

格子状に炭素繊維シート接着補強された RC 床版の輪荷重走行下における破壊性状

(国研)土木研究所 正会員○村越 潤 炭素繊維補修・補強工法技術研究会 フェロー会員 新藤 竹文
 (国研)土木研究所 正会員 田中 良樹 炭素繊維補修・補強工法技術研究会 近藤 富士夫
 (国研)土木研究所 正会員 吉田 英二

1. はじめに

炭素繊維シート(以下、シート)による鉄筋コンクリート床版(RC 床版)の補強事例において、類似の RC 床版であっても補強量が異なる場合が見られる。土木研究所と炭素繊維補修・補強工法技術研究会は、シート補強された RC 床版の疲労損傷機構が必ずしも十分に解明されていないことがその一つの要因であると考え、同機構の解明と性能照査型補強設計法の構築に向けて、輪荷重走行試験による検討を行っている。また近年、維持管理を考慮して格子状にシートを貼る事例が見られることから、検討の一環として格子貼りによるシート補強の性能について確認することとした。そのうち、補強前の損傷の程度を変えて行った3体の輪荷重走行試験において、走行載荷中にシートのたるみや破断が確認された。本文では、その状況について報告する。

2. 試験方法

図-1、表-1 に、RC 供試体 CF1~3 の形状寸法と配筋をそれぞれ示す。RC 供試体の諸元は、昭和 39 年の道路橋示方書を適用した床版に概ね相当する。シートの諸元と施工時の温度及び材料試験結果を表-2 に示す。また、シートの貼り付け方法を図-2 に示す。シートは主鉄筋方向、配力鉄筋方向の順にそれぞれ 1 層ずつ接着した。CF2、3 のシート施工時は気温が低かったため、床版下面の作業空間をビニルで覆い、養生時はその中に投光器を入れて温度管理を行った。養生期間中は、配力鉄筋方向のシートを貼り終えた直後から、供用中での養生を想定して 68kN で輪荷重を走行させた(以下、養生載荷という)¹⁾。

表-3 に、各供試体の補強前及び補強後の走行回数を示す。CF2、CF3 では、補強前の RC 供試体に初期損傷を与えるため、床版中央の変位が所定の値になるまで 147kN で走行載荷を行った。CF2、CF3 の目標変位はそれぞれ 10, 8mm とした。CF3 の目標変位 8mm は、既往の試験¹⁾で用いた値と同じである(既往の試験では 157kN 載荷時であった)。補強後の CF2、3 は、それぞれの補強前と同じ荷重、繰返し数で走行載荷を行った後、荷重を 196kN に上げて抜け落ちが生じるまで走行載荷を行うこととした。ただし、CF2 は 147kN の段階で抜け落ちが生じた。初期損傷を与えずに補強した CF1 は、CF3 と同様に 38.5 万回まで 147kN で走行載荷した後、荷重を 196kN

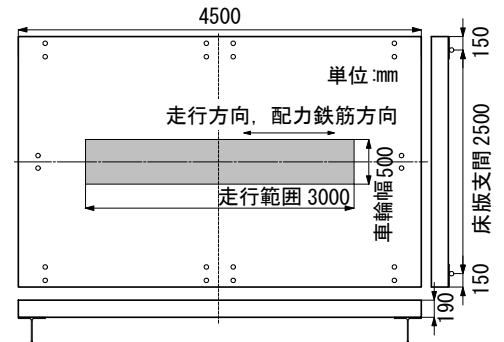


図-1 RC 供試体の形状寸法

表-1 RC 供試体の配筋(設計値)

	主鉄筋			配力鉄筋		
	呼び径(mm)	間隔(mm)	上縁からの距離 [*] (mm)	呼び径(mm)	間隔(mm)	上縁からの距離 [*] (mm)
上段	D16	300	30	D10	300	43
下段	D16	150	160	D13	300	146

*) 床版上面から鉄筋中心までの距離

表-2 シートの諸元、施工時温度、引張試験結果

供試体	シートの種類	接着剤の種類	繊維目付量(g/m ²)	設計厚さ(mm)	施工時温度 ¹⁾ (°C)	引張強度 ²⁾ (MPa)	弾性係数 ²⁾ (GPa)
CF1	高弾性型	一般用	300	0.143	25	2100	681
CF2	高弾性型	冬用	300	1層	19	2310	683
CF3	高弾性型	冬用	300	1層	17	2540	668

