

# 各種コンクリートで上面増厚補強されたRC床版の疲労耐久性

## Fatigue Durability of RC Slabs by Upper Thickness Increasing Method Using Different Sort of Concrete

水越睦視<sup>1)</sup>、松井繁之<sup>2)</sup>、手塚光晴<sup>3)</sup>、東山浩士<sup>4)</sup>、青木真材<sup>5)</sup>

Mutsumi MIZUKOSHI, Shigeyuki MATSUI, Mitsuharu TEDUKA, Hiroshi HIGASHIYAMA and Masaki AOKI

\*工修 住友大阪セメント株式会社 セメント・コンクリート研究所 副主任研究員 (〒551-0021 大阪市大正区南恩加島 7-1-55)

\*\*工博 大阪大学大学院教授 工学研究科土木工学専攻 (〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 2-1)

\*\*\*三菱化学産資株式会社 商品研究所横浜分室 (〒227-8502 神奈川県横浜市青葉区鴨志田町1000)

\*\*\*\*博 (工) 近畿大学助手 理工学部 土木工学科 (〒577-8502 大阪府東大阪市小若江3-4-1)

\*\*\*\*\*住友大阪セメント株式会社 セメント・コンクリート研究所 研究員 (〒551-0021 大阪市大正区南恩加島 7-1-55)

For a typical method for strengthening deteriorated slabs, Upper Thickness Increasing Method has been developed and conducted in this decade. In the study, a series of fatigue tests using the wheel running machine were carried out in order to examine fatigue durability of RC slabs reinforced by the method. The experimental parameters are the slab thickness and the sort of overlay concrete. From the tests, a remarkable jump up of the fatigue lives of strengthened slabs could be recognized in comparison with the existing slab without strengthening. In case of using fiber reinforced concrete, the fatigue durability increase was more excellent than in the case of using plain concrete because of the high shear strength of fibers. Up to the target fatigue loading cycles, sufficient bonding strength at the interface between old concrete and new concrete had been kept and any unfavorable damage was not found.

Key words: upper thickness increasing method, fatigue durability, wheel running test, SFRC, CFRC

### 1. はじめに

床版上面増厚工法は、損傷した道路橋 RC 床版に対する代表的な補強工法の一つである。同工法は、既設の床版上面に新たに鋼繊維補強コンクリート (SFRC) を打ち足し、床版厚の増加により曲げおよびせん断剛性を増加させるものである。

上面増厚工法の有効性については、増厚前後の床版を比較した場合、相当に疲労耐久性が向上することが知られている<sup>1)</sup>。しかしながら、同工法の増厚コンクリートの種類の違いが疲労耐久性に及ぼす影響についての報告はみられない。また、同工法による補強効果を十分に発揮するためには、既設部位と補強部位の一体化を図るよう施工を行うことが肝要となる。

このような観点から、本実験では増厚用コンクリートとして、SFRC、筆者らが開発した耐腐食性に優れた炭素繊維補強コンクリート (CFRC)<sup>2)</sup>、および比較用の普通コンクリート (PL) を同一 W/C で使用することとした。また、上面増厚工法の実施に際しては、人力施工では新旧コンクリートの十分な一体化が確保できないことが考えられる。そこで、全ての RC 床版供試体をグラウンドに

連続して敷き並べ、現行のマニュアル<sup>3)</sup>に準拠し、実施工で用いる大型施工機械により増厚部を施工した。

本研究では、これらの供試体について輪荷重走行疲労試験を行い、増厚前の厚さを有する普通 RC 床版と増厚後の RC 増厚床版との疲労耐久性、さらに増厚部コンクリートの種類が RC 増厚床版の疲労特性に及ぼす影響を検討した。次に、これらの増厚床版より切り出した RC はり供試体について静的曲げ試験を行い残存力学特性と RC 増厚床版の疲労耐久性との関係について考察した。また、疲労試験終了後の RC 増厚床版における既設部と増厚部の付着試験を行い、一体化に関する検討を行った。

### 2. 実験概要

#### 2.1 供試体

実験に用いた供試体は、輪荷重走行疲労試験用の増厚前の RC 床版 1 体と上面増厚 RC 床版 4 体、疲労载荷による付着強度および静的力学特性の劣化を比較するための新規 RC 増厚床版 2 体の合計 7 体である。実験に用いた供試体の種類と要因をまとめて表-1 に、供試体の諸元を表-2 に示す。全ての供試体の外形寸法は、主鉄筋

方向 2000mm, 配力鉄筋方向 3000mm で、床版スパンを 1800mm とした。増厚前の床版厚は設計荷重 78kN で設計したものである。これに増厚施工での最小施工厚さを考慮し 70mm の増厚を行った。ここで、既設床版の形状を床版上面が平坦なフラット型と床版の周囲（主鉄筋方向 300mm 幅, 配力鉄筋方向 200mm 幅）を 30mm 嵩上げしプール状の窪みをつけた凹型の 2 種類とした。これは、凹型とした方がより実橋の広幅員による増厚コンクリートのはくりに対する拘束状態を再現できると考えたためである。

増厚部の施工に際しては、あらかじめ増厚を施す範囲の床版上面に目荒らしを行った後、ショットブラストによる研掃を実施し、表面が乾燥した状態で増厚コンクリートを専用の大型コンクリートフィニッシャーにより敷きならし、床版厚が 210mm となるように締め固めた。

なお、輪荷重走行疲労試験に供した RC 増厚床版 4 体については、増厚部の施工に先立ち予備載荷を行い、あらかじめ引張無視の理論たわみの半分程度の疲労損傷を与えた。予備載荷の概要を表-3 に示す。

