

令和5年 3月28日

令和4年度 学生自主研究成果報告書

教 育 本 部 長 様

学生自主研究グループ名	ぶらうぷりっつ	
研究課題名	木ーコンクリートハイブリッド部材の破壊実験	
研究代表者（学生）	学籍番号	B23C037
	氏 名	山崎覚水
指導教員	学 科	建築環境システム学科
	氏 名	櫻井真人

学生自主研究の報告書を別紙のとおり提出します。

木-コンクリートハイブリッド部材の破壊実験

システム科学技術学部 建築環境システム学科

2年 山崎 寛水

2年 芳野 了誠

2年 村山 幸翼

指導教員 システム科学技術学部 建築環境システム学科

助教 櫻井 真人

1. はじめに

本研究で対象とするのは、鉄筋コンクリートと木材を組み合わせた梁、木芯RC梁¹⁾である。鉄筋コンクリートと木材という異なる構造材料を用いて、それぞれの特性を相互に補完することにより、合理的な合成梁を実現しようという取り組みである。本研究では木芯RC梁の載荷実験から、合成梁の基本的な構造性能を解明した。載荷実験では構造の異なる梁を準備して、それぞれの破壊性状、荷重と変形の関係、歪みを調べた。

本研究の有益な点は、世に出回る木芯RC梁のデータが少ないという点を解決することにある。木芯RC梁のメリットとデメリットをデータで示すことで、木芯RC梁という新たな構造材料が実際の建物に使用され始めるきっかけを作りたい。

2. 実験概要

試験体形状を図1および図2に示す。本研究で扱う試験体は木材、鉄筋コンクリート梁および木芯鉄筋コンクリート梁であり、5体を用意した。また、せん断補強筋の有無もパラメータとした。

まず試験体Aは、試験体CとDの内部に埋め込む木材で樹種はベイマツを用いた。試験体BはRC梁で3本の主筋と3本の上端筋と3本の下端筋のみで構成されている。試験体Cは試験体BのRC梁に加えて中央に試験体Aと同一のベイマツを木芯として配置した。試験体Dは試験体BのRC梁に加えて、25本のあばら筋を配置した。そして試験体Eは試験体Cと試験体Dを組み合わせたものになっており、試験体BのRC梁に加えて、中にベイマツの木芯と25本のあばら筋を入れたものである。試験体Bから試験体Eは自らの手で鉄筋組みを行った。

試験体BおよびCの重量計算結果は、試験体Bが57.96kgおよび試験体Cが45.09kgとなった。木芯を有する試験体Cは23.2%の重量減となっている。一般的に構造部材は重量(質量)が小さいほど地震に対して有利となるため、重量減となっても一般RC材と同様の性能を呈するかが着眼点となる。

