

竹を補強材としたコンクリートはりの曲げ特性に関する実験的検討

日本大学 学生会員 ○高橋颯 新和設計株式会社 正会員 高橋明彦
 新和設計株式会社 正会員 細谷健介 日本大学 正会員 子田康弘

1. はじめに

近年、写真-1のように竹林管理者の減少に伴い放置竹林面積が増加している。成長の早い竹は、樹木の生長を阻害する、また竹の根は浅く横方向に伸張するため斜面に竹が密集すると斜面崩壊リスクが高くなると言われ、これら総称して「竹害」と呼ばれる。一方で、我が国においても脱炭素社会の実現が求められている。この取り組みの一助として鉄を使わないコンクリート部材の利用も考えられる。そこで、昭和初期まで建設がされていた竹筋コンクリート¹⁾²⁾に着目した。竹材を主筋として適材適所で利活用できれば、放置竹林の整備と維持管理にも貢献できると考える。そこで本研究では、主筋に竹を用いた竹筋コンクリートはりを作製し、静的載荷試験と疲労載荷試験を実施することで耐荷性及び耐疲労性に関する実験的検討を行った。



写真-1 放置竹林の現状

表-1 実験条件(福島県内採取材)

供試体名	載荷方法		配置方法			本数	
			竹筋		鉄筋		
	S	F	H	V		R	1
S-H-1	○		○			○	
S-V-1	○			○		○	
S-H-2	○		○				○
S-V-2	○			○			○
S-R-1	○				○	○	
S-R-2	○				○		○
F-H-1		○	○			○	
F-V-1		○		○		○	
F-H-2		○	○				○
F-V-2		○		○			○

2. 実験概要

表-1 に実験条件を示す。表より、載荷方法は静的載荷試験 (S)、疲労載荷試験(F)の 2 条件である。次に主筋の配置方法として竹の厚み方向を高さ方向に合わせた横向き(H)、幅方向を高さ方向に合わせた縦向き(V)、また比較用の鉄筋(R)を含め 3 条件とした。配筋として本数は 1 本と 2 本の 2 条件であり、これらを合わせた 10 条件を準備した。なお、本実験の竹は 9 月伐採の孟宗竹とした。図-1 に供試体概要を示す。供試体の長さは 1000mm、高さは 200mm、幅は 100mm とし、竹筋の長さは 900mm、幅 20mm とした。本研究で用いるコンクリートの配合を表-2 に示す。試験日材齢におけるコンクリートの圧縮強度は、35MPa であった。表-3 には竹の物性値を示す。なお、竹筋の定着力を高めるために両端に 50mm の竹片を接着させ、付着力を高めるためにエポキシ樹脂系接着剤を塗布し砕砂を付着させた。静的載荷試験と疲労載荷試験の載荷方法は、対象 2 点集中荷重方式である。疲労載荷試験の上限荷重は静的載荷試験時の最大荷重の 60%とし、下限荷重は 4kN とした。疲労荷重は正弦波として与えた。計測は、載荷重と中央変位および竹筋のひずみとした。

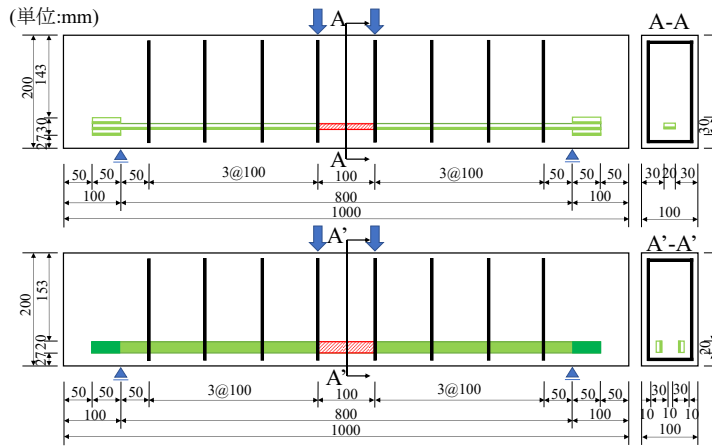


図-1 供試体概要 (上段:H-1, 下段:V-2)

3. 実験結果及び考察

図-2 に静的載荷試験における荷重-中央変位関係を示す。図より、まず鉄筋(R)の最大荷重は S-R-1 が 72.8kN, S-R-2 が

表-2 コンクリートの配合

粗骨材最大寸法 (mm)	スランブ (cm)	空気量 (%)	水セメント比 W/C (%)	細骨材率 s/a (%)	単位量 (kg/m³)				
					水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	混和剤
13	18.0±2.5	4.5±1.5	44	49	165	375	947	1013	1.88