## 2.2 使用材料およびコンクリートの基本物性

### (1) 使用材料およびコンクリートの配合

増厚前の既設部には呼び強度 30N/mm<sup>2</sup> のレディーミクストコンクリートを、増厚部には 3 種類 (SFRC, CFRC, PL) の現場練り早強コンクリート (W/C=45%, 目標スランプ 5.0cm) を用いた。コンクリートの練混ぜは、SFRC, PL では移動式プラントにより、CFRC はバッチ式の 2 軸強制練りミキサを用いて行った。増厚コンクリートに使用した繊維の種類と性質を表-4 に、コンクリートの示方配合を表-5 に示す。また、全ての供試体で鉄筋は D13 (SD295A) を使用した。

### (2) 硬化コンクリートの特性

試験材齢時の硬化コンクリートの各種特性を表-6 に示す。表より、既設部コンクリートに比べて増厚部コンクリートの圧縮強度が相当に大

表-1 供試体の種類と要因

床版の記号	既設床版の形状	増厚コンクリートの種類	床版厚 (mm)	増厚部の厚さ (mm)	試験の種類
F-N	フラット (□)	-	140	0	輪荷重走行試験
F-□-SF	フラット (□)	SFRC	210	70	輪荷重走行試験 付着試験 静的はり曲げ試験 付着試験 静的はり曲げ試験
F-凹-SF	凹型 (凹)	SFRC			
F-凹-SF	凹型 (凹)	CFRC			
F-凹-SF	凹型 (凹)	プレーン			
S-凹-SF	凹型 (凹)	SFRC			
S-□-SF	フラット (□)	SFRC			

表-2 RC床版の諸元

床版厚	既設部 (cm)		14
		上面増厚部 (cm)	0
	全厚 (cm)	14	
F-N床版 (増厚前)	主鉄筋量	上側主鉄筋	D13@170
		下側主鉄筋	D13@85
		有効高さ d (cm)	11
F-N床版 (増厚前)	配力鉄筋量	上側主鉄筋	D13@200
		下側主鉄筋	D13@100
		有効高さ d (cm)	9.7
F-□-SF F-凹-SF F-凹-SF	床版厚	既設部 (cm)	14
		上面増厚部 (cm)	7
		全厚 (cm)	21
F-凹-SF F-凹-SF S-凹-SF S-□-SF (増厚後)	主鉄筋量	上側主鉄筋	D13@170
		下側主鉄筋	D13@85
		かぶり (cm)	18
F-凹-SF F-凹-SF S-凹-SF S-□-SF (増厚後)	配力鉄筋量	上側主鉄筋	D13@200
		下側主鉄筋	D13@100
		有効高さ d (cm)	16.7

表-3 予備載荷の概要

供試体の種類	載荷荷重 (kN)	回数 (pass)	活荷重たわみ (1/100mm)
F-□-SF	78	3,000	116
F-凹-SF	78	3,000	116
F-凹-CF	78	20,000	116
F-凹-PL	78	40,000	100

表-4 使用した繊維の種類と性質

鋼繊維 (SF)	カットワイヤー品, 寸法 0.6φ × 30mm, 比重 7.85 引張強度 1176N/mm <sup>2</sup> , ヤング率 206kN/mm <sup>2</sup>
炭素繊維 (CF)	フィラメント径 7μm, 繊維長さ 40mm, 比重 1.90, 引張強度 4710N/mm <sup>2</sup> , ヤング率 235kN/mm <sup>2</sup>

表-5 コンクリートの示方配合

床版の部位	コンクリートの種類	設計基準強度 (N/mm <sup>2</sup> )	目標スランプ (cm)	G <sub>max</sub> (mm)	W/C (%)	s/a (%)	繊維混入率 Vf (vol.%)	(kg/m <sup>3</sup> )					C× (%) 混和剤
								W	C	S	G	繊維	
既設部	プレーン	30(材齢28日)	12	20	47	43.1	0	175	372	730	992	-	0.25*
増厚部	SFRC	30(材齢7日)	5	13	45	55.8	1.0	176	391	931	771	80	2.0**
						64.0	1.0	185	411	1042	611	19	2.5**
	プレーン					40.9	0	153	340	735	1111	-	2.0**

\* AE減水剤,

\*\* 高性能AE減水剤

きいことがわかる。増厚コンクリートの配合は、所要の強度を満足しかつ施工性を考慮し決定されており、結果として高い強度を得てしまうことが多い。また、換算曲げ強度で顕著であるが、繊維混入により曲げ性能が向上していることがわかる。さらに、増厚コンクリートのせん

断強度は、繊維無混入の PL に対して SFRC で約 1.8 倍、CFRC では 1.6 倍程度となった。今回の実験のように圧縮部に増厚コンクリートを使用した場合、押抜きせん断疲労破壊に対しては、増厚コンクリートのせん断強度が大きく寄与するものと考えられる。

