

コンクリート補強材としての竹の引張強度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 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、竹材利用の端緒として採取した竹の種類と伐採時期および耐アルカリ性を条件とする引張強度試験を実施し、既往の文献¹⁾²⁾との照合を行い竹の引張強度特性を評価した。



写真-1 放置竹林の現状

2. 実験概要

表-1に、実験条件を示す。表より、竹の種類は真竹と孟宗竹の2種類、伐採時期を9月と12月の2条件、材齢は1年から5年までの5条件とした。また、コンクリート中のアルカリ環境における耐アルカリ性を評価するため、既往の促進試験³⁾を参考に0日、7日、14日のアルカリ浸漬を行った。次に、竹の油分を除去するため乾式法(写真-2)と湿式法(写真-3)それぞれの加工を施した。乾式法は直接火で炙って油分を取り除く方法であり、湿式法は熱湯に約30分浸漬させ油分を排出する方法である。試験片形状は、竹を16分割し長さ約250mmの短冊状とした。アルカリ促進試験に関しては、竹を温度60℃のpH13の水酸化カリウム水溶液に浸漬させ、所定の日数経過後乾燥させた。ここでは耐アルカリ性を引張強度により評価した。引張強度試験では、最大引張荷重の基づく引張強さと、試験片にひずみゲージを貼付し引張ひずみの測定を行い応力-ひずみ関係からヤング率を算出した。

表-1 実験条件

供試体名	竹の種類		伐採時期		材齢(年)					アルカリ促進日数		
	真竹	孟宗竹	9月	12月	1	2	3	4	5	0Days	7Days	14Days
J-S-1	○		○		○					○	○	○
J-S-2	○		○			○				○	○	○
J-S-3	○		○				○			○	○	○
J-S-4	○		○					○		○	○	○
J-S-5	○		○						○	○	○	○
M-S-1		○		○		○				○	○	○
M-S-2		○		○			○			○	○	○
M-S-3		○		○				○		○	○	○
M-S-4		○		○					○	○	○	○
M-S-5		○		○						○	○	○
J-W-2	○			○		○				○		
M-W-5		○		○						○		



写真-2 乾式法



写真-3 湿式法

3. 実験結果及び考察

図-1と図-2に、真竹の材齢による引張強さとヤング率をそれぞれ示す。図-1より引張強さは、材齢の増加によって増進するような傾向になく、1年目が最も小さく、2年目に約160MPaと最大値となり、その後は概ね減少するような傾向であった。この傾向は、後述の孟宗竹も同様で既往の文献からも材齢により強度が異なるとの言及がある。図-2のヤング率に関しては、材齢1、2年目で約20GPaあり、3年目以降徐々に低下する傾向であった。加工の有無に着目すると、引張強さは無加工が材齢問わず高く、油分の除去方法の違いについてはバラつく傾向であった。ヤング率についても有意な違い

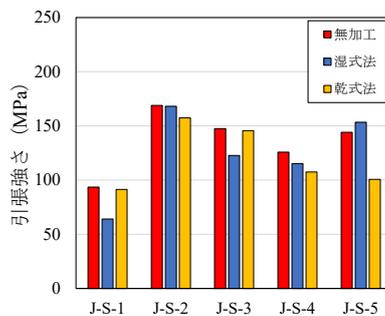


図-1 真竹の引張強度

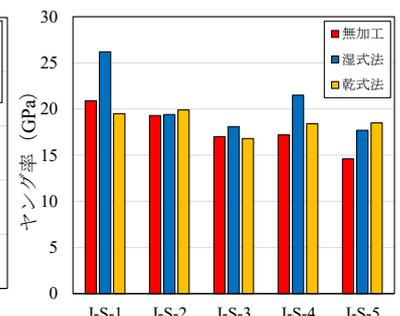


図-2 真竹のヤング率

キーワード 竹筋コンクリート, 引張強度

連絡先 〒963-8642 福島県郡山市田村町徳定字中河原1番地 TEL024-956-8721

は認められなかった。図-3と図-4に、孟宗竹の材齢による引張強さとヤング率をそれぞれ示す。図-3より引張強さは、真竹とは異なり、5年目が最も高くなる傾向であり、図-4のヤング率も5年目であった。加工の有無では真竹同様、引張強さは無加工が高く約140MPaであり、ヤング率は5年目で約15GPaであった。真竹と孟宗竹を比較すると、真竹の方が引張強さ、ヤング率ともに高くなる傾向にあった。次に、図-5から図-8に、引張強さが最も大きかった真竹2年と孟宗竹5年におけるアルカリ促進日数と伐採時期の違いによる引張強さとヤング率をそれぞれ示す。引張強さは図-5と図-7より、アルカリ促進14日で湿式加工したものが約230MPaと促進前の1.5倍から2倍の強度となった。またヤング率についても図-6と図-8より、アルカリ促進14日で加工有りが20GPaを超える値となった。伐採時期に関しては、12月伐採は、引張強度、ヤング率ともに9月伐採よりも値が低くなる傾向となった。ただし、この傾向の結論は未だ検討を重ねる必要がある。具体的な理由は、竹の含水比の評価である。今回は、アルカリ促進前の引張試験を伐採1ヶ月後から実施し、促進後は乾燥工程を経ており、両者とも乾燥している。これに対して12月伐採は伐採3日後に試験を行っている。この含水比の影響については今後の検討課題とする。しかし、コンクリート中の強アルカリ環境下において急激な劣化は生じない可能性があると考えている。図-9に、鉄筋と竹の応力-ひずみ関係を示す。図より、竹に対して引張強さ、ヤング率を軟鋼と同等の性能を期待することはできない。また、降伏という特性はなく、図中の鉄筋の許容応力度190MPa弱で破断によって引張強さに達する。よって、コンクリート部材への適用には許容応力度の設定や竹を利用する部材を明確にするなど特性を十分理解した上での利活用が必要になる。

