

13 . ゴムジョイント付き R C 床版の輪荷重走行疲労実験

Wheel Running Fatigue Testing of RC Slabs with Rubber Joint

技術支援課 関口 幹夫

1. はじめに

都道における道路橋の維持補修実績は、筆者らが平成 15 年に行った分析¹⁾では、表 - 1 に示すとおり伸縮装置（以下、ジョイントとも表記する）の補修件数の構成比は 11.5% で舗装の次に多い。また、平成 6 年に都道を管理する各建設事務所の補修担当者に対する伸縮装置の補修工事 51 件のアンケート結果²⁾は表 - 2 のとおりであり、補修理由の順位は破損劣化 44%、安全性確保 18%、振動 16%、騒音 14% であり振動と騒音を合すると 30% と多く、伸縮装置は騒音・振動の発生原因となっている。さらに補修時に期待する効果では振動 31%、騒音 24%、耐久性 14% であり、振動騒音に関わる環境対策の占める割合が多いことが解る。一方、大型車の割合が多い阪神高速道路の伸縮装置の損傷要因の分析結果³⁾でも損傷件数は、舗装の 44% について伸縮装置 14% と多い。また、都市内高速道路の損傷実態の鋼製伸縮装置の破損内訳によると、本体の浮き 63%、コンクリートの損傷 16%、ボルトの破損 11%、その他 10% との報告がある⁴⁾。

伸縮装置の点検は、外観の目視点検が一般的であり、異音や振動の発生がある場合に叩き点検される程度である。内部がどのように損傷しているかについての調査事例はほとんどない。また、輪荷重の繰返しと雨水による伸縮装置と床版端部の損傷は、そのプロセスと耐

用年数が定量化できていない。さらには損傷原因が設計・施工の不良によるものか、構造的な寿命といえるのか確認できずに抜本的改良を施す妨げとなっているとの指摘もされている⁴⁾。

都道の伸縮装置の補修サイクルは、沿道環境の保全が優先されるために短く、図 - 1 のとおり 3 ~ 15 年に分布しているほか、図 - 2 に示すのとおり 1990 年以降の年平均補修サイクルは 10 年程度である¹⁾。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

表-1 補修実績¹⁾

	補修部位	a		b	
		補修件数	補修橋数	構成比%	構成比%
1	主桁	197	161	5.9	7.0
2	床版	247	194	7.4	8.4
3	伸縮装置	387	268	11.5	11.6
4	舗装	584	426	17.4	18.5
5	橋台	108	104	3.2	4.5
6	橋脚	101	82	3.0	3.6
7	支承	33	30	1.0	1.3
8	高欄	302	278	9.0	12.1
9	その他	455	216	13.6	9.4
10	不明	941	543	28.0	23.6
	計	3,355	2,302	100.0	100.0

表-2 伸縮装置の補修理由等の実態²⁾

補修理由 (%)		破損内容 (%)		供用年数 (%)		期待効果 (%)		補修時段差 (%)	
破損劣化	44	ゴム劣化	24	10年以下	4	耐久性	14	4mm以下	2
騒音	14	変形・段差	13	11~20年	11	騒音低減	24	5~9mm	24
振動	16	ひび割れ・ガタ	18	21~30年	15	振動低減	31	10~14mm	18
安全確保	18	腐食・磨耗	5	31~40年	2	変らない	1	15~19mm	2
その他	13	コンクリート劣化	29	41年以上	7	その他	3	20mm以上	8
不明	4	ボルト破損	3	不明	61	不明	27	不明	47
		その他	6						
		不明	2						

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。いずれにおいても、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。

近年、橋梁の耐久性向上の観点から、補修頻度の多い伸縮装置にも関心が持たれるようになった。前述の破損実態の分析³⁻⁴⁾のほか、耐久性向上に関する検討事例⁵⁻⁸⁾も増加しつつある。しかしながら、補修の繰返しが既設床版に与える影響に関する検討は全く実施されていない。

以上の背景より本技術開発では、伸縮装置の補修の繰返しが既設床版に与える影響に関する検討として、都市内で環境対策として使用実績が多い 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 アスファル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 炭素繊維シートで荷重支持型ノージョイント⁹⁾の3タイプについて、輪荷重走行疲労試験機を使用して順次評価する予定である。

本報文は、最初に取上げたゴムジョイントについて、補修を想定した取付け部の床版厚さが疲労耐久性に与える影響を輪荷重走行疲労試験で検討したものである。

2. 実験概要

2.1 試験体の概要

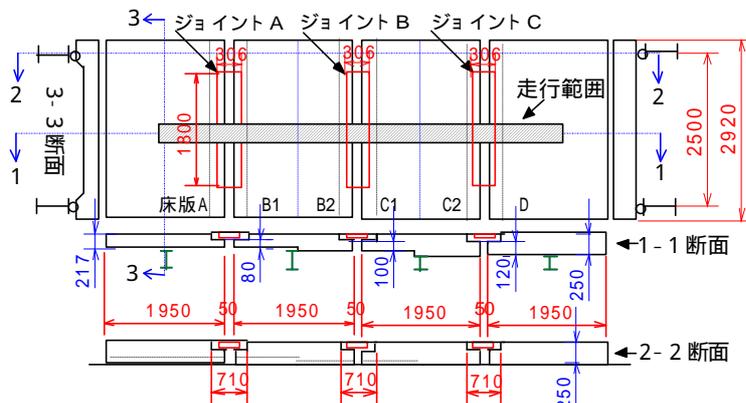


図 - 3 試験体寸法

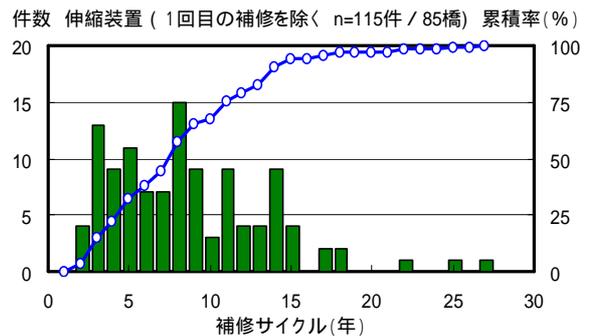


図 - 1 都道の伸縮装置の補修サイクルの実態¹⁾

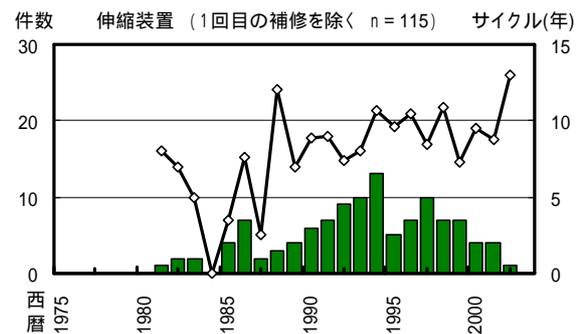


図 - 2 都道の伸縮装置の補修サイクルの推移¹⁾

輪荷重走行実験の試験体の設置状況を図 - 3 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 50 mm となるように配置し、ジョイントを 3 箇所設置した。ジョイントの設置は、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、試験体上を輪荷重が 6m 区間を往復載荷する方式とした。輪荷重走行試験機は、当センター戸田橋実験場の写真 - 1 に示すゴムタイヤ式である。床版の支持条件は、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