表-6 床版コンクリートの物性

床版の 部位	床版 No.	コンクリート の種類	予備載荷時(増厚前)				本載荷時(増厚後)			
			圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	ヤング係数 (kN/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比 ν	割裂強度 (N/mm <sup>2</sup> )	圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	ヤング係数 (kN/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比 ν	割裂強度 (N/mm <sup>2</sup> )
既設部	F-N	ブレン	—	—	—	—	35.8	27.1	0.180	2.88
	F-□-SF		31.4	26.9	—	2.73	35.9	28.4	0.182	2.64
	F-凹-SF		32.0	26.1	—	3.11	41.3	29.4	0.189	3.46
	F-凹-CF		32.0	26.1	—	3.11	44.8	29.4	0.183	3.58
	F-凹-PL		31.4	26.9	—	2.73	43.3	29.4	0.197	3.51
床版の 部位	床版 No.	コンクリート の種類	本載荷時(増厚後)							
			圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	ヤング係数 (kN/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比 ν	割裂強度 (N/mm <sup>2</sup> )	曲げ強度 (N/mm <sup>2</sup> )	曲げ靱性 (J)	換算曲げ強度 (N/mm <sup>2</sup> )	せん断強度 (N/mm <sup>2</sup> )
増厚部	F-□-SF	SFRC	70.7	35.9	0.243	5.12	12.0	55.4	8.31	17.9
	F-凹-SF	SFRC	77.2	34.1	0.206	5.26	11.8	56.1	8.60	18.0
	F-凹-CF	CFRC	67.2	34.1	0.214	4.35	8.65	38.9	5.83	15.9
	F-凹-PL	ブレン	81.6	37.0	0.212	4.70	9.33	2.90	0.44	9.72

表-7 載荷プログラム(本載荷時)

供試体の 種類	荷重 (kN)	走行回数		実験終了 時の状況
		(pass)	(pass累積)	
F-N	78	500,000	500,000	破壊
	98	500,000	1,000,000	
	118	164,000	1,164,000	
	147	206,000	1,370,000	
F-□-SF	147	100,000	100,000	未破壊
	177	800,000	900,000	
	206	400,000	1,300,000	
F-凹-SF	147	60,000	60,000	未破壊
	177	200,000	260,000	
	206	600,000	860,000	
F-凹-CF	147	60,000	60,000	未破壊
	177	200,000	260,000	
	206	400,000	660,000	
F-凹-PL	147	60,000	60,000	未破壊
	177	200,000	260,000	
	206	500,000	760,000	

2.3 実験方法

(1) 輪荷重走行疲労試験

疲労試験は、大阪大学の輪荷重走行試験機<sup>1)</sup>により行った。試験機の輪荷重は床版中央から±1000mmの範囲を移動し、その輪荷重の下には道路橋示方書に規定されている輪荷重の載荷面積の各辺を60%に縮小した300mm×120mmの鋼製ブロックが隙間5mmで敷き並べられた軌道装置を設置している。

供試体の支持条件は長辺方向(配力鉄筋方向かつ橋軸方向)の2辺を単純支持し、短辺方向(主鉄筋方向かつ橋軸直角方向)の2辺は弾性支持とした。また、一般的には矩形床版において床版中央に荷重をかけると4隅に浮き上がりが発生する。これを防止するために床版4隅に浮き上がり防止装置を設置した。

本載荷時の載荷プログラムを表-7に示す。増厚していない厚さ140mmの床版F-Nは、設計荷重78kNより載荷を開始し段階載荷により破壊に至らした。厚さ210mmの増厚床版は、147kNから載荷を開始した。これは、道路橋示方書の設計荷重に衝撃係数をかけたものに近く、また実測最大輪荷重という経験から決定した。177kNはさらに安全を考えた荷重であるが、これでも破壊に至る傾向がみられなかったため、さらに206kNに荷重を上げた。しかしながら、最終的には破壊に至らすことができなかった。

本実験の測定項目は、たわみ、鉄筋ひずみ、コンクリートひずみ、ひび割れ発生状況である。測定は、適当な走行回数毎に試験機の走行を停止し、車輪を床版の中央点に移動させて静的載荷により行った。たわみの測定は、床版中央断面であり、床版中心より200mmピッチで橋軸方向に計13個配置したダイヤルゲージにより行った。ひずみ測定位置については、測定結果とともに後述することにする。また、ひび割れ発生状況は疲労載荷に伴う進展状況の他、疲労試験終了後に試験体を切断し、

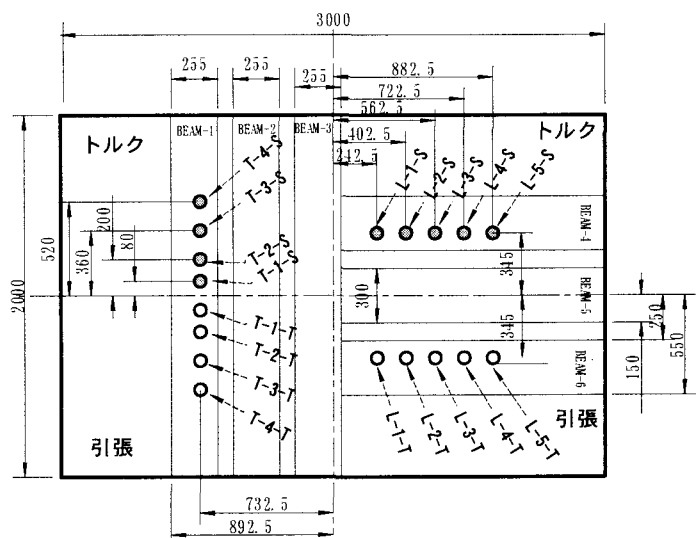


図-1 付着試験およびはり切り出し位置

内部の状況についても観察した。

## (2) 切り出しはりの静的曲げ試験

図-1 中に示した位置で疲労試験後の床版および新規床版を切断し、はり供試体を切り出した。これらの供試体について、残存強度特性を調べるために静的4点曲げ試験を実施した。荷重方法は、曲げスパン 300mm、せん断スパン 540mm、せん断スパン比  $a/d=3.0$  とし破壊までの一様漸増荷重とした。ただし、荷重レベルの小さい 19.6kN 付近で数回除荷し、繰り返し荷重を行った。

