

## 11. 炭素繊維シート埋設ジョイント付き R C 床版の輪荷重走行疲労実験

Wheel Running Fatigue Testing of RC Slab with Carbon Fiber sheet Type Expansion Joint

技術支援課 関口 幹夫、橋原 正周

### 1. はじめに

都道の道路橋伸縮装置(以下、ジョイントという)の補修サイクルは、沿道環境の保全が優先されるために3~15年と比較的短く、1990年以降の年間補修サイクルの平均は10年程度である<sup>1)</sup>。このように比較的早期に補修(交換)される実態から、ジョイントの交換が数回繰返されると既設床版は、ジョイント撤去時にブレーカーによるハツリ過ぎや不用意なひび割れによるダメージを受ける。また、ブレーカー先端のノミが床版を貫通する例もあるほか、交換用ジョイントのアンカーが既設の鉄筋に当たってセットできないケースでは、鉄筋を切断することもある。このように、ジョイントを何回も交換することは、同じ箇所を何度もハツリ取るなどにより床版の疲労耐久性を悪化させていると推察できる。

そこで、伸縮装置取付け部の既設床版厚さが疲労耐久性に与える影響を把握することを目的に、都市内で環境対策として使用実績の多い荷重支持型ゴムジョイント、簡易なノージョイントとして使用実績が増加する可能性のある荷重分散型アスファ

ト系ノージョイント、10年前に小滝橋で試験施工済みの新材料新形式の荷重支持型埋設ジョイント<sup>2)</sup>の3タイプを取上げ、輪荷重走行疲労試験機を使用して検討する。

本報文は一昨年報告したゴムジョイント<sup>3,4)</sup>、および昨年報告した特殊アスファルト系のノージョイント形式の代表的製品であるシームレスジョイント<sup>5,6)</sup>に引続き、走行疲労実験を行った荷重支持型埋設ジョイント形式であるニツテツジョイント<sup>2,7)</sup>を取上げ、補修を想定した取付け部の既設床版厚さが疲労耐久性に与える影響を輪荷重走行疲労実験で検討したものである。

### 2. 実験概要

#### 2.1 試験体の概要

輪荷重走行実験の試験体の設置状況を図-1に示す。ジョイントを取付けるR C床版を4体製作して、輪荷重走行試験装置の主桁上に遊間50mmとなるように配置し、ジョイントを3箇所設置した。ジョイン

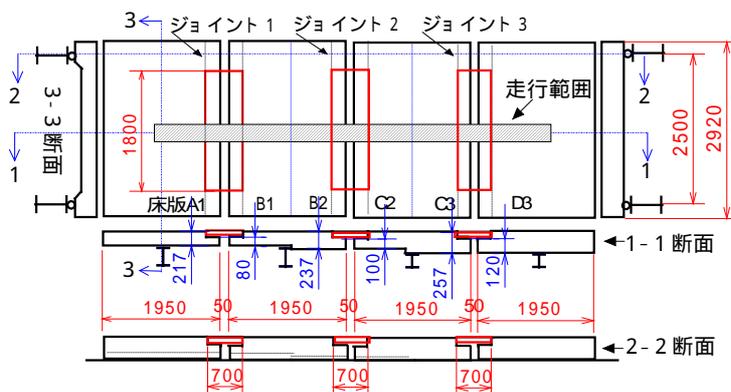


図-1 試験体寸法



写真-1 輪荷重走行試験状況

トの設置は、2.2 で詳述するが即日交通開放の補修（交換）工事を再現する手順で行った。

輪荷重走行実験は、戸田橋実験場の写真 - 1 に示すゴムタイヤ式の輪荷重走行試験機を使用して、試験体上を輪荷重が 6m 区間を往復載荷する方式で行った。床版の支持条件は、図 - 1 に示す走行方向（配力鉄筋方向）は支間 2.5m の単純支持、支間方向（主鉄筋方向）は床版中央の横桁（H328 × B200 × 12 × 16）で弾性支持し、橋脚上の支持条件をモデル化している。

ジョイント取付け部の既設床版厚さの決定は、特に厚さに関する制限や規定は存在しない。そこで、日本ジョイント協会やメーカーのヒアリングを行い、経験的に 100 mm 以下では早期に損傷する例が見られるとの一致した見解を参考にして 80 mm、100 mm、120 mm に変化させている。

## 2.2 伸縮装置

実験に使用した伸縮装置は、ニッテツジョイントであり、炭素繊維シートをエポキシ樹脂接着剤で遊間部を下に凹型（逆型）に成形した特殊な形状のジョイントである。ジョイントの設置イメージは図 - 2 のとおりであり、図 - 1 に示すジョイント 1 の断面形状を図 - 3 に示す。ジョイント部の長さは 1,800 mm、幅は 360 mm である。ジョイント遊間部表層の弾性伸縮合材は、硬質ゴム粒子をポリウレタン樹脂で固めた材料で物性値を表 - 1 に示す。荷重を支持する炭素繊維シートの性能は、引張り強度 3400N/mm<sup>2</sup> 以上、引張り弾性率  $2.45 \times 10^{-6}$  N/mm<sup>2</sup> であり、エポキシ樹脂で成形している。弾性合材の下には、伸び 300% 以上の硬質ウレタンゴムと伸び 700% 以上の軟質ウレタンゴムをポリウレタン樹脂で固め一体化されている。遊間部の両側下面には、アンカーボルトで固定する半円形の鋼板があらかじめシートと接着されている。

取付けは、アンカーボルトを超速硬モルタルで下地成形を兼ねて取付け、成形ジョイントをアンカーにて固定した。切欠き部の隙間は、超速硬コンクリートで埋めて設置した。新旧打継ぎ目のハツリ面には、エポキシ樹脂接着剤を塗布して打ち継ぎを行っ

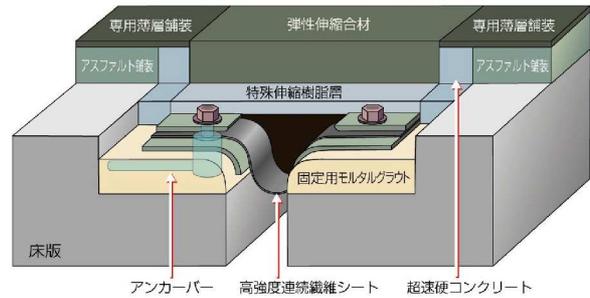


図 - 2 ジョイントの設置概要図

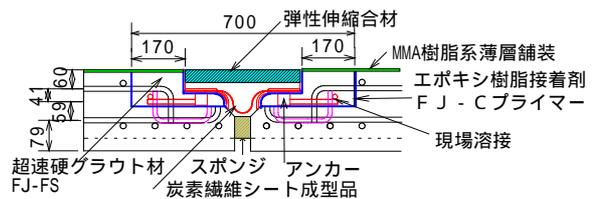


図 - 3 ジョイント 1 部の断面形状図

表 - 1 ジョイント弾性伸縮合材の物性

摘要	試験値	規格値	試験方法
DS値		3000回/mm以上	JHS-230 60
低音カンプロ試験損失量	0%	20%以下	JHS-231 -20
チェーンラベリング試験損失量	0.006cm <sup>3</sup>	0.7cm <sup>3</sup>	舗装試験法便覧準拠 -10 クロスチェーン
伸縮性試験	合格	±20mm非破壊	250mm幅/伸縮試験
載荷試験	2.8mm	たわみ量 3.5mm以下	荷重1.5N/mm <sup>2</sup> /定点載荷

