

炭素繊維シート接着工法によるRC床版の補強効果に関する実験的研究

建設省土木研究所 正員 淵上優子 正員 西川和廣
 正員 神田昌幸 正員 内田賢一
 正員 宮崎和彦

1. まえがき

現在、我が国では13万橋（橋長15m以上）に達する道路橋を供用しており、これらの道路橋を適切に維持管理していくことが重要な課題となっている。特に、道路橋床版は活荷重の影響を直接受けるため、近年の交通量の増大や大型車両重量の規制緩和により、ますます厳しい状況に曝されることが予想される。このため、床版の損傷度に応じた効果的な補強工法について早急な整備が望まれている。

床版の補強には、一般的に増桁工法、増厚工法、鋼板接着工法を用いているが、近年、高強度、軽量、耐腐食性に優れている炭素繊維シート接着工法が注目されている。この炭素繊維シート接着工法は、床版下面に貼付した炭素繊維シートがひびわれを面的に拘束するという効果も期待できる。しかし、炭素繊維シート接着工法は、増厚工法のように床版厚の増加によるせん断耐力の増加が期待できないことや、床版の損傷度に対応した補強量が不明であるなど問題点も有する。そこで、本検討では、配力鉄筋比が小さく損傷事例の多い昭和39年道路橋示方書（以下「S39道示」等）に従って設計したRC床版を対象に炭素繊維シート接着工法による補強を行い、実橋の活荷重の載荷状態を再現することのできる輪荷重走行試験によりその補強効果を確認した。

表-1 供試体の諸元

2. 試験方法

2.1 供試体および実験概要

表-1に供試体の諸元を示す。

載荷試験は、S39道示に従って設計したRC床版供試体に実際の供用状態をモデル化した予備損傷を

供試体名	適用道示	補強量 支間×橋 間×軸	寸法 (cm)	主鉄筋 (上段：圧縮、下段：引張)			配力鉄筋 (上段：圧縮、下段：引張)			圧縮強度 (kgf/cm ²)
				径 (cm)	かぶり 有効高 (cm)	間隔 (cm)	径 (cm)	かぶり 有効高 (cm)	間隔 (cm)	
RC39+I-1	S39年	1×1	280×450×19 (支間250)	D16	3.00	30.0	D10	4.30	30.0	345
				D16	16.00	15.0	D13	14.55	30.0	
RC39	S39年	—	280×450×19 (支間250)	D16	3.00	30.0	D10	4.30	30.0	275
				D16	16.00	15.0	D13	14.55	30.0	
RC8	H8年	—	280×450×25 (支間250)	D16	4.00	15.0	D13	5.45	12.5	276
				D19	21.00	15.0	D16	19.25	12.5	

輪荷重走行試験機により与え、炭素繊維シートを床版支間方向および橋軸方向に1層ずつ貼付したもの（RC39+I-1）を対象に行った。補強を行った供試体は、破壊回数が多くなるほど劣化を促進できるように考慮した段階載荷を行って供試体が破壊に至るまで輪荷重の繰り返し走行を行った。また、比較のため、無補強のS39道示による供試体1体（RC39）およびH8道示による供試体1体（RC8）を対象に同様の試験を行った。

2.2 予備損傷の与え方

図-1に床版の劣化の進行をモデル化した図を、表-2に今回用いた予備損傷を与えるための指標を示す。損傷度は、モデル図の曲線の増加率の違いから4つの部分に分割し、変化点O～Dの間をそれぞれ床版の損傷度を示した橋梁点検要領（案）¹⁾に記載された損傷度IV～Iとした。表-2に示すひびわれ密度およびたわみの劣化目標値は、過去に行ったRC39と同一供試体5体による輪荷重走行試験結果をもとに定めたものである。本研究での予備損傷は荷重16tfにて対象とする損傷度の劣化目標値まで輪荷重走行試験を行って得ることとし、本研究では橋梁点検要領の損傷度II「損傷が大きく、詳細調査を実施し補修するかどうかの検討を行う必要がある」を想定して予備損傷を与えることとした。

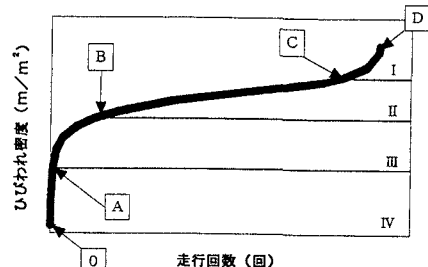


図-1 床版の劣化の進行モデル

キーワード : RC床版、炭素繊維シート、輪荷重走行試験、損傷度
 住 所 : 〒305 茨城県つくば市旭1番地

2.3 段階載荷

本研究では、異なる構造を有する床版の耐久性を同一載荷方法で比較するために、回数が多くなるに従い載荷荷重を段階的に大きくすることで床版の損傷を促進させる段階載荷により実験を行うものとした（図-2）。載荷試験は、16tfを初期荷重として床版が破壊に至るまで4万回走行毎に2tfずつ荷重を増加させて行った。