また、5つの試験体には、上端筋、下端筋それぞれに2本(計2本)ひずみゲージを貼り付けた。

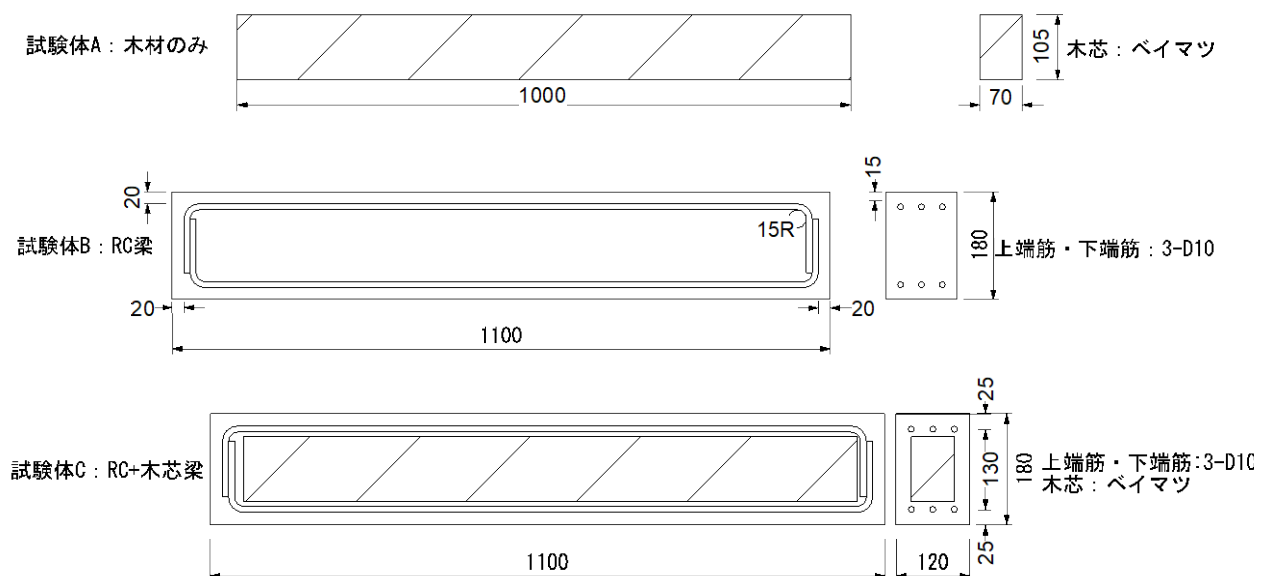


図1 試験体形状 (試験体A～試験体C)

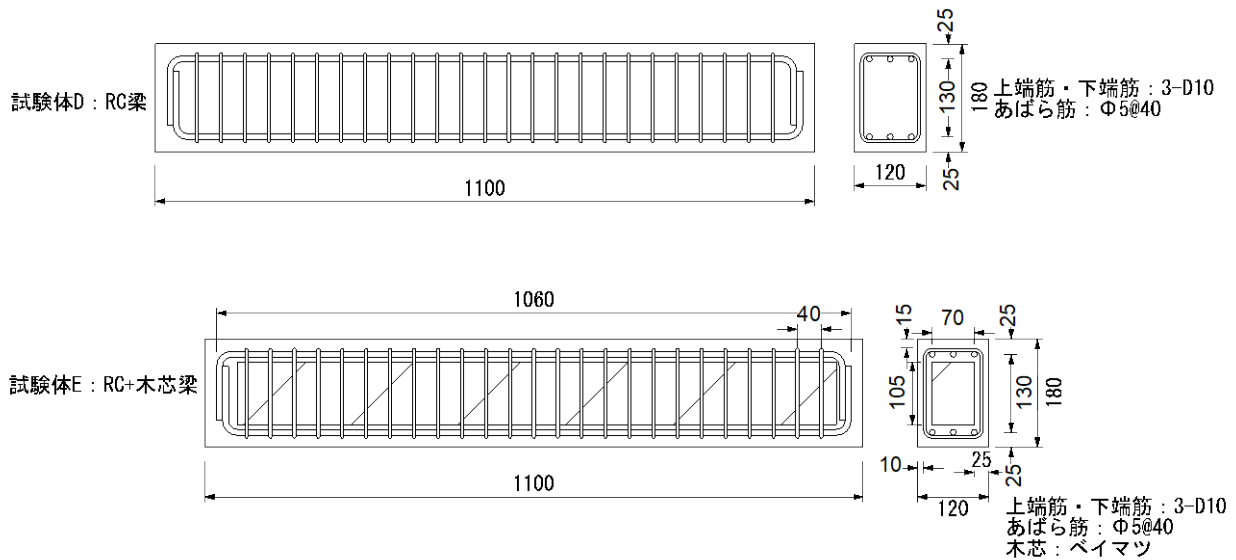


図2 試験体形状（試験体D, 試験体E）

荷重は、いわゆる3点荷重方式で両端に支点となるローラーの上に試験体を置き、試験体中央に取り付けた油圧ジャッキによって力を作用させる。このとき300kNロードセルにより荷重を計測する。また加力は手動ポンプを用いた。このときの部材変形として試験体中央に変位計(25mm)を取り付け計測した。これらで計測した値は、データロガー(PC)で記録した。

