

竹の節部に着目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、曲げが作用する区間における竹の節位置を実験水準とした静的載荷試験を行うことで曲げ特性に関する検討を行った。



写真-1 放置竹林の現状

表-1 実験水準

供試体 名	検討区間の 竹の配置		節の加工の有無		鉄筋
	節間	節	加工有	加工無	
	I	N	P	U	
I-P	○		○		
I-U	○			○	
N-P		○	○		
N-U		○		○	
R					○

2. 実験概要

表-1 に実験水準を示す。表より、主筋の配置方法は、検討区間(曲げモーメント一定区間)において節と節の間を検討区間と合わせた配置(I)と節を供試体中央とした配置(N)の 2 条件、また、節を削り凹凸を無くした節無(P)と節をそのままとした節有(U)の 2 条件、比較用に鉄筋(R)を主筋とした条件の合計 5 条件である。主筋の本数は 2 本であり、竹筋の場合は厚み方向を高さ方向に合わせて皮部を下側とした横向きの配置とした。なお、本実験では年齢 2 年の竹を 9 月に伐採し、約 1 年乾燥させた孟宗竹で油抜きをしない無加工とした。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 とした。竹筋の長さは 900mm、幅 20mm とした。コンクリートの配合を

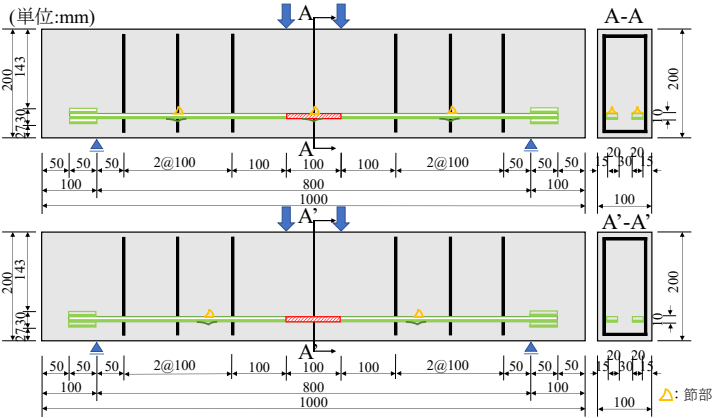


図-1 供試体概要 (上段:N-U, 下段:I-U)

表-2 に示す。この配合は、コンクリート 2 次製品を想定して計画したものである。試験日材齢におけるコンクリートの圧縮強度は、50MPa であった。表-3 には竹の物性値を示す。竹の引張強度は、節間および節を試験片中央とした場合、それぞれ 115MPa と 100MPa になり、鉄筋降伏強度の約 1/4 であった。なお、検討区間は等曲げ区間に限定し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検討区間外はエポキシ樹脂系接着剤を塗布し砕砂を付着させた。静的載荷試験の載荷方法は、対称 2 点集中荷重方式であり漸次増加荷重を与えた。計測項目は、載荷重と中央変位および曲げ区間の竹筋のひずみとした。