## (3) 新旧コンクリートの付着試験

上面増厚工法の成立条件である新旧コンクリートの界面での一体化を検討するために、図-1 中に示した位置で増厚部の部分コアによる建研式引張試験と阪大式トルクせん断試験<sup>4)</sup>を行い付着強度を調べた。

## 3. 結果と考察

### 3.1 輪荷重走行試験

#### (1) たわみ性状

図-2 に橋軸方向のたわみ分布を増厚床版（代表例として F-凹-CF）と F-N の比較で示す。F-N では予備荷重を行っていないため、初期の荷重では全断面有効の理論曲線にほぼ一致し、走行回数の増加に伴いたわみは増加し中央で尖った分布になっていくのがわかる。一方、増厚床版では、たわみは走行回数の増加に伴いコンクリートの引張側無視の理論値（中立軸は増厚部にあるので CFRC の物性値を解析に使用）に近づいていくが、なだらかな分布曲線を描いており、荷重 206kN での 40 万回の荷重終了後も配力鉄筋方向の荷重分配は F-N のように小さくなっていないことがわかる。

図-3 に増厚床版 F-凹-CF の増厚前後の活荷重-たわみ関係を示す。増厚後の床版の剛性は、予備荷重により既にコンクリートの引張部にひび割れが発生していたため、全断面有効の理論値よりは小さいものの飛躍的な剛性の回復が窺える。つまり、増厚前の予備荷重最終時のたわみと、増厚後（荷重 78kN）でたわみが停留した時点のそれとを比較すると、増厚によって、たわみは大幅に減少していることは明らかである。その減少度は、新旧コンクリートが一体化しており、かつ増厚部コンクリートは全断面有効として算出した断面剛性の増厚前の床版における引張側コンクリート無視の断面剛性に対する比の逆数にほぼ等しくなった（表-8 参照）。

表-8 床版の断面2次モーメント

(単位:  $\text{cm}^4$ )

供試体: F-凹-CF	主鉄筋断面	配力筋断面	
増厚前引張側無視	7847	5229	①
増厚コンクリートのみ有効	22954	19496	②
増厚後引張無視	20781	16383	③
①/②	0.342	0.268	-
①/③	0.378	0.319	-

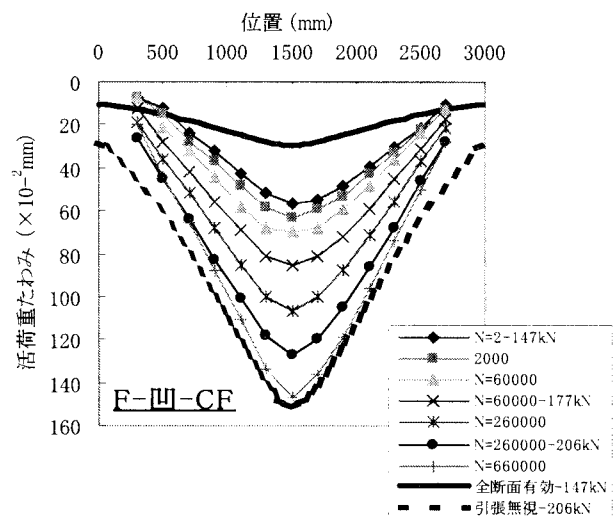
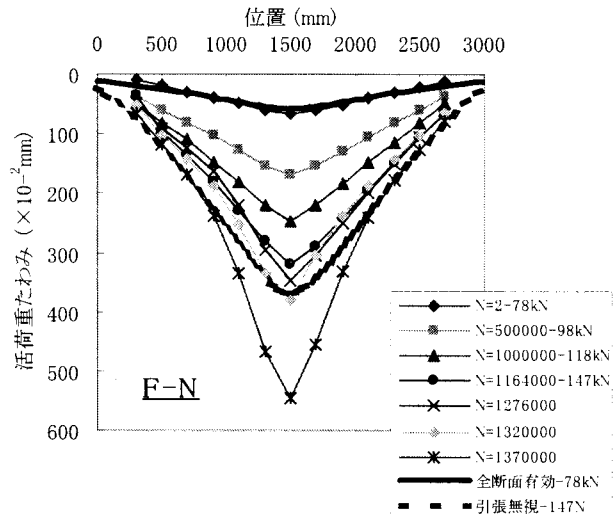


図-2 橋軸方向のたわみ分布

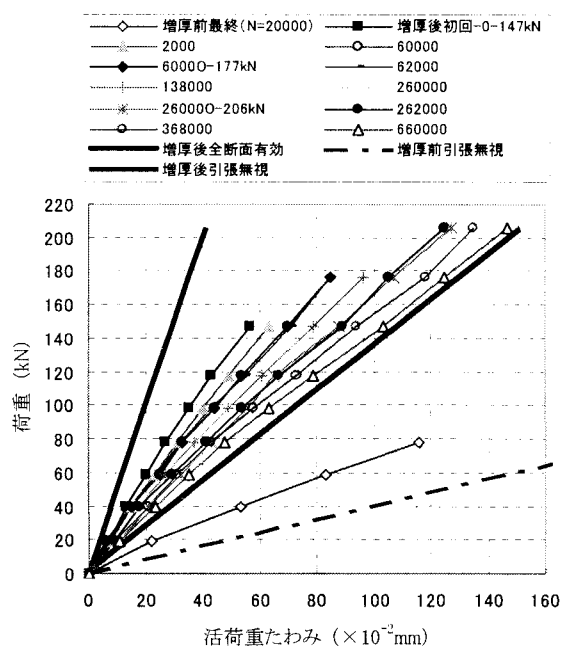


図-3 荷重-活荷重たわみ関係 (F-凹-CF)