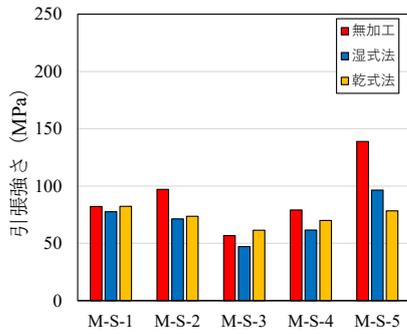


図-3 孟宗竹の引張強度

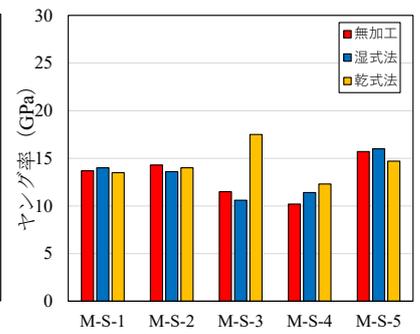


図-4 孟宗竹のヤング率

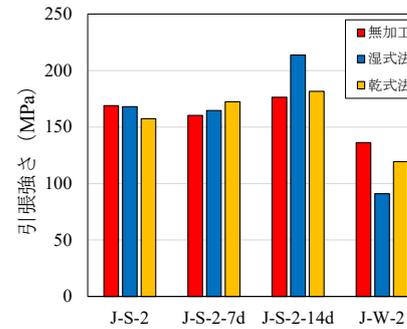


図-5 材齢2年真竹の引張強度

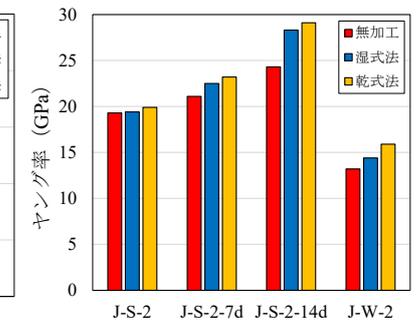


図-6 材齢2年目真竹のヤング率

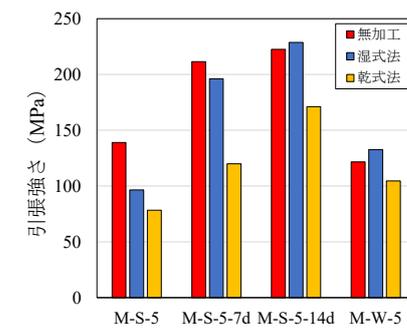


図-7 材齢5年目孟宗竹の引張強度

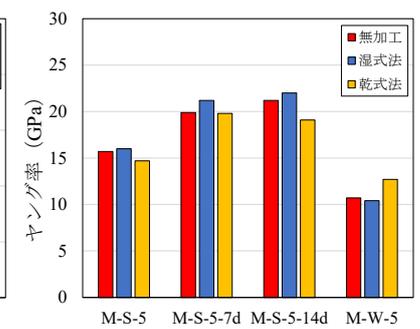


図-8 材齢5年目孟宗竹のヤング率

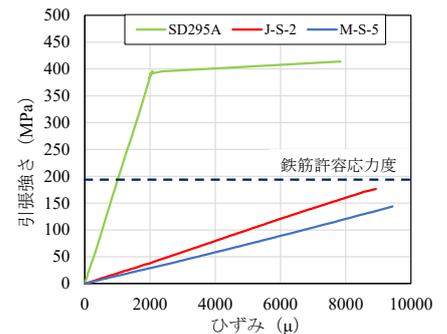


図-9 鉄筋と竹の応力-ひずみ関係

4. まとめ

本研究では、コンクリート補強材としての竹の引張強度特性について検討した。その結果、竹の種類や材齢によって強度特性が変化するという傾向は、既往の文献のデータと一致した。今後は、はり部材を例にした静的載荷試験および疲労載荷試験を実施し、耐荷性や耐疲労性の評価を行う予定である。

謝辞: 竹材の提供、前処理では、(株)日仙産業満山喜美氏の協力を頂いた。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
 - 3) 日本コンクリート工学会：接着系あと施工アンカー用樹脂の耐アルカリ試験方法，JCI-S-012-2017