3. 試験体制作手順

まず、あばら筋と主筋との緊結を行う。緊結には結束線を使用して、ハッカーとペンチなどで結束する。結束線はねじりすぎると切断しやすいので、注意が必要である。そして、両端の上端筋と下端筋の中央にひずみゲージを取り付ける。型枠の準備後、結束した鉄筋を設計寸法通りになるように型枠内に配置する。配置できたら、コンクリートを打ち込む。打ち込み際には、型枠を横からハンマーで叩いたり、バイブレーターを利用して空気を抜き、ジャンカなどができないように十分に締め固めた。打ち込み終了後は、梁の上面をならし、平滑にした。コンクリート打ち込み後は、シートなどでコンクリートの表面を覆い水分の蒸発を防ぐ。養成期間は4週間程度が望ましいが、今回は1週間で従来の強度を発生させることの出来る早強コンクリートを用いた。

4. 試験結果

図3に各試験体の荷重・変形関係を示す。4つの試験体について、荷重時の最大荷重は、試験体Bは34.5kN、試験体Cは48.8kN、試験体Dは57.7kN、試験体Eは84kNという結果になり、試験体Dのあばら筋を有する梁の方が試験体Cの木芯梁よりも大きい荷重に耐えられることが分かった。また、荷重時の残留変形は、試験体Bで1.755mm、試験体Cで3.95mm、試験体Dで10.105mm、試験体Eで18.805mmとなり、最も大きな残留変形を示したのは、試験体Eであった。しかし試験体Eは荷重中にローラー支点からの試験体の脱落とともに意図しない破壊形式での損傷とともに急激な耐力低下を呈し実験を終了したことに注意する必要がある。また木芯を有する試験体Cが最も残留変形が小さい結果となり、試験体Bで生じているせん断破壊を抑制しているものとみられる。

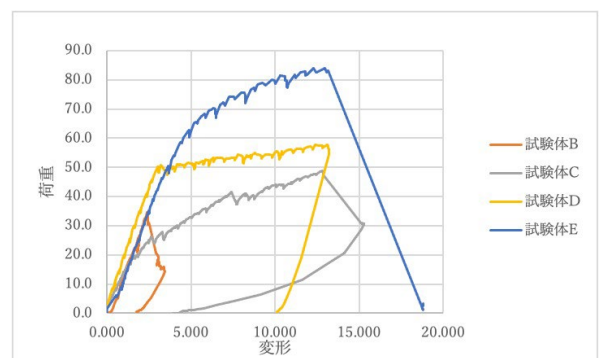


図3 荷重時の荷重と変形の関係

荷重時の破壊性状を図4によって示す。荷重時に生じたひび割れは、試験体に青いマーカで印をつけた。どの試験体においても最大荷重がかかった際に一番大きなひび割れが入った。また、試験

体に対して垂直方向のひび割れが多く見られたが、水平方向のひび割れが見られたのは木芯を有するものだけだった。試験体Eは図4から分かる通り、右側のローラーがずれてしまい、想定しないところから壊れてしまった。

次に破壊性状についてである。まず縦のひび割れは、コンクリートが引張に耐えられずに発生したものだと考えられる。従って鉄筋や木芯で耐えている状態である。次に横のひび割れである。横のひび割れは木芯の入った梁にのみ発生していることから木材が関係していると考えられる。考えられるのは力が加わった際に木芯とコンクリートの接触面からひび割れが生じたと考えられる。

次にひずみについてである。ひずみと変形の関係に荷重のグラフを重ねてみる。すると図5のようなグラフができる。まず試験体Bである。基本的なRC部材において曲げ応力に対する圧縮側領域はコンクリートにより抵抗する。一方、試験体の引張領域は鉄筋により抵抗する。グラフを見ると、引張も圧縮もひずみの値が2000 μ に達さない、すなわち鉄筋の降伏前に急激な耐力低下がみられた。よってこの破壊はせん断破壊である。