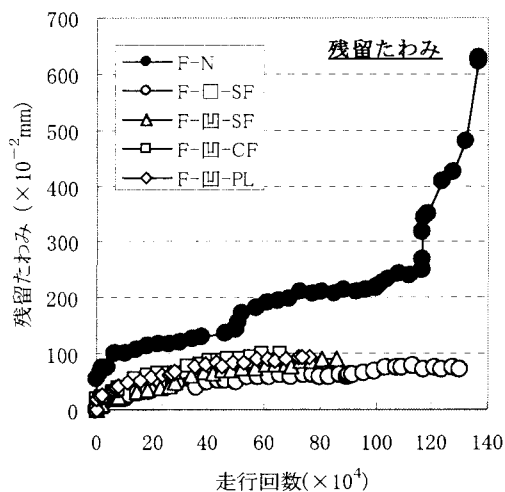
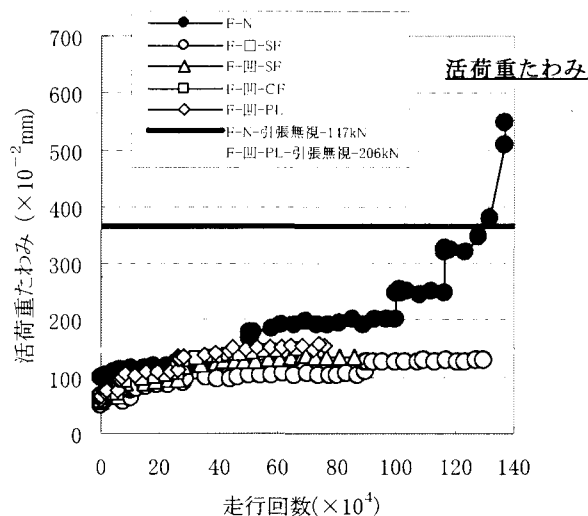


図-4 たわみ-走行回数曲線

今回、疲労試験を行った RC 増厚床版 4 体と比較用の増厚なしの RC 床版のたわみ-走行回数曲線を図-4 に示す。増厚をしていない F-N では、荷重を 147kN に上昇後、活荷重たわみ、残留たわみともに線形的に増加し、劣化が進行していることが窺える。一方、増厚した床版では、F-N のような大きなたわみの増加は 206kN に荷重を上げた後も認められず比較的安定している。

(2) 使用限界疲労寿命

図-4 からは増厚コンクリートの種類の違いが疲労耐久性に及ぼす影響は判断し難い。また、各供試体は試験時の材齢や製造バッチの違いにより、コンクリートの強度や弾性係数が異なり、載荷プログラムも同じでない。したがって、各供試体の比較を容易にするために、図-5 のように縦軸に活荷重たわみによる劣化度を、横軸にマイナー則を適用して 177kN に換算した走行回数をとった。既往の試験<sup>1)</sup>では増厚床版の疲労寿命は普通の RC 床版の S-N 曲線と同じ傾きを有することが報告されている。よって、換算回数の算定には既往の RC 床版の S-N 曲線の傾きを用い、劣化度  $\alpha$  は(1)式により与えた<sup>1)</sup>。

$$\alpha = (d - d_i) / (d_s - d_i) \times 100 \quad (1)$$

ここに、 $d$  : 実験値のたわみ

$d_i$  : 全断面有効時の理論たわみ

$d_s$  : 引張側コンクリート無視の理論たわみ

図-5 より、F-N は繰返しの初期からたわみが大きく、走行回数 1.64 万回で使用限界 ( $\alpha=100\%$ ) を超え、2.13 万回で押抜きせん断破壊した。RC 増厚床版に着目すると、繊維補強コンクリートで増厚した F-凹-CF、F-□-SF、F-凹-SF は各々最終の 307 万回、367 万回、450 万回まで使用限界に至らなかった。しかしながら、繊維無混入のプレーンコンクリートで増厚した F-凹-PL は、最終的に破壊は生じなかったが走行回数 155 万回で使用限界を超

