内への水や塩分の供給を遮断する高い性能の防水層の設置が重要である。このような経緯から、最近において種々の防水材料が開発されてきたが、従来適用されていた防

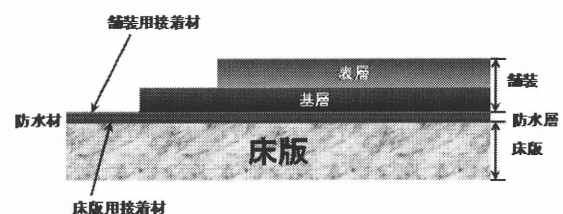


図1 床版防水システムの構成

水層は建築物の屋根防水に適用されるものが多く、輪荷重という小さい載荷面積に対して50~150kNの荷重が作用する道路橋床版への適用性においては問題があった。最近開発された防水層は高機能防水層と呼ばれ、主に道路橋床版に活用できるように大きな荷重に対しても適用性が高いものである。一般的な床版防水システムの構成を図1に示す。

道路橋床版の上面は床版の保護や補強のために、床版の種類に応じて様々な多層構造として施工されている。これらの多層構造体は下部に存在する床版と連成した挙動を示すことが求められる。そのため、これらの多層構造体を評価する際には各層の個別評価だけではなく、多層構造全体を1つの構造とみなした評価方法が必要であると考えられる。現状においてはこれらの多層構造に対していくつかの評価方法が提案されているが、より実用的な評価手法に対してはそれぞれの構造体の特性に合わせた検討の余地があると考えられる。中でも、舗装・防水層・床版で構成される床版防水システムにおいては、舗装材料が輪荷重走行を受ける際に発生する舗装流動やわだち掘れなどにより、防水層や床版への与える影響が複雑であるため、これらを

考慮しかつ床版防水システム全体での評価を行う手法の確立が求められている<sup>2)</sup>。

以上の背景から、道路橋床版上の多層構造体について、特に床版・防水層・舗装の3層から構成される床版防水システムおよび鋼床版における上面からの補強における新たな手法の評価について検討を行う必要があると考えられる。

床版・防水層・舗装の3層から構成される床版防水システムにおいては、輪荷重作用下において舗装および防水層の損傷は他方に強く影響を及ぼすと考えられ、舗装変形および防水層の評価は同時に評価する必要があると考えられる。

このため、本研究では輪荷重作用下における舗装変形および防水層の疲労耐久性の新たな評価方法を提案することを目的とし、ランダム・ホイールトラッキング試験およびせん断疲労試験を組み合わせた試験や、これらの2試験のうち1つを単独で実施した。一連の実験から得られた結果を考察し、今後の防水層設置のための基礎資料となるようにした。

## 2. 実験概要

### 2.1 緒言

本章では、床版・防水層・舗装の3層構造体に対するランダム・ホイールトラッキング(RWT)試験およびせん断疲労試験、また舗装・防水層・床版を一体的に評価する際における相乗効果を考える必要があるため、ランダム・ホイールトラッキング(RWT)試験とせん断疲労試験を組み合わせた試験も実施した。その試験の概要についても述べる。

### 2.2 試験機概要

#### (a) ランダム・ホイールトラッキング試験機<sup>3)</sup>

近年アスファルト舗装上において、交通量の増大と交通荷重の繰り返し作用に起因する舗装のわだち掘れが、自動車のハンドリングの悪化や雨天時の走行安定性・冬期の路面凍結など、多くの問題を発生させる原因となっている。そこで、道路橋床版上のアスファルト舗装部において、わだち掘れ・舗装変形に関する工学的研究が多くなされており、重要な維持管理問題と認識されている。

従来、アスファルト舗装のわだち掘れ評価及びアスファルト混合物の耐流動性を評価する方法として、橋面舗装に対する交通荷重を室内で簡易にシミュレートできるホイールトラッキングトラバース(WTTV)試験が一般的に用いられてきた。しかし現行の方法では、輪荷重が路面を押さえながら斜め方向に走行位置が変わるので、実交通荷重の荷重状態を再現できておらず、より実現性に即した評価試験の開発が必要となっている。そこで本研究室では、実際の交通荷重を再現することを目的としたWT試験機の一形態であるランダム・ホイールトラッキング(RWT)試験機を開発し、「床版・舗装」の耐流動性評価ならびに「床版・防水層・舗装」といった複合構造の場合の、舗装の耐流動性、防水層の疲労耐久性の評価を行っている。

