

炭素繊維ロッドと PVA で補強した RC はりのせん断力作用下における
耐疲労性に関する実験的検討

日本大学 学生会員 ○安達 遙希 (株)復建技術コンサルタント 正会員 飯土井 剛
日本大学 正会員 子田 康弘

1. はじめに

水の浸入を受ける RC 床版の耐疲労性は著しく低下する。既往の RC 床版の耐疲労性に関する研究成果¹⁾として、単鉄筋断面かつ炭素繊維(以下、CF)グリッドと PVA 繊維(以下、PVA)による補強を施すことで耐疲労性が向上することが判明した。また、昨年²⁾の研究成果より CF ロッド 3 本での短繊維の相乗効果があることが判明した。本研究では、せん断補強筋としてのロッドの本数の増減が耐疲労性に及ぼす影響を評価するため、これら実験条件としたはり供試体による定点の疲労载荷試験を実施した。

2. 実験概要

本実験では、まずせん断補強筋として CF ロッドを使用した。表-1 に、実験条件を示す。表より、CF ロッドによるせん断補強筋比が 0%、0.67%(3 本)、0.89%(4 本)、および 1.12%(5 本)の 4 条件、PVA 混入が 0%、0.25%、0.50%の 3 条件であり、これらを組み合わせた 7 条件とした。なお、表中の n は供試体数である。図-1 に、供試体形状の概要を示す。図より、供試体は、寸法を高さ 200mm×長さ 1000mm×幅 100mm とし、主鉄筋に SD295AD13 を 2 本配置した単鉄筋矩形コンクリートはりである。ここで、斜めひび割れの発生によるせん断破壊領域を制御するため、検討範囲(図中の赤枠)を設け、反対側は SD295AD10 のスターラップでせん断補強を施し、更に曲げ疲労破壊を防ぐため CF シート下面補強を施した。検討範囲への CF ロッドの

配置は、せん断スパン内で等間隔になるよう配置した。表-2 に、コンクリートの配合を示す。供試体には呼び強度 30MPa のレディーミクストコンクリートを使用し、PVA は供試体作製直前に添加した。圧縮強度は PVA 無が 31MPa、有が 33MPa であった。表-3 と表-4 には、CF ロッドと PVA の物性値を示す。疲労载荷試験は、定点载荷試験装置(写真-1)を用いた対象 2 点集中荷重方式とした。上限荷重は無補強供試体(CF ロッド 0%、PVA0%)の斜めひび割れ発生荷重 70kN の 80%とし、下限荷重は 5kN とした。疲労荷重は正弦波として与えた。载荷速度プログラムは、1 万回まで 0.5Hz、5 万回まで 1.0Hz、100 万回まで 1.5Hz であり、これ以降は 2.0Hz とした。疲労载荷試験における計測項目は、目標载荷回数終了時点で上限荷重を载荷した際の供試体中央変位と载荷回数、および供試体上縁のコンクリートひずみとした。ここでは、载荷試験が終了した結果を報告する(表-1 の赤丸)。

表-1 実験条件

せん断補強筋比	PVA混入比		
	0%	0.25%	0.50%
0.00%	○ n=1		○ n=1
0.67% (3本)	○ n=2	○ n=2	○ n=2
0.89% (4本)			○ n=2
1.12% (5本)			○ n=2

n:供試体数

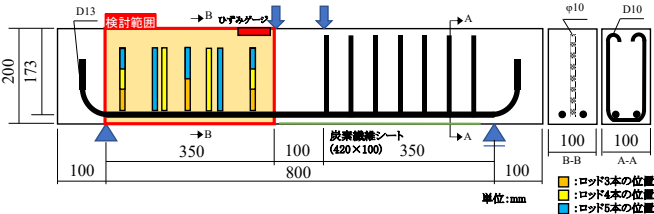


図-1 供試体の概要

表-2 コンクリートの配合

粗骨材最大寸法(mm)	スランプ(cm)	水セメント比(%)	空気量(%)	細骨材率(%)	単位量(kg/m³)					
					水	セメント	細骨材①	細骨材②	粗骨材	混和剤
20	18	51.5	4.5	47.9	184	358	417	407	936	3.58