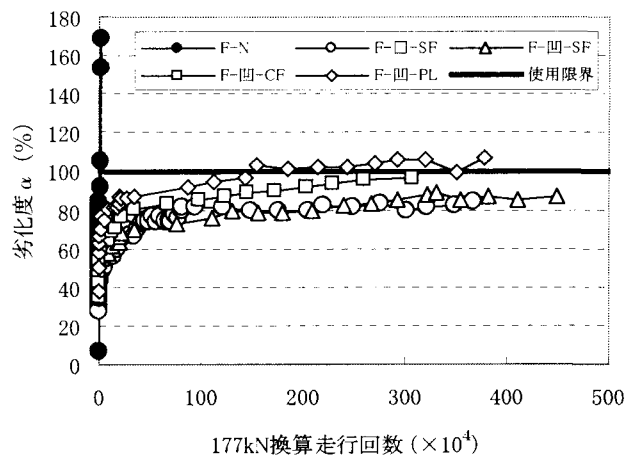


図-5 劣化度-換算走行回数曲線

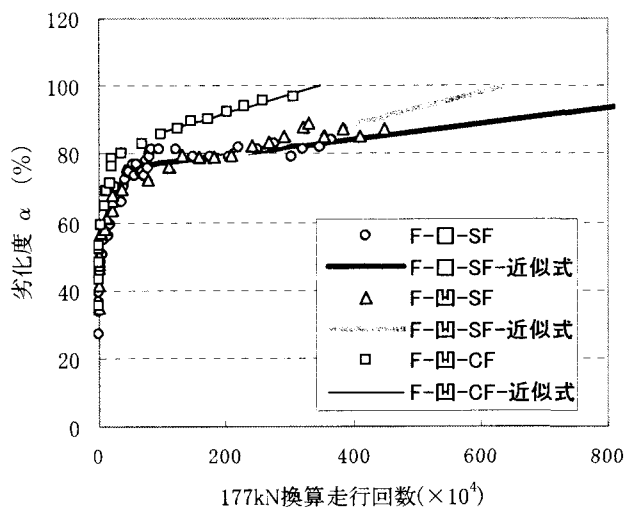


図-6 使用限界寿命の推定方法

え、最終の 378 万回で劣化度  $\alpha$  は 107 % となった。

ここで、使用限界に至っていない F-□-SF, F-凹-SF, F-凹-CF については、活荷重たわみが微増する区間で走行

回数と活荷重たわみが直線関係にあることを利用し、この区間での走行回数-劣化度関係を直線近似し使用限界寿命を推定した<sup>3)</sup>。その推定方法を図-6 に、使用限界寿命の算定結果を表-9 に示す。これより、床版厚を 140mm から 210mm に繊維無混入の PL を用いて増厚することにより、疲労寿命は 94 倍伸びていることがわかった。また、PL 増厚床版に対し SFRC 増厚床版では 4.1 ~ 6.9 倍、CFRC 増厚床版で 2.3 倍の使用限界寿命となり、繊維混入の効果が窺える。結局、増厚前の 14cm 床版に対しては、PL を用いた 70mm の増厚による約 94 倍と繊維混入による約 2 ~ 7 倍の積で繊維補強コンクリートを用いた増厚の効果が現れることになる。

### (3) 既設部と増厚部の一体化に関する検討

図-7 に走行回数および荷重の増加毎の主鉄筋断面の維ひずみ分布を示す。これは床版上面のコンクリートひずみ、上側鉄筋および下側鉄筋のひずみより求めたもので、測定位置は鉄筋ひずみが比較的大きい床版中央から橋軸方向に 170mm、橋軸直角方向に 350mm 離れた位置である。増厚床版の主鉄筋断面の維ひずみ分布は、ほぼ直線で近似され、平面保持の法則が成り立っている。これより、既設部と増厚部の新旧コンクリートは一体化しており、合成断面として機能しているといえる。一方ひずみの大きさについては、増厚床版 F-凹-SF, F-凹-CF に比べ、劣化の進行が早かった F-凹-PL では引張鉄筋ひずみが大きかった。また、全ての増厚床版において既設床版では圧縮鉄筋として配置した上側鉄筋は、載荷初期から引張鉄筋として働いており、中立軸は載荷初期では既設部と増厚部の界面付近にある。荷重 177kN での走行中に増厚部に上がり、最終的にはコンクリートの引張無視の計算値とほぼ一致した。

### 3.2 切り出しはりの静的曲げ試験

疲労試験後の床版を主鉄筋方向に切り出したはり供試体 BEAM3 (はり幅: 255mm) の静的曲げ試験後のひび割れ状況を図-8 に示す。図中で点線は輪荷重走行疲労試験により生じたひび割れ、実線は静的載荷により発生したものである。図-9 には荷重-たわみ曲線を示す。図-8 より、全ての床版で輪荷重によるひび割れは増厚部まで進展せず深いものでも界面までであった。また、界面に沿った付着劣化によるひび割れも認められなかった。また、図-9 から、供試体 F-凹-PL の残存剛性は他の供試体に比較しやや小さい傾向にあるが、新規床版切り出し供

表-9 各種床版の使用限界寿命

供試体	①	②	③
	使用限界寿命 等価繰返し回数 (177kN換算)	増厚前 (床版厚14cm) 無補強床版 (F-N) に対する寿命比	増厚後 (床版厚21cm) PL増厚床版 (F-凹-PL) に対する寿命比
F-□-SF	10,766,667	655	6.94
F-凹-SF	6,337,708	385	4.09
F-凹-CF	3,493,566	212	2.25
F-凹-PL	1,550,526	94	1
F-N(14cm)	16,443	1	0.01

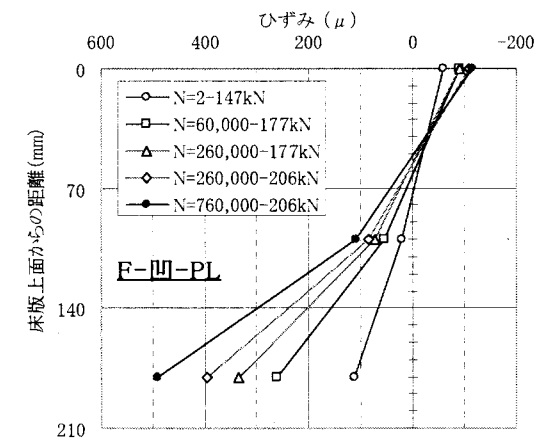
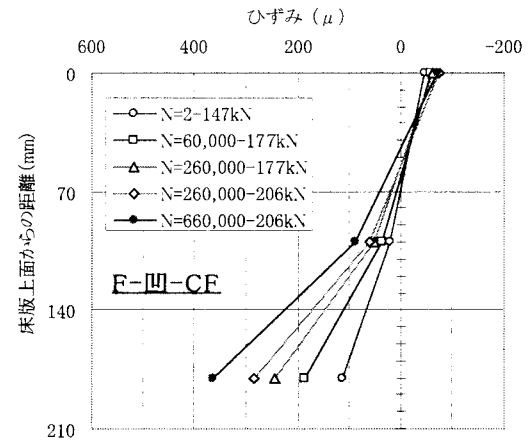
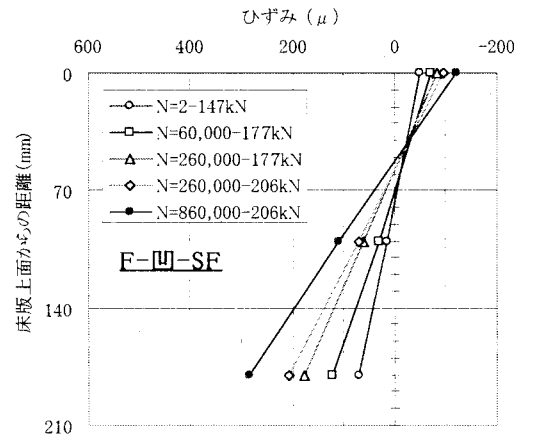


