

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年5月9日現在

機関番号：15501

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2010～2012

課題番号：22560563

研究課題名（和文）環境負荷削減のための鋼と木質材料のハイブリッド構造に関する研究

研究課題名（英文）HYBRID STRUCTURE CONSISTING OF STEEL AND TIMBER REDUCING ENVIRONMENTAL BURDEN

研究代表者

藤田 正則（FUJITA MASANORI）

山口大学・大学院理工学研究科・教授

研究者番号：30449368

研究成果の概要（和文）：本研究は、環境負荷削減のための建築構造分野における対応として、炭素固定源となる木質材料と鋼のハイブリッド化による構造部材の開発を目指すものである。まず、木質材料の対象となる人工林スギに焦点をあてて、二酸化炭素の吸収量、間伐材の対象となる地域別分布などを検討した。次に、鋼と木質材料をハイブリッドにするための接合法として、ボルト接合、接着接合、それらの組み合わせをパラメータとした面内せん断実験を行い、それらの基本的な力学的特性を検討した。さらに、ハイブリッド構造部材の例として鋼板サンドイッチパネルの面内圧縮実験を行い、座屈特性について検討した。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study is to develop a structural member reducing environmental burden. First, absorption of carbon dioxide due to fixed carbon using thinned timber and regional distribution of them are considered focusing on artificial cedar plantation. Next, In-plane shear tests of joint method such as adhesive joint, bolt joint, and combination of them are conducted and basic structural performance is considered. Finally, buckling characteristics of steel sandwich panel subjected to in-plane compression as a representative of hybrid structure is considered.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2011年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2012年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	2,900,000	870,000	3,770,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：建築学，建築構造・材料

キーワード：ハイブリッド，鋼，木質材料，鋼板サンドイッチパネル，スギ，座屈

1. 研究開始当初の背景

建築構造のライフサイクルにおける環境負荷を削減するためには、炭素を固定する木質材料の建築物への利用が注目されている。「京都議定書」では森林によるCO₂の吸収を

認めており、日本の目標CO₂削減値6%のうち森林による炭素吸収は3.9%と大部分を占め、この分野の取り組みが重要である。日本の国土の3分の2にあたる2500万haの森林による木材蓄積量のほとんどがスギ・ヒノキ・カ

ラマツ等の人工造林面積(1000万ha)である。森林の年間成長量は全蓄積の3%強、年間伐採量は1%強であり、木材資源としての蓄積量は増加している。人工造林は大量伐採が可能といわれながらも、約80%を外国産の木材に頼っており、国内の森林資源の更新やCO₂を吸収する人工造林の有効利用のための取り組みが必要である。

2. 研究の目的

本研究は、「環境負荷削減のための鋼と木質材料のハイブリッド構造に関する研究」と題し、環境負荷削減のための建築構造分野における対応として、人工造林の有効利用のためのストック調査および、炭素固定源となる木質材料と鋼材のハイブリッド化による構造部材を開発することを目的とする。木質材料は資材製造時に化石燃料を大量に使用しない材料としてカーボンニュートラル建築に適した材料であり、建築構造部材として積極的に活用することで、二酸化炭素の吸収に欠かせない人工造林の有効利用に貢献するものとする。

3. 研究の方法

本研究は、(1)人工造林の有効活用のためのストック調査、(2)ハイブリッド構造の提案のための、鋼と木質材料の接合法の検討および面内せん断実験による力学的特性の基本性能評価、(3)ハイブリッド構造の一つとして鋼板サンドイッチパネルの座屈特性評価、から構成される。

4. 研究成果

(1) 木材のストック調査

鋼と木質材料の複合部材の技術開発にあたって、まず、木質材料の対象となる木材(人工林スギ)に焦点をあてて炭素固定に関する調査(林野庁:平成19年度)を行った。

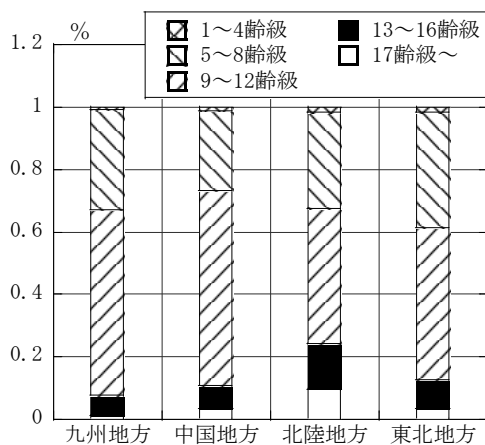


図1 東北、北陸、中国、九州地方の年齢別割合

得られた結果は下記の通りである(図1, 図2)。

- ①全国の人工林スギによる二酸化炭素の吸収量は、概ね3歳級でピークになり、以降徐々に減少した後、11歳級で約50%になる。
- ②木質材料の供給として、九州地方は他のブロックと比べて、11歳級以降の人工林スギが多いこと、また、森林面積に対する蓄積も大きいこと、間伐の対象となると考えられる。