表-3 CF ロッドの物性値

引張強度(MPa)	ヤング係数(GPa)	外形(mm)
2200以上	165±10%	9.8±0.2

表-4 PVA の物性値

直径(μ)	標準長(mm)	引張強度(MPa)	切断伸度(%)	ヤング係数(GPa)
660	30	900	9.0	23



写真-1 実験状況

キーワード 炭素繊維ロッド, 短繊維, 耐疲労性
連絡先 〒963-8642 福島県郡山市田村町徳定字中河原 1 番地 TEL 024-956-8721

3. 実験結果及び考察

図-2 に、静的載荷試験における荷重-変位関係を示す。図より、斜めひび割れの目視確認は約 70kN であった。その後 76.6kN で斜めひび割れが明らかに進展し変位の増加が見られた。なお、最大荷重は 96.4kN であった。図-3 に、疲労載荷試験結果を示す。上限荷重は、図-2 の斜め引張荷重の 70% となる 56kN とした。なお、凡例は例えば 3-025 がロッド 3 本、PVA 混入率 0.25%を表す。まず、ひび割れの進展は、初回載荷時点では斜めひび割れは発生しておらず、繰返し載荷回数の増加に従って斜めひび割れの発生と進展が観察された。次に、図より疲労破壊回数は、0-050 が約 625 万回、ロッド 3 本の場合で PVA 混入率 0%が 43.6 万回、0.25%が 371 万回、そして 0.50%が 527 万回であり、4-050 が約 1031 万回であった。このように、PVA 混入率が高くなるほど、またロッド本数が増えるほど耐疲労性が増加する傾向にあった。また、3-025 と 3-050 の疲労破壊回数を比較すると、その差は 160 万回であり、混入率が 2 倍にはなっているものの回数の増分は倍増とまでには至らなかった。中央変位の増加傾向に着目すると、全条件破壊に至るまでの増加傾向は同様であった。ロッド 3 本の場合、0%破壊時までは 3 供試体とも同様の増加傾向を示しており、その後、0.25%は破壊するまでの変位の増加も大きい傾向であった。これに対して、0.5%は繰返し回数の増加にともなう変位の増加の傾向は、初期からほとんど変化がなかった。しかしながら、疲労破壊時に着目すると 0.25%と 0.5%の中央変位の差は 0.5mm あり、0.5%は図のように突如たわみが急増し破壊に至る様相を呈した。4-050 の場合も 3-050 と同じく突如たわみが増加しており、圧縮側コンクリートの疲労破壊と考えられた。図-4 に、上縁のひずみと繰返し載荷回数の関係を示す。図より、繰返し載荷回数の増加によって圧縮ひずみは増加する傾向であり、圧縮ひずみが約 -1600μ よりも増加するとひずみが急増しており、圧縮側コンクリートが疲労強度に達し疲労破壊に達することが分かった。図-5 に、疲労破壊回数と PVA 混入率の関係を示す。図より、疲労破壊回数は混入率と相関関係にあり、0-050 は 3-050 と同等の破壊回数であること考えると耐疲労性の向上にはロッド本数によるせん断補強筋量の増加よりも PVA 混入率の方が、効果がある可能性が示された。

4. まとめ

本研究より、ロッドと PVA の相乗効果が認められた。また、PVA 混入率の方がロッド本数より、耐疲労性の向上に有効であると示唆された。今後は、本結果に基づき RC 版を用いた湛水状態の定点載荷疲労試験を実施する予定である。

謝辞: 本研究の一部は、(一財)橋梁調査会「橋梁技術に関する研究開発助成」により実施した。また、材料の提供を三菱ケミカルインフラテック(株) 長谷川氏、(株)クラレ 川島氏、合同会社マーベル 久末氏より受けた。ここに記し謝意を表します。

【参考文献】 1)大内凌輔他: 輪荷重走行試験による水の浸入に起因した耐疲労性の低下を抑制するRC床版断面の考案、令和3年度土木学会全国大会、V-529、2021。

2)林和希他: CFロッドとPVA繊維でせん断補強したRCはりの耐疲労性に及ぼす補強材の相乗効果、令和4年度土木学会全国大会、V-309、2022。

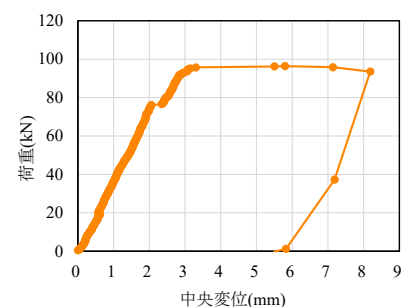


図-2 静的荷重-変位関係

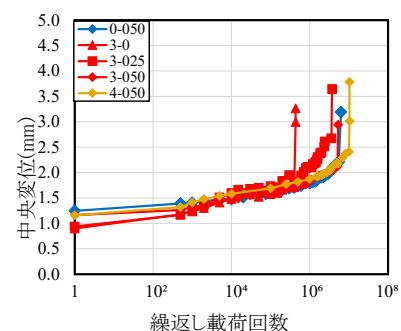


図-3 中央変位と繰返し載荷回数

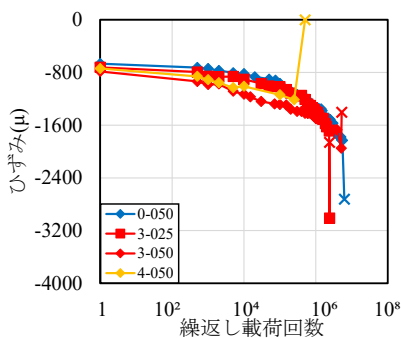


図-4 上縁ひずみと繰返し載荷回数

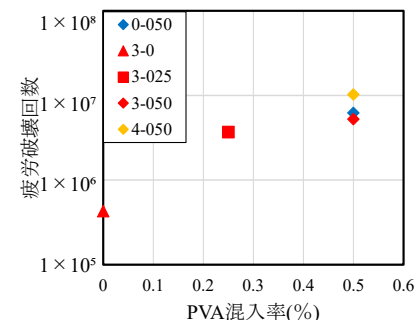


図-5 疲労破壊回数と PVA 混入率