写真 - 1 輪荷重走行試験状況

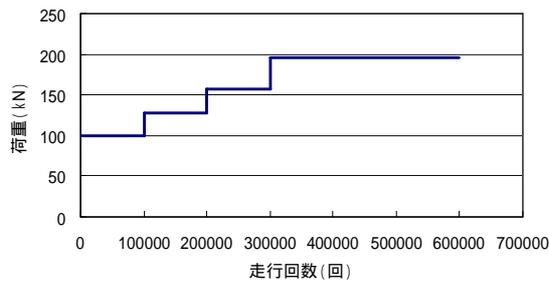


図 - 4 走行載荷プログラム

筋方向)は、床版中央で横桁 (H328×B200×12×16) により弾性支持して橋脚上の支持条件をモデル化している。

床版の実験パラメータは、ジョイントメーカおよび日本ジョイント協会にヒアリングした結果、ジョイント取付け部の既存床版厚さの限界は、特に規定や参考値は存在しない。しかしながら、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が得られた。本検討ではヒアリングを参考に、ジョイント取付け部の既存床版厚を約 20 mm チッピング後ジョイント A は 80 mm、ジョイント B は 100 mm、ジョイント C は 120 mm とした。

ジョイントを取付ける打継コンクリートは、ジェットセメント使用の設計基準強度 24 N/mm² (材齢 3 時間) で、補修工事で使用する専用のモータール車により製造してネコ車で小運搬して打設した。締固めは棒状パイプレータを使用した。

輪荷重走行実験の開始は、ジョイント設置 1 週間後とし、図 - 4 に示す走行載荷プログラムにより実験を行った。タイヤ接地寸法は、157kN 載荷のとき走行方向 390 mm、床版支間(主鉄筋)方向 340 mm (有効幅 230 mm)、接地面積は 89700 mm² である。

2.2 伸縮装置

検討で取上げたジョイントは、振動や騒音が比較的少なく実績の多い荷重支持型のゴムジョイント (ニッタ製 TF-S、

50) で、今後他のタイプを比較する際の基準となる形式を選定した。ジョイントの設置イメージは図 - 5 のとおり

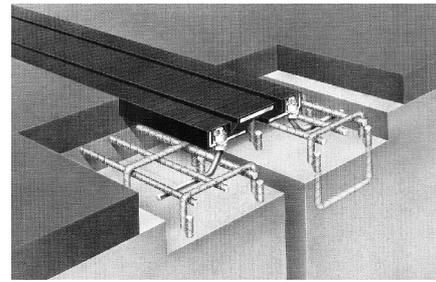


図 - 5 ジョイントの設置概要図

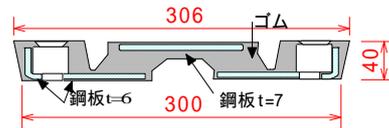


図 - 6 ジョイントの断面

表 - 3 ゴムの物性値

項目	単位	規格値	実測値	試験方法	
硬さ		A55 ± 5	A54	JIS K 6253	
引張強さ	N/mm ²	15 以上	17.8	JIS K 6251	
伸び	%	400 以上	640		
引裂強さ	N/mm ²	30 以上	47.0	JIS K 6252	
熱老化試験	硬さ変化	+10 以下	+2	JIS K 6257 (70 × 96時間)	
	引張強さ	N/mm ²	13 以上		18.4
	伸び	%	300 以上		620
圧縮永久歪	%	25 以下	+19	JIS K 6262 (70 × 24時間)	

で、断面形状を図 - 6 に示した。なお、ジョイントの長さは 1800mm である。また、アスファルト舗装は舗設しない。ジョイントのゴムの物性値は表 - 3 のとおりである。ゴムジョイントの芯材の鋼板は SS400 規格、アンカーボルトは M16 (SS400) である。

2.3 RC床版

ジョイントを取付ける RC 床版端部の仕様は、ハンチなしに打下げる現行基準以前の補修事例が多いハンチありの昭和 47 年道路橋示方書に準じて設計した。図 - 7 に試験体の配筋を示す。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 - 4 に、鉄筋の機械的性質を表 - 5 に示した。

ジョイント A を設置する床版 A と床版 B1 の製作

表 - 4 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
A, B1	218.6	D19@225	49.3	D19@100	182.3	D16@200	62.2	D16@100	160.3
B2, C1	234.4	D19@225	51.8	D19@100	198.3	D16@200	68.1	D16@100	182.1
C2, D	256.8	D19@225	50.8	D19@100	213.7	D16@200	65.2	D16@100	201.1