た。また、超速硬モルタルおよびコンクリートは、プレミックスタイプを使用した。

## 2.3 RC床版

ジョイントを取付けるRC床版端部の仕様は、現行基準以前の補修事例が多いハンチ付きの床版を昭和47年道路橋示方書に準じて設計した。試験体の配筋と形状寸法を図 - 4 に示す。試験体は既報のゴムジョイントおよびシームレスジョイントの試験体と同一仕様である。実験終了後切断調査による配筋の出来高の有効高さを表 - 2 に、鉄筋の機械的性質を表 - 3 に、コンクリートの配合表を表 - 4 に示す。ジョイントを取付ける切欠き部の厚さは、チップング深さ 2 cm 分厚く製作した。ハンチの厚さはジョイント1が 4 cm、ジョイント2が 2 cm、ジョイント3はハンチを付けていない。

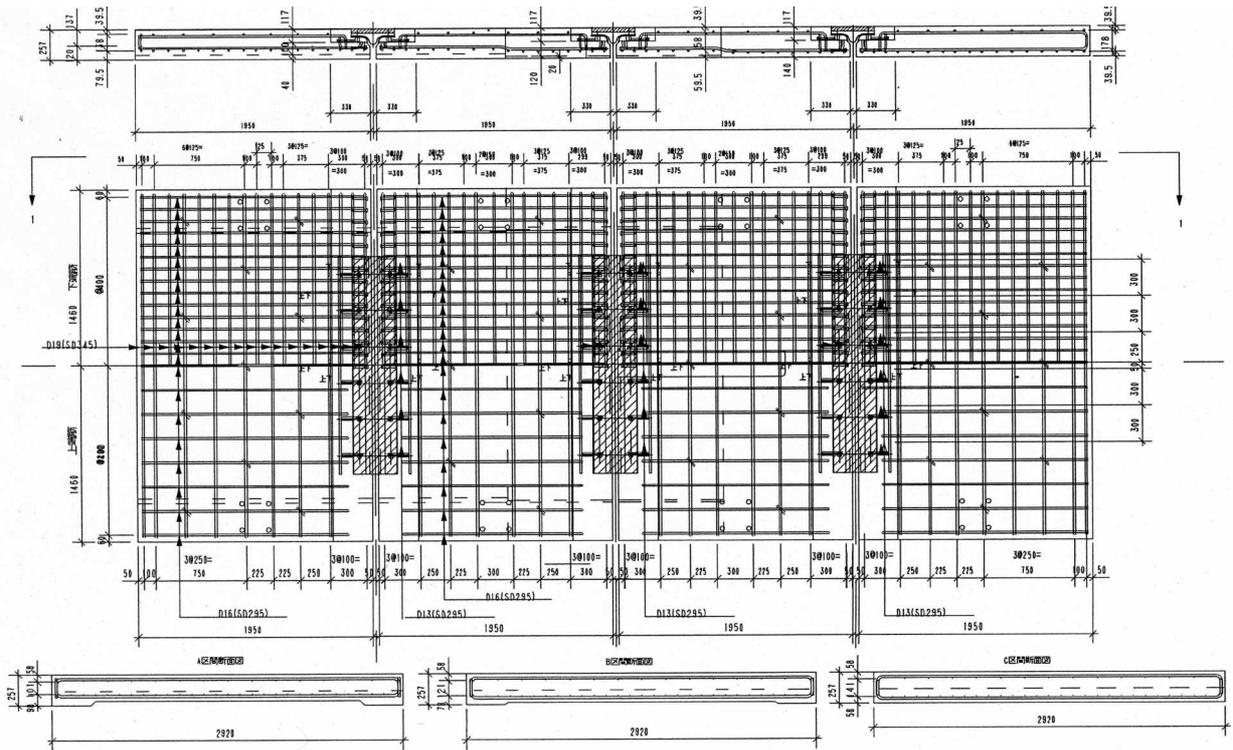


図 - 4 R C床版の配筋・形状寸法

表 - 2 床版の配筋（有効高さは出来高）

床版	床版厚 (mm)	主鉄筋(mm)				配力鉄筋(mm)			
		上側		下側		上側		下側	
		呼径・間隔	有効高	呼径・間隔	有効高	呼径・間隔	有効高	呼径・間隔	有効高
床版A1, B1	215.6	D19@225	57.6	D19@100	179.3	D16@200	85.2	D16@100	160.4
床版B2, C2	238.9	D19@225	59.0	D19@100	198.2	D16@200	78.3	D16@100	182.4
床版C3, D3	255.3	D19@225	56.9	D19@100	217.2	D16@200	77.0	D16@100	201.2

表 - 3 鉄筋の機械的性質

用途	呼び径	降伏応力 (N/mm <sup>2</sup> )	ヤング係数 (kN/mm <sup>2</sup> )	引張強さ (N/mm <sup>2</sup> )
主鉄筋	D19/SD345	385.3	18.7	584.2
配力筋	D16/SD295A	360.4	18.2	516.2
補強筋	D13/SD295A	363.5	19.0	503.5

表 - 5 R C床版コア試験結果

供試体	圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	ヤング係数 (kN/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比
A1	25.2	21.5	0.19
A2	28.8	24.2	0.28
D1	35.0	22.7	0.21
D2	32.3	23.1	0.18

表 - 4 R C床版コンクリート配合表

呼び強度	スランプ	空気量	水セメント比	細骨材率
N/mm <sup>2</sup>	cm		%	
24	8	4.5	57.0	43.2
セメント	水	細骨材	粗骨材	AE減水剤
Kg/m <sup>3</sup>				
276	157	794	1,091	2.76

