

CS-157 荷重一定載荷による炭素繊維シート接着床版の疲労耐久性に関する実験的検討

建設省土木研究所 正会員 松尾 伸二 大成建設 正会員 宇治 公隆
 同上 正会員 西川 和廣 日鉄コンポジット 正会員 小林 朗
 同上 正会員 内田 賢一

1.はじめに

既設道路橋 RC 床版の補修・補強工法の一つとして、軽量で施工性・耐腐食性に優れ高引張強度の炭素繊維シートを用いた炭素繊維シート接着工法が注目されている。筆者らは、損傷を有する古い基準の RC 床版に対して炭素繊維シートを接着し、疲労耐久性を把握することを目的として、階段状荷重漸増載荷(以下、階段載荷)による輪荷重走行試験を行ってきた¹⁾。これまでに、炭素繊維シートにより補強された古い基準の RC 床版は、炭素繊維シートが床版下面で発生しているひび割れの動きを抑制する効果等により、古い基準の RC 床版と比較し疲労耐久性が大きく向上することが確認されている。

階段載荷は各種床版の疲労耐久性を直接比較するに適していると考えられる。しかし、炭素繊維シート接着工法のようにコンクリートと炭素繊維シートの付着性能が重要である工法では、階段載荷の破壊直前において、実際の供用状態と比較して大きな荷重を作用させたことにより、コンクリートと炭素繊維シートの付着切れが促進されたと考えられる。

そこで本研究は、実橋床版が受ける荷重状態において、炭素繊維シート接着床版の疲労耐久性を把握することを目的とし、低荷重の荷重一定載荷(以下、一定載荷)による輪荷重走行試験を行った。

2.供試体

表-1 供試体の一覧

表-1 に供試体の一覧を示す。本試験では、配力筋不足等により損傷事例の多い昭和 39 年鋼道路橋設計示方書(以下、S39 道示)に準じて設計・製作した RC 床版を基準供試体とした。

供試体名	適用示方書 (年)	炭素繊維 シート補強量 主筋×配力筋 (層)	供試体寸法 (cm)	主筋筋			配力筋			コンクリート 圧縮強度 (N/mm^2)
				上段：圧縮 呼び 径	下段：引張 有効高 (cm)	間隔 (cm)	上段：圧縮 呼び 径	下段：引張 有効高 (cm)	間隔 (cm)	
S39-2×2一定	S39	2×2	280×450×19 (支間250)	D16	3.00	30.00	D10	4.30	30.00	33.8
H8道示	H8	—	280×450×25 (支間250)	D16	16.00	15.00	D13	14.55	30.00	27.1
				D19	4.00	15.00	D16	5.45	12.50	
					21.00	15.00		19.25	12.50	

S39 道示床版に対する炭素繊維シート(引張強度 $3400\text{N}/\text{mm}^2$ 、弾性係数 $230\text{kN}/\text{mm}^2$)による補強は、鉄筋の応力度を $140\text{N}/\text{mm}^2$ 以下として設計した場合、主筋方向と配力筋方向に各々 4 層必要であるが、今回は階段載荷を行った既往の輪荷重走行試験から、主筋方向と配力筋方向に各々 2 層接着した¹⁾。なお、本研究では損傷した S39 道示床版の補強効果について、現行平成 8 年道路橋示方書(以下、H8 道示)に準じて設計・製作された H8 道示床版との疲労耐久性の比較を行うこととした。

3.載荷方法

載荷試験は輪荷重走行試験機を用い、供試体を床版支間 2.5m で単純支持し、供試体上に $500\times 200\text{mm}$ の載荷ブロックを一列に並べた軌道上を幅 500mm の鉄輪が $\pm 1.5\text{m}$ 往復するものとした。

試験では、損傷が進んだ状態の RC 床版に対する補強後の疲労耐久性を検討するため、予め輪荷重走行試験機により損傷度Ⅱ¹⁾を与えた後、補強を実施した。損傷度Ⅱにおける補強前の床版上面のひび割れ発生状況を図-1に、床版下面のひび割れ発生状況を図-2に示す。供試体は炭素繊維シート接着後、無載荷状態で 7 日間養生し、再度、輪荷重走行試験を行った。

図-3 に過去に行った階段載荷の輪荷重走行試験結果¹⁾および載荷方法を示

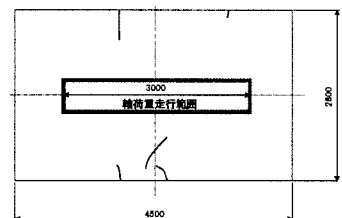


図-1 補強前の床版上面のひび割れ状況 (単位:mm)

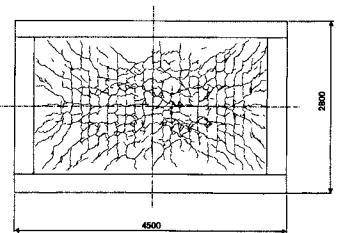


図-2 補強前の床版下面のひび割れ状況 (単位:mm)