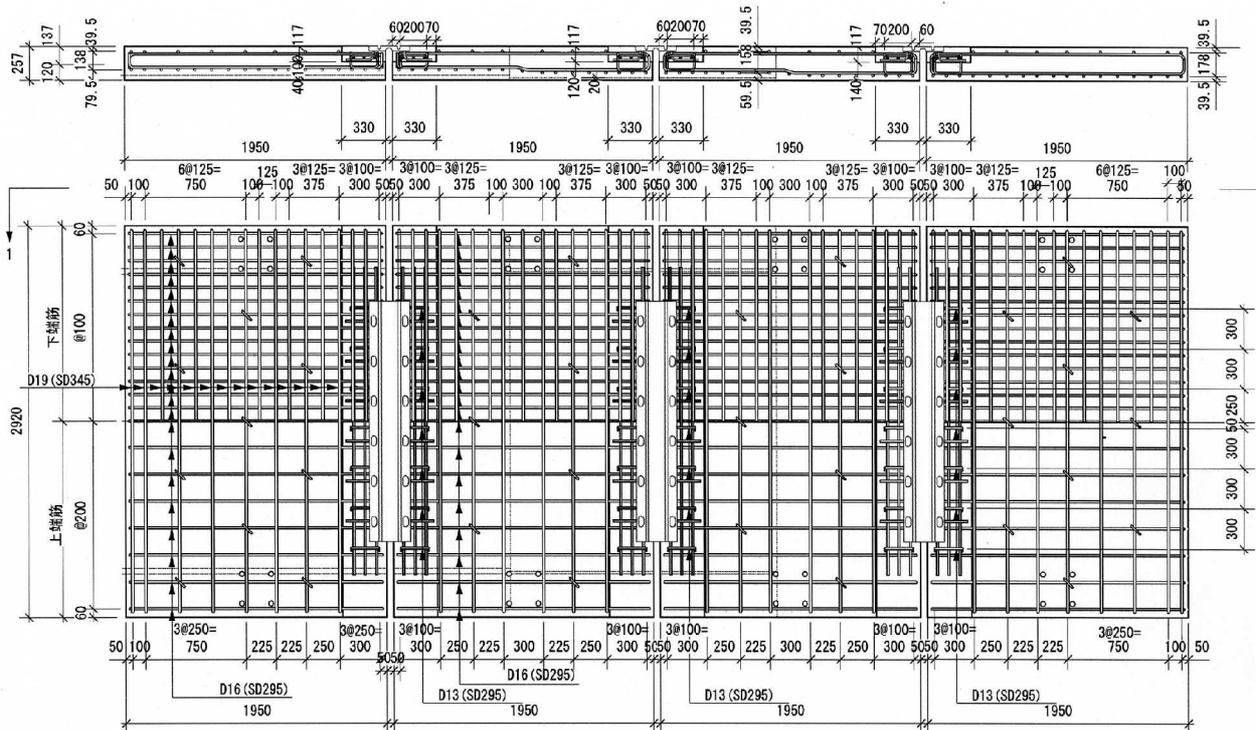


図 - 7 R C床版の配筋・形状寸法

時の床版全厚は 217mm、ハンチ高は 40mm である。
 ジョイント B の床版 B 2 と床版 C 1 の製作時の床版全厚は 237mm でハンチ高は 20mm である。ジョイント C の床版 C 2 と床版 D の床版全厚は 257mm、ハンチ高さは 0mm である。なお、切欠き部の製作時の床版厚さは、チップング前の 20 mm を考慮して、ジョイント A 部では 100 mm、ジョイント B 部は 120 mm、ジョイント C 部は 140 mm で製作した。

床版コンクリートの配合表を表 - 6 に示す。疲労試験終了後の材齢約 1 年のコア試験結果は表 - 7 のとおりである。コアの採取位置は、床版 A および床版 D のひび割れのない箇所である。

3. 実験結果

3.1 床版の損傷状況

走行面の試験終了時ひび割れ状況を図 - 8 に示す。走行面の初期ひび割れは、床版 B 1 と床版 B 2 の横桁上に 15 万回 (荷重 130kN 荷重 5 万回) で主筋方向に発生した。床版 A は 25 万回 (荷重 160kN 荷重 5 万回) で横桁上の主鉄筋方向に発生した。床版 C 1、C 2 は 20 万回 (荷重 130kN 荷重 10 万回) で横桁上主鉄筋方向に発生した。床版 D は、60 万回 (荷重

表 - 5 鉄筋の機械的性質

	呼び径	降伏応力	ヤング係数	引張強さ	破断伸び
	mm	N/mm ²	10 ⁴ N/mm ²	N/mm ²	%
主鉄筋	D19	383.7	18.22	572.6	18.3
配力鉄筋	D16	354.0	17.43	518.6	20.8

表 - 6 R C床版コンクリート配合表

呼び強度	スランブ	空気量	水セメント比	細骨材率
N/mm ²	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 ³				
276	157	794	1,091	2.76

表 - 7 R C床版コア試験結果

供試体名	平均直径	高さ	圧縮強度	静弾性係数	ポアソン比
	cm	cm	N/mm ²	N/mm ²	
A1	9.93	20.02	37.89	24,100	0.23
A2	9.96	20.09	32.25	28,400	0.21
D1	9.93	20.03	32.50	27,300	0.25
D2	9.92	19.96	36.24	24,800	0.22

200kN 荷重 20 万回) に横桁上主鉄筋方向に発生した。
 ジョイント A は、走行回数 434、800 回でジョイント取付け部の後打ちコンクリート打継ぎ目部 (図 - 8 参照) にせん断ひび割れが発生したので、この時点をもって破壊と見なした。ジョイント B および D の床版は、60 万回の走行でひび割れ損傷が見られるもののジョイント A の床版に比べ走行面での損傷は少ない。

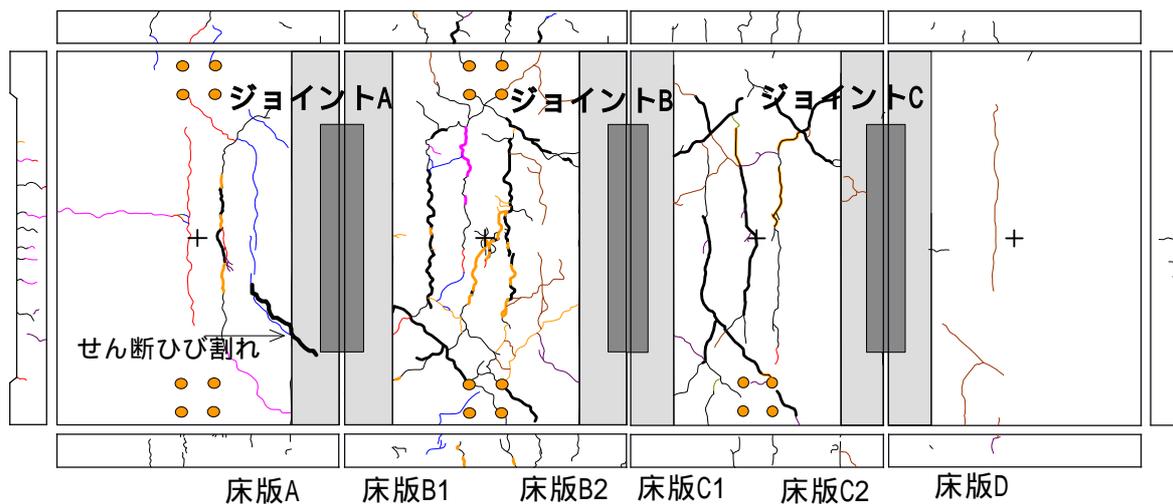
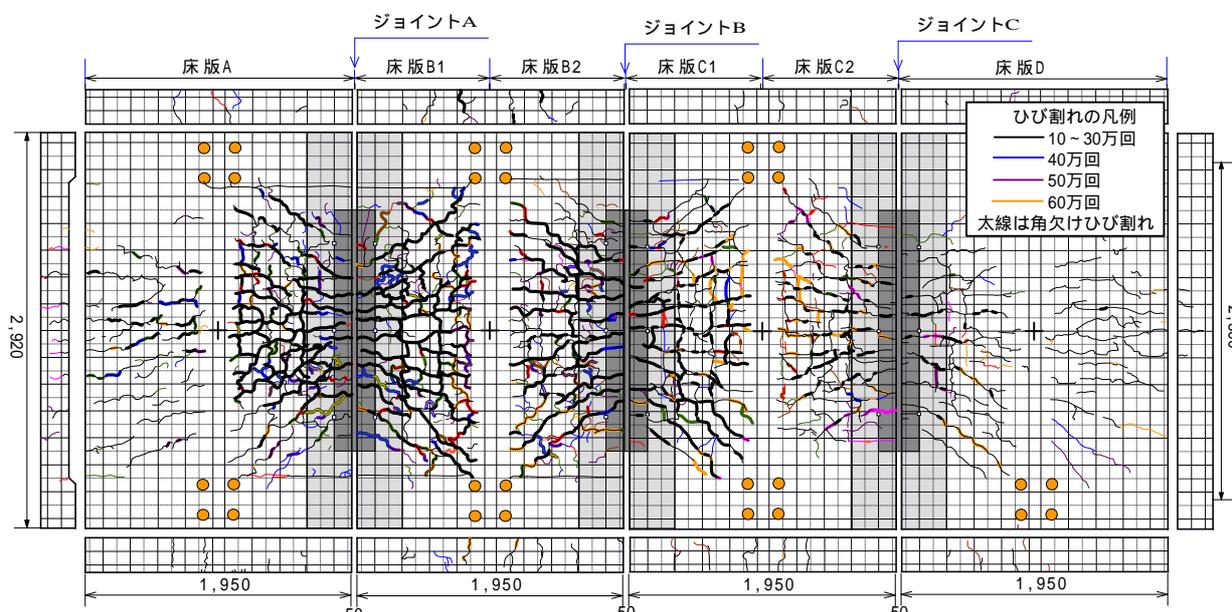