実橋梁では車両の走行位置はランダムに変化し、ある確率分布を有している。このような、輪荷重の走行位置が確率分布する現象を試験上で再現する場合、供試体に作用する輪荷重位置

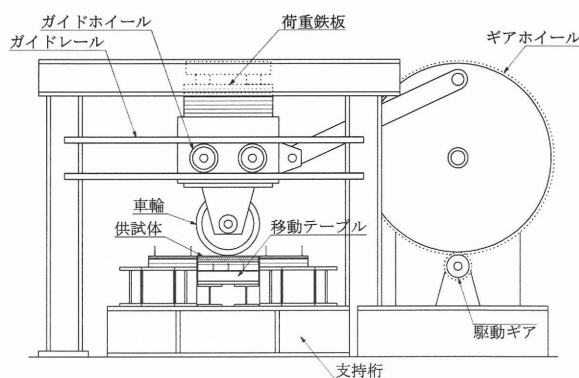


図 2 RWT 試験機の概略図



図 3 せん断付着疲労試験機

を確率分布に従って無作為に橋軸直角方向に変動させる必要がある。本試験機においては、供試体を橋軸直角方向に移動させる装置を用いて、この変動を実現している。

#### (b) せん断疲労試験機<sup>4)</sup>

せん断付着疲労試験機は回転カムによる変位付与部と床版+舗装からなる2層供試体の接合面に水平せん断応力をバネ力で与えるユニットから構成される。偏心回転カムを試験機の中心に置き3つの載荷ユニットを放射状に設置するというレイアウトにすることで、一度に3体の供試体の試験を行うことができる効率の高いものになっている。一つの載荷ユニットの構造は両端にバネを装着した構造である。回転カム側を載荷側、もう一方を反撥側とし、試験機に装着したバネを各々載荷側バネ、反撥側バネと区別する。大きな載荷荷重にも安定した荷重を加えるため、バネを2本並列に設置している。

供試体は独立した2つの治具により固定され、それぞれの治具の間に供試体の予想されるせん断断面を配置することにより、正確かつ簡単に供試体のせん断付着疲労特性を解析することが可能である。

### 2.3 試験概要・試験目的

本試験で使用した供試体の概要を表1に示す。供試体は床版・防水層・舗装の3層構造をなしている。

本試験においては、2種類の異なる目的を持つ供試体について、ランダム・ホイールトラッキング試験、せん断疲労試験のいずれかもしくは両方を実施している。それぞれの試験手順等については次項以降で述べる。

舗装・防水層・床版の3層構造をなしている供試体は、床版

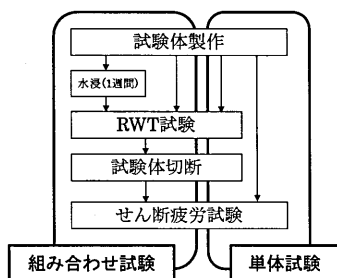


図 4 実験フロー

防水システムの付着疲労耐久性の検討のために行われ、特にランダム・ホイールトラッキング負荷による床版防水システムの付着疲労耐久性に与える影響を考慮するため、供試体にランダム・ホイールトラッキング負荷をある程度与えた後に、せん断疲労試験を実施することで残存付着力の違いを調べることが目的とした(NAER,NAEW)。比較のため、ランダム・ホイールトラッキング負荷を与えずにせん断疲労試験のみを実施した供試体(NAE)も存在する。本試験の実験フローを図 4 に示す。実際の試験はこのフローに沿って行った。それぞれの試験の詳細については次項以降に述べる。

#### 2.4 ランダム・ホイールトラッキング

ランダム・ホイールトラッキング(RWT)試験で使用する供試体は、300mm(横)×300mm(縦)×約 100mm(厚さ:コンクリート 60mm, 防水層 1~3mm, 舗装 40mm)である。ランダム・ホイールトラッキング試験を実施した供試体の概要を表 2 に示す。