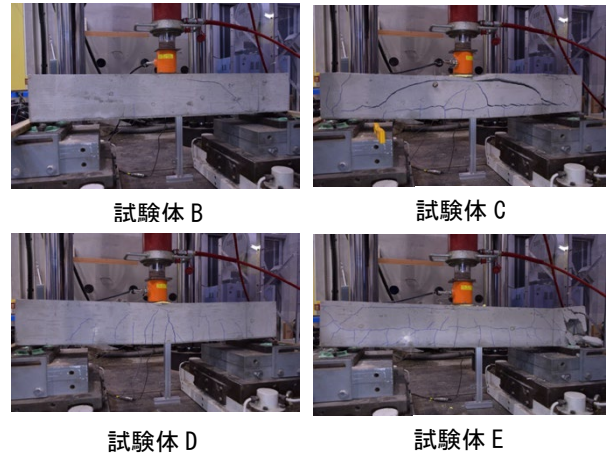


図4 破壊性状

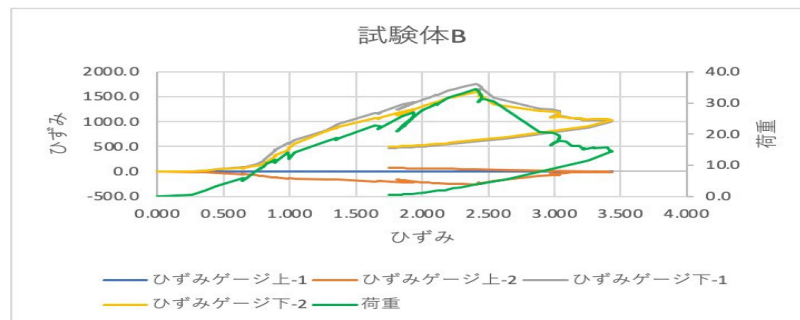


図5 ひずみと荷重, 変形の関係 試験体B

次に試験体Cである。まず試験体Cのひずみゲージが途切れているのは、ひずみの値が急激に上昇しているからだと考えられる。また約7.0mm時点が降伏点である。そこから荷重増加が緩やかになり、その後約13mm付近で破壊に至った。よってこの破壊は曲げ降伏後のせん断破壊である。ま

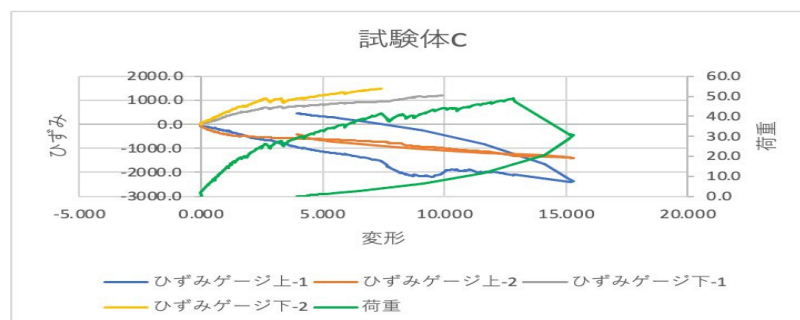


図6 ひずみと荷重, 変形の関係 試験体C

た破壊に至ってから生じた変形が戻っている。これは木材が入っていることが原因だと考える。

試験体Dでは、まず変形が4.5mmの時が降伏点である。そこから荷重増加が緩やかになり、およそ13mm付近まで加力しても耐力低下が生じなかった。このことから、この破壊は曲げ破壊である。試験体BやCと比べてあばら筋が入っているためせん断破壊が生じず、主筋の降伏性状が現れたものと考えられる。また試験体Bに比べて残留変形は大きい。