図 - 8 床版走行面のひび割れ図



TFジョイント床版下面ひび割れ図 (見下げ図・600,000回走行後)

図 - 9 床版下面のひび割れ図

床版下面のひび割れは図 - 9 のとおりであり、走行面に比べてひび割れは多い。ひび割れの発生は、走行回数 10 回で床版厚の薄い床版 B 1 に、走行回数 100 回で床版 A にそれぞれジョイント設置部の後打ちコンクリートに接するタイヤ走行直下の走行方向に発生した。なお、走行面の打継目の開きは、破壊直前まで微小で一体として機能していた。開きと段差とずれについての詳細は 3.6 に記述する。

ジョイント端から約 2 cm 離れた後打ちコンクリート位置で主筋方向に切断、さらに配力筋方向で 1/2 に切断した断面のひび割れを写真 - 2、3 に示す。ジ

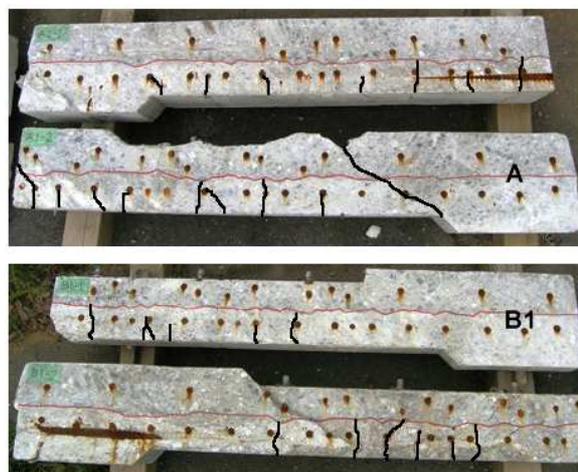


写真 - 2 床版切断面のひび割れ

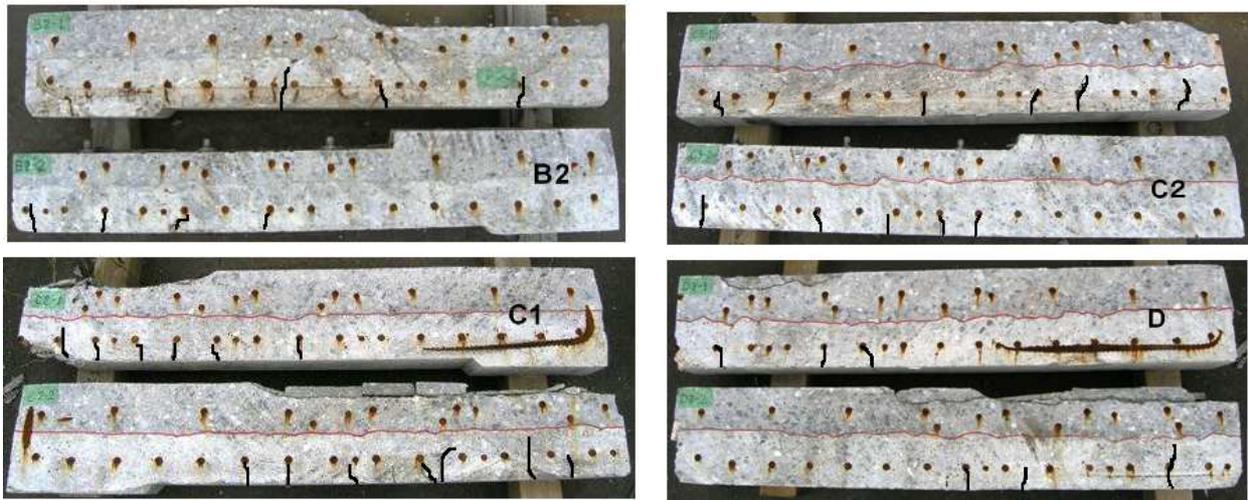


写真 - 3 床版主鉄筋方向切断面のひび割れ

ジョイントAの床版Aは、ジョイントの長手方向端部(写真-2のA参照)からほぼ45度の角度でハンチ上端位置にひび割れが発生している。このひび割れは、せん断ひび割れである。ジョイントは、荷重支持型のゴムジョイントであるため芯材に鋼板が挿入されており、タイヤ荷重の分散が優れていることによって、タイヤ載荷位置から離れたジョイント端部でせん断ひび割れが発生したものと推察される。このことより、ジョイント端部に走行位置が一致する配置では、疲労耐久性が低下する可能性が高いので、走行位置との関係に配慮が必要である。

床版AおよびB1の曲げひび割れの深さは、写真-2より後打ちコンクリートの打継ぎ目面(下面から8cm)で止まっている。写真-3よりジョイントB(床版B2、C1)およびジョイントC(床版C2、D)の曲げひび割れ深さは、下側主鉄筋位置で止まっているものが多い。一方、曲げひび割れ本数はジョイントAの床版Aで16本、床版B1で13本と多く、ジョイントBの床版B2は7本、床版C1は13本、ジョイントCの床版C2は10本、床版C1は6本であり、設置床版厚さが薄いほど発生本数が多いことより、ジョイント設置部の疲労耐久性は、既設床版厚が薄いほどひび割れ抵抗性は小さい。

本実験の範囲では、床版厚8cmに比べ床版厚10cmは走行荷重200kN載荷で約20万回疲労耐久性が優れていることから、床版厚10cm以上確保することが疲労耐久性を低下させない目安になると考えられる。