試験は、大阪大学に設置したランダム・ホイールトラッキング試験機において行った。

本試験の実験前に、いくつかの供試体においては最低 1 週間以上常温の水中に置き、その後引き上げ試験を行った。この試験体を水浸状態と呼称する。

温度条件を 50℃とし、RWT による負荷は 1.2MPa とした。ここでは、RWT 負荷による舗装流動の発生を目的としているため、RWT 走行回数が 6000 回に達したところで試験を終了した。

所定の温度条件を満たすために試験開始前に赤外線ランプにより加熱を行うが、この加熱時間は供試体内での温度が平衡状態となるように、最低 12 時間の間供試体の表面に熱を与えた。

実橋梁では、車両の走行位置はある分布を有していることが既往の研究より明らかとなっている<sup>56)</sup>。そのため、より実現象に近づけることを目的として本研究においても実橋梁に即した走行位置分布を導入した。

実橋梁における車線幅員は 3500mm 程度であるため、標準偏差は 0.1B=350mm である。よって T 荷重幅 500mm との比率は 350/500=0.7 を換算率として、車輪幅 100mm より、RWT 試験での標準偏差は 70mm と決定される。また、供試体上面内で輪荷重の走行位置を変化させる必要があるため、供試体の移動範囲は供試体サイズの関係上、供試体中心から±150mm 以下に設定しておく必要がある。そこで、試験輪幅と安全性を考慮し、供試体の移動範囲は供試体中央から±80mm とした。これらの条件から決定した正規分布に従う確率乱数を発生させ、試験条件とし

表 1 供試体概要

供試体種別	床版材料	防水層	舗装材料	RWT試験	せん断疲労試験
NAE	普通コンクリート	アスファルト塗膜	機能性SMA	×	○
NAER,NAEW	普通コンクリート	アスファルト塗膜	機能性SMA	○	○

表 2 RWT 試験供試体概要

供試体種別	床版材料	防水層	舗装材料	***	供試体数
NAER	普通コンクリート	アスファルト塗膜	機能性SMA	乾燥	2
NAEW	普通コンクリート	アスファルト塗膜	機能性SMA	水浸	2

表 3 せん断疲労試験供試体概要

供試体種別	床版材料	防水層	舗装材料	供試体数
NAE	普通コンクリート	アスファルト塗膜	機能性SMA	8
NAER	普通コンクリート	アスファルト塗膜	機能性SMA	8
NAEW	普通コンクリート	アスファルト塗膜	機能性SMA	8

で導入した。現在導入している正規分布において 1500 回のスライドテーブル移動プログラムにおいて疑似的に再現した。

ランダム・ホイールトラッキング(RWT)試験では、舗装の輪荷重走行による変形状態を把握するために、以下のような測定項目について測定を行った。

#### a) 舗装部の変形量

橋軸方向において、供試体中央の橋軸直角方向の舗装変形量を測定した。橋軸直角方向にレーザー変位計を移動させながら、動ひずみ測定器によって変位量を測定することで変形量の測定を行った。測定位置は橋軸方向で供試体中央の橋軸直角方向 0.1mm ピッチの 3000 箇所であり、動的に測定することで、変形形状を精度よく捉えた。変形量の測定は、所定の輪荷重の走行回数ごとに走行載荷を中止し、測定装置を設置した後に行った。計測は、試験開始時(0 回)、200 回走行後、1000 回走行後、2000 回走行後、4000 回走行後、そして試験終了となる 6000 回走行後に行った。

#### b) 舗装部とコンクリート部間の相対ずれ

舗装とコンクリート間のずれを定規により 0.1mm 単位で測定した。このずれ量の測定結果を、防水層の接着性能の評価に活用した。試験では、輪荷重負荷による圧縮力と界面せん断力の作用で、舗装の塑性流動変形が生じる。この影響により、舗装と防水層間、または防水層とコンクリート間で付着切れが生じた場合、舗装部では更なる流動変形が生じ、橋軸直角方向及び橋軸方向に移動することになる。試験での支持条件では、舗装部の側方移動は拘束していない。このため、流動変形し側方移動した舗装部と、コンクリート部との間でずれが生じることになる。