1) シートの施工期間中の平均温度、2) 5本の平均値

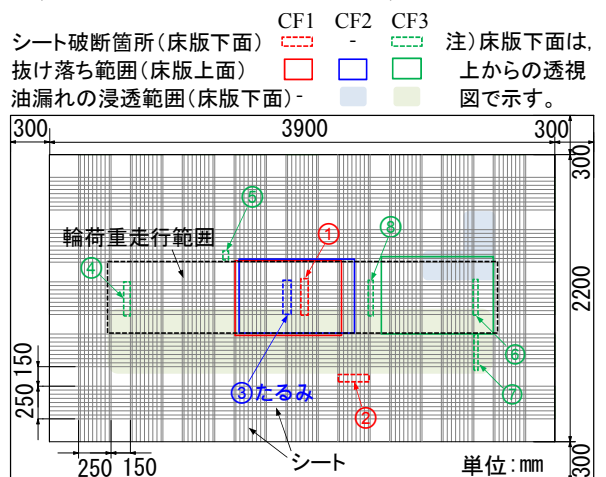


図-2 シートの貼り付け方法、シートの損傷箇所、抜け落ち範囲及び漏油の浸透範囲

表-3 補強前及び補強後の走行回数

供試体	コンクリート圧縮強度 ¹⁾ (MPa)	目標変位 ²⁾ (mm)	補強前		補強後	
			目標変位まで	養生載荷 ³⁾	147kN, 15rpm	196kN, 15rpm
CF1	22.7	-	-	100,000	385,000	89,000
CF2	20.7	10	1,610,000	185,000	1,100,000	-
CF3	25.4	8	385,000	189,000	385,000	208,000

1) 3本の平均値、2) 載荷時の床版中央たわみ、3) CF1は7日間、CF2,3は14日間

キーワード RC 床版, 炭素繊維シート, 補強, (シートの)破断, (シートの)たるみ
 連絡先 305-8516 つくば市南原 1-6 (国研)土木研究所 構造物メンテナンス研究センター TEL 029-879-6773

に上げた。走行載荷の途中で、所定の回数ごとに床版中央での静的載荷を行った。その際に変位、ひび割れ幅、鉄筋ひずみ等を測定するとともに、その直前 60 秒間の走行載荷時の波形データを記録した。シートの浮きの確認は叩き調査によった。

3. 破壊性状

図-2 に、各供試体のシートの損傷箇所及び抜け落ち範囲を示す。表-4 に、走行載荷時及び養生載荷時の主な事象を示す。初期損傷の程度が最も厳しかった CF2 では、RC 床版のひび割れ幅が最も大きかった箇所(147kN 走行下で 0.8mm の開き)で、養生載荷中にシートのたるみが生じた(写真-1)。配力鉄筋方向シートの接着剤の強度が発現する前に、コンクリートのひび割れの開きに伴ってシートが伸ばされ、そのまま硬化したものと考えられる。その部分のシートは輪荷重が離れると面外にはらみ出し、硬化後はシートが局部的に折れるような動きを示した。

また、CF1, 3 では、これまでのシート補強された RC 床版の輪荷重走行試験¹⁾で見られなかったシートの破断が数箇所で見られた(写真-2, 3)。シートの破断は、コンクリートの曲げひび割れ位置でのシートの疲労か、交差部の応力集中によるシートの疲労が影響したことによると想定された。このことから、表-5 にシートの破断箇所の周辺状況を整理した。抜け落ちに伴い発生した②, ⑧を除くと、すべてのシート破断が配力鉄筋方向のシートでコンクリートのひび割れを跨ぐ箇所に生じていた(写真-3)。ただし、コンクリートのひび割れ位置付近にシートの交差部が近い場合があり、交差部の応力集中の影響についても関係している可能性が残されている。なお、配力鉄筋方向のシートの破断が目立った理由として、RC 床版の配力鉄筋量が比較的少なく、シートの負担が主鉄筋方向に比べて大きい傾向にあること、配力鉄筋方向のシートを貼り付けた直後から養生載荷を行ったことなどが挙げられる。

図-2 に示したとおり、床版の抜け落ちは、②, ⑧以外のシートのたるみや破断が生じた箇所付近で生じる傾向が見られた。このことから、シートの損傷がその付近の床版の疲労耐久性に影響した可能性があると考えられる。なお、CF2, 3 の走行載荷中、試験機からの漏油がひび割れを通じて床版下面に浸透していたが(図-2, 写真-2)、シートの破断や床版の抜け落ちに影響したかは現時点で不明である。