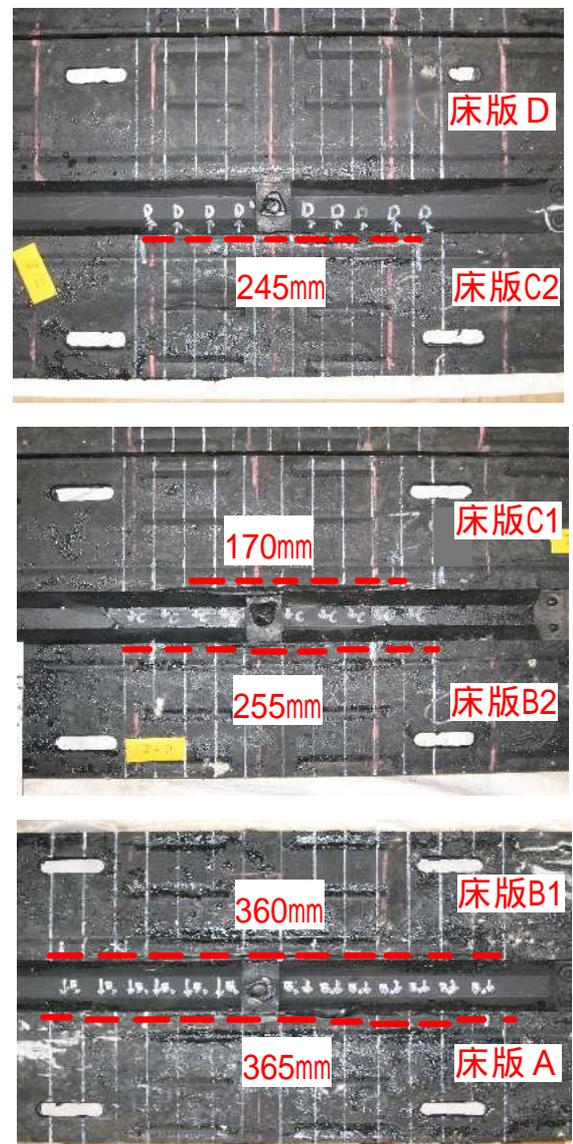


写真 - 4 ジョイント裏面のひび割れ長さ

3.2 ジョイントの破損状況

写真 - 4 は、実験後ジョイントを床版から外したタイヤ走行位置裏面の損傷状況である。ボルトの損傷は全くなかった。写真の赤線(破線)は遊間部に平行なひび割れが確認された範囲を示している。写真 - 4 の最上段のD床版側にはひび割れはない。他の床版におけるゴムジョイント裏面のひび割れ長さは、床版厚の薄いものほど大きくダメージも大きい。

写真 - 5 は、写真 - 4 のジョイント本体のひび割れの深さを調べるためにタイヤ走行位置で 3 cm 間隔に切断した断面である。ジョイント A は、芯材の上下鋼板端部からのひび割れによりゴムが完全に切断している。ジョイント C は芯材の上側鋼板からのひび割れは発生していない。ジョイント B は、ジョイント A と C の中間の損傷状況である。このことから、ジョイント取付け部の床版厚さが薄いと、ジョイント本体の疲労耐久性にも影響を与えている。

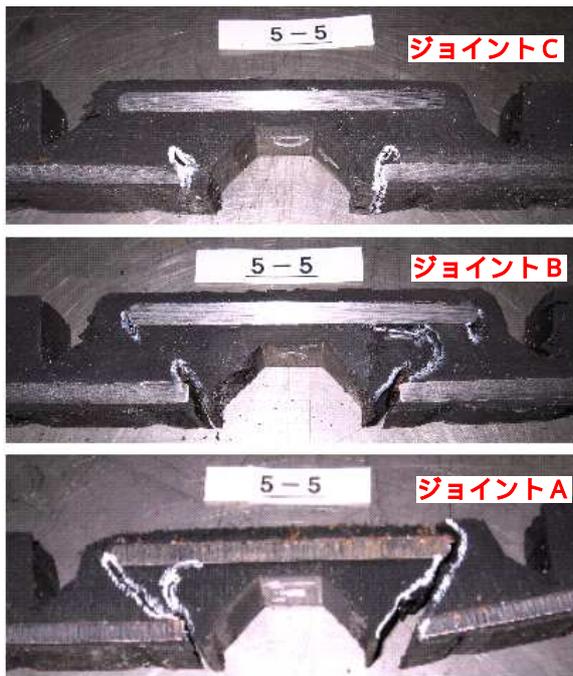


写真 - 5 ジョイント切断面の破損状況

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 - 10)の 100kN 載荷時のたわみ計算値を表 - 8 に示す。図 - 11 に静的弾性たわみの測定結果を示す。床版 A の破壊は 43 万回で、その時

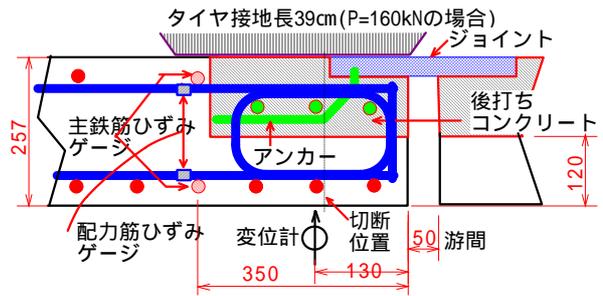


図 - 10 たわみ・ひずみ測定位置 (C2, D 床版の例)

表 - 8 100kN 載荷のたわみ計算値 (単位: mm)

床版	全断面有効	引張り無視
A, B 1	1.238	2.900
B 2, C 1	0.968	2.240
C 2, D	0.772	1.785

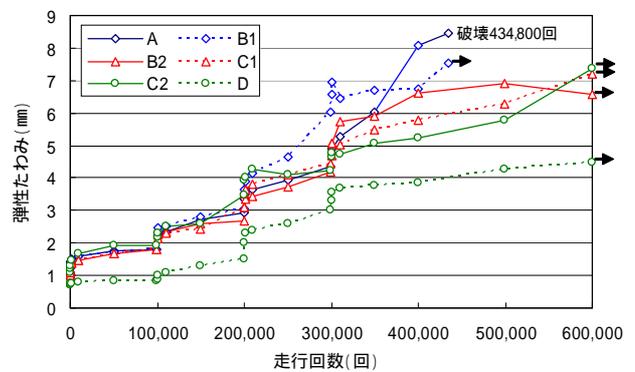


図 - 11 ジョイント取付け部弾性たわみ

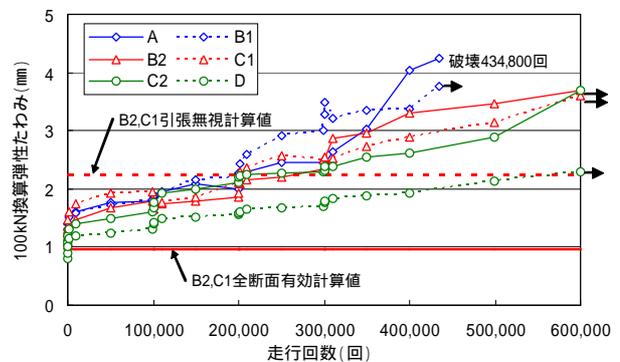


図 - 12 ジョイント取付け部 100kN 換算弾性たわみ

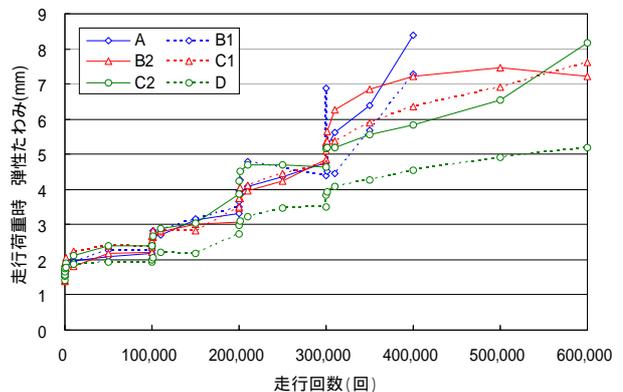


図 - 13 走行荷重時床版たわみ

の 200kN 荷重の弾性たわみは 8.5 mm であり、引張無視時の 100kN 荷重計算たわみ 2.9 mm の約 2.9 倍に相当する。他の床版は 60 万回走行後も未破壊であるが、床版 D を除くとたわみは 7 mm を超えており、ダメージは相当進行していると推察できる。一方、10 万回以降荷重が増加していることから、図 - 12 には 100kN 換算たわみの推移を示した。図中の計算たわみは床版 B 2 と C 1 (ジョイント B) の値を併記している。なお、床版を支持している主桁上の不陸調整モルタルが走行回数とともに劣化して、床版の基準面が変化したことによる補正している。