#### 2.5 せん断疲労試験

3 層構造体に対するせん断疲労試験で使用する供試体は、ランダム・ホイールトラッキング試験で使用した供試体を 150mm(横)×150mm(縦)×約 100mm(厚み)に 4 分割したものである。100mm の厚みのうちコンクリートは 60mm、舗装が 40mm であり、防水層 1~3mm をコンクリートと舗装の間に挟む構造となっている。せん断疲労試験を実施した供試体の概要を表 3 に示す。供試体の切断に際して、切断した供試体が RWT 試験供試体における供試体サイズである 300mm×300mm×100mm の領域のうちどの位置に属するかを確認することを目的に、切断した供試体に枝番(A~D)をつけて区別した。これは、RWT 試験において特定の領域に過剰な負荷をかけていることがないか確認するためである。

表 4 試験機により発生可能なせん断力

		回転カムのサイズ(偏心量)	
		φ230mm(15mm)	φ250mm(25mm)
バネの種類	Class A	Level 1 (=0.59kN)	Level 2 (=0.98kN)
	Class B	Level 3 (=1.18kN)	Level 4 (=1.96kN)
	Class C	Level 5 (=2.35kN)	Level 6 (=3.92kN)
	Class D	Level 7 (=4.70kN)	Level 8 (=7.84kN)
	Class E	Level 9 (=7.35kN)	Level 10 (=12.25kN)

表 5 荷重レベルと供試体数

	荷重レベル			
	Level 2	Level 4	Level 6	Level 8
NAE	4	-	4	-
NAER	4	-	4	-
NAEW	4	-	4	-

せん断疲労試験機によって発生させることのできるせん断力は Level 1(約 0.026MPa)から Level 10(約 0.54MPa)までの 10 段階である。これは、偏心回転カムによって発生するバネの変位量(15mm, 25mm)と使用する 5 種類のバネ(Class A ~ Class E)のバネ定数とにより一義的に決定される。この組合せとせん断力との関係を表 4 に示す。

本試験においては、評価対象面に発生させるせん断力を既往の評価基準に照らし合わせて判断し、表 5 に示すように荷重を調整し試験を実施した。

RWT 試験においても舗装流動による界面せん断力の発生が考えられるため、せん断疲労試験において発生するせん断力の方向は管理することが必要である。

本試験においては、RWT 荷重を与えた輪荷重の走行方向に対して直角となる方向にせん断力を発生させるように供試体を設置した。

せん断疲労試験では、供試体の変形を常時監視するため、サンプリング周波数を 50Hz に設定して動的測定を実施し、試験進行に伴う供試体の変形挙動を把握した。測定項目は以下に示す 3 項目とした。

a) 破壊回数

試験機に装備した近接スイッチに連動したカウンターにより随時、繰り返し载荷回数を把握した。特にコンクリート部とアスファルト部の付着が完全に途切れた時点を破壊と判断し、その時の载荷回数、つまり「破壊回数」を確認した。

b) 载荷荷重・载荷側ばねの変形

レーザー式変位計を用い、コンクリート部固定治具を基点とし、ローラー支持板を測定対象点として载荷側ばねの変形を測定した。この測定結果によりバネの挙動を把握するとともに、実測したバネ定数を用いて载荷荷重を算出し、その経時挙動を確認した。

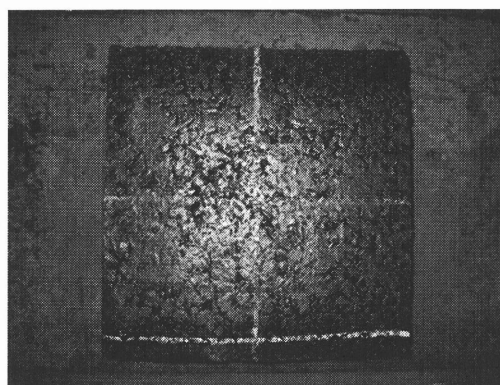


図 5 試験後の供試体(NAER の一例)