(2) 鋼と木質材料の接合法の検討

鋼と木質材料の接合法として、ボルト接合、接着接合、およびそれらの組み合わせをパラメータとした接合法の面内せん断実験を行い、それらの力学的特性の基本的な検討を行った。なお、接着剤はエポキシ樹脂系接

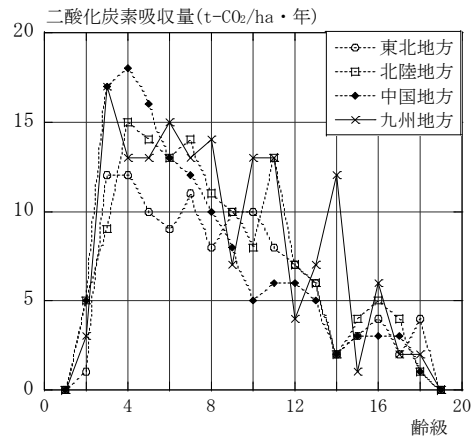


図2 スギの地域別二酸化炭素吸収量

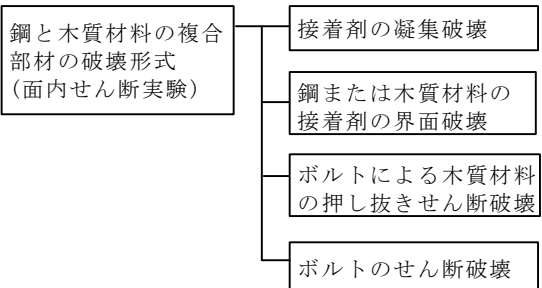


図3 ハイブリッド構造部材の破壊形式

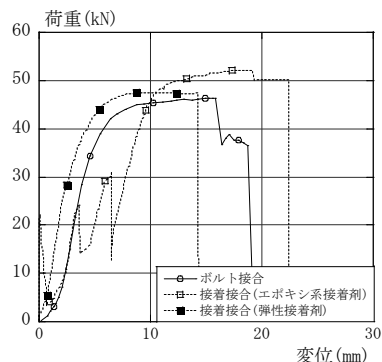


図4 ボルト接合、接着接合(エポキシ系樹脂)の荷重変位曲線

着剤と弾性接着剤を用いている。

得られた結果は下記の通りである(図3, 図4)。

①接合法の破壊形式は、接着剤の凝集破壊、鋼または木質材料と接着剤の界面破壊、ボルトによる木質材料の押し抜きせん断破壊に分類できる。

②ボルト接合、接着接合を併用した接合法では、初期の段階で接着剤近傍の破壊後、ボルトによる木質材料の押し抜きせん断破壊となる。

さらに、鋼と木質材料の接着接合に焦点を当て、接着長さをパラメータとした面内せん断実験を行い、破壊形式とせん断強度に関する検討を行った。得られた結果は下記の通りである(図5, 図6)。

③エポキシ樹脂系接着剤の単位面積当たりの接着剤のせん断強度は、接着長さに関係なく一定である。弾性接着剤の単位面積当たりの接着剤のせん断強度は、接着長さが増加するほど減少する。

④エポキシ樹脂系接着剤の破壊面の割合は、接着長さに関係なく一定になる。弾性接着剤では接着長さが増加するほど、木材の界面破壊の割合は減少し、接着剤の凝集破壊の割合は増加する。