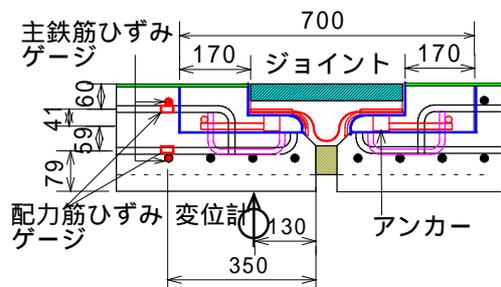


図 - 5 測定位置

#### 2.4 たわみと鉄筋ひずみの測定位置

ジョイント1部の床版のたわみ、鉄筋のひずみ測定位置を図-5、平面図を図-6に示す。また図-6では、たわみの測定番号と床版A1部の下側鉄筋ひず

み測定番号のみ標記している。たわみと鉄筋ひずみの測定位置は、遊間の左右で対称に配置してあり、

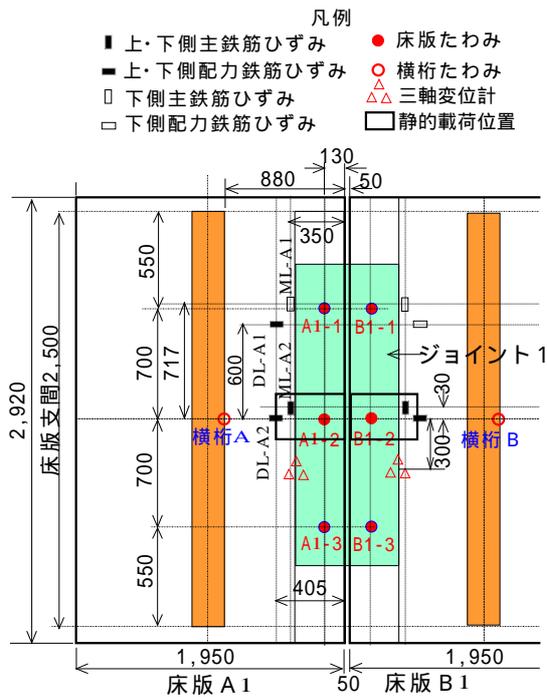


図 - 6 計測位置詳細 (ジョイント 1)

ジョイント 2 部およびジョイント 3 部も同様な配置である。なお、鉄筋ひずみゲージは、ゲージの疲労耐久性を確保するために市販の鉄筋計と同様に焼付け仕様で製作している。

## 2.5 実験方法

輪荷重走行実験は、写真 - 1 に示した当センター戸田橋実験場のゴムタイヤ式輪荷重走行試験機を使用した。試験体は、ジョイントを 3 箇所に取付けた長さ 8m、幅 2.9m の試験体を用いた。走行荷重は、床版支間 2.5m の中央の 6m 区間を荷重 100kN で 10 万回、荷重 130kN で 10 万回、荷重 160kN で 10 万回、荷重 200kN で 30 万回 (累計 60 万回) の走行プログラムにて行った。走行速度は、24 時間で 6m 区間を約 8,000 回往復する。また、タイヤ接地寸法は、157kN 荷重で走行方向 390mm、床版支間 (主鉄筋) 方向 340mm (有効幅 230mm)、接地面積は 89,700mm<sup>2</sup> である。

実験では、走行 1 回、10 回、100 回、1000 回・・・時に走行を一旦止め、ひび割れの観察、静的載荷試験、走行試験、重錘落下たわみ試験を行った。

ひび割れの観察は、床版表面に発生するひび割れについて、目視観察でひび割れの発生、進展状況をスケッチする方法で記録した。

静的載荷試験は、ジョイント設置部のそれぞれの床版端部を載荷位置とする静的載荷である。計測荷重は 0kN、40kN ~ 100kN まで 20kN ピッチで載荷し、除荷は 20kN ピッチで戻す方式とし、各荷重段階でのたわみと鉄筋ひずみを測定した。

走行載荷試験は、走行 2 往復分のたわみと鉄筋ひずみを動的に測定した。また、ジョイント取付け部の床版上面の接合部に 3 方向変位計を取付けて接合部の開き (幅) 段差、ずれ量を測定した。測定位置は支間中央から 300mm 離れた箇所とした。

重錘落下たわみ試験は、静的載荷試験と同じ載荷位置に直径 300mm の載荷板を介して、0.98kN の重錘を落下高さ 200mm で落とし、そのときの載荷板に作用する衝撃荷重をロードセルで計測するとともに、載荷板中央と支持桁位置での床版上面の変位 (たわみ) をサーボ型速度センサーで各 3 回測定した。

## 3. 実験結果

実験の走行回数を表 - 7 に示す。ジョイント 1 の床版 B1 は、200kN 載荷 64,721 回 (累計 364,721 回) で写真 - 2 のように走行面直下切欠き部から約 30 度の角度で横桁近傍に向かって押し抜きせん断破壊した。その後走行範囲を床版 B2 ~ 床版 D3 に狭めて実験を継続して、ジョイント 2 と 3 は累計 64 万回でも未破壊であり実験を打ち切った。

表 - 7 走行回数の結果

ジョイント	取付部 床版厚(mm)	走行回数(回)				備考
		100kN	130kN	160kN	200kN	
1	80	100,000	100,000	100,000	64,721	床版B1破壊
2	100	100,000	100,000	100,000	340,000 <	未破壊
3	120	100,000	100,000	100,000	340,000 <	未破壊



写真 - 2 床版 B1 押し抜きせん断破壊

### 3.1 床版の損傷状況

走行面および床版上面には、図 - 7 に示すひび割れが発生した。走行面での初期ひび割れは、10 万回時に床版 A1 と B1 ではジョイント近傍に、また床版 C2 と床版 C3 の中間横桁上の両脇で発生した。

床版下面のひび割れの発生状況を図 - 8 に示す。初期ひび割れの発生は、100kN 走行 10 回で床版厚の薄い床版 A1、床版 B1 の支間中央走行方向（配力鉄筋方向）に長さ 10cm 以下のひび割れが発生した。また、100 回走行で床版 B2、床版 C2 に、床版 C3 および D3 は走行 1,000 回でひび割れが発生した。

遊間部床版端から約 30cm 離れた位置での主筋方向切断面を写真 - 3 に示す。写真 - 3b) ジョイント 1 部

の床版 B1 切断面の中央の走行位置から斜め下にひび割れが発生し、押し抜きせん断破壊面が下側鉄筋位置でハンチに向かって水平に進展していることが確認できる。他の床版は未破壊であり床版 B1 に比べてひび割れは少ない。ジョイント 2 の床版 B2 と床版 C2 およびジョイント 3 の床版 C3 と床版 D3 は、曲げひび割れのみであることが、切断面のひび割れの方向から推察できる。

また、走行ライン直下でのジョイント切断面の押し抜きせん断ひび割れを写真 - 4 に示す。写真 - 4 では、ジョイント 1 床版 B1 の炭素繊維シートを固定している鋼板端部からほぼ 45 度の角度で切欠き部の角に向かってひび割れが発生している。そのひび割れ