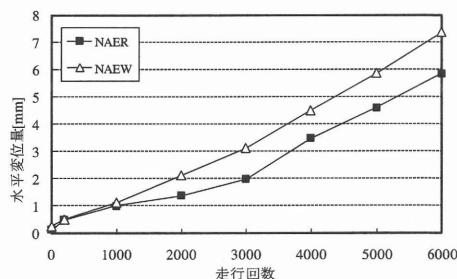


図 6 水平ずれ量の経時変化

c) コンクリート部とアスファルト部との水平ずれ

カンチレバ式変位計を用い、コンクリート部固定治具を基点とし、アスファルト部固定治具を測定対象点とすることで供試体のせん断面の水平ずれを測定した。この測定結果により、コンクリート部とアスファルト部間の水平ずれの経時挙動を確認し、後述する使用限界寿命と限界ずれの算出に活用した。

3. ランダム・ホイールトラッキング試験結果

本章においては、前章で述べた試験のうち、舗装・防水層・床版の 3 層構造体に対するランダム・ホイールトラッキング(RWT)試験について、試験後の舗装変形の状況およびアスファルト部とコンクリート部との相対ずれ量の計測結果を述べるとともに、考察を行う。

試験を実施した供試体の、試験終了後の写真の一例を図 5 に示す。舗装の変形は、走行を行った領域(中央より±130mm)を中心に鉛直下向きに発生した。この変形は、舗装流動によるものであると考えられ、実際に走行を行った領域より外側においては舗装が試験前の状況より盛り上がっている様子も見られた。

舗装の鉛直下向き方向変形量は、試験前に水浸状態にあったものが乾燥状態にあったものと比較して同等もしくはより変形量が増大していた。これは水浸状態にあったことにより舗装と防水層界面および舗装上面から水が浸入し、輪荷重走行により浸入した領域に圧力がかかり間隙水圧が発生することが防水層と舗装との接着状況に影響を及ぼしていると推定される。

試験を実施した供試体の、アスファルト部とコンクリート部との相対的な水平ずれ量の平均値の経時変化を図 6 に示す。

表 6 試験結果

試験体	RWT	水浸	載荷荷重	破壊回数	相対ずれ	使用限界寿命	破壊形式
NAE-1A	×	×	Level 2	49470	4.232	43600	a
NAE-1B	×	×	Level 2	23850	3.445	19700	a
NAE-1C	×	×	Level 2	52980	3.310	45500	a
NAE-1D	×	×	Level 2	24670	3.352	21800	a
NAE-2A	×	×	Level 6	438	3.803	354	a
NAE-2B	×	×	Level 6	563	不明	262	a
NAE-2C	×	×	Level 6	444	不明	158	a
NAE-2D	×	×	Level 6	723	不明	402	a
NAER-1A	○	×	Level 2	19550	3.522	16700	a+b
NAER-1B	○	×	Level 2	13130	不明	11500	a+b
NAER-1C	○	×	Level 2	41410	5.299	36700	a+b
NAER-1D	○	×	Level 2	19300	不明	17000	a+b
NAER-2A	○	×	Level 6	268	4.481	222	a+b
NAER-2B	○	×	Level 6	307	5.215	277	a+b
NAER-2C	○	×	Level 6	568	4.738	432	a+b
NAER-2D	○	×	Level 6	470	4.033	334	a+b
NAEW-1A	○	○	Level 2	7927	3.978	6840	a+b
NAEW-1B	○	○	Level 2	7133	不明	5700	a+b
NAEW-1C	○	○	Level 2	21300	3.104	16600	a+b
NAEW-1D	○	○	Level 2	12110	不明	9630	a+b
NAEW-2A	○	○	Level 6	142	3.761	110	a+b
NAEW-2B	○	○	Level 6	202	3.528	142	a+b
NAEW-2C	○	○	Level 6	204	3.774	166	a+b
NAEW-2D	○	○	Level 6	179	3.599	119	a+b

