

大阪市立大学工学部	学生会員	○伊藤 祐貴
大阪市立大学大学院工学研究科	学生会員	松田 一樹
大阪市立大学大学院工学研究科	正会員	鬼頭 宏明
大阪市立大学大学院工学研究科	正会員	角掛 久雄

1. はじめに

竹筋コンクリート部材とは、引張補強材として鉄筋の代わりに竹筋を用いた部材である。現在、環境問題は広く認識されており、製作時の環境負荷が大きい鉄筋の代わりに、天然の材料である竹筋を用いることで環境負荷が低減できると考える。また視点を変えると、竹の余剰によって竹害がもたらされる兆候がある。本研究で対象とする竹筋コンクリート部材は、環境負荷の低減とともに、竹の需要を促進することで竹害の抑制という副次効果も期待できる。

そのために、竹材の基本特性を実験的に評価することと、竹筋コンクリート部材の曲げ載荷実験における竹の挙動特性を有限要素解析によって明らかにすることを目的とする。第一の目的に対しては、引張試験と定着試験の両試験結果の評価を行う。引張試験では、不明確であったコンクリートに埋設した竹材の引張強度低下の推移挙動を把握し、定着試験では、解析対象とする実験供試体に用いたフック径での定着力の評価を試みる。第二の目的に対しては、数値解析により実験結果をシミュレートし、実験の挙動特性の再現性と、これまでに得られた竹材の基本特性の妥当性についての検討・評価を行う。

2. コンクリートに埋設した竹材の引張試験

2. 1 試験概要

竹材を一定期間コンクリートに埋設した後に、コンクリートから竹材を取り出して引張試験を行う。図1に供試体略図を示す。試験パラメータはコンクリートへの埋設期間（0日、1日、3日、5日、7日、2週、3週、4週、6週、8週）および、節の有無とし、各パラメータで3

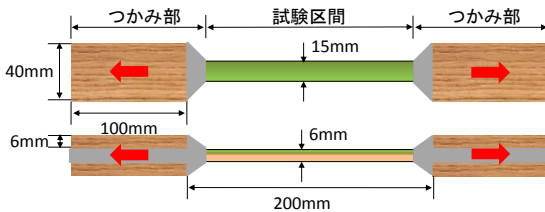


図1 引張試験供試体略図

体（0日では6体）ずつ行った。なお、引張試験ではひずみゲージをスパン中央部の裏側に1枚貼り付けた。

2. 2 試験結果

図2に、竹材の0日強度との平均引張強度比と埋設日数の関係を示す。赤色は節無し、青色は節有りを示す。点線は最も強度が低下した供試体の試験結果を示し、節無しでは70.2%、節有りでは72.4%となった。なお、節有り5日は竹材自体の強度のばらつきが影響したと考え、考察では除いている。試験結果から、埋設期間5日まで強度が低下し、それ以降は安定する傾向が見られた。コンクリートに埋設した場合には、引張強度は0日強度の7割程度の強度が見込まれる。

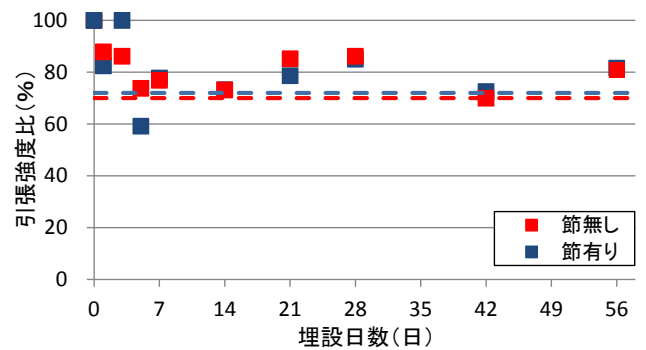


図2 引張強度低下率と埋設期間

3. コンクリートと竹材の定着試験

3. 1 試験概要

端部にフック加工を施した竹材をコンクリートに埋め込み、引き抜き試験を行う。フックの曲げ直径を試験パラメータとし、75mmと100mmを設定し、各5体ずつ試験を行った。図3に供試体図を示し、図中の箇所のみずみと、フック先端部と自由端側のすべり量を測定した。

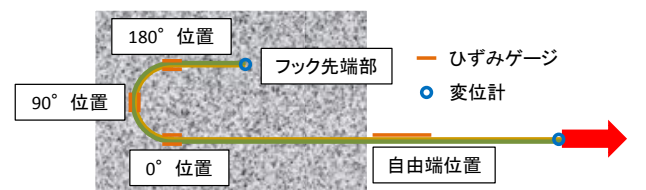


図3 供試体図

3. 2 試験結果

表 1 に各フック径での破壊形式とフック先端部のずれを示す。破壊形式は引き抜き部の竹材の破断である。フック径 100 mm において、引き抜き部破断であることと、フック先端部のずれが見られないことから、フック部での定着を確認することができた。

表 1 定着試験結果

フック径	破壊形式	フック先端部のずれ
75mm	引き抜き部破断	有り
100mm	引き抜き部破断	無し

4. 数値解析

4. 1 解析対象

図 4 に解析対象となる曲げ破壊型供試体形状 (300mm × 200mm × 1800mm) を示し、表 2 に実験パラメータを示す。定着部のフック径は定着が確認された 100mm としている。なお、S は鉄筋、B は竹筋を表し、それぞれの後の数字が本数を表している。