⑤界面破壊の割合は、エポキシ樹脂系接着剤においても弾性接着剤においても、共にせん

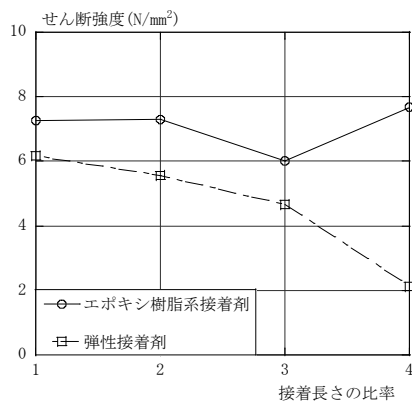


図5 接着長さとせん断強度の関係

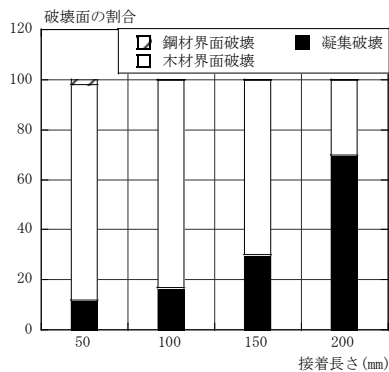


図6 接着長さと破壊面の割合(弾性接着剤)

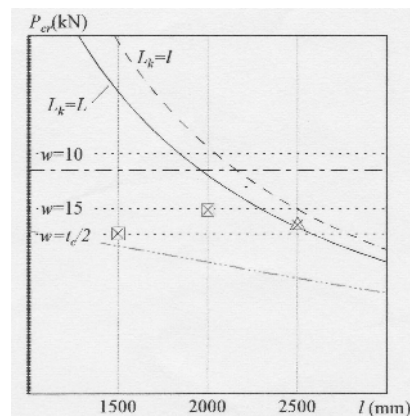
断強度の増加に伴って増加し、せん断強度の減少に伴って減少する。一方、凝集破壊の割合は、弾性接着剤ではせん断強度の減少に伴って増加する。

(3) 鋼板サンドイッチパネルの座屈特性評価

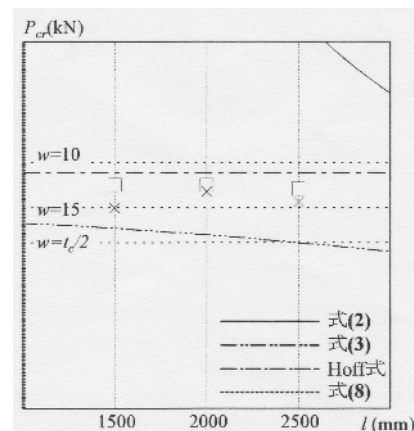
ハイブリッドによる構造部材の一つである鋼板サンドイッチパネルを取り上げ、部材長さ、部材厚さ、支持端条件の異なる試験体の面内圧縮実験を行い、その基本的な変形挙動、座屈特性を分析するとともに、座屈耐力の評価について検討した。得られた結果は下記の通りである(図7)。

①本実験の荷重と面外変形の関係において、材厚さが小さく、材長さが大きいものほど最大耐力到達点まで全体的に面外変形を生じ破壊に至るが、材厚さが大きく、材長さが小さいものは、ほとんど面外変形は生じずに局部的な破壊に至った。

②鋼板サンドイッチパネルの座屈モードは、実験結果から分類すると全体座屈、局部座屈、全体座屈と局部座屈による連成座屈の3つに分類できる。また、座屈発生後も耐力の上昇が見られるが、この耐力上昇は座屈性状によって大きく異なる。全体座屈したものは、



(a) 単純支持



(b) 固定支持

図7 鋼板サンドイッチパネルの座屈曲線

座屈耐力と最大耐力に開きがあるが、局部座屈したものは座屈耐力と最大耐力は近い値をとり、座屈後は急激に耐力低下することを確認できた。

③座屈耐力評価に関して、全体座屈耐力は、せん断ひずみ分の新たなたわみ角を考慮して修正されたせん断方程式から得られる座屈耐力式で概ね評価でき、局部座屈耐力は、リンクリングに対する Hoff 式、弾性床モデル局部座屈耐力式で概ね評価できる。Hoff 式は、座屈耐力と有効心材深さ、座屈半波長がそれぞれ一意的に決まり、実験により観察された座屈半波長とも良く対応しているため、より有効な評価式と考える。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 11 件)