4. まとめ

- 1) 格子状にシート補強された RC 床版の輪荷重走行試験において、シートのたるみや破断が発生した。報告した試験の範囲において、シートのたるみや破断は、抜け落ちに伴うシート破断を除くと、配力鉄筋方向シートで、床版下面のコンクリートのひび割れを跨ぐ箇所に発生した。
- 2) シート補強された床版の抜け落ちは、いずれもシートのたるみや破断が生じた箇所付近で発生した。

参考文献 1) 建設省土木研究所, 炭素繊維補修・補強工法技術研究会: コンクリート部材の補修・補強に関する共同研究報告書 (III), 1999.12.

表-4 走行載荷時及び養生載荷時の主な事象

供試体	CF1	CF2	CF3
補強前 147kN	—	<ul style="list-style-type: none"> 84 万回 試験機からの漏油により、油が床版下面まで浸透。 160 万回 配力鉄筋方向のひび割れ幅は、床版中央付近で最大 0.8mm 	<ul style="list-style-type: none"> 38.5 万回 配力鉄筋方向のひび割れ幅は最大で 0.6mm
養生載荷 68kN	変状なし	<ul style="list-style-type: none"> 床版中央付近(配力鉄筋方向のひび割れ幅で、最も大きな変化が見られた箇所付近)のひび割れ直下で、シートのたるみ③ 	<ul style="list-style-type: none"> 2 箇所で配力鉄筋方向のシートが破断④, ⑤
補強後 147kN	変状なし	<ul style="list-style-type: none"> 110 万回 床版中央付近で抜け落ち 	<ul style="list-style-type: none"> 16 万回 シートの破断箇所に部分的にシートを当てて補修④, ⑤
補強後 196kN	—	<ul style="list-style-type: none"> 2 万回 床版中央で配力鉄筋方向のシートが破断① 8.9 万回 床版中央付近で抜け落ち 抜け落ち時、主鉄筋方向のシートが破断② 抜け落ち時、配力鉄筋方向の鉄筋降伏 	<ul style="list-style-type: none"> 16 万回 配力鉄筋方向のシートが破断⑥, ⑦ 16~20 万回 試験機からの漏油により、油が床版下面まで浸透。 20.8 万回 床版中央から離れた位置で抜け落ち 抜け落ち後、配力鉄筋方向のシートが破断⑧

注) ①~⑧はシートの損傷箇所であり、図-2 にその位置を示す。

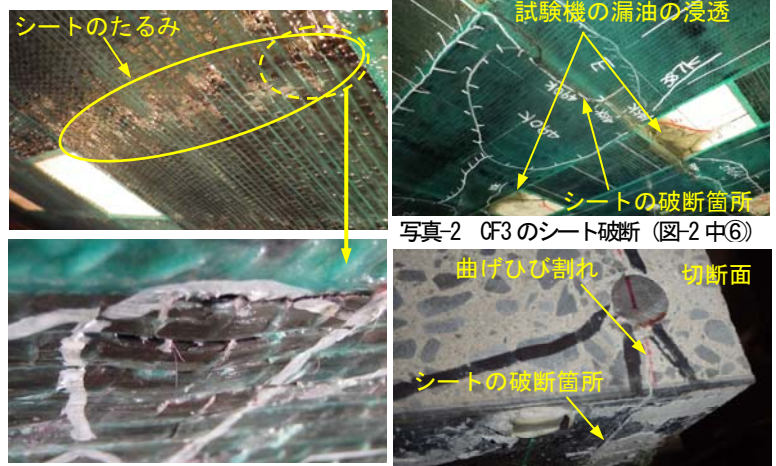


写真-1 CF2のシートのたるみ(図-2中③) 写真-2 CF3のシート破断(図-2中⑥) 写真-3 CF1のシート破断(図-2中①)

表-5 シート損傷箇所①~⑧の周辺状況

供試体	箇所	シート交差部	破断前のシート浮き	コンクリートの曲げひび割れ	抜け落ち時に発生
CF1	①	×	×	○	×
	②	×	○	×	○
CF2	③	△	○(たるみ)	○	×
	④	△	×	○	×
CF3	⑤	×	×	○	×
	⑥	○	×	○	×
	⑦	○	×	○	×
	⑧	○	○	×	○

○: シート損傷箇所と一致する, △: シート損傷箇所に近接する, ×: シート損傷箇所と一致しない