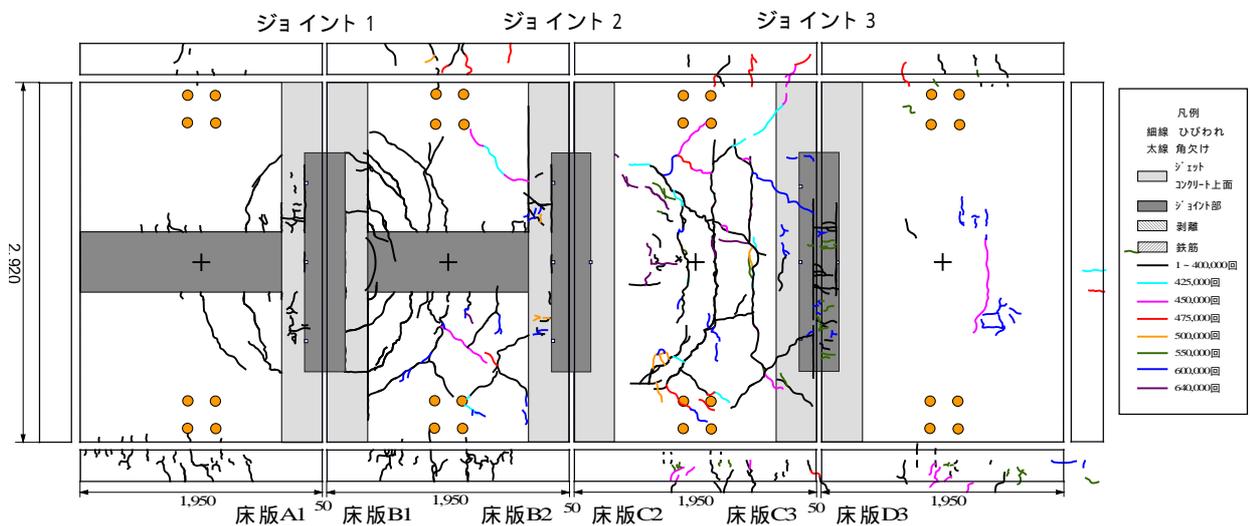


図 - 7 床版上面のひび割れ図

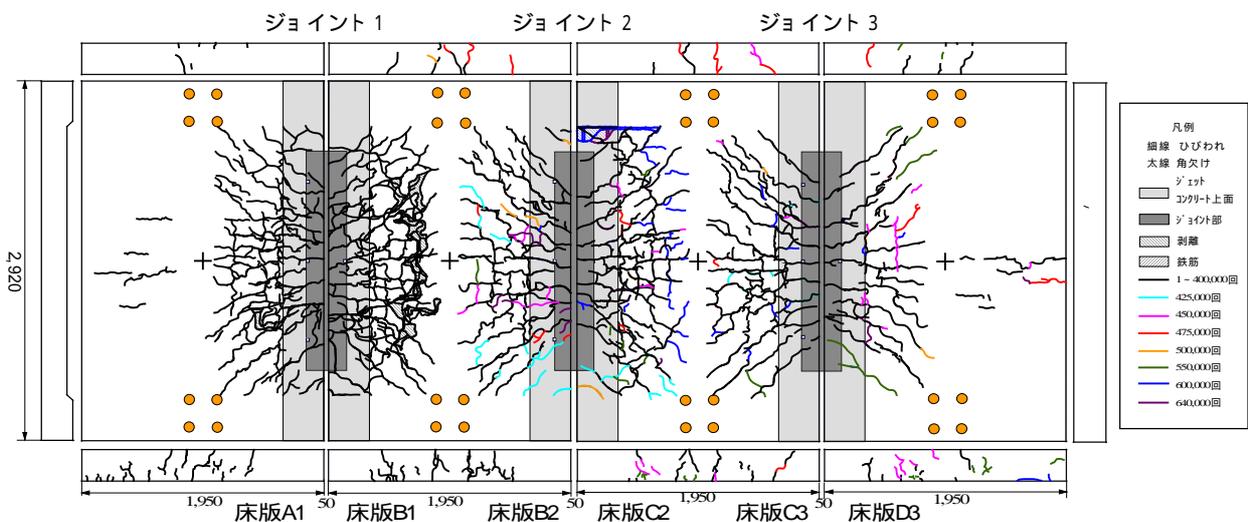


図 - 8 床版下面のひび割れ図



a)(上) 床版 A1 切断面      b)(下) 床版 B1 切断面



c)(上) 床版 B2 切断面      d)(下) 床版 C2 切断面



e) 床版 C3 切断面



f) 床版 D3 切断面

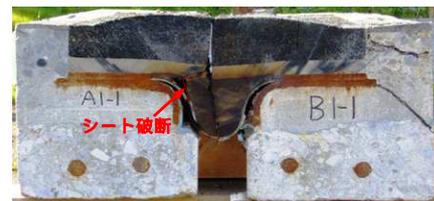
写真 - 3 ジョイント背面床版切断面のひび割れ

は、さらに水平に対して約 30 度の角度でせん断ひび割れとなって横桁の手前 20cm 位置で写真 - 2 や写真 - 3 および図 - 8 で破壊面が確認できる。

### 3.2 ジョイントの破損状況

写真 - 4 のとおりジョイント 1 切断面の床版 A1 側とジョイント 3 の床版 C3 側に炭素繊維シートの破断が確認された。破断の長さはジョイント 1 の床版 A1 側では 10cm ほどであり、ジョイント 3 の床版 C3 側では 5 cm ほどであった。なお、ジョイント 2 では炭素繊維シートの破断は確認されなかった。

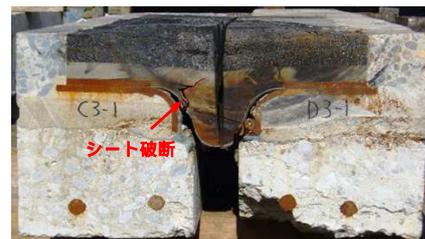
タイヤ走行面でのわだち掘れは、すべてのジョイント部でほとんど発生しなかったが、ジョイント 2 では、表層の弾性合材に 50 万回以降において肌荒れが起きた。試験終了まで補修は不要であったので、表層の弾性合材の耐久性は優れていると推察される。また、弾性合材を走行面に 5 mm の厚さで施工した床



a) ジョイント 1



b) ジョイント 2



c) ジョイント 3

写真 - 4 ジョイント切断面

版 A1 の走行面は、磨耗や剥離は 36 万回走行後においても施工直後と大差のない状態を維持していた。

### 3.3 たわみ

ジョイント取付け部の支間中央床版端部から 130 mm 位置の測定点 (図 - 5 参照) のたわみの測定結果を図 - 9 に示す。走行荷重は、1 ~ 10 万回まで 100kN、10 万 1 回 ~ 20 万回まで 130kN、20 万 1 回 ~ 30 万回まで 160kN、30 万 1 回以降は 200kN での階段載荷方式である。図 - 9 の凡例の (総) は各荷重の最大値であり、(残) は荷重を 0 に除荷したときの残留値である。階段載荷での評価は、一定荷重に換算して評価する。本報告では、静的載荷のたわみ測定値は、(最大値 - 残留値) = 弾性たわみの 100kN 換算で評価する。