キーワード：RC床版、炭素繊維シート、輪荷重走行試験、疲労耐久性

連絡先：〒305-0804 茨城県つくば市旭一番地 TEL.0298-64-4919 FAX.0298-64-0565

す。階段載荷による輪荷重走行試験の結果、H8 道示-階段床版の破壊荷重は 275kN(走行回数 255,649 回)、S39+2×2-階段床版は載荷荷重 235kN 時にコンクリートと炭素繊維シートの付着切れが生じ、最終的に載荷荷重 255kN(走行回数 200,626 回)で破壊に至った。そこで本研究では、炭素繊維シート接着床版の載荷荷重を以下のように決定した。

階段載荷による H8 道示-階段床版の破壊時走行回数を既往の研究²⁾を参考(RC 床版の S-N 線の傾きを 12.76 乗)に一定載荷として換算を行った。その結果、S39+2×2-一定床版の荷重をコンクリートと炭素繊維シートとの付着切れが発生する荷重および試験日数等を考慮し、196kN とした。ここで、H8 道示-階段床版を 196kN の一定載荷として換算した時の破壊時の走行回数は 288 万回である。

4. 試験結果

図-4 に炭素繊維シート補強後の走行回数と床版中央部の活荷重たわみならびに引張主鉄筋の活荷重ひずみの関係を示す。S39+2×2-一定床版は、400 万回の走行を終了し、換算した H8 道示-階段床版の走行回数 288 万回を上回っているが破壊に至らなかった。なお、走行回数 400 万回は階段載荷として換算を行うと、載荷荷重 275kN、走行回数 27 万回に相当する。図-4 より、活荷重たわみは走行回数 175 万回頃から漸増傾向にあり、床版の劣化が進行しているものと推測される。主鉄筋の活荷重ひずみは、ほぼ一定に推移している。

図-5 に 400 万回走行時点での床版上面のひび割れ発生状況を、図-6 に床版下面のコンクリートと炭素繊維シートとの付着切れ状況を示す。床版上面に発生した新たな主鉄筋方向のひび割れは走行回数 100 万回以降に発生し、さらに、床版下面では走行回数 180 万回頃から、コンクリートと炭素繊維シートの付着切れが部分的に発生した。この付着切れの発生した走行回数 180 万回頃は、活荷重たわみが漸増する 175 万回とほぼ同時期である。また、階段載荷を行った同供試体では破壊直前にコンクリートと炭素繊維シートの付着切れが広範囲にわたり発生していたが、一定載荷では小さな付着切れが徐々に増加している。

5. おわりに

古い基準で設計・製作され損傷を与えた後、炭素繊維シート接着工法で補強した RC 床版は、一定載荷の試験により、換算した H8 道示床版と同等の疲労耐久性を有し、本工法は損傷を受けた既設 RC 床版の補強工法として十分な効果を有していることが確認された。階段載荷は、各種床版の疲労耐久性を相対的に比較することが可能であるが、今回の一定載荷の試験結果との比較により、コンクリートと炭素繊維シートの付着性能が重要な本工法では、実際の供用状態と比較して、高い載荷荷重で試験を行う場合、試験結果が過小評価となるため、その評価に注意が必要であることが確認された。また、炭素繊維シートの補強量は鉄筋の許容応力度を基準に設計された積層数よりも少ない積層数として試験を行ったが、十分な疲労耐久性を有する結果であった。

【参考文献】

- 1) 松尾伸二，西川和廣，内田賢一：炭素繊維シート接着工法による既設 RC 床版の疲労耐久性に関する研究，土木学会第一回鋼橋床版シンポジウム講演論文集，1998.11
- 2) 阪神高速道路公団，阪神高速道路管理技術センター：道路橋 RC 床版のひび割れ損傷と耐久性，1991.12

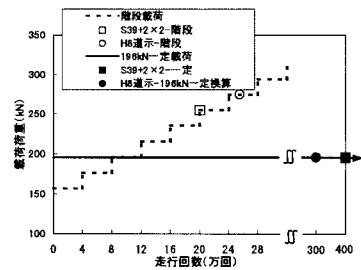


図-3 階段載荷の結果および載荷方法

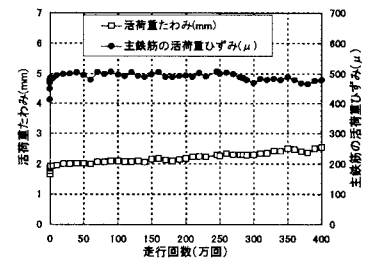


図-4 走行回数と活荷重たわみおよび主鉄筋の活荷重ひずみ

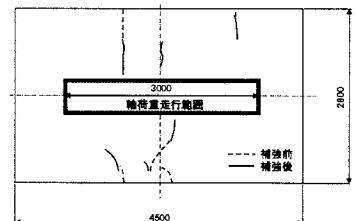


図-5 補強後(走行回数 400 万回時)の床版上面のひび割れ状況(単位:mm)

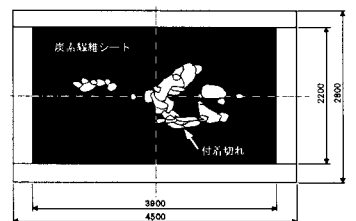


図-6 補強後(走行回数 400 万回時)の床版下面の付着切れ状況(単位:mm)