計測は、一定回数の輪荷重走行後に試験機を一時停止させて行った。測定を行ったタイミングは試験開始時(0回)、200回走行後、1000回走行後、2000回走行後、3000回走行後、4000回走行後、5000回走行後、そして試験終了となる6000回走行後である。乾燥状態にあった供試体より水浸状態にあった供試体のほうが、水平ずれ量が大きな傾向が見られた。

#### 4. せん断疲労試験結果

ランダム・ホイールトラッキング(RWT)試験を実施した供試体について、試験後の供試体を切断しせん断疲労試験を実施した。本章においては、このRWT 載荷後の供試体に対するせん断疲労試験について各種結果を述べ、同時に考察を行う。

試験終了時にせん断力の作用により付着が切れた面における破壊形状の観察を行い、これまでのせん断付着疲労試験の結果から以下の3つの破壊形式のうちいずれかとなることを確認した。

- ・ 破壊パターン a  
アスファルト部と防水層の間でのせん断付着破壊
- ・ 破壊パターン b  
コンクリート部と防水層の間でのせん断付着破壊
- ・ 破壊パターン c  
アスファルト内部のせん断破壊

本試験においては、供試体のほとんどの面積においてパターン a と考えられる破壊を確認したが、一部でパターン b と考えられる破壊を呈した。この破壊形態は、水浸状態で RWT 負荷を与えた供試体について発生した。これは、内部に浸透した水が RWT 負荷により内圧が増すことにより剥離を進行させ、防水層およびコンクリート間の接着力の低下が発生したことが原因と考えられる。この破壊性状の変化は、次項で述べる破壊に要した載荷回数においても影響がみられた。

各供試体の破壊回数及び使用限界寿命を示した表を表 6 に示す。相対ずれ量の経時変化から得られる限界ずれ量を「不明」

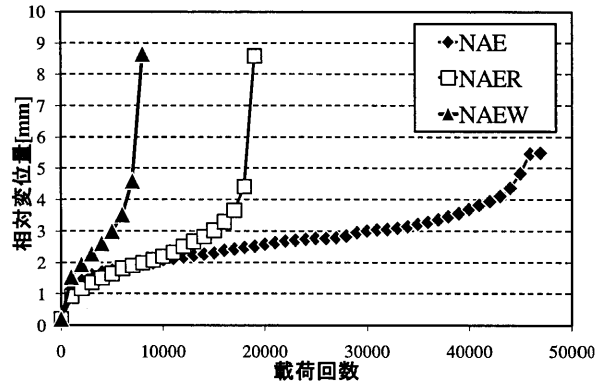


図 7 相対ずれ量の経時変化の一例

としたものについての使用限界寿命を算出する際には、それぞれの供試体についての破壊回数と使用限界寿命との関係を使用した。

RWT 負荷を与えた供試体は、いずれも無負荷の供試体と比較して破壊に至るまでの載荷回数が減少する傾向を示した。水浸状態で RWT 負荷を与えた場合は載荷回数の減少傾向がさらに顕著となった。

各供試体について、横軸を載荷回数、縦軸をアスファルト部とコンクリート部との相対ずれ量とした経時変化グラフを図 7 に示す。

乾燥状態での回転せん断疲労試験のもの、ランダム走行試験後乾燥状態での回転せん断疲労試験を行ったもの(供試体種別において R を付けたもの)、さらに水浸状態でランダム走行試験後に回転せん断試験を行ったもの(同じく W を付けたもの)の順に破壊回数が減少している。

床版・防水層・舗装の 3 層構造体において載荷荷重の小さな Level 2 とした供試体においては、アスファルト部とコンクリート部との間にある程度の水平ずれ量が発生したのちに急激に水平ずれが増加し破壊に至る様子が見られた。既往の研究においても同様の現象が確認され、アスファルト部またはコンクリート部と防水層部との付着が切れることによりこのような現象が発生すると考えられる。

試験を行った各供試体について、それぞれ使用限界寿命および限界ずれ量を表 6 に示す。載荷荷重の小さな供試体については急変点を確認できることから容易に使用限界寿命を算出することが可能であったが、載荷荷重の大きな供試体については相対変位量の経時変化における傾きが大きく急変点を確認できないものもあった。