図 - 10 は静的載荷時の 100kN 換算弾性たわみである。床版 A1 は、100 回以降 10 万回まで微増し、20 万回以降で急増した。床版 A1 以外は、10 万回までほとんど変化が見られないが、20 万回以降は A1 同様に急増している。弾性たわみの挙動は、床版厚に比例した挙動であることが読み取れる。また、床版 C2 は 64 万回で 4 mm を超えている。写真 - 3d) のジョイント左端部に大きなひび割れがあり、未破壊であるがダメージは相当進行していると推察できる。

図 - 11 には、走行時の動的たわみの挙動を示した。変動は大きいですが、図 - 10 の静的載荷時にほぼ対応した挙動で推移していることが確認できる。図 - 12 には、遊間部の床版下面における水平方向の開閉量の測定結果を示した。マイナス方向が水平方向の開きを表しており、図 - 10 のたわみと逆相似形のモードの挙動である。

### 3.4 鉄筋ひずみ

鉄筋ひずみの階段載荷による評価は、たわみ同様に弾性ひずみの 100kN 換算値で行う。支間中央床版端部から 350mm 位置 (図 - 5 参照) における下側主鉄筋の静的ひずみの測定結果を図 - 13 に示す。床版 A1 は、図 - 10 のたわみ同様に走行 10 回以降他の床版より傾きが大きく、10 万回で 300  $\mu$  を超えて以降は、他の床版同様に急増傾向を示している。