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

節間引張強度 (MPa)	節間ヤング率 (GPa)	節引張強度 (MPa)	節ヤング率 (GPa)
115	17.7	100	9.4

キーワード 竹筋コンクリート、曲げ耐力、竹筋、竹の節

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

表-4 に載荷試験の結果として、ひび割れ発生荷重と最大荷重を示す。表より、最大荷重は I-P が 57.7kN、I-U が 51.5kN、N-P が 39.8kN、N-U が 26.1kN であり、節中央(N)より節間(I)、節有り(U)より節無し(P)の方が大きいものの、いずれも竹筋の破断によって破壊に至るという傾向であった。R は 129kN であり、鉄筋に比べ最大荷重は異なるが、ひび割れ発生荷重に関しては、鉄筋に対し差異が発生する傾向は認められなかった。図-2 に、竹筋コンクリートはりの荷重-変位関係を示す。図より、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は増加し始めるが、節の位置、加工の違いを問わず、最大荷重(破断)に至るまでの荷重-変位の増加傾向は同様であった。破断は、節有り(U)では曲げ検討区間を問わず節部で生じた。これに対して、節加工(P)を施した供試体では、節間で破壊する結果となった。これより、節の凹凸は、応力が集中しやすく、加工を施し平滑にすることで節部の破断を抑制する可能性が考えられた。以上のように、竹筋であっても節の位置と節の加工の有無およびその形状によって、竹筋の引張抵抗力を最大限に引き出すことが可能であると考えられた。図-3 に、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。また、節有り(U)より節無し(P)、節中央(N)より節間(I)の方が、ひずみの増加に伴う荷重の増加の程度が大きい傾向であった。図-4 と図-5 に I-P と N-P の破壊状態を示す。図より、節間(I)と比較し節中央(N)の供試体のひび割れはひび割れ本数が少なく分散傾向にはなかった。これは節部の伸びやすく、この部分の曲げひび割れの進展が先行したためと考えられた。写真-2 と写真-3 は、載荷試験終了後、取り出した竹筋の状態である。写真-2 より、竹の繊維方向に裂けるように破断していた。写真-3 より、節部は破断し易いが加工(P)を施すことによって節部の破断を抑制できる可能性が示された。これより、竹を引張補強材として使用する場合は、節の配置とその加工を工夫することによって曲げ耐力の減少を抑制することが可能と考えられた。

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について検討した。その結果、曲げ耐力は、節間で節部加工を施した方が大きくなる。ただし、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。よって、竹を引張補強材として使用する場合には、節部を加工しつつ、節を千鳥配置するのが配筋として重要と考えられた。

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

表-4 載荷試験結果

供試体名	初期ひび割れ発生荷重(kN)	最大荷重(kN)
I-P	19.2	57.7
I-U	17.2	51.5
N-P	13.7	39.8
N-U	16.5	26.1
R	22.7	129

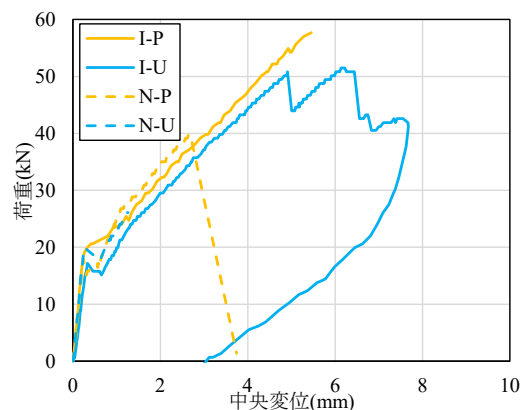


図-2 荷重-変位関係

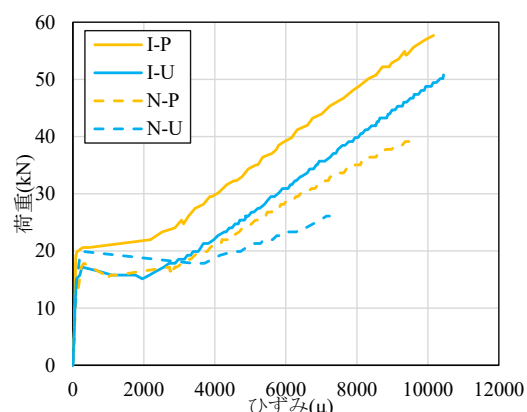


図-3 荷重-ひずみ関係

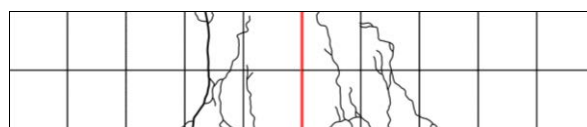


図-4 I-P の破壊状態

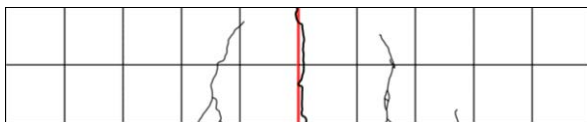


図-5 N-P の破壊性状



写真-2 節間の破断



写真-3 節加工部近傍の破断