これらについて、使用限界寿命は他の供試体による破壊回数と使用限界寿命との関係から推測することで算出し、限界ずれ量については「不明」とした。全般的に限界ずれ量は 3-4mm 程度に集まっている。また、各供試体で使用限界寿命と破壊回数との比はほぼ 0.9 であると考えられる。

一連の試験により、各供試体についての S-N 関係が得られた。

図 8 に示した曲線は、縦軸に防水層の上下界面に生じるせん断応力振幅、横軸に使用限界に達した時の載荷回数である使用限界寿命を対数でプロットしたデータに対して、最小二乗法で



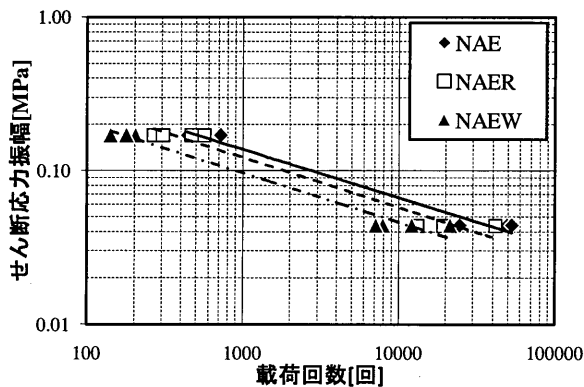


図 8 S-N 関係

求めた 50%破壊確率の曲線である。相関係数はいずれも R が 1 に近く、各防水層に対してそれぞれ精度の良い S-N 曲線が得られたことがわかった。

基盤材料に普通コンクリートを使用した供試体(NAE シリーズ)については、無負荷の供試体、RWT 負荷を与えた供試体、水浸状態で RWT 負荷を与えた供試体の順に S-N 曲線が左にシフトしていくことがわかる。また、各 S-N 曲線の傾きはほぼ変化がない。

## 5. まとめ

本研究は、輪荷重作用下における舗装変形および防水層の疲労耐久性の新たな評価方法を提案すること、また接着材を用いた合成床版化を行った鋼床版のせん断疲労耐久性の検討を目的とし、ランダム・ホイールトラッキング試験およびせん断疲労試験を組み合わせた試験や、前述した 2 試験のうち 1 つを単独で実施することにより得られた結果について考察を行った。本研究によって得られた成果を以下に要約して示す。

- 1) 舗装・防水層・床版の 3 層構造を一体的に評価する際における相互影響を考慮した試験方法として、ランダム・ホイールトラッキング(RWT)試験及びせん断疲労試験を組み

合わせた試験方法を提案した。

- 2) 舗装・防水層・床版の 3 層構造体に対する RWT 試験及びせん断疲労試験の組み合わせ試験では、RWT 負荷を与えなかった供試体と比べて、RWT 負荷を与えた供試体の方がせん断疲労耐久性は低下し、また、水浸状態で RWT 負荷を与えた場合には、せん断疲労耐久性はさらに低下する。
- 3) 環境条件や材料が変化した場合、輪荷重走行負荷による防水層および舗装との界面付着力への影響には大きな差があることに注目すべきである。
- 4) 防水システムの付着疲労耐久性について実現象に即した状態を的確に把握するためには、本研究で提案した試験方式は有用であると考えられ、試験資料の蓄積が望まれる。

## 参考文献

- 1) 松井繁之：移動荷重を受ける道路橋 RC 床版の疲労強度と水の影響について、コンクリート工学年次論文報告書，pp627-632, 1987.
- 2) 財団法人災害科学研究所，道路橋床版高機能防水システム研究委員会：道路橋床版高機能防水システムの耐久性評価に関する研究報告書，平成 16 年 3 月。
- 3) 青木康素：各種床版防水システムの疲労耐久性評価に関する研究，大阪大学大学院修士論文，平成 17 年度。
- 4) 小浦貴明：道路橋床版防水システムの付着耐久性に関する研究，大阪大学大学院修士論文，平成 16 年度。
- 5) 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，平成 7 年度。
- 6) 国広，井上：道路橋の疲労指針，道路，1972.3，阪神高速道路公団：阪神高速道路における RC 床版の実態調査，昭和 49 年 12 月。