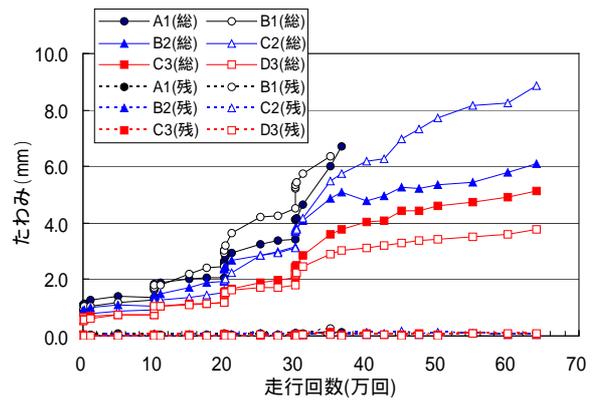


図 - 9 たわみ測定値

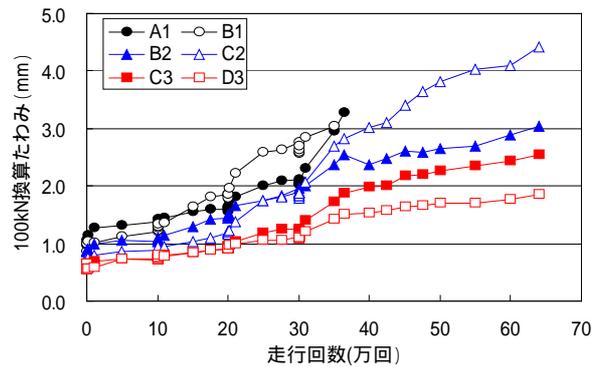


図 - 10 弾性たわみ

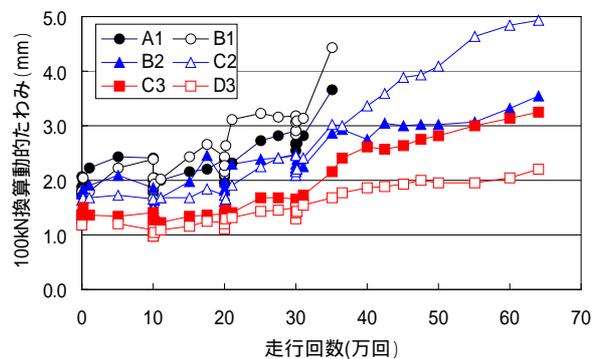


図 - 11 動的たわみ

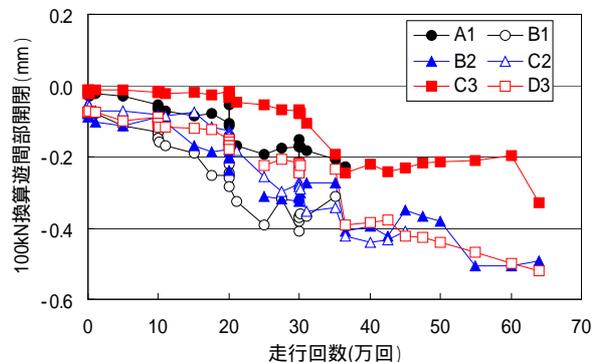


図 - 12 遊間の開閉

上側主鉄筋ひずみの結果を図 - 14 に示す。すべての床版において 20 万回まで、ほぼ一定の推移を示し、以降に減少傾向を示している。なお、床版 C3 のみ

20 万回以降に増加傾向に変化する挙動が見られた。この変化は、ひずみゲージ近傍のひび割れによる局所的な挙動が考えられるが特定は困難である。

図 - 15 は、図 - 13 に対応する走行時の下側主鉄筋

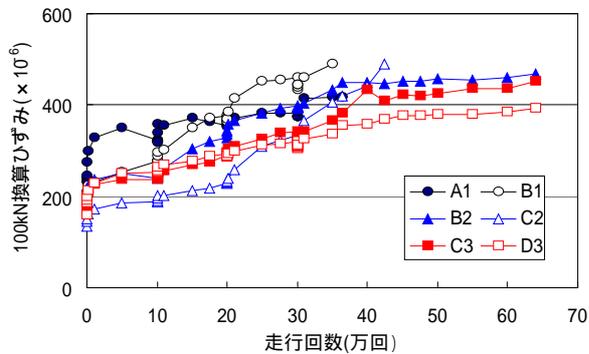


図 - 13 下側主鉄筋ひずみ

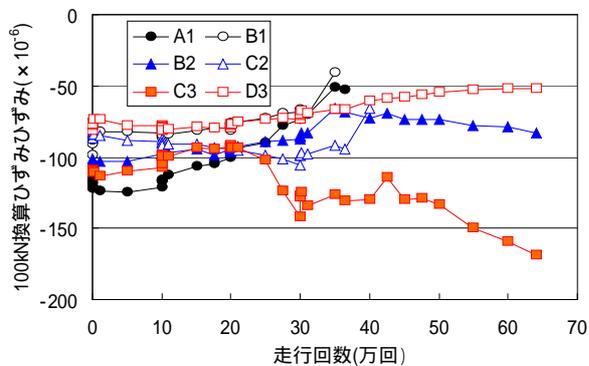


図 - 14 上側主鉄筋ひずみ

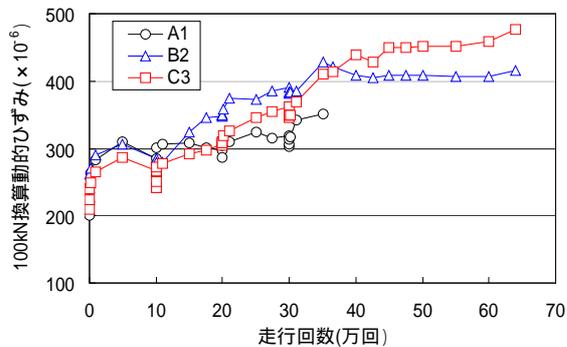


図 - 15 下側主鉄筋動的ひずみ

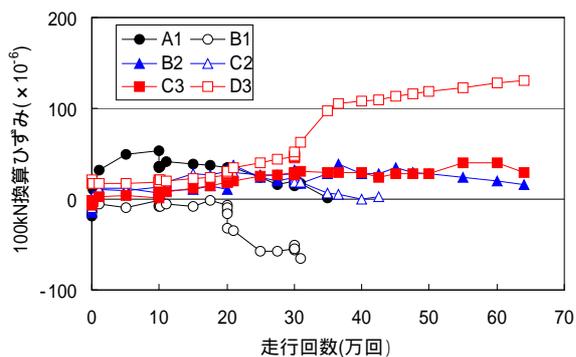


図 - 16 下側配力鉄筋ひずみ

の動的ひずみの測定結果を示した。ほぼ図 - 13 同様に 10 万回まで一定割合での増加傾向を示している。

配力鉄筋のひずみ測定結果を図 - 16 および図 - 17 に示す。図 - 16 の下側配力鉄筋では、床版 A1 に 1,000 回以降でたわみや主鉄筋同様に他の床版に比べ顕著な増加傾向が見られる。一方、36.4 万回で破壊した床版 B1 は、20 万回以降で他の床版とは異なるマイナス側に变化した。図 - 17 の上側配力鉄筋では、30 万回まではほぼ変化が見られず、以降はマイナス側に増加する傾向にある。なお、床版 A1 と床版 C2 はプラス側に大きく变化したが、原因は特定できない。

### 3.5 主鉄筋断面の中立軸

支間中央の床版端部から 350 mm 位置 (ジョイント設置境界から約 2cm) の上下主鉄筋ひずみから求まる主鉄筋断面の中立軸深さと走行回数(万回)の関係を図 - 18 に示す。ひび割れ発生前の 1~10 回は変化がないが、100 回以降 10 万回までは一定の傾きであり、中立軸位置は減少傾向を示している。しかし、10 万回以降は急減傾向を示した。中立軸位置の急減は、ひび割れの急増や貫通ひび割れの増加で版剛性が急激に低下したことに連動していると解釈できる。

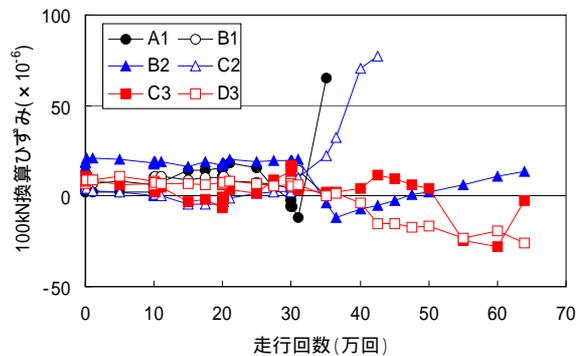


図 - 17 上側配力鉄筋ひずみ

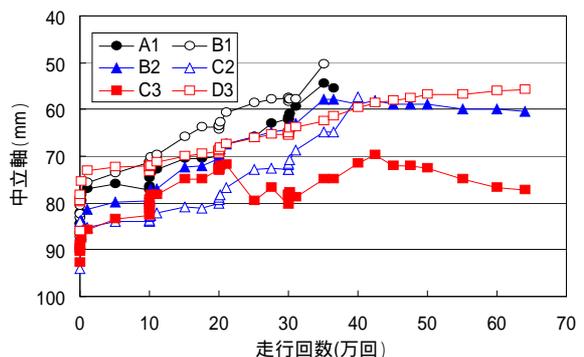


図 - 18 主鉄筋断面の中立軸深さ

### 3.6 打継目の幅・段差・ずれ

ジョイントと床版上面の打継目の幅(開き)・段差・水平方向ずれ量を三方向変位計により動的に測定した。測定位置は、タイヤ外側より約 150 mm離れた箇所である。走行方向の幅と段差の関係を図 - 19 に示

す。

床版厚 80 mmの床版 B1 は、破壊(36.4万回)直前の 35万回時に急激に段差と開きが増加しており、破壊の前兆現象が確認された。これは、せん断ひび割れが、ジョイント上端から下面にまで進展したとき