走行 1 回目のたわみは、すべての床版で計算たわみの全断面有効と引張無視の中間にある。また、バラツキはあるものの各床版の 100kN 換算たわみを超える走行回数は床版 D を除くと概ね 20 ~ 30 万回程度である。床版厚さが厚いほど耐久性が良い結果になっている。

走行荷重時の動的計測の弾性たわみの測定結果を図 - 13 に示す。走行スピードが最大でも 2.5km/h と遅いため図 - 11 の静的荷重と同程度のたわみ値であり、衝撃や制動荷重による影響は見られない。

横桁の支間中央点のたわみの推移を図 - 14 に示す。各床版とも走行回数 1 回から 10 万回までは概ね 0.1 mm ~ 0.3 mm の範囲に分散し、以降はデータが大きく変動している。大きく変動した理由は、主桁上の不陸調整用モルタルが走行回数の増加とともに劣化して、たわみ測定値に影響を与えたためである。20 万回時の床版 A、床版 C 1、C 2 の横桁のたわみはほぼ 0 で荷重伝達がない状態にある。これは主桁上の接触面の修正で、モルタル充填が不完全であったことによると推察する。

3.4 鉄筋ひずみ

床版支間中央でジョイント設置床版端部から 350mm 位置における主鉄筋の 100kN 荷重時ひずみ計算値を表 - 9 に示す。計算値に対応する主鉄筋の弾性ひずみの測定結果を図 - 15 に示す。引張無視時計算ひずみを上回る回数は、床版 A は 1 回、床版 B 1 では 10 万回、床版 B 2 は 1 万回、床版 C 1 は 100 回、床版 C 2 は 1 回、床版 D は 10 万回であった。ま

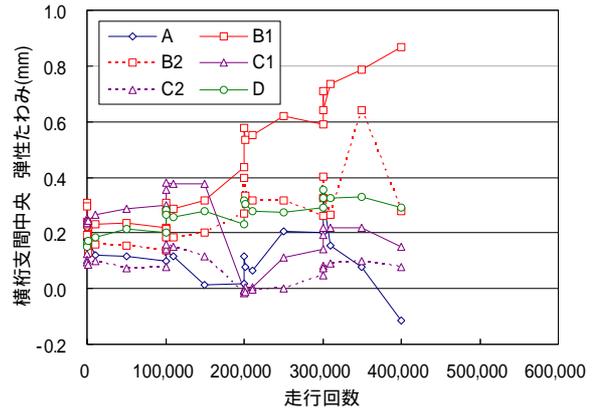


図 - 14 横桁の弾性たわみ

表 - 9 主鉄筋ひずみの計算値 (単位: $\times 10^{-6}$)

床版	上側		下側	
	全断面有効	引張り無視	全断面有効	引張り無視
A, B 1	-153.4	-275.9	150.9	331.3
B 2, C 1	-131.4	-318.7	128.6	302.0
C 2, D	-114.1	-375.8	111.1	275.7

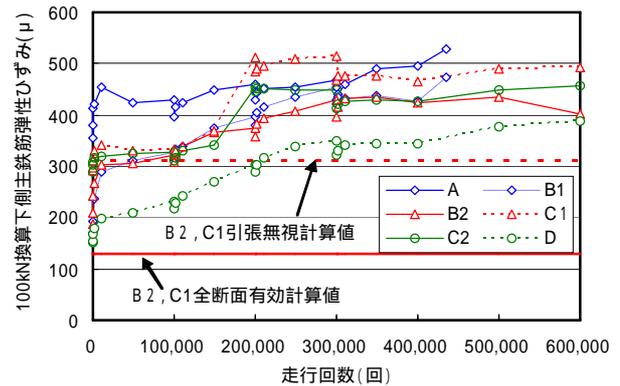


図 - 15 100kN 換算下側主鉄筋ひずみ

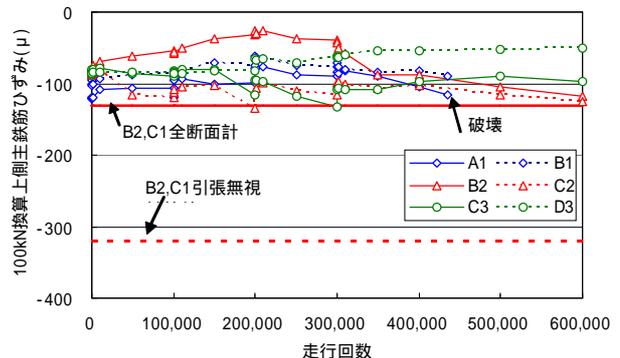


図 - 16 100kN 換算上側主鉄筋ひずみ

た、床版 A の破壊時のひずみは 1000 μ を超えている。

上側主鉄筋の 100kN 換算ひずみの結果を図 - 16 に示す。引張無視の計算値と実測値はかけ離れており、計算方法に課題がある結果となっている。計算方法

については今後さらに検討する必要があるので、本検討における計算値は参考値扱いとする。

主鉄筋と同位置の配力鉄筋の100kN 載荷時たわみ計算値(参考値)を表 - 10 に示す。計算値に対応する配力鉄筋の弾性ひずみ測定結果を図 - 17、図 - 18 に示す。下側配力筋の引張無視時計算ひずみを上回る回数は、床版Aでは10回目、床版B1では10万回、床版B2と床版C2では15万回。なお、床版C1と床版Dはほぼ全断面有効時のひずみ程度で推移している。また、上側配力筋の引張無視時計算ひずみを上回る回数は、床版Aでは10万回、床版B1とC1では1万回、床版B2とC2では5万回、床版Dでは35万回であった。

3.5 主鉄筋断面の中立軸

支間中央で床版端部から350mm位置(ジョイント設置後打ちコンクリート境界から約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(回)の関係を図 - 19 に示す。床版厚が薄いほど中立軸は走行回数が少ない段階で、引張無視時の計算値より浅くなり、40万回以降は約60mm前後で安定している。