3. 試験結果および考察

表-3に予備損傷の結果と破壊回数およびその時の荷重を示す。予備損傷を与えたRC39+1-1は、ひびわれ密度およびたわみが表-2に示す値となった時点で損傷度Ⅱに至ったと判断して補強を行った。

図-2に段階載荷における走行回数とたわみの関係を示す。RC39+1-1はRC39より多い回数で破壊しているもののRC8に比較して破壊回数は少なくなっている。これは、RC39+1-1の補強量が支間方向および橋軸方向に1層ずつと最小の補強量であること、RC39およびRC39+1-1の床版厚が19cmであるのに対しRC8が25cmと大きく、せん断耐力が大きかったことが原因と考えられる。

さらに炭素繊維シートによる補強効果を考察するため、図-3にRC39およびRC39+1-1の走行回数と供試体中央の活荷重たわみ（載荷時たわみと除荷時たわみの差）の関係を示す。予備損傷を与えたRC39+1-1の補強後の活荷重たわみは、補強前と比較して7割程度に低減し、その後段階載荷で荷重を上げる毎に増加しているが、8万回（18tf）まで補強前の活荷重たわみ以下に保っている。その後、RC39+1-1の活荷重たわみは、RC39の破壊直前の活荷重たわみに達し、活荷重たわみが急増して破壊に至っている。ここで、RC39+1-1の破壊回数は、補強後から114,325回（20tf）とRC39の27,367回（16tf）に比較して4倍程度多くなっている。さらに、RC39+1-1の破壊荷重はRC39の破壊荷重と比較して25%大きく、段階載荷で荷重を上げる毎に劣化が促進されることを考慮すると回数にして4倍を大きく上回る耐久性があったことが理解できる。

4. あとがき

本研究では、予備損傷を与えた床版供試体に炭素繊維シートによる補強を行うことで、補強量が最少であってもその効果を期待できること、また、炭素繊維シート接着工法は補強を考慮しなければならない程損傷が進んでいる床版にも適用可能な工法であることが確認できた。今後は、損傷度および補強量を変化させて実験を行い、床版補強における炭素繊維シート接着工法の最適な適用方法を検討していく予定である。

表-2 予備損傷の指標

橋梁点検要領における損傷度	床版損傷の劣化点	ひびわれ密度 (n/m ²)		たわみ (mm)		実験における床版の状態
		劣化目標値	劣化目標値	劣化目標値	劣化目標値	
0. K.	○	除荷	16tf	除荷	16tf	ひびわれ発生前
IV	△					たわみ、ひびわれ密度が急増する。
III	□	3	6	3	7	たわみ、ひびわれ密度の増加率が急増から漸増へ、変化する。
II	◇	6	8	4	8	たわみ、ひびわれ密度の増加率は小さくなり安定した漸増となる。
I	◇	8	10	5	9	せん断破壊の直前に、たわみ、ひびわれ密度の増加率が大きくなる。
	◇					押抜きせん断破壊

1) ひびわれ密度は土研輪荷重走行試験機CCD画像より検出(80cm×80cmの平均)

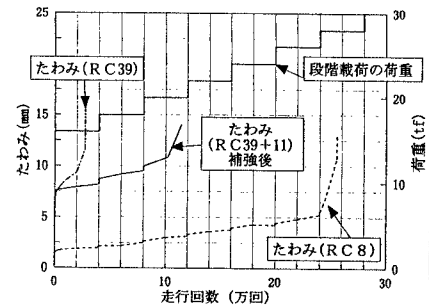


図-2 走行回数とたわみの関係(段階載荷)

表-3 予備損傷の結果、破壊荷重および破壊荷重

供試体名	予備損傷					破壊回数 (回)	破壊荷重 (tf)
	回 数 (回)	ひびわれ密度 (m/m ²)		たわみ (mm)			
		除 荷	載 荷	除 荷	載 荷		
R C 39+1-1	16000	6.08	7.31	4.16	8.05	114325	20
R C 39	(10000) R C 39は予備損傷を与えていないため、数値は参考値	(6.48)	(8.61)	(4.40)	(8.55)	27367	16
R C 8	—	—	—	—	—	255649	28

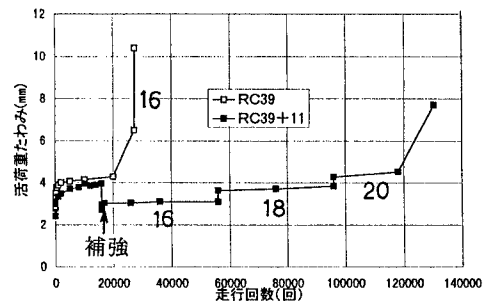


図-3 走行回数と活荷重たわみの関係