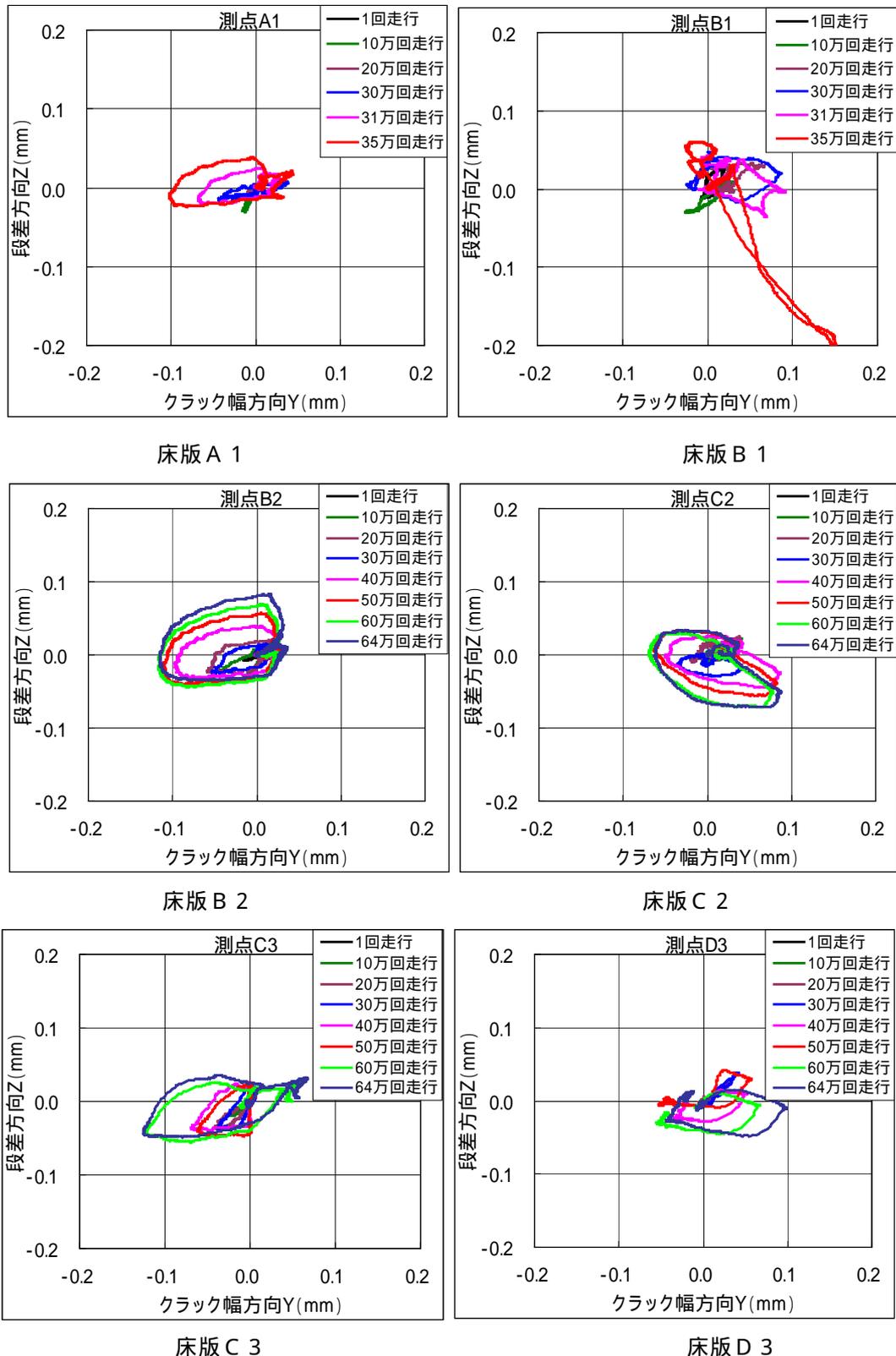


図 - 19 切欠き部打継目の幅(開き)と段差の測定結果

に起こる現象である。

床版厚 100 mm の B2 と C2 は、段差と幅（開き）が走行 40 万回以降増加傾向にあるが、その増加傾向は一定であり破壊の前兆現象は見られない。また、床版 C3 と D3 では、床版 B2、C2 より増加割合が小さく、60 万回以降にやや増加傾向を示したが、段差も幅（開き）も動きが微小であり、床版と一体性を維持しておりダメージは少ないと推察できる。

#### 4. 重錘落下たわみ

重錘落下たわみ測定機（IIS）によるたわみの測定は、100kg の重錘（写真 - 5）を落下高さ 200mm で測定した。100kN 静的載荷時の弾性たわみと重錘落下たわみの関係を図 - 20 に示す。ジョイント取付け部の床版にひび割れが発生進展して剛性が低下すると、たわみは剛性に比例して増加する。図 - 20 の静的載荷と重錘落下たわみの相関決定係数（ $R^2$ ）は、すべて 0.89 以上であり高い相関関係が認められる。IIS 重錘落下たわみ法は床版の点検に有効であるが、ジョイント部の床版剛性についても簡便な点検手法に成り得る。

#### 5. 疲労耐久性の評価

ジョイント取付け部床版の疲労耐久性を評価するために、都内の主要な軸重観測地点の 100kN 換算輪数を式（1）により算出した。

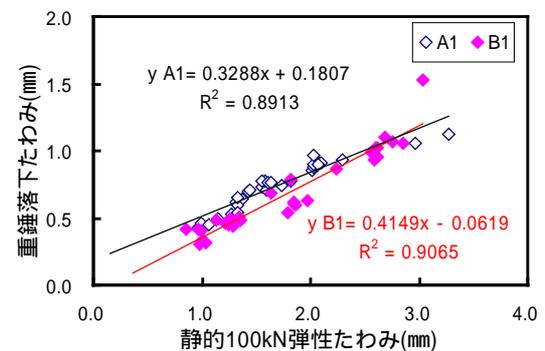
$$N = \sum_{i=1}^n \left[ \left\{ \frac{P_i}{100} \right\}^m \times n_i \right] \times a_k \times 365 \quad \dots\dots (1)$$

ここで、

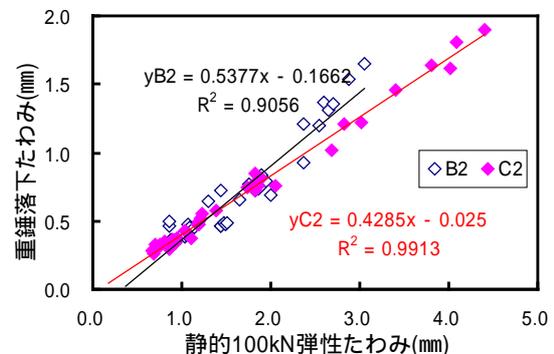
- N: 年間の 100kN 換算輪数
- $P_i$ : 任意の輪荷重（軸重測定値の 1/2）
- $n_i$ :  $P_i$  の観測輪数（軸数）
- $a_k = A / a$
- $a_k$ : 一方向換算輪数の補正係数
- A: 一方向大型車交通量/日
- a: 軸重測定車線の大型車交通量/日
- m: RC 床版の S - N 線図の傾きの逆数



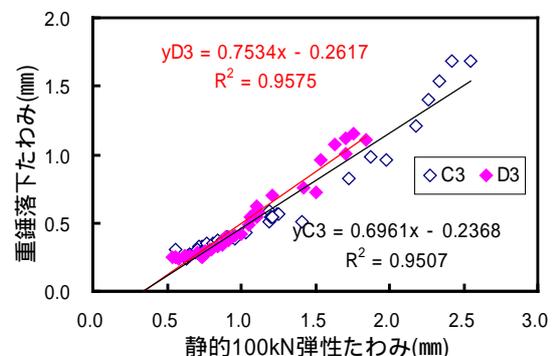
写真 - 5 重錘落下たわみ測定状況



(a) ジョイント A 部



(b) ジョイント B 部



(a) ジョイント C 部

図 - 20 静的 100kN 換算たわみと重錘落下たわみの関係

表 - 13 ニツテツジョイント疲労耐久性の評価結果

観測地点 項目	環八通り 砧	環七通り 小茂根	町田街道 町田	新大橋通り 築地	永代通り 永代	五日市街道 秋川
舗装設計交通区分	N7(D交通)	N7(D交通)	N6(C交通)	N6(C交通)	N5(B交通)	N4(A交通)
一日一方向大型車交通量	9,861	6,899	1,361	4,501	5,368	683
軸重測定車線大型車交通量/日	5,507	5,068	1,361	3,163	1,642	683
100kN換算輪数/車線/年	69,016	40,001	21,693	8,973	3,739	6,103
100kN換算輪数/一方向/年	123,582	54,453	21,693	12,769	12,223	6,103
ジョイント設置部床版厚 別疲労耐久性年数	80mm	16.7	37.9	95.2	161.7	338.4
	100mm	52.4<	119.0<	298.7<	507.5<	1061.9<
	120mm	52.5<	119.1<	298.8<	507.6<	1061.10<