- ①一安勇輝, 藤田正則: 鋼と木質材料の複合構造に関する研究 接触合梁の曲げ実験, 日本建築学会中国支部研究報告集, 査読無, 第 36 巻, pp. 115-118, 2013. 3
- ②藤田正則, 村井正敏, 岩田 衛: 鋼と木質材料の複合構造に関する研究 その 1 構法提案, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 査読無, pp. 1009-1010, 2012. 9
- ③窪田美佳, 藤田正則, 岩田 衛: 鋼と木質材料の複合構造に関する研究 その 2 木材の材積調査, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 査読無, pp. 1011-1012, 2012. 9
- ④小田大貴, 藤田正則, 村井正敏, 山本正幸, 岩田 衛: 鋼と木質材料の複合構造に関する研究 その 3 面内せん断実験, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 査読無, pp. 1013-1014, 2012. 9
- ⑤大越友樹, 藤田正則, 村井正敏, 岩田 衛: 鋼と木質材料の複合構造に関する研究 その 4 梁部材の曲げ実験, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 査読無, pp. 1015-1016, 2012. 9
- ⑥宿輪桃花, 藤田正則, 岩田 衛: 鋼と木質材料の複合構造に関する研究 その 5 ビル建造物のモデル設計, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 査読無, pp. 1017-1018, 2012. 9
- ⑦窪田美佳, 藤田正則: 鋼と木質材料の複合構造に関する基礎研究 木材による炭素固定, 日本建築学会中国支部研究報告集, 査読無, 第 35 巻, pp. 257-260, 2012. 3
- ⑧小田大貴, 山本正幸, 藤田正則: 鋼と木質材料の複合構造に関する基礎研究 接合部の要素実験, 日本建築学会中国支部研究報告集, 査読無, 第 35 巻, pp. 261-264, 2012. 3
- ⑨宿輪桃花, 藤田正則: 鋼と木質材料の複合構造に関する基礎研究 ビル建造物のモデル設計, 日本建築学会中国支部研究報告集, 査読無, 第 35 巻, pp. 265-268, 2012. 3

⑩酒井淳平, 藤田正則, 岩田 衛: 鋼と木質材料の複合構造に関する基礎研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 査読無, pp. 1009-1010, 2011. 8

⑪五十嵐規矩夫, 小坂圭祐, 藤田正則: 面内圧縮力を受ける鋼板サンドイッチパネルの座屈特性, 鋼構造年次論文報告集, 査読有, 第 18 巻, pp. 231-236, 2010. 11

[学会発表] (計 10 件)

- ①一安勇輝: 鋼と木質材料の複合構造に関する研究 接触合梁の曲げ実験, 日本建築学会中国支部研究発表会, 岡山理科大学, 岡山市, 2013. 3. 3
- ②藤田正則: 鋼と木質材料の複合構造に関する研究 その 1 構法提案, 日本建築学会大会(東海), 名古屋大学, 名古屋市, 2012. 9. 13
- ③窪田美佳: 鋼と木質材料の複合構造に関する研究 その 2 木材の材積調査, 日本建築学会大会(東海), 名古屋大学, 名古屋市, 2012. 9. 13
- ④小田大貴: 鋼と木質材料の複合構造に関する研究 その 3 面内せん断実験, 日本建築学会大会(東海), 名古屋大学, 名古屋市, 2012. 9. 13
- ⑤大越友樹: 鋼と木質材料の複合構造に関する研究 その 4 梁部材の曲げ実験, 日本建築学会大会(東海), 名古屋大学, 名古屋市, 2012. 9. 13
- ⑥宿輪桃花: 鋼と木質材料の複合構造に関する研究 その 5 ビル建造物のモデル設計, 日本建築学会大会(東海), 名古屋大学, 名古屋市, 2012. 9. 13
- ⑦窪田美佳: 鋼と木質材料の複合構造に関する基礎研究 木材による炭素固定, 日本建築学会中国支部研究発表会, 広島工業大学, 広島市, 2012. 3. 4
- ⑧小田大貴: 鋼と木質材料の複合構造に関する基礎研究 接合部の要素実験, 日本建築学会中国支部研究発表会, 広島工業大学, 広島市, 2012. 3. 4
- ⑨宿輪桃花: 鋼と木質材料の複合構造に関する基礎研究 ビル建造物のモデル設計, 日本建築学会中国支部研究発表会, 広島工業大学, 広島市, 2012. 3. 4
- ⑩酒井淳平: 鋼と木質材料の複合構造に関する基礎研究, 日本建築学会大会(関東), 早稲田大学, 東京都, 2011. 8. 23

6. 研究組織

(1) 研究代表者

藤田 正則(FUJITA MASANORI)
山口大学・工学部感性デザイン工学科・教授
研究者番号: 30449368

(2)研究分担者
なし ()
研究者番号 :

(3)連携研究者
なし ()
研究者番号 :