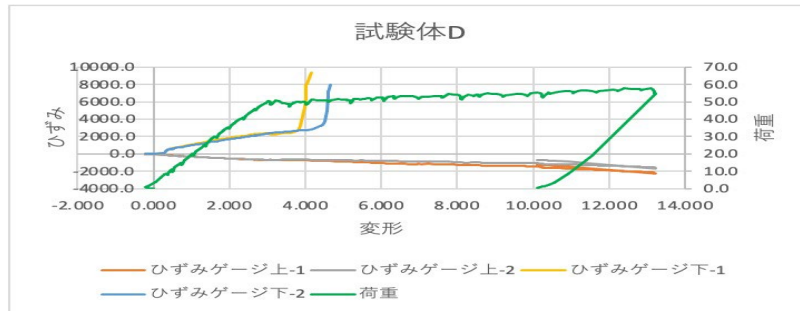


図7 ひずみと荷重，変形の関係 試験体D

試験体 E では、降伏点は変形が約 6.5mm の時点である。そこから試験体 D と同様に荷重増加が緩やかになったため、曲げ破壊と判断できる。しかし試験体 E は載荷実験中に試験体が支点からずれてしまい意図しない破壊性状ともに急激な耐力低下が生じた。そのため破壊後のグラフの形状が他の試験体と大きく異なっている。

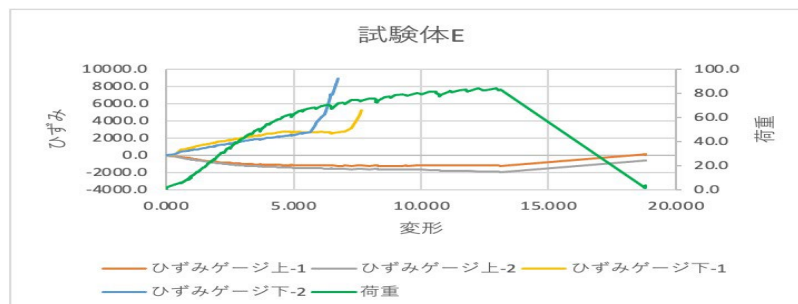


図8 ひずみと荷重，変形の関係 試験体E

5. 結論

本研究では、RC 梁に対し内部の木芯有無で構造性能にどのような影響が出るのか調べた。

まず載荷時の変形について、試験結果から木芯を有する試験体 C は B と比べて破壊モードが曲げ破壊に推移していることがわかった。したがって RC 梁に木芯を入れることで、せん断補強筋がない、または少ない梁でも危険な破壊形式を回避できる可能性がある。

詳しく説明すると木芯の入った梁は、降伏後に急激に荷重を失うことなく、緩やかに荷重が増加していた。建物において、破壊する場合に一番危険であるのは脆性的な破壊をする場合である。なぜなら地震時に建物が壊れそうな力がかかった際に逃げる時間がないからだ。その点で木芯 RC 梁は脆性的な破壊とはならず、一定の間避難時間を確保できるため優秀だと言える。従って建物において木芯 RC 梁は非常に良い構造材料になると考えられる。

次に重量の観点からみる。木芯 RC 梁のメリットは建物の重量を軽くすることができる点である。コンクリートのデメリットは体積あたりの重量が大きいことである。重量が重いとはどのようなデメリットがあるかということと地震などで被害が大きくなってしまうことである。地震時にかかる力は慣性力なので、建物の重量×地震の加速度で表せる。よって重い建物ほど大きな力がかかってしまう。そこで木芯 RC 梁を使用すると梁一本あたり、約 20%重量をカットできるので、コンクリートのデメリットをカバーすることができる。また軽くなるだけでなく、耐久力も申し分ないため、非常に優秀であると考えられる。

次にコストの点からみる。一般的なセメントの費用は 1kg あたりおよそ 100~150 円程度であり、他の建築材料に比べ、非常に安価である。中に木芯を入れることで多少なりともコストがかかってしまうものの、コンクリートの大きな欠点である自重が大きいという点を少しでも克服することができるのは優れている点である。

今回の実験はベイマツを用いたが、スギ、ヒノキなど異種の木を用いた場合どのような結果になるのか、また中に木ではない異なる部材を入れた場合どのようなことになるのか調べていきたい。