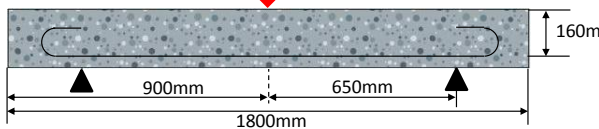


図 4 供試体形状

表 2 実験パラメータ

供試体	補強筋数
S3	鉄筋 × 3
S2B1	鉄筋 × 2, 竹筋 × 1
S1B2	鉄筋 × 1, 竹筋 × 2
B3	竹筋 × 3

表 4 解析パラメータ

コンクリート-竹筋間 付着特性	竹筋の曲げフック部 定着特性
剛結モデル	剛結モデル
付着考慮モデル	

表 3 材料定数

コンクリート		鉄材 (D10)	
E_c (kN/mm ²)	σ_c (N/mm ²)	σ_{sy} (N/mm ²)	E_s (kN/mm ²)
25.8	36.8	330.4	173.5
竹材			
E_B (kN/mm ²)	σ_{Bf} (N/mm ²)	ϵ_{Bf} (μ)	
18.0	178.4	9911	

4. 2 解析概要

図 5 に解析モデルを示す。フルモデルを用いた 2 次元有限要素解析により行う。表 3 に材料定数を示す。ただし、竹材の材料定数には、2.2 を参考とした。解析では竹筋とコンクリート間の付着特性¹⁾を解析パラメータとした。表 4 に解析パラメータを示す。なお、コンクリート - 鉄筋間の付着特性については剛結合としている。

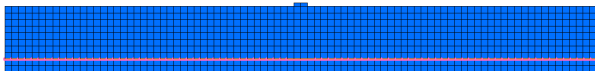


図 5 解析モデル図

4. 3 解析結果

解析結果の一例として、図 6 に S2B1、図 7 に S1B2 の荷重 - 変位関係を示す。凡例の剛結、付着はコンクリート - 竹筋間の付着特性を表している。解析も実験同様、竹材の破断による急激な荷重低下が見られた。また、解析では部材降伏後に付着特性の影響が大きくなることわ

かる。S2B1 では、最大荷重と竹材破断後の荷重に、実験結果との違いが生じたが、どちらも同程度であり、竹材による強度増分を示すことができていると思われる。ただし、図 6, 7 より最大荷重時の変位が解析では異なっており、それぞれの実験での付着特性を適切に設定できていないことが考えられる。また、図 8 に示す S2B1 のひび割れ図より、付着モデルでは実験結果を概ね再現できたが、剛結モデルではひび割れの分散性が見られ、局所的な破壊があまり再現できていない結果となった。これらより、付着モデルで実験結果を概ね再現することができたと言える。

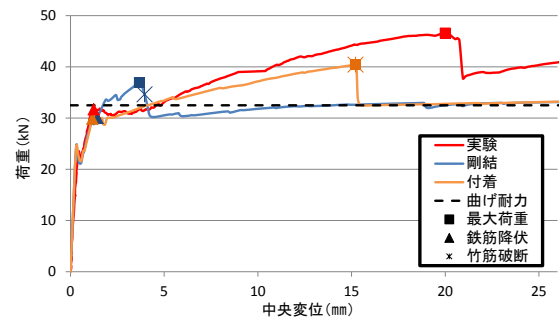


図 6 荷重 - 変位関係 (S2B1)

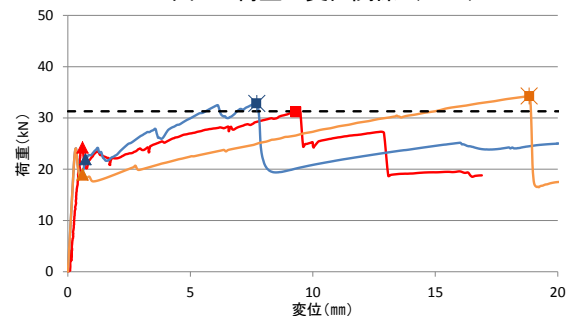


図 7 荷重 - 変位関係 (S1B2)

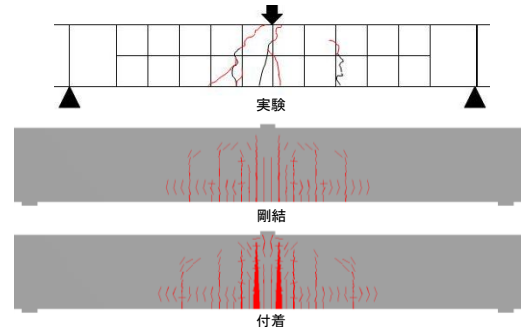


図 8 ひび割れ図 (S2B1)

5. まとめ

試験結果から、引張試験ではコンクリートに竹材を埋設することで、0 日強度の 7 割程度の引張強度が見込まれることがわかった。定着試験ではフック径 100mm の定着を確認できた。また、数値解析結果から、付着を考慮することで概ね実験結果を再現できると考えられる。

参考文献：1) 松田, 他：竹筋再生コンクリートに関する基礎的研究, 土木学会第 65 回年次学術講習会, v.550, pp.1099-1100, 2010