3.6 打継目の幅・段差・ずれ

ゴムジョイントを取付ける後打ちコンクリー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50mm離れた箇所である。走行方向の幅と段差の関係を図 - 20 に示す。床版厚80mmの薄い床版Aと床版B1は35万回以降に段差が急激に増加して、破壊直前の40万回の幅の絶対量は0.4mm程度である。床版Aの段差の急増は、打継目位置の既設床版に発生した主鉄筋方向のひび割れが貫通した状態になったことを示している。さらに、後打ちコンクリート部で発生したせん断ひび割れが、ハンチ上端にまで進展して破壊した現象とリンクした動きと推察できる。また、床版B1は、床版Aが43万回で破壊したことで走行を終了しているが、床版A同様に30万回以後に段差が急増していることから破壊は近いと推察できる。床版厚100mmのB2

表 - 10 配力鉄筋ひずみの計算値(単位: $\times 10^{-6}$)

床版	上側		下側	
	全断面有効	引張り無視	全断面有効	引張り無視
A, B1	-30.1	-101.5	30.1	87.5
B2, C1	-23.1	-82.2	23.1	67.9
C2, D	-18.2	-68.1	18.2	53.5

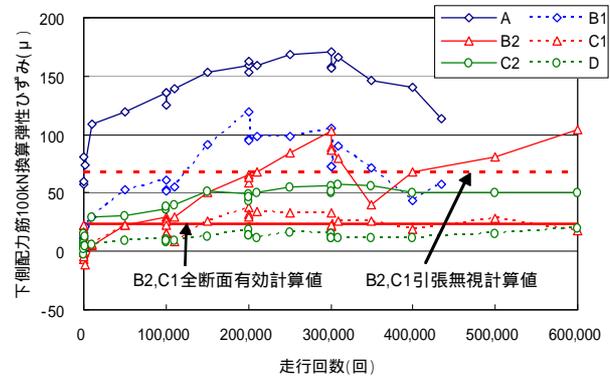


図 - 17 100kN 換算下側配力筋ひずみ

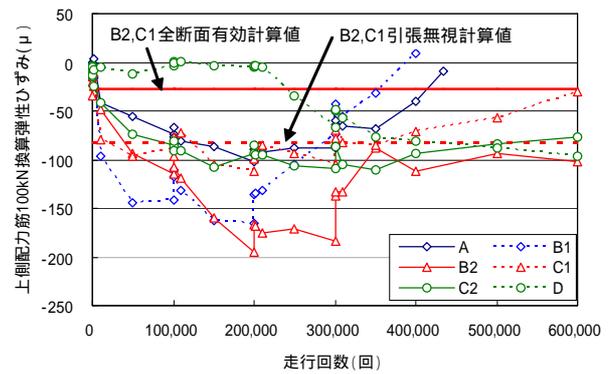


図 - 18 100kN 換算上側配力筋ひずみ

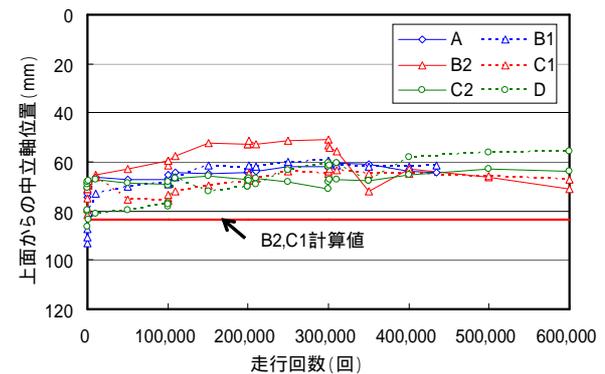


図 - 19 主鉄筋断面の中立軸深さ

とC1の段差は40万回で0.3mmとやや大きく、ダメージが認められる。床版厚120mmの床版C2の段差量は0.15mm以下と小さく、床版Dは段差も幅も動きが微小であり、床版と一体性を維持しておりダメ

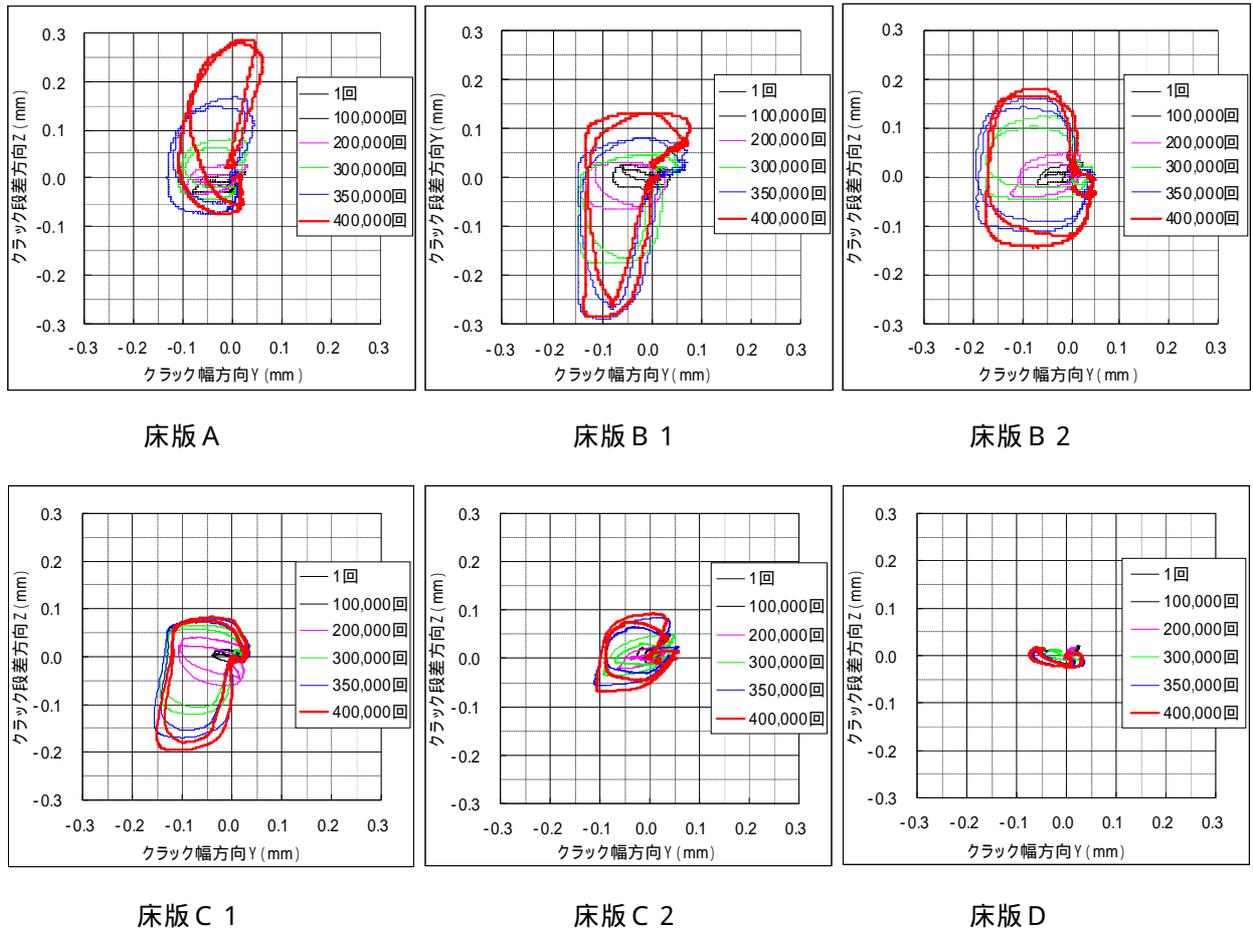


図 - 20 後打ちコンクリートの打継目の幅（開き）と段差の測定結果

ージは少ない。

一方、幅の開きは、40万回でも床版A、B1、B2、C1、C2は概ね0.2~0.25mmであり、床版Aと床版Bにおいても破壊直前に急増する動きはなかった。また、水平方向のずれについては、幅（開き）同様に微小な範囲であった。なお、40万回以上の測定は、タイヤがバーストした際に変位計が破損したことにより測定を中止している。