図-7 主鉄筋断面の維ひずみ分布

試体 S-凹-SF と比較しても大差はなく、大きな剛性の低下はこの静的試験からも認められなかった。また、界面での付着破壊も生じなかった。

しかしながら、ここで注目すべきことは、はり供試体の最終の破壊性状である。SFRC および CFRC で増厚された全ての供試体では、せん断ひび割れは増厚部において容易に成長せず、最終的に曲げスパン内の上縁コンクリートの圧壊により曲げ破壊した。一方、繊維無混入の F-凹-PL では曲げ圧壊破壊が生じる前に増厚部にせん断ひび割れが進展成長し、典型的なせん断引張破壊まではいかないが、曲げ破壊よりもせん断破壊が卓越した。これより、増厚部コンクリートに繊維を混入したことが、切り出しはりの静的せん断耐力を向上させ、ひいては床版の疲労耐久性を高めたものと考えられる。

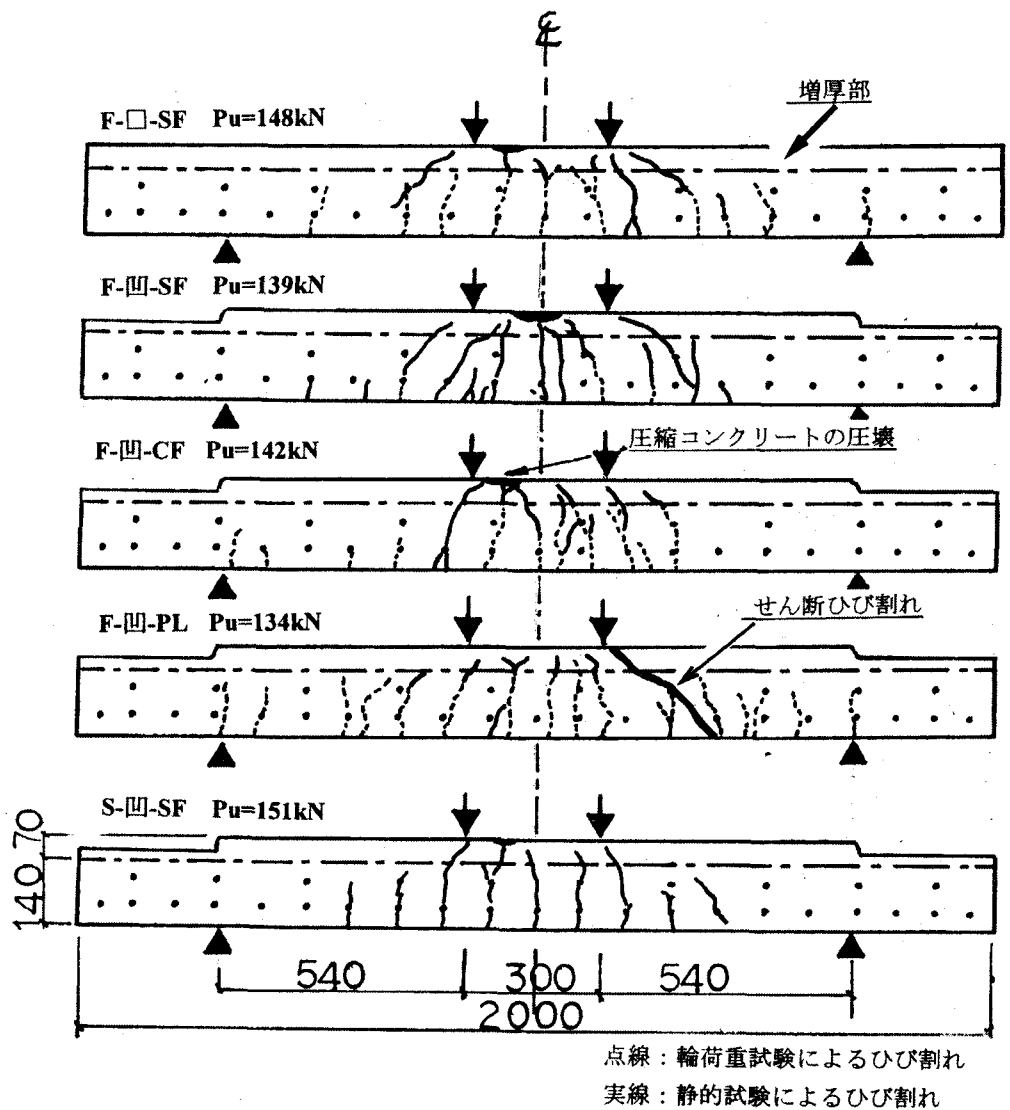


図-8 ひび割れ状況

### 3.3 新旧コンクリートの付着試験

付着試験結果を表-10 に示す。ここで、影部は界面の付着強度が既設部コンクリートの引張強度あるいはせん断強度よりも大きいため既設部から破壊したものである。また既往の载荷試験では界面の付着強度が  $1\text{N/mm}^2$  以上であれば、新旧コンクリートの一体化が確保されることが報告されている<sup>3)</sup>。