表-3 竹の物性値

引張強度 (MPa)	ヤング率 (GPa)
200	13.4

キーワード 竹筋コンクリート, 曲げ耐力, 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

129.8kN であり、両者とも主鉄筋の降伏による典型的な曲げ引張り破壊を呈した。これに対して、竹筋を配置した供試体は、曲げひび割れの発生直後から変位が増加し始め、最大荷重は S-H-1 が 33.6kN、S-H-2 が 72.8kN、S-V-1 が 26.1kN、S-V-2 が 56.3kN であり、いずれも竹筋の破断によって破壊に至るといった傾向であった。最大荷重は 1 本より 2 本、縦向き(V)より横向き(H)の方が高くなる傾向であり、竹筋であっても補強量と配置方法によって最大荷重が制御できることが示された。そして、縦向き(V)より有効高さが大きくなる横向き(H)の方が最大荷重と最大変位が大きいが、これは竹筋を横向き(H)にすることで竹断面繊維が引張方向と一致し竹筋の引張り強度と伸び能力を最大限活かしたためと考えられた。図-3 に静的載荷試験の荷重と竹筋ひずみの関係を示す。図より、曲げひび割れ発生直後から竹筋のひずみが直線的に増加した。これにより、竹筋は鉄筋のような塑性域がなく、弾性状態から突如破断に至ることがわかった。図-4 に、疲労載荷試験の中央変位と繰り返し載荷回数関係を示す。図より、疲労破壊回数は、F-H-1 が 36354 回、F-H-2 が 400 回、F-V-1 が 119626 回、F-V-2 が 4000 回であった。上限荷重は各々の供試体の最大荷重の 60% であったが、上限荷重が大きい供試体ほど中央変位の増加量が大きく、疲労破壊回数が少なくなる傾向を示した。このように耐疲労性に関しては、静的最大荷重が大きい方が疲労破壊回数も多いような相関関係が見られなかった。今後は、再現性の検証が必要と考えている。図-5 と図-6 は、例として S-H-2 と F-H-2 の破壊状態である。図より、静的(S)に比べて疲労(F)は、ひび割れが分散せず、載荷初期に発生したひび割れが進展し疲労破壊に至る傾向であった。写真-2 は、載荷試験終了後、供試体を解体し取り出した竹筋の状態である。竹筋の破断は、曲げ区間内にある節で生じており、これはほとんどの供試体で見られた。竹の節は、竹繊維が屈曲するような箇所であり引張強度が節間よりも弱く弱点となったと言える。これにより、竹を引張補強材として使用する場合に節の配置を工夫する必要があると考える。

4. まとめ

本研究では、竹を補強材としたコンクリートはりの耐荷性と耐疲労性について検討した。その結果、配置方法は横向きの方が良く、本数の増加によって曲げ耐力も増加した。しかし、竹筋の節は強度が弱く、そこを起点として破断する可能性がある。竹を引張補強材として使用する場合に節の配置を竹筋が 1 本の場合は、応力が集中する位置を避け、竹筋が 2 本以上の場合では、節を千鳥に配置して同時に節が破壊して急激に耐力が低下しないようにする必要があると考える。今後、竹の節を考慮して配置した供試体での耐荷性及び耐疲労性の実験的検討を行う予定である。

謝辞: 竹材の提供を(株)日仙産業満山喜美氏、供試体作製を(株)坂内セメント工業所舟田詔文氏の協力を頂いた。ここに記し謝意を表します。

- 【参考文献】 1) 河村協：竹筋コンクリート，山海堂出版部，1941
 2) 細田貫一：竹筋コンクリート工，修教社書院，1942

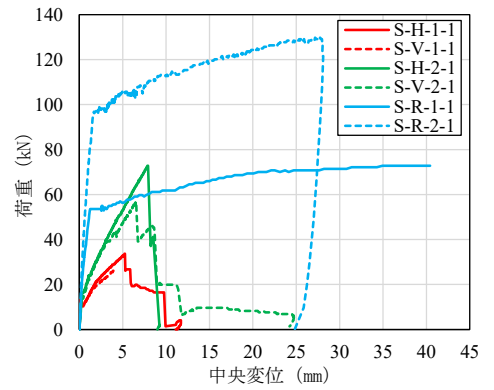


図-2 荷重-変位関係

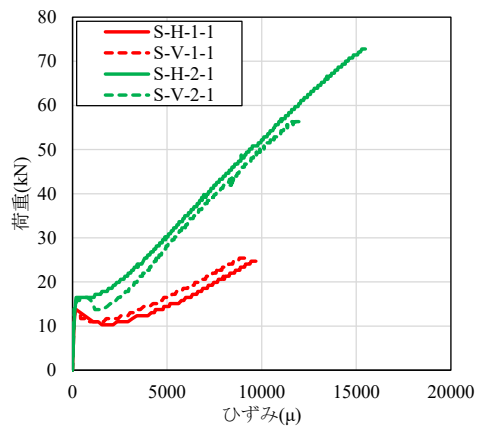


図-3 荷重-ひずみ関係

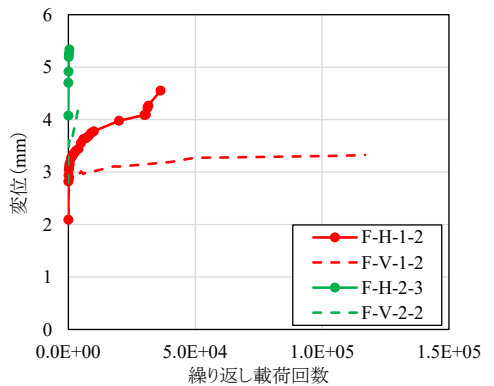


図-4 中央変位-繰返し載荷回数

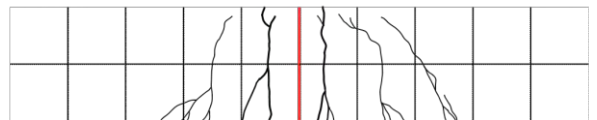


図-5 S-H-2 の破壊性状



図-6 F-H-2 の破壊性状



写真-2 節部における破断例