4. 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、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

なお、RC床版のS-N線図の代表的な m 値は、大阪大学の $m=12.78$ 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。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の残存疲労耐久性の検討で得られた推定値¹⁰⁾ $m=3.53$ 4を採用する。

表 - 11 に輪荷重100kN~200kN 载荷の換算値の内訳を示した。43万回で破壊した床版Aの100kN換算輪数は約320万輪、60万回で終了した床版Cおよび

Dは約584万輪と算定される。

次に、平成14年度に都道で観測した軸重測定データ¹¹⁾を使って、主な地点の疲労耐久年数の算定結果を表-12に示す。参考値として舗装設計交通区分も併記した。都道でもっとも重交通路線である環状八号線の砧地点(三本杉陸橋や高井戸陸橋が近隣にある)

の耐用年数は、43万回で破壊した既存床版厚80mmでは25.9年、未破壊ではあるが破壊に近いと推定される床版厚100mmでは47.2年、60万回でも破壊しない床版厚120mmでは50年以上と推定できる。

重交通路線でも実績が多い荷重支持型のゴムジョイントの疲労耐久性は、輪荷重走行実験でも良好な評価が得られた。

5. まとめ

都道の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、ゴムジョイントで補修(交換)した実物大RC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。

床版厚さが薄いほど床版下面および床版上面の曲げひび割れのダメージは大きく、床版厚が厚いほど疲労耐久性は優れる結果となる。

ジョイント本体のダメージは、裏面に発生するひび割れの長さで評価すると床版厚が薄いほどひび割れは長くダメージは大きい。また、ゴムに入るひび割れ深さは、床版厚が薄い80mmでは完全に破断し、床版厚120mmではごく浅く、床版厚が薄いほどジョイント本体に与える疲労の

表-11 100kN換算輪数

既設床版厚 (mm)	100kN走行換算輪数の内訳(m=4)				100kN 換算輪数計
	100kN	130kN	160kN	200kN	
80	100,000	285,610	655,360	2,156,800	3,197,770
100	100,000	285,610	655,360	4,800,000	5,840,970
120	100,000	285,610	655,360	4,800,000	5,840,970

表-12 100kN換算輪数による各地点の疲労耐久性

観測地点		環八通り 砧	新大橋通り 築地	永代通り 永代	町田街道 町田	環七通り 小茂根	五日市街道 秋川
項目							
舗装設計交通区分		N7(D交通)	N6(C交通)	N5(B交通)	N6(C交通)	N7(D交通)	N4(A交通)
日一方向大型車交通量		9,861	4,501	5,368	1,361	6,899	683
100kN換算輪数/車線/年		69,016	8,973	3,739	21,693	40,001	6,103
100kN換算輪数/一方向/年		123,632	12,769	12,223	21,693	54,453	6,103
ジョイント設置 部床版厚別疲 勞耐久性年数	80mm	25.9	250.4	261.6	147.4	58.7	524.0
	100mm	47.2	457.4	477.8	269.3	107.3	957.1
	120mm	50<	460<	480<	270<	110<	960<

ダメージは大きくなる。

ジョイント直下の100kN換算たわみは、載荷初期では全断面有効時計算たわみよりやや大きい程度であるが、床版Dを除くと概ね20~30万回で引張無視時たわみ計算値を超える。

主鉄筋のひずみは、100kN載荷初期では引張無視時計算値程度であったが、床版厚80mmの破壊時では1000μを超えた。また、上下主鉄筋ひずみから算定される中立軸位置は、引張無視時の計算値より浅くなるが安定している。

ジョイントを取付ける後打ちコンクリートの打継目の開き、段差、ずれの三方向変位の動きは、床版Aの破壊直前の段差は0.4mmに急増してダメージが大きいことを推察できる。一方、床版C2と床版Dは、開きも段差も微小であり床版と一体として機能していることが確認された。

ゴムジョイント付きRC床版の疲労耐久性は、重厚通で過酷な環状八号線の砧地区の軸重観測データを用いて評価すると、床版厚80mmの耐久年数は25.9年、床版厚100mmでは47.2年、床版厚120mmでは50年以上と推定できる。

荷重支持型ゴムジョイントは、既設床版厚が100mm以上確保できれば、重厚通路線においても床版およびジョイントの疲労耐久性は良好である。

6. あとがき

ゴムジョイントを交換する際の既存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と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、他のジョイントの実験も進めているので随時取りまとめて報告したい。

また、床版厚が小さい場合の床版補強方法についても今後検討する予定である。

最後に理論解析の計算においては、大阪工業大学の堀川都志雄教授のプログラムを使わせていただいた。ここに記し感謝申し上げます。

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) 阿部忠行、関口幹夫、小原利美ほか：土木構造物の維持更新と機能向上技術開発、平成 7 年東京都土木技術研究所年報、pp.101 - 110、1996
- 3) 村上睦夫、日野泰雄、黒崎剛史：効率的維持管理のための高架橋道路伸縮継手の損傷要因分析、土木学会論文集 D、Vol.62 No.3、pp.474-482、2006.9
- 4) 大間知良晃、八代茂、岩崎雅紀：鋼道路橋の床版端部と鋼製伸縮装置の損傷実態と補修・改良工法、横河ブリッジグループ技報、27、pp.70 - 81、1998.1
- 5) 宮本文穂、櫛田賢一、竹内和美、高木秀敏、沼田克：橋梁懸垂式ジョイントの設計と施工、橋梁と基礎、93 - 11、pp.41 - 48、1993.11
- 6) 大間知良晃、渡辺孝一、折口俊雄、岩崎雅紀：鋼製伸縮装置まわりの劣化機構の究明と耐久性向上手法の提案、横河ブリッジグループ技報、28、pp.53 - 61、1999.1
- 7) 八木貴之、山田健太郎、小塩達也：道路橋伸縮装置の疲労耐久性評価法の検討、土木学会論文集 A、Vol.63 No.3、pp.486-495、2007.7
- 8) 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
- 9) 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
- 10) 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
- 11) 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