表 - 14 3種類の疲労耐久性の評価結果

観測地点 項目		環八通り 砧	環七通り 小茂根	町田街道 町田	新大橋通り 築地	永代通り 永代	五日市街道 秋川
ジョイント設置部床版厚 別疲労耐久性年数	80mm	TF-A	25.9	58.7	147.4	250.4	261.6
		SM-A	0.1	0.3	0.7	1.2	1.3
		NT-A	16.7	37.9	95.2	161.7	168.9
TF:トランス フレックス SM:シーム レス NT:ニツテツ	100mm	TF-B	47.3<	107.2<	269.2<	457.4<	477.8<
		SM-B	0.8	1.9	4.8	8.2	8.5
		NT-B	52.4<	119.0<	298.8<	507.6<	530.2<
	120mm	TF-C	50<	110<	270<	460<	480<
		SM-C	2>	4>	10>	16>	18>
		NT-C	55<	120<	300<	510<	530<

(注): 120mmの耐久年数は推定値

なお、RC床版のS-N線図の代表的な $m$ 値は、大阪大学<sup>8)</sup>の $m=12.76$ が使われる例が多い。ただし、この式のSは、はり状化した床版の押抜きせん断耐力( $P/P_{sx}$ )を基にしていることから、この $m$ を使用すると耐用年数の推定値は過大に評価される恐れがある。そこで、本検討では、安全側の評価となるように環状八号線の高井戸陸橋RC床版の残存疲労耐久性の検討で得られた推定値<sup>9)</sup> $m=3.53$ を採用する。なお、ゴムジョイントやシームレスジョイントでの $m=4$ による評価においては、ほぼ妥当な結果を得ている。<sup>3,5)</sup>

ここでは、平成14年度に都道で観測した軸重測定データ<sup>10)</sup>を使って、主な地点の疲労耐久年数の算定結果を表-13に示す。参考値として舗装設計交通区分<sup>11)</sup>も併記した。都道でもっとも重交通路線である環八通り(砧)地点での耐用年数は、36.4万回で破壊した既存床版厚80mmで試算すると16.7年である。舗装設計交通区分N6の町田街道(町田)では95.2年である。舗装設計交通区分N4の五日市街道(秋川)

では338.4年と評価される。また、未破壊の版厚100mmおよび120mmの環八通り(砧)の耐久性は52.4年以上と推定される。

表-14には、これまでに実験を行ったゴムジョイント(トランスフレックス)、特殊アスファルト系埋設ジョイント(シームレスジョイント)の結果も合わせた評価結果一覧である。ニツテツジョイントで施工された床版の疲労耐久性は、もっとも実績のあるゴムジョイントの約64%でありやや劣るが、重幹線道路にも適用可能な性能を有している。同じ埋設ジョイントのシームレスジョイントに比べると疲労耐久性は、100倍程度優れていると評価できる。

## 6. まとめ

都道における道路橋の伸縮装置の補修実績は、舗装の次に多く、騒音・振動等の環境に配慮した対策が取られている実態から、比較的補修サイクルは短い。補修(交換)が数回繰返されると既設床版は、ハツリによるダメージが増加すると推測され、補修

後の疲労耐久性にも悪影響を及ぼしていると推察できる。そこで、荷重支持型埋設ジョイントであるニッテツジョイントで補修（交換）した実物大 R C 試験体の輪荷重走行実験を行った結果、以下の知見が得られた。

これまで評価したゴムジョイントやシームレスジョイント同様に、ジョイント取付け部の床版厚さが薄いほど床版下面の曲げひび割れのダメージは大きく、取付け部床版厚が厚いほど疲労耐久性は優れる結果となる。

ニッテツジョイントのダメージは、200kN の過大な走行荷重の繰り返しでは、逆型に炭素繊維シートをエポキシ樹脂で成型した箇所でも破断することがある。シートの破断は内部の MMA 樹脂にもひび割れが進展する可能性がある。

ジョイント表層部の弾性合材は、わだち掘れ、磨耗、剥離がほとんど生じないことから、耐久性は良好であった。

ニッテツジョイントで施工された R C 床版のジョイント取付け部の床版の疲労耐久性は、重交通の環八通り（砧）の交通条件下でも 16.7 年と評価できる。この値は、ゴムジョイントの約 64% でやや劣るが、荷重分散型のシームレスジョイントに対しては 100 倍程度優れている。

IIS 重錘落下たわみ法によるジョイント取付け部床版の剛性評価法では、静的載荷の弾性たわみと高い相関関係が認められ、床版同様に簡便安価な点検手法に成り得ることが判った。

## 7. あとがき

ジョイントを交換する際の取付け部の床版厚さが疲労耐久性に与える影響は、取付け部の床版厚さが 2 cm 変動するだけで床版およびジョイントの双方に影響を与えることが把握できた。今後は床版を補強した場合の延命効果を検討する予定である。

## 参 考 文 献

- 1) 関口幹夫、西尾伸郎、竹田敏憲：道路橋および歩道橋の補修履歴と健全度の現状分析、平成 16 年東京都土木技術研究所年報、pp.137 - 152、2004.
- 2) 関口幹夫：炭素繊維シート埋設ジョイント工法による騒音・振動低減高架について、平成 10 年東京都土木技術研究所年報、pp.111 - 116、1998.
- 3) 関口幹夫：ゴムジョイント付き R C 床版の輪荷重走行疲労実験、平成 20 年東京都土木技術センター年報、pp.153-164、2008.10.
- 4) 関口幹夫、橋原正周、堀川都志雄：ゴムジョイント付き R C 床版の輪荷重走行疲労実験、構造工学論文集 Vol.55A、pp.1509-1520、2009.3.
- 5) 関口幹夫、橋原正周：シームレスジョイント付き R C 床版の輪荷重走行疲労実験、平成 21 年東京都土木技術支援・人材育成センター年報、pp.149-158、2009.10.
- 6) 関口幹夫、橋原正周、堀川都志雄：シームレスジョイント付き R C 床版の輪荷重走行疲労実験、構造工学論文集 Vol.56A、pp.1206-1216、2010.3.
- 7) 阿部忠、木田哲量、小森篤也、樋田俊一：CFRP 支持埋設型伸縮装置の疲労耐久性に関する研究、土木学会・第六回道路橋床版シンポジウム講演論文集、pp.81-86、2008.6.
- 8) 松井繁之：橋梁の寿命予測、安全工学 Vol.30. 6、pp.432-440、2004.10.
- 9) 関口幹夫、穴戸薫、森俊介：高井戸陸橋 R C 床版の残存疲労耐久性の評価、平成 14 年東京都土木技術研究所年報、pp.101 - 112、2002.
- 10) 東京都建設局：走行車両の軸重実態調査報告書（平成 15 年 3 月）、2003.3.
- 11) (社)日本道路協会：舗装設計便覧（平成 18 年 2 月） pp.30、2006.2.