これらより、各 RC 増厚床版は輪荷重走行による疲労を受けた後も新規 RC 床版と同等以上の付着強度を有しており、界面では新旧コンクリートの一体化に必要な付着強度が確保されていることがわかった。なお、位置による付着強度の違いは明確には認められなかった。

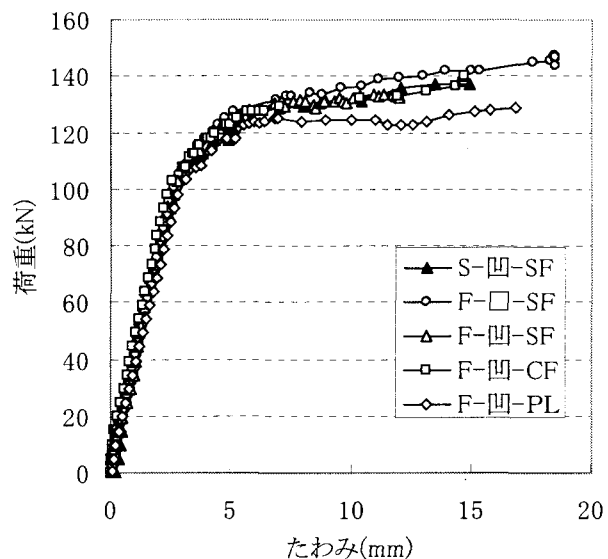


図-9 荷重-スパン中央たわみ関係

表-10 新旧コンクリート界面の付着試験結果

測定位置	引張付着強度 (N/mm <sup>2</sup> )		せん断付着強度 (N/mm <sup>2</sup> )	
	F-凹-SF 疲労载荷あり	S-凹-SF 疲労载荷なし	F-凹-SF 疲労载荷あり	S-凹-SF 疲労载荷なし
T-1	4.08	3.19	5.36	1.89
T-2	3.35	4.29	2.08	1.70
T-3	4.43	3.19	2.72	1.54
T-4	4.21	3.43	3.89	-
L-1	4.67	2.65	-	2.08
L-2	3.59	3.24	1.62	6.20
L-3	4.08	3.16	2.69	5.15
L-4	3.65	3.35	2.49	3.91
L-5	2.78	-	5.28	-
平均	3.87	3.31	3.27	3.21

注) 既設部で破壊

#### 4. まとめ

- (1) 増厚した各 RC 床版とも、荷重 177kN 換算回数で 150 万回以上の高い疲労耐久性を有しており、上面増厚による優れた補強効果が確認された。
- (2) 増厚床版の主鉄筋断面の維ひずみ分布より、断面内では平面保持の法則が成立しており、既設部と増厚部は合成断面として挙動していることがわかった。
- (3) 実施工と同様の方法で増厚部を施工した結果、疲労試験後の全ての増厚床版で打継ぎ界面の付着強度は新規床版と同等であった。付着強度の平均値は既設部の引張強度にほぼ等しい 3N/mm<sup>2</sup> 以上であり、一体化に十分な付着強度を有していた。
- (4) 繊維補強コンクリートで増厚した床版の使用限界疲労寿命は、同厚の PL 増厚床版に比べ 2～7 倍程度の伸びをみせた。これは、繊維混入による増厚部のせん断強度の向上 (PL の約 1.7 倍) が寄与したためと考えられる。

今後の課題として、増厚部コンクリートのせん断強度特性の違いを反映させた上面増厚床版の疲労寿命推定方法の検討を行う必要がある。

**謝辞：**本実験の実施に際しては、大阪大学大学院工学研究科土木工学専攻大学院生の渡海大輔氏（現、川崎重工業（株））をはじめとし、多くの大阪大学社会基盤設計学領域の方々にご多大なるご支援を頂きました。また、供試体の作製に際しては、エスオーエンジニアリング（株）前田博正氏、（社）建設機械化研究所の松本政徳氏をはじめ多くの方々のお世話になりました。ここに、諸氏に感謝の意を表します。

#### 参考文献

- 1) 松井繁之、木村元哉、蓑毛 勉：増厚工法による RC 床版補強の耐久性評価、構造工学論文集, Vol. 38A, pp. 1085-1096, 1992.
- 2) 水越陸視、松井繁之、手塚光晴、内田美生、粟田 満：コンクリート用 CF の開発と CFRC の基礎的性状、構造工学論文集, Vol. 44A, pp. 81-92, 1998.
- 3) 高速道路調査協会：上面増厚工法設計施工マニュアル, 1995
- 4) Maisarah ARI, Itsuo TSUCHIYA, Shigeyuki MATSUI : Effect of Fatigue Loading on Bonding Shear Strength at the Interface between Two Layers Concrete, Journal of Structural Engineering, Vol.45A, 1999
- 5) 渡海大輔、松井繁之、大西弘志：橋軸直角方向 PC 床版の疲労特性と耐久性、第一回鋼橋床版シンポジウム講演論文集, pp.113-118, 1998.